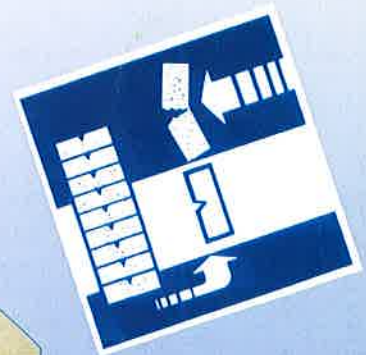


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

9. ÉVFOLYAM
3. SZÁM
1999.



DESIGN AND PRODUCTION OF INSTRUMENTS AND
APPARATUS FOR QUALITY CONTROL ON MATERIALS

KVALIFA RT.

1145 Budapest, Bosnyák u. 22. Tel./fax: 06-1-363-9519
Tel.: 06-20-968-9240, 06-20-982-1440, 06-20-941-6995

CÉGÜNKRŐL RÖVIDEN

Cégünk fő profilja:

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

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

Szakembereink ismert hazai és európai cégeknél
végzik munkájukat.

Sok éves szakmai tapasztalatunk
alapján bármilyen vizsgálati probléma
megoldására vállalkozunk.

A KVALIFA Rt. laboratóriumának akkreditálása
– az MSZ EN 45001 szerint – folyamatban van.

*Amennyiben sikerült felkelteni érdeklődésüket, kérjük,
keressenek minket a fenti telefonszámainkon.*

E-mail: kvalifa@elender.hu

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó **TESTOR BT.** címén
Budapest XII., Meredek u. 33.
1538 Budapest, Pf. 528.

Telefon: 319-4782

Telefax: 319-2284

E-mail: info@testor.hu

Internet: www.testor.hu

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc

dr. Havas István

dr. Koczor Zoltán

Ruzicska György

dr. Pólos László

dr. Tóth László

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szapponos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1999-re

(1–4. szám): 2.100,- Ft

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

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén.

Nyomda:

KÁNAI NYOMDA Kft.

1225 Budapest, Kolozsvári utca 67.

Felelős vezető: Kánai József

Előkészítés: **PC-PRINT BT.**

Tel.: 205-6399

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

A világ tudósainak budapesti konferenciája

A Budapesti Kongresszusi Központ adott otthont június 26. és július 1. között az UNESCO-világkonferenciának. A világ minden tájáról érkezett résztvevők – köztük számos neves tudós – átfogóan megvitatták a tudomány és a társadalom, a politika, az oktatás, az ismeretterjesztés, a média viszonyát és helyzetét. Rámutattak a reális veszélyekre, például a társadalom szellemi polarizációs folyamatára, a valós tudományos értékek mellőzésével hozott döntésekre, a tudományos eredmények etikátlan alkalmazására. Mindezeket számba véve állást foglaltak a tudomány XXI. századi társadalmi szerepéről, a tudományos ismeretek széles körű megismertetésének és felhasználásának módszereiről, amelyek a fenntartható fejlődés követelményeit szem előtt tartva biztosíthatják a társadalom növekvő igényeinek a kielégítését.

A keserű hangvételű újságírói kérdésre: Meg tudja-e menteni a földgolyót a bölcsesség és megannyi új ismeret? – az első tudós-világkonferencia elnöke, Hámori József akadémikus, kultuszminiszter azt válaszolta: Ez nem csak a tudományon múlik, hanem az emberiség túlélési stratégiáján is. Ennek megfogalmazásához összmunkára volna szükség a tudósok, a politikusok és a társadalmak között. A tudósok világkonferenciájának éppen az volt az egyik nagy feladata, hogy végiggondolja, miképp lehet olyan közelségbe hozni a tudományos újdonságokat az emberekhez, hogy azok átkerüljenek az egyes ember és a társadalom gondolkodásába; hogy ne fokozódjék a szellemi polarizáció. Ez nem csupán gondosan megfogalmazott deklarációk kérdése, hanem pénz kérdése is.

Idézzük ehhez a konferencián elfogadott záradokumentum néhány átfogó megállapítását.

A tudomány merész vállalkozásának elidegeníthetetlen funkciója, hogy a természet olyan átfogó vizsgálatát valósítsa meg, amely új ismeretekhez vezet. Ez az új tudás az, ami kulturális és szellemi gazdagodást nyújt, és ami elvezet a tudományból fakadó technológiai előrelépésekhez és előnyökhöz. Az alap kutatások támogatása előfeltétel a belső fejlődés és haladás elérése érdekében. Nem lehetséges az alkalmazott tudomány, ha nincs tudomány, amelyet alkalmazni lehet...

A kormányoknak tisztában kell lenniük annak szükségességével, hogy támaszkodniuk kell a természet- és a társadalomtudományokra, valamint a technológiára az olyan konfliktusok alapvető okainak tisztázásában, mint a társadalmi egyenlőtlenségek, a szegénység, amelyekből hiányzik az igazságosság és a demokrácia, a mindenki számára elérhető oktatási-iskolázási lehetőség. A kormányoknak ezért növelniük kell beruházásaikat a tudományos kutatás ezen területén...

Mindezek érvényesülését segítheti az a megállapítás, miszerint: Ma megvan a lehetőség arra, hogy kevesebb erőforrást biztosítsanak az új fegyverek kifejlesztésére és gyártására, valamint, hogy a katonai kutatóintézményeket legalább részben polgári felhasználásra alakítsák át. Az Egyesült Nemzetek Szervezete a béke kultúrájának évévé nyilvánította a 2000. évet, mintegy az országok közötti és az országokon belüli tartós béke irányába mutató lépésként; a tudomány és a tudományos közösség képes és képesnek is kell lennie arra, hogy ebben a folyamatban jelentős szerep játsszon.

Úgy legyen!

(L.K.)

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Thamm Frigyes, Borbás Lajos:

Erőmérő cellák típusai és tulajdonságai, II. rész

Load cells and your properties, Part II – Kraftmeßdosen und ihre Eigenschaften, II. Teil 99

Tóth Péter:

Műanyagok dinamikus vizsgálóberendezései

Dynamic instruments for testing of plastics – Dynamische Geräte für Prüfung der Kunststoffe 104

Mohácsi Gábor:

Cumulus – az ELE új, automata meteorológiai mérőállomása

Cumulus – a new automatic meteorological measuring station

Cumulus – neue automatische Meßstation für Meteorologie 107

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS – CONDITION CONTROL – ZUSTANDSKONTROLLE

Szűcs Pál:

Ammónia-rendszerek nyomástartó edényeinek felülvizsgálata

Supervise of the ammoniac system's high pressure vessels

Überwachung der Druckbehälter von Ammonia-Systeme 108

HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN 109, 112

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Szalay Zsolt, Balaskó Márton:

Nyomásos alumíniumöntvények mikroporozitásának összehasonlító radiográfiai vizsgálata

Microporosity examination of pressure aluminium castings by means of different radiographic methods

Mikroporozitátsprüfungen der Aluminiumdruckgüsse mit Röntgen- und Neutronradiographie 116

ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN

Détári Péter, Hans-Peter Degischer:

Üreges kerámia részecskékkel erősített alumínium mátrixú kompozit terhelhetőségének vizsgálata zömítéssel

Compression test of aluminium composit reinforced with ceramic hollow balls

Druckversuch der mit leere Keramikugeln verband Aluminiumkompositen 114

MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE

Stefánka Zsolt, Fodor Péter:

Szelén specieszek vizsgálata csiperkegombában

Investigation of selen species of mushroom

Untersuchung des Selen Spezies von Champignon 117

SZÁMÍTÁSTECHNIKA – COMPUTERTECHNICS – COMPUTERTECHNIK

Szepesváry Pál:

Szám és kép – Grafika az adatfeldolgozásban

Number and picture – Graphic for data processing

Zahl und Bild – Graphik für Datenverarbeitung 121

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN

Prof. emeritus Dr. Romvári Pál 70 éves – (riporter: dr. Tóth László)

Prof. Romvári is 70 years old – Prof. Romvári ist 70 Jahre alt 123

Tóth László:

Prof. Dr. George R. Irwin (1907 – 1998) 126

H.P. Rossmann:

Joseph A. Kies és a feszültségintenzitási tényező a törésmechanikában

Joseph A. Kies and the stress intensity parameter for fracture mechanics

Joseph A. Kies und des Spannungsintensitätsfaktor für Bruchmechanik 127

Prof. Dr. mult. Friedrich Förster (1908 – 1999) 130

SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMUNG

Új, érvényes szabványok – New valid standard – Neue gültige Normen 131

ESEMÉNYNAPTÁR – CALANDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER 132

Erőmérő cellák típusai és tulajdonságai, II. rész

Dr. Thamm Frigyes, Ph.D., – Dr. Borbás Lajos*

Mérőcellák különleges alkalmazási feladatokra

Dolgozatunk első részében** bemutattuk a nyúlásmérő ellenállással működő, többcélú cellák főbb típusait. Ezeket a műszeripar ma már sorozatban gyártja számos alakban, méretben, kivitelben és méréstartományban az ipari gyakorlatban előforduló alkalmazási céloknak megfelelően. Szintén kaphatók cellák az – esetenként többé-kevésbé durva – üzem körülményeit kibíró mérőhidak és a mérési eredmények további feldolgozásait lehetővé tevő regisztráló, osztályozó műszerek is.

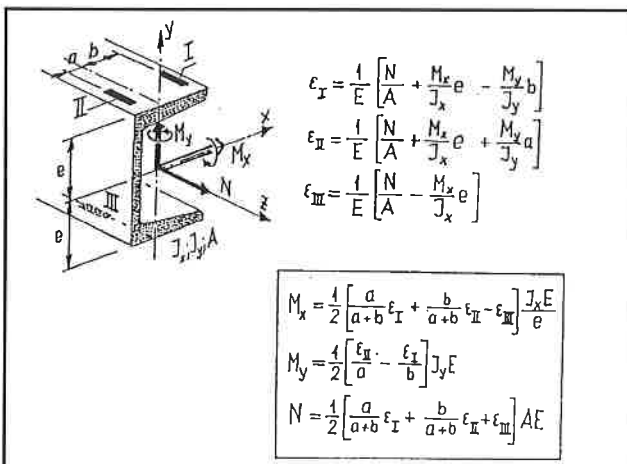
Vannak azonban olyan alkalmazási helyek, ahol a készen kapható mérőcellák nem használhatók. Ezek két fő csoportra oszthatók:

a) igen kis helyre, többnyire valami gyártási láncba, beiktatott mérőhelyek;

b) olyan helyek, ahol többirányú igénybevétel (esetleg több erő- és nyomaték-összetevőt) kell egyidejűleg mérni. Ide tartoznak a robotok érintékelő testjei is.

Ilyen esetben egyidejűleg kell kifejleszteni megfelelő mérőcellákat, és a hozzájuk csatlakozó mérőköröket is. A mérési feladatok ilyenkor valami fejlesztő munkához csatlakoznak, amelyik egy adott termék színvonalát hosszú időtartamra meghatározza. Egyszeri, gondosan előkészített költséges mérésekről van szó, melyek a mérést előkészítő és végző személyzettől az ipari sorozatmérésekhez szükségesnél alaposabb ismereteket kívánnak meg, hiszen, esetenként, a meglehetősen bonyolult mérőcella alakját és méreteit is a kísérletezőnek magának kell meghatároznia. Ehhez mindenek előtt tisztázni kell a kapcsolatot a felragasztandó nyúlásmérő ellenállások helyein fellépő fajlagos nyúlás és az ahhoz tartozó tartókeresztmetszetre ható igénybevétel (rúdirányú vagy nyíróerő, hajlító vagy csavaró nyomaték) között.

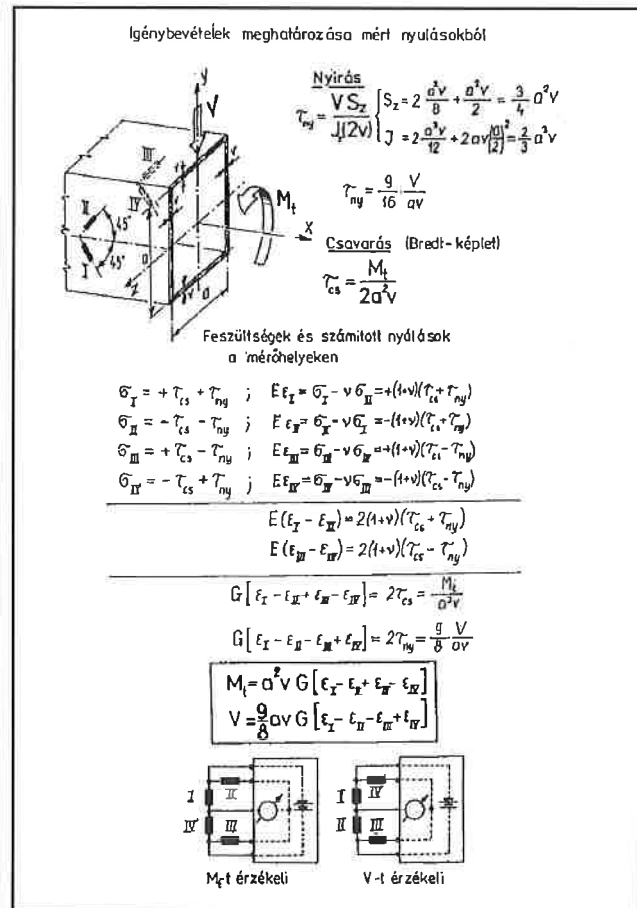
Ezt a kapcsolatot karcsú rúd alakú testek esetén az elemi szilárdságtan összefüggései segítségével, valamint – rugalmas testet feltételezve – az általános Hooke-törvény felírásával lehet felállítani, amire három példát az 1–3. ábrák mutatnak. Az ábrákon N : rúdirányú erő, M_x , M_y , M_z : hajlító nyomaték, V : nyíró erő, M_t : csavaró nyomaték, A : a tartó keresztmetszeti területe, I_x , I_y , I_z a tartókeresztmetszet másod-



1. ábra. Nyúlásmérő ellenállások elhelyezése a tartón, ha két síkban működő hajlító nyomatéket és rúdirányú erőt akarunk mérni.

* Budapesti Műszaki Egyetem

** Anyagvizsgálók Lapja 1999/1. p. 12.



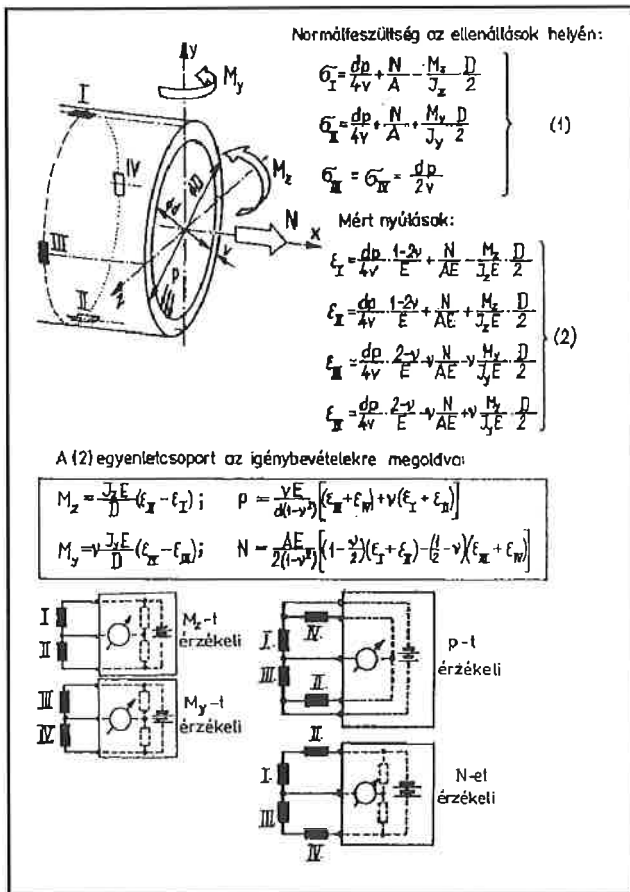
2. ábra. Zárt szelvényen elhelyezett nyúlásmérő ellenállások a nyíró erő és a csavaró nyomaték meghatározására.

Alul: az ellenállások teljes hídba kötése által a mérőhíd közvetlenül V -t, illetve M_t -t érzékeli.

rendű nyomatéka az x , y , z tengelyekre, E : a rugalmassági modulus, G : csúsztató rugalmassági modulus, ν : a Poisson tényező, p : belső túlnyomás. Az 1. ábra normális erő és kéttengelyű hajlítás esetét mutatja aszimmetrikus tartókeresztmetszet esetén, a 2. ábra csőkeresztmetszetre ható belső nyomás, és rúdirányú erő és hajlítás együttes hatását vizsgálja, a 3. ábra nyírás és csavarás együttes hatását mutatja zárt keresztmetszet esetén. A nyúlásmérő ellenállásokat római számokkal azonosítottuk.

Amint azt az ábrák mutatják, legalább annyi nyúlásmérő ellenállásra van szükség ahány mennyiséget meg akarunk határozni, a mérési pontosság növelése és különösen csúsztatófeszültségek mérése esetén célszerű ennél (esetenként sokkal) többet alkalmazni. Ha az egyes ellenállásokon jelentkező nyúlásértékeket nem egyenként, hanem többet közülük fél, vagy egész hídba bekötve vizsgáljuk, a nyúlásértékek összegezéseit a megfelelő kapcsolás magától elvégzi. [1], [2]. Ilyen hídkapcsolásokat mutatunk be a 2. és 3. ábra alsó részén.

Az 1–3. ábrákon felírt összefüggések természetesen csak azoknak a feltételeknek a betartása esetén (állandó keresztmetszetű tartó) érvényesek, melyek alapján az alapul vett képleteket levezettük. Ekkor az ábrák bekeretezett végképleteiből az igénybevételek közvetlenül meghatározhatók. Ha – amint az általában szükségessé válhat – bonyo-

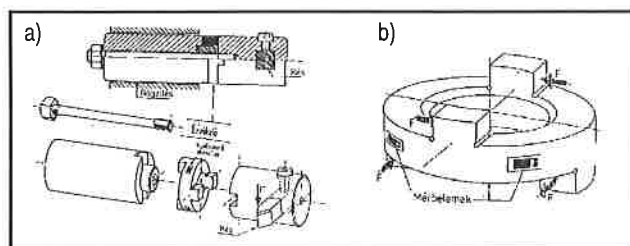


3. ábra. Kéttengelyű hajlító nyomaték, rúdírányú erő és belső nyomás mérésére csőprofilon, négy nyúlásmérő ellenállással. Alul: az ellenállások bekötése mérőhídba, a keresett mennyiségek közvetlen meghatározásához.

lultabb alakú mérőtestet kell alkalmazni, célszerű mindenek előtt modellkísérlettel, vagy véges elem számítással meghatározni a kapcsolatot a mérőtest felvett alakja és a nyúlásmérő ellenállások helyén várható nyúlások között.

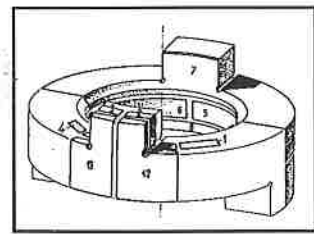
Ennek elmulasztás teljesen hasznavehetetlen mérőtestet eredményezhet, amire egy példát a 4–6. ábrák mutatnak [3]. A 4. ábra a forgácsoló erő mérésére szánt késtartó szerkezetét, és a mérőtestet mutatja. A mérőtesten elvégzett térbeli optikai feszültségvizsgálat során a mérőtest modelljéből kivágott szeletek helyzete és számozása látható az 5. ábrán, és a 6. ábra mutatja a nyúlásmérő ellenállások helyeit tartalmazó 5. és 6. szelet színsáv ábráját, és az ellenállások helyein átfektetett A_1A_2 és B_1B_2 egyenesek mentén felrajzolt színsáv eloszlásait. Amint az az ábrából jól látható, az ellenállások helyein a színsáv-rendszám által jelzett feszültség gyakorlatilag eltűnik: az ellenállások a forgácsoló erőt nem érzékelik!

Az elvégzett előzetes vizsgálat során elkövetett egyszerűsítések és elhanyagolások miatt szükséges a mérőcella kalibrálása az egyes mérendő igénybevételek által külön-külön. Ilyenkor sok esetben tapaszt

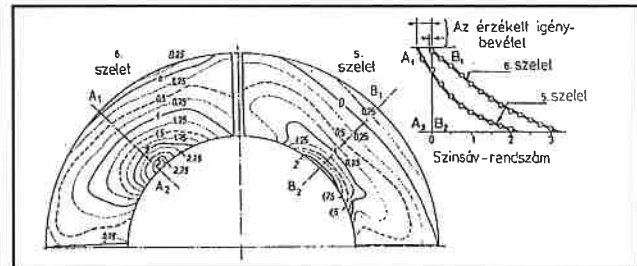


4. ábra. a) Forgácsoló erő mérésére szánt mérőberendezés b) A mérőcella a felragasztott nyúlásmérő ellenállásokkal

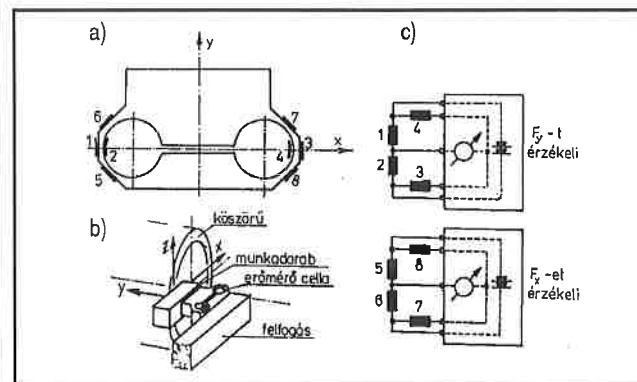
talható az ún. áthallás (németül „Überschprechen”, angolul „cross-talk”) ami azt jelenti, egyes igénybevételei módok befolyásolják a többi mérendő mennyiség érzékelésére szolgáló ellenállások kimenő jelét is. Erre példaképpen a köszörüléskor a radiális és axiális előtolás erőszükségletét mérő (Loewen-Marshall-Shaw-féle) nyolc nyúlásmérő ellenállást alkalmazó cella vázlatát mutatjuk a 7. ábrán [4].



5. ábra. A mérőtest modellje, a feszültségeloszlás meghatározására, térbeli optikai feszültségvizsgálattal. Berajzolva a modellből kivágott szeletek helyzete és számozása.



6. ábra. Az 5. ábra 5. és 6. számú szeletéről felvett színsáv ábra. A tényleges mérőtestre felragasztott nyúlásmérő ellenállások A_1 és B_1 helye gyakorlatilag feszültségmentes. A cella a forgácsoló erőt gyakorlatilag nem érzékeli.

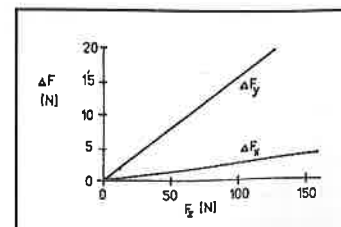


7. ábra. Köszörüléskor az előtoláshoz szükséges erő mérése. a) A mérőtest a felragasztott ellenállásokkal; b) A mérőtest elhelyezése a köszörűgépen; c) Az ellenállások teljes mérőhídba kötése az F_x és F_y erők közvetlen érzékeléséhez

A forgó munkadarab meghajtása által kifejtett F_z kerületi erőt a cella nem méri, de az befolyásolja mind F_x , mind F_y mérésére hivatott jelet. Emiatt ezeket ebben az esetben a mérés közvetlen kiértékelésekor kiadódott F_x^+ és F_y^+ értékeknek F_z függvényében a ΔF_x és a ΔF_y értékkel korrigálni kell, tehát:

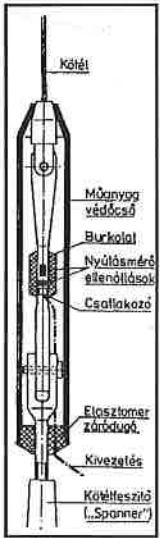
$$F_x = F_x^+ + \Delta F_x \quad \text{és} \quad F_y = F_y^+ + \Delta F_y \quad (3)$$

A korrekciós görbéket a 8. ábra mutatja. Az áthallás kérdése a későbbiekben még visszatérünk.

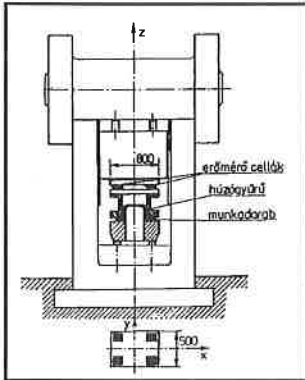


8. ábra. A 7. ábra mérőtestjének korrekciós görbéi. A nem mért F_z erő befolyásolja F_x és F_y mért értékeit

Kivitelezett egyedi mérőcellák



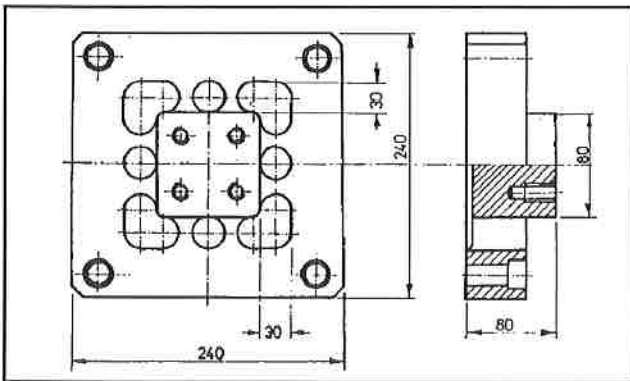
9. ábra. Mérőtest kötélterő mérésére sportvitorlás kötélzetében



10. ábra. Excenterprés vázlata. A gép asztalára erőmérő cellák vannak felszerelve a préselő nagyságának és helyének meghatározására.

lenállások kapcsolásának köszönhető.

Külszíni fejtésben használt kőzetmaró fogára üzem közben ható erő három összetevőjének mérésére a fogban a mérés céljára készített bemarásokba helyezték el a nyúlásmérő ellenállásokat, amint azt a 14. ábra mutatja [7]. Az ellenállások bekötése teljes hídkapcsolásba a 15. ábrán látható. Az F_x erő mérésére 90° -os rozettát, az F_y erő mérésére az x tengellyel 45° -ot bezáró kettős ellenállásokat, az F_z erő mérésére

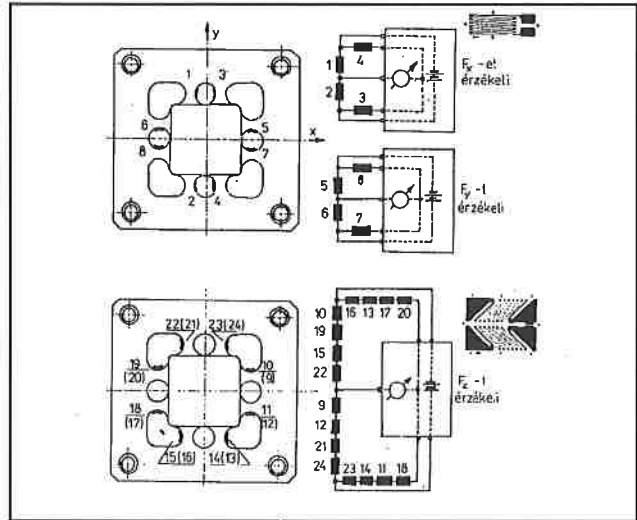


11. ábra. A 10. ábra erőmérő celláinak alakja. A cellák névleges terhelése függőleges síkban 400 kN, vízszintes irányban 50 kN.

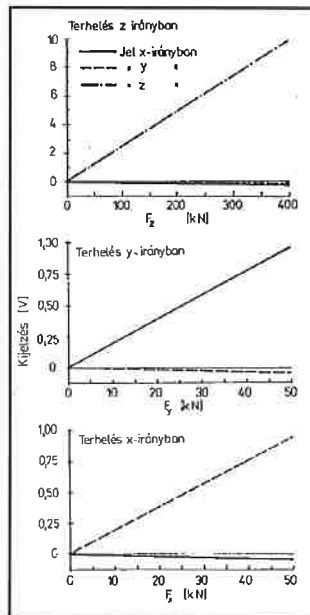
Tengeri sportvitorlás kötélzetében fellépő erő mérésére szolgáló viszonylag egyszerű mérőtestet mutat a 9. ábra [5]. A mérőcellának lehetőleg kicsinek, ugyanakkor tökéletesen időjárásállónak kellett lennie. Tekintve, hogy csak időleges egyszeri használatra szánták, mérőelemként megfelelt az általános használatra készített nyúlásmérő ellenállás, és felragasztásához a cianakrilát gyorsragasztó.

A gépjárműgyártásban használatos lemezpresek megbízható működésének egyik feltétele, hogy a préselő eredője a présgépnél nagyjából a szimmetria síkjába essék. Ennek ellenőrzésére, illetve a préserszámnak a gép asztalán való kedvező elhelyezésének meghatározására szolgál az a szimmetrikusan elhelyezett, négy darab mérőcella, melyek helyzetét a gépben a 10. ábra, egy cella alakját a 11. ábra mutatja [6]. Minden egyes cella 24 nyúlásmérő ellenállást tartalmaz, ezek típusát és helyzetét a 12. ábrán állítottuk össze. A cella három erőkomponenst (F_x ; F_y ; F_z) mér, a koordináta irányokat berajzoltuk a 11. és 12. ábrákba.

Az F_x és F_y erőket az 1–8, húzásra illetve nyomásra terhelte ellenállások segítségével, az F_z erő – mivel az a mérőcellát nyírásra terheli – a cella xy -síkjával 45° -ot bezáró 9–24 ellenállásokkal érzékeltek. Az áthallás hatásának vizsgálatára a cellát egymás után külön-külön F_x , F_y , és F_z erővel terheltek és ezek függvényében diagramba rajzolták a nyúlásmérő hídon mért hídfeszültségeket. Ezt a 13. ábra mutatja be. Az áthallás abban jelentkezik, hogy nem csak a ható erő irányának megfelelő mérőhídban ébred hídfeszültség, hanem a másik kettőben is. Amint azt a diagramok mutatják, az áthallás ezúttal nem nagy, ami a cella szigorúan szimmetrikus felépítésének, és a teljes hídba kötött el-



12. ábra. A 10. ábra erőmérő celláin elhelyezett nyúlásmérő ellenállások típusa, elhelyezése, és mérőhídba való bekötése



13. ábra. A 10. ábra erőmérő celláinak hitelesítő görbéi: kismértékű áthallást mutatnak: a hitelesítéskor alkalmazott erő a rá merőleges irányban jelentkezőt is befolyásolja

a fog keresztirányában a fog két szélén elhelyezkedő egyszerű ellenállásokat alkalmaztak. Az ellenállásokat epoxigyantával be- ragasztott acéllemezekkel védtek a durva üzemből előforduló sérülések ellen. A bevizsgálás azt mutatta, hogy az összetevők közül erős áthallás volt az F_x és F_y között oly módon, hogy az F_y erő befolyásolja F_x -re a 14. ábra felső kapcsolási rajzán bemutatott mérőkörön adódó jelet. Az áthallás hatásának kiküszöbölésére elvégezték a mérőkörök kalibrálását, mindhárom erőkomponens hatására a 13. ábrának megfelelően (16. ábra).

A ható erő és a kijelző között lineáris kapcsolatot feltételezve az xyz irányokhoz képest ferde irányú erő esetén az eredő kijelzés a 15. ábra egyeneseinek $\partial f / \partial F_j$ iránytangensei alapján:

$$f_x = \frac{\partial f_x}{\partial F_x} F_x + \frac{\partial f_x}{\partial F_y} F_y + \frac{\partial f_x}{\partial F_z} F_z = c_{xx} F_x + c_{yx} F_y + c_{zx} F_z$$

$$f_y = \frac{\partial f_y}{\partial F_x} F_x + \frac{\partial f_y}{\partial F_y} F_y + \frac{\partial f_y}{\partial F_z} F_z = c_{xy} F_x + c_{yy} F_y + c_{zy} F_z \quad (4)$$

$$f_z = \frac{\partial f_z}{\partial F_x} F_x + \frac{\partial f_z}{\partial F_y} F_y + \frac{\partial f_z}{\partial F_z} F_z = c_{xz} F_x + c_{yz} F_y + c_{zz} F_z$$

ami mátrixos írásmódban a következő alakot veszi fel:

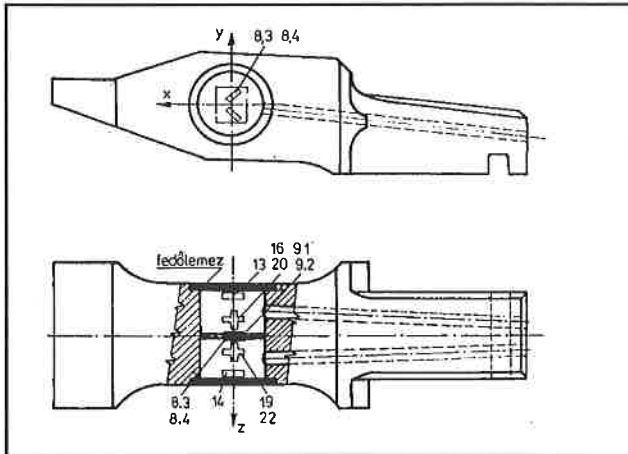
$$\begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{xx} & c_{yx} & c_{zx} \\ c_{xy} & c_{yy} & c_{zy} \\ c_{xz} & c_{yz} & c_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix} \quad (5)$$

illetve szimbolikus írásmódban: $\underline{f} = \underline{M} \underline{F}$

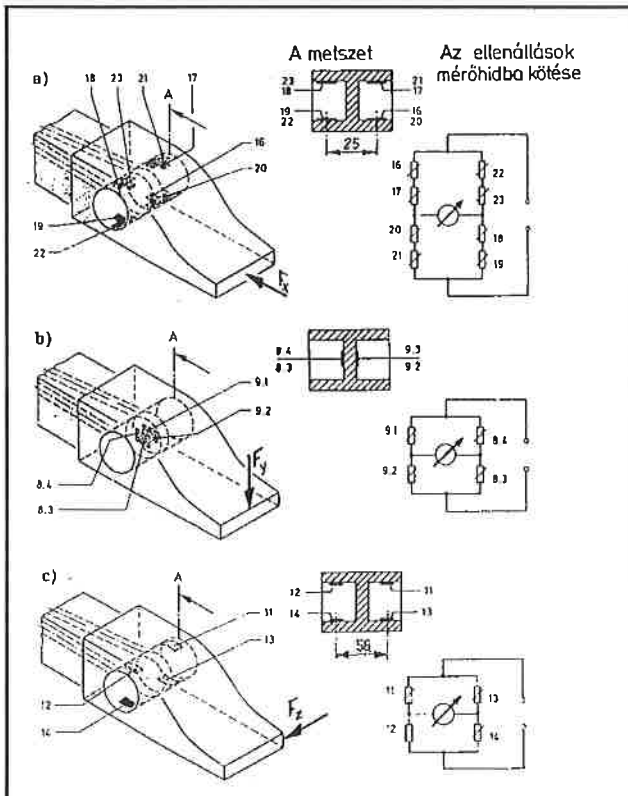
KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

A mért f_x, f_y, f_z értékekből a keresett F_x, F_y, F_z erőösszetevők az M mátrix invertálásából adódnak, vagyis: $F = M^{-1} f$ (6)

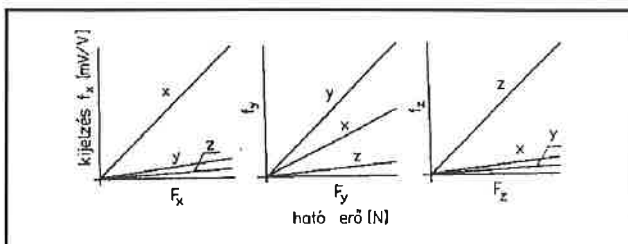
Mivel az erőösszetevők a közetmaró üzeme közben folyamatosan vál-



14. ábra. Külszíni fejtés közetmarójának foga, a rá ható erő összetevőinek mérésére a fog testében készített bemarásokban elhelyezett nyúlásmérő ellenállásokkal



15. ábra. A 14. ábrába berajzolt ellenállások bekötése teljes hídkapcsolásba az erő-összetevők külön-külön való méréséhez



16. ábra. A 14. és 15. ábrán bemutatott mérőfog vázlatos hitelesítési görbéi. Az F_y erő erősen befolyásolja F_x jelét

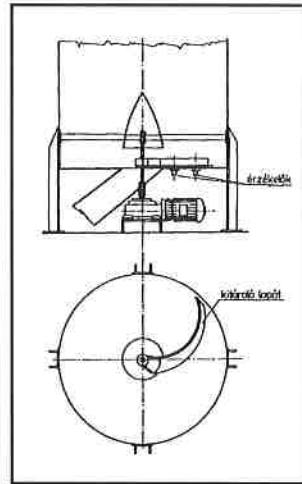
toznak, a mátrix invertálását csak egyidejűleg működő három mérőkaral és az azokhoz csatlakozó megfelelő on-line számítógépes program segítségével lehet elvégezni.

Vízszintes fenekű, lapátos kitérővel rendelkező siló fenekén a fal és a töltet közötti palástnyomás és sűrűlő erő mérésére szolgáló kísérleti berendezés (17. ábra) mérőcelláját mutatják a 18. és 19. ábrák [8].

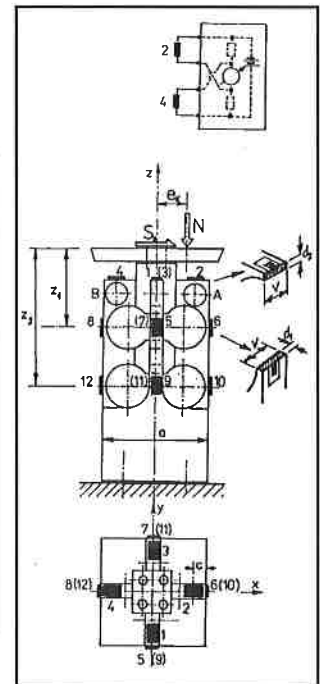
A sűrűlő erő s_x és s_y összetevőinek, az N normális erőnek valamint két nyomaték-összetevő, $e_x N$ és $e_y N$ mérésére, tehát öt adat mérésére szolgáló mérőcella összesen 12 nyúlásmérő ellenállással dolgozik. Ezek közül az xy síkban lévő összetevők és az ellenállásokon megjelenő nyúlások kapcsolatát mutatjuk be. Az N erőt a 2. és 4. számú ellenállásokon mért adatokkal lehet meghatározni, ha a gyengítő furat mellett A illetve B pontban csuklót tételezünk fel. Ekkor a 18. ábra jelöléseivel (E : rugalmassági modulus):

$$C \frac{N}{4} = \frac{d_2^2 v}{6} E \epsilon_2 = \frac{d_2^2 v}{6} (\epsilon_1 - \epsilon_2) \quad (7)$$

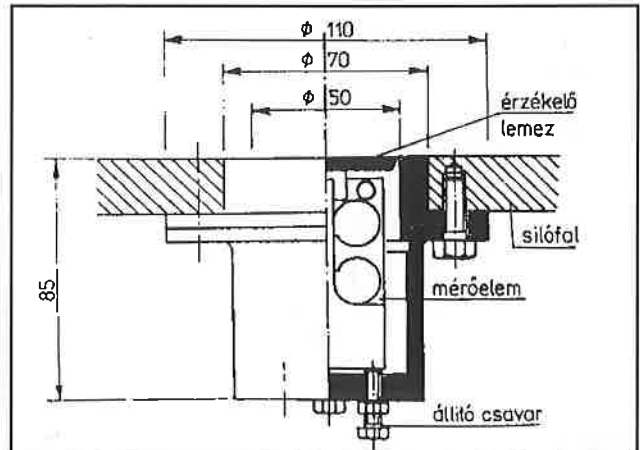
mivel a két ellenálláson fellépő nyúlás előjele egyezik, az ellenállásokat diagonális hídba kell kötni, amint ezt a 19. ábra mutatja.



17. ábra. Vízszintes fenekű siló kitérővel lapáttal. A siló fenekére ható nyomó erő, sűrűlő erő két-két összetevőjét és az excentrikus erőátadásból adódó nyomatékot a berajzolt ötkomponensű érzékelők segítségével mérik



19. ábra. A 18. ábra érzékelőjének mérőtestje a felragasztott ellenállásokkal. A mellékábrán a 2. és 4. ellenállások diagonál hídba való bekötése látható.



18. ábra. A 17. ábrán bemutatott érzékelő. Az ábrába nincs berajzolva az érzékelő lemeze és a ház közötti elasztomer tömítés

Ekkor a két mért nyúlás, és a normális erő kapcsolata a szükséges egyszerűsítések elvégzése után:

$$N = \frac{d_2^2 \nu}{3c} (\epsilon_1 - \epsilon_2) \quad (8)$$

A 6, 8, 10, és 12 ellenállások egyszerre érzékelik az S és N erők nyomatékát. Ebből a 18. ábra jelöléseivel:

$$S_x z_1 + N e_x = E \nu d_1 a (\epsilon_8 - \epsilon_6) \quad (9)$$

$$S_x z_2 + N e_x = E \nu d_1 a (\epsilon_{12} - \epsilon_{10})$$

Az összevonások elvégzése után a keresett adatok:

$$S_x = E \frac{\nu d_1 a}{z_1 - z_2} [\epsilon_8 - \epsilon_6 - (\epsilon_{12} - \epsilon_{10})]$$

$$e_x = E \frac{\nu d_1 a}{N_2} \left[\frac{z_2}{z_1 - z_2} (\epsilon_8 - \epsilon_6) - \frac{z_1}{z_1 - z_2} (\epsilon_{12} - \epsilon_{10}) \right] \quad (10)$$

Teljesen azonos módon határozhatók meg S_y és e_y az 1, 3, 5, 7, 9 és 11 ellenállásokon mért nyúlásokkal. Ezzel öt mért adatot kell folyamatosan regisztrálni. A (7), (10) összefüggések ismét az elemi szilárdságtan összefüggéseire alapulnak, ezért nyilván csak közelítő jellegűek, így a mérőcellákat kalibrálni kell. Minthogy számítani kell áthallásra is, a kalibrálás eredményei alapján a (6) összefüggés adja meg a szükséges korrekciót, de ez ebben az esetben 5×5 -ös mátrix invertálását igényli! Ezzel az utolsó példával a nagy előkészítő és kiértékelő munkát kívánjuk érzékeltetni.

Piezoerőmérők

Az eddig tárgyalt erőmérők rugalmas alakváltozást érzékelnek. Nagyobb erők mérésekor a mérőcellák besüllyedése kb. 1 mm érték körül van. Mivel a mérőcellát a teherátadási láncba kell beiktatni, alakváltozása a szerkezet erőjátékát befolyásolhatja, ami egyes esetekben nemkívánatos mérési hibák forrása lehet. Az ilyen esetekben jöhet szóba a piezoelektromos elven működő erőmérő. Mivel ennek tulajdonságai eltérnek a szokásos, nyúlásmérésen alapuló mérőcelláktól, ajánlatos röviden kitérni mérési elvére is [9]. Piezoelektromos tulajdonsággal poláros kristályok rendelkeznek, ezek közül méréstechnikai célra a kvarc felel meg legjobban, így a következőkben azzal foglalkozunk. A kvarc hexagonális rendszerben kristályosodik. Egy idealizált kristályt a 20. ábra a) része mutat.

A kristály hosszanti élei mentén felváltva helyezkednek el szilícium és oxigén atomok. A piezoelektromos tulajdonságot leíró koordináta rendszert úgy szokás felvenni, hogy a tengelye a kristály atomokat tartalmazó élein menjen át, a z tengely a kristály hosszanti szimmetria tengelye legyen. Ha a kristályból az x , y , z tengellyel párhuzamos síkokkal a , b , c oldalhosszúságú téglatestet vágunk ki, és ezt a 20. ábra b) részén bemutatott homogén feszültségállapottal terheljük, akkor az x normálisú síkon Q_x az y normálisú Q_y töltés keletkezik, melyek a következő képpen írhatók le:

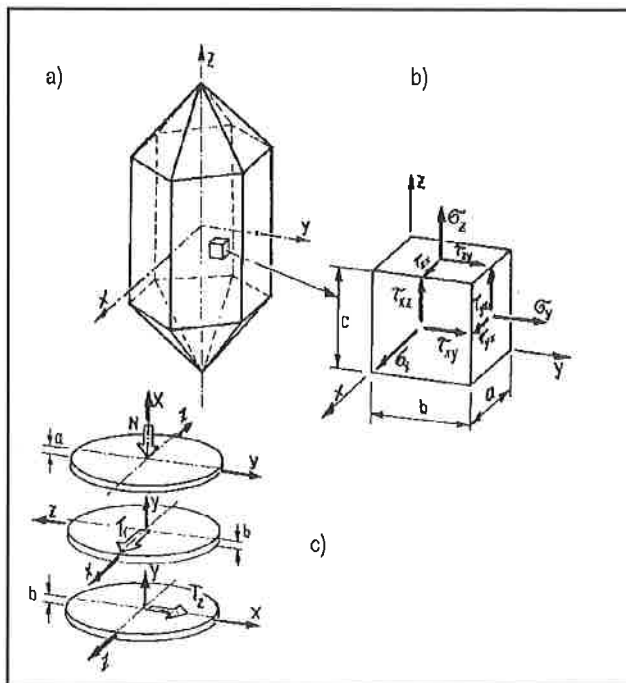
$$Q_x = P_{xx} bc; \quad Q_y = P_{yy} ac \quad (11)$$

ahol P_{xx} és P_{yy} a polarizáció összefüggései, amelyek a 20. b) ábrán berajzolt feszültség-összetevőkkel a következő képpen függenek össze:

$$P_{xx} = d_{11} G_x - d_{11} G_y + d_{14} \tau_{yz}$$

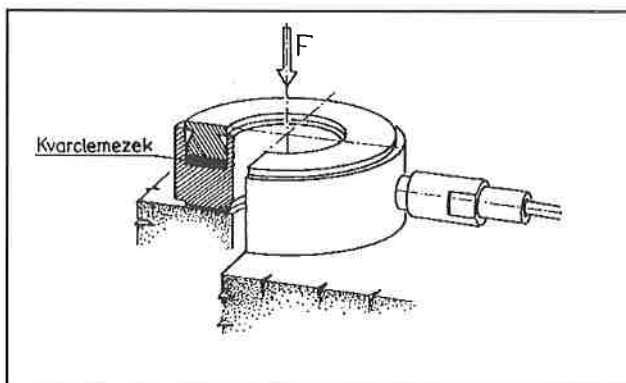
$$P_{yy} = d_{14} \tau_{zx} - 2d_{11} \tau_{xy} \quad (12)$$

ahol $d_{11} = 2,3 \text{ pC/N}$; $d_{12} = -0,67 \text{ pC/N}$. Ha a kivágott test vékony lemez, melynek síkja x -re merőleges, arra a 20. c) ábrának megfelelően $N = G_{x, bc}$ normális, és $T_0 = \sqrt{\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2} bc$ tangenciális erő hathat. Mivel ez utóbbiak P_{xx} -ben nem szerepelnek, az így kivágott lemez egyedül az N erőt érzékeli. Az y tengelyre merőlegesen kivágott lemezre $\sigma_y, \tau_{yx}, \tau_{yz}$ feszültségösszetevők hathatnak. Mivel ezek közül



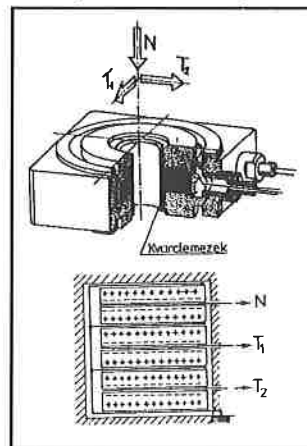
20. ábra. Kvarckristály piezoelektromos viselkedése.

a) Az egykristály alakja és a viselkedést jellemző koordináta rendszer. b) A kristályból kivágott hasáb méretei, és a lapjára ható feszültség-összetevők (általános esetben); c) A kristályból célszerűen kimetszett lemezek és az általuk érzékelt erők.

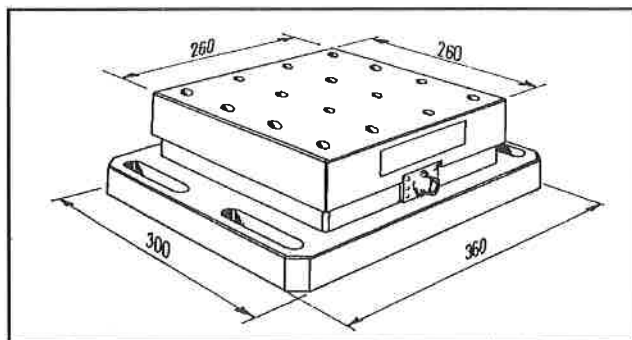


21. ábra. F nyomóerőt érzékelő piezoerőmérő cella vázlata

P_{yy} képletében csak τ_{xy} szerepel, egy ilyen lemez csak $T_1 = \tau_{xy} ac$ erőt fogja érzékelni. Ilyen módon előállíthatók nyomást (N) és tangenciális erőt (T_1 ill. T_2) érzékelő mérőcellák, amelyek a többi igénybevételi összetevővel szemben áthallásmentesek. A kvarc rugalmassági modulusa $E = 7,9 \times 10^4 \text{ MPa}$ (tehát az alumínium nagyságrendjébe esik). A cella külső áramforrást nem igényel, azonnal üzemkész. Nyilván csak nyomófeszültséget tud kimutatni, illetve biztos kapcsolat szükséges a kvarclemez és az érzékelő ház között a tangenciális erő átviteléhez. A kvarclemezt ezért erősen elő kell feszíteni, amit lehetővé tesz a kvarc nagy nyomószilárdsága ($\sigma_{bny} = 3200\text{--}3900 \text{ MPa}$). Az elmondottakból követke-



22. ábra. Három erőösszetevőt érzékelő piezomérőcella vázlata és kapcsolása



23. ábra. Négy piezoerőmérő cella közös házba beépítve, nehéz szerszámgépre ható dinamikus erőhatások vizsgálatára

zik, hogy igen kis méretű, igen merev erőmérő cellák készíthetők ilyen úton. Gyakori kiviteli forma a csavarkötés alá alátétként behelyezhető mérőcella, aminek a vázlatát a 21. ábra mutatja. Ha az x és y tengelyekre merőlegesen a lemezeket közös házban helyezik el, készíthető olyan cella, amelyik az N normális erőt és a két irányú tangenciális erőkomponenst (T_1 ill. T_2) egyidejűleg külön-külön érzékeli (22. ábra). Nagy erők mérésére szokásos több egyforma mérőcellát közös házba beépíteni (23. ábra).

A piezoerőmérők legfőbb hátránya, hogy mért jelként elektromos töltés keletkezik, amelyik a bármilyen gondos szigetelés ellenére lassan kiegyenlítődik. Az ilyen cella statikus terhek mérésére nem alkalmas, jól használható viszont nagy dinamikus erők mérésére, mint például gépjárművek futóműveiben fellépő erőhatások, vagy technológiai folyamatok erőhatásainak mérésére.

A Q töltés az érzékelő lemez két oldalának felszíne között $U = Q/C$ feszültséget hoz létre. Mivel a C kapacitása a mérőelem és az érzékelő műszer közötti kábel kapacitása is beleszámít, közvetlenül feszültséget mérő műszer alkalmazása nem célszerű, a nyúlásmérő ellenállásokhoz használatos erősítők itt nem alkalmazhatók. Helyette úgynevezett töltéserősítőt alkalmaznak, ami c_r kapacitással átkötött, igen nagy negatív erősítési tényezővel rendelkező integráló erősítő. Ennek kimenetén fellépő feszültség: $U_{ki} = Q/c_r$ már alig érzékeli a mérőcella és a

mérővezeték kapacitását. A mérési pontosság tehát a töltéserősítő nullpontvándorlásától függ, ami korszerű kivitelek esetén $\pm 0,03$ pC/s alatt van. Mivel nagyobb mért erő az érzékelőn nagyobb töltést kelt, a mért érték fajlagos változása a terhelés időtartamával annál kisebb, minél nagyobb a mért erő. A piezoelektromos erőmérő tehát főleg nagy, gyorsan változó erők mérésére alkalmas. Így például az ezen a területen vezető Kistler cég katalógusában a 21. ábrának megfelelő alakú mérőcella-sorozat méréshatára 7,5 kN-tól 1000 kN-ig terjed. A piezoerőmérés alkalmazási köre tehát sokkal korlátozottabb, mint a nyúlásmérő ellenálláson alapuló erőmérésé, de különleges tulajdonságai megfelelő alkalmazási területeken igen jól hasznosíthatók.

Szakirodalom

- [1] Thamm, F.-Ludvig, Gy. - Huszár, I. - Szántó, I.: A szilárdságtan kísérleti módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [2] Hoffman, K.: Eine Einführung in die Technik des Messen von Dehnungsmeßstreifen. A Hottinger-Baldwin - Messtechnik GmbH kiadványa, 1987.
- [3] Thamm, F.: Photoelastic Investigation of the Measuring Element of a Strain-Gage Operated Torque Transducer. Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift (ÖIAZ) 7/A különszám, 1994.
- [4] Hansen, J. - Talvia, J. - Wiefelspütt, R. - Heinemann, U.: Zur Beanspruchung von Segelyachten in Seegang. HBM Messtechnische Briefe, 27/1991 29-34.o.
- [5] Büttner, A. - Sydow, W.: Praktische Auslegung eines Schnittkraftmessers für schleiftechnische Untersuchungen. HBM Messtechnische Briefe, 8/1973. 1. szám, 11-15.o.
- [6] Siegert, K. - Ludvig, Gy.: Entwicklung eines Messsystemes zur Erfassung des Kraftvektors und der Lage seines Angriffspunktes bei Blechumformwerkzeugen. HBM Messtechnische Briefe, 29/1993. 1. szám. 11-14.o.
- [7] Grünbaum, P. - Bruns, B.: Triaxiale Messung der schneidkräfte an den Zähnen eines Schaufelrandbaggers. HBM Messtechnische Briefe, 25/1989. 2. szám. 37-42.o.
- [8] Schulze, D. - Lyle, Ch.: The development of a Five-component Stress Measuring Cell for Stress Measurements in Silos. Report in Applied Measurement. 4/1988/ 2. szám. 34-38. oldal.
- [9] Rohrbach, Chr.: Handbuch für experimentelle Spannungsanalyse. VDI-Verlag Düsseldorf. 1989.

Műanyagok dinamikus vizsgálóberendezései

Tóth Péter*

Bevezetés

A műanyagok vizsgálóberendezései cikksorozatunk** befejező részében a dinamikus mechanikai vizsgálatok elvégzésére szolgáló ingás és ejtő súlyos ütőműveket ismertetjük a Ceast cég gyártmány-kínálata alapján.

Dinamikus anyagjellemzők

A műanyagok – különösen a szerkezeti műanyagok – felhasználása szempontjából fontos a dinamikus mechanikai anyagjellemzők ismerete. Meghatározásuk szabványokban is rögzített elvei közismertek. A műszerezett ingás ütőművel a bemetszett hasáb alakú próbatesteken nemcsak a hagyományos Izod- és Charpy-féle ütőmunkát (J) vagy annak fajlagos értékét (J/mm²) határozhatjuk meg – igény szerint a hőmérséklet függvényében is –, hanem a számítógéppel összekapcsolt mérőrendszer segítségével felvett, a törés folyamatára jellemző erő-idő vagy erő-út diagramból kiszámíthatjuk a dinamikus törésmechanikai jellemzőket is, pl.: a feszültségintenzitási tényező kritikus értékét.

A műszerezett ingás ütőművel dinamikus szakítóvizsgálatot is

végezhetünk sima hengeres vagy bemetszett próbatesteken meghatározva a folyáshatárt, a szakítószilárdságot, a kontrakciót és a belőlük számítható fajlagos törési munkát (J/mm³), valamint egyéb törésmechanikai jellemzők értékeit.

Az ejtő súlyos ütőműveket elsősorban műanyag alkatrészek és szerkezeti elemek ütésállóságának tanulmányozására, illetve egyes változatait a vékony lemezek és fóliák átszakíthatóságának a vizsgálatára fejlesztették ki.

A vizsgálat előfeltételei

Az említett dinamikus anyagjellemzők kellően pontos meghatározása érdekében gondoskodnunk kell a következő előfeltételek teljesüléséről:

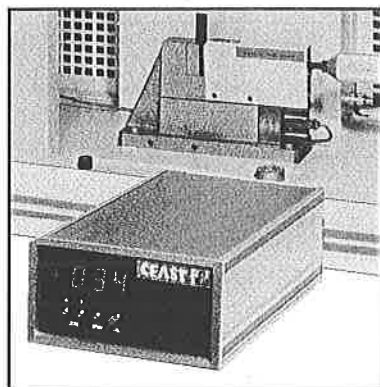
A géphatások elkerülése

Telepítéskor az ütőművet vízszintbe kell állítani! Az ütőmű állványának esetleges megbillenésének, illetve a mérést zavaró rezonanciájának az elkerülése végett az állvány és a kalapács tömegarányát szabvány írja elő és értéke legalább 40 kell legyen. Erről a gyártók gondoskodnak, ám néhány extrém esetben szükséges az ütőművet a laboratórium padlózatához rögzíteni, vagy vaslemezeket erősíteni az aljára alapzat gyanánt.

* Testor Bt.

** Anyagvizsgálók Lapja 1998/4. p. 123. és 1999/1. p. 17.

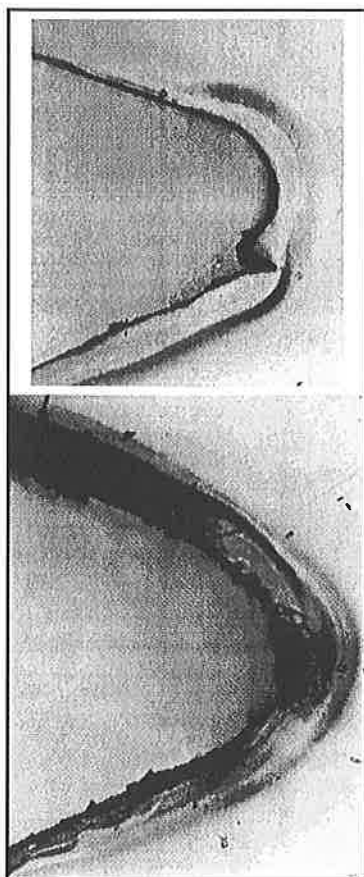
A kalapács ütőenergiáját akkor választottuk meg helyesen, ha a mérni kívánt ütmunka (J) a kalapács névleges energiájának 10-80%-a közé esik. Ha ez nem így van, akkor eggyel kisebb illetve nagyobb fokozatú ütőenergiájú kalapácsot kell választani.



1. ábra

mivel ez az elégséges és állandó értékű befogó erőt biztosítja, szavatolva a vizsgálat reprodukálhatóságát.

Gondos minta-előkészítés



2. ábra

Az ütvizsgálati próbatetek és bemetszései alakját, méreteit és tűréseit szabványok írják elő (ISO 179, ISO 180, ASTM D 256 stb.). Különösen a V és U alakú bemetszés mélysége és alakja (a bemetszés szöge, tövének lekerekítési sugara), a maradó keresztmetszet befolyásolja a mérési eredményt. Ha a mintákat forgácsolással készítik, lényeges a szerszámélezés, a fogásmélység, az előtolás és a forgácsolási sebesség helyes megválasztása és összhangja. Különösen a bemetszés készítésénél, mivel a túl nagy sebesség vagy az életlen szerszám hatására a bemetszés felülete szakadozott vagy megolvadt felületű lesz (2. ábra), azaz a ténylegesnél kisebb ütmunkát fogunk mérni. A Ceast kisgépeivel a helyes minta-előkészítési technológia garantált (Anyagvizsgálók Lapja 1998/4. p. 123.).

A fröccsöntött próbatetek közül a közel azonos

feszültségállapotúakkal végezzük el a vizsgálatot. A fröccsöntő szerzők szélső félszekeiben készült mintákat célszerű kizárni a mérés-sorozatból, mivel ezekben a maradó feszültségek nagyobbak, mint a közbenőkben.

Az ütmű dinamikus kalibrálása

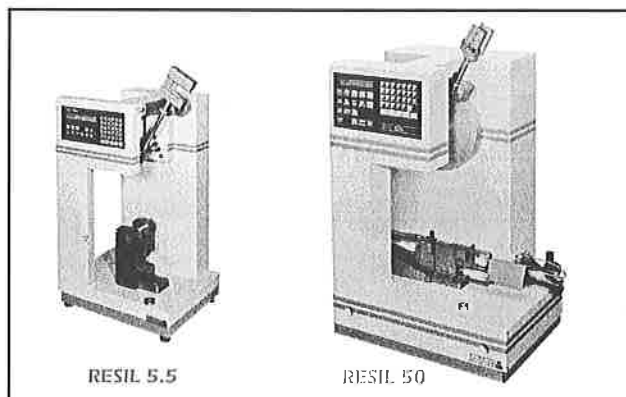
A Ceast ütművek műszerezett ütőfejjel vagy ütőlével vannak ellátva. Piezoelektromos vagy nyúlásmérő bélyeges elven mérjük az ütőlére ható erő pillanatnyi értékét az idő vagy az elmozdulás függvényében. Ha az erőmérés pontatlan, akkor a belőle számított anyagjellemzők is pontatlanok lesznek.

A statikus kalibrálás nem elégséges, mert a mérési hiba a 10%-ot is elérheti. Ezért dinamikus kalibrálást kell alkalmazni. A Ceast szakemberei egy egyszerű és kielégítően pontos dinamikus módszert dolgoztak ki mind az ingás, mind az ejtőszúlyos ütművek kalibrálására. A módszer még az inga csapágyazásának sűrűdéséből és az ütőfej légellenállásából származó energiavesztéseket is figyelembe veszi. Így az erőmérés hibája 0,3-0,5%-ra csökkent. (Közbevetve megemlítjük, hogy az inga említett energiavesztésének megengedett mértékét a vonatkozó ISO 179, ISO 180, ASTM D 256 sz. szabványok előírják. Például az 1 J energiájú kalapácsra ez a veszteség legfeljebb 0,02 J lehet, a Ceast kalapácsra ez 0,012 J; az 50 J energiájú kalapácsra ezen értékek 0,25 J, ill. 0,20 J, köszönhetően a jó konstrukciónak és a precíz kivitelnek.)

Az ingás ütmű számítógéppel összekapcsolt erőmérő rendszernek – a D4DYN szoftverrel támogatott – dinamikus kalibrálása azon alapul, hogy az inga ütést követő szöghelyzetéből leolvasott, a próbatest törésére fordított energia egyenlő kell legyen az erőmérőn regisztrált vilamos jel-idő (erő-idő) diagramból integrálással kiszámítható energiával. Ebből – az említett veszteséget is figyelembe véve – egy kalibrációs tényező számítható, amelynek statisztikailag megbízható értékét egy szokásos módon végrehajtott vizsgálatossorozatból a mért és a számított energiakülönbségek abszolút értékei összegének a minimalizálásával határozzák meg. Az ejtőszúlyos ütmű dinamikus kalibrálásához az összehasonlítás alapjául szolgáló, az ütésre fordított energia az ismert magasságból indított súly közvetlen a becsapódás előtt és a visszatartás után mért sebességeiből kiszámítható. Ezt teszik egyenlővé a regisztrátumból számítottal. Az így számítható kalibrációs tényező várható értékét pedig a különböző magasságokból indított ejtőszúlyos kísérlet-sorozatból határozzák meg a már említett minimalizációs módszerrel.

A Resil ingás ütmű család

Három típus alkotja a családot: az 5,5 J, a 25 J és az 50 J ütőenergiájú gépek (3. ábra). Valamennyi alkalmas az ISO és az ASTM szabványok szerinti Izod- és Charpy-féle ütve hajlító és a dinamikus szakítóvizsgálatra. A kalapács elfordulási szögét 1/1000 osztású digitális encoder méri. Az adatok gyűjtését és statisztikus feldolgozását a WINEP szoftver segíti, míg műszerezett ütvizsgálat esetén a dinamikus adatgyűjtést a DAS 4000 rendszer és szoftverjei végzik (Data Acquisition Software, mely egyetlen ütési folyamatról 4000 mérési pontot rögzít). A szoftver alkalmas az erő, az energia, a sebesség és az alakváltozás időbeli vagy alakváltozás függvényében végbemenő változásának az ábrázolására.



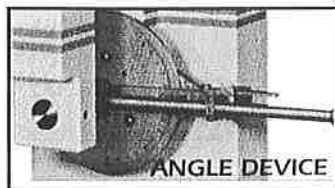
3. ábra

Az ütművek mikroprocesszorral vezérelt elektronikája alkalmas a kalibráció ellenőrzésére, négy nyelvű menükezelésre, az ütmunka automatikus kiszámítására és SI vagy BS mértékegységben való megjelenítésére, a sűrűdési energiavesztés kalkulálására. Kijelzi a kalapács függőleges (0°) helyzetét, ill. az indítási szög értékét, az energiát, a sebességet, a minta méreteit, a bemetszés típusát, a minta jelét, a kezelő azonosítóját. Az elektronika RS 232 interfésszel számítógéphez csatlakoztatható további adatfeldolgozás céljából, ill. nyomtató csatlakoztatásával a részletesen felsorolt paraméterek jegyzőkönyv formátumban közvetlenül, számítógép nélkül is kinyomtathatók.

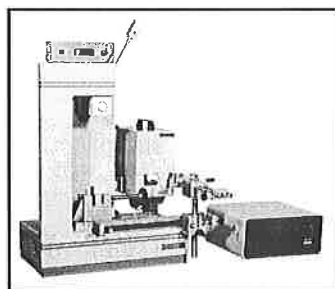
KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

A választható tartozékok között megtalálható:

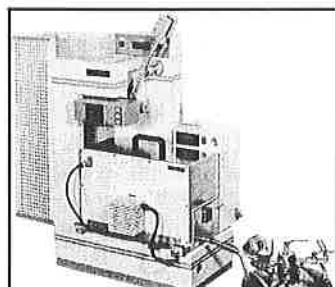
- a pneumatikus fék és visszaemelő mechanizmus, amely az ütest követően lefékezi a túllendülő kalapácsot és visszaemeli a kezdeti szögállásba;
- a mintakidobó eszköz, amely megóvja a visszalendülő kalapácsot a károsodástól, melyet egy esetleges el nem tört minta okozhat;
- az ejtési szög állítására szolgáló tartozék, amellyel a 150°-tól eltérő tetszőleges szöghelyzetből (0–150° tartományban max. 0,5° eltéréssel)



4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

szabványos vizsgálatára szolgáló, mikroprocesszorral vezérelt ütőmű (7. ábra). A helyzeti energia a karok és a tömegek cseréjével változtatható. Az ED 30 típus terhelhetősége 4–64 N, az ED 32-é pedig 50–100 N. Vonatkozó szabványok: ASTM D 689, ASTM D 1922, ASTM D 1434, ISO 1974, ISO 6383/2, BSI 4468.

Ejtősúlyos ütőművek

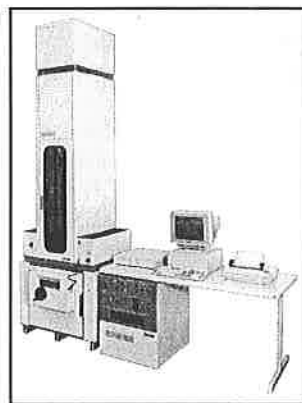
Fractovis: Műszerezett ütőheggyel ellátott ejtősúlyos berendezés, 264–490 J ütőenergia tartományban, max. 4,43 m/s ütési sebességgel az ASTM D 3029, az ISO 179, ISO 180, ISO 3127, az ASTM D 256, ASTM D 2444 és ezekkel egyenértékű szabványok szerinti vizsgálatokhoz (8. ábra). Egy rugó-előfeszítő egység segítségével kilőve az ütőfejet az ütőenergia 1300 J-ra, a sebesség 20 m/s-ra növelhető. Termokamra csatlakoztatásával -70 – +100 °C hőmérséklet-tartományban is vizsgálhatók a műanyag alkatrészek ütésállósága (pl. gépkocsik lök-

is indítható vizsgálat (4. ábra); – a Cryomatic rendszer (5. ábra), amely nagy sorozatú ütővizsgálat elvégzésére alkalmas -70 és +100 °C hőmérséklet-tartományban. A hőkamrában egyszerre nagyobb mennyiségű próbatétel (kb. 35 db, mérettől függően) temperálható és egy manipulátorral vizsgálati helyzetbe hozható úgy, hogy az ütés is az előírt 5 másodpercen belül elvégezhető. A kamra hűtőközege folyékony nitrogén, és villamos fűtőszálakkal melegíthető. Az egyenletes hőeloszlást ventilátor biztosítja.

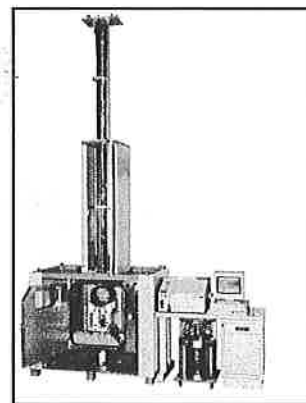
– a Cryobox hűtőkamra (6. ábra) több minta temperálására alkalmas -50 és +20 °C tartományban; csatlakoztatható a Resil 25 ütőműhöz és nemcsak a próbatételeket, hanem a nagyobb tömegű mintatámaszt is hűti megakadályozva a kis tömegű próbatétel gyors felmelegedését, azaz a vizsgálati hőmérséklet pontos betartását segíti.

A Resilvis ütőmű a nagy sorozatú ütővizsgálatok automatizált végrehajtására alkalmas (címdali ábra). A próbatételeket a termokamrából (-70 – +100 °C) manipulátor teszi vizsgálati helyzetbe úgy, hogy az ütés 3 másodpercen belül bekövetkezik. Óráként 120 vizsgálat végezhető. A mért és számított adatokat a számítógép gyűjti és tárolja.

Az Elmendorf-inga bemenet- szett fóliák és ehhez hasonló minták továbbszakíthatóságának, tépési szilárdságának a



8. ábra



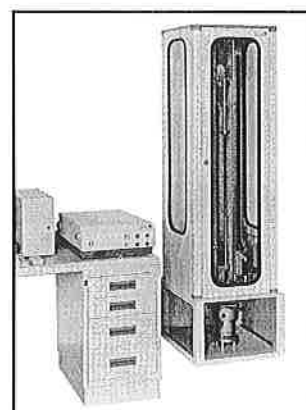
9. ábra

hárítója, hűtőrácsa, visszapillantó tükör burkolata a köfelverődést és ütközést szimulálva éghajlati viszonyok között). Automatizált változtatásával óránként 60–120 vizsgálat végezhető. Az ejtési magasság 1 m. Az ütési sebességet fotó-optikai úton méri. Az ütest követően egy speciális energiaelnyelő felfüggesztés emészt el a megmaradó energiát. Opcióként egy anti-rebound rendszer a visszapattanás után lefékezi az ütőfejet megakadályozva a többszöri ütest.

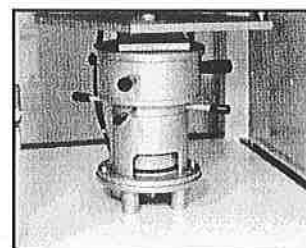
Pipe tester: Működési elve hasonló a Fractovis-éhoz azzal a különbséggel, hogy csövek dinamikus vizsgálatára van kialakítva. Energia-tartománya: 10–150 J, a vizsgálható csőátmérő tartomány: 10–500 mm (9. ábra). A maximális ejtési magasság: 2000 mm. Vonatkozó szabványok: ISO 3127, BSI 3505, EN 744.

Dart tester: Műszerezett ejtősúlyos ütőmű, max. ütőenergia: 50 J, max. ütési sebesség: 4,43 m/s, fotó-optikai úton mérhető, az ejtési magasság állítható, max. 1 m (10. ábra). Ütés után az ejtősúly automatikusan visszatér a kiindulási magasságba. A befogószerkezet alsó és felső része nincs mechanikus kapcsolatban egymással, így a vizsgálati terbe nagyobb felületű minta is behelyezhető. A mintatartó függőlegesen állítható (11. ábra), így a változó vastagságú minta felületétől mérhető ejtési magasság állandó értéken tartható. Az ejtősúly maradék energiáját egy energiaelnyelő felfüggesztés emészt el. Az ütőmű lemezek, kisebb alkatrészek és szerkezeti elemek törésvizsgálatára alkalmas. Vonatkozó szabványok: ISO 179, ISO 6603, ISO 7765, ASTM D 1709, ASTM D 3763, DIN 53 443.

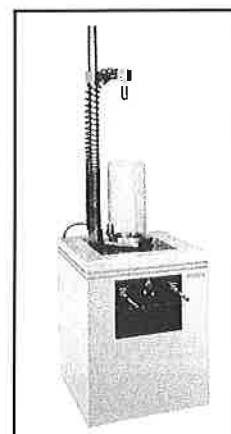
Ball drop tester: A pneumatikus befogóval rögzített és kifeszített műanyag fóliák átszakításához szükséges energia meghatározására szolgál (12. ábra). A gomba alakú ejtősúly tömege a szabványos súly-sorozattal fokozatonként növelhető minaddig, amíg tíz mérésből legalább öt esetben át nem szakad a fólia. Az ehhez tartozó ütőenergia a mérés eredménye. A maximális energia: 22 J. Vonatkozó szabványok: ASTM D 1709, BS 2782.



10. ábra



11. ábra



12. ábra

Cumulus – az ELE új, automata meteorológiai mérőállomása

Február 4-én az angliai Towcester-ben mutatta be az ELE International (GB) cég a legújabb fejlesztésű automata meteorológiai mérőállomását. A Cumulus névre keresztelt monitor állomás egyesíti az elmúlt 15 év fejlesztési, gyártási és üzemeltetési tapasztalatát, egyben továbbfejlesztett, de kezelési szempontból leegyszerűsített változata a már jól bevált EMS (Environmental Monitoring Station) rendszernek.

A gyártó e korábbi állomásnál saját gyártású érzékelők mellett több más gyártótól származót is kipróbált és közülük, az elmúlt évek tapasztalatai alapján, a DIDCOT cég érzékelői bizonyultak a legmegfelelőbbnek.

Az ELE a következetes egyszerűsítésekkel, a DIDCOT cég felvásárlásával többek között azt is elérte, hogy az új automata mérőállomás ára kb. a korábbi EMS-nek a fele!

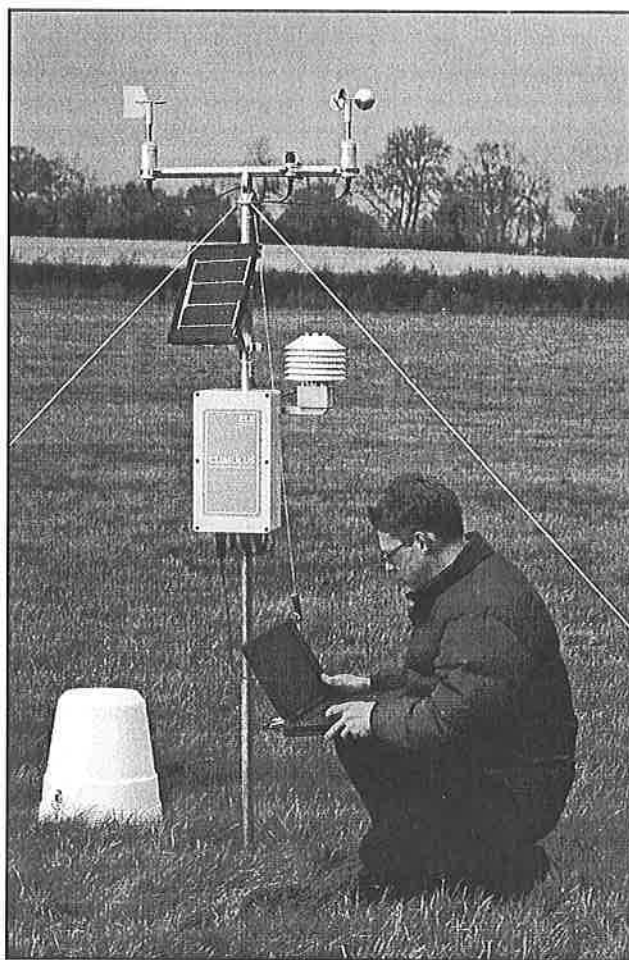
Érzékelők

A rendszer maximum 8 meteorológiai paraméter adatait képes rögzíteni.

A felhasználó maga választja meg, hogy a táblázatban felsoroltak közül milyen szenzorokkal legyen felszerelve az állomás. Így a szérelyebb felszereltségű állomás a későbbiekben tovább fejleszthető.

Adatgyűjtő

A logger a korábbi jól ismert MM900/950 család továbbfejlesztett változata. A rendszer elindítása, leállítása és az adatok kiolvasása hordozható PC-ről RS 232 kábelén keresztül történik. Külön kiemelendő, hogy a kezdeti paraméterek megadásakor a mérési ciklus 1 mp és 24 óra között választható meg. Átlagos cik-



lusidővel számolva ez jónéhány hónapos folyamatos felügyeletmentes üzemet tesz lehetővé. A szoftver mellett maga az adatgyűjtő is rögzíti az átlag/minimum/maximum értékeket.

Kommunikáció

A gyártó a kvázi teljes felügyeletmentes üzemmód elérését célozta meg a normál telefon vagy GSM modem opcióval. Amennyiben az állomás és a felhasználó közel van egymáshoz, úgy normál RS 232 kábelén keresztül történhet a real time adatmegjelenítés. Természetesen az EMS-nél jól bevált időszakos (felhasználói tapasztalatok alapján általában 1-2 hónapokénti) PC-s adatkiolvasás is lehetséges.

Cumulus szoftver

A korábbi DOS-os verziójú programot az új Windows alapú Cumulus vette át.

Ennek főbb jellemzői az indítás/befejezés/adatkiolvasás funkció mellett a real-time adatmegjelenítés, a táblázatos és grafikus képek, a statisztikus értékek számolása ill. az adatexport funkció. E mellett tipikus meteorológiai megjelenítéssel, pl. szélrózsa diagramokat is rögzíthetünk.

Tápellátás

Amennyiben az állomás közelében 220 V/50 Hz tápellátás lehetséges, úgy, mint legolcsóbb megoldást, ezt alkalmazzuk. Más esetekben választhatunk a napelemes és az akkus megoldások között. >

Mohácsi Gábor
Testor

Szenzor	méréstartomány	felbontás	pontosság	Kód
szélsebesség	0,25–60 m/s	0,1 m/s	+/- 2%	EE508170
szélirány	0–360 fok	1 fok	+/- 2 fok	EE508171
napfény (solariméter)	0–2000 W/m ²	1 W/cm ²	+/- 3%	EE508172
levegő hőmérséklet	-40–80 °C	0,1 °C	+/- 0,5 °C	EE508173 kombi
páratartalom	0–100% RH	1%	+/- 2%	T/RH együtt
barometr. nyomás	600–1100 mbar	1 mbar	+/- 1 mbar	EE508175
csapadék	N/A (digitális)	0,2 mm	1%	EE508176
talaj hőmérséklet	-20–80 °C	0,1 °C	+/- 0,2 °C	EE108178

A hazai gyakorlatban bevált terhelési diagram (1. ábra) lehetőséget ad a háttérzaj meghatározására, 0,6 p₀ nyomáson a szivárgás ellenőrzés elvégzésére (akusztikus kézi műszerrel vagy habképző sprayjell). A váltakozva alkalmazott, egyre növekvő terhelés, majd a visszaterhelés lehetőséget teremt a sűrűdások (akár az edény fala és a szigetelés közötti, akár az edény és a feltámasztás közötti sűrűdásról legyen is szó) behatárolására, az esetleges primer akusztikus emissziós tevékenység kiszűrésére.

A negyedik terhelési lépcsőben haladja meg a nyomás az üzemi nyomás értékét. Ebben a szakaszban az akusztikus emissziós tevékenység aktivitása és intenzitása, illetve ennek elmaradása támasztja alá az edény állapotáról kialakult szakvéleményt.

A szakszerűen elvégzett – ebben benne foglaltatik a megfelelő műszer, a méréshez alkalmas körülmény és a képzett vizsgálószemélyzet – és gondosan kiértékelt akusztikus emissziós mérés egyértelmű dokumentumot szolgáltat az edény

- tömörségéről,
 - aktív repedései hiányáról vagy meglétéről,
 - helyi képlékeny deformációval együtt járó alakváltozásainak fellép-téről,
- azaz az edény integritásáról.

Az ammónia-rendszereket nem szabad víznyomáspróbának alávetni. A nyomáspróbát 1.1 p_{eng} nyomásértéktől általában sűrített levegővel, vagy semleges gőzzel hajtják végre. Ilyenkor a rendszerben nagy rugalmas energia tárolódik, az edény törése komoly kárt okozhat. Az akusztikus emissziós műszer a károsodást idejekorán, előre jelezheti, mert mind a repedésnövekedés, mind a helyi maradó alakváltozás igen aktív intenzív akusztikus emissziós tevékenységgel jár – tehát a károsodás kezdete észlelhető, a nyomáspróba megszakítható.

Összegzés

Az ammónia-rendszerek időszakos hatósági felülvizsgálata megbízhatóan elvégezhető részleges szerkezeti vizsgálat és akusztikus emis-

ziós integritás vizsgálat együttes alkalmazásával. Az eredményes és hatékony vizsgálat érdekében meg kell oldani a rendszer szakaszolását, azaz hogy a vizsgálandó edények külön-külön is nyomás alá helyezhetők legyenek.

A „házi nyomáspróbát” a hatósági nyomáspróba részévé kell tenni. Biztosítani kell a csendes, nyugodt környezetet a vizsgálat időtartama.

Az 1. ábrán közölt terhelési program szerint kell a vizsgálatot lefolytatni. A vázolt vizsgálati eljárás a belülről nem vizsgálható ammónia rendszerek állapotát képes megfelelő biztonsággal megítélni.

Hivatkozások

- [1] MSZ 13833/10:1983 Kazánok és nyomástartó edények gyártása és vizsgálata. Szerkezeti vizsgálat.
- [2] MSZ 13833/11:1983 Kazánok és nyomástartó edények gyártása és vizsgálata. Nyomáspróba.
- [3] MSZ 11101/1:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Általános követelmények.
- [4] MSZ 11101/2:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Szerkezeti anyagok.
- [5] MSZ 11101/3:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Csővezetékek.
- [6] MSZ 11101/4:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Nyomás- és hőmérséklet határolók.
- [7] MSZ 11101/5:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Folyadékszintjelzés.
- [8] MSZ 11101/6:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Vizsgálat.
- [9] MSZ 11101/7:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Üzemeltetési dokumentáció.
- [10] MSZ 11101/8:1985 Hűtőberendezések biztonsági előírásai. Minőségátvitel.
- [11] Szerk.: Dr. Pellionisz Péter: Akusztikus emissziós anyag- és szerkezetvizsgálatok, GTE, Budapest, 1992.
- [12] MU-017-1996. Útmutató nyomástartó edények akusztikus emissziós integritás vizsgálatához.

HÍREK

Anyagvizsgáló Nap

A Budapesti Műszaki Egyetem díszterme adott otthont június 2-án annak a félnapos emlékülésnek, amelyen anyagvizsgálóink, a felkért előadók és felszólalók segítségével, áttekintették és méltatták a 110 éve alapított Mechanikai Technológia Tanszék és az 50 éves Gépipari Tudományos Egyesület szakmai közösségeinek és kiemelkedő személyességeinek – elsősorban az iskolateremtő, tanszék- és egyesületszervező Rejtő Sándor, Gillemot László és Zokóczy Béla professzorok – kezdeményezéseit, eredményeit, illetve szerepét és együttműködését, amellyel jelentős mértékben járultak hozzá az anyagtudomány és -technológia honi fejlődéséhez, illetve műszaki közéletünk nemzetközi kapcsolatteremtéséhez és szerepvállalásaihoz.

A program a jelenbe ívelően betekintést adott a tanszéken folyó kutatásokba (korszerű, melegsziárd mikroötvözt Cr-Mo-acélok tulajdonságváltozása, a szivós törés mechanizmusának leírása a kontinuum mechanika és a reális anyagszerkezet szemléletet egyesítő modellekkel, a korszerű porkohászati technológiával előállított hipereutektikus Al-Si-Ni-ötvözetek), a Bay Zoltán Alapítvány intézetében az anyagok törése témában elért eredményekbe, az AGMI Rt. erőművek állapotellenőrzési tapasztalataiba.

A korszerű vizsgálóeszközöket kiállító cégek közül a Testor Bt. a kompozitok erősítő anyaga, a hajszálnál is vékonyabb szénszál mechanikai tulajdonságainak a vizsgálatára is alkalmas vizs-

gálógépet, míg a Grimas Kft. a kvantitatív metallográfiai műszert ismertetett.

A BME MTAT és a GTE anyagvizsgáló szakosztály közös rendezvényét kötetlen beszélgetésekre módot adó állófogadás zárta. A rendezvényt az AGMI Rt., a Grimas Kft., a Magyar Mérnökakadémia és a Testor Bt. támogatta. Az elhangzott szakmai újdonságokról lapunkban folyamatosan beszámolunk.

A Braille aszteroida nyomában

Magyar tudós segítette a NASA űrbravúráját – adta hírül a Magyar Nemzet (1999. júl. 31.).

Az Amerikai Űrhajózási Hivatal (NASA) Deep Space 1 (Távoli kozmosz) elnevezésű szondája július 29-én közép-európai idő szerint háromnegyed háromkor sikeresen átrepült, 56 ezer km/h sebességgel, a Földtől 188 millió km-re lévő parányi égitest, a Braille felett 25 km-es magasságban! Ezt a páratlan eseményt a szonda új, intelligens navigációs rendszere (AutoNav) tette lehetővé, amelynek része a Greguss Pál műegyetemi tanár által kifejlesztett PAL-optika (Panoramic Annular Lens), amely 360 fokos panoramikus képet szolgáltat és ezért pontos helyzet-meghatározó műszerként használható: egyidejű rálátása van a Földre, a Napra és a csillagokra. (Greguss professzor PAL-optikáról írt cikke olvasható az Anyagvizsgálók Lapja 1993/3. számában.)

Nyomásos alumíniumöntvények mikroporozitásának összehasonlító radiográfiai vizsgálata

Szalay Zsolt* – Dr. Balaskó Márton**

Bevezetés

Az egyre jobb minőségű alumíniumöntvények előállításában kulcsszerepet töltenek be azok az anyagvizsgálati módszerek, amelyek képesek a különböző mintadarabok, és azok gyártástechnológiai hiányosságait felderíteni. Mivel a porozitás a legtöbb alumíniumöntvényben általánosan előforduló hiba, a cél: roncsolásmentes módszerrel minél hatékonyabban felfedni ezen anyagfolytonossági hiányokat. A roncsolásmentes anyagvizsgálatok egyik legrégebben alkalmazott és legismertebb fajtája a röntgen-radiográfia. Gyakorlati okok miatt kevésbé elterjedt, de korántsem új vizsgálati eljárás a neutron-radiográfia. E két technika párhuzamos alkalmazásának előnyeit, szinergia hatásait és tapasztalatainkat mutatjuk be ebben a cikkben.

Az alumíniumöntvények porozitása

Öntvények porozitásán általában az anyagban található kisméretű, kerek vagy lekerekített formájú üregeket, azok sokaságát értjük. A pórusok keletkezése leggyakrabban az olvadátkor oldott gázkiválásával illetve a dendritkarok közötti zsugorodási üregekkel hozható összefüggésbe [4].

Mivel az öntvények minőségében rejlő különbségek leggyakrabban a gyártás során alkalmazott technológiák különbözőségére vezethetők vissza, a technológiai tényezők vizsgálata alapvető fontosságú. Ghomashchi [2] szerint az alumíniumöntvényekben kialakuló porozitás mértékét elsősorban befolyásoló technológiai tényezők az alkalmazott öntési eljárás, az öntőszerszám hőmérséklete, a felhasznált adalékanyagok és az öntési nyomás mértéke valamint az öntési atmoszféra.

Bár a mikroporozitás ($d_{90} < 1$ mm) keletkezése elsősorban az olvadátkor oldott gáz megrekedésére vezethető vissza, nem kizárható a zsugorodási üregképződés sem [6].

Radiográfiai vizsgálatok

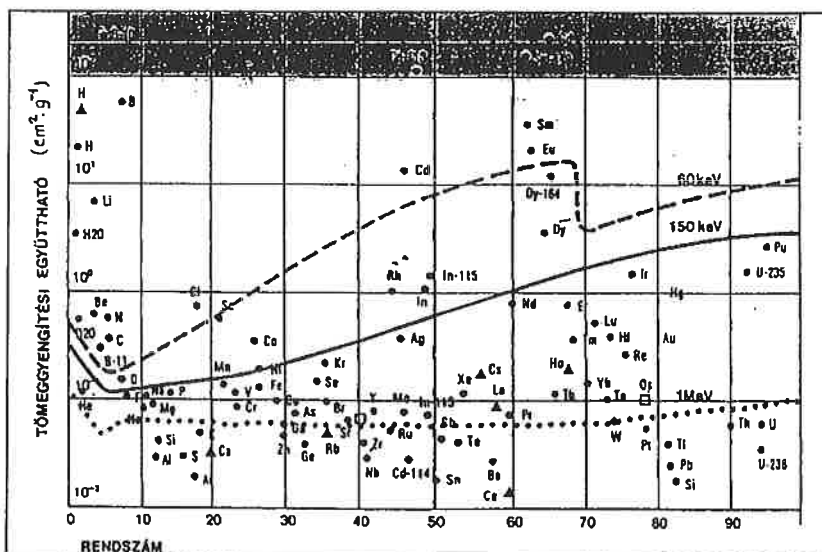
A módszerek fizikája

Míg a röntgensugárzás az atommagot körülvevő elektronhéjakkal, addig a neutronok kizárólag az atom magjával lépnek kölcsönhatásba. Ennek során a neutronok általában eltérülnek, de esetenként az atommag elnyeli a neutront. A befogási és a szóródási effektusok kombinációját az ún. tömeggyengítési együtthatóban (1. ábra) lehet kifejezni [1].

Egy adott anyagra a sugárzási intenzitásának a csillapítása exponenciálisan változik az anyagvastagsággal és az anyag minőségére jellemző tényezőkkel, amely a következő egyenlettel írható le

$$I = I_0 \cdot e^{(-\mu \cdot t)}$$

(ahol μ a tömeggyengítési együttható és t a vizsgálandó minta sugár



1. ábra. Különböző energiájú röntgen-, gamma- és neutronsugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együtthatók az elemek rendszámának függvényében

irányú vastagsága. Ez a kifejezés alkalmazható a neutron csillapítására ugyanúgy, mint az elektromágneses sugárzás csillapítására [1]. Amint az az 1. ábrán látható, az egyes elemek tömeggyengítési együtthatói nagyságrendekkel különbözhetnek attól függően, hogy milyen sugárzásra vonatkoztatjuk azokat. A szaggatott vonal a 60 keV-os, a folytonos vonal 150 keV-os röntgensugárzásához, míg a pontvonal az 1 MeV-os gammasugárzásához tartozó tömeggyengítési együtthatókat ábrázolja. Az elsőtörtán elhelyezkedő diszkrét pontok az elemek termikus neutron-sugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együtthatóit mutatják. A röntgen-ill. gammasugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együtthatók folytonos függvénnyel írhatók le, ahol a nagyobb rendszámú elemekhez általában nagyobb tömeggyengítési együttható is tartozik. Ezzel ellentétben semmiféle összefüggést nem lehet felfedezni a neutronsugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együttható rendszámfüggésére. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy bizonyos anyagok vizsgálata sokkal előnyösebb lehet neutron-radiográfiával, mint röntgen-radiográfiával. Például neutronsugárzás esetén a hidrogénre vonatkozó tömeggyengítési együttható három nagyságrenddel nagyobb (kb. ezerszeres arány), mint a technikai gyakorlatban használt anyagokra vonatkozó tömeggyengítési együttható, míg röntgensugárzás esetén ez az arány csak kb. tízszeres. Ennek megfelelően a hidrogént tartalmazó alumíniumminta neutron-radiogramja is sokkal kontrasztosabb, ezáltal a keresett hibák felderítése is valószínűbbé válik. Ebből következik, hogy a két módszer sokkal inkább kiegészítője, mint vetélytársa egymásnak. Együttes alkalmazásuk hordozza a legtöbb információt.

A neutron-radiográfia alkalmazására a nyomásos alumíniumöntvények esetében az adta az ötletet, hogy a hidrogén az egyetlen gáz, amely képes jelentős mértékben az olvadt alumíniumban és annak ötvözeiben oldódni. Oldódási képessége közvetlenül a hőmérséklettel és a nyomás négyzetgyökével arányos [4]. A hidrogén oldhatósága jelentősen nagyobb a fém folyékony, mint szilárd állapotában. Az alumínium szilárdulása folyamán a hidrogén oldhatósága drasztikusan csökken. Ez kigázosodást eredményez, amely gyengébb mechanikai tulajdonságok kialakulásához vezethet [5].

* Ph.D. hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem, Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék, H-1111 Budapest Goldmann Gy. Tér 3. V2/153. Tel.: (1) 463-2954, e-mail: szalay@rht.bme.hu

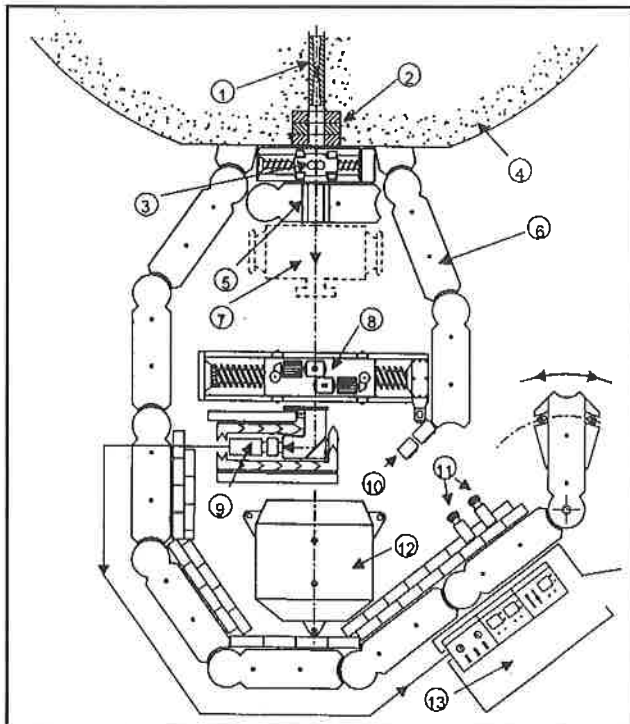
**KFKI Atomenergia Kutató Intézet, H-1525 Budapest Pf. 49.

Az alumíniumban rekedt hidrogénnek több potenciális forrása van, ilyenek az öntési atmoszféra, az adalékanyagok, az ötvözőanyagok, valamint a fémoldék és az öntőszerszám közötti reakciók [6]. A mérések tapasztalatai szerint az oldadékban oldott hidrogén a szilárdtestből diffúzióval eltávozik. Az öntvény üregeit vizsgálati célból hidrogénnel átmenetileg feltölthetjük. Az egyik kézenfekvő megoldás az ún. víz alatti vákuumozás. Ez az egyszerű módszer igen hatékony lehet különösen a felület közelében elhelyezkedő mikroporozitás felderítésére. Amennyiben a mikropórusok izoláltak, tehát nincsenek a felületre kivezető mikrocatornái, akkor ez a módszer nem használható eredményesen.

A vizsgálati technika

A neutron-radiográfiás méréseket a KFKI Atomenergia Kutató Intézetben a 10 MW-os Budapest Kutatóreaktor 2. sz. vízszintes csatornájánál működő dinamikus radiográfiái állomáson végeztük, termikus neutronokkal (0,01–0,5 eV). A röntgen-radiográfiás méréseket a neutronnyaláb pozíciójába helyezett, hordozható ipari röntgengenerátor felhasználásával készítettük (150 keV és 3 mA).

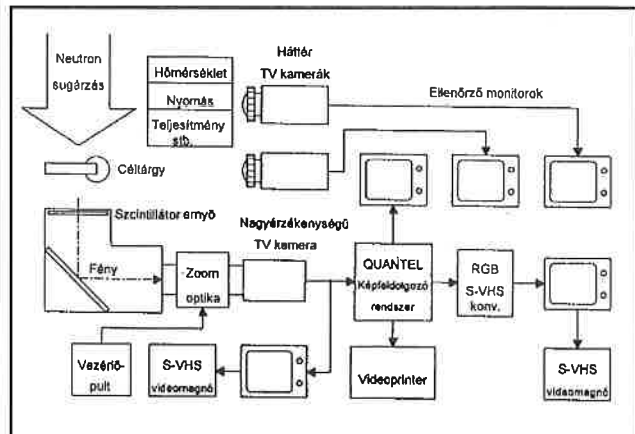
A Budapest Atomreaktor egy 10 MW-os VVRSZM típusú reaktor, melyet kizárólag kutatási célokra használnak. A reaktor szovjet tervek alapján 1958-ban épült, ekkor 2 MW-osra tervezték. Az eredetileg 30 évre tervezett létesítményt 1986-92 között teljesen felújították, új biztonsági rendszert kapott, és teljesítményét megnövelték 10 MW-ra. Az új fűtőelemek előreláthatólag még további 4 évig biztosítják a reaktor folyamatos működését. Nyolc, mérésekre szolgáló vízszintes csatornával rendelkezik, melyeken keresztül a reaktor belsejében keletkező termikus neutronsugárzás a neutronszórást vizsgáló berendezésekhez kerül. Napjainkban szereltek be egy cseppfolyós H₂ moderátort a reaktor zónájának közvetlen közelébe, amely lehetővé teszi, hogy további három vízszintes csatornán, neutronvezetők felhasználásával, szubtermikus neutronokkal (<0,01 eV) is lehessen az anyagok szerkezetét tanulmányozni. A vizsgálóállomás felépítését a 2. ábra szemlélteti.



- | | | |
|----------------------------------|--|--------------------------------|
| 1 Belső kollimátor | 6 Biológiai védelem | 10 Működési jellemzők kijelzői |
| 2 Csatornázár rendszer | 7 Hordozható röntgengenerátor | 11 Háttér tv-kamera |
| 3 Nyalábfomázó- és szűrőrendszer | 8 Céltárgy a távvezérelt mozgáló-mechanizmussal | 12 Sugárnyelő |
| 4 Reaktor-árrékolás | 9 Képfalkoló rendszer a nagy érzékenységű tv-kamerával | 13 Vezérlő állók |
| 5 Külső kollimátor | | |

2. ábra. A Budapest Atomreaktor 2. sz. csatornájánál elhelyezkedő dinamikus radiográfiái vizsgálóállomás felépítése

A reaktor 2. sz. vízszintes csatornájánál felépített képfalkoló rendszer blokkvázlatát a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A KFKI AKEL radiográfiái állomásánál kialakított képfalkoló rendszer blokkvázlata

A vizsgálatokat a GD-AISI12(Cu) típusú (3.2982.05 azonosító számú) nyomásos öntvényeken végeztük. A mintákat a vezérlőfülkéből mozgatható állványra, a sugárforrás és a konverter közé helyeztük. A látható kép egy ZnS-ből készült 0,1 mm vastag szcintillátor ernyőn keletkezett, melyet egy 45 fokos tükör a kamera irányába fordított. A távvezérelt zoom optika által optimalizált, a nagy érzékenységű TV 1122 típusú kamera által észlelt és továbbított képet S-VHS képmagnó rögzítette. Egy-egy pozícióról körülbelül 60 másodperc folyamatos képanyag készült. A kiértékeléshez a Quantel Sapphire típusú képfeldolgozó rendszert használtuk, amely nemcsak a képmagnón rögzített képanyag összegzését-kivonását, integrálását, hanem a felvételeken a távolság és a terület mérést is lehetővé teszi. A Quantel rendszerhez illeszthető videoprinter – segítségével képernyő-másolat készíthető –, de megoldott a PC-s formátumban történő adatkinyerés is. A kamera illetve a konverter inhomogenitásait szintén a Quantel rendszer segítségével lehet és kell kiküszöbölni, mégpedig oly módon, hogy az integrált képanyagból ugyanannyi ideig integrált minta nélküli háttérképet vonunk ki.

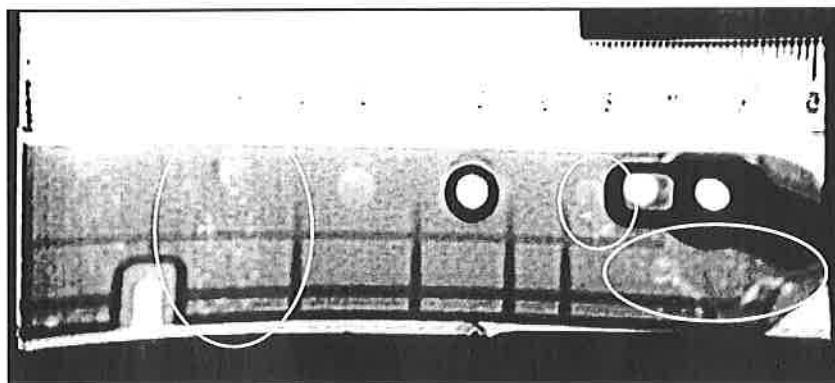
Összehasonlító értékelés

Az elvégzett méréseket két csoportba osztottuk. Az első mérési sorozatban röntgen-radiográfiás átvilágítással minden mintát megvizsgáltunk, azok speciális előkészítése nélkül. A második mérési sorozatban már csak a porozitást tartalmazó öntvényeket vizsgáltuk neutron-radiográfiával. A mintákat mérés előtt víz alatt vákuumoztuk egy napig, hogy a felületi hibákon keresztül a víz bejuthasson az anyag felület közeli mikroüregeibe. A 4. és 5. ábrán látható, hogyan sikerült kimutatni ugyanazon anyagon röntgen-radiográfiával, illetve a víz alatti vákuumozás után, neutron-radiográfiával a felület közeli mikroporozitást.

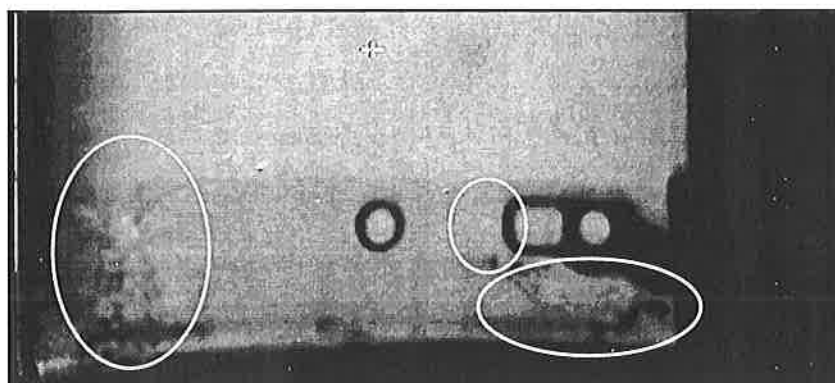
Mérési eredményeinkből látható, hogy az S-5 minta esetén sikerült bejuttatni vizet a felszín közelében levő mikropórusokba, és a neutron-radiográfiái felvételen jól kivehetőek a porózus részek. A neutron-radiográfiás kép (5. ábra) kontrasztja sokkal erősebb a röntgenkép (4. ábra) kontrasztjánál, ami a tömeggyengítési együtthatóknak a különböző sugárzásra vonatkozó eltérő értékeivel magyarázható.

Összefoglalás

Az eredmények kiértékelése alapján megállapítható, hogy a röntgen-radiográfia és a neutron-radiográfia jól kiegészítik egymást az alumíniumöntvények mikroporozitásának vizsgálata terén is. Víz alatti vákuumozással a nyomásos alumíniumöntvénybe bejuttatott víz lehetővé teszi a neutron-radiográfia eredményes alkalmazását. Az ilyen módon készített neutron-radiográfiái felvételek sokkal kontrasztosabbak, mint a



4. ábra. Az S-5 minta röntgenradiogramja



5. ábra. Az S-5 minta neutron –radiogramja

röntgen-radiográfiával készült képek. A víz alatti vákuumozás és neutron-radiográfia együttes alkalmazása hatékony módszer lehet a nyomásos alumíniumöntvények felszín közelében elhelyezkedő mikroporozitásának felderítésére. Bár a neutron-radiográfia használata nem gazdaságos szériavizsgálatokra, de az öntési technológia beállításakor, a különböző speciális öntési sorozatoknál jelentkező problémák megoldásában eredményesen felhasználható.

Irodalom

- [1] Greene (1989): Radiographic Inspection, ASM Metals Handbook Vol. 17.
- [2] M.R. Ghomashchi, K.N. Stafford (1993): Factors influencing the production of high integrity aluminium/silicon alloy component by die and squeeze casting process, Journal of Materials Processing Technology, 38. pp; 303-326.
- [3] Dr. Balaskó Márton (1994): Dinamikus neutron- és gammadiográfia alkalmazása ipari fejlesztésekben, Anyagvizsgálók Lapja, 1994/2. pp. 35-37.
- [4] A.K. Gupta, B.K. Saxena, S.N. Tiwari, S.L. Malhotra (1992): Pore formation in cast metals and alloys, Journal of Materials Science 27. pp. 853-862.
- [5] N. Roy, A.M. Samuel, F.H. Samuel (1996): Porosity formation in Al-9 Wt Pct Si-3 Wt Pct Cu alloy systems, Metallurgical and Materials Transactions Vol. 27A pp., 415-422.
- [6] Zs. Szalay (1998): Porosity examination of aluminium alloy castings, Gépészet '98 konferencia, Budapest.

HÍREK

Központban a minőség – Nemzeti Minőségi Díj

A Nemzeti Minőségi Díjat a miniszterelnök alapította 1996-ban [3/1996.(VI. 19.) Korm.r.].

A rendelet célja: a minőségügyben kiemelkedő eredményt felmutató gazdálkodó szervezetek tevékenységének az elismerése.

A vetélkedés négy kategóriája: kis, közepes és nagy létszámú termelővállalat (létszámhatárok: 250 főig, 250–1000 fős és 1000 fő feletti), illetve szolgáltató (létszámkorlát nélkül).

A Minőségügyi Világnapon a Parlament kupolatermében megtartott díjkiosztó ünnepségeken eddig a táblázatban felsoroltak vehették át a minőség „Oszkár-díjaként” is említett elismerést:

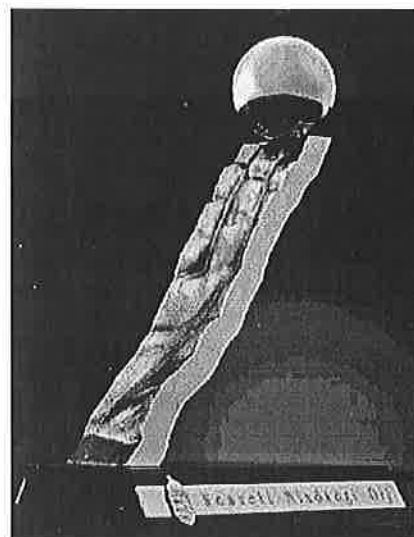
Az idei pályázatok beadási határideje május 31-én járt le. Jelenleg az egyéni és csoportos értékelést végzik. Szeptember 10-ig kell döntenie a helyszíni szemlék helyszíneiről és időpontjairól. A végső megmértetést követően, október végéig születik meg az 1999. évi végeredmény.

Az Anyagvizsgálók Lapjának olvasóit természetesen tájékoztatjuk a pályázat végeredményéről és tervezzük a legjobbak bemutatását, eredményeik „közkinccs” tételét.

A Gazdasági Minisztérium és a Nemzeti Minőségi Díj bizottság megbízásából a díjjal kapcsolatos szervezési tevékenységet a Minőségfejlesztési Központ (1063 Budapest, Munkácsy u. 16.

Telefon és fax: 332-0362, 331-7549, e-mail: info@mik.hu, <http://www.mik.hu>) végzi. Ingyenes pályázati útmutatókkal, könyvtárral és egyéb kiadványokkal és információkkal a központ munkatársai várják megítéző érdeklődésüket.

Szödi Sándor
minőségszakértő
Minőségfejlesztési Központ.



Kat.	Kisvállalat	Közepes vállalat	Nagyvállalat	Szolgáltató
1996	LEHEL HÜTŐGÉPGYÁR Kft. Fagyasztóláda Gyár. Jászárokszállás	BURTON – APTA Tőzállóanyaggyártó Kft. Hódmezővásárhely	HERENDI Porcelánmanufaktúra Rt. Herend	WESTEL 900 GSM Mobil Távközlési Rt. Budapest
1997	GANZ-DAVID BROWN Hajlóműgyártó Kft. Budapest	OPEL Magyarország Járműgyártó Kft. Szentgotthárd	TAURUS Mezőgazdasági Abroncs Kft. Nyíregyháza	ORACLE Hungary. Budapest
1998	KAPITÁNY ÉS TÁRSAI Kft. Mogyoród	KNORR - BREMSE Fékekrendszerek Kft. Kecskemét	TISZAI VEGYI KOMBINÁT Rt. Tiszaújváros	ERICSSON Távközlési Kft. Budapest

Az Anyagvizsgálók Lapja fórum rendezvényéről

Már hagyomány, hogy lapunk a hazai szakkiállításokhoz kapcsolódóan fórumot biztosít az aktuális vizsgálat- és mérés technikai kérdések bemutatására és megvitatására. Az idén először jelentkezett a fórum az Industria nemzetközi szakvásáron, mégpedig a Magyar Minőség Társaság és a lap szerkesztőbizottsága és kiadója – a Testor Bt. – közös szervezésében, május 14-én a Budapesti Vásárcsopont B pavilonjának Média termében.

Délelőtt – dr. Vargay Zoltán elnökletével – a környezetfigyelés és állapotellenőrzés kérdéskörébe tartozó témák szerepeltek a napirenden.

Graham Meller, az ELE International Ltd. képviselője, a cég általános programjának rövid áttekintését követően, bemutatta a helyi meteorológiai és környezeti jellemzők és a környezetszennyezés automatizált mérésére kifejlesztett Cumulus és EMS mérőállomásokat, valamint a Paqualab hordozható vízminőség-ellenőrző rendszert, amellyel a vízminőség in situ elemzése és mikrobiológiai vizsgálata gyorsan és pontosan elvégezhető.

Ugyancsak G. Meller ismertette az ELE cég másik nagy termékcsaládjának újdonságait közül a talajfolyás és az aszfalt minták jellemzőinek dinamikus vizsgálatához, a beton és más építőanyagok törővizsgálatához kifejlesztett, automatizált gépeket, valamint a betonszerkezetek helyszíni ellenőrzésére alkalmas levegőtartalom-mérőt és a digitális keménységmérőt. Ehhez kapcsolódott dr. Borbás Lajos előadása, aki a beton- és vasbeton szerkezetek állapotellenőrzéshez jól használható vizsgálóeszközöket – a svájci Procequ cég termékeit – ismertette, nevezetesen: a Digi-Schmidt-kalapácsot, a Tico ultrahangkészüléket és ezek kombinált alkalmazását a beton szilárdságának a meghatározásához, a Torrent permeabilitás-mérőt, a Resi ellenállásmérőt és a Canin készüléket, amellyel feltérképezhető a betonba ágyazott vas korrozíós állapota, valamint a Profometer készüléket, amellyel kimutatható a beágyazott betonvas helyzete, megmérhető átmérője és a vasat takaró betonréteg vastagsága.

Dr. Greguss Pál professzor az általa szabadalmaztatott és NASA-díjjal is kitüntetett, 360 fokban panoráma-képet szolgáltató PAL-optika (Panoramic Annular Lens) többcélú alkalmazását – környezetfigyelés, helyzet-meghatározás (pl. az űrszondákra telepítve), orvosi és ipari endoszkópia, panoráma mérés technika – mutatta be videofelvételekkel illusztrált, élvezetes, Humanoid látómodulok című előadásában.

A Tiszai Vegyi Kombinát Rt. biztonsági stratégiáját, állapotellenőrzési és diagnosztikai rendszerét Szűtor István ismertette. Részletesen elemezte a ráfordítás és biztonság, az optimális kockázat fogalmakörét. Rámutatott: a sajtó által manipulált társadalom sokszor elutasítja az igényei kielégítésére alkalmazott, de reakényszerítettnek tartott, ám az önként vállalt cselekedetektől (pl. gépjárművezetés) nagyságrendekkel kisebb tényleges kockázatot jelentő technológiákat.

Az AGMI Rt-ben kidolgozott, számítógéppel támogatott fizikai állapotvizsgáló rendszert és lehetőségeit Békési András foglalta össze előadásában.

Délután – dr. Lehofer Kornél elnökletével – a laborakkreditálás és a mechanikai anyagvizsgálat témaköre szerepelt napirenden.

Dr. Ring Rózsa, a Nemzeti Akkreditálási Testület elnöke, elsősorban az akkreditálás szabványi követelmény-rendszerében várható változásokról szolt, tekintettel az év végén elfogadásra kerülő ISO IEC 17 025 szabványtervezetre. Prokxa Ferenc, a bányászat-kohászat-gépészet koordinátora pedig a laborakkreditálás eddigi tapasztalatait foglalta össze. A vizsgálóeszközök tekintetében a vegyvizsgáló és a roncsolásmentes vizsgálólaborok helyzete kedvezőbb a mechanikai laborokénál. Ezt alátámasztotta az Országos Mérésügyi Hivatalnak a mechanikai vizsgálógépek hitelesítésével szerzett tapasztalatai is, amelyekről Tóth Mihály számolt be. Előadásában kitért a típusvizsgálatok célszerű eljárásrendjére. Részletesen szolt az ingás ütőművek típusvizsgálatának és hitelesítésének kérdéseiről.

A fejlődéstörténeti mérőföldkövek utalásszerű felvillantásával a korszerű mechanikai anyagvizsgálatok – pl. kisciklusú fárasztás, törésmechanikai jellemzők és repedésterjedés mérése – mérés technikai igényeit – pl. érintésmentes nyúlásmérés, igénybevételi ciklusok reprodukálása – tekintette át dr. Havas István. A különböző anyagminőségű minták (fémek, műanyagok, textíliák, drótok, fonalak stb.) megbízható mechanikai vizsgálatának alapfeltételéről, a minták helyes befogásáról és az Instron Ltd-ben kifejlesztett hidraulikus, pneumatikus, mechanikus befogókról Calin Ursu adott áttekintést előadásában.

Az akkreditált laboratóriumok működési tapasztalatait Klausz Gábor és Majoros András, az AGMI Rt. vezető munkatársai foglalták össze. Elemezték az akkreditáltság piaci értékét, a megváltozó szabványok és rendeletek követésének és érvényesítésének, az eszközök hitelesítésének, a vizsgálatok minőségbiztosításának kérdéseit. Ez utóbbi a mechanikai vizsgálatoknál csak körvizsgálatokkal ellenőrizhető megbízhatóan. Egy nemzetközi körvizsgálat eredményeként kiderült például, hogy a legszembetűnőbb eltéréseket a folyáshatár és a rugalmassági modulus értékeinél éppen az akkreditált laboroknál tapasztalták, és ez nagyrészt – meglepetésre – az értékelő szoftverek hibája, amelyek elsősorban a rugalmas-képlékeny átmenetben nem megfelelően értelmezik az anyagnak az igénybevételre adott választ.

Az Anyagvizsgálók Lapja fórum ez alkalommal is hasznos információ- és tapasztalatcserét biztosított az témák szerint változó létszámban (50–100) jelenlévő érdeklődőknek.

– ferko –

Charpy-centenárium 2001-ben

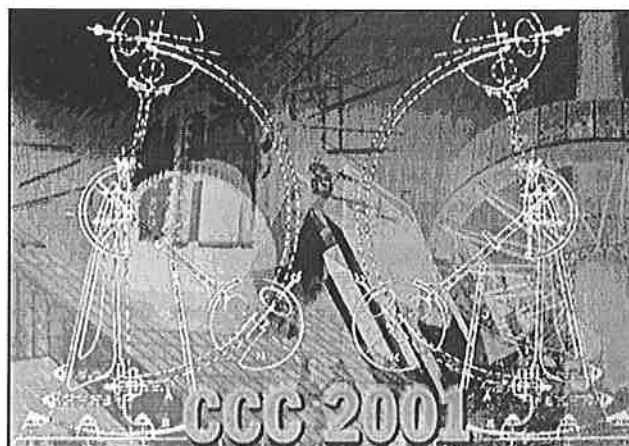
Georges Charpy (1865–1925) 1901 júniusában publikálta *Fémek vizsgálata bemetszett rudak ütve hajlításával* című dolgozatát a francia Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France folyóiratban, illetve erről tartott előadást még ez év szeptemberében Budapesten az Anyagvizsgálók Nemzetközi Szervezetének kongresszusán. Ez utóbbi eseményről és a hazai kutatóinkra gyakorolt termékenyítő hatásáról a Tetmayer-emlékülésünkön is szó volt, amelyről lapunk is beszámolt (Anyagvizsgálók Lapja 1996/1. p. 37.). A Charpy-féle vizsgálat széles körben elterjedt és az elektronika, a mérés- és számítástechnika fejlődésének köszönhetően a műszerezett változata alapvető módszerévé vált az anyagok dinamikus mechanikai tulajdonságainak a meghatározásában. Szakmánk nemzetközi közösségének van tehát mit áttekintenie a

Charpy Centenary Conference – CCC 2001

nemzetközi rendezvényen, amelyet a francia Poitiers-ben rendeznek 2001. október 3–5-én.

A szervezőbizottság (amelynek dr. Tóth László professzor is tagja) **előadók jelentkezését** és az angol nyelvű, legfeljebb 400 szavas (max. 1 oldal) előadás-kivonat megküldését legkésőbb 1999. október 1-ig

várja. Cím: CCC 2001 Société Française de Métallurgie et de Matériaux, Les Fontenelles, 1, rue de Craiova, F-92024 Nanterre Cedex, France.



Üreges kerámia részecskékkel erősített alumínium mátrixú kompozit terhelhetőségének vizsgálata zömítéssel

Détári Péter – Dr. Hans-Peter Degischer

Bevezetés

A szerkezeti anyagokkal szemben támasztott egyre növekvő követelményeknek a hagyományos ötvözetek nem minden esetben felelnek meg. Emiatt új anyagok kutatása és fejlesztése vált szükségessé. Ezen anyagok sorába tartoznak a kompozitok, amelyek napjaink egyik legígéretesebb szerkezeti anyagai [1].

A kompozit anyagok egyik jellegzetes képviselői a fém mátrixú kompozitok. A fémes mátrixú kompozitok kutatásában különösen nagy figyelmet szenteltek a könnyűfémeknek, közöttük is az alumíniumnak. Ezt az alumínium nagyon kedvező tulajdonságai indokolták, amelyek a szál- illetve részecske-erősítéssel még szélesebb, eddig elérhetetlennek hitt tartományokat kínálnak a felhasználónak [2].

A kutatások kezdeti szakaszában leginkább a szálerősítésű (hosszú-, illetve rövid szálerősítésű) kompozitokra fordítottak nagyobb figyelmet, mert ezen anyagok szálirányban mért mechanikai tulajdonságai messze meghaladják az alapfém alkalmazásával, illetve részecske-erősítéssel kapható tulajdonságokat. Ugyanakkor nem mindig előnyös a mechanikai tulajdonságok anizotrópiája, és problémát jelent a szálak gyártása és előkészítése is. Ezért sok esetben kedvezőbb lehet mind a tulajdonságok, mind az árat tekintve a részecske-erősítésű kompozitok alkalmazása. Ez indokolta ennek az anyagnak az elmúlt években folyó széles körű kutatását.

A kompozitok elterjedését nehezíti, hogy a mai mérnöki gyakorlatban anyagjellemzőik kevésbé ismertek, mint a hagyományos szerkezeti anyagoké, valamint az a tény, hogy tulajdonságuk, viselkedésük összetételi sokféleségüktől, gyakran gyártási módjuktól függően, igen széles határok között változik. Ezért is fontos az egyes kompozit anyagok anyagvizsgálati eszközökkel történő minősítése.

Kísérleti anyag

A cikkben bemutatásra kerülő anyag alumínium mátrixú, kerámia-részecske-erősítésű kompozit. A mátrix anyaga: Al99.99. Az erősítő anyaga: üreges kerámia részecskék (gömbök), összetétele: SiO_2 : 54,5%; Al_2O_3 : 36,1%; Fe_2O_3 : 5,3%; TiO_2 : 1,3%; szerves anyag: 0,2%. A részecskék átlagos mérete: 150 μm , falvastagsága, 5 μm . [3]

A vizsgálati anyag tömb formában a bostoni Northeastern University kompozit-laboratóriumában készült az ún. nyomás alatti átitatásos, infiltrációs eljárással, melynek során 690 $^\circ\text{C}$ -on, közel $7 \cdot 10^5$ Pa nyomáson a megolvadt alumíniumot a részecskék közé sajtolták.

A tömb gyártása során az infiltráció után a hőmérséklet emelkedésére, az alapanyag és a kerámia részecskék közti exoterm reakció létrejöttére utaló jeleket tapasztaltak. A későbbi elektronmikroszkópi

vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy ez a reakció az alumínium mátrix által a kerámia gömbök szilíciumoxid dezoxidációja ($4\text{Al} + 3\text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Si}$). Ez a reakció azonban körülbelül a tömb közepénél megállt, és az alsó részben nem ment végbe. A két anyagréteg eltérő tulajdonságai már szemmel is jól láthatóak voltak, mivel abban a részben, ahol nem jött létre a reakció, az anyag tömör és hozzátéve teljesen homogén volt (1. ábra). Ezzel szemben, ahol végbement a fent említett reakció, ott az anyag meglehetősen porózus és inhomogén volt (2. ábra).

Az 1. és a 2. ábrán látható felületek jobb oldali (egyenes) széle a legyártott tömbnek közel a szimmetriatengelyében helyezkedett el.

A vizsgálatok előkészítése

A vizsgálatokat a Bécsi Műszaki Egyetem, Institut für Werkstoffkunde und Materialprüfung-ban végeztük. Mindkét anyagrést (reagált és nem reagált) 20x10x10 mm nagyságú, zömítővizsgálatra alkalmas próbatestekre vágtuk, majd mindegyiknek megmértük a sűrűségét Sartorius YD01 típusú mérleggel, amely alkalmas a darab levegőn mért tömegének (0,01 mg pontossággal) és vízkiszorításának mérésére.

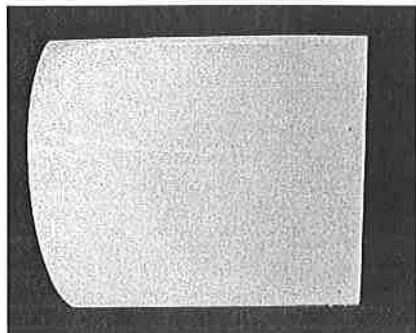
A mérések alapján a homogén, nem reagált darab átlagos sűrűsége $\rho = 1,295 \text{ g/cm}^3$ (legkisebb mért érték: $\rho = 1,267 \text{ g/cm}^3$, a legnagyobb mért érték: $\rho = 1,330 \text{ g/cm}^3$); az inhomogén, reagált, rész átlagos sűrűsége: $\rho = 1,302 \text{ g/cm}^3$ (legkisebb mért érték: $\rho = 1,187 \text{ g/cm}^3$, a legnagyobb mért érték: $\rho = 1,359 \text{ g/cm}^3$). Az eredményekből jól látható, hogy a reagált részben jóval nagyobb a sűrűségi értékek szórása, ami a jelentős mértékű inhomogenitás eredménye. A porózus részek igen nagy térfogataránya miatt ennek az anyagréstnek a vizsgálata csak korlátozott mértékben volt elvégezhető, és az eredményekre a nagy szórás volt a jellemző. Emiatt a mérési eredmények a nem reagált részből készült próbatestekre vonatkoznak.

A vizsgálatok és eredményei

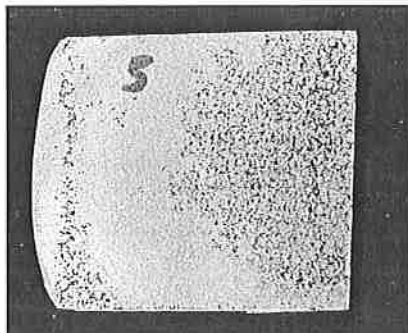
A próbatestek ciklikus zömítővizsgálatából az anyag rugalmassági modulusát lehetett meghatározni. A maximális alakváltozástól függően két vizsgálat történt:

- 10% alakváltozásig. A leterhelések 2,5%, 5% és 7,5%-nál kezdődtek és 1 MPa feszültségig tartottak (3. ábra).
- 70% alakváltozásig. A leterhelések 5%, 25% és 35%-nál kezdődtek és 1 MPa feszültségig tartottak (4. ábra).

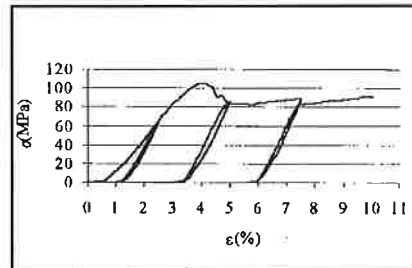
A 70% alakváltozásig tartó görbék elemzésénél definiálni kell a maximális feszültséget (σ_{max}), és az ehhez tartozó alakváltozást (ϵ). Míg a 10% alakváltozáshoz tartozó görbéknel egyértelmű volt ennek a két



1. ábra. Reakciómentes rész

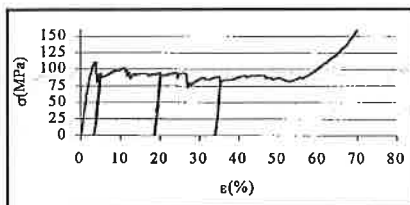


2. ábra. Reakcióban részt vett rész



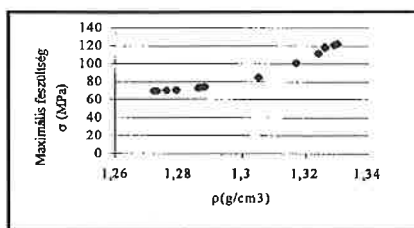
3. ábra. A $\rho = 1,317 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű darab ciklikus zömítőpróbájának σ - ϵ görbéje ($\epsilon_{max} = 10\%$)

értéknek a definíciója, mert ott csak egy helyen vett fel a σ értéke maximumot, addig a 70% alakváltozásig végzett vizsgálatoknál a görbéknek több lokális maximum értéke is van. A lokális maximumok közül azt tekintettük a görbe maximális feszültség értékének, amelyet a vizsgálat kezdetét jelző $\varepsilon=0\%$ -tól haladva elsőként ér el a darabban ébredő feszültség, és amely után jelentkezik az első nagy repedés a csúszósíkban. A maximális feszültséghez tartozó alakváltozás értékszerűen e feszültségi értéknél, a görbéről leolvasható ε érték.



4. ábra. A $\rho=1,316 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű darab ciklikus zömítőpróbájának σ - ε görbéje ($\varepsilon_{\max}=70\%$)

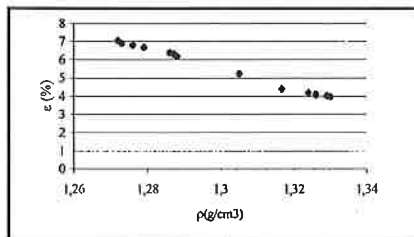
A mérési eredmények feldolgozása a sűrűség függvényében történt. Az 5. ábrán látható a maximális nyomófeszültség változása a sűrűség függvényében. Ennél a feszültségértéknél futott végig az első nagy repedés a darabban az ún. Hartmann-féle elcsúszási síkok mentén. A görbe közel lineáris jellegű. Az anyagot e terhelés fölött szerkezeti anyagként használni a gyakorlatban nem lehet. A σ - ε görbéből látható, hogy a $\sigma_{\max}$ -t



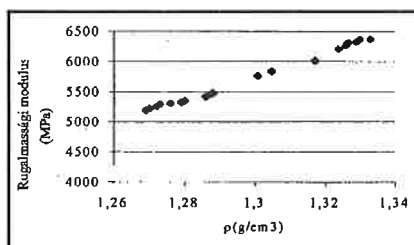
5. ábra. A maximális feszültség a darabokon mért sűrűség függvényében

meghaladó terhelés fölött is jelentős mértékű feszültség képes ébredni az anyagban, ugyanakkor ilyen terhelésnél a tulajdonságok már irányfüggők és csak a nyomás irányában érzékelhető ilyen nagy érték.

A 6. ábrán az előbb említett maximális feszültséghez tartozó alakváltozás látható a sűrűség függvényében. Itt is megfigyelhető a közel egyenes karakterisztika, miszerint a sűrűség növekedésével az alakváltozási érték csökken.



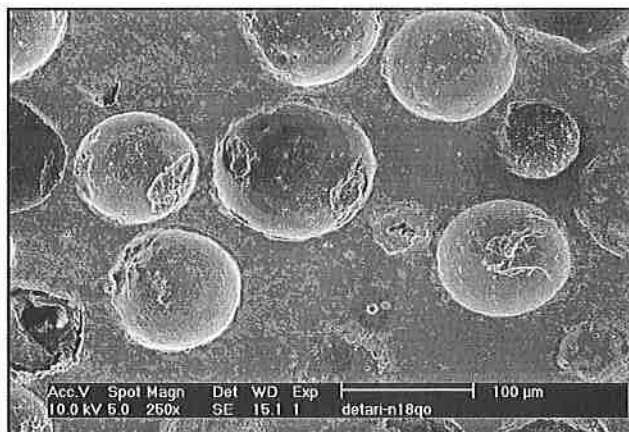
6. ábra. A maximális feszültséghez tartozó alakváltozás a sűrűség függvényében



7. ábra. Az anyag rugalmassági modulusának darabokon mért átlagértéke a sűrűség függvényében

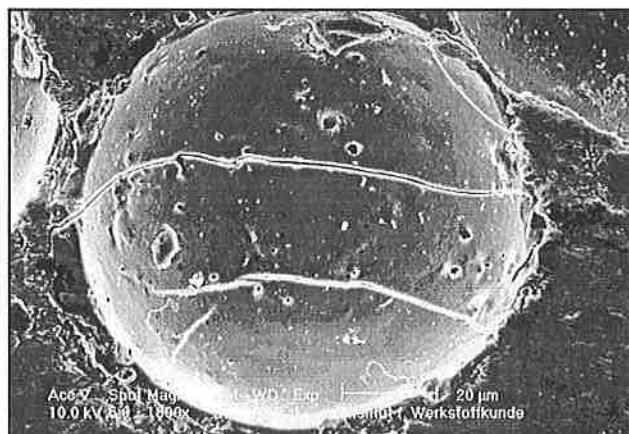
mátrix-erősítő részecske kapcsolatára, a darabon belüli repedések keletkezésének, valamint terjedésének folyamatára.

A 0%-os alakváltozáshoz tartozó felvételeken látható, hogy a kerámia részecskék közel egyenletes eloszlással épülnek be az alumínium mátrixba (8. ábra).

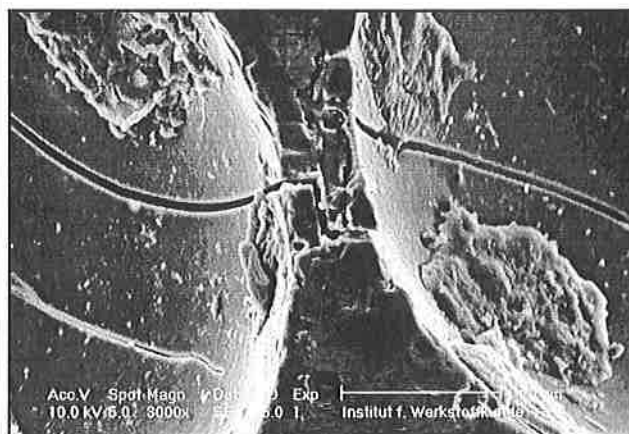


8. ábra. 0% alakváltozásnál jól látható, hogy a részecskék közel egyenletes eloszlásban helyezkednek el a mátrixban

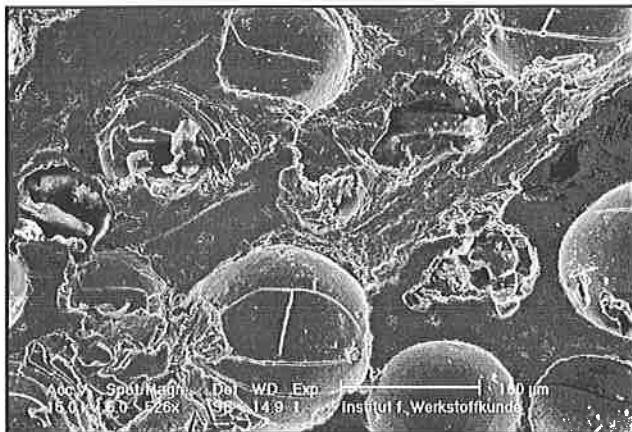
5% alakváltozás esetén már megjelennek a kerámia részecskékben a repedések. Ezek a repedések egymással párhuzamosak és a terhelés irányába mutatnak (9. ábra). A mátrixban csak ott található repedés, ahol két részecske olyan közel van egymáshoz, hogy a terhelés következtében a köztük lévő mátrixréteg nem tudja elnyelni az ébredő feszültséget, és így a kialakult feszültségcsúcs hatására megreped (10. ábra). Már ennél a terhelési szintnél is megfigyelhető annak az elcsúszási síknak a keletkezési helye, amelyben majd az első nagy repedés fog keletkezni. A felvételek szerint a mátrix anyaga ebben a csúszósíkban mozdult el, ugyanakkor a kerámia részecskékben nem csak a terhelés irányában keletkeznek a repedések, hanem arra merőlegesen is (11. ábra).



9. ábra. 5% alakváltozásnál a kerámia részecskékben a terhelés irányába mutató repedések keletkeznek

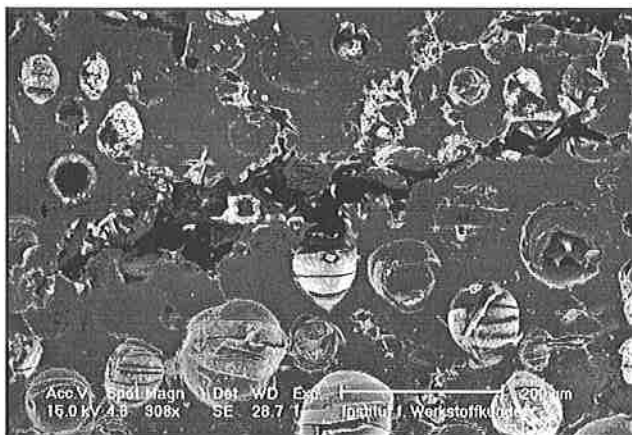


10. ábra. Ha két részecske túl közel van egymáshoz, akkor a köztük lévő mátrixrétegben a terhelés hatására repedés keletkezik ($\varepsilon=5\%$)



11. ábra. Már 5% alakváltozásnál megfigyelhető az anyagban keletkező csúszósík megjelenése

8% alakváltozás esetén a fent említett csúszósíkokban létrejön a repedés. A mátrix anyagban levő repedés környezetében a kerámia részecskék teljesen összetörnek, és elvesztik golyó formájukat (12. ábra). Ez a nagy alakváltozás azonban csak a repedés környezetére koncentrálódik. A darab többi részén megmaradt az 5% alakváltozásnál látható egyirányú repedésképződés, a mátrix gyakorlatilag repedésmentes (13. ábra).



12. ábra. 8% alakváltozásnál a csúszósíkokban intenzív repedésképződés és -terjedés figyelhető meg

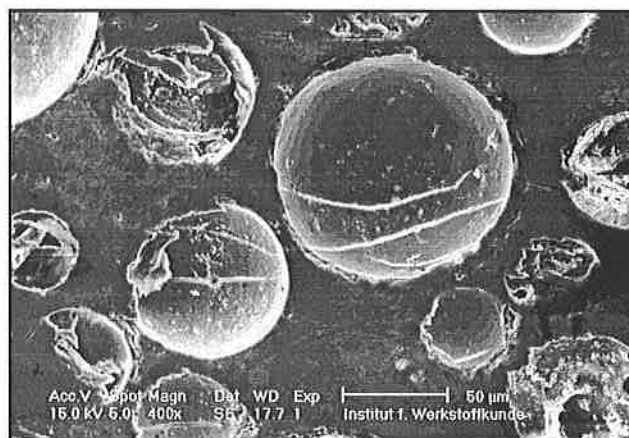


13. ábra. 8% alakváltozásnál a nagy alakítási fok csak a csúszósík környezetére koncentrálódik. Attól távolabb kisebb alakítási fok

12% alakváltozásnál az eredeti nagyméretű repedés továbbterjed, és megkezdődik az ebből kiinduló, az eredeti repedésirányra merőleges repedésképződés (14. ábra). A nagy alakváltozás továbbra is csak helyi jellegű, és a csúszósík környezetére koncentrálódik (15. ábra).



14. ábra. 12% alakváltozásnál megindul a repedésképződés a nagy repedésre merőleges irányban is



15. ábra. 12% alakváltozásnál a nagy alakítási fok szintén csak a csúszósík környezetére koncentrálódik. Attól távolabb kisebb helyi alakváltozás

Az eredmények kiértékelése

Az üreges kerámia részecskével erősített alumínium mátrixú kompozit mechanikai viselkedését alapvetően befolyásolja a rideg, repedésre érzékeny kerámia részecske. A kompozit gyakorlati alkalmazása ezért csak kismértékű alakváltozás esetén lehetséges (max. 3-5%). Ennél nagyobb alakváltozásnál a részecskékben keletkező repedések már gyengítik az anyagot, és irányfüggővé teszik a mechanikai tulajdonságait, de a teljes tönkremenetelig jelentős munkamenysíget képes elnyelni.

A kompozit előnyös tulajdonságai közé tartozik, hogy a vizsgált alakváltozási tartományban rendkívül jó rezgéscsillapító képességekkel rendelkezik. Ez a rezgéscsillapító tulajdonság a kerámia részecskék üregességéből és a mátrix nagy alakváltozó, feszültségelnyelő képességéből adódik. Ehhez még figyelembe véve az anyag rendkívül kis sűrűségét ($\rho=1,295 \text{ g/cm}^3$) egy jól alkalmazható, könnyű szerkezeti anyagot kaptunk.

Irodalom

- [1] Artinger István, Németh Árpád: Fémek és kerámiák technológiája, 1997.
- [2] Ray Ericson: Foams in the Cutting Edge: Mechanical Engineering 1999/1. 58-61. pp.
- [3] S. T. Milejko: Metal and ceramic based composites, 1997.
- [4] Jürgen Rödel: Rissüberbrücken in keramischen Werkstoffen, 1993.
- [5] Dr. Köves Elemér: Alumínium kézikönyv, 1984.
- [6] F. Thümmer: Herstellung und Eigenschaften partikelverstärkter TZP(Y)-Werkstoffe mit Mullit, Cr_2O_3 und SiC als Verstärkerkomponenten, 1993.

Szelén specieszek vizsgálata csiperkegombában

Stefánka Zsolt* – Fodor Péter*

Mióta az első publikáció megjelent a szelénről, mint esszenciális mikroelemről, számos cikk foglalkozik meghatározásának lehetséges eljárásaival. A szelén többek közt az emlősök és az ember számára is jelentős nyomelem, fontos szerepe van pl. bizonyos rákbetegségek leküzdésében, de csak egy igen szűk tartományon belül kedvező hatású. Túl nagy mennyiség erős toxikus hatást fejt ki, melynek tünete hajhullás lehet, de szelénhiány esetén fiatal kórözdöknél megfigyelték májnekrozis kialakulását és a májrákra való nagyobb hajlamot is [1; 2]. A különböző szelén specieszek toxicitási értékeit az 1. táblázat mutatja. Jól látható a táblázatból, hogy a különböző módosulatok toxikus mennyiségei jelentősen eltérnek egymástól. A szerves szelénvegyületek toxicitási határértékei nagyobbak. Az emlősök szöveteiben leggyakrabban előforduló szelénvegyület a szelenocisztein (SeCys), amely a glutathion-peroxidáz enzimbe beépülve antioxidáns hatású [3]. Egy másik fontos szeléntartalmú aminosav a szelenomethionin (SeMet), amelyből konverzióval képződik az előbb említett SeCys [4]. Tudományosan elfogadott tény, hogy szelenoaminosav formájában a szervezetbe került szelén könnyebben felszívódik, mint szerves formában [5], és ez, ismerv az igen szűk tolerancia intervallumot, nagyon fontos tényező lehet pl. a gyógytáplálás esetén használt szelénrel dúsított élelmiszerek szempontjából.

1. táblázat
Különböző szelén-módosulatok toxicitási értékei
(L= LD₅₀, M= minimális halálos mennyiség)

szelén specieszek	mg Se/ kg testtömeg
szervesen Na ₂ SeO ₃	2-3 (L; nyúl, oral.) 2-6 (L; ember, oral)
Na ₂ SeO ₄ elemi Se	5,2-5,75 (M; patkány, ip.) 6700 (L; patkány, oral)
szerves DL-SeCys DL-SeMet (CH ₃) ₂ Se (CH ₃) ₃ SeCl	4 (M; patkány, ip.) 4,25 (M; patkány, ip.) 1600 (L; patkány, ip.) 49,9 (L; patkány, ip.)

A fent említett okokból látszik, mennyire fontos a szelénvegyületek selektív meghatározására szolgáló módszerek kifejlesztése. Ezeknek az ún. speciációs technikáknak mintegy tizenöt évre tekint vissza az irodalmuk, tehát viszonylag új módszernek számítanak. A speciációs módszerek alkalmasak a különböző szerves és szervesen elem módosulatok elválasztására, detektálására, minőségi és mennyiségi meghatározására.

A speciációs analízis egyik kritikus lépése a minta-előkészítés, hiszen a különböző szerves vegyületek a hagyományos feltérési módszerekkel könnyen egymásba alakulhatnak, vagy akár szervesen formává oxidálódhatnak. Nincs ez másként a szelén esetén sem, ezért alkalmaztunk egy a hagyományostól eltérő, de irodalmi előzményekkel

bíró, tetrametil-ammonium-hidroxidos minta-előkészítési eljárást, melyet később részletesen ismertetünk.

A speciációs analízis másik kritikus lépése a megfelelő elválasztási technika és a detektálás kiválasztása. Erre ún. csatolt technikákat használnak, ahol az elválasztás történhet HPLC-vel, melyhez kapcsolható UV [6], ICP-MS [7; 8], ICP-AES [9], vagy AFS [10] detektor is. Illékony szelén-komponensek, úgymint dimetilszelén (DMS_e) vagy dimetildiszelén (DMDSe) esetén gázkromatográfia lehet az elválasztó eljárás. Problémát okozhat az elválasztó rendszer és a detektor összekapcsolása, erre megoldást kínálhat egy hidrid generátor egység beiktatása a rendszerbe pl. HG-AAS technika [11] alkalmazása, vagy a minta közvetlenül a lángba történő porlasztása. Munkánkban ez utóbbit alkalmaztuk egy nagynyomású porlasztó segítségével. Ez a módszer viszonylag új az atomspektrometriában, leírását többek közt Lefebvre [12] adta meg. Előnye, hogy igen nagy a porlasztási hatásfoka (50% körüli), viszont a lángba kerülő nagy folyadékmennyiség hideg láng esetén elveheti a láng energiájának nagy részét, ezért ajánlatos a porlasztó után egy deszolvatáló rendszert kapcsolni.

Munkánk első lépéseként szerves SeCys, SeMet, szelenomethionin (SeEt), valamint szervesen SeIV, SeVI specieszek selektív meghatározását dolgoztuk ki HPLC-HHPN-AFS rendszeren, majd a módszert valódi minták szerves és szervesen szeléntartalmának vizsgálatára használtuk. Ezek után megpróbáltuk azonosítani a minta szerves szelénkomponensét egy, a tanszéken korábban már kidolgozott módszer segítségével [13].

Kísérleti rész

Vegyszerek

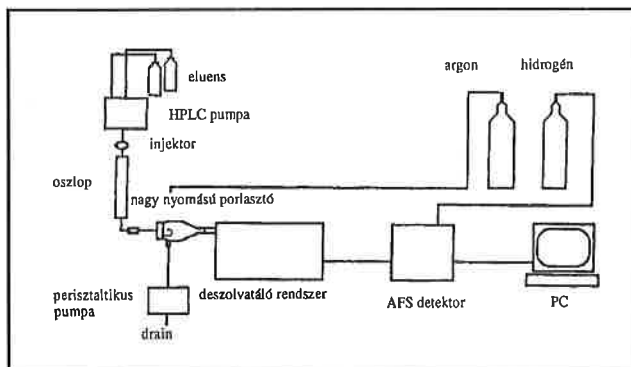
Munkánk során a szerves modell-oldatok készítéséhez DL-szelenocisztein, DL-szelenomethionin és DL-szelenomethionin (Sigma, St. Louis, USA) standardokat használtunk, az oldatokat ioncserélt vízzel állítottuk elő úgy, hogy 25-25 mg-ot oldottunk fel 100 ml vízben, majd a későbbiek során ebből az oldatból hígítottunk a kívánt koncentrációig. Erre azért volt szükség, mert a töményebb oldatok tovább eltarthatóak jelentős koncentrációváltozás nélkül. Az eluens készítéséhez trifluor-ecetsavat (Merck, Hohenbrunn, Németország), metanolt (Reanal, Budapest, Magyarország) és didodecil-dimetil-ammonium-bromidot (DDAB) használtunk. A DDAB oldathoz (0,01 mol/ml) 0,23 g DDAB-t (Fluka) mértünk be 50 ml ioncserélt vízbe. A további munkánk során ezt az oldatot használtuk fel. A minta-előkészítéshez használt tetrametil-ammonium-hidroxid (TMAH) oldat a következőképpen készült: analitikai mérlegben bemértünk 12,5 g TMAH-t (Sigma, St. Louis, USA) és 50 ml ioncserélt vízben feloldottuk, így egy 12,5 m/v%-os oldatot kaptunk, ennek az oldatnak a segítségével végeztük el a minta-előkészítést a később részletesen leírt módon.

Analitikai műszerek

Az eluens áramlását egy Merck-pumpa (Hitachi, L-7100) biztosította, amely a minta-bejuttató egységgel (LMIM, Budapest, Magyarország) összekapcsolva a mintát az oszlopra juttatta. Vizsgálataink során 250 µl térfogatú minta-bejuttató hurkot (loop-ot) használtunk. A kromatográfiás oszlop a szerves vegyületek esetében egy Bio Separation Technologies (BST, Budapest, Magyarország) Nucleosil C-18 (150x4,6 mm, 5 µm-es szemcseméretű) oszlop volt. A szervesen és szerves komponensek

* Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kémia és Biokémia Tanszék
1118 Budapest, Villányi út 35.

egymástól történő elválasztásához szintén BST gyártmányú Rutin C-18 (250x4,6 mm, 10 μ m-es szemcseméretű) oszlopot használtunk. A nagy-nomású porlasztó házi készítésű volt, a mérések során végig 15 μ m-es lyukat használtunk a porlasztóban. A kis térfogatú, hideg hidrogén-argon diffúziós lángot a porlasztóban képződött nagy mennyiségű aeroszol kioltotta volna, ezért a láng energiájának megőrzése érdekében a porlasztó után egy deszolváló rendszert kapcsoltunk, amely szintén házi készítésű volt (Falussy Csaba, Debrecen). A drain elvezetésére perisztaltikus pumpát (Raimin Instruments Co., Wolburn, MA) használtunk. A deszolváló rendszert egy AFS detektorhoz (PSA Excalibur, PS Analytical, Sevenoaks, Kent, UK) kapcsoltuk, amelyben egy emelt feszültségű szelénlámpát (Superlamp, Photron, Victoria, Australia) helyeztünk el. A mérést a szelén jellemző rezonancia hullámhosszán (196 nm) egy multi-reflektancia szűrővel ± 20 nm-es tartományban végeztük. Vivőgázként argont használtunk, és hidrogénnel keverve ez alkotta a lángot is. A gázáram mérése Cole-Palmer rotaméterrel (Niles, IL), az adatok feldolgozása és kiértékelése a Borwin Chromatographic Software (JMBS, Grenoble, France) segítségével történt. A rendszer sematikus rajza az 1. ábrán látható. Az eluens áram-



1. ábra. HPLC-HHPN-AFS rendszer felépítése

lását biztosító pumpát, a minta-bevivő egységet és az oszlopot a kromatográfiában használatos fémcsovek kötötték össze. Közvetlenül a nagy-nomású porlasztó előtt egy szűrőegységet kapcsoltunk a rendszerbe, megakadályozandó a kis átmérővel üzemelő porlasztó esetleges eldugulását. A szűrőegységet a porlasztóval egy flexibilis teflon vezetéssel kötöttük össze. A porlasztóban a folyadékot egy igen kis méretű lyukon keresztül vezettük át, ahonnan nagy nyomással kilépve egy üveggömbnek ütközött, így a porlasztó ködkamrájában nagy mennyiségű aeroszol keletkezett, melyet az itt bejuttatott argon gáz segítségével szállítottunk tovább a deszolváló rendszerbe. A deszolváló rendszer egy fűtő- és egy hűtőegységből állt. A fűtőegység hűtésére vízhűtést használtunk, a hűtőegységben keletkezett kondenzátumot a porlasztóban lecsapódott drainnel együtt egy többcsatornás perisztaltikus pumpával vezettük el. A hűtőegységből a minimális nedvességet tartalmazó gázt flexibilis polietilén csövön keresztül vezettük a detektorhoz. Ezen a ponton lépett be a hidrogén gáz egy Y-csatlakozón keresztül a rendszerbe (mintegy 25 cm-rel a láng előtt). A detektorból kilépő digitális jelet a számítógépbe vezettük. Itt történt a kapott kromatogramok kiértékelése a fent említett Borwin kromatográfiaszoftver segítségével.

Minta-előkészítés

A meghatározáshoz felhasznált valódi minták csiperke (*Agaricus bisporus*) érlemények voltak. Ez a gombafajta hazánkban a legnagyobb mennyiségben termesztett fajta, kis szénhidráttartalma, nagy fehérje és ásványisó-tartalma és nemutolsó sorban széles spektrumú nyomelem-tartalma miatt nagy jelentőséggel bír az egészséges táplálkozás szempontjából. A gombákat szelénrel dúsított táptalajon termesztették. A dúsítást Na_2SeO_4 oldattal végezték úgy, hogy 20-20 kg komposztot tartalmazó termesztőzsákokba 150 ml búzaszemre „futtatott” micéliumot

és 1 liter oldattérfogatban lévő sóoldatot adtak. A mintavétel során a zárt kalapú termőtestekből csak a kalapból történt bemérés, amit 105 °C-on súlyállandósáig szárítottak, majd őrölték és 60 μ m-es szitán átszitáltak [14].

Minta-előkészítési eljárásunk metodikáját egy korábban közzétett, gombaminták szerves szelénvegyületeinek meghatározásával foglalkozó munkából merítettük [15], és kis változtatással az ott leírt módszert alkalmaztuk. Vizsgálatunk során mind a mintákat, mind a modelloldatokat az alábbi eljárással készítettük elő a mérésre: Az almintához, amely valódi minta esetén 0,2 g gombaőrlemény, standard oldat esetén pedig az adott méréshez szükséges szelénmennyiséget tartalmazó térfogatú oldat volt, 5 ml 12,5 m/v %-os TMAH oldatot adtunk, majd 60 °C-on 4 órán keresztül rázattuk. Ezután 25 ml-re töltöttük, és 15 percig centrifugáltuk (3000 rpm). A centrifugálás után a centrifugacső alján található összetömörödött gombaőrleményről dekantálással eltávolítottuk a vizes fázist, és ezt használtuk fel további vizsgálatainkban. Ez az eljárás a minták vizsgálatánál a szelénvegyületek sejtekből való kinyeréséhez volt szükséges, a modelloldatok esetén pedig a valóság jobb megközelítése, ill. a minta-előkészítési eljárás során alkalmazott TMAH oldat retenciós időre és jelintenzitásra gyakorolt hatásának vizsgálata miatt alkalmaztuk.

A minta-előkészítés hatása a retenciós időre

Kísérleteink során felmerült az az elképzelés, hogy a minta-előkészítéshez használt TMAH esetleg befolyásolja a mintákban lévő szelénvegyület retenciós idejét. Ezt a lehetőséget szükséges volt közelebbről megvizsgálni, ugyanis ez a hatás nagy bizonytalanságot okoz a komponensek minőségi meghatározásában. A hatást vizsgálандó, elvégeztük a minta-előkészítést standard vizes oldatokkal mind a három vizsgált szelénvegyületre, kontrollként az eredeti vizes oldatokat használtuk; a 2. táblázatban látható eredményeket kaptuk. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a TMAH-val végzett feltárásnak mindhárom szelén-módosulat esetében volt hatása a retenciós időre, de ez a hatás mind nagyságában, mind előjelében különböző volt. A SeEt és SeMet esetén a kezeletlen szelénvegyületek retenciós ideje nagyobb volt, mint a TMAH-val történt minta-előkészítési eljárásan átesett módosulatoké, itt tehát egy, a retenciós időt csökkentő hatásról beszélhetünk. A SeCys vizsgálatánál viszont a kontroll retenciós ideje volt kisebb, mint a TMAH-s szelénvegyületé. Ebben az esetben a minta-előkészítési eljárásnak retenciót növelő hatása volt. A különböző szelénvegyületek visszatartásának változása nemcsak az előjelében, hanem a nagyságában is eltérő volt egymástól. Míg a SeMet és SeCys kromatogramjában a kontroll és a TMAH-val kezelt módosulatok retenciója között nem volt nagymértékű az eltérés, addig a SeEt vizsgálatánál igen jelentős eltérést tapasztaltunk. A SeMet és SeCys esetében a minta-előkészítés retenciós időre gyakorolt hatása nagy jelentőségű, mert a két speciesz közeli retenciós ideje miatt a visszatartás kismértékű változása is számottevő hibát okozhat a minőségi kiértékeléskor.

2. táblázat

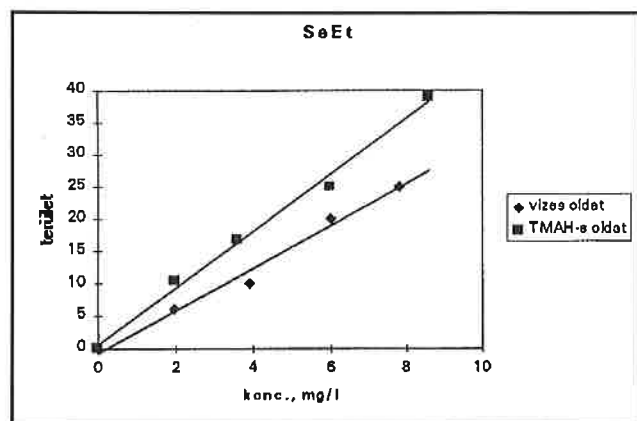
A minta-előkészítés során használt TMAH hatása az egyes szelénvegyületek retenciós idejére.

	SeCys		SeMet		SeEt	
	vizes oldat	TMAH-s oldat	vizes oldat	TMAH-s oldat	vizes oldat	TMAH-s oldat
átlag (min)	2,08	2,15	2,73	2,53	4,22	3,40
szórás (min)	0,01	0,01	0,04	0,07	0,02	0,01
rel. szórás (%)	0,60	0,58	1,67	3,00	0,59	0,38

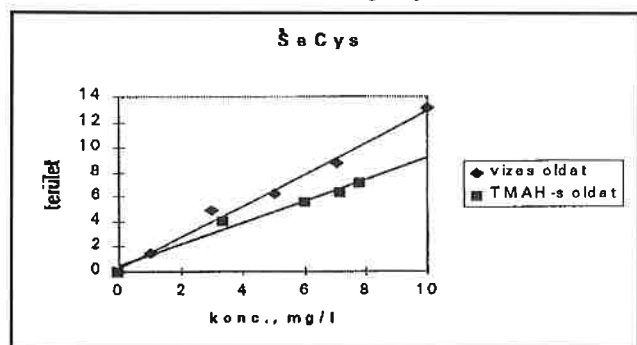
A minta-előkészítés hatása a jelintenzitásra

A minták mérése kapcsán megvizsgáltuk, hogy a kiinduló ill. a TMAH-t tartalmazó oldatok között tapasztalható-e intenzitás különbség a kapott jelben, vagyis van-e lényeges különbség a TMAH-tartalmú ill. a

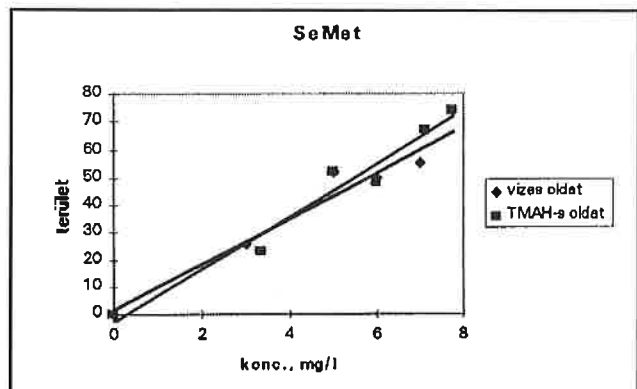
vizes oldatok felhasználásával felvett kalibrációs görbe között. Ennek a ténynek a feltárása gyakorlati szempontból fontos, ugyanis ha nem áll fenn számottevő különbség, akkor a kalibrációs görbe felvétele vizes oldat felhasználásával is történhet, ellenkező esetben viszont az időigényes eljárás nem helyettesíthető, ami jelentősen megnövelné az analízis idejét. A kapott kalibrációs görbék a 2., 3. és 4. ábrán láthatók. A kétféle kalibrációs görbét mind a három, általunk vizsgált vegyületre felvettük, és arra az eredményre jutottunk, hogy az ioncserélt vízben oldott szelén-specieszek felhasználásával készített kalibrációs görbék kis mértékben eltérnek ugyan a TMAH-val reagált standardokkal kapott egyenestől, de ez az eltérés nem tekinthető lényeges hibát okozónak a gyakorlati felhasználás szempontjából.



2. ábra. A TMAH-s minta-előkészítés hatása a SeEt kalibrációs görbéjére



3. ábra. A TMAH-s minta-előkészítés hatása a SeCys kalibrációs görbéjére



4. ábra. A TMAH-s minta-előkészítés hatása a SeMet kalibrációs görbéjére

Kromatográfiás elválasztás

Munkánk első lépésében a szerves és szervetlen szelén-specieszek elválasztását végeztük. A mozgó fázis 50 mmol-os Na_2HPO_4 volt, amelyhez 0,5 v/v% metanol és 0,1 v/v% 0,01 mol/dm³ DDAB oldatot

adtunk. A pH-t 6,0 értékre állítottuk olyan NaH_2PO_4 oldattal, amely ugyanannyi foszfátot, metanol és DDAB-t tartalmazott. Ehhez egy BST gyártmányú Rutin C-18 oszlopot használtunk, melyet a következőképpen készítettünk elő az elválasztáshoz: 500 ml 0,01 mol/dm³ töménységű 50 v/v% metanol tartalmazó DDAB oldatot vezetünk át az oszlopon 1 ml/min sebességgel. A fent említett foszfát eluenssel gradiens elúcióval végeztük el a szeparációt. A gradiens program a 3. táblázatban látható, a rendszer fontos működési paraméterei a 4. táblázatban szerepelnek. A program főbb lépései a következők: először ioncserélt vizet alkalmaztunk eluensként, ezzel az oszlopra gyengén kötődő szerves szelénvegyületek eluálhatók, de a szervetlen komponensek nem. Ezután fokozatosan áttértünk a foszfát eluens rendszerbe juttatására, így az erősebben kötődő szervetlen szelén-specieszek is eluálhatóvá váltak. Az így kapott kromatogramon jól elkülöníthetők egymástól a szerves és szervetlen komponensek csúcsai (5. ábra). A kromatogram elején a szerves szelénvegyületek jelennek meg egy csúcsként. Az alapvonal emelkedés után sorrendben előbb a SeIV, majd a SeVI eluálódik. A kromatogramon látható alapvonal emelkedést a foszfát eluens a rendszerbe történő belépése okozza, de ez a kiértékelést nem zavarja. Az eljárást valódi minták analízisére is használtuk, az eredmények a 6. ábrán láthatók. A standard oldatok kromatogramjával összevetve látható, hogy a gombák szeléntartalmának jelentős része valamilyen szerves vegyület, és csak kis mennyisége van szervetlen formában.

3. táblázat

A gradiens elúciós program lépései, áramlási sebesség 2 ml/min

időpont min	eluens mennyisége %	
	ioncserélt víz	foszfát puffer
0,1	100	0
2	100	0
2,9	0	100
12	0	100

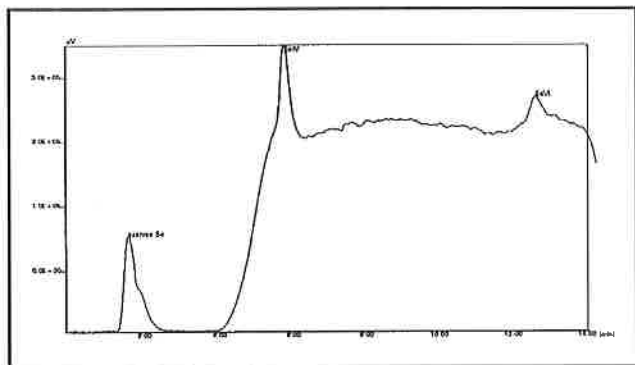
4. táblázat

HPLC-HHPN-AFS rendszer működési paraméterei

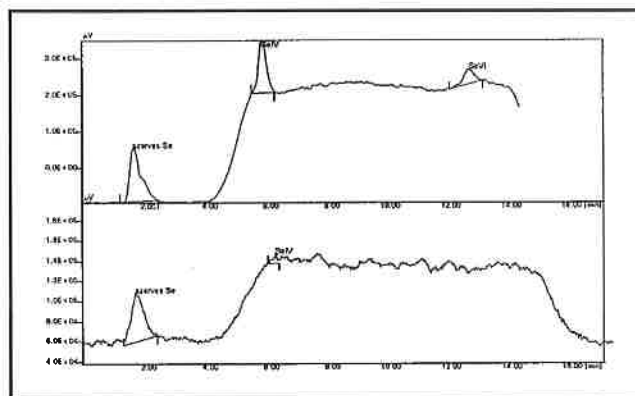
	szerves és szervetlen szelénkomponensek elválasztásához	szerves szelénkomponensek elválasztásához
kromatográfia oszlop fajtája	BST C-18 rutin (250x4,6 mm, 10 μm)	BST C-18 nucleosil (150x4,6 mm, 5 μm)
kromatográfias oszlop hőmérséklete °C	24	24
minta bejuttató egység mérete μl	250	250
eluens áramlási sebessége ml/min	2	1
eluens összetétele	0,5% MeOH, 0,1% DDAB foszfát pufferben oldva	0,1% TFA, 2% metanol ioncserélt vízben oldva
deszolvatációs rendszer fűtés hőmérséklete °C	160	160
hűtés hőmérséklete °C	10	10
AFS detektor elsődleges áramerősség mA	27,5	27,5
emelt áramerősség mA	30	30
gázáramlási sebességek argon ml/min	390	390
hidrogén ml/min	280	280

Mivel ezzel a szeparációs eljárással nem lehetett a szerves módulatokat elkülöníteni egymástól, a további analízishez egy más kromatográfias elválasztást alkalmaztunk. Az eluens 98 v/v% víz, 2 v/v% metanol és 0,1 v/v% TFA elegye volt. Az oszlop a fent leírt BST

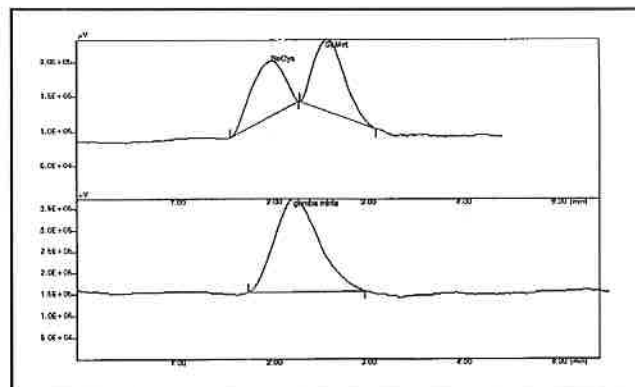
Nucleosil C-18 oszlop volt. Az eljárást, a korábban a tanszéken kifejlesztett módon, az optimált paraméterekkel végeztük, a rendszer működési paraméterei az említett 4. táblázatban szerepelnek. A standard oldatok és a minta kromatogramja a 7. ábrán látható. A standard szelénmódosulatok eluálódási sorrendje a következő: elsőként a SeCys csúcsa jelenik meg, ezt követi a SeMet, majd utoljára a SeEt jön le az oszlopról, melyek közül a kromatogramon a gombaminta vizsgálata szempontjából fontos első két komponens mutatjuk be. Az ábrán látható, hogy a



5. ábra. SeMet, SeEt, SeCys, SeIV, SeVI (~2,5 mg/ liter) együttes kromatogramja, BST Rutin 10 C-18 oszlopon (250x4,6 mm) 50 mmol-os Na_2HPO_4 eluenssel, melyhez 0,5 v/v% metanolt és 10^{-5} mol/liter DDAB-t adtunk (pH=6 NaH_2PO_4 -tal), gradiens elúció, áramlási sebesség 2 ml/ min, 250 μl loop.



6. ábra. Szerves (SeMet, SeEt, SeCys) és szervetlen (SeIV, SeVI) szelénspecieszek elválasztása, BST Rutin 10 C-18 oszlopon, 50 mmol-os Na_2HPO_4 eluenssel, melyhez 0,5 v/v% metanolt és 10^{-5} mol/liter DDAB-t adtunk (pH=6 NaH_2PO_4 -tal), gradiens elúció, áramlási sebesség 2 ml/ min, 250 μl loop A felső kromatogram standard oldatokkal készült (konc: ~2,5 $\mu\text{g}/\text{ml}$), a második gombaminta futtatását mutatja.



7. ábra. Szerves szelénvegyületek elválasztása, eluens összetétele 2% MeOH, 0,1% TFA (trifluor-ecetsav) ioncserélt vízben oldva. A felső kromatogram standard szelénmódosulatok (~3 $\mu\text{g}/\text{ml}$) az alsó a csiperke minta kromatogramja, BST Nucleosil 10 C-18 (150x4,6 mm) oszlop, eluens áramlási sebessége 1 ml/min

mintában lévő szelénmódosulat nem azonos sem a SeMet-nal sem a SeCys-nel, hiszen a csúcs éppen a két standard között eluálódott, és vizsgálatainkból az is kiderült, hogy ez nem csupán valamilyen retenció időbeli eltolódás eredménye. Annyi azonban megállapítható, hogy a keresett komponens kromatográfiás tulajdonságai közel állnak az általunk használt két vegyület tulajdonságaihoz. A vegyület pontos azonosítása további kutatások tárgya lesz.

Összefoglalás

Munkánkban azt vizsgáltuk, hogy a szelénrel dúsított táptalajon növesztett csiperke (*Agaricus bisporus*) a szelént milyen formában akumulálja. A minta előkészítése TMAH-s feltárással történt. A vizsgálatra HPLC-HHPN-AFS rendszert használtunk, és arra az eredményre jutottunk, hogy az élesztőből kinyert szelén nagy része szerves szelénvegyület. Mivel a szerves és szervetlen szelén specíeszek elválasztására használt kromatográfiás eljárás nem volt alkalmas egyidejűleg a szerves szelénmódosulatok elkülönítésére, egy másik, a tanszéken korábban kidolgozott és optimált módszert használtunk. Maga az eljárás csak a használt oszlopban és eluensben különbözött az előzőtől, a rendszer továbbra is az először használt HPLC-HHPN-AFS rendszer maradt. Megvizsgáltuk a minta-előkészítés hatását a jelintenzitásra és a retenció időre. Arra az eredményre jutottunk, hogy a feltárás a kalibrációs görbét vizes standard oldatokkal készítjük. Ez a vizsgálatok idejét jelentősen csökkentette. A retenció időt viszont befolyásolta a minta-előkészítés, tehát a minőségi kiértékelésnél figyelembe kell venni ezt a hatást, különben, különösen összetett minták esetén, előfordulhat, hogy a keresett komponens helyett egy másik hozzá közel eluálódó vegyület csúcsa alapján végezzük el a kiértékelést. Az általunk vizsgált csiperke mintában található vegyület nem volt azonosnak tekinthető egyik általunk használt standard szelén-aminosavval sem. Az viszont egyértelműen kiderült a vizsgálatokból, hogy a szervetlen formában adagolt szelén egy részét a gomba valamilyen szerves szelénmódosulattá alakította. Ez a tény, ismerve a szerves és szervetlen szelénmódosulatok eltérő toxicitási határértékeit és felszívódási arányát igen jelentős lehet a gomba esetleges későbbi gyógytáplálásban történő felhasználása szempontjából. A vegyület azonosítására jelenleg is kiterjedt kutatások folynak.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk dr. Rácz Lászlónak az Egri Tanárképző Főiskola tanszékvezető docensének a gombaminták elkészítéséért és előkészítéséért.

Irodalom

- [1] A. Wendel (Hrsg.), Selenium in Biology and Medicine, Springer Verlag, Berlin, 1989.
- [2] G. N. Schrauzer (Hrsg.), Selenium, Wiley, Chichester, 1990.
- [3] T. C. Stadtman, Biosynthesis and function of selenocystein-containing enzymes, J. Biol. Chem., 266, 1991, 16257.
- [4] Beilstein M. A. and Wagner P. D., J. Nutr., 1986, 116, 1711
- [5] K. Pyrzinska, Analyst., 121, 1996, 77-83.
- [6] Jen-Fon-Jen, Youn-Jung Yang, Cheng-Hsien Cheng, J. of Chrom. A., 791, 1997, 357-360
- [7] Ch. Thomas, N. Jakubowski, D. Stuewer, D. Klockow, H. Emons, Journ. of Anal. Atomic Spectr., 13, 1998, 1221-1226.
- [8] W. Goessler, D. Kuehnelt, Cl. Schlagenhaufen, K. Kalcher et al., J. of Chrom. A., 789, 1997, 233-245.
- [9] F. Laborda, M. T. C. de Loos-Vollebregt and L. de Galan, Spektrochem. Acta, Part B, 46, 1991, 1089.
- [10] A. Woller, Z. Mester and P. Fodor, J. of Anal. At. Spectr., 10, 1995, 609.
- [11] Katta J. Reddy, Z. Zhang, M. J. Baylock and G. F. Vance, En. Sci. Technol., 1995, 29, 1754-175.
- [12] A. H. Lefebvre, Atomization and sprays., Hemisphere, New-York, 1989.
- [13] E. Puskel, Z. Mester, P. Fodor: J. of Anal. At. Spekt. in press.
- [14] Rácz L., Papp L., Oldal V. és Krek M., 41. Magyar Színképelemző Vándorgyűlés kiadványai, 1998. Bp., 138-141.
- [15] M. B. de la Calle-Gutinas, Cl. Brunori, R. Screbo, S. Chiavarini, P. Quevauviller, F. Adams and R. Morabito, Journ. of Anal. At. Spectr., 1997, 12, 1041-1046.

Szám és kép

Grafika az adatfeldolgozásban

Szepesváry Pál*

A számokat valószínűleg azóta kísérik képek, amióta a kultúrában felbukkant a számok tana. Egyiptomi papiruszon csakúgy találunk matematikai gondolatmeneteket szemléltető ábrákat, háromszögeket, köröket, mint a babilóniai agyagcserepeken [1]. De, nagyot ugorva az időben, Descartes is képekkel szemléltette az összeadás, kivonás, szorzás sőt az osztás lényegéről szóló értekezését [2], oly módon, hogy azt, háromszáz évvel később, korszerű könyvek [3] is változatlanul használhatták. Galilei a „Matematikai érvelések...”-ben [4], már annyi képpel szemléltet, mint egy ma megszokott műszaki kézikönyv szerzője.

Nyilvánvalóan nem véletlen, hogy egy műszaki ember ma matematikára támaszkodó szöveget képek nélkül elképzelni se tud. (Nem tartozik ugyan tárgyunkhoz, de elgondolkozhatunk azon, mennyire nincs ez így az irodalmi, filozófiai, politikai szövegekben.) A „literary intellectual” H.G. Wells, ismervén a tudomány embereinek eszejárását is, kedves iróniával éppen azzal jellemzi „minden nőni tudót megmérő” hőst, Redwoodot, hogy az egyenletes növekedést „saját kifejezőmódja szerint” ————— vonallal, az ugrásokkal, megszakításokkal járó pedig „valahogy így”:

————— jellemzi [5].

A rajznak, képnek mindennapos használata szinte természetesen kétélyeket is fölvet. Abban senki sem kételkedik, hogy egy gépalkatrész, vagy egy épület műszaki rajzának mondanivalóját szövegesen nemhogy röviden, hanem — az emberi nyelv korlátai miatt — egyértelműen egyáltalán nem sikerülne visszaadni. Ugyanakkor gyanakodunk kell arra, hogy az ábrákkal, képekkel közvetített szemlélet be is csaphat. Amennyire elterjedt a szemléltetés mindennapjainkban, annyira óvnak a matematikusok a szemlélet szeretetétől. Ezt az ellentmondásos helyzetet érdemes elemeznünk.

Ismerjük fel, hogy munkánk során rajzot, képet két módon használhatunk: *számításra* és *szemléltetésre*. Mindkét esetben rosszul is járhatunk, de más-más módon. Ha tisztázzuk szándékainkat, számos vitának elejét vehetjük.

Számítások rajzokkal

Az iparban, mezőgazdaságban ma alkotó szakemberek alighanem már ritkán találkoznak azokkal a vastos grafikongyűjteményekkel, amelyek két generációval ezelőtt mindennapos munkaeszközök voltak az íróasztalokon. Legyen szó köolajtermékek sajátosságairól különböző feltételek között, vagy szerkezeti anyagok tulajdonságairól, netán statikai feladatokról, a számolóábrák kezünk ügyében voltak. Az ábra, a vonalzó, esetleg valamilyen leleményes leolvasó eszköz hamar eljuttatott a várt eredményhez.

Az ábrák készítése, a grafikus számítástechnika szakmává, tárgygyá, tanulmányok témájává vált. Akkor talán nem volt annyira világos, mint ma, hogy ez a szakma, kissé gonoszul szólva „pótcselekvés”, abban az értelemben, hogy azért kellett, mert hiányoztak a gyors módszerek, magyarul szólva a számítógépek, a többváltozós nemlineáris feladatok ma is csak numerikusan megoldható feladatainak megoldásához. Mindez persze nem von le semmit annak értékéből, hogy ezekre a módszerekre szükség volt és megalkotóik tisztelőitünket érdemlik.

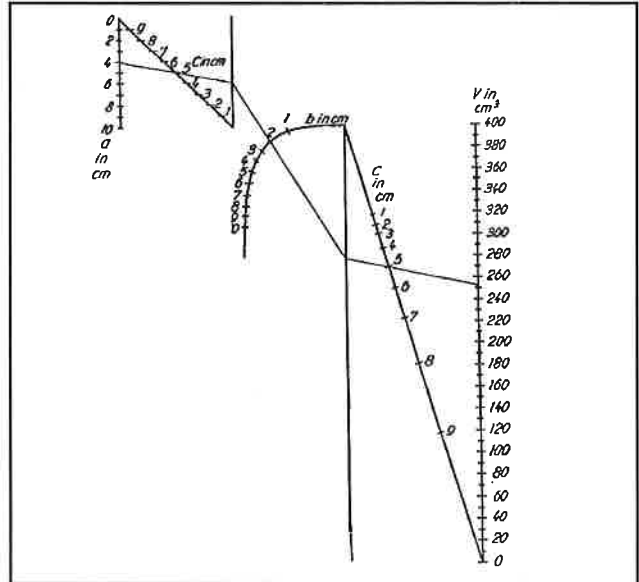
A számolóábrák a függvények képeiből fejlődtek ki. Egyszerű grafikonokról olvastunk le érdekes adatokat, mondjuk egy S-alakú görbe inflexiós pontjának abszcisszáját. Ha a kép görbeseregekből állt, a használhatóság nyilvánvalóan nőtt. Az ábrák megrajzolását, de a leolvasást is könnyítette, ha az egyenletesen beosztott tengelyeket esetenként másfajta, sűrített, ritkított, logaritmizált stb., beosztással cseréltük fel. Ugy, ahogyan ez a mai napig is szokásos pl. bizonyos S-alakú görbéknek logit-transzformációval való kiegyenesítésénél [6].

A számolóábrák legleményesebb változatai voltak a *nomogramok*, amelyek készítése kemény erőfeszítésekbe került. Nem szándékunk, talán értelem sem volna, hogy a nomográfia részleteinek ecsetelésébe bocsátkozzunk. Azoknak, akik nomogramokkal nem találkoztak, annyit, hogy a nomogramban a változókat legkülönbözőbb alakú és beosztású vonalak képviselték, amelyek pontjait egyenesekkel összekötve, adott metszéspontokon leolvashatók voltak a keresett eredmények. Az 1. ábrán (példaképpen) bemutatott nomogram [7] két ellipszoid térfogatát-

nak kiszámítására való, amelyek közül az első főtengelyeinek hossza a , b és c , a második (forgási) ellipszoidé b ill. $10 - c$. A szöben forgó

$$V = \frac{4}{3} \pi [abc + b^2(10 - c)]$$

összefüggés baloldala kiszámításának programja ma személyi számítógépen egyetlen sor, egy tenyérbe simuló, programozható zsebszámológépen 15-20 utasítás, a kiszámítási idő pedig polgári időmérő eszközökkel nem is mérhető.



1. ábra. Nomogram ellipszoidok térfogatának kiszámítására

A számolóábrák taxonómiájának tárgyalása során is eljuthatunk a mozgó skálájú eszközökhöz: a logarléchez, a logaritmus tárcsákhoz. Ezek felett — tagadhatatlanul bizonyos nosztalgiai kísérvé — csakúgy eljárt az idő, mint a számolóábrák felett. Számolóábrákra szükség volt, de nehéz volt a szerkesztésük, nem volt kiváltképpen egyszerű a kezelésük, és végül is korlátos a pontosságuk.

Szemléltetés rajzokkal

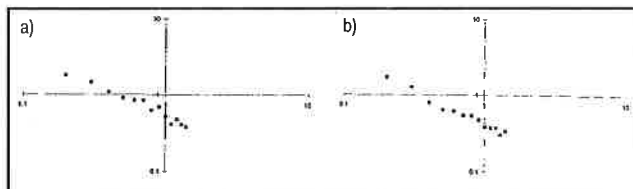
Éppen a bevezetésben említett történelmi tapasztalat utal arra, hogy valahol az ember biológiai, érzékelésszerű adottságaiból, a szem páratlan alakfelismerő képességéből következik, hogy matematika rajzos szemléltetése olyan eredményes.

Ahogy az ergonómusnak tudatosan segíteni kell az eligazodást piktogramokkal, ugyanúgy érdemes grafikus felhívni a figyelmet olyan jelenségekre, amelyek számokból, számtáblázatokból nem tűnnének ki feltűnően. A lehetőségek választéka bőséges, már-már óvatosságra van szükség.

Egy függvény grafikonjából már a kezdő is látja az ábrázolt folyamat első néhány deriváltját: emelkedő, állandó, süllyedő jellegét, sebességét, gyorsulását, lassulását, sőt némi gyakorlat után már megsejti, mely formula írja le a szemlélt összefüggést. Bonyolódik azonban a helyzet, ha a grafikon tengelyeit transzformálják és különösen kritikussá válhat a szemléltetés haszna, ha valaki a rajzot saját, alkalmasint alaptalan várakozása igazolására akarja felhasználni.

Tudott például, hogy a logaritmus transzformáció mennyiséggel arányosan csökkenti a mért értékekhez kapcsolódó bizonytalanságot, nagyobb súlyt kölcsönözve ezáltal a nagyobb értékeknek, ugyanakkor egy kisebb érték kisebb hibája nagyobb súllyal esik latba. Bizonytalan értékek alapján megrajzolt grafikon becsaphatja a szemlélőt. A 2. ábrán bemutatott, kétszer logaritmus léptékben ábrázolt két pontsört aligha lehet megkülönböztetni. Mindkét esetben hajlanánk arra, hogy a pontok közé egyenest húzunk, holott az első (a) pontsört egy $a \cdot x^b$ függvényhez, a második (b) egy ae^{-bx} függvényhez tartozik. A pontok ± 15 relatív százalékos, egyenletes eloszlású véletlen hibákkal vannak szórva. A szemlélettel szemben helyes a kötelező kételkedést tanúsítani, a függvények vélt

* ELTE Kémiai Tanszékcsoport, Budapest.

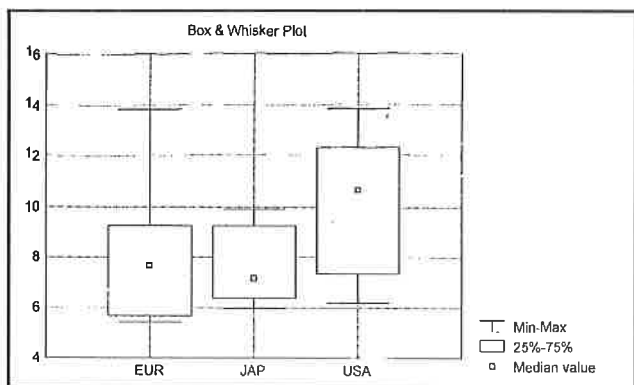


2. ábra. Hatványfüggvény és exponenciális függvény megszórt pontjai logaritmizált tengelyek között

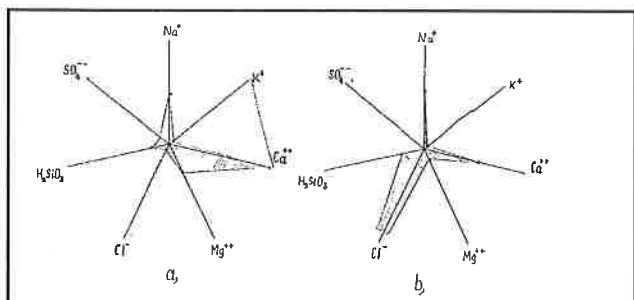
alakjaira vonatkozó feltevésekről végezzük el a bőségesen kínált, reziduálisokra vonatkozó szignifikancia vizsgálatokat. [7-9].

Különösen hasznos és hatásos a képpel való szemléltetés akkor, amikor olyan objektumokat (létező tárgyakat, mérési eredményeket stb.) kívánunk szemügyre venni, amelyek jellemzői szórnak, más szóval, amikor statisztikai sokaságokat tanulmányozunk. Tudott, hogy bizonyos, jól definiált statisztikai leíró mennyiségek, mint pl. átlagok, mediánok, szórások, terjedelmek valók arra, hogy fogalmunk legyen a tekintett adathalmazról. Tudott az is, hogy az adathalmaz elemek adott mérethatárok közé eső hányadainak oszlopos ábrája, a hisztogram már szemléletes kép az adatok eloszlásának jellegéről, szimmetriájáról, kiterjedéséről. Kevésbé ismert, holott különösen hasznos ábrázolás e szóban forgó célra a szakállas ábra, a box and whiskers diagram.

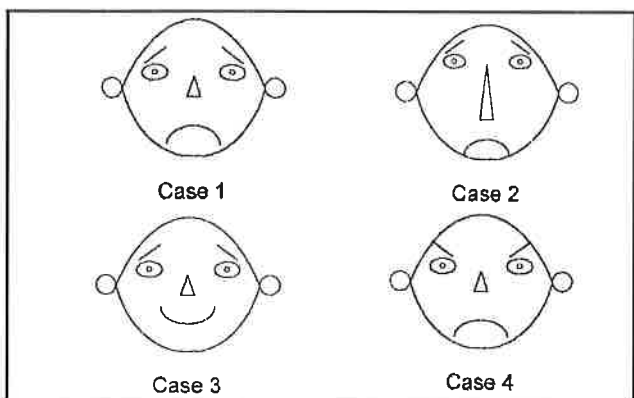
Mielőtt az ábráról részletesebben beszélhetnénk, emlékeztetünk arra, hogy egy adathalmaz jellemző adatának tekinthető a *minimuma*, azaz legkisebb elemének értéke, és a *maximuma*, továbbá azok a határok,



3. ábra. Európai, japán és amerikai kocsik üzemanyag fogyasztása



4. ábra. Két ásványvíz összetétele



5. ábra. Chernoff-arcok

amelyeknél az elemek tekintetbe vett értéke az elemek 25, 50 illetve 75 százalékában kisebb (*első kvartilis*, *medián*, *harmadik kvartilis*).

Ezeket az értékeket szemlélteti az említett boks és whiskers ábra, amely nevéhez híven egy „dobozból” és a belőle kinyúló „pofaszakállakból” áll. A doboz téglalap, amelynek magassága a harmadik és első kvartilis közötti interkvartilis távolság, közepén bejelöltetik a medián, a szakállak pedig a minimumtól a maximumig nyúlnak. Nyilvánvaló, hogy az ábra a számértékeken túl az eloszlás esetleges aszimmetriáját is jól szemlélteti, és jól használható különböző sokaságok összehasonlítására. A 3. ábra európai, japán és egyesült államokbeli személygépkocsik 100 km távolságon fogyasztott üzemanyag mennyiségét hasonlítja össze.

A szakállas ábrák léptékének a bemutatott csak legegyszerűbb változata. Van például olyan konvenció is, amely szerint a szakállak ne a minimumig és a maximumig nyúljanak, hanem csak a doboz fölé és alá felmért interkvartilis távolságon belül fekvő legnagyobb és legkisebb értékig. Az ezeknél nagyobb és kisebb értékek ábrázolásának *-gal és tekintetesenek kilógó értékeknek, outlier-eknek [10].

Hasonlóan segítik különböző adatsorok gyors összehasonlítását a csillagábrák. Az adathalmazokkal leírt objektumok tulajdonságainak feleltessünk meg origóból sugarasan kiinduló tengelyeket, amelyekre fölmérjük a szóbanforgó tulajdonság mérőszámát. A 4. ábrán két magyarországi ásványvíz (a: székesfehérvári, b: miskolc-tapolcai) fontosabb összetevőinek koncentrációi szerepelnek, mint pontok, a sugarakon, amely pontokat azután egymással összeköttettük. Belátható, hogy gyakorlott szemű elemző kémikus az ilyen ábrákon kialakuló csillagok körvonalai alapján rápillantással osztályozni képes ásványvízeket.

Adathalmazok jellemző tulajdonságainak legszemléletesebb és szinte leghatásosabb képi szemléltetését azonban alighanem a Chernoff-arcok jelentik. Onnan kell kezdenünk, hogy az emberi arc végtelen változatosságban képes tükrözni hangulatokat, indulatokat, kedvet, szomorúságot és ezt a metakommunikációt mindenki érti. Egy asztal mellé ülő nyenyec arcán éppen úgy tükröződik az elé helyezett tányérban kínált éték összetétele, mint ahogyan egy üzemi irányító arcán gond vagy nyugalom tükröződik, ha vizsgálja üzemének mérési adatait. Ezt modellezi, szimulálja az a program, amely a Chernoff-arcokat szerkeszti meg. Ha tudjuk, hogy valamely adat számunkra kedvezőtlen, rajzoltassunk olyan arcot, amelyen az adatnak számértékével arányosan magasra szökik a szemöldök. Ha egy másik adat derűre ad okot, húzódjon füléig a Chernoff-arc szája. Az 5. ábrán játékos bemutatásképpen egy édességkedvelő antialkoholista arca szerepel, akinek első esetben átlagos, második esetben húsos, harmadik esetben édes, negyedik esetben pedig italos menüt kínálnak.

A Chernoff-arcok rendkívül árnyaltan programozhatók. Az adathalmazban szereplő számértékektől függően, adott lépésközzel beállítható az arc szélessége, szimmetriája, a fülek nagysága, helyzete, az orr hossza, szélessége, a száj helyzete, hossza, görbülete, a szem magassága, távolsága, szimmetriája, ferdesége, a pupillák helye, a szemöldök magassága, hossza, szöge... összesen húsz jelleg. Nem nehéz elképzelni, hogy kellő türelemmel és beleéléssel programozva és kellő tapasztalatot megszerezve valamely adatrendszer mondanivalóját a pillanat törtrésze alatt fel tudjuk fogni.

A tanulság

Matematikusok, adatfeldolgozók, műszakiak, felhasználók találkozáskor, bármily különös, fölparázlik a vita, kell-e, szabad-e következtetéseink során képekre támaszkodnunk. Az elmondottak alapján azt gondolom, láthatjuk a vita nem alaptalan, a képek segíthetnek, becsaphatnak. Mint mindenhol, ész nélkül eljárni súlyos hiba. Ugyanakkor, mint mondtuk, éppen az emberi érzékelésbeli adottságok folytán, hallatlan segítség egy sikerült ábra. Olyan segítség, amely nincs is távol. Mindenki számára hozzáférhető programok tartalmazzák a rajzoló eljárásokat, az egyszerű függvényábrákon kezdve a Chernoff-arcokig. A lehetőségek asztalunkon adóttak [11].

Források:

- [1] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978. pp. 35-40.
- [2] Descartes: Válogatott irodalmi művek. I. Szabályok az értelem vezetésére, XVIII. Szabály. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961. pp. 148-153.
- [3] Korwien, H.: Graphisches Rechnen Nomographie. Fachbuchverlag GmbH, Leipzig, 1949. pp. 9-11.
- [4] Galilei, G.: Matematikai érvelések és bizonyítások. Európa Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [5] Wells, H.G.: Az iszelenek eledete, Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 1954. p. 12.
- [6] Frank I. és Todeschini, R.: The Data Analysis Handbook, Elsevier, Amsterdam, 1994. pp. 334.
- [7] Kemény S. és Deák A.: Kísérletek tervezése és értékelése. Phare, Budapest, 1998.
- [8] Sachs, L.: Angewandte Statistik. 7. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, 1992. p. 373-420.
- [9] Vincze, L.: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. 2. kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975. pp. 110-163.
- [10] Sachs, L.: Statistische Methoden. Planung und Auswertung. 7. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993. pp. 39-40.
- [11] STATISTICA for Windows. StatSoft, Inc. Release 4.5, 1993.

Prof. emeritus Dr. Romvári Pál 70 éves

1999. június 27.-én ünnepeltük Romvári professzor 70-ik születésnapját. Ezen alkalomból köszöntötték őt munkatársai – értékelték a Miskolci Egyetem fejlődésében betöltött szerepét, kutatásainak ipari alkalmazásait – és tanítványai mint tanár-professzort. E nevezetes esemény jó alkalommal szolgált arra, hogy a történelmi viharokat megélt, átélt professzort megkérdezzük életéről, eredményeiről, sikereiről, tapasztalatairól. Ezen interjú* amellet, hogy tükre lehet a múltnak, egyben útmutatást adhat a jövőnek, a mai generáció vezetésének, a jövőt formáló nemzedéknek.

Meggyőződéssel hiszem, hogy a gyermekkor tapasztalatai, átélt élményei mélyen ivódnak az emberbe és nagyban meghatározzák az élet-pályát. Nálad ez hogyan volt?

Románik Pálnak születtem 1929. június 27.-én gróf Wenckheim József birtokán a József-major Szőlőskertek vincelléri házában. Az elemi iskola 1. és 2. osztályát Újkígyós községi iskolájában végeztem. 1937-ben családi okok miatt az említett birtok Frigyes-majorjába költöztünk és névmagyarosítás révén a család a Romvári nevet vette fel.

Az elemi iskola 3. és 4. osztályába Ókígyóson jártam (ez a birtok Nagy-majorja volt, ma Szabadkígyós). Az 5. és 6. osztályt egy új iskolában Újkígyóson, Apáti-pusztán végeztem, de a tanév befejezése előtt édesapámnak fel kellett mondani (volt vörös katona nem lehetett állami, ill. hitbizományi alkalmazott) és Békéscsabára költöztünk; itt fejeztem be a hat elemi. Tanulmányi eredményem jó, jeles, és gyakran kitűnő volt (tanítótól függően). A 6 elemi elvégzése a későbbiekben évtizedekre meghatározta további életemet. A Békéscsabai Polgári Fiúiskolába kerülve, tanulóársaimhoz képest két évvel idősebb és érettebb voltam. Négy éven át kitűnő eredményt értem el és osztályfőnököm voltam, amit első komoly hivatásomnak tekinttem. Az előző tanulmányi eredményeim tekintettel a Békéscsabai Ipartestület kivételképpen hozzájárult, hogy két éves tanoncszerződéssel Szabó Károly lakatosmester (aranykoszorús kovácsmester) inasa legyek 1945. szeptember 9-től (mesterm a fia Lajos – Frici bácsi volt). Két év alatt elsajátítottam a forgácsolás (esztergálás, marás, köszörlülés) alapvető technológiai műveleteit és a lánghegesztést (varrógéptől a cséplőgépekig, kazánokig vállaltunk javítást, felújítást).

Korodnál fogva ifjú fejjel élted meg az 1945-ös eseményeket. Hogy alakult ekkor az életed?

1947 szeptemberében segédvizsgát tettem; a tanoncsiskolai eredményeim és a segédlevelem kitűnő eredményt mutat.

A tanítómesterem adózási okok miatt segédet nem kívánt alkalmazni, így néhány hetes keresés után (1947) a szomszédban Krajcsovics Endre és fiai cég műhelyében alkalmaztak forgácsoló szakmunkásnak. Mivel az ezirányú feladatom nem töltötte ki a munkaidőmet, ezért műszerész, majd galvanizáló feladatok elvégzésére is vállalkoztam. Szerettem a munkámat, megbecsülték, fizetésem csaknem kétszerese volt 5 évvel idősebb bátyámnak, aki a forgácsolás terén messze jobb volt, mint én, de ő állami cég alkalmazottja volt.

Az államosítások során az említett cégre is sor került, én a Csepel NV. Békés Megyei Fiókjához kerültem motorszerezőnek. Ezt megelőzően Budapestre rendelték hathetes felkészítésre. Akkor a Csepel 100 cm³-es motorokat árultuk, a cégnél ezek eladásra felkészítésének és garanciális javításainak az elvégzésére kellett engem felkészíteni. Mivel a javítás elvégzéséhez normaidők tartoztak, két hét után hazaküldtek, újat nem tudtak mutatni. Ezt a feladatot is szívesen vállaltam, de ez a sablonos munka nem elégített ki. Testvérbátyám jelezte, hogy esti technikum indítását szervezik Békéscsabán. Jelentkeztünk, de nem indult. A dolgozók gimnáziuma viszont új évfolyamot indított. Ezt bátyám nem vállalta, én megpróbáltam. Három hét alatt felkészültem (tanárnő segítségével) a polgári-gimnáziumi különbözeti vizsgára és sikeresen túljut-

ottam rajta. A tanterv akkor még megegyezett a nappali képzésével, tehát két évig angol, majd két évig orosz nyelvet tanultunk. Az angol nyelv tanulására annyi időt kellett fordítanom, mint az összes tantárgy egészére (igényes tanár). Jeles eredménnyel érettségiztem. Az igazgató megkeresett, hogy melyik egyetemen kívánom tanulmányaimat folytatni. Őszintén mondtam neki, hogy ezen nem is gondolkodtam. Az ő, de ha mégis, mihez volna kedvem kérdésére elméláztam és azt feleltem: ha kell, akkor csak műszaki.

Az 1950-es évek eleje (amelyet a „hajnali csengőfűszár”-ként aposztrofálnak) a Te életedben a továbbtanulás kezdetét jelentette. Mondanád-e erről az időszakról néhány mondatot?

Sikeres felvételi után a BME Gépészmérnöki Karának hallgatója lettem. 1952. február 2-án megnősültem és még ez évben lányom született.

Az I. év 2. félévétől másfél éven át az M-L Tanszék demonstrátora voltam. Tanulóköröm 4 feletti osztályzatot ért el a vizsgán. A II. év 2. félévében a Hadmérnöki Karra való jelentkezés támogatására kértek fel. Ez olyan jól sikerült, hogy a fél tanulókkal vonultam be 1953. szeptemberében a BME Hadmérnöki Karára és itt a Repülőmérnöki Fakultás hallgatója lettem, katonaként.

A dolgozók gimnáziumi felkészültségem sok pótlást igényelt az egyetem első két évében, de a tanulmányi eredményem fokozatosan javult: közepes, jó, jeles, sőt kitűnő átlageredményt is sikerült elérnem. Az utolsó közepes osztályzatot III. évben kaptam, ezért nem lett kitüntetéses oklevelem.

Diplomatervem témája: *helikopter rotorszárnny aerodinamikai, szilárdságtani méretezése, ill. gyártástechnológiája* volt. Előtte csak egy 16 oldalas dolgozat jelent meg e témakörben. Nehéznek ígérkezett a feladat, kevés konkrét segítségre számíthattam, irodalom a könyvtárban csak orosz nyelvű akadt és angol nyelvű folyóiratok. Ezek többsége azonban az általunk ismert általánosságokon kívül sok újat nem tartalmazott. Nagy hajrával végül is elkészült, igaz az utolsó héten csaknem egyfolytában a rajzasztal mellett dolgoztam (a végén leestem a lábamról). 1956. augusztus 9-én védtem meg diplomatervemet jeles eredménnyel. Az ÁVB elnök, a szeretett Mutnyánszky professzor volt.

Elérkeztünk 1956-hoz. Mit jelentett a számodra, mint szakember, mint pedig hivatásos katona?

Ez az időszak számomra a nagy változások és csalódások időszaka volt. A Hadmérnöki Kar parancsnoksága eredetileg a Rudnai professzor vezette tanszékre kívánt tanársegédnek kineveztetni. A Légierő Parancsnoka azonban a szervezés alatt lévő szállító hadosztályra (nagy teherbírású repülőgépek és helikopter egység) történő főmérnök-helyettesi kinevezésemhez ragaszkodott. Budaörsön már a családom számára a lakást is kijelölte. Az 1956-os események anyagi veszteségei miatt az előbbi terv megvalósítására nem került sor.

A kritikus idők jelentős részét Békéscsabán éltem át, de a MUK idején már a Hadmérnöki Karon szolgáltam. Emberi vonatkozásban túl sok csalódás ért. Erre az időszakra november 4. előtt és után is a túlkapások voltak jellemzőek. Túl sok vitám volt egykori barátaimmal is, de katonai feljebbvalóimmal is (nov. 4. után kihirdették a statáriumot). Mindig az ésszerűtlen túlzásokkal volt gondom, ebben az esetben csak a jól átgondolt kérdések és válaszok voltak a meggyőzőek. Ebben az időszakban is bezabonyosodott, hogy legnehezebb nem lőni; én sem az önvédelmi, sem a szolgálati fegyveremet nem sütöttem el. (Kispuskával fácánokra azonban vadásztam.)

1956. szeptember 26-án avattak mérnök főhadnaggyá és megkaptam a *Kiváló kitüntetést* a kéthetes családi beutalóval együtt Balatonkenesére (Honvéd üdülő). 1956. október 23-án érkezünk Budapestre a családdal és egyik rokonunknál szálltunk meg a Keleti pályaudvar környékén. Másnap már nem tudtunk Békéscsabára utazni (ahol a családom élt). Október 26-án kaptunk csupán vonatot. Szabadságom letelt, így a Békéscsabai Kieg-en jelentkeztem. Állományba vettek és légi felderítő lettem. Műszaki lévén e területen tevékenykedtem, az elhagyott honvédségi járművek begyűjtése, üzembe állítása lett a fő feladatom. 1957. február 1-re a Hadmérnöki Kar parancsnoka (vezérőrnagy) Budapestre hívott, tanársegédként állományba vett és a Repülőgépgyártás Tanszékra helyezett. Tanszékvezetőm Rudnai Guidó professzor (ezredes) lett, aki rendkívüli jó műszaki felkészültségével, eredeti gondolatával és azok szívós megvalósításával igen nagy hatással volt rám.

* Az interjút készítette Dr. Tóth László egyetemi tanár, akinek szakmai életére döntő hatással volt az, hogy Romvári professzor mellé kerülhetett közvetlenül végzése után (1969-ben). Közvetve Romvári Pál professzornak is köszönhető az, hogy a tanszék jelenlegi vezetője Prof. Dr. Tisza Miklós kaphatta meg az 1. sorszámu habilitációs bizonyítványt a Miskolci Egyetemen és akinek doktorandusa Dr. Fülöp Tibor volt az első, aki az új rendszerű PhD. képzésben tudományos minősítést szerzett az egyetemen. Ugyancsak közvetett szerepe van Romvári professzor úrnak abban, hogy jelen interjú készítője tudhatja magáénak a Mechanikai Technológiai Tanszék történetében az első, nyilvános vitában megvédett akadémiai doktori fokozatot.

A Hadmérnöki Kart az Elnöki Tanács 1957. március 1-vel megszüntette, az oktatókat és az intézményt a BME Gépészmérnöki Kara vette át. A tanszék új neve Könnyűszerkezetek Tanszéke lett. Michelberger Pál ennek a tanszéknek volt az adjunktusa és aspiránsa. Témája képlékenyalakítás: a nyújtva húzás elmélete és megvalósítása. Ennek a tanszéknek (Rudnai, Michelberger) kezdeményező szerepe volt az önhordóvázas Ikarus buszok tervezésében, gyártástechnológiájának kidolgozásában. Az első KK-munkám az új buszok szilárdsági számításainak mérőbéllyege ellenőrzése volt. Oktatómunkánk alapvetően az utolsó, „kifutó” évfolyam diplomatervező hallgatóinak segítése volt. 1957. december 12-én a Hadügyminisztérium végleg lemondott hivatásos tisztii állománnyunkról és leszerelt. Mivel a Hadmérnöki Kar megszűnt, hallgatói sem lehettek, ez évben oktatói terhelést a Gépészmérnöki Karon kellett vállalnunk. En egy éven át a géprajz, gépelemek témakörökben tartottam gyakorlatokat.

A konszolidáció számodra az elmélyült kutatás lehetőségeit adta meg. Melyek azok a tapasztalatok, szakmai eredmények, sikerek, amelyeket szívesen megosztanál velünk?

1958-ban átszervezés útján kerültem a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékre tanársegédként. Gillemot professzor kedvesen fogadott és arra kért, hogy a hegesztés témakörével foglalkozzam (előtte képlékenyesnek készültem), és megbízott a műhely és a labor vezetésével. Mivel az új tanszékemen senki sem tudott oroszul, professzorom felvetette a szovjet aspirantúra lehetőségét. Nem könnyen (családos voltam), de végül is úgy döntöttem, hogy megpályázom. A felvételi bizottság: Reuss Endre, Rudnai Guidó, Zorkóczy Béla professzorok felvételemet támogatták, így kerültem 1959. szeptember 15-től a Moszkvai Bauman Egyetemre. Aspiránsvezetőm G. A. Nikolajev professzor a Hegesztési Tanszék vezetője lett. Széles látókörű, nagy tudású, igen humánus ember volt, az egyetem tudományos rektorhelyettese (akkor már 30 éve). Mintegy fél évig nem volt témám, mivel a tanszék a honvédségnek dolgozott és ebben külföldi nem vehetett részt. A Szovjetunió Építőipari Tudományos Akadémiájának egyik Moszkva melletti kutatóintézetében kaptam lehetőséget egy igen jó téma megoldására: Ti-nal ötvöztött, növelt folyáshatárú szerkezeti acél hegeszthetőségének vizsgálata. Az alapvető hegesztési eljárás CO_2 védőgáz as ívhegesztés, amelyet ebben az intézetben előzőleg nem alkalmaztak. A vizsgálatokhoz kaptam kb. 5 tonna acélt 12; 20; 30 és 40 mm-es vastagságú, melegen hengerelt táblalemez formájában, műbizonylattal együtt. Az acél mechanikai tulajdonságai igen kedvezőnek mutatkoztak. Elsőként a korszerűsített Bauman-hegeszthetőségi vizsgálatot kívántam elvégezni, majd a többi vizsgálatához is előkészítettem a nyers darabokat. Feltűnt, hogy lángvágáskor egyes lemezek mentén repedés keletkezett. Jelezttem a helyi főnökömnek az észlelteket és kértem a melegen hengerelt termékből kimunkált próbatesteken a műszaki bizonylat adatainak megismétlését. Mivel ez időigényes volt, kértek a hegeszthetőségi vizsgálatok folytatását, a CO_2 -automata üzembe helyezését, de CO_2 -huzal a megrendelésünkre nem érkezett. Kiderült, csak 500 kg feletti mennyiséget hajlandók szállítani. Az új megrendelésre $\varnothing 0,1$; 1,6 és 2,0 mm-es huzal érkezett 600 kg tömegben. Elkészítettem a korszerűsített Bauman-hegeszthetőségi vizsgálat több száz útvé-hajlító próbatestjeit, és a vizsgálat katasztrofális eredményhez vezetett. A 0,15% titán tartalmú, 12 mm-es lemezből kimunkált próbatestek fajlagos ütmunkája közel nulla volt. Megkaptam közben a normalizált anyagon mért adatokat, amelyek kiválóan mutatkoztak. Ezért megvizsgáltam az acél normalizáló hőkezelés hatására bekövetkező változásait 860–1300 °C hevítési hőközben, laboratóriumi kemencét felhasználva. Az 1000 °C feletti hőmérsékleteken bekövetkező változásokból a titánkarbonitrid oldási hőmérsékletét kívántam meghatározni. A próbadarabokból szakító, útvé-hajlító és mikroszkópi vizsgálatra szolgáló próbatestek készültek. Ezen vizsgálatokból kiderült, hogy a $\text{Ti} \geq 0,05\%$ tartalmú acél 1100 °C felett már erősen szemcsedurvult, és ütmunkája közel nulla, tehát a hegesztéstechnológia összeállításakor kerülni kell a nagy hőbevitelt. A minimális hőbevitellel, noha ez $\text{HV} > 400$ keménység megjelenéséhez vezet, az ütmunka a szabvány előírásait kielégítette. Az elvégzett vizsgálatok egyértelművé tették, hogy a növelt folyáshatárú acélok, ha $\text{Ti} > 0,05\%$, melegehengerlésekor a kezdeti és a befejező hőmérsékletet szigorúan be kellene tartani. Mivel ez nem várható, az ilyen acélt csak normalizált állapotban lehet hegesztett szerkezetekhez felhasználni ($T_{\text{norm}} \sim 900$ °C, hűtés levegőn). A több, mint 4 tonna acélt, próbatesteknek fel-darabolva, normalizálni kellett. Megfelelő hőkezelő kemence sem a kutatóhelyemen, sem az egyetemen használható állapotban nem volt. Két

hónapot kellett várnom arra, hogy az egyetem Öntészeti Tanszékén egy megfelelő méretű kemencét felújítsanak. Ezt követően saját kezűleg elvégeztem az acél normalizálását, és másfél évvel az aspirantúra megkezdése után elkezdhettem az eredeti feladat tényleges megoldását. Rendkívüli erőfeszítések révén a kitűzött célt az aspirantúra végére befejeztem, 1962 őszén beszámoló jelentésemet a kutatóintézet tudományos tanácsa egyhangúlag elfogadta. Összel letelt a 3 év, de engedélyt kaptam a hosszabbításra. Így októberben elkészítettem a disszertációm, és megvédtem a tanszéken; Nikolajev professzor egy hét végén elolvasta, gratulált, és benyújtottam az Egyetem Tudományos Tanácsának. A bírálatokat decemberben kaptam kézhez. A védelem időpontját 1963. február 11-re tűzték ki, ami simán lezajlott és megkaptam a kandidátusi fokozatot.

Visszatérve a Moszkvában sikeresen befejezett aspirantúráról a Gillemot professzor vezette tanszékre kerültél a Budapesti Műszaki Egyetemre. Hogyan láttad őt, az iskolateremtő professzort, a szakmának egyik meghatározó egyéniségét, és mint magánembert?

Az aspirantúrát sikeresen befejezteket elosztó bizottságtól (tárca-közi) Gillemot professzor levelében azt kérte, hogy engem a volt munkahelyemre helyezzen vissza docensnek. Ezt a bizottság elfogadta, és 1963. február 16-án munkába álltam. Időközben azonban bevezették a vezető oktatók pályázati rendszerét, ezért 1963. augusztus 1-ig adjunktusi kinevezést kaptam, majd a sikeres pályázat után docenssé neveztek ki. Hazajövetelem után Gillemot professzor tanszékvezető-helyettesi feladattal bízott meg. Átadott két hegesztő szakmérnöki tárgyat (ívhegesztés, a hegesztés metallurgiája) és a nappali hegesztés c. tárgy előadásait. A következő félévben a szakmérnököknek a hegesztett szerkezetek gyártástervezése c. tárgyat is átadta. Tekintettel arra, hogy ez a képzés akkor indult a BME-n, előzményei nem voltak. Többségében orosz nyelvű és részben miskolci irodalomra támaszkodhattam. Közben dolgoztam a *Fémek technológiája jegyzet Hegesztés* c. fejezetének anyagán, majd elkészítettem a *Hegesztéstechnológia I. c.* jegyzetemet, szakmérnököknek.

Gillemot professzor úr rendkívül elfoglalt ember volt, a tanszék mellett vezette a Fémipari Kutató Intézetet, az OMFB tanácsadója és számos szakmai szervezete (MTESZ, MTA) vezetője ill. vezetőségi tagja volt, így a tanszék dolgait gyakorlatilag rám bízta. Három év alatt nagyon sokat változott a tanszék: személyi állományában, felszerelésében és elhelyezés tekintetében. Jól éreztem magam a tanszéken, megbecsültek, és ipari kutatások sorát sikerült a munkatársakkal együtt megoldani. Az a meglepő emberi, munkatársi jó kapcsolat, amely az aspirantúra előtt kialakult Gillemot professzor és köztem, a továbbiakban csak erősödött. Példaként említhetem, hogy mint a KGST Fémkohászati Bizottságának magyar elnöke Moszkvában részt vett egy értekezleten. Engem előtte tájékoztattott erről, és kérte, hogy szeretne velem és aspiráns-vezetőmmel találkozni, az aspiránsi feladataimról és munkakörülményeimről tájékozódni. Erre sor is került, örült a témámnak, amely közel állt az akkor új magyar MTA típusú acél megismeréséhez. Külön örült, hogy a CO_2 védőgáz as hegesztéssel párosítottuk a Szovjetunióban is új típusú acél hegeszthetőségének vizsgálatát. Vacsorára meghívott a Kiev szálló termébe. Itt felvetett számos tanszéki, kari, egyetemi és magánéleti problémát is, ami nem publikus. A tanszékvezető-helyettesi munkám mindenre kiterjedt, kivéve a tudományos munka irányítását. Javaslataimat azonban e területet illetően is általában elfogadta. Mivel nekem a társadalmi, politikai feladatok mellett a tanszék gondozása is maradt, ezért három év alatt elég sok gond megoldása hárult rám. Jelentős oktatói, kutatói létszámbővítés mellett kialakítottuk a tanszék könyvtárát az emeleten; az alsó szinten egy korszerű anyagvizsgáló labort szerveztünk. Az oktatók megfelelő elhelyezéséhez új szobákat, a hallgatói gyakorlatokhoz új laborokat igényeltünk, majd megteremtettük a hegesztőműhely alapjait. Mindezt professzor úr elfogadta, együttműködésünk harmonikus volt, reggelenként együtt kávéztunk. Átrévezve az aláírókönyvben elhelyezett másolatokat, ezeket szükség szerint megbeszélve, tájékoztattam a tanszéken folyó aktuális ügyekről (előadások, zárthelyik, vizsgáztatás stb.), majd a számos ipari megbízás teljesítésében elért eredményekről, problémákról.

Néha azért okoztam fejtörést is, ilyen volt az Instron univerzális anyagvizsgáló gép megrendelése. (Ő ekkor a francia Becsületrend kitüntetés átvételére utazott el.) Az MTA körlevélben kérte, hogy mint az MTA kutatóhelye, mire volna szükségünk. A tanszéki munkatársakkal beszélve, az említett gépre esett a választás. Az igényelt gépre igen nagy szükségünk volt, mert az 50 éves Amsler szakítógép a korszerű

anyagvizsgálatok elvégzésére alkalmatlan volt. Az aláíró dossziét átnézve professzor úr szeme ezen az egy megrendelésen fennakadt és behívott referálásra. Elővettük az MTA körlevélét, majd a megrendelésemet. Azt mondta, hogy formailag minden rendben, de tudom-e, hogy ez a gép szigorúan embargós és esetleg 100 ezer dollárba is kerülhet. Én ezt nem tudtam, volt a válaszem. Pár hónap múlva megérkezett a gép, igaz Argentínán keresztül és csak 80 ezer dollárba került. Ez éveken át az ország egyetlen korszerű univerzális gépe volt, minden hozzáférő szakember nagyon örült neki. Én és munkatársaim közel 20 éven át jártunk Miskolcra dolgozni ezen a gépen. Köszönet a pesti kollégáknak.

Időben csupán röviddel előbb kerültél Miskolcra, mint én, igaz Te tanszékvezetőnek én pedig egy frissen végzett ösztöndíjas gyakornoknak. Ez időtől most már 30 éve folyamatosan követhetem életpályádat, amelyre mindkettőnk a saját szemszögéből pillantható. Te hogyan látod e periódust?

1966-ban a Nehézipari Műszaki Egyetem tanári pályázatot írt ki a Mechanikai Technológiai Tanszékre. Terplán professzor felkereste Gillemot professzort és kérte, járuljon hozzá, hogy Konkoly docens és én pályázhassak. Konkoly kollégám nem kívánt élni ezzel a lehetőséggel, és én Gillemot professzorhoz fordultam tanácsért. Nem szívesen, de végül is azt mondta: Miskolc is Magyarország. Kapcsolatunk ezután sem szakad meg – mondta – és segítségéről biztosított. Ilyen előzmények után nyújtottam be pályázatomat, és három pályázó közül én, a fiatal kaptam meg a kinevezést. A BME-n a tanszék által irányított szakmérnöki szakon azonban az 1970-es évek végéig megtartottam a három tárgy előadásait. A két tanszék együttműködése mindmáig teljesen harmonikus volt.

Pályázatom elfogadásában Zorkóczy professzornak döntő szerepe volt, aki engem, mint utaltam rá előzőleg, az aspiráns felvételi vizsgán bíralt szakmailag, majd jegyzetemet lektorálta, és a GTE-ben is találkozunk viszonylag gyakran. Az NME Gépészmérnöki Kara 1967-ben dékánhelyettesi feladattal bízott meg. 1968-ban megbízást kaptam a tanszék vezetésére. 1970-től több, mint 10 éven át társadalmi-politikai megbízást teljesítettem, viszonylag közmegegyezésre. A tanszék 1990. december 31-ig vezettem. Ezalatt a tanszék oktatói, kutatói, technikusai létszámban, eszközben, gépekben és műszerekben jelentősen fejlődött. A tanszék idősebb tagjai nyugdíjba mentek, helyüket fiatalok foglalták el. A tanszék oktatási terhelése is jelentősen megváltozott, így emiatt további létszámfejlesztésre is sor került. Az oktatói létszám meghaladta a 20 főt. A tanszék mellett működött a MTA Nehézgépipari Munkaközössége és a Gépipari Technológiai Intézet egy hegesztéssel foglalkozó kutatócsoportja. Az együttes létszám 80 fő körül volt. 1983-tól 1989-ig a tudományos és nemzetközi kapcsolatok rektorhelyettesi feladataival bízott meg az egyetem vezetése. Ezen hat év alatt az egyetem műszerállománya jelentősen fejlődött, megszerveztük Észak-Magyarország Műszerközpontját.

Az előző tevékenységhez tartozott az oktatás, kutatás, továbbképzés szervezése. A tanszék összes alapvető tárgyát, a képlekenyalakítás kivételével, évekig előadtam. Később a hegesztés témakörének előadásait tartottam, beleértve a szakmérnöki szakot is. Ezzel egyidejűleg összeállítottam és előadtam a *szerszámszerkesztői szakmérnöki szakon* a tanszékre háruló fémtan, anyagvizsgálat, hőkezelés, hegesztés (takarékos szerszámgépjártás) témakörök anyagait.

A tanszék jelentős ipari megbízások, feladatok megoldásában vett részt. A sokéves átlagot tekintve közel 10 millió Ft költségvetésen kívüli pénzzel gazdálkodott a tanszék évente. A törekvő munkatársak az erkölcsi normának (évi fizetés) megfelelő jövedelmet meg tudták keresni. A tudományos kutatásokat tekintve megemlítem, hogy az én vezetésemmel a tanszék munkatársainak bevonásával több, mint 50 egyetemi doktori értekezés fejeződött be, eredményesen. Számomra ez ugyancsak több, mint 50 értekezés bírálatát is jelentette. A tanszéki munkatársak szakmai tudományos produktuma kiemelkedőnek tekinthető, mivel az oktatók közül 16 fő szerzett a mai napig tudományos fokozatot: ketten műszaki tudomány doktora, 7 fő kandidátus, 6 fő ph.d. fokozatot, 1 fő kivételével minden oktatónk egyetemi doktori címmel bír. Saját tudományos tevékenységemet illetően, a konkrét eredményeim szerényebbek. Sokirányú elkötelezettségem és munkatársaim feszített tudományos terveinek teljesítése jelentős energiát igényelt tőlem. Tudományos aspiránsvezetője voltam: Gillemot Ferenc, Komócsin Mihály, Adlovits Imréné, Novotny László és Molnár András kollégáinak. Az utóbbi kivételével eredményesen védtek meg disszertációjukat. Molnár András ph.d. fokozatot kíván szerezni. Személyes kutatási témám: a fagyóelektródás

(védőgáz) ívhegesztés teljesítménynövelésének vizsgálata. Ebben a munkában több munkatársam vett részt: Komócsin Mihály, Gál Gaszton, Tisza Miklós, Lukács János, Bíró Gyöngyvér, Balogh András és mások. A kutatás eredményei számos problémát tisztáztak, nemzetközi szinten is jegyezték, de egy alapvető probléma fizikai okát nem sikerült tisztázni: ez a hegesztés közbeni fröcskölés megmagyarázhatatlan változása. Akadémiai doktori értekezésem benyújtására alapvetően ezért nem került sor. Az előző probléma valószínű megoldására közben rájöttem, a tanszék egyik doktoranduszának kísérletei alapján közös publikációnk jelent meg a közelmúltban. Külön problémát jelentett, hogy mint tanszékvezető, nem lehettem saját munkatársaim aspiránsvezetője. Ebből a tényből következett, hogy munkatársaimnak külső aspiránsvezetőt kellett szerezni, ugyanakkor a kutatás feltételeit a tanszéken megteremteni. Az eredmények igazolják, hogy ezt is sikerült megoldani.

A tanszékvezetés cseréje viszonylag gond nélkül megoldódott, utódom dr. Tisza Miklós professzor, a műszaki tudományok doktora az új körülmények között, meggondoltan próbál gondoskodni a tanszék eddigi eredményeinek szintentartásáról, ill. továbbfejlesztéséről. Ez számomra megnyugtató, mert a fejlesztés, fejlődés töretlen.

A több, mint 3 évtizedes (33 év) miskolci tevékenységemet áttekintve úgy érzem, nem döntöttem rosszul, hogy elváltam a miskolci létet, az egyetemet, a tanszékét. Munkámat a tanszéki munkatársak, a kar, az egyetem, Miskolc város vezetője támogatta, az elért eredményeim számos elismerés és kitüntetés igazolja. Külön örömmre szolgál, hogy több évtized alatt sikerült olyan tanszéki kollektívát összekovácsolni, amelynek tagjai tehetségükkel bizonyítottak, tudták egymás eredményeit becsülni és elismerni. Ennek lett a következménye, hogy néhány kutatási témakörben, az eredményességet tekintve a pesti dominancia megszűnt és Miskolcra tevődött át.

Napjainkat elemezve sajnálattal észlelem, hogy számos volt munkatársam bérézési okok miatt főállást másol vállal, de szerencsére oktatási feladatait változatlanul ellátja a tanszéken.

Életed során hosszú ideig vezető állásban voltál. Ennek során igen sok ember tevékenységét irányíthattad, mind szakmailag, mind pedig a politikai, társadalmi közéletben. Ez lehetővé tette számodra, hogy sok emberi vonást megismerj. A történelmi zivataros idők átélve (1945, 1956, 1989-90) milyen jó és rossz tapasztalataid voltak (természetesen nevek nélkül), és mit tudsz javasolni a téged követő generációnak?

Egyszerű vidéki, szegény családban nőttem fel. Édesapám az elemi iskolai és a vincellér szakmai végzettsége ellenére igen jól tájékozódott a világ dolgaiban. Igaz, közel 10 évet töltött a honvédségnél mint sorkatona: háborúban, orosz, majd román fogságban. Édesanyám rendkívül tisztességes volt, amitőlünk (bátyám és húgom) is megkövetelt. A család nehéz anyagi körülményei (a környezetünknek még nehezebb volt) ellenére szüleim mindent elkövettek fizikai és szellemi fejlődésem érdekében. Édesapám alapelve az volt, hogy ha tudsz, segítsd a gyengébbet, ha nem tudsz, érezz vele együtt, de ártani, kihasználni semmi esetre sem szabad. Az említett előzmények és utazások egész életemen át elkísértek, és ismerőseim ezt, gondolom, megerősíthetik.

Több évtizeden át voltam vezető beosztásban: állami, társadalmi és politikai megbízást is teljesítettem. Minden megbízatásomat szolgálatnak tekintettem. A mozgásteret, a feltételeket számomra is kijelölték, ez általában egy intervallumot jelentett. Ezeket igyekeztem pontosan megismerni, és élni ezekkel az adott kollektíva érdekében. Ez gyakran nem kevés gonddal járt, de vállalni kellett, ha egyszer a megbízást elfogadtam. Nem emlékszem olyan esetre, hogy valaki is ellenséggemmé vált volna szélsőséges, személyeskedő döntésem miatt.

Előzőleg tettem egy megjegyzést, hogy szerintem a „nagyinak” tartott emberek élettől való elrugaszkodásában döntő szerepe volt és van a környezet hajbókálásának, az őszinte szó, a kritika hiányának. Egész életemben arra törekedtem, hogy a környezetemben, az adott testületben, amelyet vezettem, legyen néhány ember, barát, aki kendőzetlenül elmondja véleményét a javaslataimról, illetve döntéseimről, magatartásomról. A munkatársak kiválasztásakor is az előzők mellett fontosnak tartottam a szakmai tudást, de legalább ilyen fontos szempontnak a kiválasztott személy kollektívában munkálkodásra való alkalmasságát.

Összegezve: az embereket tisztelni, szeretni, és szükség szerint támogatni kell, viszonzásra csak ebben az esetben számíthat bárki.

Befejezésül kívánok Neked mind a magam, mind az ismerőseid, munkatársak nevében nagyon jó egészséget és mindnyájunk számára kölcsönösen hasznos további tevékenységet.

Prof. Dr. George R. Irwin (1907-1998)

Szerte a világon a mérnöki törésmechanika atyjaként emlegetett G. R. Irwin halálával nagy veszteség érte a törésmechanikával foglalkozók közösségét. A minden szakmai könyvben megtalálható név egy igen remek, humánus embert takar. E rövid közlemény a hazai szakembereknek igyekszik bemutatni G. R. Irwin tevékenységét elsősorban Prof. Peter Rossmann előadása (ill. személyes találkozások) alapján, amelyet az *International Society for Technology and Law (ISTLI)* nemzetközi szervezet alapításakor (Bécs 1993. november 19.) tartott G. R. Irwin tiszteletére az ISTLI-díj átadása kapcsán.

George Rankine Irwin 1907-ben született El Paso-ban, Texas államban. Fiatal korát Illinoisban töltötte, itt a Springfield-i Gimnáziumba (1921-1925), majd a Galesburg-i Knox Főiskolára (1926-1931) járt, ahol angol-fizika szakon végzett. Egyetemi tanulmányainak egy évvel való meghosszabbítását az indokolta, hogy érdeklődése az írástól és újságírástól (a helyi lap sportoldalain) a tudomány felé fordult. George nagyszerű humorérzéke egy 1923-as gyászbeszédében is megnyilvánult, amelyet egy tiszteletreméltó golfpálya-felügyelőnek szentelt, kijelentvén: az elhunytat egyaránt gyászolják a golfzók és a hörcsögök (*megjegyzés: az angolban golfers & gophers*).

Ebben az időszakban történt, hogy az egyetemi hallgató George Münchenből Olaszországba biciklizett, és a Brenner-hágón kerékpárja törése miatt, csapatával együtt egy ideig várakozásra kényszerült. Ekkor még nem tudhatta, hogy ha nem is a kerékpár, de a szerkezeti törés apóráján jön majd vissza Ausztriába hetven évvel később, amikor is a szerkezeti törések terén végzett munkásságáért elismerésben részesül.

1931 és 1937 között fizikából M.A. és Ph.D. fokozatot szerzett az Illinois-i Egyetemen, 1935-1936-ban docensként működött a Knox Főiskolán. Doktori értekezésében a lítium sávok színképlemezésével kapcsolatos témát vizsgált.

1937 júliusában az USA Haditengerészeti Kutatóintézetéhez lépett be, itt 1950-től 1967-ig a Ballisztikai Részleg vezetője és a Mechanikai Divízió igazgatója lett. Munkássága ekkor, a II. világháború időszakában, a lövedék behatolásához, a harci repülőgépek sérüléseihez és az új páncélnyagok kifejlesztésének laboratóriumi vizsgálataihoz kapcsolódott. Központi szerepet játszott számos nemfémes szilánkvédelmi páncélozó anyag kifejlesztésében, amelyek elterjedtek a koreai és a vietnami háborúban.

A II. világháború után G.R. Irwin személyes kutatási erőfeszítéseit elsősorban a törések tanulmányozására összpontosította. Az ennek eredményeként összegyűlt – törésmechanikának elnevezett – vizsgálati és analitikai módszerek segítették a DeHavilland Comet repülőgépek túlnyomás alatti géptörzsei (1953-54), a nagy gőzturbinás villamos generátorok nehéz forgórészei (1955-56) és a szilárd hajtóanyagú rakéták ultraszilárdságú acél rakétakamrái (1957-60) töréseinek a megértését és a megelőző módszerek kidolgozását.

1948-ban Joe Kies, aki akkor tért vissza Oak Ridge-ből Washingtonba, George Irwin-nél kezdett dolgozni. Ez a „haláli fickó” soha nem szerezte meg a PhD fokozatot, de Irwin legjobb munkatársa volt. Kies a töretfelületek szakembere volt, akitől bárki tanulhatott volna. Ebben az időben komoly gond volt a repülőgépek ablakainak törése, sok utas halálát okozta ilyen baleset. Ennek a problémának a megoldásában Kies javaslata segített, amely szerint a Gx szorzatot (amely K^2 -nek felel meg) kellett vizsgálni. A feszültségintenzitási tényező Joe Kies munkásságának tiszteletére kapta a K jelölést.

Az Amerikai Vizsgálati és Anyagtudományi Társaság (ASTM) törési vizsgálatokra alakított különbizottsága 1960-ban közzétette első jelen-

tését, amelyben leszögezte: a törésmechanikai módszerek megértése már eljutott arra a szintre, hogy alapvető eszköze legyen a törési vizsgálatok szabványos vizsgálati módszerei kifejlesztésének és használatának. A törésmechanika használatával a mérnöki tudományok majd mindegyikében jelentős felülvizsgálatokat és javításokat hajtottak végre, és ma a törésmechanika a mérnöki tudományok egyik nélkülözhetetlen területe.

G. R. Irwin 1967 szeptemberében vonult nyugdíjba a Haditengerészeti Kutatóintézetből. Annak ellenére, hogy tevékenységét egyetemi körökben majdnem évtizedeken át hevesen támadták és ellenezték – lévén nem egyetemi kutató, – barátja, Paul C. Paris, aki a Comet repülőgéphibákat megelőzően vezette be a törésmechanikát a Boeing cégnél, rá tudta őt beszélni arra, hogy teljes munkaidős egyetemi tanári állást vállaljon a Bethlehem-i (Pennsylvania) Lehigh Egyetemen, ahol ezután törésmechanikát tanított, publikált és oktatott.

Kollégáival együtt törésmechanikai egyetemi és másoddiplomás kurzusok anyagát állította össze, ezekben mindig a törés-

mechanika gyakorlati, a dolgozó mérnök által megérthető vonatkozásait hangsúlyozta. A törésmechanika elméleti területein Irwin-t hatalmas tehetsége és megérzései mindig rávezették az egyszerű alapösszefüggések és a különösen hasznos elméleti eredmények megtalálására. Személyes kutatási tevékenysége elsősorban a szerkezeti acélok, azon belül is a gázvezetékek, acélhidak és nyomástartó edények törési ellenőrzésére irányult. A törésmechanika gyakorlati alkalmazásainak állandó figyelemmel kísérése magyarázza, hogy Irwin professzort világszerte „a mérnöki törésmechanika atyja”-ként tartják számon. A „mérnök” megnevezést jelző a törésmechanikának azokra a területeire utal, amelyek „termelésben hasznosíthatók”.

G. R. Irwin 1972-ben Washingtonba költözött, és így közvetlen kapcsolatot alakított ki a Maryland-i Egyetemen, amely új otthonától mindössze néhány kilométerre feküdt. A Maryland-i Egyetem, amely jó viszonyban volt a törésmechanikát alkalmazó állami laboratóriumokkal, megfelelő környezetet kínált munkája folytatásához. Tanácsadói és kutatói tevékenysége révén továbbra is fenntartja a kapcsolatot a Lehigh Egyetemen, ottani „rég”i kutató és mérnök barátaival.

Egyetemi tevékenysége mellett G.R. Irwin több bizottságnak is tagja, például az ASTM E-24. számú, fémek törési vizsgálatai bizottságának, és alkalmanként tanácsadást végez számos ipari, non-profit és kormányzati laboratóriumnak. Munkatársa volt az ASTM-nek és számos társaságnak, pl. a Washington-i Tudományos Akadémiának és a Londoni Királyi Társaságnak, és számos megkülönböztetett kitüntetés birtokosa, többek között az 1985-ben a Bécsi Műszaki Egyetemen átadott Tetmajer-díjnak.

Magam két alkalommal is hosszan beszélgethettem G. R. Irwin-nel Bécsben (1989 és 1993) és ezek messzemenően meggyőzték arról, hogy egy rendkívül kedves, közvetlen, igen nagy tudású, széles látókörű embert veszítettünk el.

1998 októberének közepén „kósza hírek” jutottak el hozzám G. R. Irwin haláláról. Ezek valódiságáról faggattam Prof. Peter Rossmann barátomat, aki köztudottan hosszú ideje igen jó személyes viszonyban volt G. R. Irwin-nel. Érdeklődésemre a következő választ kaptam:

„Igen, Irwin valóban meghalt, október 7-én, pénteken, 18:30-kor. Békés, szép halála volt, a kanapéján alva érte a halál. Silvia és Thomas fiam is jelen volt. Én nem tudtam meglátogatni, de legalább a családom felerészben ott volt.

Nagy embert veszítettünk el! Soha életemben nem találkoztam ilyen nagyszerű úriemberrel, sem személyes, sem szakmai vonatkozásban. Nagy ember volt, akivel én személy szerint a szakmai életem nagy részét is elvesztettem.



Bécsben 1993-ban, az ISTLI alapítása idején készült fénykép: a szerző G.R. Irwin (középen) és T. Varga (jobbra) társaságában

Szerencsémre gyakran együtt dolgozhattam vele az utóbbi 20 évben, és hálás vagyok érte, hogy ilyen szerencsében lehetett részem.

Mivel szoros kapcsolatban állok az Irwin családdal, már régen felkértem George hivatalos életrajzírójával, és így egyedül én férhetek hozzá Irwin hatalmas levéltárához. Ez egy igazi kincs, és csak ahhoz, hogy az 1937(!) óta összegyűjtött minden egyes előadásba, jegyzetbe, jelentésbe stb. belenézhessek, további 10 évre lesz szükségem. Remélem, hogy születésének 100. évfordulójára egy kiállítást tudok rendezni a törésmechanikáról, amelyet majd több helyen bemutathatunk. Már na-

gyon régóta gyűjtöm erre a kiállításra a személyes és szakmai anyagokat. Bizonyos fokig felelősnek érzem magam azért, hogy George emlékéit megőrizsem a társadalomban. És ezt legjobb tudásom szerint meg is fogom tenni."

Ismerve Prof. P. Rossmanith hallatlan munkabíráását biztos vagyok abban, hogy hamarosan nagy erővel folytatódik az Irwin-hagyaték feldolgozása és az Irwin 90. születésnapjára összeállított kötetet! újabbak követik. Magam részéről pedig igyekszem mindent megtenni annak érdekében, hogy ezen fiatal tudományterület kialakulásának és fejlődésének történetét minél több hazai szakember megismerhesse.

¹ H. P. Rossmanith: Fracture Research in Retrospect. A.A. Balkema, Rotterdam. 1997. 570 p.

Dr. Tóth László

Joseph A. Kies és a feszültségintenzitási tényező a törésmechanikában¹

Dr. H. P. Rossmanith²

Jelen publikáció Joseph A. Kies műszaki tevékenységét mutatja be. Kies hosszú ideig George R. Irwin professzor munkatársa volt a Haditengerészeti Kutatólaboratóriumban (NRL). Nagy szerepe volt a törésmechanika korai fejlődésének elősegítésében, valamint a fiatal műszaki tudomány alkalmazásában olyan nagyméretű törési esetek elemzésénél, amelyek az ötvenes-hatvanas években fordultak elő a polgári repülés, a nehéz forgórészek és az Egyesült Államok Polaris és Minuteman rakéta-programja terén.

Bevezetés

A törésmechanika feltalálása és fejlesztése tulajdonképpen a washingtoni (USA) Haditengerészeti Kutatólaboratórium (NRL) 1937-1942 közötti páncéltörési tevékenységének gyümölcse volt. A ballisztikai kutatás egyik célja a hadihajók nehézpáncélzatával kapcsolatos elridegedési problémák vizsgálata volt. Ezt a problémát az akkoriban rendelkezésre álló laboratóriumi méretű ballisztikai lehetőségekkel nem lehetett modellezni. A Dahlgren Vizsgáló Központban végzett ballisztikai kísérletek során, adott lévén a hűtési sebesség megfelelő szabályozása, az acélgyártó kohászati szakemberek általánosságban tudták, hogyan előzhető meg a nagyméretű lemezek ballisztikai hibái. Megmaradt azonban az állandó kérdés, hogyan magyarázhatók a törésben a mérhető, hogyan mérhető a törési szívósság, és hogyan viszonyulnak az erre adott válaszok a kérdéses fémes komponens lemezvastagságához.

Nyilvánvaló volt, hogy a kérdések megválaszolása hosszú időt igényel. Ezért az NRL ez irányú tevékenysége a II. világháború alatt csupán a törési mérhető feltáró jellegű tanulmányozására korlátozódott, amelyet főként az Észak-Karolinai Egyetemen végeztek megbízás alapján. Az a kutatások eredményeként összeállt irodalmi áttekintés és a szakmai vitaanyagok azonban legalább tisztázták a probléma természetét (Shearin és mások, 1948).

Néhány hónappal a II. világháború befejezése után az NRL felülvizsgálta az Észak-Karolinai Egyetemen végeztetett megbízásos munkát, és beindultak a törési kutatások az NRL Ballisztikai Részlegén. Az NRL tevékenysége a későbbi törésmechanikának elnevezett területen kutatási programmá vált. A dr. George R. Irwin vezette csoport javasolta az anyagok repedésterjedéssel szembeni ellenállásának mérését, kiszámolta a rugalmas igénybevétel feszültségmezőjének mint egy eszleges repedés hajtóerejét (nagyjából az 1920-as Griffith-féle törésszilárdsági elméletben javasolt módon), és kimutatta, hogy energiasebességi összefüggés létezik a hajtóerő és a képlekeny alakváltozási ellenállás között a gyors repedésterjedés megindulási pillanatában. A program első évében elegendő információ gyűlt össze ahhoz, hogy G.R. Irwin egy 1947-es tanulmányában bizonyítsa a téma megközelítésének

alapvető helyességét (Irwin, 1948). A következő évek során növekedett az intézményen belüli törésmechanikai kutatások nagyságrendje, amelyek fokozatosan kiszorították az Észak-Karolinai Egyetem megbízásos munkáit. A növekedés alapvetően két személynek köszönhető: az eltöklött T.W. George-nak, a Ballisztikai Részleg Páncéltanyagok Szekciójának vezetőjének és a hasonlóan lelkes Joseph A. Kies-nek, a Ballisztikai Részleg Törési Kutatások Szekciójának vezetőjének.

Kies és a törésmechanika születése

Joseph A. Kies, a számára kijelölt doktori téma megoldhatatlansága miatt 1936-ban a doktori fokozat megszerzése nélkül otthagyta az Illinoisi Egyetemet, és teljes munkaidős állást vállalt a Szabványügyi Hivatalban 1936-tól 1945/46-ig. Feladata a repülőgépipari alumíniumtövezetek törésének tanulmányozása volt. A repülőgépek propellereiben bekövetkező kifaradási repedések kapcsán ismert volt, hogy a repedések az alumíniumban gyorsabban terjednek, mint az acélban.

A Comet katasztrófájának nyomán Paul C. Paris sikerrel ajánlotta a repülőgépgyártók figyelmébe az anyagfáradási repedés növekedésének törésmechanikai alapon történő tanulmányozását. Ebben az esetben a repedés növekedési sebessége, da/dN korrelációban áll a feszültségintenzitási tényező növekményével, ΔK -val. Miután Kies felfedezte és ezen elv alkalmazásával és a Young-modulusok összehasonlításával megmagyarázta, hogy a repedés növekedési sebessége nagyobb az acél- mint az alumíniumtövezetekben, megbízták a repedés növekedési viselkedésének acélban és alumíniumban történő tanulmányozásával. Kies rendelkezett némi képzettséggel a kohászat területén, de a törésmechanikában nem. Viszont nagyon gyorsan tanult.

1945-ben Joseph A. Kies felesége Oak Ridge-ben, Tennessee-ben vállalt munkát, ahová Joe is vele utazott. Így történt, hogy G. R. Irwin egy Oak Ridge-i fogadáson véletlenül találkozott Joe Kies-sel, aki megkérdezte tőle, nem tud-e állást számára a Haditengerészeti Kutatólaboratóriumban. Eppen volt egy szabad hely a Ballisztikai Részleg (1946-ban alapított) Törési Szekciójában. Joe Kies-t, kohászati előképzettségének köszönhetően, először William Pellini-nek mutatták be a Kohászati Szekcióban, ám Kies úgy döntött, hogy inkább az Irwin-féle törési csapatban dolgozna. Így 1948 júliusában az Oak Ridge-i Szövetségi Laboratóriumtól a Haditengerészeti Kutatólaboratórium Ballisztikai Részlege Mechanikai Divíziójához ment át.

Abban az időben a Ballisztikai Részleg elsődleges érdeklődési területe a repülőgépek, valamint a pilótazubbonyok és tengerészgyalogsági zubbonyok páncélozása volt. Megkezdődött a törés alapvető tanulmányozása, és hamarosan ez lett Joe Kies fő munkaterülete. A törési kutatásban a fő hangsúlyt olyan energiaegyensúly megtalálására helyezték, amely mellett a lehető legalaposabban és legrészletesebben leírható a törés folyamata. Ezen vezérelv mentén, alkalmanként G.R. Irwin tanácsaival folytatott párhuzamos törési kutatásokat J. A. Kies és T. W. George. Utóbbi a törési folyamat különböző módokon – vékony fémlemez és huzalács segítségével – történő modellezésére, valamint a rost-

¹ A magyar nyelvű közlésre előkészítette Dr. Tóth László, Bay Zoltán Gyártástechnikai és Logisztikai Intézet

² Vienna University of Technology, Institute of Mechanics

kötegek szilárdságának statisztikai tanulmányozására összpontosított. Joseph Kies a szerkezeti anyagok törési próbáit tervezte és felügyelte. Felismerte, hogy egy töretfelület minden eleme egy kis törési modell képez, ezért nagy hangsúlyt helyezett a fraktográfiára. Kies és George egymást kiegészítő eredményekre jutott, amelyek megalapozták a kezdeti ismeretanyagot. A vékony lemez modelleken olyannyira magától értetődő főrepedést megelőző hasadásokról Kies megállapította, hogy ezek a progresszív repedésterjedés általános jellemzői valamennyi szerkezeti fémmél és műanyagnál. Egyedül a csillám esetében tűnt lehetségesnek az előzetes károsodás nélküli hasadás. A vékony lemez modelleken vizsgálva, a repedésterjedés sebességének a lassúból a gyorsba való átmenete csak viszonylagosan szakadt meg. Azonban a Kies által megfigyelt törési jelek azt mutatták, hogy a rideg fémek és műanyagok esetében a folyamat megszakadása elegendő ahhoz, hogy a törési szívósság becsléséhez megfelelő mérési pontot kapjunk.

Az energiaegyensúly alapötletét egy 1946-os, „Törési dinamika” c. publikációban G. R. Irwin, (1946) már közzétette és nagy vonalakban ismertette. Az 1948-tól 1954-ig eltelt hat évben a jelenleg *törésmechanika* néven rendelkezésre álló ismeretek zömét felfedezték és három publikációban közzétették (Kies és mások, 1950; Irwin-Kies, 1952; Irwin-Kies, 1954).

Ami J. Kies ebben a munkában végzett szerepét illeti, meg kell jegyeznünk, hogy 1948-ban G. R. Irwin a Mechanikai Divízió igazgatóhelyettese és a Ballisztikai Részleg vezetője is volt, majd 1950-ben a Mechanikai Divízió igazgatója lett. Ezért 1949-től a törési program munkája legnagyobb mértékben J. Kies irányításával folyt (aki ekkor a Ballisztikai Részleg Törési Szekciójának vezetője volt). 1953-ban Kies-t a Ballisztikai Részleg vezetőjévé nevezték ki.

Joe Kies kiváló kísérletező és az elméleti munkát is értő elme volt, habár az elméletnek nem tulajdonított túl nagy jelentőséget. Mindamellelt G. R. Irwin minden publikációját áttanulmányozta.

Az 1950-es évek elején G. R. Irwin nem tudott előrehaladni a feszültséganalízis vizsgálatában. Fizikusi képzettsége kiváló matematikai háttérrel biztosított számára, azonban bizonyos feszültséganalitikai problémák tisztázatlanok maradtak. (Érdekes megjegyeznünk, hogy a Szovjetunióban a hidegháború éveiben Irwin professzort nem ismerték el a műszaki törésmechanika megalapítójaként, csak matematikusként és teoretikusként.) A megoldást *Dan Post* hozta, aki a statikus és a terjedő repedések lemezekben történő feszültségoptikai vizsgálatát végezte, és rábukkant a híres 1939-es, komplex elemzést tartalmazó Westergaard-publikációra, amellyel rávezette Irwin-t a megoldásra. Segítette Irwin-t Ericksen is, a fiatal, tehetséges matematikus, aki az Irwin-vezette Divízió Alkalmazott Matematikai Szekciójában dolgozott.

Az abban az időben rendelkezésre álló törésmechanikai alapterv kísérleti igazolásából az Irwin-csoport minden tagja megértette, hogy egy új, nagy jelentőségű anyagszilárdsági terület fejlesztését kezdték el, amely túl nagy ahhoz, hogy csupán az NRL elszigetelt programja legyen (Irwin-Kies, 1952, 1954). Emellett, látván, hogy a szakmai találkozók álláspontjukat számos kritika éri, nem remélhettek jelentős segítséget a fejlesztésben, különösen az egyetemek részéről nem.

Ezek a nehézségek megoldódtak azzal, hogy az 1952-1960-as időszakban a törésmechanikát számos gyakorlati problémában sikerrel alkalmazták, amelyek, nagy jelentőségük révén, figyelmet keltettek. Ezek időrendi sorrendben a következők:

- a nyújtva keményített plexiüveg kifejlesztése,
- a deHavilland Comet polgári sugárhajtású repülőgépek töréseinek túlnyomás alatti törései,
- a nagy gőzturbinás villamos generátorok nehéz forgórészeinek hirtelen törései, valamint
- az ultranagy szilárdságú acél rakétakamrák hidraulikus törési vizsgálatai a Polaris programban.

Az Irwin-vezette csapat mindezen probléma megoldásában részt vett. Ezek az alkalmazások új munkatapasztalatot is jelentettek számukra, és befolyásos híveket szereztek a törésmechanikának.

A nyújtva keményített plexiüveg kifejlesztése és a feszültségintenzitási tényező megjelenése

A töréskutatási program első jelentős sikere a melegen nyújtva keményített PMM kifejlesztése volt repülőgép-ablakok anyaga céljára. Ez a projekt, születésétől fogva *J. Kies* munkája volt.

A repülőgépek ablakait eredetileg rideg plexiüvegből készítették, ami számos balesetet okozott. 1952-ben a Szövetségi Szabványügyi Hivatal

munkatársa, dr. Wolock kis modellkísérleteken bemutatta Joe Kies-nek, hogy a melegen nyújtással nagyban növelhető a PMM hajszálrepedéses törési ellenállása. Az így kapott, melegen nyújtott plexiüveg alkohol jelenlétében nagyon ellenálló volt a hajszálrepedéses töréssel szemben, és Kies, helyesen, azt feltételezte, hogy ugyanez az eljárás az anyag repedésterjedéssel szembeni ellenállását is növeli. Ennek a feltételezésnek az alapos kísérleti alátámasztásához megfelelően nagy méretű melegen nyújtott lemezekre volt szükség. Kies-nek sikerült 3-4 hüvelyk vastagságú, melegen nyújtott lemezeket szereznie a repedésterjedéssel szembeni ellenállás méréséhez és feltételezésének igazolásához. Együttműködést alakított ki az acron-i (Ohio) Goodyear repülőgépgyártó céggel a repülőgéppablakok gyártásában. A lemezek nyújtásával a vastagságot harmad-negyedrészére sikerült csökkenteni, a lemezeket ezután vágták oválisra, illetve a szükséges formára. Kies ismert és elismert vendég lett a Goodyear-nél.

Kies melegen nyújtott plexiüveggel végzett kísérletei során azokon sem hajszálrepedések, sem hajszálrepedéses törések nem jelentkeztek. A kísérleti minták törési felszínének vizsgálatokor megállapította, hogy a melegen nyújtott anyag felszíne nagyon kemény és egyenletlen, míg a nyújtás nélküli sima. Senki sem értette pontosan, miért van ez így, de Kies kitartott azon feltevése mellett, hogy a melegen nyújtás növeli a repedésterjedéssel szembeni ellenállást. Ez volt az első olyan kiemelkedően sikeres ipari alkalmazás, amelyet a Mechanikai Divízió Ballisztikai Részlege Törési Szekciójában dolgoztak ki. Mivel a kísérletek igazolták a szívósság növekedését, Joe Kies a légierő egy jelentős programjába is bekapcsolódott, amely harci repülőgépekhez használható nyújtva keményített ablakanyag keresésére irányult. Kezdetben a Haditengerészet által szponzorált, az NRL által kifejlesztett törési próbával határozták meg a szívósságot. Egy 1955-ben, repülőgéppablakok anyagairól tartott Wright Field-i konferencián Joe Kies bemutatta, hogy szükségtelen a törési szívósság, G_c meghatározása, amelyhez ismerni kell a Young-modulust, E -t: mindössze a szorzatukra, GxE -re van szükség. Kies kiemelte, hogy az ablakanyagok törési szilárdságának mértéke legjobban az $(E \cdot dW/da)$ szorzat négyzetgyökeként adható meg, ahol dW/da a repedés növekedésével szembeni ellenállást (amelynek neve *a törési munka sebessége*) jelzi.

1954-ben megalkották és használni kezdték a *törésmechanika* kifejezést az NRL Mechanikai Divíziójának törési kutatásaiban. Így lehett a legegyszerűbben megkülönböztetni ezeket a kutatásokat az NRL Kohászati Divíziójának az ütközési törések és robbanási alakváltozási vizsgálatok terén végzett tevékenységétől. Egyéb területeken a *törésmechanika* szakszókincse még nem fejlődött ki.

Az ablakanyag programban részt vevő repülőgépipari cégek olyannyira hasznosnak találták *Kies* javaslatát, hogy a továbbiakban a repedés terjedéssel szembeni ellenállásra kapott vizsgálati eredményeiket *K-értékként* jelölték, ahol

$$K = \sqrt{E(dW/da)}$$

A *K-jelzést természetesen Joseph A. Kies tiszteletére választották*, hiszen abban az időszakban a teljes keményített ablakanyag programot gyakorlatilag az ő javaslatai irányították.

A deHavilland Comet polgári sugárhajtású repülőgépek töréseinek túlnyomás alatti törései

Az NRL törésmechanikai kutatásainak második nagy sikere a deHavilland Comet repülőgéptörzs-törésekkal kapcsolatos. 1954 szeptemberétől *Alan A. Wells*, a Brit Hegesztési Kutatási Szövetség (BWRA) munkatársa (Abington-Cambridge-Anglia) hét hónapig az NRL-nél dolgozott. A Comet-töréseket Kies, Wells és Irwin vitatta meg, akik egyetértettek abban, hogy a magyarázat az a tény, hogy a kritikus repedésméret a 7075-T6 alumíniumlemez esetében kisebb, mint a Comet ablakmérete (Brossman-Kies, 1954; Wells, 1955). Némi bizonytalanságot okozott az, hogy sem a Comet repülőgéptörzs anyagáról, sem a túlnyomás során megengedett feszültségről nem rendelkeztek pontos ismeretekkel. 1955 tavaszán Joe Kies ellátogatott Burbank-be, a Lockheed Repülőgépgyárba, és megállapíthatta, hogy a repülőgéptörzs anyaga nagyban hasonlít a 7075-T6 alumíniumra, és hogy a megengedett feszültség elég nagy ahhoz, hogy a Comet-törések Kies-Wells-Irwin-féle magyarázata kétségtelenül alkalmazható legyen.

Ez a magyarázat röviden a következő: Minden repülőgépen felfedezhetők esetenkénti kifáradási repedések, elsősorban a nagy feszültségnek kitett helyeken. A repülőgép törésbiztonságát soha nem a

fáradási repedések teljes kiküszöbölésével lehet elérni, hanem azzal, hogy a megfelelő szívósság révén a fáradási repedések stabilak és még a gyors terjedés előtt felfedezhetőek maradjanak. A deHavilland Comet repülőgépeken az ablakmerítés elégtelen volt, az ablakok sarkain pedig jelentős feszültségek ébredtek. A helyzetet súlyosbította, hogy ezeken a helyeken a tényleges repedésmérethez az ablaknyílás mérete is hozzáadódik. Így az egészen kis méretű, az ablakmerítés alatt nem is felfedezhető anyagfáradási repedések is elégségesek ahhoz, hogy a cca. 10 200 m-es magassági szintnek megfelelő feszültség hatására beinduljon az instabil gyors repedésterjedés. Ez a törésmechanikai magyarázat nagy segítségére volt az amerikai repülőgépgyártóknak abban, hogy a továbbiakban kiküszöböljék a Comet-hez hasonló lehetséges töréseket. Azonban a törésmechanikát kevésbé értékelték, és természetesen főként a költséges, teljes méretű modellkísérletekben bíztak.

1956-tól kezdődően az Irwin-féle NRL-csapat, **Albert Kobayashi** és **Paul C. Paris** segítségével, rendszeresen látogatta Kalifornia és a Nyugati-part repülőgépgyárainak mérnökeit. Irwin és munkatársai kitűnő kapcsolatokat építettek ki a Boeing kutató-fejlesztő mérnökeivel – ebben különösen segítségükre volt Paul C. Paris, a fürge eszű fiatal kutató, aki a Boeing-től a Los Angeles-i Caltech-hez ment át, hogy **Max Williams** professzorral a törésmechanikát és az anyagfáradást megvitassa. Tekintve, hogy a repülőgépgyártás a Nyugati-part fontos iparága volt, ez kitűnő alkalmat kínált a törésmechanika gyakorlati alkalmazásainak felderítésére.

1956. végére az Irwin-csapat több publikációt előkészített megjelenésre. Joe Kies a repülőgépgyártók előtt ismertette az $(EG)/\pi$ érték vizsgálatára kidolgozott módszert. 1958-ban a *San Diego-i mérnökök alkották meg a Joe Kies-ről elnevezett K-tényező* kifejezést. Ugyanekkor G.R Irwin felfedezte a *K-tényező* és $\sigma\sqrt{2\pi a}$ közötti arányosságot, és ekkor történt az is, hogy a feszültségintenzitási tényezőnek a Springer Kézikönyv elhíresült cikkében megjelent alternatív meghatározása szakmai körökben felkavarta a kedélyeket.

A Comet repülőgép katasztrófája nyomán Nagy-Britannia elvesztette a polgári repülőgép-gyártásban meglévő elsőbbségét, és soha nem is heverte ki ezt a csapást.

Nagy gőzturbinás villamos generátorok nehéz forgórészeinek hirtelen törései

Az NRL törésmechanikai munkásságának harmadik nagy sikere a nagy gőzturbinás villamos generátorok nehéz forgórészei töréseinek az elemzése volt. Az NRL-t hivatalosan nem kérték fel a programban való együttműködésre. Kies és Irwin megállapodása alapján Irwin tartotta a kapcsolatot a *General Electric* céggel, és tanácsadóként segítette a munkát. Cserében az NRL megkapta a cégtől az 1956 júliusában indult egyéves intenzív programban összegyűjtött valamennyi, forgókorongra és hornyoskőnyökre vonatkozó törési adatot. Ebben az esetben a törésmechanika alkalmazásával azt igazolták, hogy a működés közbeni töréseket a többhüvelyknyi nagyságú repedések okozzák, nem pedig a kis hibák. Így a program fő célpontjai voltak a sűrű zárvány-előfordulási területek, illetve a hidrogén szerepe a nagy repedések kifejlődésében. Az NRL jól hasznosíthatta a *General Electric*-től kapott adatokat, hiszen azok a szelvényvastagság rideg-képlékeny törési átmenetre gyakorolt hatásának tisztán kísérleti bemutatását nyújtották. Egy 1959-es ASME publikáció (Irwin, 1959) ezt a törési átmenetet úgy magyarázta, mint a síkbeli alakváltozásból a síkbeli feszültségi állapotba történő váltást, és a képlékeny törési zóna lemezvastagsághoz képest történő relatív növekedését.

Ultraszilárdságú acél rakétakamrák hidraulikus törési vizsgálatai a Polaris programban

Az NRL negyedik nagy sikerét a Polaris programban érte el, mégpedig az ultraszilárdságú acél rakétakamrák törésmechanikai vizsgálatával. 1957 őszén komoly veszély fenyegette a Polaris program határidőinek betartását, mivel a hidraulikus vizsgálatok során az ultraszilárdságú hegesztett acélból készült rakétakamrák túl gyakran törtek. E probléma megoldásának felelősségét teljes egészében az NRL törésmechanikai csapata viselte. A turbinalapát-törésekhez hasonlóan az acélkamrák esetében is annak bemutatása volt a feladat, hogy a hidraulikus vizsgálatok közben a töréseket a viszonylag nagy előrepedések okozzák, nem pedig (önmagukban) a kis zárványok. Az NRL-megoldás sikere elsősorban annak volt köszönhető, hogy minden egyes törés esetében bebizonyították, hogy a törés pillanatában fennálló belső nyomás

kvantitatívan magyarázható az előrepedés mérete és az anyag repedésterjedéssel szembeni ellenállása, a K_{IC} segítségével. Ehhez J. Kies különleges ügyességére volt szükség a makroszkopikus fényképezésben. Kies irányítása mellett a rakétakamra törési vizsgálatait végzők megtanulták, hogyan ismerjék fel és osztályozzák az előzetes repedés különböző formáit a töretfelület vizsgálatával. A hegesztési szegély repedései, a keményedési határokat jelölő oszlópszerű dentridek, a lassú-stabil korróziós növekedés az egymást követő hidraulikus vizsgálatok során és a többi szignifikáns jelenség mind viszonylag világossá vált (legalább annyira világossá, amennyire ezt a törés jellemzően összetett volta megengedi), egyszerűen azáltal, hogy a megfelelő megközelítésben vizsgálták a töréseket. A törésmechanika gyakorlati alkalmazásainak számos különlegessége között a szignifikáns törési jelek lupával, binokuláris mikroszkóppal és (különleges területeken) metallográfiai mikroszkóppal történő megtalálása és értelmezése volt az a terület, amelyen J. A. Kies kiemelkedő szaktudását széles körben elismerték. Kies gyakran kérte fel a Légierő és a NASA, hogy fontos törési vizsgálatokban segítkezzen. Kies jelentősen bővítette az Irwin-csapat által a törési folyamat megfigyelésére kifejlesztett módszereket azzal, hogy magnószalagra rögzítette az előzetes repedést bizonyító hangot egy repedésterjedési vizsgálat során.

A Polaris törési problémáinak jelentkezésekor az *NRL Töréskutatási Szekciójában* dolgozott **Joseph A. Kies**, **Herschel Smith**, **Villette Sullivan**, **Joe Krafft**, **Steve Hart** és **George R. Irwin**, és segítséget kértek még a *Védelmi Minisztérium* közeli laboratóriumaitól is. Különböző források felhasználásával Kies munkacsoportokat alakított az NWL-nél (Harold Bernstein, Haditengerészeti Fegyvergyár, Dahlgren), és a Haditengerészeti Fegyvervizsgáló Intézetben (NWP, Dr. D. Romie, Washington D.C.). Ezt követően bekapcsolódott még a munkába egy kis csoport a Frankford Fegyvertárban és több speciális témacsoport az Illinois-i Egyetemen. 1958-tól kezdve az így összeállt csapat Kies általános irányításával különleges feladatokat végzett: minden egyes Polaris rakétakamra-törést megvizsgáltak és arról rövid jelentést készítettek. A legtöbb bizonytalanságot sikerült megszüntetni, amikor a következő két tényt leszögezték:

- A töréseket a gyártás közben bekövetkezett repedések okozták, amelyeknek a végső mérete az acél törési szívóssághoz viszonyított törési feszültség mértékéből következik;

- Ezek a hibák a rendelkezésre álló roncsolásmentes vizsgálati módszerekkel láthatatlannak voltak, és addig azok is maradnak, amíg a hegesztések köszörlővel biztosítják a sima felületet.

1958 szeptemberében az elért eredmények révén sikerült kellő időben javító intézkedéseket hozni, amelyek nem is kerültek sokba a Haditengerészetnek. Az Aerojet olyan kifinomult hegesztő-berendezést szerzett, amellyel biztosítani tudták a gyártási folyamat megfelelő ellenőrzését. Sokat segített az is, hogy a hegesztések lecsiszolása révén javult a hibák felderíthetősége. A Kies-csapat tevékenysége mind a Polaris fegyverprogram időbeni befejezését fenyegető komoly veszély elhárítása, mind pedig a Polaris rakétakamra szerkezeti kérdései terén megszerzett nagyobb megbízhatóság szempontjából nagy sikernek minősíthető. A Polaris nagyjából egy év múlva követő Minuteman programban is merültek fel törési problémák, amelyekben az NRL szintén segítséget nyújtott.

Az 1960-tól 1963-ig tartó időszakban, amikor a szilárd hajtóanyagú rakétakamra fejlesztések során az üvegszál-asztotekercselés kérdése merült föl, J. Kies egyszerűen átszervezte a csapatát és a törési kutatások súlypontját az összetett szerkezetek törési kísérleteire helyezte. E munka sikeréhez a Kies-csapat elsődlegesen a következőkkel járult hozzá: Annak megvilágítása, hogy a jól kötött párhuzamos szálú kompozitok nagy átlagos szilárdsága a nagyon rövid szálhosszúságból következik; a letetekercselődési hibák rétegek közötti nyírókeménységgel történő magyarázata; valamint egy – széles körben elfogadott – javaslat olyan gumiréteg alkalmazására a feszültségkoncentráció csökkentésére, ahol a terhelést az üveg-epoxy kompozitba ágyazott fémbetétek veszik fel. Felbecsülhetetlen értéket képviselt az a tanácsadói segítség is, amit Kies a kormányhivataloknak és rakétakamra-gyártóknak nyújtott. Ezeknek az intézményeknek éppen egy olyan tapasztalt tanácsadóra volt szükségük, aki elegendő tudás birtokában és egyszerűen meg tudta határozni, mely tényezők fontosak és melyek nem. Kies volt a legkérsebb szakember, akinek tanácsai meghatározó jelentőségűek voltak számos kutatás-fejlesztési programban.

Az NRL által a Polaris programban a törési szívósság mérésére bevezetett módszereket és a megfelelő szívóssági kritériumokat ma is

széles körben alkalmazzák. Ugyanakkor folyamatosan bővül azoknak az alkalmazási területeknek a száma, ahol a törésmechanika a szívósság becslésén kívüli, egyéb célokat szolgál, mint pl. a fátörés, a feszültségkorrozíós repedés és az adhézió. Habár ma világszerte elfogadják és használják a törésmechanikát, az NRL célkitűzései kimondottan nemzeti célokat szolgáltak. Az Irwin-csapat meg akarta oldani az amerikai haditengerészet gondjait és elérni azt, hogy országuk a törésmechanika elméletében és alkalmazásában vezető szerepre tegyen szert. Az eredmények igazolják, hogy mindkét célt elérték.

Az ASTM és a törésmechanika

Az Amerikai Vizsgáló és Anyagtudományi Társaság (ASTM) egyik ülésén vita bontakozott ki arról, hogy elfogadják-e az Irwin-csoport által javasolt új elméleteket. Az ASTM hivatalos állásfoglalásában ez olvasható:

„A törésmechanika értelmezése eléggé megalapozottnak tűnik ahhoz, hogy elősegítse a törések előfordulásának megértését, és hogy a tervezőmérnököket és gyártókat segítse a szerkezeti törések kiküszöbölésében.”

Ezt az állásfoglalást két fontos esemény előzte meg. Az ASTM bizottsági ülése előtt *Winnie* és *Wundt* egy cikket tettek közzé, amelyben a Griffith-Irwin elmélettel, a nehéz forgóberendezések törését magyarázták. Egy másik cikkben a Boeing cég Tervezőmérnöki Osztályának vezetője értekezett a deHavilland Comet polgári repülőgép kudarcairól, és arról, hogyan lehet a hiba megértésében a törésmechanikát alkalmazni. E két cikk alapján az ASTM megalapozottan nyilatkozhatott úgy, hogy „elősegíti a törések megértését”. A törési szívósság jelölésére a K_{IC} tényezőt alkalmazták.

1959 januárjában létrehozták az ASTM különleges bizottságát (későbbi elnevezése az ASTM E-24 – fémek törési vizsgálata lett), amelynek működése első évében a Kies-csapat törési szívósság adatai szolgáltatták a fő ismeretanyagot. Nagy hatást gyakorolt az a tény, hogy az adatok forrása négy védelmi minisztériumi laboratórium (NRL, NWL, NWP, Frankford Fegyvertár), három ipari laboratórium (AG-Azusa, U.S.Steel-Monroeville, Boeing Seattle) és egy egyetem volt. Az egész bizottság „törésmechanikában gondolkodott”, és ez végül azt eredményezte, hogy a törési problémák egész sorát vizsgáló amerikai mérnökök és tudósok nagy számban fogadták el a törésmechanikát.

Ami Európát illeti, a George R. Irwin-nel számos alkalommal együtt dolgozó *Alan A. Wells* aktívan működött a Nemzetközi Hegesztési Intézetben (IIW), és a törésmechanika európai elterjedésének elsősorban az Egyesült Királyság volt a kiindulópontja – egyrészt a Hegesztési Intézet *Alan Wells* személyében, másrészt az Imperial College, *Cedric Turner* professzor személyében.

A kései évek

J. A. Kies-ben kiemelkedően értékes tudóst kell tisztelnünk. Egy-egy komoly jelentőségű probléma vizsgálatánál Kies a legalapvetőbb és a leggyakorlatiasabb megközelítéseket kereste meg, majd teljes figyelmét ezekre összpontosította, és lelkesen bízott abban, hogy a megmaradó fehér foltok is felderíthetők. Ezzel „áttörést” hajtott végre a vak, empirikus megközelítéstől a megértésre alapozott megközelítésig; igazában a probléma legalább 50%-os megértése érdekelte őt, szemben a végső részletek megoldásával, és a feladatnak ez volt az a része, amelyhez különleges tehetsége volt.

Ami a törésmechanikát illeti, Kies nagyvonalúan osztozott a feladatokon, először T.W. George-dzal és G.R. Irwin-nel, majd később Irwin-nel. Ő inkább a kísérleti és a csapattírányítási, mint az analitikai feladatokat végezte, elsősorban azért mert Irwin-nek ez a munkamegosztás felelt meg. Jellemének része volt az a nagyvonalúság, amellyel a törésmechanika fejlesztésében jelentős érdemeket Irwin-nek tulajdonított. Kies bármilyen feladatot felvállalt, legyen az egyszerű vagy bonyolult, szokványos vagy újszerű, ha az a probléma alapos megértéséhez közvetlenül hozzájárulhatott. Nem hagyta figyelmen kívül a kérdéssel kapcsolatosan a gyakorlatban már megszerzett információkat, és képes volt gyorsan átlátni, hogy melyek a gyakorlatilag fontos és melyek az elsősorban elméletileg érdekes vonatkozások. Nem mintha az utóbbiak nem érdekelték volna, azonban úgy gondolta, hogy egy alkalmazott kutatási laboratóriumnak az a feladata, hogy „alkalmazza” a tudományt. Emellett a gyakorlati vonatkozások általában ösztönzőbbek voltak, és

hasznos termékek formájában jobban demonstrálták az elért eredményeket. Hogy egy példát mondjunk, ha Kies sugárhajtású repülőgépen ült, nyújtva keményített PMMA ablakon át nézhetett ki és tudhatta, hogy legalább a törzs (ha a szárnyak nem is) törésállósági tulajdonságaiban megbízható.

G.R. Irwin gyakran említette, hogy zavarban van, ha arról kérdezik, Kies és ő hogyan osztozik a törésmechanika érdemeiben. Azt is gyakran megjegyezte, hogy ha ismét feladatuk kapná a törésmechanika fejlesztését, legelőször J.A. Kies-t keresné meg, hogy munkatársaként felkérje.

Nyugdíjazása után Kies továbbra is vállalt kormánytanácsadói feladatokat. Egészsége azonban, feltehetően a megfeszített munka miatt, megromlott, keringési panaszok léptek fel nála. Beleegyezett, hogy végrehajtsanak rajta egy nehéz és komoly szívűtítést, amit azonban nem élt túl. A 80-as éveinek elején hunyt el.

Több mint sajnálatos, hogy *Joseph Kies* neve rendkívül ritkán bukkan fel a törésmechanikai szakkönyvekben, így rengeteg fiatal kutató előtt ismeretlen marad annak az embernek az életműve, aki a törésmechanika-tudomány korai korszakának fontos szereplője volt (Rossmanith, 1997). Bár mindannyian előszeretettel alkalmazzuk a K_{IC} jelölést a feszültségintenzitási tényező jelölésére, de kevesen tudjuk, ki is volt az az ember, akiről a jelölés a nevét kapta.

Irodalomjegyzék

- Brossman és J.A.Kies: (1954) NRL 370. sz. feljegyzés, 1954. november
 Irwin, G.R.: (1948) Törésmechanika, "Fracturing of Metals", ASM Cleveland, 147-166.
 Irwin, G.R.: (1959) A törési mód változása lemezen áthaladó repedésnél. ASME Irwin, G.R. és J.A. Kies: (1952) Törés és törési dinamika, "The Welding Journal Research Supplement" 31. szám, 95-100, február
 Irwin, G.R. és J.A. Kies: (1954) Nagy hegesztett szerkezetek törési szilárdságának kritikus energiateljesítmény sebesség-analízise, "The Welding Journal Research Supplement" 33. sz., 193-198, április
 Irwin, G.R., J.A. Kies és H.L. Smith: (1958) A törési szilárdság a repedéssterjedés kezdetéhez és végéhez viszonyítva, Proc. ASTM 58. szám, 640-660.
 Kies, J.A., A.M. Sullivan és G.R. Irwin: (1950) A törési jelölések értelmezése, "J.Applied Physics"
 Rossmanith, H.P.: (1997) Visszapillantás a törési kutatásokra, George R. Irwin 90. születésnapjára megjelent évfordulós kötet, A.A.Balkema, Rotterdam
 Shearin, P.E., A.E. Ruark és R.M. Trimble: (1948) Acélok és egyéb fémek bemetsett próbáinak mérethatásai lassú hajlításnál, "Fracturing of Metals" ASM (Cleveland), 167-188, 1948
 Wells, A.A.: (1955) Alumíniumötvözetek gyors törési körülményei, különös tekintettel a Comet-törésre, BWRA RD 129. sz. jelentés, 1955. április

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció elsősorban George R. Irwin 1968-73 közötti kései írásain alapszik. Ezeket a szerző saját jegyzeteivel egészítette ki, amelyekere az 1977-től 1998-ig terjedő időszakban Irwin professzorral készített interjúi során tett szert.

Prof. Dr. mult. Friedrich Förster

(1908. február 13. – 1999. március 29.)

Hálával búcsúzunk az Institut Dr. Förster Intézet alapítójától és üzletvezetőjétől, aki 50 évvel ezelőtt az Ő feltaláló szellemével, dinamikájával és szociális beállítottságával a mai, az egész világon működő vállalatunk alapkövét rakta le.

Az a kívánság, hogy az Ő életművét a jövőben is független családi vállalkozásként vezessék tovább, számunkra kötelesség.

Az Institut Dr. Förster GmbH. & Co. KG. vállalatvezetősége, üzemi tanácsa és munkatársai

Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 1999/4.- 7. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

01 Általános előírások. Terminológia. Szabványosítás. Dokumentáció

- MSZ EN 1330-3:1999; Roncsolásmentes vizsgálat. Fogalom-meghatározások.
- 3. rész: Az ipari radiográfiai vizsgálat fogalmai.

13 Környezet- és egészségvédelem. Biztonság

- MSZ 14349:1999; Sugárzás elleni védelem gamma-radiográfiai munkahelyeken.
- MSZ K 1122:1999; Figyelmeztető jelzések a vegyi, sugárzó és biológiai anyagokkal szennyezett területek, felszerelések, készletek és tartályok megjelölésére.
- MSZ EN 1050:1999; Gépek biztonsága. A kockázatértékelés elvei.

25 Gyártástechnika

- MSZ EN 895:1999; Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Keresztirányú szaktípvizsgálat.
- MSZ EN 910:1999; Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Hajlítótípvizsgálatok.
- MSZ EN 1321:1999; Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Makro- és mikrovizsgálat.
- MSZ EN 970:1999; Fémek ömlesztőhegesztéssel készített kötéseinek roncsolásmentes vizsgálata. Szemrevételezéses vizsgálat.
- MSZ 13833-1:1999; Kazánok és nyomástartó edények gyártása és vizsgálata.
- 1. rész: Általános előírások.

77 Kohászat

- MSZ EN 444:1999; Roncsolásmentes vizsgálat. Fémek röntgen- és gammagugáras radiográfiai vizsgálatának alapjai.

79 Faipar

- MSZ EN 310:1999; Fa alapanyagú lemezek. A hajlítószilárdság és a hajlítási rugalmassági tényező meghatározása.
- MSZ EN 1087-1:1999; Forgácsolatok. A nedvességállóság meghatározása.
- 1. rész: Főzési próba.

91 Építőanyagok és építés

- MSZ EN 679:1999; Autoklávolt pórusbeton nyomószilárdságának meghatározása.
- MSZ EN 989:1999; Tapadási viselkedés meghatározása acélbetétek és autoklávolt pórusbeton között. Kitolások vizsgálata.
- MSZ EN 1351:1999; Autoklávolt pórusbeton hajlítószilárdságának meghatározása.
- MSZ EN 1352:1999; Autoklávolt pórusbeton vagy könnyű adalékanyag, nagy hézagterefogatú beton nyomás alatti statikus rugalmassági modulusának meghatározása.
- MSZ EN 1355:1999; A nyomó igénybevételnek kitett, autoklávolt pórusbeton vagy könnyű adalékanyag, nagy hézagterefogatú beton kúszási alakváltozásának meghatározása.
- MSZ EN 1356:1999; Autoklávolt pórusbetonból vagy könnyű adalékanyag betonból készült, előre gyártott vasbeton elemek teljesítményképességi vizsgálata keresztirányú terhelés alatt.
- MSZ EN 1521:1999; Könnyű adalékanyag, nagy hézagterefogatú beton hajlítószilárdságának meghatározása.

Új, érvényes európai szabványok

Az 1998. június 1. és 1999. január 31. között megjelent és szakterületünket érintő szabványok jegyzéke. (Tájékoztató címfordítások)

- EN 1330-1,-2 és -5:1998; Roncsolásmentes vizsgálatok. Fogalom-meghatározások.
- 1. rész: Az általános szakkifejezések jegyzékei.
- 2. rész: Roncsolásmentes vizsgálati módszerek szakkifejezései.
- 5. rész: Az örvényáramos vizsgálatban használt fogalmak.

- EN 583-1:1998; Roncsolásmentes vizsgálatok. Ultrahangos vizsgálat.
- 1. rész: Általános alapelvek.
- EN ISO 3452-3 és -4:1998; Roncsolásmentes vizsgálatok. Penetrációs vizsgálatok.
- 3. rész: Referencia-vizsgálati blokkok.
- 4. rész: Felszerelés.
- EN ISO 6520-1:1998; Hegesztési és hasonló eljárások. A geometriai tökéletlenségek osztályozása fémes anyagokban.
- 1. rész: Ömlesztőhegesztés.
- EN ISO 1628-2:1998; Műanyagok. Oldatok és polimerek viszkozitásának meghatározása kapillár-viszkoziméterrel.
- 2. rész: Poli(vinil-klorid)gyanták.
- EN ISO 527-3:1995/AC:1998; Műanyagok. Húzótulajdonságok meghatározása.
- 3. rész: Vizsgálati feltételek fóliákhoz és lapokhoz.
- EN 2597:1998; Légi közlekedés és űrrepülés. Szénszállal erősített anyagok. Egyirányú rétegelt lemezek. Szaktípvizsgálat a szállírányra merőlegesen.
- EN ISO 1421:1998; Gumi vagy műanyag bevonatú textíliák. Szaktívszilárdság és a szakadási nyúlás meghatározása.
- EN 12332-1:1998; Kaucsukkal és műanyaggal bevont textíliák. A repesztívszilárdság meghatározása.
- 1. rész: Acélgolyós eljárás.
- EN ISO 12947-1-4:1998; Textíliák. Az anyagok dörzsállóságának meghatározása Martindale-féle módszerrel.
- 1.- 4. rész.
- EN 480-11:1998; A beton, a cement és a cementhabarcs adalékanyagai. Vizsgálati módszerek.
- 11. rész: A légpórus-jellemzők meghatározása szilárd betonban.
- EN 12190:1998; Termékek és rendszerek a beton tartószerkezetek védelmére és karbantartására. Vizsgálati eljárások. A nyomószilárdság meghatározása.
- EN 1799:1998; Termékek és rendszerek beton tartószerkezetek védelméhez és karbantartásához. Vizsgálati módszerek. Betonfelületekhez használatos tartós kötőanyagok alkalmasságának vizsgálata.
- EN 1062-3:1998; Festékek és lakkok. Bevonó anyagok és rendszerek külső téri falak és beton részére.
- 3. rész: A vízáteresztési arány meghatározása és osztályozása (áteresztőképesség).
- ENV 13258:1998; Élelmiszerekkel érintkező anyagok és termékek. Kerámiatermékek repedésszilárdságának vizsgálati módszerei.
- EN 228:1998; Gépjárművek üzemanyagai. Ólmozatlan benzin. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- EN 589:1998; Gépjárművek üzemanyagai. Folyékony gázok. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- EN 590:1998; Gépjárművek üzemanyagai. Dízelolaj. Követelmények és vizsgálati módszerek.
- EN 1979:1999; Műanyag csővezetékek és védőcsövek rendszerei. Hőre lágyuló műanyagból készült, profilozott falú spirális csövek. A kötőhegesztés szaktívszilárdságának meghatározása.
- EN 12061:1999; Műanyag csővezetékrendszerek. Csőidomok hőre lágyuló műanyagból. Ütőszilárdsági vizsgálati módszerek.
- EN 12384:1999; Réz és rézötvözetek. Szalagok rugóhajlítási határértékeinek meghatározása.

Új ISO-szabványok, amelyek 1998. november 9-e és 1999. március 14-e között jelentek meg. (Az ISO Bulletin 1999. januári – áprilisi számai alapján készült tájékoztató címfordítás.)

- ISO 179-2:1997/Cor 1:1998; Műanyagok. A Charpy-féle ütési jellemzők meghatározása.
- 2. rész: Műszeres ütővizsgálat 1. helyesbítés.
- ISO 148-2 és -3:1998; Fémes anyagok. Charpy-féle ingás ütővizsgálat.
- 2. rész: A vizsgálóeszközök ellenőrzése.
- 3. rész: A Charpy-V referencia-mintadarabok előkészítése és jellemzése a vizsgálóeszközök ellenőrzése céljából.
- ISO 11334-4:1999; Megmunkált vas- és acéltermékek melegen mártott galvanizált bevonatai. Előírások és vizsgálati módszerek.

Tanfolyamok 1999-ben

A Magyar Minőség Társaság és a Minőség Oktatásért Alapítvány a következő vizsgaköteles tanfolyamokat szervezi:

I. Az Országos Szakmai Képzési Jegyzék alapján (feltétel: szakközépiskolai érettségi és két év szakmai gyakorlat) 1999. áprilisában 120 órás tanfolyamok:

1. Minőségellenőr;
2. Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító.

Jelenkezés: azonnal

II. Minőségbiztosítási tanfolyamok a TÜV Rheinland Akadémia licence alapján. A hallgatók a TAR-ZERT Személytanúsító hely nemzetközileg elismert oklevelét kapják.

1. Minőségügyi munkatárs, 4 nap + vizsga
2. Minőségügyi megbízott, 12 nap + vizsga
3. Minőségügyi menedzser, 13 nap + vizsga
4. Minőségügyi oktató, 3 nap + vizsga
5. Metrológiai megbízott, 8 nap + vizsga
6. TÜV CERT auditor, 11 nap + vizsga + gyakorlat
Feltétel: az 1-3-hoz legalább középiskolai, a 4-6-hoz felsőfokú végzettség.

Szaktanfolyamok, az utolsó napon vizsgával:

1. Mérőeszköz felügyelő, 3 nap
2. Terméktérképezési folyamatirányító, 2 nap

3. Anyagbeszerzési folyamatirányító, 2 nap

4. Karbantartási folyamatirányító, 2 nap

5. Vállalati auditor, 3 nap

6. Vevőszolgálati vezető, 2 nap

7. Logisztikai megbízott, 2 nap

8. Raklározás vezető, 2 nap

9. Idegennyelvi megbízott, 2 nap

10. Dokumentáció megbízott, 2 nap

11. Műszaki fejlesztési folyamatirányító, 2 nap

12. Statisztikai folyamatgazda, 3 nap

13. Értékelésmérő szakember, 4 nap

14. Orvosi eszközgyártó megbízott, 3 nap

Feltétel: legalább középiskolai végzettség.

A tanfolyamokról felvilágosítást ad a Magyar Minőség Társaság, Somogyi Miklós, Turos Tarjáné, tel.: 215-6061, fax: 218-0267.

A Magyar Szabványügyi Testület tanfolyamai

A. Szabványosítási tanfolyamok:

A1.1. Szabvány-ügyintéző (OKJ-sz.: 53 5499 02), 5 nap + 2 vizsganap, 1999. 09. 27-10. 01.

A1.16. Szabványalkotó (OKJ-sz.: 54 5499 01), 8 nap + 2 vizsganap, 1999. 05. 10-19. és 11. 01-10.

A2.16. A szabványosítás és tanúsítás szerepe az EU-csatlakozás folyamatában, 1 nap, 1999. 11. 08.

B. Minőségügyi tanfolyamok:

B1. Szakképesítést nyújtó tanfolyamok az MSZT és az osztrák ÖVQ közös szervezésében. A végzettség MSZT-tanúsítványt és ÖVQ- oklevelet, ill. igény esetén EOQ-bejegyzést is kapnak.

B1.1. Minőségirányítási rendszerek és belső audit, 5 nap, 1999. 09. 20-24.

B1.1.2. Minőségirányítási rendszerek a gyakorlatban, 5 nap + 1 vizsganap, 1999. 10. 04-08.

B1.1.3. A döntéshozatal statisztikai módszerei, 3 nap, 1999. 10. 25-29.

B1.1.4. TQM, a vállalati folyamatok javítása, 5 nap + 2 vizsganap, 1999. 05. 03-07. és 11. 22-26.

B1.2. Auditorképző, 4 nap + 1 vizsganap, 1999. 09. 13-17. Az EOQ által elismert és MSZT-tanúsítványt adó tanfolyamok:

B1.4. Minőségirányítási menedzserek szinten tartó tanfolyama, 1 nap, 1999. 09. 8.

B1.5. Szakauditorok szinten tartó tanfolyama, 2 nap, 1999. 09. 8-9.

B1.6.1. Környezeti vezetők képzése, 2x4 nap + 1 vizsganap, 1999. 09. 21-24. és 10. 11-14.

B1.6.2. Környezeti irányítási auditor, 5 nap, 1999. 11. 1-5.

Jelenkezés: Magyar Szabványügyi Testület oktatási központ, Budapest, IX. Üllői út 25. Fax: 218-5125

AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.

Szakképesítő tanfolyamok!

A TANFOLYAM TÍPUSA	ÓRASZÁM	TERVEZETT KEZDÉS
ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ ÉS MINŐSÍTŐ TANFOLYAMOK		
ÓRVÉNYÁRAMOS ANYAGVIZSGÁLÓ 1. (ET1)	58	1999. II. FÉLÉV
ÓRVÉNYÁRAMOS ANYAGVIZSGÁLÓ 2. (ET2)	80	1999. II. FÉLÉV
MECHANIKAI ANYAGVIZSGÁLÓ 2.	118	1999. II. FÉLÉV
TÖMÖRSÉGI ANYAGVIZSGÁLÓ 1. és 2. (LT1, LT2)	60/84	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
REZGÉSELEMZŐ 1. és 2. (VAT1, VAT2)	58/76	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
SZINKRÉPELEMZŐ 1. és 2.	56/56	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK		
NYOMÁSTARTÓBERENDEZÉS-KÉZELŐ	80	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
EGYÉB TANFOLYAMOK		
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI FELÜLVIZSGÁLÓ ÉS TANÚSÍTÓ		JELENTKEZÉSFÜGGŐ
KÖRNYEZETVÉDELMI LABORÁNS		1999. II. FÉLÉV
KÖRNYEZETVÉDELMI SZAKELŐDŐ		1999. II. FÉLÉV
TELEPÜLSÉGI HULLADÉKGYŰJTŐ ÉS SZÁLLÍTÓ		1999. II. FÉLÉV
SUGÁRVEDELMI TANFOLYAM		JELENTKEZÉSFÜGGŐ
EMELŐGÉP-ÜGYINTÉZŐ		JELENTKEZÉSFÜGGŐ
SZÖVEGSSZERKESZTŐ (KEZDŐ ÉS HALADÓ)		FOLYAMATOSAN
TÁBLÁZATKÉZELŐ (KEZDŐ ÉS HALADÓ)		FOLYAMATOSAN
AUTOCAD (KEZDŐ ÉS HALADÓ)		FOLYAMATOSAN

A tanfolyamok helye: AGMI Rt., Budapest XXI. ker. Gyepsor u. 1. – Szállást és étkezést igény szerint biztosítunk. Igény szerint kiegészítő tanfolyamokat is szervezünk.

Érdeklődni lehet: AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály,
Gáspár Anita, Mikus Erzsébet oktatásszervezők
1750 Budapest, Pf. 114, Tel./Fax: 425-0761

Szeretettel várjuk tanfolyamainkon!

Zubonyai Edit
 osztályvezető

Hazai rendezvények 1999-ben és 2000-ben

XXVII. Kolorisztikai szimpózium, Tala (Olimpiai Edzőtábor), 1999. szeptember 27-29. – kapcsolódik a CIE fotometriai rendszer 75 éves jubileumi konferenciához. Tematika: a színérzékelés, megjelenítés és -mérés, a színreceptúra ipari alkalmazása, technológiai újdonságok, a szín és a gazdaság, ill. az életmód. – Kiállítás és műsorbemutató. Szervezi a Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) Kolorisztikai Szakosztálya együttműködve a CIE és az AIC Magyar Nemzeti Bizottságaival. Jelenkezés és felvilágosítás az MKE titkárságán, 1027 Budapest, Fő u. 68. Tel.: 201-6883, fax: 201-8056.

II. Országos anyagtudományi, anyagvizsgálati és anyaginformaticai konferencia és kiállítás, Balatonfüred, 1999. október 10-13. Konferencia-titkárság: Dunaferi Kutatóintézet, OAAAKK2, Dunaújváros, Vasmű tér 1-3. Tel.: 25-481-092, fax: 25-482-856. E-mail: OAAAKK2@rt.dunaferi.hu.

IV. Magyar műszaki biztonságtechnikai konferencia, (külföldi szakértők közreműködésével), Budapest (Agro Hotel, XII. Normal u. 54.) 1999. október 19-20. Plenáris ülés: az EU-jogharmonizáció feltételei és követelményei a biztonságtechnikában I. szekció: veszélyes berendezések és létesítmények (nyomástartó berendezések, gázellátás és -forgalmazás, veszélyes anyagok tárolása és szállítása); II. szekció: ipari balesetek és katasztrófák megelőzése (Seveso-II., kockázati- és káros-elemzés, diagnosztika, maradék élettartam) és a veszélyes berendezések gyártásának és szerelésének műszaki biztonsági felügyelete; oktatás, szakképzés, szakmai alkalmasság. – Termékmérleltések. Szervezi a gazdasági miniszter megbízásából a Műszaki Biztonsági Főfelügyelet, a szakminisztériumok és főhatóságok képviselőiből álló szervezőbizottság. Jelenkezés és felvilágosítás: Mohácsi Miklós oktatási menedzser, Dunagáz Rt. (2511 Dorog, Pf. 16., Bécsi út 1/a), tel./fax: 06-33/431-453 vagy 431-746.

GEPISEZET 2000 – intelligens gépek – új eljárások – új eljárások – második országos konferencia és kiállítás, Budapest, 2000. május 25-26. Előadói jelentkezés a legfeljebb 300 szavas magyar nyelvű összefoglaló egyidejű beküldésével 1999. szeptember 20-ig, cím: BME Gépészmérnöki Kar Dékáni Hivatala GEPISEZET 2000, 1521 Budapest Pf. 91. – A kiállítást jelenkezés 2000. március 31-ig, míg a résztvevőket 2000. május 15-ig várják. Részletes információk olvashatók a <http://goliat.eik.bme.hu/~g2000> honlapon, ill. kérhetők a g2000@eik.bme.hu e-mail címen.

ORSZAK BT.

1752 Budapest, Pf. 101. Fax: 277-6226, Mobil: 06-20/582-659

Az ORSZAK BT. 1999. telén és 2000. tavaszán roncsolásmentes anyagvizsgáló (RmAv) tanfolyamokat szervez az eljárások széles skáláján mind az OKJ, mind az MSZ EN 473 szabvány követelményeit kielégítő tematikával.

Az RmAv-tanfolyamok alapozó tárgyait – anyagvizsgálat, anyag- és gyártásmérlet – előzetesen kell elsajátítani az alapozó tanfolyamokon, illetve a menntességet adó szakirányú felsőfokú végzettséget, vagy érvényes anyagvizsgáló képesítést igazolni kell.

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

Célunk, hogy hallgatóink jól elsajátítsák az adott eljárás elméletét és gyakorlati feltételeit. Ennek érdekében tanfolyamainkon szakképesített és nagy gyakorlattal rendelkező előadók oktatnak, a gyakorlati foglalkozások az MSZ EN 45001 szerint akkreditált vizsgáló laboratóriumokban folynak. Tanfolyamaink legeredményesebb hallgatóit megajándékozunk az ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA és a KARBANTARTÁS DIAGNOSZTIKA egyéves, névre szóló előfizetésével.

ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMAINK PROGRAMJA:

Alapozó tanfolyam az 1. fokozatú RmAv-képzéshez: 1999. szept. 20-21. és 2000. jan. 10-11.

Alapozó tanfolyam az 2. fokozatú RmAv-képzéshez: 1999. nov. 1-2. és 2000. febr. 28-29.

Tömörsgévizsgáló, LT-1: 1999. szept. 6-17.

Rezgéselemző, VAT-1, az SKF Rt.-vel együttműködve: 1999. szept. 13-24. és 2000. márc. 6-17.

Rezgéselemző, VAT-2, az SKF Rt.-vel együttműködve: 1999. nov. 15-26. és 2000. május 1-12.

Mágnesezhető poros, MT-1: 1999. szept. 21-24., vizsga: okt. 5-6.; és 2000. jan. 12-14., vizsga: jan. 25-26.

Folyadékbehatolásos, PT-1: 1999. szept. 27-29., vizsga: okt. 6-7.; és 2000. jan. 20-24., vizsga: jan. 27-28.

Vizuális, VT-1: 1999. szept. 30. – okt. 4., vizsga: okt. 7-8.; és 2000. jan. 17-19., vizsga: jan. 26-27.

Ultrahangos, UT-1, a Ke-Tech Kft. oktatónázában: 1999. okt. 11-29., vizsga: nov. 1-2.; és 2000. jan. 31. – febr. 18., vizsga: febr. 21-22.

Mágnesezhető poros, MT-2: 1999. nov. 3-5., vizsga: nov. 16-17.; és 2000. márc. 9-14., vizsga: márc. 16-17.

Folyadékbehatolásos, PT-2: 1999. nov. 8-10., vizsga: nov. 17-18.; és 2000. márc. 1-3., vizsga: márc. 14-15.

Vizuális, VT-2: 1999. nov. 11-15., vizsga: nov. 18-19.; és 2000. márc. 6-8., vizsga: 15-16.

Ultrahangos, UT-2, a Ke-Tech Kft. oktatónázában: 1999. nov. 22. – dec. 8., vizsga: dec. 9-10.; és 2000. márc. 20. – apr. 5., vizsga: apr. 6-7.

MT-2, PT-2, VT-2 újraminősítő tanfolyamok: 1999. nov. 29. – dec. 3. Jelenkezési feltételek: az 1994-ben megszerzett MPV-2 bizonyítvánnyal folyamatos gyakorlat és az orvosi alkalmasság igazolása. A tanfolyamot sikeresen elvégzők az eljárásra és a választott szakterületre érvényes tanúsítást kapnak az MSZ EN 473 szerint.

UT-2 újraminősítő tanfolyam: 1999. dec. 13-17. és RT-2 újraminősítő tanfolyam: 2000. jan. 10-15.

LEGALÁBB HAT FŐ JELENTKEZÉSE ESETÉN INDULÓ TANFOLYAMOK:

- Szinkrelemző, SPT-1 és SPT-2, – Akusztikus emissziós, AET-1 és AET-2, – Hőkezelő,
- Nyomástartó edény vizsgáló, – Ipari gáz- és olajüzemelési berendezést vizsgáló.

Tartályvizsgáló szakképesítést adó, 80 órás tanfolyamot szervezünk a Magyar Tartálytechnikai Szövetséggel együttműködve a vonatkozó 44/1995. (IX.15.) IKM rendelettel módosított 11/1994. (III.25.) IKM rendelet követelményei szerint, vállalatokhoz kihelyezve is.

Tömörsgévizsgáló, LT-2: 2000. febr. 14. – márc. 3.

Akusztikus emissziós, AET-2, valamint AET-2 újraminősítő tanfolyam: 2000. apr. 10-21.

Vállalatok, társaságok részére kihelyezett tanfolyamokat, ill. speciális igények szerinti képzést is szervezünk. Vállaljuk szakmai napok szervezését is új témák és eljárások bemutatására.

Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál

Dienes Gáborné

Nemzetközi rendezvények 2000-ben

Zerstörungsfreie Materialcharakterisierung, Saarbrücken, Németország. 2000. márciusában. Szervező: DGZIP

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

15. WCNDT – roncsolásmentes világkonferencia, Róma, Olaszország. 2000. október 15-21. Szervező: AIPND.

EUROMAT 2000 – Conf. on Advances in Mechanical Behaviour, Plasticity and Damage, Tours, Franciaország. 2000. november 7-9. Főtema: összefüggések az anyag szerkezete és mechanikai tulajdonságai között. Előadói jelentkezés kb. 400 szavas összefoglalóval 1999. szeptember 30-ig. Cím: SF2M Société Française de Metallurgie et de Matériaux, Les Fontenelles, 1 rue de Craiova, F-92024 NANTERRE CEDEX. Tel.: +33(0)141020390, Fax: +33(0)141020388, E-mail: slmm@wanadoo.fr.



INSTRON UNIVERZÁLIS ANYAGVIZSGÁLÓGÉPEK

a mechanikai anyag- és szerkezeti jellemzők meghatározásához

Újdonság a 8870 szervohidraulikus gépcsalád a FastTrack 8800 vezérlővel, a dinamikusan kompenzált Dynacell erőmérő cellával és a FastTrack 2 szoftver-rendszerrel.

A megfelelő típusú, kapacitású és felszereltségű vizsgálógéppel meghatározhatók egy- illetve kéttengelyű igénybevétellel a fémek, kompozitok, szerkezeti és gépelemek, protézisek statikus mechanikai, nagy- és kisciklusú fáradási és törésmechanikai jellemzői.

Törésmechanikai és repedésterjedési vizsgálatok



csont
vizsgálata



hőkamra
-150 ... +350 °C

csomag vizsgálata



Zwick

Materialprüfung

anyagvizsgálat felsőfokon



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



Toni Technik

Materialprüfung

**Hidraulikus építőanyagvizsgáló gépek
6–6000 kN tartományban.**

**Komplett berendezések cement- és
betonlaboratóriumok részére,
mérőműszerek cementvizsgálathoz**



AHLBORN

- hőmérséklet, nyomás,
- légsebesség, légnedvesség,
- frekvencia, fordulatszám,
- mV, mA és egyéb jellemzők mérése és dokumentálása egy készülékkel;
- érintés nélküli infrahőmérők,
- adatgyűjtők, – szoftverek, – nyomtatók



Magyarországi képviselő: **Senselektro Kft.** 1064 Budapest VI., Vörösmarty u. 33. Tel.: 3427-982, Fax: 2848-180

Forgalmazás, üzembehelyezés, garancia, garanciaidőn túli szervizszolgáltatás, karbantartás,
pótalkatrész- és tartozékszállítás

Kérésre ingyenes részletes gyártmánykatalógust és információt küldünk!