

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

3. évfolyam
3. szám
1993.



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

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

Felelős szerkesztő:
dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc

dr. Havas István

Koczor Zoltán

dr. Pólos László

Szabó Sándor

dr. Tóth László

Szerkesztő:

Moldvai Ferencné

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szapponos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1993-ra

(1-4 szám): 1.000,- Ft

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

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

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos
Szedés-tördelés: PC-Print BT.

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

FIGYELEM!
Ne maradjon!
Idejében
fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Konferencia a KPE-csővekről

A keménypolietilén – KPE – csövek alkalmazása igen gyorsan terjed. Jól jellemzi ezt a folyamatot az a tény, hogy Németországban 1972. és 1992. között a műanyagcső-termelés 220 ezer tonnáról 495 ezer tonnára nőtt. Ennek a fejlődésnek a hatása hazánkban is megmutatkozik és lemérhető a vízvezetékknél, de főleg a gázellátásban felhasznált műanyagcsövek növekvő mennyiségén. Ennek során a cső- és csőszerelvény-gyártásba a hazai vállalatok – TVK, Pemű, Dégáz, Pannonplast és mások – is bekapcsolódtak.

Nyilvánvaló, hogy az új csőanyagra való áttérés gyártási és szerelési problémákat is hozott. Ezért is kísérte nagy érdeklődés azt a kétnapos szakmai konferenciát, amelyet Ráckeve-n, ez év április 29-30-án tartottak éppen azzal a céllal, hogy az eddig összegyűlt tapasztalatok megvitatásával segítséget nyújtsanak a gyártási és az alkalmazási hibák és az ezzel járó többletköltségek kiküszöböléséhez, növelve a csővezetékek üzembiztonságát és élettartamát.

A konferencián elhangzott előadások

- a csövek anyagának alaptulajdonságai,
- a csővezeték-építés – főleg a csőkötések és szerelvények – tapasztalatai és követelményei, új kötési technológiák,
- a csövek és csővezetékek speciális tulajdonságai és igénybevételei; a repedési hajlam, a nyomás, a hőmérséklet és egyéb környezeti tényezők hatása,
- az üzemi élettartam során bekövetkező változások mérése és meghatározása, mint öregedés, kúszás, a szállított közeg hatása,
- a csővezetékekkel kapcsolatos szabványok és előírások

témakörök köré csoportosultak.

Az egész konferencián végigvonult a csővezetékekkel kapcsolatos ellenőrző vizsgálatok kérdésköre, mert a többnyire földbe fektetett csövek hibahely-keresése és javítása igen költség- és munkaigényes.

Hangsúlyosan szóba került a műanyagcsövekre vonatkozó hazai (MSZ 7908) egyes külföldi (pl. DIN 8075) valamint európai (CEN 88 034 2) szabványok előírásainak összehasonlítása és az abból levonható következtetések is. A csövek anyaga tekintetében is mutatkozik fejlődés.

Lényegesebb viszont a csövek gyártástechnológiájának ellenőrzése, mert az itt alkalmazott extrúzió folyamata a cső anyagát anizotróppá teheti és a csőfalban káros maradót feszültségeket ébreszthet. Ennek vizsgálatokor a hagyományos anyagvizsgálati módszereken kívül növekvő jelentőségre látszik szert tenni a hőszugorodási kísérlet. A teljes vezeték tulajdonságát lényegesen befolyásolja továbbá a csőkötések viselkedése. Ennek két változata terjedt el: az ún. fűtőlapos tompahegesztés és az ún. elektrofitting. Ez utóbbi villamos fűtőszállal ellátott műanyag karmantyú, amely – a fűtőszállba vezetett árammal felmelegítve – rázsugorodik a csőre és azt is felmelegítve összeheged vele. Nem alakult ki még egységes álláspont a csőkötések vizsgálatára. Így jelenleg a csővezeték tömörségét vizsgálják. Az ehhez szükséges célberendezést a gyártó (Dégáz) be is mutatta.

A konferencia nyitott, néhol parázs vitákra is alkalmat adó, jó szakmai légkörben zajlott. Egyöntetű volt a vélemény, hogy a felvetett szakmai kérdések megvitatása időszerű volt, sőt a KPE-csővek egyre szélesedő alkalmazása szükségessé teszi szakmai fórumok rendszeres szervezését.

A sikeren felbuzdulva a rendezők, az AGMI Anyagvizsgáló és Minőség-ellenőrző Rt., a GTE Anyagvizsgáló és Műanyag Központi Szakosztályai, elhatározták a konferencia kétévenkénti megrendezését.

Harnisch József – Dr. Thamm Frigyes

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Dr. Gregus Pál: Központelvű mérés technikák The centre principled measuring technique Messtechniken nach dem Zentralprinzip	73
Dr. Haskó Ferenc: Új módszer és műszer mikrokeménységmérésre A new microhardness test method and instrument Eine neue Methode und Gerät für Mikrohärtmessung	75
Dr. Záray Gyula: A totálreflexiós röntgenfluoreszcens spektrometriai módszer jellemzői és analitikai alkalmazása Peculiarities and application of the total reflection XRF-spectrometry Die Charakterzüge und die Anwendung der totalreflektorisches Röntgenspektrometer	77

SZÁMÍTÁSTECHNIKA – COMPUTERTECHNICS – COMPUTERTECHNIK

Eördögh Imre, Dr. Halász Géza, Szász Károly, Dr. Vas László M.: Képfeldolgozó rendszer textílszálak és fonalak lokális vizsgálatához Image processing system for local investigation of textil fibres and yarns Bildverarbeitungssystem für örtlichen Prüfungen der Textilfäden und Garnen	79
---	----

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Lele István, Rab Attila, Dr. Polyánszky Éva: Szervesen kötött halogén- és kénvegyületek meghatározása mikrocoulómméterrel Determination of the organic halogen and sulphur compounds by means of microcoulometer Bestimmung der organische Halogen- und Schwefelverbindungen mit Mikrocoulómmeter	84
Dr. Wojnárovits Ilona: Szilikátszálak korróziója ipari körülményeknél Corrosion of the silicate threads by industrial circumstances Korrosion der Silikatfäden unter industriischen Umstände	87
Mihalovits István: Polietilén gázvezetékcsövek gyorsrepedésterjedési tulajdonságainak vizsgálati tapasztalatai Testing experience about the rapid-crack-propagation properties of the polyethylene gas-pipe Untersuchungserfahrungen über ausbreitender Eigenschaften der Rapidriss von Polyethylene-Gasleitungsrohren	91
Kókuti Attila: Vékonyfalú, zártszelvényű idomacéliből készült hegesztett csomópont vizsgálata fotoelasztikus optikai rétegbevonatos eljárással Investigation of the welded intersections made from thin wall closed profil steel by means of photoelastic coating method Untersuchungen der geschweißten Verbindungen aus dünnwandigen Sperrprofilstahl mit spannung-optischen Oberflächensichtverfahren	93
Dr. Beke Péter, Dr. Michelberger Pál: Járműépítésben használatos anyagok anizotrópiájának vizsgálata Investigation of anisotropy of the steel plates used to vehicle manufacturing Prüfung der Anisotropie von Stahlblechen für Fahrzeugbau	96
Dr. Szombatfalvy Árpád: Bauschinger-jelenség a gyakorlatban The Bauschinger's phenomena in the practice Die Bauschinger-Erscheinung in der Praxis	99
SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU	76, 98
KÖNYVISMERTETÉS – BOOK-REVIEW – BUCHBESPRECHUNG	100
ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER	102

Központelvű mérés technikák

Dr. Greguss Pál*

Jelenleg, az anyagvizsgálatban használatos mérés technikák, függetlenül attól, hogy a jelmin-tahordozó elektromágneses vagy mechanikai (ultrahang) hullám-e, – különösen, ha a mérés-technika képalkotás, azaz kétdimenziós in-tenzitáseloszlás kiértékelésén alapszik, – ön-kénytelenül is az ún. „ablakon át nézés” koncepciójából indulnak ki: akaratlanul is utánozzák szemünk képalkotási módszerét, vagyis Des-cartes-féle koordináta-rendszerre alapoznak. Ez a képalkotási módszer azonban meglehetősen korlátozott látószöggel rendelkezik, vagyis a há-romdimenziós környezetről nemhogy nem tud 360 fokos, azaz panoramikus képet szolgáltatni, hanem a mérés alapjául szolgáló „kép” is csak a háromdimenziós tér egy részének olyan vetüle-te, amely nem a tér három dimenzióban létező geometriai viszonyainak kétdimenziós váza.

Központelvű leképezés

A központelvű leképezésnek is nevezett képal-kotás viszont szakít a fenti szemlélettel, és a tényleges háromdimenziós fizikai teret nem gömbszerű, hanem olyan hengeres látótérnek tekinti, amelyet egy kétdimenziós felületre torzí-tásmentesen lehet vetíteni, méghozzá úgy, hogy a síkbeli kép pontjai közt ugyanazon 1:1 megfele-lés legyen, mint a valóságban. Ilyenkor a há-romdimenziós térről olyan gyűrűalakú kép jön létre, ahol a gyűrű szélessége megfelel a pano-ramikus képalkotás horizontjára merőleges látó-szögnek, míg a koncentrikus gyűrűk változó víz-szintes látószöget jelentenek egy adott „függőle-ges” térszögben (azaz az optikai tengelyre merőleges térszögben). Ezen leképezési stra-tégia következtében az ilyen, ún. „síkra vetített hengerpalást perspektívát” (angolul „Flat Cyl-inder Perspective, FCP) mutató képek csak egyet-len távolponton rendelkeznek, mint ahogy azt a *borítólap ábrája* szemlélteti, amelyen a Buda-pesti Műszaki Egyetem központi épülete és Du-na-parti környezete látható.

Mivel nem vagyunk hozzá szokva, hogy a ben-nünket körülvevő teljes teret egyszerre lássuk, az ilyen, polárkoordinátákat használó, gyűrűs képet első pillanatra nehezen értelmezzük, mi-vel a Descartes-i koordináta-rendszerben való gondolkodáshoz szokott perspektíva-érzetünk következtében több, egy egyenesen elhelyez-kező távolponton keresünk, míg ennél csak egyetlen egy van: a koncentrikus gyűrűk közép-pontja. Továbbá, az ilyen képeken egyszerre jelenik meg a „normálisnak” tartott, szokványos perspektíva (vagyis amikor a távolabbi tárgyak kisebbnek tűnnek, mint az elől lévők) s ennek ellentéte, a „fordított perspektíva”. Az ilyen képen való tájékozódást hamar meg lehet tanulni, pl. azzal, hogy a gyűrűalakú panoramikus képet középpontja (origója) körül lassan forgatjuk, vagy ha függőlegesen felfelé, egy sík mennye-zetre vetítjük. Így az addig zavaró pszichológiai hatás megszűnik, mivel ahhoz már hozzá va-gyunk szokva, hogy felfelé tekintve „körben” lás-sunk.

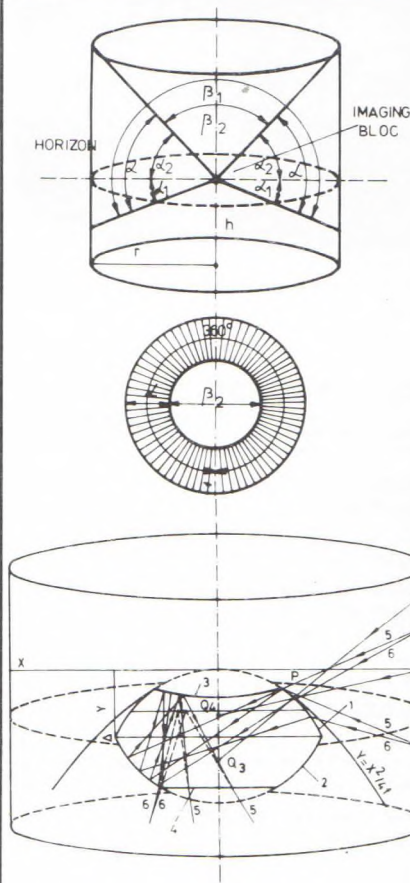
Az említett pszichológiai hátrányt nagy mérték-ben kompenzálja az a tény, hogy a központelvű

leképezés pásztázás nélkül olyan 360 fokos pano-ramikus képet szolgáltat, amelynél, egyetlen távolponton lévén, képalkotásakor nem lépnek fel olyan, csak igen nehezen vagy egyáltalában nem ellensúlyozható torzulások, mint pl. az ún. halszem-optikáké. Ez igen alkalmassá teszi kü-lönböző mérési feladatok elvégzésére.

Történeti előzmények

Az első, központelvű leképezést pásztázás nél-kül lehetővé tevő optikát 1878-ban *Mangin* fran-cia csillagász szerkesztette. Az azóta eltelt időszakban több tucat megoldás született, meg-felelő kompromisszumot keresve a mindenkori képmínőség és a műszaki gyárthatóság, vala-mint a gazdaságosság paramétereit között, de nem sok sikerrel, mivel nem találták meg, hogy mikor és hogyan lehet az elméletileg megkívánt aszférikus felületeket szférikus felületekkel ki-váltani.

Az 1983-ban hazai és számos külföldi orszá-gban szabadalmat nyert képalkotó optika, ame-lyet angol nevének rövidítéséből (Panoramic An-nular Lens) PAL-optikának emlegetnek a szak-irodalomban, úgy tűnik, sikeresen oldotta meg ezeket a problémákat. Külön érdekessége e képalkotó tömbnek, hogy az őt körülvevő három-dimenziós térről *magában* a tömb belsejében

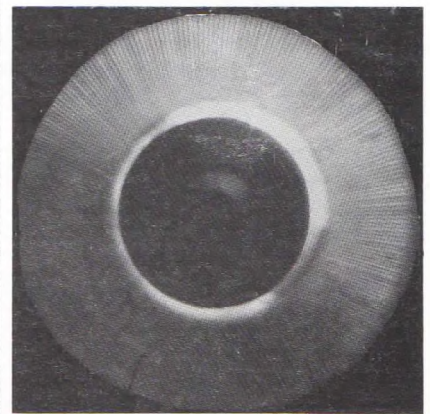


1. ábra A fénysugár útja a központelvű leképezést megvalósító PAL-optikában

alakul ki egy virtuális kép, – mint ahogyan ez az 1. ábrán feltüntetett sugármenetből jól kivehe-tő –, és így az ilyen optikák mélységélessége az optika felületétől a végtelenig gyakorlatilag azo-nos. Továbbá, a panoramikus kép kialakulása-kor található a tömbben, közvetlenül az optikai tengely körül, egy olyan hengeres térfogatrés-z, amelynek magában a képalkotásban nincs sze-repe, és így felhasználható különböző egyéb, másjellegű feladatok megoldására. Végül, de nem utolsó sorban a PAL-optika nagy előnye más, központelvű leképezést adó megoldások-kal szemben, hogy könnyen miniatűrízálható; az eddig elkészült változatok közül a legkisebb át-mérője 6 mm.

Panoramikus metrológia

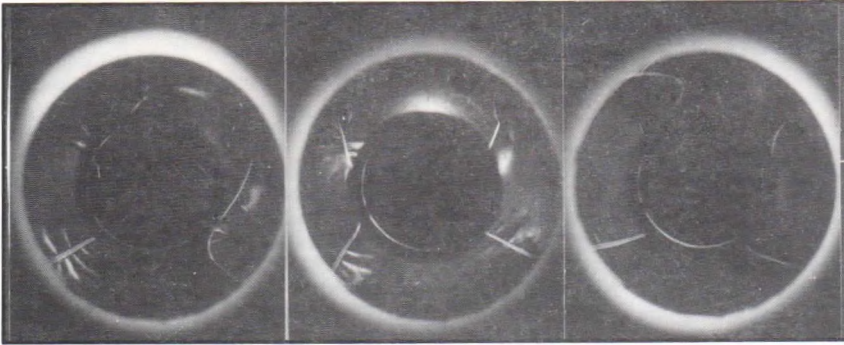
A PAL-optikára több, az elmúlt évek során kidol-gozott mérés-technikai eljárás alapul. A legegy-szerűbb központelvű leképezést alkalmazó eljá-rás az a módszer, amikor üregek belső felületé-nek korróziós állapotát optikai úton, pásztázás nélkül, valós időben figyelik meg. Ilyenkor a megfelelően méretezett PAL-optikát csupán egy keilő felbontású CCD kamerával kell összekap-csolni, hogy a monitoron azonnal láthatóvá vál-jék az üreg belső fala. Mivel, mint már említettük, a panoramikus kép a képalkotó tömb belsejében keletkezik, az összekapcsolásnak egyetlen kriti-kus pontja van csupán, mégpedig a PAL-optiká-ban keletkezett képnek a CCD kamera érzé-kelőjére való igen pontos kivetítése. Ebben az esetben ugyanis a felbontó képességet kizáró-lag a CCD kamera targetjének felbontó képes-sége határozza meg. Ezt a technikát többek közt sikeresen használta a NASA ahhoz, hogy raké-tahajtóművek belsejének korróziós állapotát vizsgálják, mint ahogyan a 2. ábra mutatja.



2. ábra Síkravetített hengerpalást mutató panoramikus kép egy RL-10 rakéta-hajtómű belsejének korróziós állapotáról.

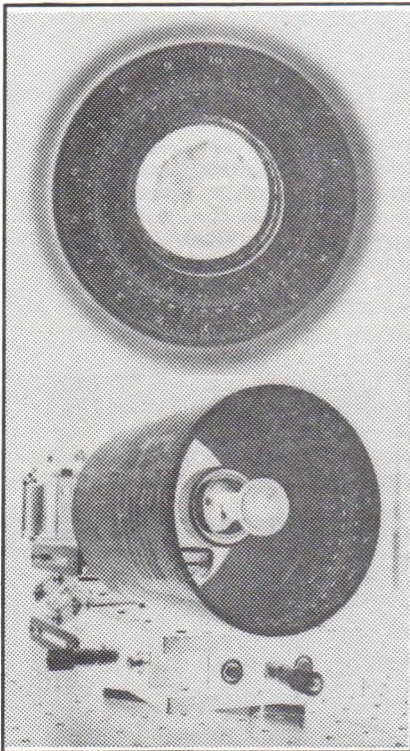
Igen érdekes panoramikus mérés-technikai fel-adat volt annak megállapítása, hogy miképpen viselkedik a varrat egy olyan légszák belsejében, amelyet az autóban üők biztonságának növelésére kívántak felhasználni. A 3. ábra há-rom képe jól szemlélteti, hogy különböző nyom-ás viszonyok között miképpen alakul a varrás körül gyűrűdések és a varrócéma helyzete. Ez

* OPTOPAL Panoramikus Mérés-technikai Szolgálat, Budapest



3. ábra Egy légszák belső felületének és varratainak alakulása nyomásváltozás hatására.

zel a képpel kapcsolatban ismételtelen fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a PAL-képek *nem keresztmetszetet* mutatnak, hanem az üreg belső falának az optikai tengelyre merőleges síkba egy nyújtási művelet segítségével beforogtatott képét, mint ahogyan ezt a 4. ábra jól szemlélteti.

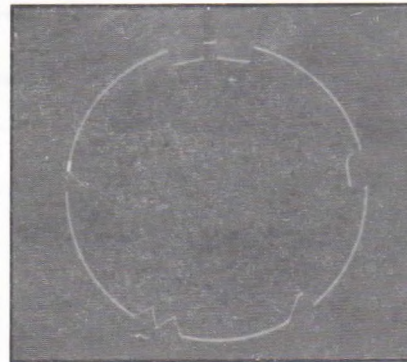


4. ábra A PAL-képek nem keresztmetszetet mutatnak, hanem az üreg belső falának az optikai tengelyre merőleges síkba beforogtatott képét.

Radiális metrológia

A PAL-optikára alapozott profilométer alapjait a Alabama állambeli Hunstville egyetemének kutatóival együttműködve dolgozta ki a szerző, melynek lényege, hogy egy lézer ki nem tágított sugara egy 90 fokos prizmán halad keresztül, amely egy átlátszó üvegkorongra oly módon van felszerelve, hogy a lézersugár egy előlő felületű forgó tükörről a vizsgálandó üreg belső felületére vetődik. Az így létrejövő fénynyomvonal –

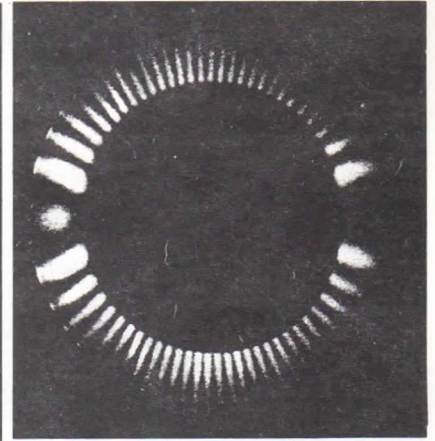
amely szabályos, hengeres üreg vagy cső belsőjében értelemszerűen kör – a PAL-optika és egy segédlencse segítségével egy CCD-kamera targetjére vetődik. Mivel a lézersugár követi az üreg belső falának alakját, – mint ahogyan azt az 5. ábra szemlélteti, – a lézernyomvonal képe ha nem tökéletes hengerről van szó, el fog térni a körtől. Az így kapott képek kiértékelése különböző nehézség nélkül lehetséges, csupán a derékszögű és hengeres koordináta-rendszer egymásba való átváltását kell megfelelő módon figyelembe venni. Ezt a módszert a NASA-díjjal ismerték el, és bevezetésre ajánlották, mint NASA standard eljárást.



5. ábra A radiális metrológia mérési elve

Koherens-optikai mérési eljárások PAL-optikával

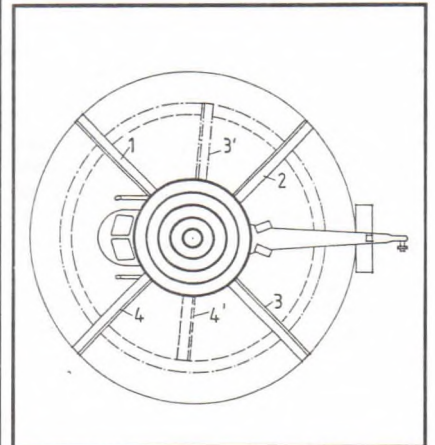
Mivel a PAL-optika üregek belsejéről panorámkus képet szolgáltat, megnyitja a lehetőséget, hogy multiplexálás nélkül 360 fokos hologramokat rögzítsünk, és így akár valós időben panorámkus holografikus interferometriai méréseket végezzünk. Az egyik megoldásnál két egymással szembenéz, de ugyanazon optikai tengelyen lévő PAL-optikát használnak, ahol az egyik az üreg megvilágítására szolgál, míg a másik, az így megvilágított üregről, egy segédoptika segítségével, termoplasztikus holokamerára vetíti a gyűrűalakú képet. A referenciányaláb ebben az esetben oldalról és ugyanabból az irányból érkezik a hologramsíkra, mint a tárgy hullám. Mivel a termoplasztikus rögzítőanyag az üreg hologramja rövid idő alatt rekonstruálható módon kialakul, minden feltétele megvan a valós idejű holografikus interferometriának. A 6. ábra egy terhelés alatt álló cső interferogramját mutatja.



6. ábra Egy terhelés alatt álló cső valósidejű panorámkus interferogramja.

További mérés-technikai lehetőségek

E néhány példával kívántuk illusztrálni, hogy a PAL-optika segítségével, központelvű leképezést alkalmazva, milyen különleges mérés-technikai problémákat lehet megoldani, s egyben arra is utalni kívánunk, hogy a lehetőségek még távolról sincsenek kiaknázva. Így pl. ez a mód-



7. ábra Forgólapátok kúponfutásmérésének elve PAL-optikára alapozva

szer igen alkalmas lehet forgó lapátok kiegyensúlyozottságának megállapítására, mint pl. helikopter-rotorok kúponfutásának mérésére. A forgólapátos rendszereknél ui. a lapátok hosszába általában azonos, így helyes kiegyensúlyozottság esetében a lapátvégek ugyanazon körön futnak. Ha mármint a PAL-optikával felszerelt műszer optikai tengelye egybeesik a forgó lapátok tengelyével, úgy a gyűrűalakú képen az egy síkon forgó, azaz kiegyensúlyozott lapátok végei egyetlen körön jelennek meg, mint ahogyan ezt a 7. ábra szemlélteti (1, 2, 3, 4 sz. lapátok), illetve kiegyensúlyozatlanság esetén különböző körökön (3', 4' sz. lapátok).

933 073 124

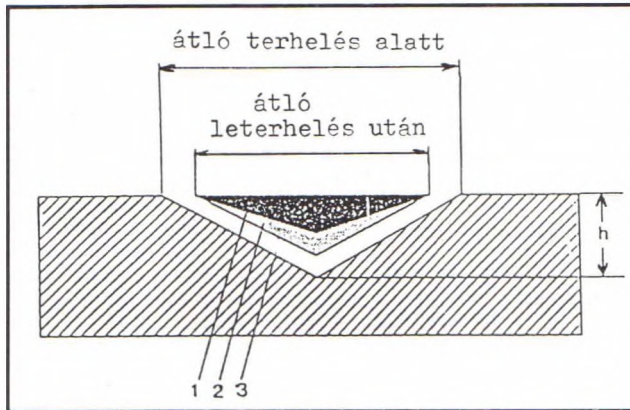
Új módszer és műszer mikrokeménységmérésre

Dr. Haskó Ferenc*

Bevezetés

Bevonatok, felületi rétegek, és finom szövetelemek keménysége csak kis terheléssel mérhető, hogy a behatoló Vickers-gúla lenyomatának a mélysége, illetve átlója lényegesen kisebb legyen, mint a bevonat, vagy a felületi réteg vastagsága, illetve a szövetelem nagysága.

A Vickers-mérés előnye, mint ismeretes, hogy az anyagok többségénél a lenyomat átlójának a négyzete lineárisan változik a terheléssel, ami azt jelenti, hogy ilyenkor a Vickers keménység független a terheléstől. Ismert azonban, hogy kis terhelésnél (4–300 mN) a keménység csökken a terhelés növekedésével. Ennek oka az, hogy a gúla csúcsánál nagyobb az anyag deformációja, mint a lenyomat széleinél (1. ábra), következésképpen a csúcsnál a relaxáció is nagyobb. Igen kis terhelés mellett még jelentős a rugalmas alakváltozás az összes alakváltozáshoz képest, ezért a terhelés levételkor (hiszen a lenyomat átlójának optikai méréséhez a gúlát el kell távolítani) a lenyomat méretei kisebbek, mint amilyenek a terheléskor voltak, így a valószínűleg nagyobb keménységet kapunk.



1. ábra A Vickers-nyomtat terhelés előtt és után
1 – a tényleges, a relaxáció után mérhető lenyomat,
2 – a látszólagos lenyomat közvetlenül a leterhelés után,
3 – a terhelés alatt mérhető lenyomat

A Vickers-nyomtat átlójának mérésén alapuló mikrokeménységmérés kivitelezése körülményes, mert a lenyomat alakja csak akkor lesz közelítőleg négyzet, ha a minta felülete teljesen sík és homogén, lehetőleg polírozott.

* NIVELCO KR.

Az új módszer elve

Ha a lenyomat átlója helyett a terheléskor, tehát akkor amikor a terhelő erő és az anyag deformációval szembeni ellenállása egyensúlyban van, megmérjük a benyomódás mélységét, az említett hibát kiküszöböltük.

Igy a keménység – amelyet, megkülönböztetésül a szabványostól, HU-val jelölnek és értékét N/mm^2 -ben adják meg – az alábbi összefüggéssel számítható:

$$HU = F / (26,43 h^2), N/mm^2$$

ahol F a benyomó erő N-ban, h a benyomódás mélysége a kúp csúcsánál mm-ben.

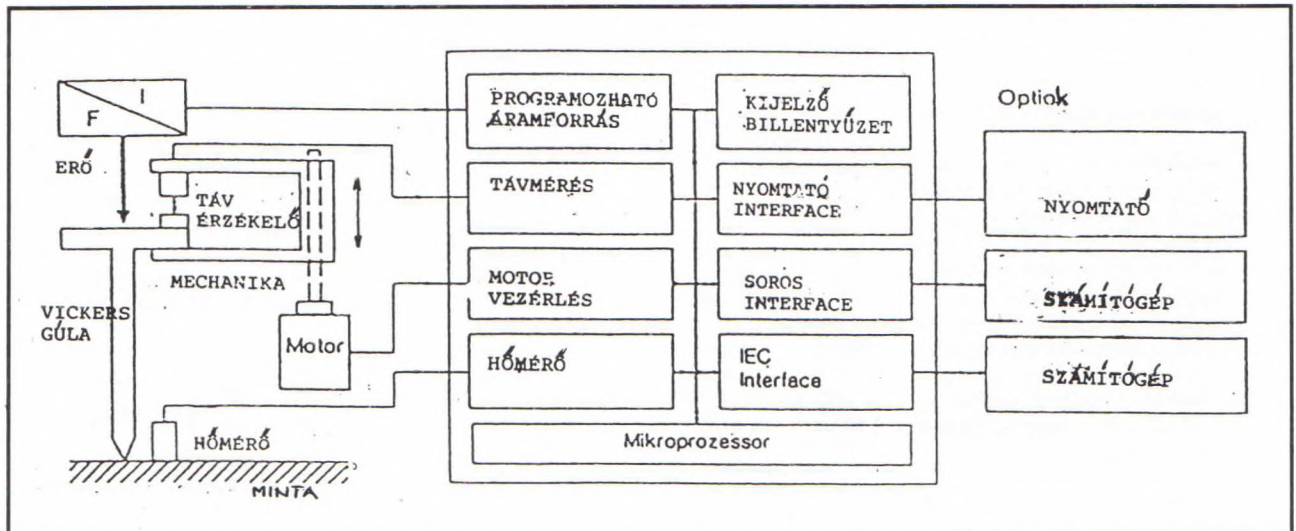
A mikrokeménységmérésnél a lenyomat átlója néhány μm , a mélysége ennek az egy hetede. Eszerint ahhoz hogy a megfelelő pontosságot elérjük a mélységet ± 10 nm-nél kisebb hibával kell mérnünk. A korszerű elektronika ± 2 nm pontosságot tesz lehetővé.

A módszer még egy lehetőséget kínál. A terhelés levétele után mérhető, a relaxáció utáni benyomási mélység. A relaxáció fémeknél csekély, viszont lakkretegeknél annál jelentősebb. Így e módszerrel képet nyerhetünk a lakkok rugalmas és képlékeny tulajdonságairól.

A műszer

A Fischerscope H100 mikrokeménységmérő műszer (Helmut Fischer GmbH) blokk-sémája a 2. ábrán látható. A mérőfej tartalmazza a cserélhető behatolótestet, a terhelést adó elektromágneses rendszert és a behatolás mélységét mérő úthosszmérőt. A beállított terhelést a készülék négyzetesen növekvő lépésekben éri el és minden lépésben érzékeli a behatolás mélységét. A terhelés növelését mikroprocesszor vezérli, a kezdeti és végállapot beállítható. Így hát egy keménységméréssel egy ún. „keménység-profil” kaphatunk, amire a továbbiakban adunk gyakorlati példát. A mérési adatok különböző módon dolgozhatók fel. Táblázatosan vagy grafikusan ábrázolható a keménység a behatolási mélység, vagy a behatolási mélység a terhelés függvényében. Adott terhelés mellett a behatolási mélység változásának időbeli követésével a lakkok kúszási hajlamára lehet következtetni.

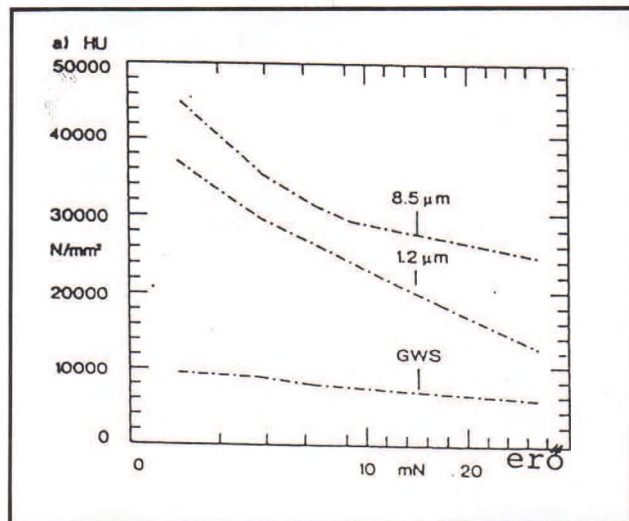
A behatolótest lehet Vickers-gúla, Knoop-gúla és golyó. A beállítható erő 0,4–1000 $\pm 0,02$ mN, a terhelés növelése 4–60 lépésben történhet min. 0,5 másodpercenként. A behatolás mélységmérésének pontossága ± 2 nm. Mérhető keménység 0,001–999999 N/mm^2 . Mérési idő kúszás esetén 16–3000 s.



2. ábra A Fischerscope H100 blokk-sémája

Néhány gyakorlati példa

A 3. ábrán különböző vastagságú TiN-rétegek keménységprofilját tüntettük fel. A 3.a) ábra a keménységet tünteti fel a terhelés függvényében. Látható, hogy a terhelés növekedésével a keménység csökkenni látszik, mert a terhelés növelésével a behatolási mélység nő és ezért az alap acél hatása egyre jobban érvényesül. A vastagabb bevonatnál az alap hatása természetesen gyengébb. A 3.b) ábrán a behatolási mélységet tüntettük fel a terhelés függvényében, feltüntetve a relaxáció utáni állapotot is. A kis terheléseknél az alap acél relaxációja sokkal nagyobb mint a rideg TiN-bevonaté. A rugalmas alakváltozás 23 mN felett gyakorlatilag elhanyagolható.



3. ábra Mikrokeménységmérés a lágycélra felvitt TiN-bevonaton a – keménységváltozás a terhelés függvényében, GWS-acél

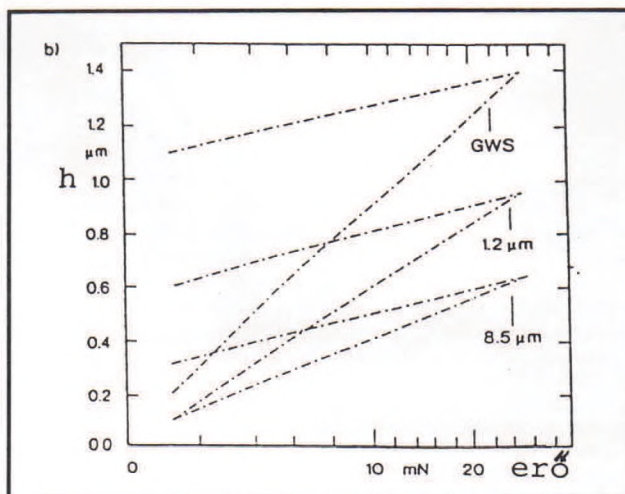
A 4. ábra 1,45 μm ólommal bevont réz keménységét mutatja. Látható, hogy a terhelés növelésével (a behatolási mélységével) egy darabig a keménység állandó, majd növekszik, ahogy az ólomnál keményebb réz hatása érvényesülni kezd.

A felsorolt példákon kívül még számos eddig nehezen megoldható mérési feladat teljesíthető, úm. üvegek, műanyagok, lakkrétegek keménységének jól reprodukálható mérése. Ezekre a vonatkozó szakirodalomban találhatunk részletes adatokat [1–3].

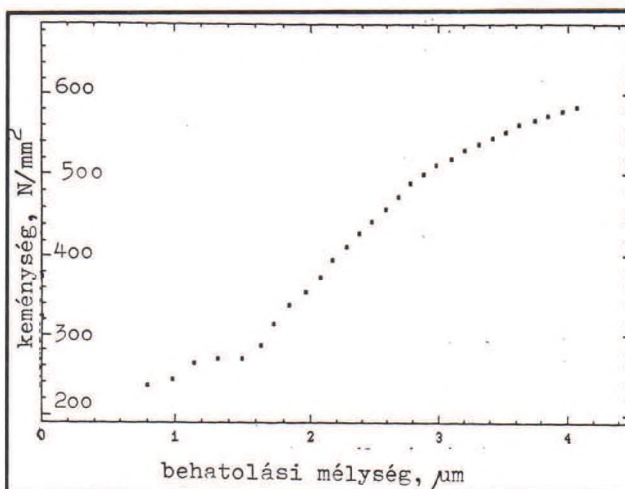
933 075 091

Irodalom

- [1] W.W. Weiler: Dynamic Loading: A New Microhardness Test Method, J. Testing and Evaluation 18. 1990. 229–239.



3. ábra Mikrokeménységmérés a lágycélra felvitt TiN-bevonaton b – a behatolási mélysége a terhelés függvényében. GWS-acél



4. ábra A rézre felvitt, 1,45 μm vastag ólombevonat keménységváltozása a behatolási mélység, azaz a terhelés, függvényében

- [2] W. Staib: Bestimmung der Härte von dünnen Schichten auf Metalloberflächen, Fertigungstechnik und Betrieb 40. 1990. 609–612.
 [3] H.H. Bencke–W. Weiler: Computergesteuerte Mikrohärtmessung unter Prüfkraft. Materialprüfung. 7. 1988.

SZEMLE

Lézeres portartalom-mérő

Az Oldham lézeres mérőegysége a porkoncentráció folyamatos mérését teszi lehetővé a szennyező, illetve a kibocsátó forrás környezetében, fixen telepíthető kivételben. A fényvisszaverés mérési elv biztosítja a porra való nagy érzékenységet, s folyamatos on-line mérést, miközben az áramlásban fellelhető víz-cseppek, illetve az áramló közeg hőmérséklete a mérés pontosságát nem, vagy csak kismértékben befolyásolja. A rendszer lehetővé teszi az adatok távközlését – akár a szokásos telefonkábelben – frekvencia modulált jelátvitellel.

Mérési tartomány: 0...200 mg/Nm³,
 illetve 0...1200 mg/Nm³,
 –25...+55°C hőmérsékleten.

A mérést zavaró porbehatolást megakadályozza a mérő-, illetve érzékelőegység pozitív belső nyomása. (B.L.)

OLDHAM multigáz figyelő

Az MX 21 típusú hordozható gázérezkelő készülék 4-féle gáz egyidejű érzékelésére alkalmas, így a szennyezett levegőjű és/vagy oxigénhiányos területeken dolgozók hatásvédelmét biztosítja. A készülék cserélhető érzékelői: 1 robbanásveszélyes-gáz-érezkelő; 1 oxigén-, és 2 mérgezőgáz-érezkelő, vagy egy R.B.-gáz-érezkelő és 3 mérgezőgáz-érezkelő. A mérgezőgáz-érezkelő cellák lehetnek: Cl₂, H₂, H₂S, HCl, HCN, NH₃, NO, NO₂, SO₂ stb. 16-féle R.B. gáz előre beprogramozott adatai találhatóak a memóriában, így a leolvasás az alsó robbanási határ %-ában történik.

Ha a gázérezkelés az előre programozott határértékeket túllépi, a készülék látható és hallható jelzést ad. Az LCD kijelző 4 kvadránsra osztott, tehát mind a 4 gáz mennyisége leolvasható. Konfiguráció:

1. Alapműszer – funkciók:
 R.B. gáz jelzése (% ARH), oxigén jelzése (%), mérgező gáz jelzése (ppm) csatornánként.
2. Továbbfejlesztett műszer:
 Mérgező gáz mérése esetén több biztonsági jelzés; Printer csatlakozás
3. Intelligens műszer:
 Soros interfész és szoftver PC-hez: karbantartáshoz, információ letöltéshez, adatgyűjtéshez, kalibrációhoz, méréshatárváltozáshoz stb. Odham France S.A. termék (K.D.)

A totalreflexiós röntgenfluoreszcens spektrometriai módszer jellemzői és analitikai alkalmazása

Dr. Záray Gyula

A mikro- és nyomanalitika, valamint a felületelemzés relatív új módszere a totalreflexiós röntgenfluoreszcens spektrometria (TR-XRF). Röntgen 1895-ben tett alapvető felfedezését követően Moseley 1913-ban vetette meg a klasszikus röntgenfluoreszcens spektrometria alapjait, feltárva az elemek atomszáma és a karakterisztikus hullámhosszúságú sugárzás közötti kapcsolatot. A röntgenfluoreszcens technika, mint gyors elemanalitikai módszer, a kommersziális berendezések kifejlesztésének köszönhetően az ötvenes évektől vált népszerűvé. A fluoreszcens jel keltésére egy Mo- vagy W-anódú röntgensósból származó sugárzást 45° -os beesési szög alatt bocsátottak a szilárd minta felületére, amelynek $10\text{--}100\ \mu\text{m}$ vastagságú felületi rétegében keltett fluoreszcens sugárzás szolgáltatja az analitikai információt. A fluoreszcens jel mérésére kezdetben hullámhosszdiszperzív, majd a hetvenes évektől kezdődően energiadiszperzív detektorrendszereket alkalmaztak.

A röntgenfluoreszcens spektrometria különösen előnyös tulajdonsága, hogy időigényes mintaelőkészítési, feltárási műveletek nélkül teszi lehetővé a szilárd minták roncsolásmentes, kvantitatív elemanalitikai vizsgálatát. Elsődlegesen cement- és kerámiaipari, geológiai vagy környezetanalitikai minták vizsgálatánál alkalmazzák. A koncentrációtartomány, amelyen belül az egyes elemek meghatározhatók, néhány $\mu\text{g/g}$ -tól a százalékos nagyságrendig terjed. Nyomanalitikai alkalmazhatóságának azonban gátat szab a mátrixhatás, amely szisztematikus hiba kialakulását eredményezi. Ugyanis a mátrix fiziko-kémiai tulajdonságaitól függően változik a primér, gerjesztő röntgensugárzás behatolási mélysége, a röntgensugárzás-anyag kölcsönhatás során keletkező fluoreszcens röntgenfotonok száma, de ugyancsak megváltozik a fluoreszcens fotonok mintából való kilépésének a valószínűsége is. A mátrixhatás kompenzálására a kutatók több módszerrel próbálkoztak (pl. külső és belső standardok alkalmazása, szórt primersugárzás intenzitásmérésén alapuló korrekció, mátrixhígítási eljárások vagy az eredmények tisztán matematikai úton történő korrekciója), de alapvető, új megoldást a Compton által 1930-ban felfedezett totalreflexió jelenlegén alapuló röntgenfluoreszcens technika, a TR-XRF kifejlesztése hozta meg, amelyről 1971-ben Yoneda és Horiuchi [1] számolt be. Módszerüknél a primér, gerjesztő röntgensugárzást sűrűdő beeséssel ($<0,1^\circ$) bocsátottak egy polirozott felületű kvarcra vékony rétegben ($<1\ \mu\text{m}$) felvitt mintára (1. ábra). Ez a kísérleti elrendezés azzal az előnnyel járt, hogy a minta vékony rétegben történt felvitelének köszönhetően a mátrixhatásból adódó problémák elmaradtak, ugyanakkor a minta atomjainak gerjesztésében mind a közvetlenül érkező, mind a reflektált röntgenfotonok is résztvettek.

A TR-XRF módszer elve

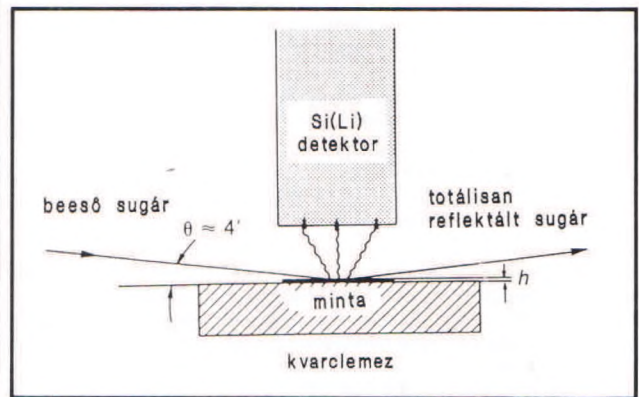
A röntgensugarak, a látható fény sugárzásához hasonlóan, két különböző optikai sűrűségű közeg határán részben megtörnek, részben reflektálódnak. A fénytörés és a reflexió mértékét gyakorlatilag a törésmutató (n) determinálja:

$$n = 1 - \delta - i\beta$$

ahol δ valós részként a röntgensugár eltérítésének a mértékét, míg β imaginárius részként, a röntgensugárzás anyagban történő gyengülését, elnyelését foglalja magában. A δ értéke elsődlegesen a közeg sűrűségétől, míg a β értéke a közeg tömegabszorpciós koefficiensétől függ. Mindkettő függvénye azonban a hullámhossznak. Mivel röntgensugárzás esetében a δ és a β értéke rendkívül kicsi ($\leq 10^{-6}$), a törésmutató csak alig kisebb egynél. Ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a levegőből vagy vákuumból érkező röntgensugarak az anyagba történő behatolást követően csak nagyon kismértékben törnek meg a felületi sík felé.

Totál reflexió alakul ki, ha a röntgensugarak sűrűdő beeséssel, egy, a Snell-féle törvényből kalkulálható $\varphi_c = \sqrt{2\delta}$ kritikus szögnél kisebb szög alatt érkeznek egy határfelületre. A kritikus szög értéke 10 keV energiájú fotonok esetén mintegy $0,1^\circ$. A totalreflektált röntgensugarak síkfelületű anyagba történő behatolása rendkívül csekély mértékű. A

2. ábrán látható, hogy kvarchordozó esetén a behatolási mélység mintegy 3 nm csupán, azonban a kritikus határszöglet meghaladó beesési szöggel érkező röntgensugarak egyre mélyebben hatolnak be a felületi rétegbe. Mivel a δ értéket elsődlegesen a közeg sűrűsége szabja meg, a $\varphi_c = \sqrt{2\delta}$ összefüggésből következik, hogy a kritikus szög értéke anyagonként eltérő. Az egyes anyagokra vonatkozó minimális behatolási mélység kvantumoptikai számításokkal határozható meg.



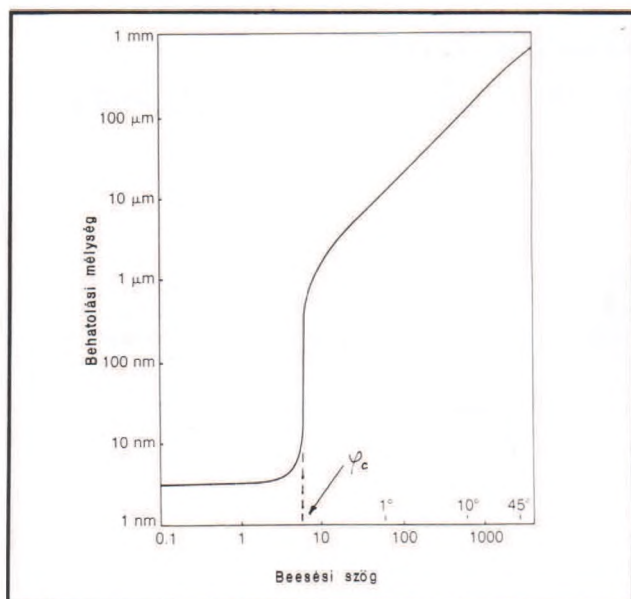
1. ábra A totalreflexiós röntgenfluoreszcens kísérleti berendezés sematikus felépítése

A TR-XRF spektrométerek felépítése

A primer forrásként alkalmazott röntgensövek vonalas fókusszal rendelkeznek és nagy precizitású réssel formázott röntgensugarak vertikális divergenciája $<0,01^\circ$. A röntgensövekből érkező polikromatikus sugárzás a TR-XRF esetében nem használható, mivel a fékezési sugárzás a mintán, valamint a mintahordozón való szóródás után nagy háttérsugárzást eredményezne. Legegyszerűbb megoldásként az optikai fényűtba kvarcúvegéből készült tükröt helyeznek, amely levágja a nagyenergiájú fékezési sugárzást. Ez a hatás fólia szűrőkkel még tovább növelhető. A primér röntgensugárzás spektrális eloszlásának ilyen módszerrel történő megváltoztatása nyomanalitikai feladatok megoldásához megfelelő, ahol a legfőbb követelmény a nagy intenzitás, míg a sugárzás szögbeli divergenciája és polikromatikus volta csekély szerepet játszik. Felületanalitikai vizsgálatokhoz azonban csak jól definiált energiájú, monokromatikus röntgensugár a megfelelő, amelynek előállítására a tradicionális kristály-monokromátor vagy kis és nagy sűrűségű anyagok (pl. szén és volfram) egymást követő vékonyrétegeiből kialakított ún. „multilayer”-monokromátorokat alkalmaznak. Az előbbi kiváló felbontóképességgel, de mérsékelt reflektivitással, az utóbbi pedig rendkívül jó optikai hatásokkal, azonban viszonylag gyenge szelektivitással jellemezhető.

A TR-XRF berendezések egyik kulcs eleme – különösen felületanalitikai vizsgálatoknál – a minta pozícióját beállító eszköz. Ezzel történik ugyanis a röntgensugárzás beesési szögének a beállítása és segítségével a szög szerinti intenzitásprofilok felvétele. A kereskedelmi készülékeknél használt $0^\circ\text{--}2^\circ$ sűrűdő beesési szögtartományban $0,005^\circ$ beállítási pontosság az előírt érték.

Hasonló kulcsszerepet tölt be maga a mintahordozó, mint reflektáló közeg. Erre a célra nagy felületi simaságú kvarc, plexi, szénüveg vagy bómitrid lapokat használnak [2, 3]. A hordozólapokkal szembeni főbb követelmények: magas reflektivitás, kémiai inert és szennyezésektől mentes felület, könnyű tisztíthatóság és olcsó ár. Megemlítenéd, hogy felületanalitikai vizsgálatoknál (pl. félévezető lapkák minősítése) maga a vizsgált minta felületi rétege tölti be a reflektáló közeg szerepét.



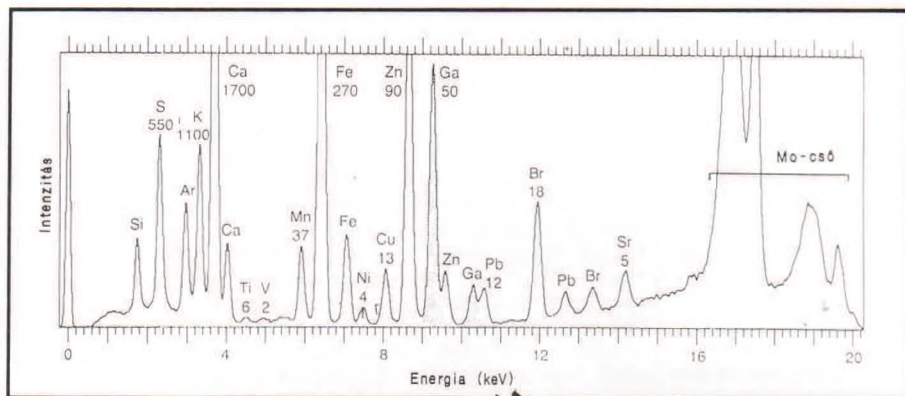
2. ábra A Mo-K α vonalának megfelelő hullámshosszúságú röntgensugárzás számított behatolási mélységének változása a beesési szög függvényében szilícium-mátrix esetén. A kritikus szög (φ_c) értéke: 6 szögperc

A fluoreszcens sugárzás mérésére félvezető Si(Li) detektort és ehhez kapcsolt többcsatornás analízátort alkalmaznak. A detektort a minta fölött mintegy 1 mm távolságra helyezik el, ílymódon biztosítva a fluoreszcens fotonok lehető legnagyobb mértékű szögszerinti befogását. A detektorok aktív felülete 30 illetve 80 mm² és spektrális felbontásuk 135 illetve 150 eV. 5.9 keV energiájú sugárzás esetén. A detektorok normál felhasználásnál levegőben üzemelnek, azonban kis rendszámú elemek vizsgálata csak vákuumkamra alkalmazásával valósítható meg. Ilyen vizsgálatok 0.4 μ m vastagságú gyémánt-jellegű szénablakkal ellátott nagy tisztaságú germánium detektort igényelnek.

1. táblázat

A TR-XRFs technikával vizsgált anyagrendszerek [2-4]

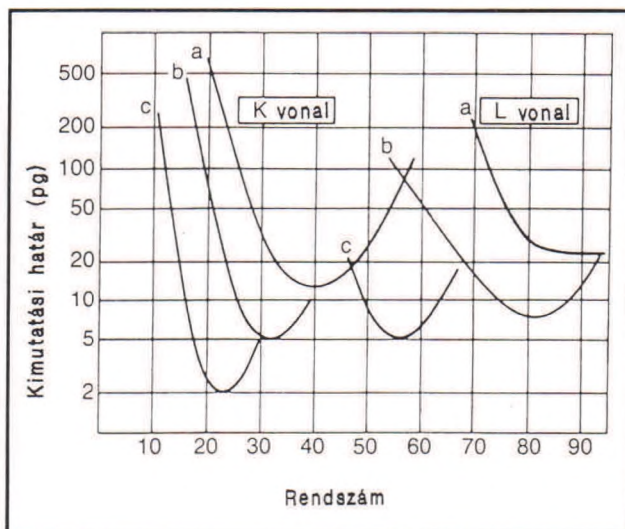
Folyadékok	Szilárd anyagok	
	Szervetlen	Szerves
Vízminták (eső-, ivó-, tenger- és szennyvíz) savak szerves oldószerek olajok vizelet vér, szérum	szállópорок talajok üledékek fémek aeroszolok festékpigmentek félvezető lapkák	növényi anyagok (levelek, algák, fák, gyökerek, szénapor) állati szövetek (tüdő, máj, izom) élelmiszerek (gyümölcsök, rákok, kagylók)



4. ábra Nyomelemeket ppb-szintű koncentrációban tartalmazó esővíz TR-XRF spektruma

Alkalmazási területek

A TR-XRF spektrométereket már számos anyagrendszer vizsgálatánál alkalmazták nyom-, mikro- vagy felületanalitikai feladatok megoldására (1. táblázat). Folyadékok vizsgálatánál 50–100 μ l térfogatú minta elegendő a multielemes kvantitatív analitikai kémiai vizsgálat elvégzéséhez. Különböző eredetű pormintáknál már 10 μ g tömegű minta esetén is meghatározhatók a főalkotók és például festmények művészettörténeti azonosítása egyszerűen elvégezhető. A röntgensugár sűrűdő beesése miatt azonban ügyelni kell arra, hogy a vizsgált porok szemcsemérete az 1 μ m-t ne haladja meg. Finomszemcsés, monodiszperz porminták bemérése szuszpenzió formájában előnyösen megoldható.



3. ábra Vizes oldatok szárazmaradékával végzett vizsgálatok során különböző gerjesztési módoknál meghatározott abszolút kimutatási határok (a W-cső/Ni-szűrő, 35 keV levágási határ; b Mo-cső/Mo-szűrő, 20 keV levágási határ; c W-cső/Cu-szűrő)

A TR-XRF módszer pg nagyságrendű, a grafitkemencés atomabszorpciós technikához hasonló, abszolút kimutatási határokkal rendelkezik (3. ábra). Az említett szekvens módszerrel szemben azonban óriási előnyt jelent a TR-XRF technika multielemes volta, mivel mintegy 1000 s integrációs idő alatt a 11–92 rendszám tartományon belüli elemekről komplett elemanalitikai információ adható.

Gyors kvantitatív vizsgálatok szempontjából alapvető jelentőségű, hogy a kvantifikálás a módszer mátrixfüggetlen volta miatt egyszerűen, egyelemes belső standard adagolásával megvalósítható. A 4. ábra esővíz szárazmaradékával felvett spektrumot ábrázol, amelynél galliumot adagoltak belső vonatkoztatóként 25 ng/ml koncentrációban.

A jelenlegi kutatómunkák elsődlegesen a könnyűelemek meghatározhatóságát és az elemek különböző kémiai formáinak megkülönböztethetőségét lehetővé tevő készülékek kifejlesztését célozzák. Az érdeklődés középpontjában áll még a laterális és mélységi elemeloszlások nagy felbontású mérés technikájának kialakítása, amelynek kereskedelmi készülékekben való megjelenése még néhány évet vár magára.

933 077 019

Irodalom

- [1] Yoneda Y., Horiuchi T.: Rev. Sci. Instrum. 42, 1069 (1971)
- [2] Prange A., Schwenke H.: Adv. X-ray Anal. 35, 899 (1992)
- [3] Schmitt M., Hoffmann P., Lieser K.H.: Anal. Chem. 328, 594 (1987)
- [4] Klockenkämper R., von Bohlen A.: J. Anal. At. Spectrom. 7, 273 (1992)

Képfeldolgozó rendszer textilszálak és fonalak lokális vizsgálatához

Eördögh Imre** – Dr. Halász Géza* – Szász Károly** – Dr. Vas László M.*

Bevezetés

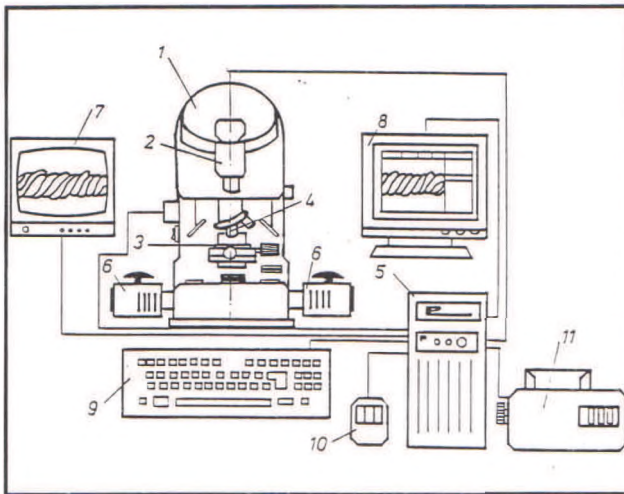
Az elemi szálak, fonalak számos tulajdonságait vizsgálhatjuk meg hagyományos mérési módszerekkel, eszközökkel. Ilyenek például a geometriai, illetve szilárdsági vizsgálatok is. Geometriai vizsgálatnak számít a szál-, illetve fonalátmérő meghatározása mikroszkóp segítségével vagy a fonal esetében a sodratszög meghatározása. Mindkét esetben – hagyományos módszerek alkalmazásával, nagytömegű mérés esetén – az átmérő, illetve a sodratszög meghatározása nehézkes, sok szubjektívításon alapuló bizonytalanságot tartalmaz.

A videokamerás számítógépes képfeldolgozó rendszer egy új, objektív lehetőséget teremt az elemi szálak, fonalak átmérőjének, illetve sodratszögének a meghatározására. Ez a módszer a hagyományos vizsgálati módszerekhez képest sokkal gyorsabb. A vizsgálat eredményének meghatározása, dokumentálása a számítógép segítségével történik. A módszer lehetőséget teremt a folyamatos, gyors, objektív mintavételre. A mérési lépései programozhatóak, amely a mérést végző személyt kényesíti a mindig azonos módon és körülmények között történő mérésre.

A mérőeszközzel számtalan mérést végeztünk. Az így nyert geometriai paraméterek és a mechanikai tulajdonságok közötti összefüggéseket vizsgáltuk a célból, hogy az elemi szál tulajdonságaiból a fonal tulajdonságai tervezhetőek legyenek. Ezen tanulmány keretében elsősorban a geometriai tulajdonságok meghatározására és mérési eredményeinek ismertetésére helyezük a fő hangsúlyt. A mérési módszer kifejlesztése a 821-es számú OTKA pályázat kapcsán történt, együttműködve a KFKI Anyagtudományi Intézetével.

A lokális szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer felépítése, mérési módja

A szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer felépítése az 1. ábrán látható. A mérőrendszer középpontjában az (1) Projectina 4011-4016/MMA vetítőmikroszkóp áll. A mikroszkóp okulárjának helyére van felerősítve a (2) CCD videokamera. Ennek feladata a tárgyszalton elhelyezett vizsgálandó objektumról (3) a (4) mikro- vagy makroobjektív



1. ábra Lokális szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer felépítése

*Budapesti Műszaki Egyetem Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék

**KFKI Anyagtudományi Kutató Intézet

által leképezett kép továbbítása az (5) számítógépbe. A tárgyszalton mozgatása függőleges irányban és így a kép élesreállítása léptetőmotor segítségével történik. A vizsgálandó objektum megvilágításáról a két beépített kvarc-jodid fényforrás gondoskodik.

A 760x576 pixel felbontású 2/3"-os CCD kamera a teljes video képet (760x576 pixel) adó video-digitalizáló kártyán keresztül közvetlenül a számítógéphez csatlakozik.

A mintavételi frekvencia 15 MHz, a képsíkok száma: 2. A valós idejű képfelvétel kettős-hozzáférsű 2 Mbyte-os képmemória segítségével történik. 64 Kbyte-os lapszervezés IBM busz oldairól DOS üzemmódban, 1 Mbyte felett 1 Mbyte-onkénti lapozási lehetőséggel, mely pl. WINDOWS alatti működésnél szükséges.

A képfeldolgozó rendszer további hardver elemei:

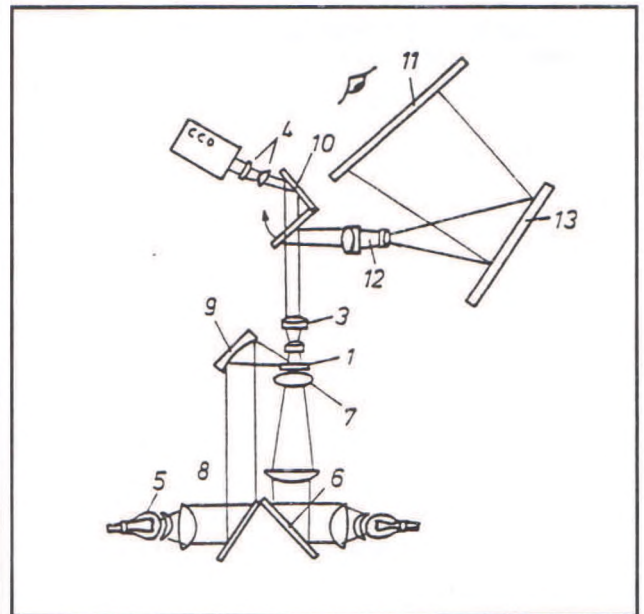
- ki/bemeneti szűrketónus konverter,
- nagysebességű real-time 8 bites video-busz csatlakozó, real-time konvolúciós aritmetikai egység számára. Interlaced/non interlaced működési mód.

A vizsgált objektumról készített kép megjelenítésére két monitor szolgál. Egy mono- (7) és egy SVGA (8) monitor. A tasztatura (9) és az eger (10) a képfeldolgozást végző program interaktív működtető szervei. A (11) nyomtató a feldolgozott képek, illetve a mérési jegyzőkönyvek nyomtatására szolgál.

A rendszerrel kétféle üzemmódban lehet mérni. A mikromérési módszerrel az elemi szálak átmérőjét lehet meghatározni, míg a makromérési módszer a fonalak, szálkótegek átmérőjének és sodratszögének meghatározására szolgál.

Mindkét mérési módszer esetén nagyon fontos, hogy a vizsgálandó objektumok a célnak megfelelő megvilágítást kapjanak.

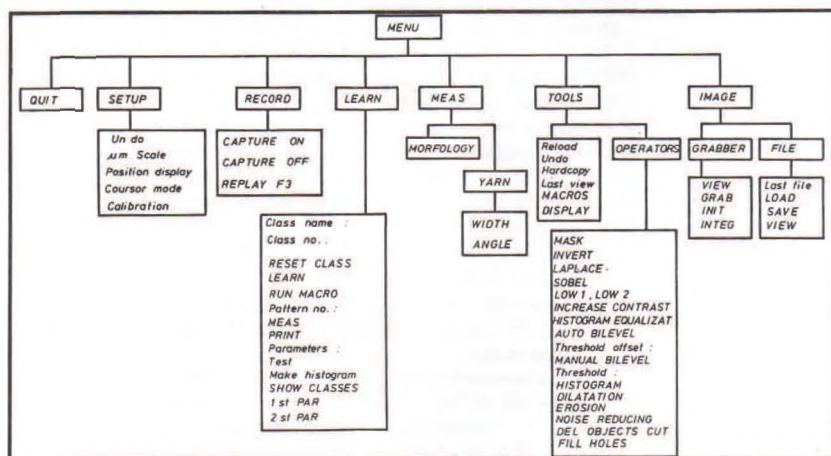
Mikromérési mód esetén a vizsgálandó tárgy áteső megvilágítást kap. Ekkor a sugármenet (2. ábra) (6, 7, 1, 3, 10 és 4). Makromérési mód esetén az áteső és ráeső (érintőleges) megvilágítás kombinációját használjuk. Ekkor nem csak a fonal pontos konturvonalát kell érzékelnie a rendszernek az átmérőméréshez, hanem a sodratszög meghatározásához a felületi szálrendeződet is. Az alkalmazott vegyes megvilágítás esetén a sugármenet az áteső megvilágításkor ugyanaz mint előbb az érintőlegeshez (5, 8, 9, 1, 3, 10 és 4).



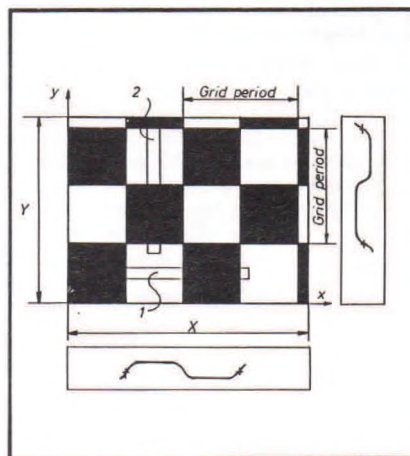
2. ábra Lokális szál- és fonalvizsgáló képfeldolgozó rendszer mérési módja

A lokális szál- és fonalvizsgáló rendszer működése

A rendszer működését az interaktív üzemmódban használható szoftver határozza meg, amely – hagyományosan a más területeken használatos képfeldolgozási rendszerekhez – menüvezérelt működésű (3. ábra). A főmenühöz hét fő menüpont található: a QUIT, a SETUP, a RECORD, a LEARN, a MEAS, a TOOLS és az IMAGE.



3. ábra A képfeldolgozó program felépítése



4. ábra Hitelesítés optikai rácscsal

A SETUP a mérőrendszer kalibrációjához szükséges parancsokat tartalmazza, valamint a kurzor mód kiválasztását teszi lehetővé.

A RECORD a mérés lépéseinek rögzítésére szolgál.

A CAPTURE ON és OFF utasítások mintegy zárójelként működnek és az általuk közrefogott parancssorozatot a REPLAY F3 utasítással vagy az F3 hot billentyű megnyomásával tetszőleges számban meg lehet ismételti. Nagytömegű mérés esetén ez nagyon hatásos.

A LEARN segítségével lehet a mérőrendszert betanítani parancs utasításokra, valamint a mérési és kiértékelési körülményeket meghatározó paraméterekre.

A MEASURE YARN almenüje alatt lehet az elemi szálak és fonalak átmérőjét (WIDTH), valamint fonalak esetén a felületen elhelyezkedő elemi szálak sodratszögét (ANGLE) meghatározni.

A TOOLS segítségével a számítógépe beolvasott kép manipulálásait lehet megvalósítani, úgymint élkiemelés (LAPLACE, SOBEL, INCREASE CONTRAST), szűrés (LOW1, LOW2, HIGH1, HIGH2) stb.

Az IMAGE a videokamera által látott kép beolvasását biztosítja a számítógépbe.

A lokális szál- és fonalvizsgáló rendszer hitelesítése

A rendszer hitelesítéséhez optikai rácst használunk. A hitelesítő optikai rác, 50, 100 és 200 µm rácspériódusú mintákat tartalmaz. A nagyítás mértéke határozza meg, hogy a hitelesítéshez melyik kerül kiválasztásra. A hitelesítés elvégzéséhez mind X, mind Y irányban legalább egy rácspériódusnak a képernyőn kell lenni (4. ábra).

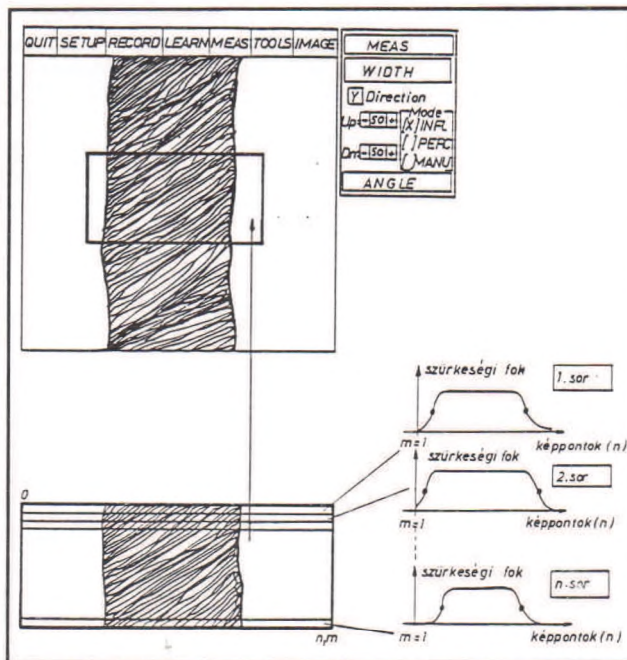
A rácspériódust az X irányban 1-el jelölt, Y irányban 2-vel jelölt ablak metszi ki. A rácspériódus sötét és világos kocka átmeneteit inflexióval rendelkező görbe szemlélteti (X irányban a, Y irányban b). A görbén két szátkereszt mozgatható (Y irányban 3, 4, X irányban 5, 6), amelyeket az ábrán látható pozíciókba, azaz az inflexiók pontokba

kell beállítani. Ez kézi vezérléssel történik, nem automatikusan. Mivel a négyzetes rác kiválasztásánál közölni kell a rendszerrel az aktuális rácspériódus hosszát, így ebből a program meghatározza a képbábrázolásra használt képernyő rész x és y irányú méretét.

Ezek az adatok, mint mérési paraméterek letárolásra kerülnek és mindaddig érvényben maradnak, míg új hitelesítési eljárás nem kerül végrehajtásra.

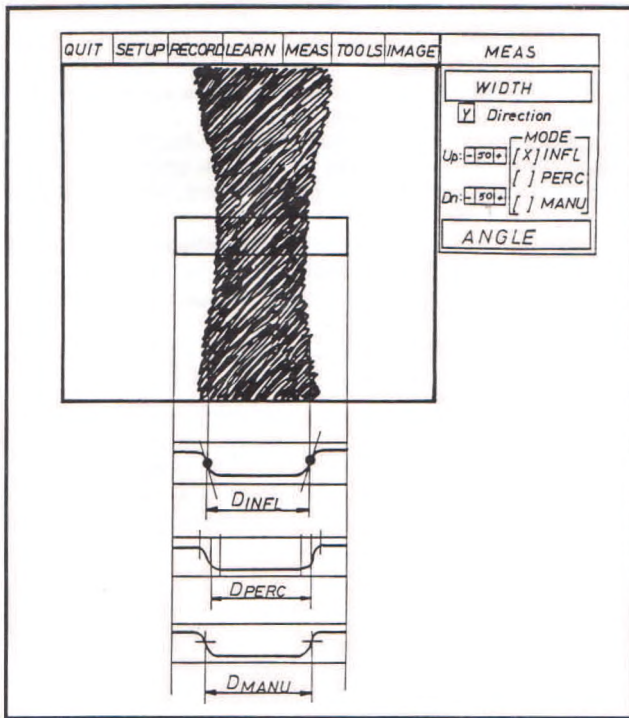
Az elemi szál és a fonal átmérőjének, illetve a fonal sodratszögének a meghatározása

Az elemi szál átmérőjének a meghatározása esetén mikro-, a fonal-átmérőjének meghatározása esetén makroüzemmódot használunk. Mindkét módszernél az átlagos átmérő meghatározása a beolvasott képen nyitott ablakon történik (5. ábra). A kiértékelő szoftver első lépésben soronként meghatározza a konturokon érvényes szűréségi



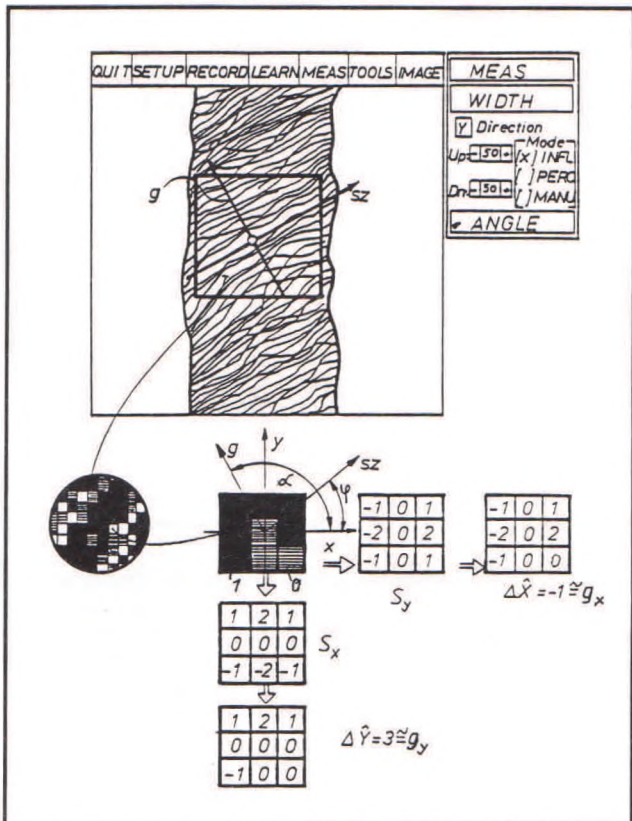
5. ábra A fonaltörzs soronkénti letapintása a kijelölt ablakban

fok változás átmeneti görbéit. Ezek átlagát képezi, majd háromféle lehetőséget kínál a D átlagos átmérő meghatározására (6. ábra). Az



6. ábra A fonalátmérő meghatározási módszerei

INFL jelű módszer esetén az átmeneti inflexió görbe inflexió pontjainak a távolságát adja az elemi szál új fonalátmérőjeként. A PERC módszer esetén az inflexió görbe felezési pontjainak a távolságát adja átmérőként. A MANU módszer esetén két manuálisan mozgatható szálkereszt közötti távolságot adja átmérőként. Automatizált mérés esetén két módszer választása célszerű. Abban az esetben, ha a



7. ábra A fonal felületi szálain, a kijelölt ablakban mérhető gradiens (g) és szálirányszög (sz), illetve a becslés szemléltetése egy domináns képpont 3x3-as környezetében

vizsgálendő objektum megvilágítása jó és így a képátmenet a vizsgált tárgy konturvonalán elég kontrasztos, úgy az INFL és a PERC módszerrel közel azonos átlagos átmérőértékek mérhetők.

Fonalvizsgálat esetén markoüzemmódban lehetséges a felületi sodratszög meghatározása. Ebben az esetben a fonal felületi képén kell a mérőablakot kivágni (7. ábra). A program a kivágot ablakban érvényes felületi sodratszög meghatározására képes. A program képmegnyitásként megvizsgálja a kiválasztott pont környezetében a változásokat. A vizsgálat alapja egy előre meghatározott küszöbszint. Amennyiben a vizsgált pont környezetében az intenzitásváltozást jellemző gradiens (g) abszolút értéke meghaladja a küszöbszint (g_0) értékét, úgy a vizsgált pontot „élgyanús”, domináns pontnak tekintjük:

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} > g_0 \quad (1)$$

A g gradiens vektor α -irányszögét a megadott ablak összes domináns (n) képpontjára meghatározzuk.

A felületi sodratszög egyik lehetséges becslését ($\hat{\varphi}$) a gradiens szögek átlagából (α) 90° -os visszaforgatással kapjuk (7. ábra: sz = szálirány): Mivel a gradiens meghatározása a vizsgált pontra nézve aszimmetrikus, ezért számos

$$\alpha_i = \arctg \frac{g_{yi}}{g_{xi}}, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\hat{\varphi} = \hat{\alpha} - 90^\circ \quad (3)$$

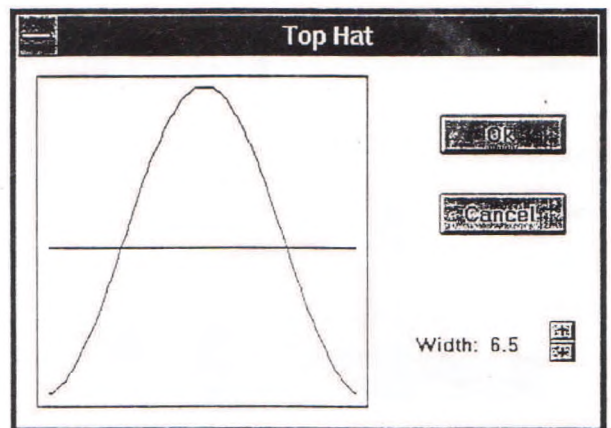
szimmetrikus konvolúciós szűrőt dolgoztak ki az élgyanús pontok kijelölésére [7]. Így a gradiens összetevők (g_x, g_y), a vizsgált pont környezetében intenzitásváltozások súlyozott átlagával becsülhetők. Például a 7. ábrán az ún. Soebel-operátor x, illetve y irányú élek kiemelésére szolgáló (az ábrán 3x3-as) S_x , illetve S_y összetevő mátrixait használjuk a g_x és g_y gradiens irányösszetevők becslésére (ld. a TOOLS menüpontot).

A program az ún. „top hat” szűrőt – mely egy, lényegében a kétdimenziós Laplace-operátort közelítő konvolúciós szűrő – alkalmazza élek, élgyanús pontok kijelölésére. A szűrőelemek számítása az alábbi magfüggvény segítségével történik:

$$T(x,y) = 1 - b \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} \exp \left[\frac{-x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] \quad (4)$$

$$-\frac{N}{2} \leq x, y \leq \frac{N}{2}$$

ahol x és y a képpontok futó indexei, és N a konvolúciós mátrix mérete. A b értéke úgy választandó meg, hogy a mátrixelemek összege zérust adjon. A (4) összefüggés egyváltozós alakját a 8. ábra szemlélteti.



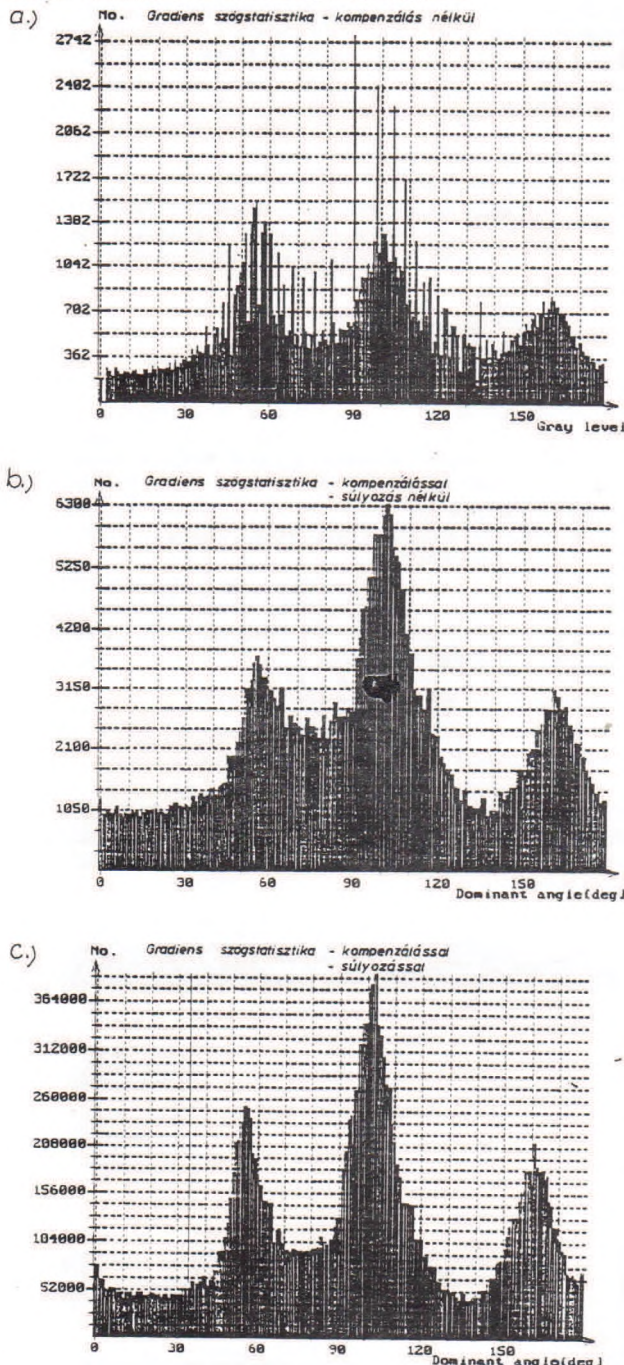
8. ábra A „top hat” szűrő magfüggvényének egyváltozós alakja

A σ változtatásával a függvény félérték-szélességét állíthatjuk be. A konvolúció során azon élek, illetve részecskék fognak detektálni, melyek mérete korrelál a félérték-szélességgel, a többi a szűrő elnyomja.

Alapértelmezésben a program 5x5-ös méretű szűrőt használ. A TOOLS menüpontban azonban a felhasználó ettől eltérő, max. 15x15-ös mátrix méretű szűrőt is definiálhat (User defined filter).

A top-hat szűrő létrehozása a szűrőméret és a félérték-szélesség megadása automatikus. Az előzőekben említett küszöbérték (g_0), mint szűrőkonstans (Filter constant) állítható be.

A 9.a) ábra diagramja három, egymással kb. 60°-os szöget bezáró szálcsoporra vonatkozó gradiens szögstatistikát mutat (MEASURE menüpont). Mivel a gradiensszög meghatározása 5x5-ös környezetben történt, így a felbontás bizonyos irányokban nagyobb, s így bizonyos szögek előfordulása a kvantálás miatt nagyobb.



9. ábra Három, egymással közel 60 fokot bezáró szálcsoport gradiens szögstatistikái különböző korrekciós műveletek mellett

A szögdigitalizálás hibáját kompenzálendő, az elsődleges gradiens szög statistikáját a program korrigálja a kvantált szögek előfordulási valószínűségével. A 9.b) ábrán látható, hogy a kompenzálás jelentősen kiemeli a lényeges (domináns) szögeket, miközben az egyúttal végrehajtott 3-elemű medián szűrés a túszerű zajimpulzusokat egyenlítetté ki (Show histogram ON beállítás).

A Show histogram OFF beállítás mellett (ld. MEASURE menüpont) a gradiens szöghistogram súlyozottan készül, azaz egy adott pontban

meghatározott szög annyiszorosán számít bele a statisztikába, amilyen nagy a lokális gradiens abszolút értéke eme pontkörnyezetben. Tehát minél élesebb egy képrészlet, egy éi, az itt számított szög annál nagyobb súllyal számít bele. Ennek a domináns szögeket kiemelő hatását jól szemlélteti a 9.c) ábra diagramja.

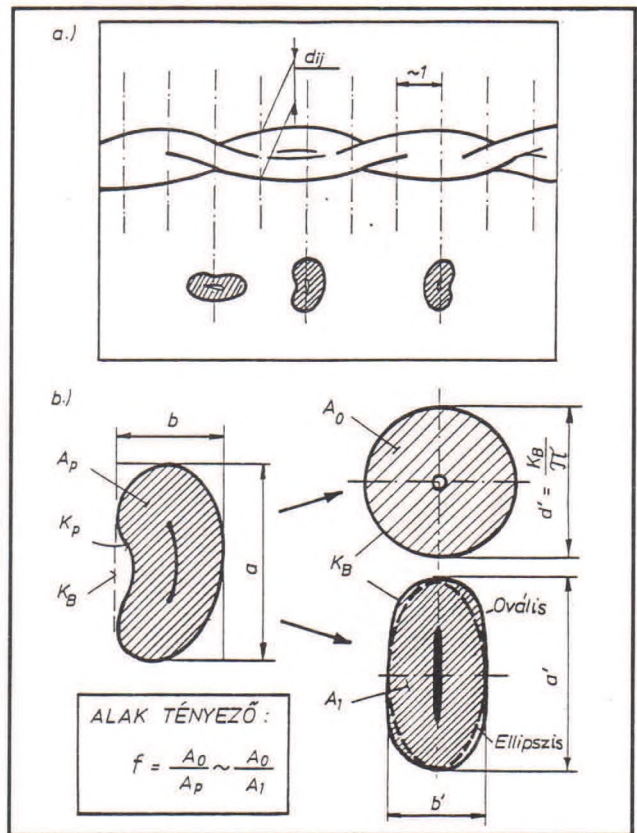
A program végül – alapértelmezésben – 5-elemű mozgóátlagot számít a hisztogramon végigfutva és ahol az maximális értékű, azt tekintjük domináns gradiens szögnek (α_D), így a domináns felületi sodratszög

$$\varphi_D = \alpha_D - 90^\circ$$

Ezt az értéket közli a program, mint mérési eredményt, illetve jeleníti meg az ablakba rajzolva. Hasonlóan határozható meg szálfátyol, illetve szálbunda orientációja a MORFOLOGY üzemmódban [8].

Az elemiszál- és fonalmérések eredményei

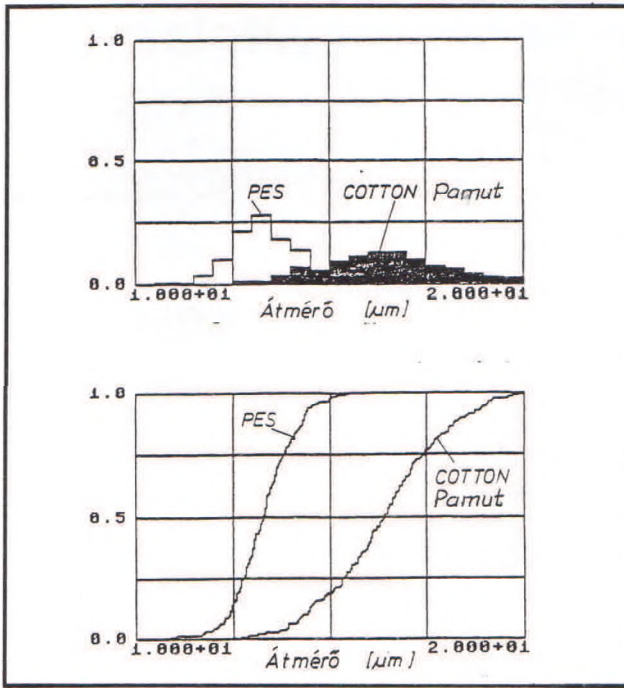
A vizsgált gyűrűs fonál 67% PES és 33% pamutot tartalmaz. A fonalat alkotó elemi szálak átmérőjét 200–200 mintadarabon, darabonként 10 méréssel mértük a videografikus szál- és fonalvizsgáló rendszerrel. A mért átmérőkből az (f) formatényező bevezetve (10. ábra) a száleresztmetszetek meghatározhatók.



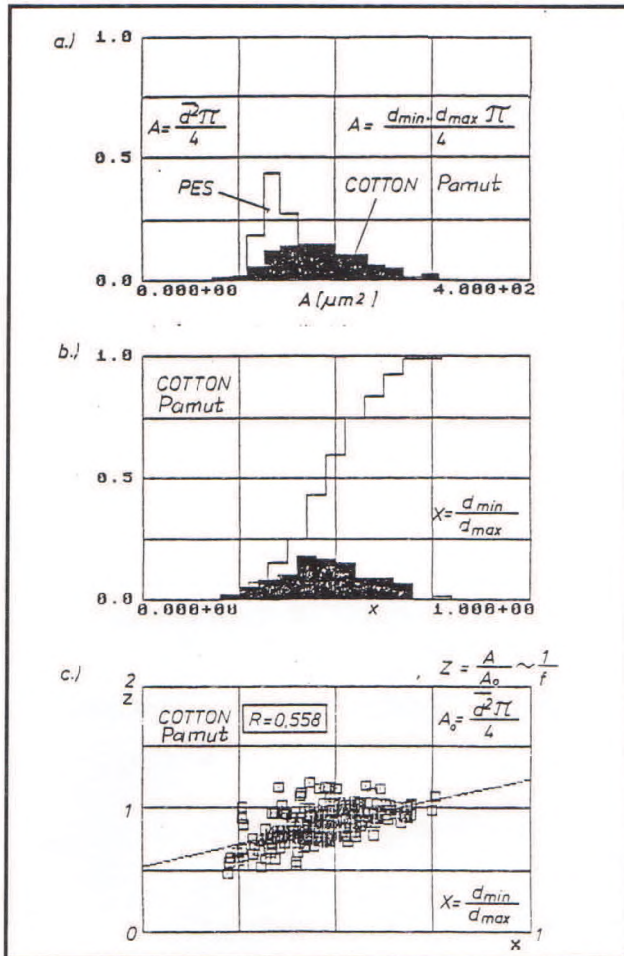
10. ábra Pamutszál-vizsgálat módja és a száleresztmetszet becsült jellemzői

A pamut, a PES elemi szál átmérőinek eloszlás- és sűrűséghisztogramjai a 11. ábrán láthatók. Ezek szimmetrikusak és normális eloszlással közelíthetők. A pamutszálak átmérői nagyobbak, mint a PES szálaké, ami, a fonalgártás szilárdsági szempontjait figyelembevéve, helyesek. Az átmérőből származtatott keresztmetszetek sűrűséghisztogramjait a 12. ábra szemlélteti. Ennek helyességét az igazolja, hogy jó egyezést mutat az átmérőeloszlásokkal.

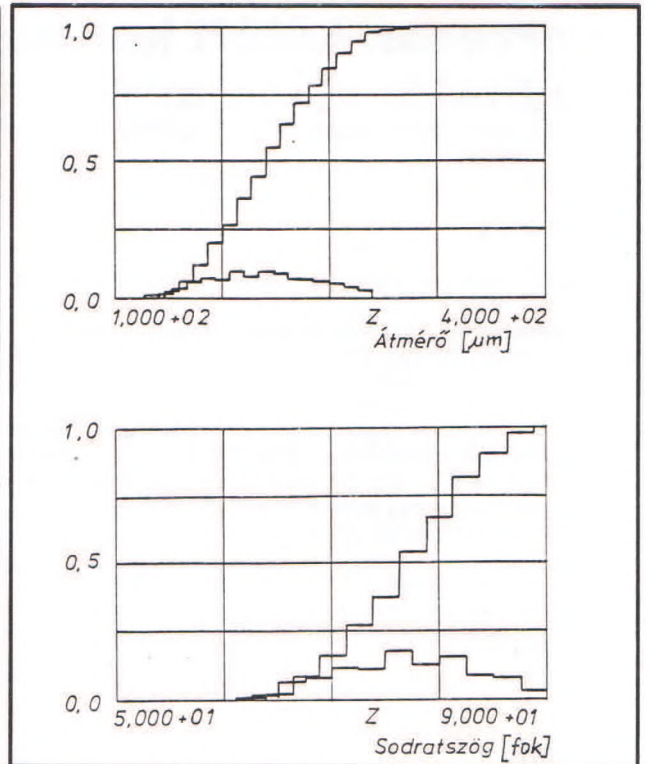
A fonál geometriai vizsgálata két részből állt. Egyrészt meghatároztuk a fonalátmérőt, másrészt a felületi sodratszöveget. A két eredmény a mérés során egy mérési folyamatban egymással párhuzamosan képződött. A mérést 100 mintadarabon végeztük, darabonként 10 mérési pontban határoztuk meg az átmérő és sodratszög értékeket. Így az eredményeket 1000 adat felhasználásával nyertük.



11. ábra Poliészter és pamut szálakon mért átmérő értékek sűrűség-histogramjai és tapasztalati eloszlásfüggvényei



12. ábra Poliészter és pamut szálakon mért átmérőkből számított keresztmetszet értékek sűrűség-histogramjai (a) ábra). Az egyes pamutszálakon 10-10 mérésből kapott x ovalitás sűrűség- és eloszlás-histogramjai (b) ábra), illetve az 1/f reciprok formatényező és az ovalitás lineáris regressziós kapcsolata (c).



13. ábra 67% PES/33% pamut gyűrűsfonal lokális átmérő és sodratszög értékeinek sűrűség- és eloszlás-histogramjai

A fonal átmérő és sodratszög sűrűség - és eloszlás-histogramjait a 13. ábra mutatja. A histogramokból megállapítható, hogy a vizsgált fonal átmérője és sodratszöge normális eloszláshoz hasonló. A kisebb átmérőhöz nagyobb, a nagyobbhoz kisebb sodratszögek tartoznak.

Összefoglalás

A vizsgálat sorozatból megállapítható, hogy az elemiszál és fonalátmérő, valamint sodratszög mérésére kifejlesztett videomikroszkópos, grafikai bázison működő képfeldolgozó rendszer nagyon jól alkalmazható nagy tömegű, nagy pontosságú mérési sorozatok végrehajtására. Az általa szolgáltatott geometriai adatokból származtatott mennyiségek alkalmasak a mechanikai vizsgálatok szilárdsági jellemzőinek a meghatározására.

Irodalom

- [1] Gilhaus, K.-Lünnenschloss, I.: Characterization of cotton fibres by cross section, fineness and maturity grade. International Textil-Bulletin, World Edition Spinning 2/80.
- [2] Balog I.: Fonalak lokális geometriai és szilárdsági jellemzői közötti kapcsolat vizsgálata. BME Diplomatervező, Budapest, 1991.
- [3] Erőss C.-Miklósi Gy.-Nagyamáthé Zs.: Nagyszilárdságú szálakból készített újszerű kompozitszerkezet-hordozók vizsgálata. BME TDK Konferencia Budapest, 1992. Országos TDK Konferencia, Kecskemét, 1993.
- [4] Zure, W.-Zakrzewki, S.: The Strength of cotton fibres and the degree of development of the secondary wall. Journal of the Textile Institute. 1984. No. 5. (p 323-331)
- [5] L.M. Vas-G. Halász-M. Takács: Image processing system for measuring geometrical properties of fibres and yarns. International Textile Conference IMTEX'93 Lodz, 25-26. March 1993.
- [6] Vas L.M.-Halász G.: Textilszálak és fonalak lokális vizsgálata képfeldolgozással és a köteg szilárdság becslése. MTA Szál- és Rostfizikai Bizottság Vitaülése, Bp. 1992. december 8.
- [7] Álló G.-Főglein J.-Hegedűs Gy.Cs.-Szabó J.: Bevezetés a számítógépes képfeldolgozásba. Kézirat. BEM-MTI. Budapest, 1989.
- [8] Császi F.-Takács Á.-Vas L.M.: A szálbunda szerkezetének és szálorientációjának modellezése és kísérleti vizsgálata képfeldolgozó eljárással. Nemzetközi Nyersanyag Konferencia, Budapest, 1993.

Szervesen kötött halogén- és kénvegyületek meghatározása mikrocoulómméterrel

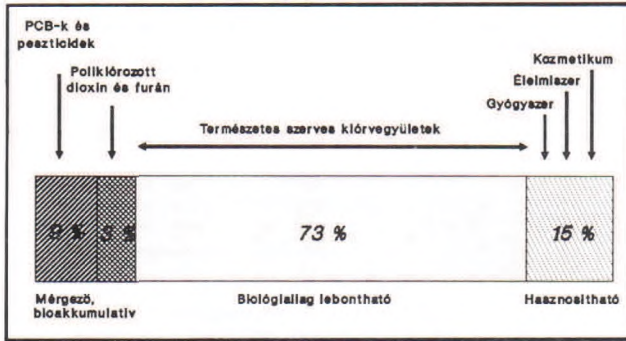
Lele István*– Rab Attila*– Dr. Polyánszky Éva*

Bevezetés

Az analitikai módszerek fejlődésével egyre több környezetszennyező anyag válik ismertté!

A környezetszennyező vegyületek közül az emberekben a legnagyobb félelmet a toxikus, karcinogén, szervesen kötött halogénvegyületek váltják ki, melyek a zsírszövetekben felhalmozódva, potenciális veszélyforrást jelentenek az emberi szervezetre.

A szervesen kötött halogénvegyületek két csoportba oszthatók: természetes és mesterséges eredetűekre, (1. ábra). A mesterségesen előállított vegyületek egy részét a gyógyszer-, élelmiszer- és kozmetikai ipar használja, míg más részük toxikus, karcinogén vegyület. A toxikus vegyületcsoport a teljes spektrumnak csak 12%-a.



1. ábra Szervesen kötött klórvegyületek spektruma

A természetben keletkező szervesen kötött halogénvegyületek nagy része elbomlik, míg a toxikus vegyületek (PCB, TCDD, TCDF stb.) felezési ideje kb. 10 év. A toxicitás mértékét a szén: halogén arány jelzi.

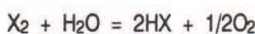
A szervesen kötött halogénvegyületek kimutatása többféle módszerrel történhet. Neutronaktivációs analízissel a kimutatható határérték 30 µg, mikrocoulómetriás módszerrel a kimutatható határérték 3 µg.

A coulometriás analízis a következő részfolyamatokból áll: szeparálás (adszorpció aktív szénen); mineralizáció (égetés, redukció); analízis (mikrocoulómetriás titrálás).

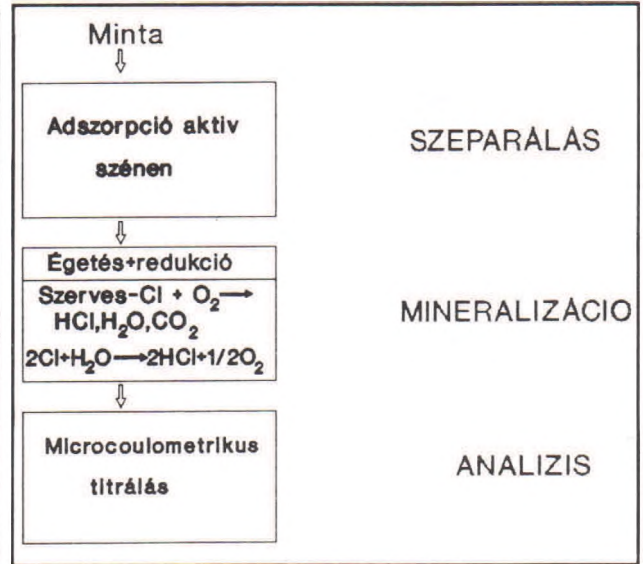
A mikrocoulómetria elve

A mikrocoulómetria valamely anyag elektrokémiai átalakításával kapcsolatos töltésmennyiség mérésén alapuló elektroanalitikai módszer. A mennyiségi meghatározás alapja a Faraday-törvény, melynek értelmében 1 grammolekula-tömegnyi anyagmennyiség átalakulásához $n \times 96500$ C töltésmennyiségre van szükség (n az elektrokémiai reakció töltésszám változása).

A coulometriás titrálásnál a meghatározni kívánt komponenst kémiai reakcióban alakítjuk át, a reagenst pedig megfelelő segédanyagból elektrolitikus úton, állandó áramerősség alkalmazásával állítjuk elő. A titrálás végpontjáig a reagensgenerálásra fordított töltésmennyiségből a mintakonzentráció meghatározható. A szerves halogénvegyületek mérésénél a vizsgálandó mintát egy infravörös égető kemencében elégetjük, ekkor széndioxid, víz és hidrogénhalogénid keletkezik. (2. ábra). Az utánkapcsolt redukciós kemencében az esetleg jelenlévő szabad halogént hidrogénhalogéniddé redukáljuk. Argon hozzáadásával, mint hordozógázzal a reakciót jobbra lehet eltolni:



*Pápiripari Kutatóintézet Kft.



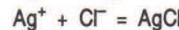
2. ábra Szervesen kötött halogének detektálása

A gázok áthaladva egy koncentrált kénsavval telített mosón, a mikrocoulómetriás titrálócellába kerülnek. A titrálócella ecetsavas elektrolitot tartalmaz. A titráláshoz elektrokémiai úton ezüstiont állítunk elő.

Az ezüstion hidrogénhalogéniddel történő reakciójában ezüsthalogénid keletkezik. Az ezüstion előállításához szükséges idő és az áramerősség szorzatából a töltésmennyiség kiszámítható. Ebből meghatározható a szervesen kötött halogének koncentrációja.

A végpontot az Ag/Hg/HgSO₄ elektródpár jelzi.

Az ezüstion és a halogének között a következő reakció játszódik le:



A szervesen kötött halogének mennyisége az alábbiak szerint számítható:

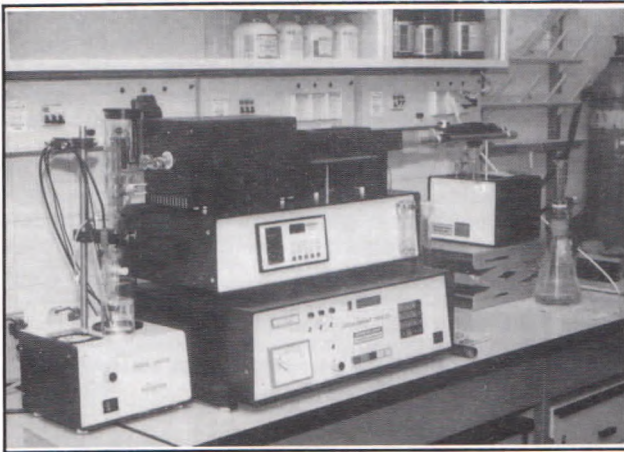
$$Cl (g) = \frac{Q}{96491} \cdot 35,45 \text{ g Cl}$$

ahol Q = töltésmennyiség, mely arányos a t idővel és az I áramerősséggel, (Q = I·t); 96491 = a Faraday-féle állandó; 35,45 = a klór egyenértéksúlya.

A mikrocoulómetert és az előkészítő berendezéseket mutatja be a 3. és 4. ábra.



3. ábra. Előkészítő berendezések a szervesen kötött halogénvegyületek dúsításához



4. ábra. A Coulomas 702 mikrocoulómeter

A készülék számítógéphez csatlakoztatható, megfelelő program segítségével a mérés automatizálható.

A mikrocoulómetria alkalmazása

Többféle, szervesen kötött halogén- és kénvegyület meghatározására van lehetőség mikrocoulómetrikus titrálással megfelelő előkészítő műveletek után, mégpedig:

- az AOX = adsorbable organic halogen (adszorbeálható) meghatározásnál a mintát aktív szénen történő adszorpció után oxigénáramban elégetjük; ezzel a nem poláris és poláris halogénhidrideket határozzuk meg,
- a POX = purgable organic halogen (kihajtható szerves halogén) eljárásnál az illó vegyületeket oxigénnel való kifúvatással választjuk el és külön határozhatjuk meg a nem illanó anyagoktól,
- az EOX = extractable organic halogen (extrahálható) eljárásnál szerves oldószeres extrakció után a mintában a nem poláris halogénezett szénhidrogéneket határozzuk meg,
- az AOS = adsorbable organic sulphur (adszorbeálható szerves kén) meghatározásánál a mintát aktív szénen dúsítjuk és elégetés után a szerves kénvegyületeket határozzuk meg.

AOX meghatározása (5. ábra)

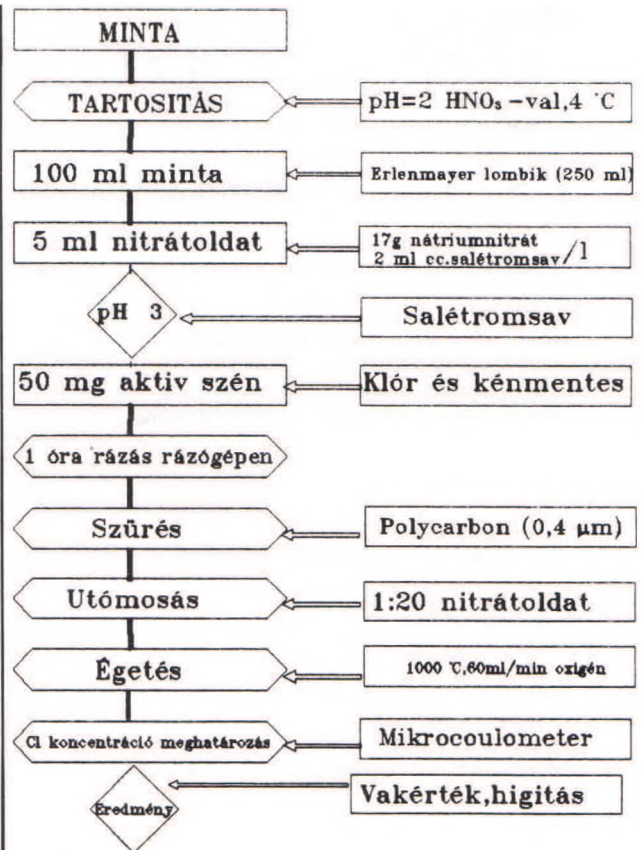
A szerves kötésű halogének analízisének és kvantitatív meghatározásának szükség van arra, hogy a klórtartalmú szerves vegyületeket elválasszuk a kovalens kötésű klórt tartalmazó szerves vegyületektől, és az utóbbiakat feldúsítsuk.

A szerves és szervesen kötött halogénvegyületek elválasztása nátriumnitráttal történik. A mintákat konzerválni kell, a pH értéket salétromsavval 2-re állítjuk be.

A dúsítás kétféleképpen történhet: oszlopos adszorpcióval vagy rázó módszerrel.

Az oszlopos adszorpciónál a mintát az adszorpció lépés előtt megfelelően kezelni kell, a fentiekben leírt módszer szerint. Az adszorpció oszlop elkészítéséhez kerámiaagyapot és speciális klórmentes aktív szenet használunk. Az így előkészített oszlopon vezetjük keresztül a minta egy adott térfogatát. Az adszorpció oszlopát a mikrocoulómeterbe helyezve 1000 °C-on elégetjük a szenet és a szerves klórvegyületeket, és a keletkezett hidrogénhalogénideket kvantitatívan meghatározzuk Faraday törvénye alapján.

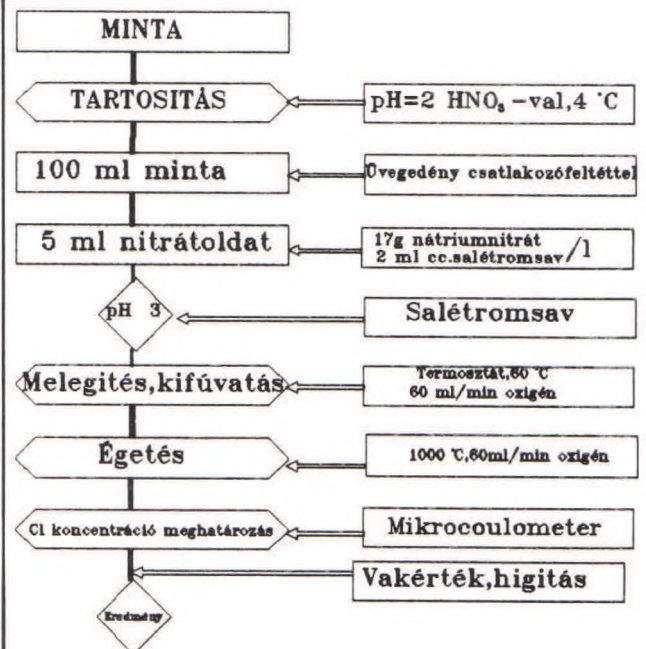
A rázó módszerrel a megfelelően előkészített (pH = 2) mintához kb. 50–60 mg aktív szenet adunk és megfelelő rázóberendezésen 1 órán keresztül rázzuk. A lombik tartalmát polikarbonát szűrőn átszűrjük és a minta AOX-tartalmát égetés után mikrocoulómetrikus titrálással határozzuk meg.



5. ábra. Az AOX-meghatározás folyamata

POX meghatározása (6. ábra)

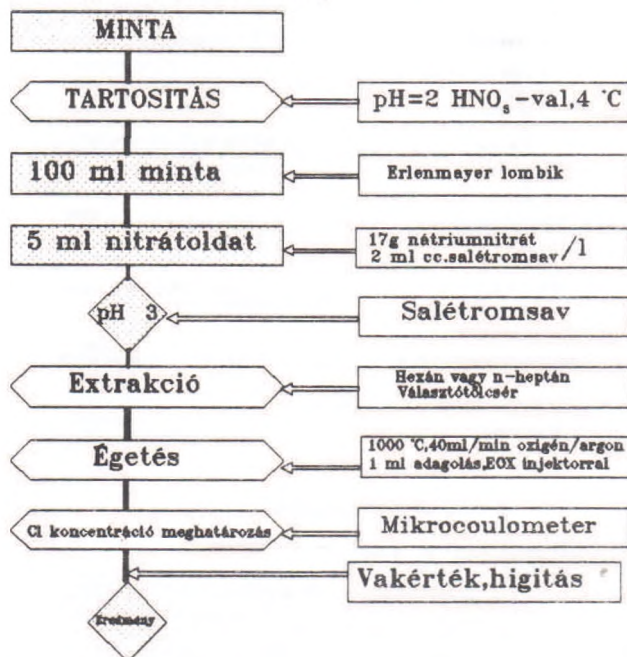
A POX az illó vegyületek meghatározását jelenti. A mintát csatlakozófeltétellel ellátott üvegedénybe helyezzük és az üvegedényt termosztát segítségével 60 °C-ra fűtjük fel. Előzetesen a csatlakozófeltételt egyik ágát az oxigénáramhoz, másik ágát az égetőcsőhöz csatlakoztatjuk. Az adott hőfokon illó szervesen kötött halogénvegyületeket 1000 °C-on elégetjük és a keletkezett hidrogénhalogénideket mikrocoulómetrikus titrálással határozzuk meg.



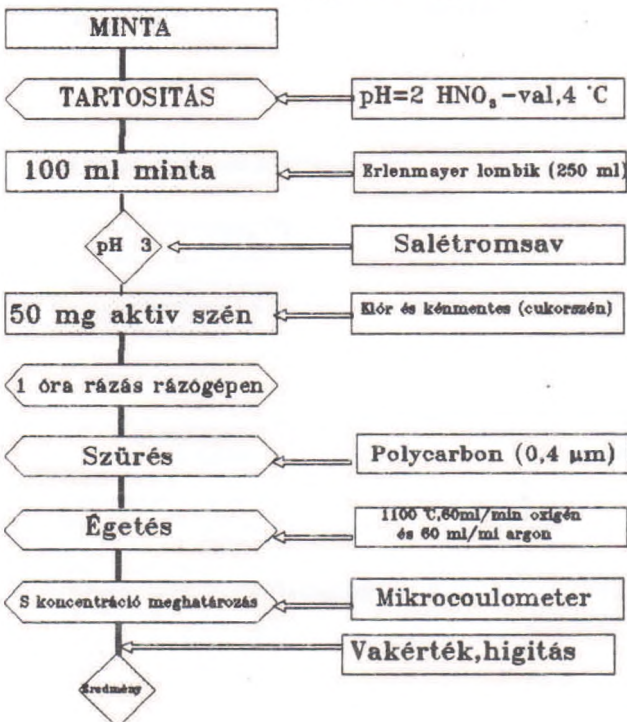
6. ábra. A POX-meghatározás folyamata

EOX meghatározása (7. ábra)

A nem poláros halogénezett szénhidrogének meghatározására szolgáló eljárás. A mintákat szerves oldószerrel, általában hexánnal vagy heptánnal választótölcsérben extrahálni kell és a szerves fázisból határozzuk meg a szervesen kötött halogéntartalmat. Az eljárás szobahőmérsékleten megy végbe. A különböző iszapok mintaelőkészítéséhez alaposabb módszerekre van szükség. Mivel a szerves halogének erősen kötődnek adszorpció kötésekkkel a szilárd anyagokhoz, így az extrakciót magasabb hőfokon kell végrehajtani. Az alkalmazott 80 °C azonban a könnyen illandó vegyületekben veszteséget okoz, így ezeket a könnyen illó vegyületeket nitrogénáram segítségével egy kromatográfiás oszlopon hajtjuk keresztül, ahol a szerves vegyületek a speciális ún. XAD gyantához kötődnek 0 °C-on. Az adszorbeált anyagokat szerves oldószerrel (hexánnal és dietiléterrel) eluáljuk és 1000 °C-on elégetjük. A keletkező HX-et mikrocoulometrikus titrálással, kloridként határozzuk meg.



7. ábra. Az EOX-meghatározás folyamata

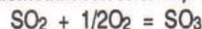


8. ábra. Az AOS-meghatározás folyamata

AOS meghatározása (8. ábra)

A számtalan szerves kénvegyület egyedi meghatározása mellett összetett mennyiségük is fontos lehet. Az összegző paraméterek jellegzetessége, hogy anyagspecifikus mérési értéket szolgáltatnak. Az AOS esetében bonyolítja a helyzetet, hogy természetes anyagok (pl.: fehérjék) bomlása is hozzáadódhat a mért értékhez.

Az AOS meghatározásánál kénmentes cukorszenet kell használni az adszorpcióhoz. A feldúsított mintát az infravörös kemencében mineralizáljuk és az itt keletkező kéndioxid gázt mikrocoulometrikusan analizáljuk. A mineralizációnál nagyon fontos az égetési hőfok és a hordozógázban az oxigén parciális nyomása. A probléma az, hogy a kén átalakítása kéndioxidra nem sztöchiometrikusan történik, kéntrioxid is keletkezik:



Az egyensúlyi állandó a következő:

$$K_p = \frac{(P_{\text{SO}_2})^2}{(P_{\text{SO}_3})^2} \cdot P_{\text{O}_2}$$

ahol K_p az egyensúlyi állandó, P a parciális nyomás.

A K_p függ a hőmérséklettől is, ezért a minta elégetését lassan, kevés oxigénnel és magas hőfokon (1100 °C) kell végezni. A hőmérsékletfüggést a következő egyenlet írja le:

$$\log K_p = 6,38 \log T_k - (9480/T_k) - 0,0049 T_k - 5,41$$

ahol T_k a hőmérséklet K-ben.

Összefoglalás

A mikrocoulometér, a speciális előkészítő berendezésekkel együtt alkalmas folyadékokból és szilárd anyagokból az AOX, az EOX (vizes, oldószeres extrakció), a POX és az AOS meghatározására.

A papíriparon kívül a következő fő tevékenységi források következménye a szerves halogénvegyületek természetbe kerülése:

- bizonyos vegyipari termelési folyamatok,
- motorok, valamint fa-, hulladék- és szennyvíziszap-égető berendezések égéstermékei,
- fosszilis tüzelőanyagokat felhasználó kis tüzelőberendezések,
- fémátolvasztó üzemek.

A leírt módszerek alkalmazásával kimutathatók a toxikus, karcinogén, bioakkumulatív, szervesen kötött halogének és a szervesen kötött kénvegyületek, elősegítve ezzel a környezetbarát termékek és technológiák nagyobb mértékű elterjedését.

933 084 115-117

Irodalom

- [1] S. M. Odendahl, K. M. Weishar, D. W. Reeve: Pulp & Paper, Canada, 91:4 T136-T140, (1990).
- [2] B. I. Fleming: Pulp & Paper, April, p. 59-62, (1992)
- [3] I. Demel: Allgemeine Papier-Fundschau, p. 56-59, (1986)
- [4] D. W. Reeve: Tappi Journal, p. 63-69, (1992)
- [5] Pungor Ernő: Analitikusok kézikönyve, (1987)

A Veszprémi Egyetem az 1993/94-es tanévben felvételt hirdet

a MŰSZERES ANALITIKAI SZAKMÉRNÖKI SZAK-RA

A szak oktatási programja 4 féléves, félévenként 3x1 hetes elméleti és gyakorlati képzéssel. A félévek 3-4 kollokviummal zárulnak, a szak oktatása pedig államvizsgálattal zárul.

Az eredményes államvizsgát tett hallgatók

okl. műszeres analitikai szakmérnök

diplomát kapnak.

Jelentkezési határidő: 1993. október 31.

Jelentkezési lap, információ:

Dr. Pap Tamás egyetemi docens
Veszprémi Egyetem, Analitikai Kémia Tanszék
8201 Veszprém, Pf. 158
Tel.: (88) 322-022 Fax: (88) 326-016

Szilikátszálak korróziója ipari körülményeknél

Dr. Wojnárovits Ilona*

Vizsgáltuk a Paksi Atomerőmű csővezetékeinek hőszigetelésére kísérletileg alkalmazott, alkálifémmentes üvegszövettel burkolt „A” típusú bazaltgyapot különböző körülmények melletti korrózióját. Megállapítottuk, hogy 260 °C átlaghőmérsékleten az „A” bazaltgyapot és üvegszövet egyaránt alkalmazható, míg 650 °C-on mindkét anyag élettartamának erős csökkenése várható. 650 °C szigetelési hőfokon célszerű a speciális, pl. az általunk is vizsgált „B” típusú bazaltgyapot felhasználása. A 260 °C átlaghőmérséklet és a vizes közeg együttes hatása az „A” bazaltgyapot nagyfokú károsodását okozza. Ilyen körülményeknél az „A” bazaltgyapot helyett pl. a kaolintípusú szálanyagok javasolhatók. Az alkálifémmentes alumínium-szilikát szálak alkalmazása kiküszöbölne az üvegszövet korróziójának iniciálódását is, amely a bazaltgyapot és üvegszövet együttes alkalmazásánál nagymértékű.

Bevezetés

Az ipari körülmények között fellépő komplex korróziós hatások a szálanyagok élettartamát erősen csökkenthetik [1]. Ez szükségessé tette, hogy a Paksi Atomerőmű csővezetékeinek hőszigetelésére kísérletileg beépített, alkálifémmentes üvegszövettel burkolt A bazaltgyapot korrózióját a következő alkalmazási feltételek mellett vizsgáljuk:

- 260 és 650 °C szigetelési hőfokon víz jelenlétének kizárásával;
- 260 °C átlaghőmérséklet és mosófolyadék (tisztá víz) együttes hatása;
- 260 °C hidrazintartalmú kazántápvíz együttes befolyása.

A lejátszódo folyamatokra egyrészt a hejlesztésről származó minták vizsgálata, másrészt a laboratóriumi modellkísérletek eredménye alapján kezeltünk. A beépített szálanyagok megengedtnél nagyobb mértékű károsodása esetén, javaslatot tettünk más típusú anyagok alkalmazására is. Ennek megalapozására egy kaolintípusú szálanyaggal és egy speciális B bazaltgyappal is összehasonlító vizsgálatokat végeztünk. A tanulmányozott szálanyagok legfontosabb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Vizsgált szálanyagok kémiai összetétele és átlagos szálátmérője

komponensek	A	üvegszövet	kaowool	B
	bazaltgyapot			bazaltgyapot
tömeg %				
Izz. vesz.	-	1,02	-	-
B ₂ O ₃	-	6,63	-	-
SiO ₂	48,68	53,28	53,65	46,58
Al ₂ O ₃	12,74	14,96	44,90	15,27
Fe ₂ O ₃	1,25	0,35	0,11	5,28
FeO	6,00	-	-	6,05
TiO ₂	0,72	0,33	<0,01	2,44
CaO	16,05	20,50	0,50	10,88
MgO	12,09	1,86	0,21	8,58
K ₂ O	0,43	0,42	<0,01	1,36
Na ₂ O	1,57	0,33	0,24	2,58
SO ₃	0,16	0,1	-	-
MnO	0,02	-	-	0,17
Cu, Cr, Zn	-	-	<0,10	-
Cd, Pb, Zr	-	-	<0,10	-
Cl, F	-	-	<0,01	-
átlagos szálátmérő (μm)	4,48	6,6	3,99	5,28

Vizsgálati módszer

A szálanyagok hőkezelése során létrejövő változásokat elektronmikroszkópi, röntgendiffrakciós és szálméchanikai módszerekkel tanulmányoztuk, melyeket korábbi munkánkban [2] részleteztünk.

A fokozatos felfűtés melletti hőkezelések pontos paramétereinek betartására a Pt-tégelybe helyezett, azonos tömegű mintákat programozható fűtési derivatográf kemencében hőkezeltük, majd szobahőmérsékletre hűtöttük. A felfűtési sebesség 5 °C/min, az adott hőfokon való hőntartás 3

óra volt. 260 °C-on háromszoros hőlökést (az ismertetett kezelés háromszori ismétlését) is alkalmaztuk.

Az eredeti és 260 °C-on (3x3 órát) hőkezelt anyagok vizes korrózióját 98 °C-on végzett folyamatos eluálással modelleztük. Ennek során a mintákat 1:40 anyag-víz tömegarány mellett (5 g anyag + 200 ml desztillált víz), csavarmenettel záródó tetejű teflon edényben 98 °C-on különböző ideig kezeltük. Ezután az oldatot szűrőpapíron való átszűréssel elkülönítettük. A szálanyag mosófolyadékával kiegészített és adott térfogatra hígított (250 ml) oldatban levő komponenseket kémiai analízissel határoztuk meg. A bazalt- és üvegszálak együttes kezelésénél az anyagfajtánként 2,5 g (azaz összesen 5g) mintát ugyancsak 200 ml desztillált vízben eluáltuk.

2. táblázat: Hidrazintartalmú kazántápvíz szervesetlen kémiai összetétele

komponensek	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	B ₂ O ₃
menyiség (mg/l)	1,78	96,70	0,55	0,55	6940

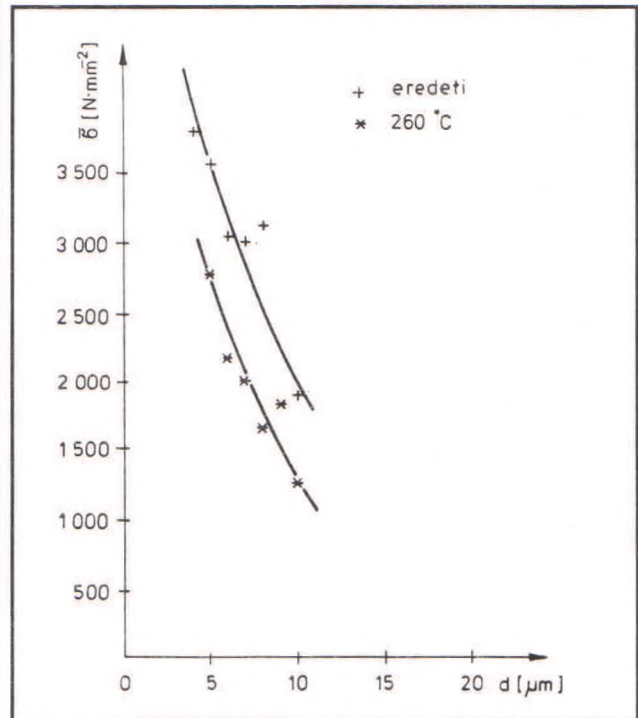
A nagymennyiségű kálium- és bór-oxidon kívül (2. táblázat), hidrazint is tartalmazó kazántápvíz hatását a desztillált vizes eluálásnak megfelelő kísérleti feltételeknél tanulmányoztuk.

A vizes közegben lejátszódo szálkorróziót a kémiai, morfológiai, mikroszondás és mechanikai változások alapján jellemeztük. Az egyes ábrákon feltüntetett kioldott anyagmennyiség 5 g mintára vonatkozik.

Vizsgálati eredmények

Hőhatásra (260 és 650 °C-on) létrejövő szálkorrózió

A szálméchanikai mérések alapján (1-2. ábrák) megállapítottuk, hogy 260 °C-on ismételt hőlökésnek (3x3 óra) kitétt A bazaltgyapot, valamint az üvegszövet szálainak szakítószilárdsága, változatlan elaszticitás mellett, egyaránt csökken, mely a röntgenamorf anyagok likvációjának tulajdonítható. 650 °C-on az üvegszálak mechanikailag már nem minősíthetők

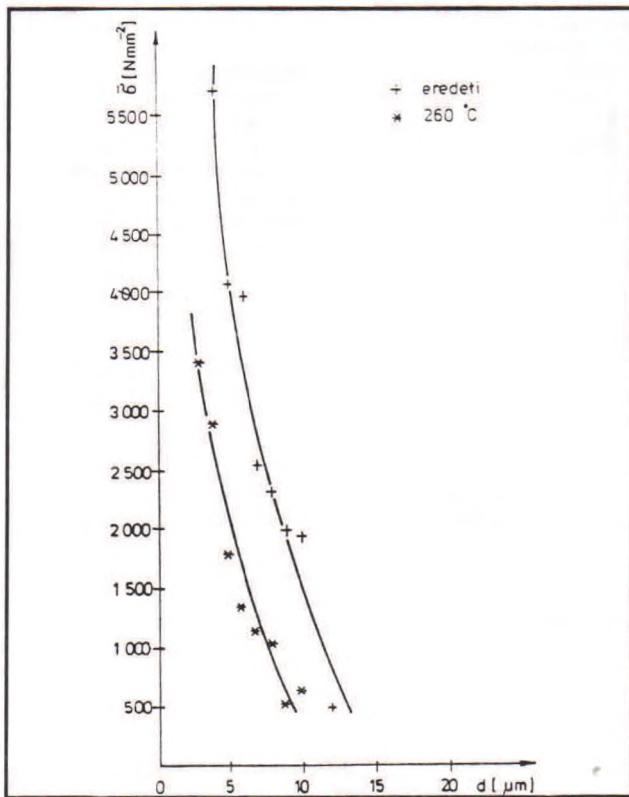


1. ábra. Hőkezelt A bazaltgyapot szakítószilárdságának változása

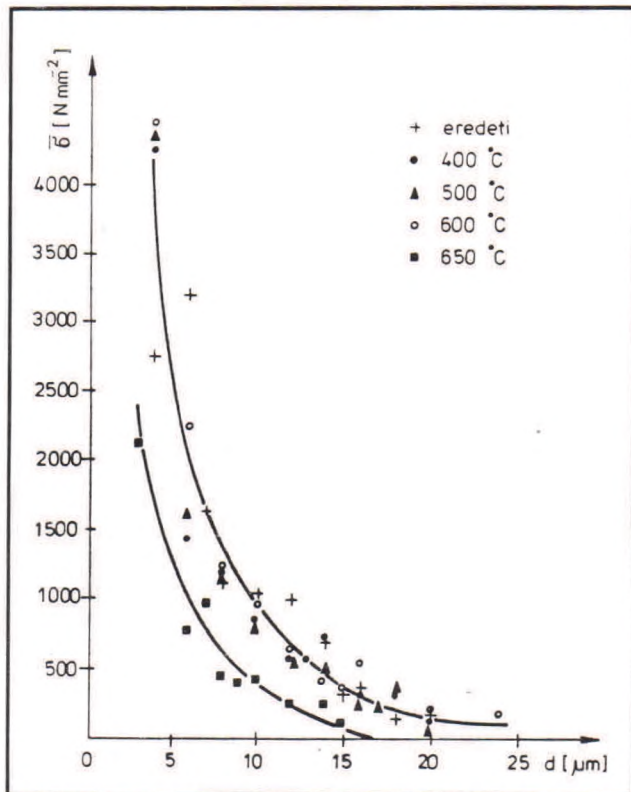
* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

(befogás közben eltörnek). Ez a jelenség az A bazaltgyapotnál már 500 °C-on jelentkezik.

A korrodeált szálanyagok megengedhető mechanikai változásának azt az állapotot tekintettük, amelynél az anyag még mérhető mechanikai paraméterekkel rendelkezik. A mechanikai stabilitás nagyfokú csökkenésével ugyanis a szálhalmaz erős aprózódása és ezáltal szigetelő funkciójának romlása jön létre.



2. ábra. Hőkezelte üvegszövet szálak szakítószilárdságának változása



3. ábra. Hőkezelt B bazaltgyapot szakítószilárdságának változása

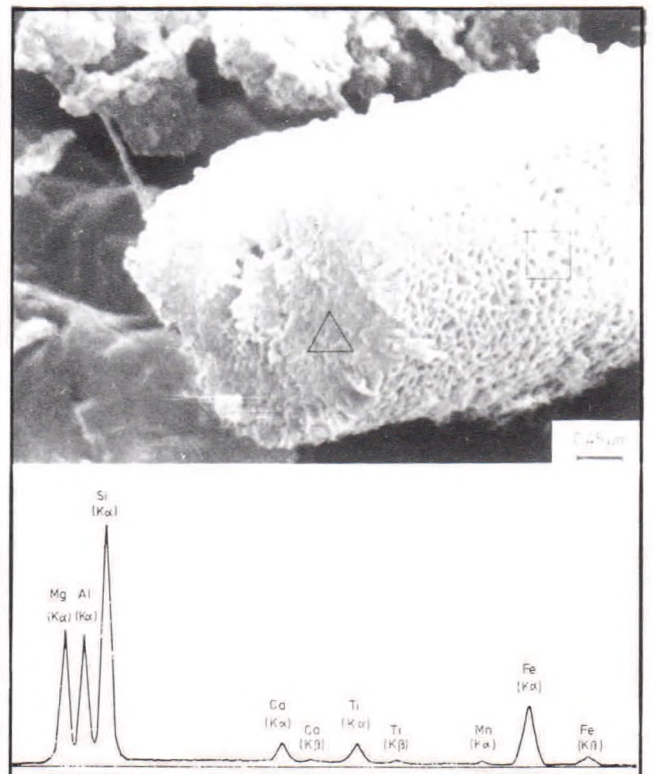
Az előzőek alapján megállapítható tehát, hogy 260 °C-on mindkét száltípus biztonságosan alkalmazható, míg 650 °C-on a szigetelés élettartamának erős csökkenése várható. 650 °C hőmértékletnél célszerű speciális bazaltgyapotot, mint pl. a B típusú anyagot, alkalmazni, mely ezen a hőmérsékleten még mérhető szakítószilárdságú (3. ábra).

A bazaltgyapotnál lényegesen drágább, általunk vizsgált kaowoolnál 650 °C-on számottevő mechanikai változást nem tapasztaltunk. Az anyag röntgendiffrakcióval kimutatható kristályosodása kb. 1000 °C-on indult meg, míg ez a különböző bazaltgyapotoknál 700–800 °C tartományban jött létre.

A Paksi Atomerőmű csővezetékeinek hőszigetelésére kísérletileg beépített, üvegszövetrel burkolt A bazaltgyapot esetén vizsgáltuk a 260 °C átlaghőmérséklet és a kazántápvíz együttes hatására másfél év alatt

Ipari minták korróziója a 260 °C átlaghőmérséklet és a hidrazintartalmú kazántápvíz együttes hatására

A Paksi Atomerőmű csővezetékeinek hőszigetelésére kísérletileg beépített, üvegszövetrel burkolt A bazaltgyapot esetén vizsgáltuk a 260 °C átlaghőmérséklet és a kazántápvíz együttes hatására másfél év alatt

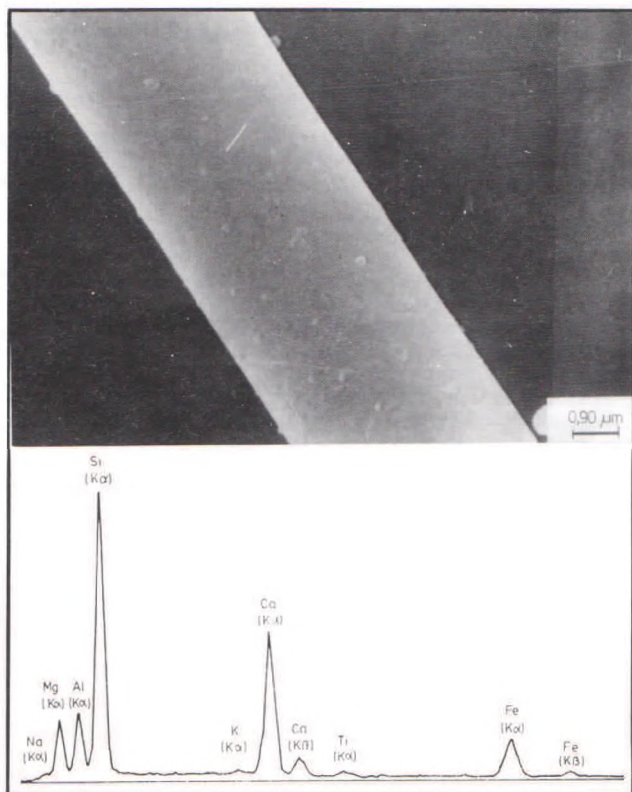


4. ábra. Iparilag másfél évet beépített A bazaltgyapot morfológiája és röntgenspektruma

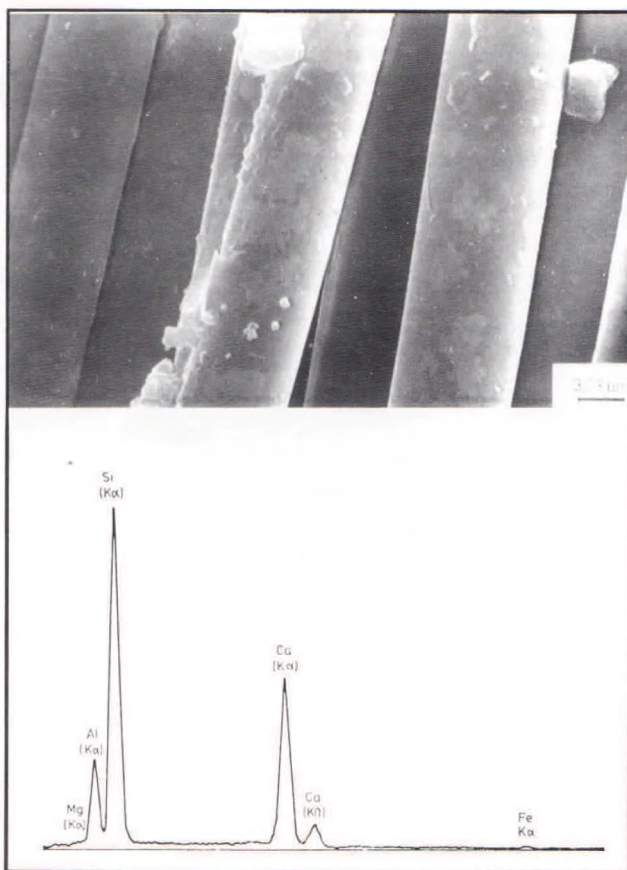
lejártszódó korróziót. A bazaltszálak teljes metszetű kilugozása folytán szivacszerű textúra maradt vissza (4. ábra). Ez a jelenség a szálaokról felvett röntgenspektrumok összehasonlítása alapján (4. és 5. ábrák), a bazaltgyapot kalciumtartalmának szinte teljes mértékű kioldódásával jár. Az üvegszövet szálai is nagymértékben roncsoltak (6. ábra). A belső szálrészek fokozott oldódása következtében, helyenként csőszzerű alakzatok maradtak vissza. Az eredeti anyaghoz képest (7. ábra), a korrodeált szálak kalciumtartalma csökkent, míg a magnézium, alumínium, titán, és a vas relatív koncentrációja növekedett (6. ábra).

A meglepően intenzív korrózió okával kapcsolatban a következő kérdések merültek fel:

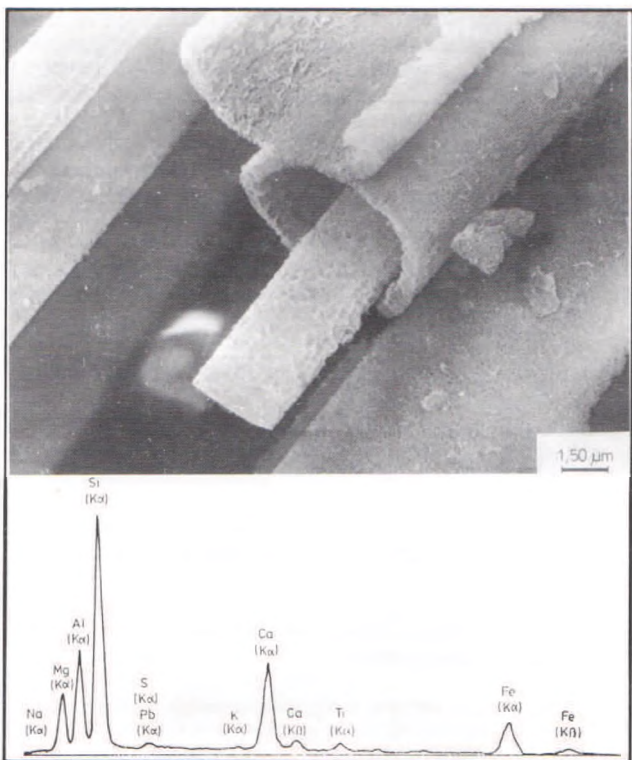
- csupán a vizes behatás okozhat-e ilyen nagymértékű változást?
 - a két szálanyag együttes jelenléte fokozza-e a korróziót?
 - mi a kazántápvízben levő komponensek hatása?
 - milyen szerepet játszik a hő és víz együtt?
- Ezeknek a kérdéseknek a megválaszolására modellkísérleteket végeztünk.



5. ábra. Eredeti A bazaltgyapot morfológiája és röntgenspektruma

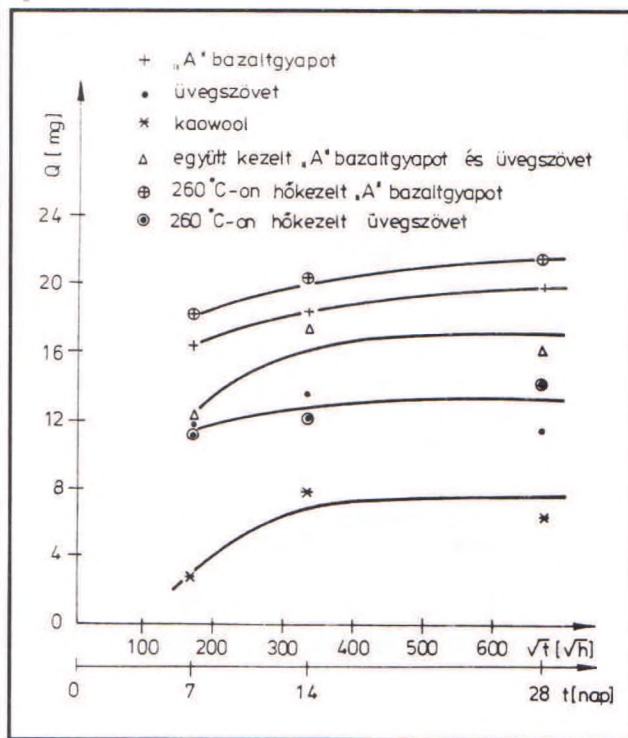


7. ábra. Eredeti üvegszövet szál morfológiája és röntgenspektruma



6. ábra. Iparilag másfél évet beépített üvegszövet szál morfológiája és röntgenspektruma

tanulmányozott kaolintípusú szál oldódásának erős csökkenése kb. 2 hét után figyelhető meg.



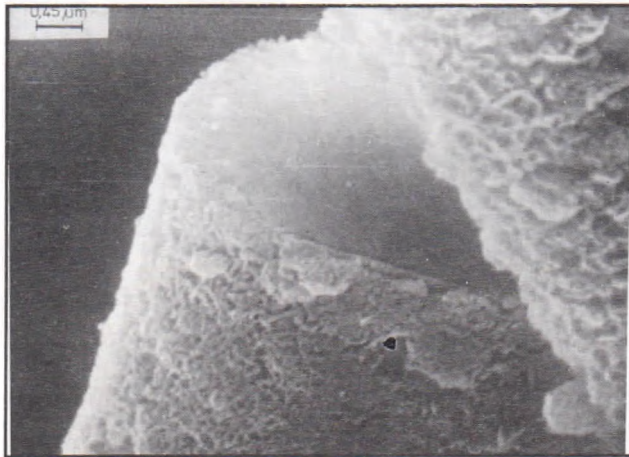
8. ábra. Különböző minták 98 °C-os folyamatos desztillált vizes eluálásánál kioldott komponensek tömege

Modellkísérletek

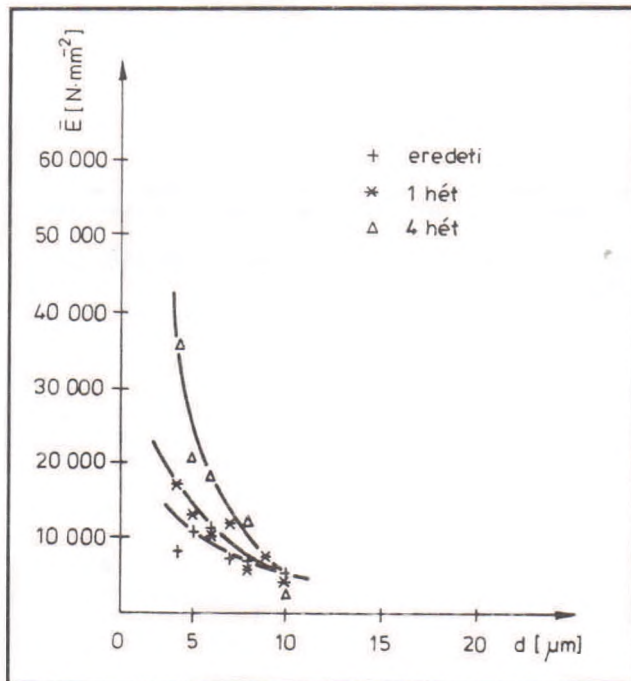
1. Folyamatos desztillált vizes kezelés során, a bazalt- és üvegszálak korróziója, feltehetően a kioldott komponensek inhibitor szerepe miatt [3], már egy hét után erősen lelassul (8. ábra). Az összehasonlításképpen

A bazaltgyapot vizes korróziójánál erős morfológiai változás jellemző (9. ábra) és egy hét után, a nagyfokú szálaprózódás miatt, az anyag mecha-

nikai vizsgálatra már alkalmatlan. A nagyobb hálózatkötő-oxid ($\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$) tartalmú üvegszálak szakítószilárdsága a négyhetes kezelés során változatlan, csak növekvő száleliridgedés jön létre (10. ábra). A négy hétig kezelt kaowool megőrizte mechanikai stabilitását és mikroszkópi vizsgálattal sem volt megállapítható lényeges változás.



9. ábra. Az A bazaltgyapot 1 hét 98 °C-os folyamatos desztillált vizes kezelés után



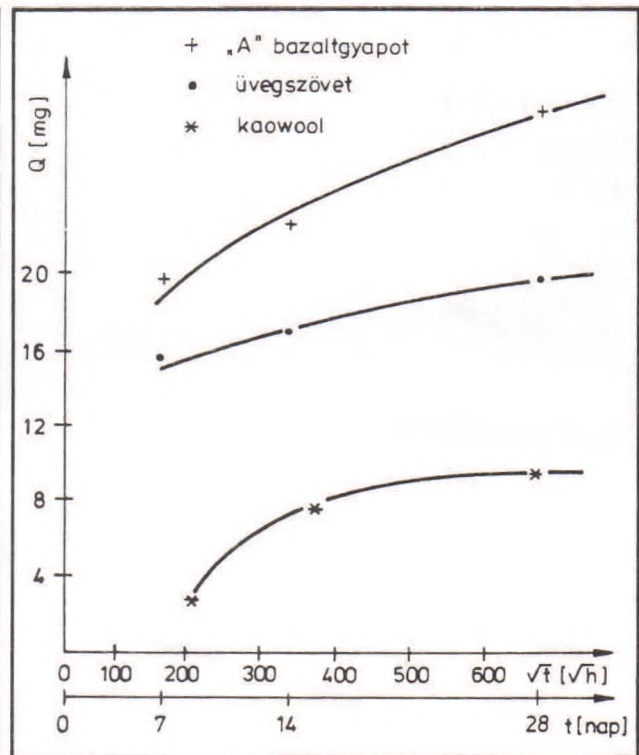
10. ábra. Üvegszövet szál elaszticitásának változása 98 °C-os folyamatos desztillált vizes kezeléskor

2. A bazaltgyapot és üvegszövet 1:1 tömegarányú együttes vizes korróziója során, a kioldott komponensek mennyisége a két mintára külön-külön jellemző adatok közötti értékeket ad (8. ábra).

Az elektronmikroszkópi vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a két anyag együttes jelenléte a bazaltgyaptra inhibitor, míg az üvegszövetre iniciáló hatású. Ez utóbbi oka, hogy az üvegszövethez képest több módosító kationt tartalmazó bazaltgyapot kilugozódásával, az oldat megnövekedett pH értéke folytán az üvegszálak erősebben oldódnak, mint önmagukban.

3. A 260 °C-on a 3x3 órás hőkezelés az üvegszálak oldódását nem befolyásolja, míg a bazaltgyapotét fokozza (8. ábra). Ez utóbbi magyarázata, hogy a bazaltszálak nagyobb mértékű likvációja segíti a repedési helyek kialakulását és ezáltal a száloldódást.

4. A hasonló körülményű desztillált vizes eluáláshoz képest, a hidrazintartalmú kazántápvíz a bazalt és üvegszálak korrózióját elősegíti, míg a kaowoolét lényegesen nem befolyásolja (8. és 11. ábrák).



11. ábra. Szálasanyagok 98 °C-os folyamatos kazántápvizes eluálásakor a kioldott komponensek tömege

Következtetések

A Paksi Atomerőműből származó szigetelések vizsgálata, valamint a modellkísérletek eredménye alapján az A bazaltgyapot és az alkálifémmentes üvegszövet alkalmazhatóságára a következő megállapítások tehetők:

- 260 °C-on (víz kizárásával) mindkét száltípus időálló, míg 650 °C-on a szigetelés élettartamának erős csökkenése várható. 650 °C hőmérsékletnél célszerű speciális, pl. B típusú bazaltgyapotot alkalmazni;
- Folyamatos vizes behatásnál (az önmagukban korrodált mintáknál) a bazaltszálak teljes metszetű kilugozódása és ezáltal mechanikai stabilitásának megszűnése jön létre. Az üvegszálaknál ezzel szemben csak kismértékű a korróziós változás. Vízzel érintett helyeken a bazaltgyapot helyett, pl. kaolintípusú anyagok javasolhatók;
- A két szálasanyag együttes vizes korróziója (pl. üvegszövetburkolatú bazaltgyapot) a bazaltszálak oldódására fékező, míg az üvegszálakéra fokozó hatású;
- A „tisztá” víz jelenlétéhez képest, a hidrazintartalmú kazántápvíz mindkét anyag korrózióját gyorsítja;
- Hő és víz együttes hatása az üvegszálak korrózióját nem befolyásolja, míg a bazaltgyapotnál iniciáló hatású.

993 087 119

Irodalom

- [1] Wojnárovits, I.: Sprechsaal, 121, 1988, 6, 470–473.
- [2] Wojnárovits, I.: Glastechn. Ber., 61, 1988, 6, 157–160.
- [3] Wojnárovits, I.: Sprechsaal, 120, 1987, 9, 752–755.

Polietilén gázvezetékcsövek gyorsrepedésterjedési tulajdonságainak vizsgálati tapasztalatai

Mihálovits István*

A polietilén csöveket gázvezeték építése céljára a 60-as évek elején kezdték alkalmazni, először az USA-ban, ahol a DuPont cég vezette be a gázhálózat fejlesztésénél. Még a 60-as évek során megkezdődött Nyugat-Európában is a polietilén gázvezeték építése. A 70-es évek elején a polietilén csövek anyagának második generációja révén, az anyagtulajdonságok javításával együtt nőtt a gázhálózatokban megengedett nyomás, a kezdeti 2 barról 4 bar nyomásra, számos helyen ezt meghaladó értékre.

Magyarországon 1972 óta folyik polietilén csövekből a gázhálózatok építése, és ma az ország gázelosztó-hálózatának tekintélyes hányadát képezi.

1988-ban jelent meg a polietilén harmadik generációja, az Eltex TUB 121 márkajelű anyag.

Kezdetben a gázcsőgyártáshoz szükséges alapanyag kiválasztásánál olyan szempontokat vettek figyelembe, mint a feldolgozhatóság, a hegeszthetőség, a megfelelő szilárdság és ennek feltételezhető időbeli állandósága, amelyek ma is az alkalmazás elsődleges kritériumai.

A gyakorlati alkalmazás során – az üzemi nyomások sokszor kényszerű, de gazdaságilag is csábító növelése folytán – észlelték – különösképp alacsony környezeti hőmérséklet mellett – az ún. gyorsrepedési jelenséget. Ennek során a belső gáznyomás alá helyezett csöveken (valamely repedésindítási hatásra) hosszirányú repedés jön létre, amely a belső gáznyomás szolgáltatta energia hatására a cső jelentős hosszán nagy sebességgel végighalad, miközben sajátos repedésalakot ír le. Előfordultak több száz méter hosszúságú gyorsrepedési esetek is.

E gyakorlati tapasztalatok nyomán kezdtek foglalkozni a jelenség megismerésével, létrejötte feltételeinek, valamint a különböző anyagok repedés-szel szembeni ellenállóképességének vizsgálatával.

A vizsgálatok során többféle úton indultak el:

- a már ismert és használt laboratóriumi mechanikai anyagvizsgálati módszerek irányába, illetve ezek reproduktív problémái miatt
- a valóságos csöveken, a valóságoshoz közelálló körülmények között végzett módszerek irányába.

Kezdetől fogva nyilvánvaló volt, hogy e módszerek egymást kiegészítve lesznek majd alkalmasak az anyagok tulajdonságainak jellemzésére.

Jelen cikkben azon – polietilén csöveken végzett – gyorsrepedési hajlam vizsgálatokról számolok be, amelyeket az AGMI Rt-ben az elmúlt néhány év során hajtottunk végre. A csövek gyorsrepedési hajlamának vizsgálatához a módosított Robertson és a teljes méretű (full-scale) eljárásokat alkalmaztuk, amelyekhez megfelelő berendezéseket építettünk 1990-ben.

A gyorsrepedési hajlam Robertson-féle vizsgálati módszerei

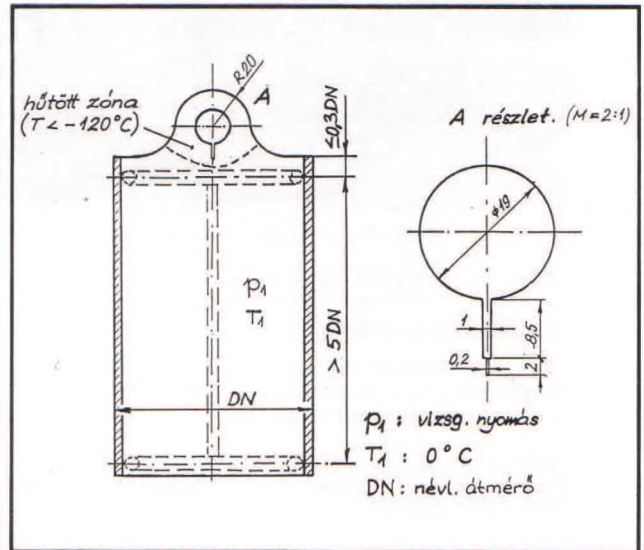
A Robertson-féle eljárások egyike a kemény polietilén (KPE) csőből megfelelően kialakított próbadarabokat használ, amelynek vázlatát az 1. ábra mutatja. A cső két vége gáznyomásra tömített, egyik végére sajátos kialakítású fül, a fülön belül bemetszés készül. A cső hossza – a vizsgálati hossz – a módosított Robertson eljárásnál legalább $5 \cdot D$ (ahol D a cső külső átmérője).

A másik, a full-scale módszernél a cső egyik végét ugyancsak az 1. ábra szerinti fül zárja le, míg a vizsgálati hossz – a kísérleti körülmények megszabta korlátok között – megközelíti a hálózatba épített cső viselkedését biztosító, a végtelen hosszúsághoz közelálló csöveket.

A vizsgálati hőmérséklet: 0°C .

Mindkét módszernél a repedés indítása a fülrészre mért, megfelelő energiájú ütéssel történik. A szokásos üténergia 50 J. Annak érdekében, hogy az ütés hatására a repedés a csőnek a belső nyomással terhelt szakaszáig terjedjen – a fül ugyanis a nyomásmentes zónában van – a bemetszés környékét (a fülel) folyékony nitrogénnel lehűtik kb. -120°C hőmérsékletre. A repedésindítás ellenőrzésére egy belső nyomással nem terhelt csövön végzik el a vizsgálatot.

*AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.



1. ábra A próbatest kiképzése a csövekből

A csövek gyorsrepedési hajlamának vizsgálatát különböző nagyságú belső nyomás mellett végzik el. Ennek során vizsgálják a létrejött repedés hosszát, illetve viszonyítják azt a csőátmérőhöz.

Az AGMI Rt-ben kétféle berendezést építettünk a leírt változatok szerinti vizsgálatához:

- a módosított Robertson-féle próbához egy ejtőberendezést 50 J ütőenergiával. Itt a cső vizsgálati hossza $5 \cdot D$. A vizsgálható legnagyobb csőméret: $D = 200$ mm.
- a teljes méretű (full-scale) eljárásához ingás ütőművet. Az ütőenergia ugyancsak 50 J, az ütőmű és ejtőmű azonos ütéssebességgel van tervezve. A vizsgálható csőhossz gyakorlatilag korlátlan, csupán technikai kérdés. A csövek hűtése, jelenlegi kiépítésben, 6 méter hosszúságig megoldott.

Az elvégzett gyorsrepedési hajlam vizsgálatok

- Különböző márkajelű, második és harmadik generációs keménypolietilén (KPE) alapanyagból készült csövek módosított Robertson-féle vizsgálata az ejtőgéppel.

A csövek átmérője: 110, 160 és 200 mm.

Nyomásfokozata: P 10 (SDR = 11) (SDR = átmérő-falvastagság viszony).

A vizsgálati nyomástartomány a második generációs csöveknél:

1–10 bar, a harmadik generációs csöveknél: 4–15 bar.

- A harmadik generációs alapanyagból gyártott, 110 mm átmérőjű, P 6 nyomásfokozatú (SDR = 17.6) csövek módosított Robertson-féle vizsgálata ejtőgéppel.

A vizsgálati nyomástartomány: 4–15 bar.

- A második generációs alapanyagú, 6 m gyártási hosszúságú csövek vizsgálata fekvő helyzetben, ingás ütőművel, (2. ábra).

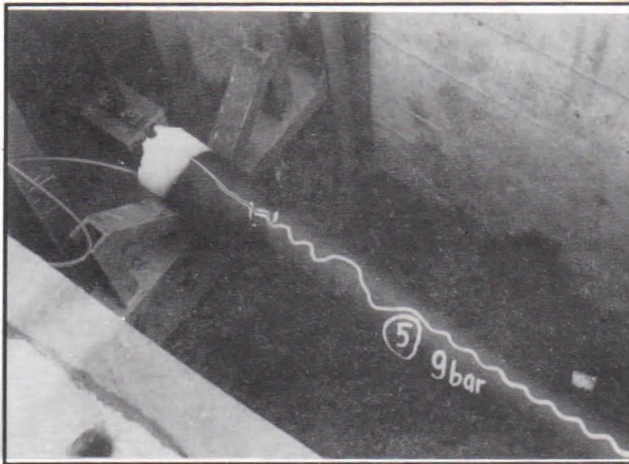
A csövek átmérője: 110, 200 és 315 mm.

Nyomásfokozat: P 10 (SDR = 11).

A vizsgálati nyomástartomány: 1–12 bar.

A vizsgálatokhoz a csövek hűtése a rövid csövek esetében kompresszoros hűtőládában, a hosszú csövek esetében hőszigetelt ládában, jégbe ágyazva történt. A hűtési idő legalább 22–24 óra.

A belső gáznyomást palackból, nyomáscsökkentőn át vett sűrített nitrogénnel biztosítottuk.



2. ábra A gyorsrepedési hajlam vizsgálata full-scale módszerrel

A vizsgálat eredményei

A módosított Robertson vizsgálat

- A vizsgálat során a második generációs anyagból készült csöveken kialakult repedéshossz már 2 bar nyomásnál az átmérő 2.5-4.4-szerese, és a nyomás növelésével lényegében nem változik. Erre mutat példát az 3. ábra.
- A harmadik generációs csöveken 4-15 bar nyomástartományban a repedéshossz független a nyomástól és hozzávetőlegesen az átmérő méretével azonos. (4. ábra)



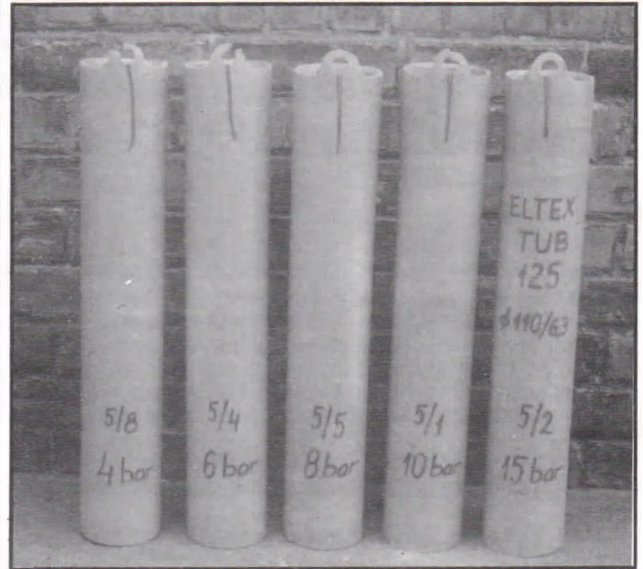
3. ábra A módosított Robertson vizsgálat során, 4 bar nyomáson létrejött repedések különböző gyártmányú, második generációs anyagú csöveken

A full-scale vizsgálat

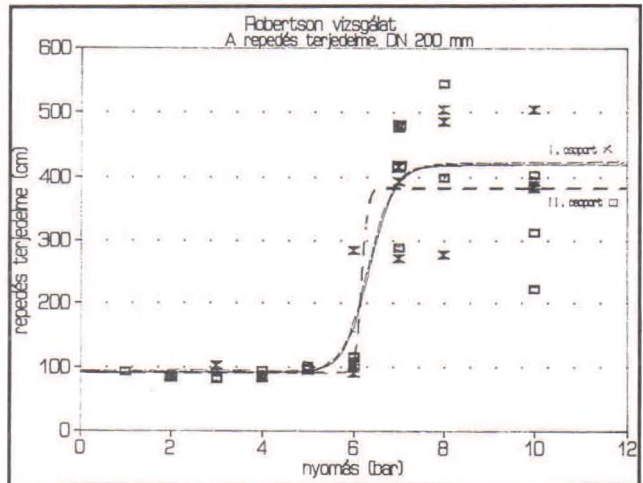
A hosszú csöveken végzett (full-scale) vizsgálat esetén – amelyet a második generációs anyagú, 6 m hosszúságú csöveken végeztünk – a repedéshossz az 5. ábrán bemutatott függvény szerint változik. Látható, hogy itt egy bizonyos nyomáshatár alatt a repedés megáll [a repedéshossz e tartományban (4-5). D és a nyomástól független], e felett a hosszát lényegében a csőhossz korlátozza. (6. ábra)

Az 5. ábra két gyártási adagból (azonos alapanyagból) készített csövek vizsgálati eredményeit tartalmazza.

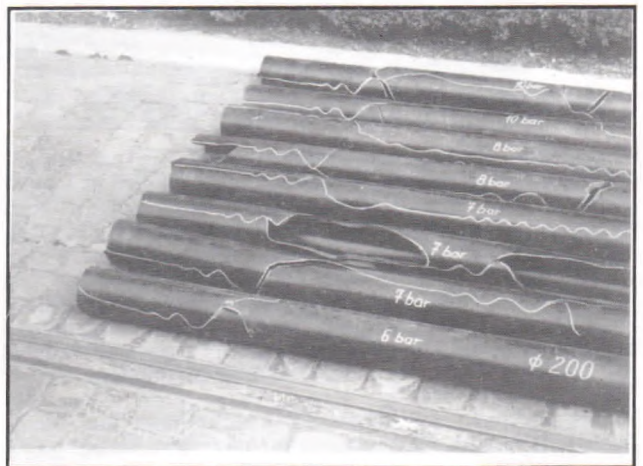
Összefoglalásként tehát megállapítható, hogy a hosszú csöveken végzett gyorsrepedési hajlam vizsgálatoknál meg lehetett határozni a repedésterjedéshez tartozó (kritikus) nyomáshatárt. Ez a nyomáshatár kis mértékben függött a csőmérettől.



4. ábra A módosított Robertson vizsgálat eredménye az Eltex TUB 121 anyagminőségű csöveken, (DN = 110 mm, P6)



5. ábra A repedés terjedelmének változása a nyomás függvényében a full-scale módszerrel vizsgált, DN = 200 mm átmérőjű, második generációs anyagú csöveken



6. ábra Az 5. ábra szerint vizsgált csövek egy csoportja. A 6 bar nyomáson végzett full-scale vizsgálatnál a repedés még megállt, de már nagyobb nyomásoknál a 6 m hosszú csöveken végigszaladt.

A D = 110 mm-es csöveknél (SDR = 11) 8 bar, D = 200 mm-es csöveknél (SDR = 11) 7 bar nyomásnál váltak terjedővé a repedések.

933 091 120

Vékonyfalú zártszelvényű Idomacélból készült hegesztett csomópont vizsgálata fotoelasztikus optikai rétegbevonatos eljárással

Kókuti Attila*

A mérnöki gyakorlatban egy-egy hegesztett csomópont kialakítása mindig kompromisszumos döntések eredménye. A konstrukció kidolgozásánál épp oly fontos a szilárdsági viszonyok ismerete, mint a gyárthatósági, gazdaságossági és funkcionális paraméterek figyelembevétele. Mindezek miatt célszerű egy olyan gyors és olcsó vizsgálat bemutatása, mely alkalmas többek között a hegesztett csomópontok felszíni nyúlásviszonyainak, és így feszültségviszonyainak a tisztázására is.

A felszíni nyúlások ismeretében a csomópont szilárdsági paraméterei nagy biztonsággal megállapíthatók, melyek mind a konstrukciók kialakításánál, mind pedig annak módosításánál mint alapinformációk használhatók.

A fotoelasztikus rétegbevonatos mérési technika Magyarországon az ismeretlenebb eljárások sorába tartozik, amit a témakörrel foglalkozó hazai cikkek alacsonyabb száma is mutat.

Jelen dolgozatban ezen eljárás egy járműparhoz kapcsolódó alkalmazását mutatom be. Teszem ezt azért is, mert a hazai járműépítési gyakorlaton belül elképzelhető, hogy lesznek olyan kritikus problémák, amelyeknek tisztázásához felmerülhet ennek a módszernek az alkalmazása.

Előzmények

Mint tervezőnek számos esetben szembe kellett nézmem azzal a problémával, hogy a járműszerkezetek vékonyfalú zártszelvényű csomópontjai milyen módon legyenek kialakítva, illetve az alkalmazott szelvények hegesztett kötése hogyan és milyen mértékben befolyásolja a csomópont szilárdsági paramétereit.

A kérdéskörre vonatkozóan a hazai szabványok nem igazán igazítják el a gyakorló mérnököt az ilyen csomópontok biztonság, gazdaságosság és megbízhatóság szempontjainak figyelembevételével történő szilárdsági ellenőrzésére, illetve kialakítására.

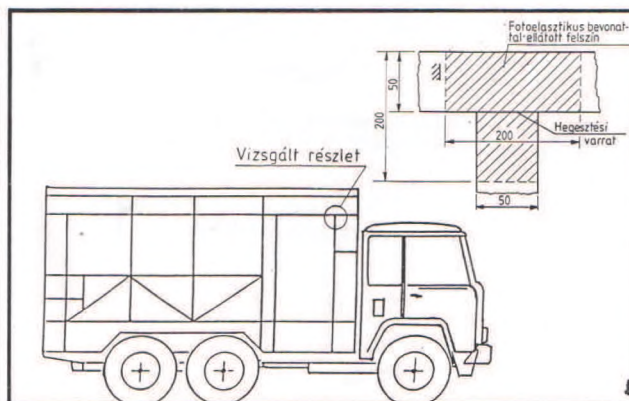
A vonatkozó szabványok szerinti ellenőrző számítások a hegesztett csomópont csak egy bizonyos területére vonatkozathatók, és a törvényszerűen alkalmazandó absztrakció mértéke és módja is nehezen becsülhető. Az ún. szinguláris helyek vizsgálata a szabvány szerinti metodikában nem lehetséges és a hegesztésből adódó járulékos hatások még inkább csökkentik a tényleges igénybevételek helyének és mértékének becsülhetőségét. A technológiai, valamint a járulékos megmunkálásból adódó hibák csak igen nagy közelítéssel vehetők figyelembe.

Ennek a ténynek felismerése tette szükségesé valamely olyan mérési eljárás alkalmazásának a keresését, amely a mérnöki gyakorlat keretei között is gyorsan, és viszonylag egyszerű eszközökkel megbízható eredményeket szolgáltat. Mindezek alapján esett a választás a fotoelasztikus rétegbevonatos mérési eljárás használatára.

Mint kiinduló vizsgálatra, a járműépítési gyakorlatban szinte általánosan alkalmazott ún. vékonyfalú zártszelvényű derékszögcsomópontra esett a választás. A vizsgálat tárgyát képező csomópont kialakítását az 1. ábra mutatja, melynek főbb jellemzői a következők:

- csatlakozó szelvények mérete: MSZ 7329-73 szerinti 50/30x2 méretű, hidegen hajlított, zártszelvényű, téglalap alakú idomacél,
- csatlakozó szelvények anyagminősége: MSZ 500 szerinti A38,
- alkalmazott hegesztési eljárás: fogyóelektródás, CO₂ védőgázás,
- alkalmazott elektródahuzal: Ø 0,8 SG-2.

A csomópontokra vonatkozó szabványok szerint számított, valamint mért feszültségviszonyok elemzésével olyan általánosítható következtetések és javaslatok is levonhatók voltak, melyek úgy érzem, segítséget adhatnak a kérdéskör gyakorlati kezeléséhez.



1 ábra: A vizsgált csomópont környezete és elhelyezkedése a járművázszerkezeten

A mérési technika

Az eljárás részletes ismertetését a dolgozat terjedelmi keretei sajnos nem teszik lehetővé, ezért most csak néhány, a kapott eredmények értékeléséhez elengedhetetlenül szükséges kivonatos ismertetésére célszerű szorítkozni.

Az optikai feszültségvizsgálat elmélete arra a felismerésre épül, hogy az optikailag átlátszó izotróp homogén anyagok terhelés hatására kettőtörővé válnak, törésmutatójuk megváltozik. A rétegbevonatos technikánál, mint ahogy azt a neve is mutatja, egy, a már előzőekben említett opto-mechanikai tulajdonságokkal rendelkező bevonatot ragasztunk a vizsgált szerkezeti elem felszínére, és így az a vizsgált alkatrész, illetve felület terhelés hatására bekövetkező alakváltozásait átveszi. A kialakult kettőtörés mértéke reflexiós polarizáskóp segítségével megfigyelhető, illetve mérhető.

Amikor a bevonattal ellátott terhelte szerkezetet a készülék síkban polarizált fehér fényével vizsgáljuk, fekete és színes sávok láthatók, melyek feltárják a felszíni deformációk eloszlását.

A fekete sávok, vagy izoklin sávok azoknak a pontoknak a helyei, ahol a főfeszültségeknek iránya állandó. Az eljárással az analizálandó felület minden egyes pontjára meghatározható a főfeszültségek iránya.

A készülék körkörösén polarizált fényével vizsgálva a felületet az izoklin vonalak eltűnnek és csupán színes sávok, az ún. izokromáta vonalak láthatók. Az izokromáta sávok azoknak a pontoknak a helyeit jelölik, ahol a főfeszültségek különbsége konstans. Az izokromáták az átlépési színek számával az ún. rendszámmal jellemezhetők.

Itt érdemes megjegyezni, hogy amennyiben egy adott konstrukció fejlesztésének közben szakaszában tartunk, többnyire elégséges az izokromáta eloszlás minőségi értékelése. Az izokromáták alapján ugyanis minden számszerűsítés mellőzésével egyértelműen megállapítható egy-egy terület teherhivétel szempontjából homogén vagy inhomogén volta. Egyértelműen kijelölhetők a feszültségcsúcok helyei. Ezek alapján a szükséges konstrukciós javítások elvégezhetők, és az így kialakított újabb változat ismételt vizsgálatnak vehető alá.

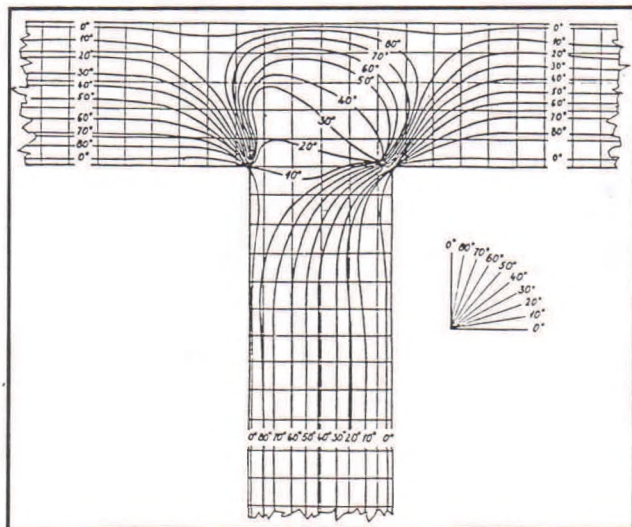
Az eljárás természetesen kvantitatív eredmények meghatározását is lehetővé teszi, az alkalmazható eljárások, illetve módszerek megismerésében a vonatkozó irodalmak nyújtanak segítséget [1], [2], [3], [4].

Vizsgálati eredmények

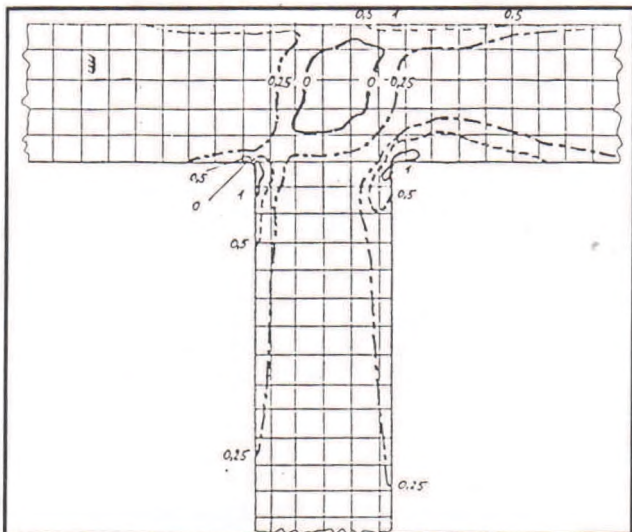
Az 1. ábrán bemutatott hegesztett csomópont vizsgálatánál az alkalmazott rúderóket és igénybevételeket egy meglévő járművázszerkezeten végzett nyúlásmérő-bélyeges mérés adatai szolgáltatották.

* Tornádó International Kft., Szeged

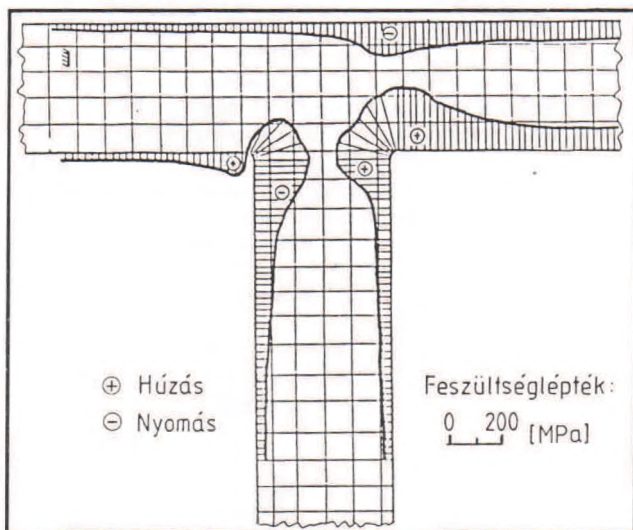
A rétegbevonatos méréssel végzett izoklin elemzés alapján 10°-ként felvett izoklineket a 2. ábra, míg az izokromáták síkbeli eloszlását a vizsgált felületen a 3. ábra mutatja.



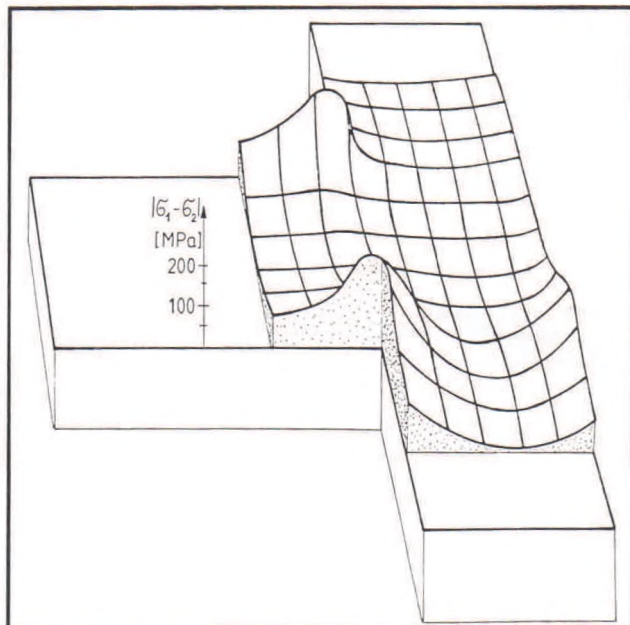
2. ábra: Nyúlási (feszültségi) főirányok helyzetét mutató izoklin eloszlás



3. ábra: Nyúláseloszlást mutató összerajzolt rendszer (izokromátá) ábra



4. ábra: Kapcsolódó rudak élei mentén kiértékelt feszültségeloszlás



5. ábra: Főfeszültség-különbség abszolút értékét bemutató térbeli diagram

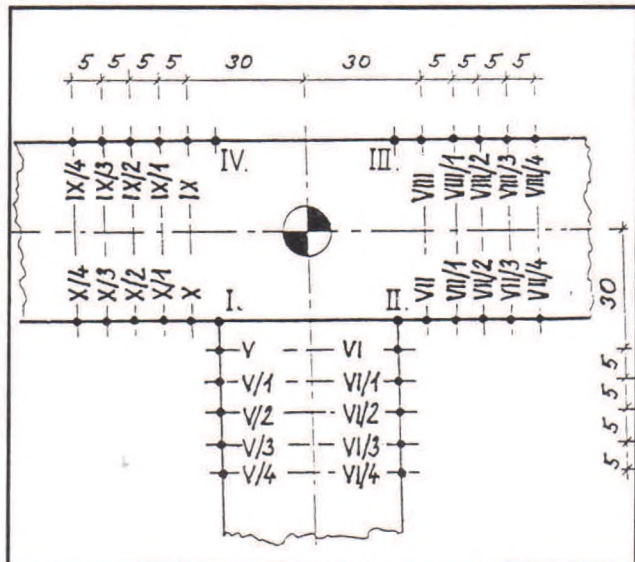
Megjegyzendő, hogy az izokromátá eloszlások tulajdonképpen feszültségeloszlást jellemeznek, azaz az éleken az érintőleges, míg a belső felületeken a $\sigma_1 - \sigma_2$ feszültségérték abszolút értékeivel arányosak.

Az éle menti feszültségek izokromátákból számítható abszolút értékeit a 4. ábra, míg a főfeszültség különbségek térbeli eloszlását az 5. ábra szemlélteti.

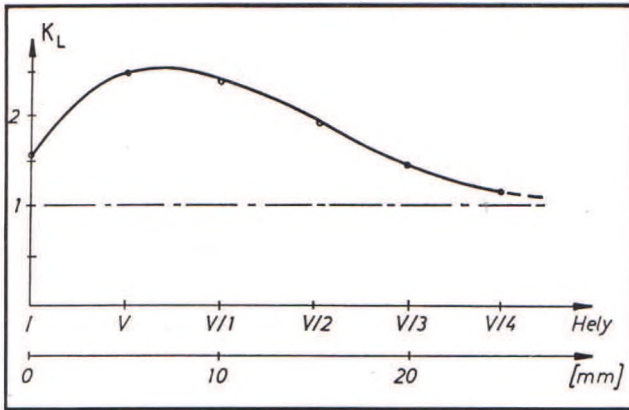
A szóbanforgó csomópont 6. ábrán jelölt jellemző helyein a feszültségek a vonatkozó szabványok szerinti számítással és méréssel is meghatározásra kerültek, így lehetőség nyílt azok összehasonlítására. Az összehasonlítás célszerűen a K_L ún. csomóponti tényező bevezetésével végezhető el, amely a mért és a számított feszültség hányadosa. (A jelölésben „L” a tényező helyi, lokális voltára utaló index.)

$$K_L = \frac{\sigma_{\text{mért}}}{\sigma_{\text{szám}}} \quad (1)$$

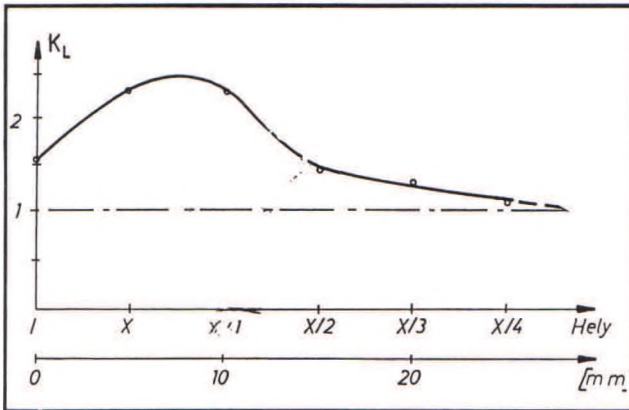
A méréssel meghatározott éle menti feszültségeloszlás (4. ábra) egyértelműen mutatja, hogy a csomópont környezetében a feszültségek ugrászerűen nőnek, és legnagyobb értéküket a keresztmetszet változási helyek környezetében veszik fel. A feszültségeloszlás szempontjából zavaró környezet behatárolásához célszerű a csomóponti tényezőket a 6. ábrán



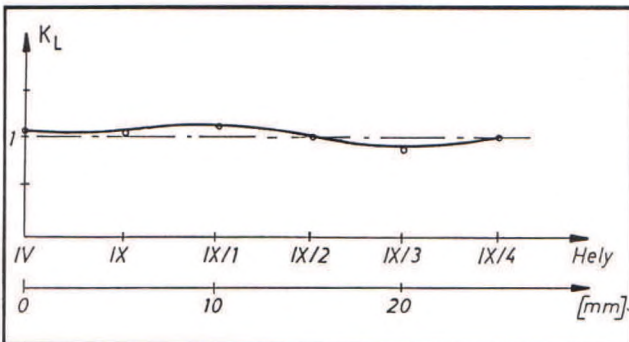
6. ábra: Vizsgált éle menti helyeket mutató ábra



7. ábra: Csomóponti tényező változása az I-V/4 él mentén



8. ábra: Csomóponti tényező változása az I-X/4 él mentén



9. ábra: Csomóponti tényező változása az IV-IX/4 él mentén

bemutatott jellemző élmenti helyek függvényében ábrázolni, melyekből néhányat a 7., 8., és 9. ábrák szemléltetnek.

Az ábrák alapján megállapítható, hogy a zavart környezet kiterjedése, illetve mértéke az élszakaszok elhelyezkedésének függvényében változik. A hegesztési varratokból kiinduló éleken a zavart környezet hosszabb, a csomóponti tényező maximális értéke nagyobb. A csomóponti tényezők értékei jól mutatják, hogy a legnagyobb feszültségi tényezők nem a varratban, hanem az ún. átmeneti zónákban lépnek fel.

Azokon az éleken, ahol hegesztési varrat nem található, a tényező értéke 1 körüli, azaz a mért feszültséget a vonatkozó szabvány alapján számított értékektől alig térnek el.

Az elemi szilárdságtanon alapuló számítással nem elemezhető felületen (a 6. ábra alapján az I; II; III és IV által határolt terület) a 0-ad rendű izokromátával határolt részén $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$ (3. ábra), vagyis az a teherviselés szempontjából a vizsgált esetben indifferensnek tekinthető.

Következtetések

A vizsgálatok eredményeit is figyelembevéve célszerűnek látszik tehát egy olyan egyszerűen elvégezhető számítás metodikájának rögzítése,

melynek segítségével a kritikus csomópontok előzetes ellenőrzése, illetve az esetleges későbbi konstrukciós átalakítás szükségessége már a tervezéskor behatárolható.

A vizsgált csomópontokhoz hasonló esetek előzetes számításához célszerű a vonatkozó szabványban is [5] rögzített eljárások használata. Ennek megfelelően a mérések eredményei alapján az alábbi figyelembevétel javasolható:

- A csomópont, illetve a csomópont környéki feszültségeket a (2) képlettel célszerű meghatározni:

$$\sigma_{sz} = K_L \cdot \sigma_{red} \tag{2}$$

ahol σ_{red} az [5] alapján számított feszültség és K_L a csomóponti tényező, értéke: $> 2,5$

- Csomóponti környezet alatt az elméleti csomóponttól a (3) összefüggés alapján meghatározható távolságra lévő keresztmetszeteket értjük:

$$e = 2 \cdot z \tag{3}$$

ahol z a csomópontba befutó tartóelemek mértékadó szelvénymérete.

Megjegyzendő, hogy a fenti számítási metodika az egyes csomópontokra csak közelítő eredmények képzését teszi lehetővé. Abban az esetben, ha a csomópont kritikus helyen fekszik, illetve ha a számítás eredményeként adódó feszültségértékek valamelyike az [5] szabványban rögzített aktuális feszültséget meghaladja, mindenképpen indokolt valamely mérési eljárás alkalmazása.

Mérési eljárásaként javasolható a felületi rétegbevonási technika, mely a további beavatkozáshoz szükséges információkat, akár valós körülmények között is, viszonylag egyszerűen és alacsony költségszinten nyújtja.

933 093 125

Irodalom

- [1] Thamm F.-Ludvig Gy.-Huszár I.-Szántó I.: Szilárdságtan kísérleti módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.
- [2] Borbás L.: Felszíni rétegbevonatos optikai feszültségvizsgálat elméletének alapjai és kiértékelési lehetősége. Budapesti Műszaki Egyetem Közlemények Működés- és Kar Gépelemek Tanszék Közleményei, 1984. 37. sz.
- [3] Zandman F.-Redner S.-Dally J. W.: Photoelastic Coatings. SESA, First edition 1977.
- [4] Schöpf H. J.-Kizler W.: Die Bohrlochmethode zur Trennung der Hauptdehnungen beim spannung-optischen Oberflächenschichtverfahren. Measurements Group Bulletin, 1987.
- [5] Építmények acélszerkezeteinek erőtan tervezése. MSZ 15024/1-85.

Mitutoyo

hivatalos szervize

hivatalos kereskedője

Szeretettel várjuk
bemutatótermünkbe.

TESTOR

H-1584 Budapest, Pf.: 528
H-1124 XII., Törpe u. 8.
Tel.: 361 155-9886
Fax: 361 155-2618

Járműépítésben használatos anyagok anizotrópiájának vizsgálata

Dr. Berke Péter – Dr. Michelberger Pál

Az OTKA pályázatok – 5-149, 5-420 – lehetőséget biztosítottak a Közlekedésmérnöki Kar Mechanika Tanszéke számára bizonyos alaputatások megkezdését, illetve a megkezdett kutatások folytatását. Ilyen alaputatásnak minősülhet a járműépítésben használatos anyagok anizotrópiájának a vizsgálata.

Mint ismeretes, a fémek alakítása kihat egyrészt mechanikai tulajdonságaikra, másrészt e tulajdonságaikat irányfüggővé is teszi. [1], [2], [3], [4] A járművek szilárdsági – dinamikus, fárasztó igénybevételre történő – méretezése során célszerű annak a tisztázása, hogy adott igénybevétel esetén ajánlatos-e és ha igen milyen módon figyelembe venni az egyes szilárdsági jellemzők irányfüggését?

Bevezetés

Annak eldöntése, hogy egyáltalában célszerű-e az alakítás okozta anizotrópiát figyelembe venni, méretezés során számolni ezzel, függ egyrészt a szilárdsági jellemzők alakítási irányban és a rá merőlegesen mérhető értékeiktől, másrészt pedig attól, hogy a szerkezet felépítésénél használatos gyártástechnológia mennyiben befolyásolja, azaz változtatja meg az alakítási anizotrópia eredményezte értékeket.

A járműszerkezetek olyan összetett szerkezetek, amelyek gyártása során a szerkezeti elemeket legtöbb esetben hegesztéssel csatlakoztatjuk egymáshoz. Tudjuk azt, hogy a hegesztés, az ömlődékképzés miatt, helyileg megszünteti az eredeti anyagszerkezetet, illetve a dermedési folyamat, a hőelvezetésnek megfelelő kristályosodást indukál. Az ezzel járó szilárdságcsökkenést kompenzálhatjuk a hegesztett kötés helyének, alakjának és méreteinek célszerű megválasztásával. A hegesztési technológia uralkodó jellegre tekintettel, nyilvánvaló, hogy a szilárdság irányfüggését csak jelentős különbségek esetén érdemes a konstruktőrnek figyelembe venni.

Ismeretes a fémek szilárdsági tulajdonságainak hőfokfüggése, kérdéses lehet viszont az, hogy ez a hőfokfüggőség mennyire érzékeny az alakítási irányra. Ugyanis vannak olyan országok, ahol a járművek igen szélsőséges időjárási körülmények között üzemelnek.

Az alakítási anizotrópia vizsgálata

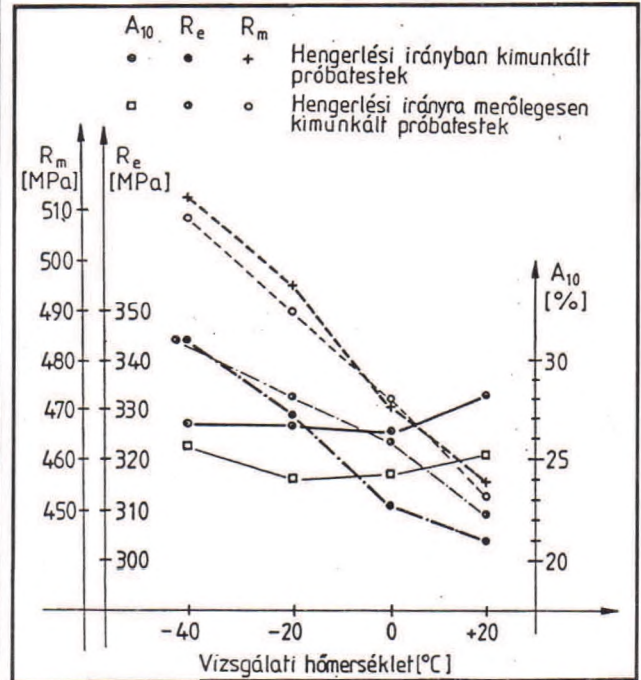
Az anizotrópia – ha létezik – általában az anyag vagy termék mindhárom dimenziójában kimutatható lehet, viszont tapasztalataink szerint a járműgyártásban használatos minőségű és vastagságú – 4...6 mm – lemezeknél az anizotrópia vastagsági irányban leginkább metallográfiailag észlelhető, eltekintve olyan extrém esetektől, mint amikor például egy réteges lemez csúsztató igénybevétellel is terhelt. [5]

A vizsgálataink azt mutatják [6], [7], hogy a járműgyártásban használatos minőségű és vastagságú lemezeknél nehéz különbséget tenni még a lemez szélességi irányában mérhető anyagjellemzők értékei között is, mivel a késztermékek szilárdsági értékeinek a megengedhetőségi határon belüli szórása meghaladja az ilyen vizsgálatok igényelte pontosságot. Az eddigi tapasztalataink azt támasztották alá, hogy általában a keresztirányban tapasztalható nagymértékű szilárdsági eltérések mögött metallográfiailag kimutatható ok, például lokális szennyeződés rejtőzik.

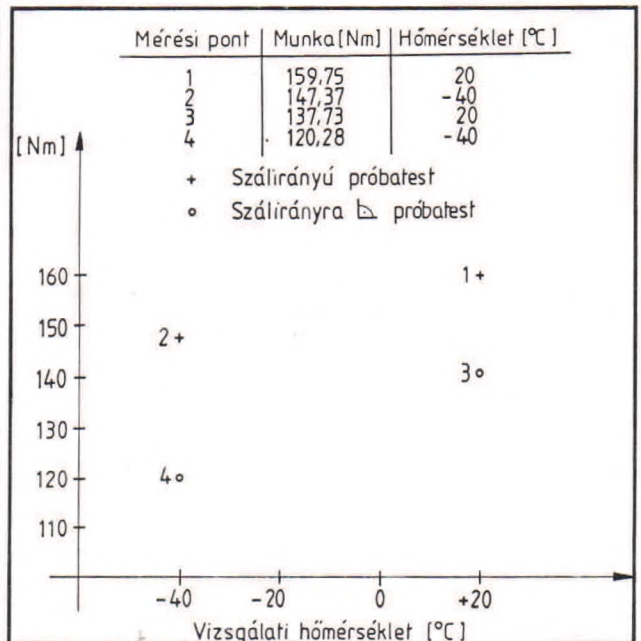
A járműgyártásban használatos lemezttermékeknel véleményünk szerint elégséges az anizotrópiát az alakítás irányában és az erre merőleges irányban mért tulajdonságok összevetésével jellemezni.

Bár, mint ahogy említettük, a méretezés során a statikus szilárdsági jellemzők mintegy kiinduló pontként jönnek csak számításba, ismeretük alapvető, ez volt az oka azirányú vizsgálatainknak, hogy az alakítási irány milyen mértékben befolyásolja a statikus szilárdsági jellemzőket. Statikus igénybevétel esetén az anizotrópia a szakítószilárdság, a folyáshatár és nyúlás értékekkel kevésbé jellemezhető, ezt mutatják az alakítási irányban és rá merőleges irányban kimunkált próbatesteken

mért értékek, a hőmérséklet függvényében ábrázolva, ld. 1. ábra. (Az ábrázolt adatok 37D jelű anyagból készült próbatestekre vonatkoznak.)



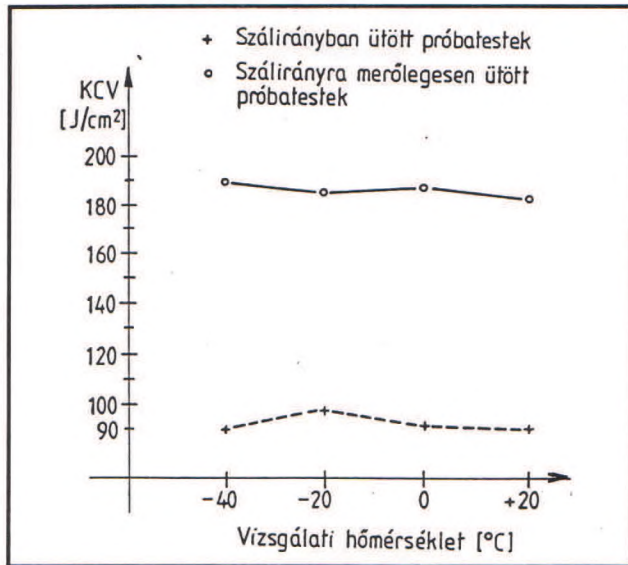
1. ábra
A szakítódiaagramból meghatározható szilárdsági értékek szálirányú és szálirányra merőleges próbatesteknél



2. ábra A szakítódiaagram kontrakciós szakaszából meghatározott munka

Ha valamilyen okból a szakítóvizsgálattal mérhető értékekből kívánjuk az anizotrópiát jellemezni, célszerű a kontrakció mértékét is megál-

lapítani, ennek mérése viszont lemez próbatesteknél nem végezhető el kellő pontossággal. E pontatlanság zavaró hatását úgy kerültük el, hogy a különböző irányokban kimunkált próbatestek szakítódigramjai kontrakciós szakaszán mérhető munkamennyiségeket hasonlítottuk össze. A – szintén 37D jelű anyagból készült – próbatesteken mért értékeink a 2. ábra szerintiek. A hők, mint független változó használata, ugyanúgy mint az előző esetben is, az elridegedés szám-szerűsítettségét szolgálta. A szálirányhatás és a dinamikus igény-bevétellel szembeni ellenállás összefüggéseinek vizsgálatához a leg-egyszerűbben kivitelezhető Charpy-vizsgálatot választottuk, próbates-teket ütöttünk szálirányban és szálirányra merőlegesen. (A próbatestek 37D jelű anyagból készültek, a rendelkezésre álló szelvényméret miatt mikro-ütőpróbatetek voltak.) A mért értékek a 3. ábrán láthatók.



3. ábra Charpy ütővizsgálati eredmények

A járműszerkezetek tervezéséhez elengedhetetlen a választott anyag kifáradási tulajdonságainak ismerete, mind az alapanyagra, mind pedig a különböző kialakítású hegesztett kötésekre, csomópontokra.

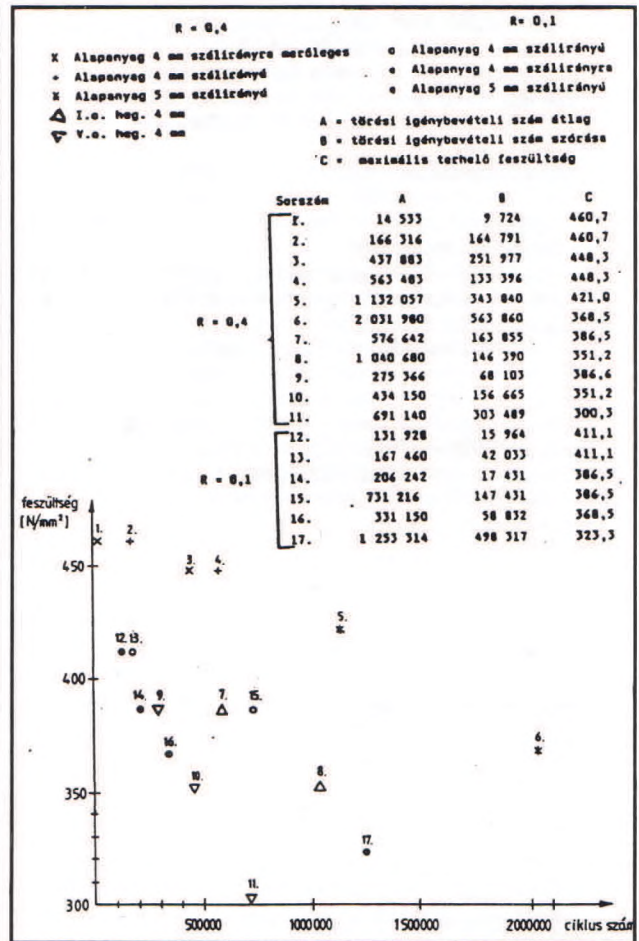
A kifáradási érték – többek között – a feszültségarány az ún. aszimmetria tényező függvénye. Az aszimmetria tényező hatását diagramokban foglalják össze, a diagramok felvétele jelentős számú próbatest fárasztását igényli. Csak két aszimmetria tényező (0,1;0,4) melletti fárasztásra volt lehetőségünk.

A különböző 0,1 és 0,4 aszimmetria tényezők melletti fárasztóvizsgálati eredményeinket a 4. ábrán közöljük.

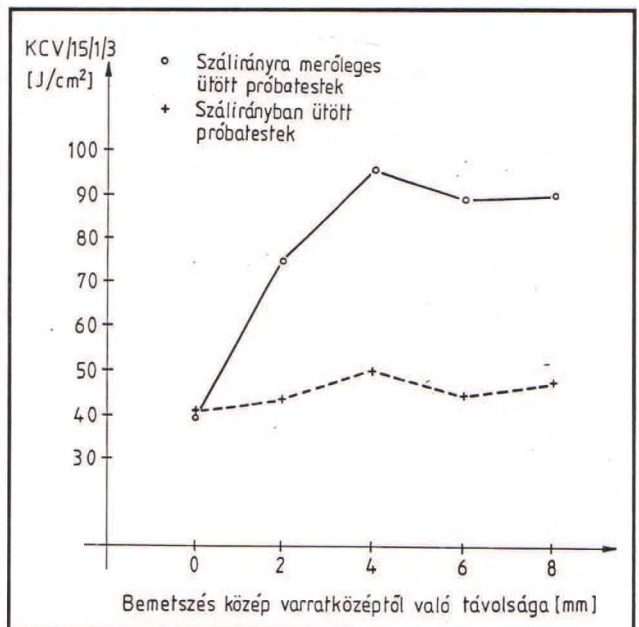
Annak ellenére, hogy – a várhatóan megfelelően – a hegesztett próbatestek szakítóvizsgálatánál bebizonyosodott a hegesztési ömledék szálirányt semlegesítő hatása, a hegesztett próbatesteket szálirány szerint párosítva fárasztottuk, azzal a megjegyzéssel, hogy ha indokolt, külön sokaságként fogjuk kezelni a szálirányban, illetve szálirányra merőlegesen kimunkált próbatest-részekből összehegesztett vizsgálati darabokat. Tekintettel arra, hogy a kapott eredmények – ismét a várhatóan megfelelően – a különválasztást nem indokolták, az eredményeket egységes sokaságként kezeltük. Az aszimmetria tényező ugyancsak 0,1 és 0,4 volt, viszont az alapanyag fárasztásánál megfelelt maximális terhelést szükségszerűen csökkenteni kellett, ahhoz, hogy értékelhető igénybevételi számokat kapjunk.

A 4. ábrán I. osztályú – röntgen vizsgálattal minősített – és V. osztályú minősítésű hegesztett próbatestek fárasztási eredményei is szerepelnek.

A dinamikus igénybevétellel szembeni irányfüggés jellemzésére a szálirányban kimunkált próbatest-részek összehegesztése, illetve a szálirányra merőlegesen kimunkált próbatest-részek összehegesztése után a varratközéptől egyenletes távolságokra munkáltuk ki az ütőpróbateteket úgy, hogy a próbatesten a bemetszések a varratközéptől számítva 2 mm-es lépcsőkben távolodtak. Az ütőmunka értékek az 5. ábrán szerepelnek.



4. ábra Fárasztóvizsgálati eredmények



5. ábra Hegesztett próbatesteken mért ütővizsgálati eredmények

Összefoglalás

Hangsúlyozni kívánjuk, hogy a bevezetésben feltett azon kérdéseinkre, hogy célszerű-e, ajánlatos-e bizonyos igénybevételeknél figyelembe venni a mechanikai tulajdonság anizotrópiáját, természetesen igen

sokféle szemszögből lehet választ keresni, így az állásfoglalás is többnyire csak az adott aspektusból kritizálható.

A vizsgálati eredményeink a bizonyos esetekben várható eredményeket támasztják alá, ennek ellenére ezek az adott anyag és hőmérsékleti változások mellett tervezési alapesetként értelmezhetők.

Megállapítható, hogy

- statikus igénybevételnek – húzásnak – kitett lemezeknél, a kontrakciós szakaszban mérhető munkamennyiség felhasználható a szálirány hatásának kimutatására;
- dinamikus igénybevételek esetén ajánlatos olyan konstrukció kialakítást keresni, amely a szálirányt figyelembe veszi, különösen azért, mert a szálirány hatása a hegesztési ömledék közvetlen közelében is számottevő; azaz megfelelő csomóponti kialakítással a szerkezeti rész a dinamikus igénybevételeknek ellenállóbb lehet;
- fázisátviteli igénybevételek esetén is indokolt a szálirányt a konstrukció kialakításánál figyelembe venni, – eltekintve a hegesztett kötésektől – ugyanis az élettartam szálirányfüggőséget mutat.

Bár eredményeink egy meghatározott minőségű, adott gyártástechnológiával készített lemez vizsgálatából adódtak, úgy érezzük, hogy publikálásuk túlmutat a figyelem felkeltésén.

Irodalom

- [1] R.F.S. Hearmon: An Introduction to Applied Anisotropic Elasticity. Oxford University Press, London 1961.
- [2] M.A. Meyers–K.K. Chawla: Mechanical Metallurgy, Chap. 16, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1984.
- [3] H.J. French: Trans. AIME, Vol. 206., pp. 770–782, 1956.
- [4] J.T. Ransom: Trans. Am. Soc. Met., Vol. 46, pp. 1254–1260. 1954.
- [5] Comparative Fatigue Tests Air – Spring Holders. Department of Mechanics of the Faculty of Transportation Engineering, Budapest, 1984.
- [6] OTKA pályázat 1987–1991. Hagyományos és növelt szilárdságú acél anyagok, valamint kötések tönkremeneteli folyamatainak feltárása rendszertelen terhelésváltozás esetén.
- [7] 5–420 sz. OTKA pályázat. Haszonjármű vázszerkezetek dinamikai méretezése
- [8] P. Berke, F. Galambosi, P. Michelberger: Anisotropy Examination of Metals. Periodica Polytechnica Ser. Transportation Engineering, Vol. 36. No. 1. pp. 1–15 (1992)

933 096 031 114

SZEMLE

Funkció-generátor, DS345

A Stanford Research Company DS345 típusjelzéssel új, 30 MHz, 1 μ Hz felbontású, szintetizált hullámformájú funkció-generátorral jelent meg a piacon. A kimenetek szinusz, háromszög, négyszög hullámformák, ugyanakkor komplex, tetszőleges jelek 25 ns mintavételezési sebességig generálhatók a műszerrel. Amplitúdó-, frekvencia-, fázismoduláció egyaránt megvalósítható a készülékkel. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Különböző ipari szenzorok

Az ipar számára nélkülözhetetlen, különböző érzékelőket foglalja össze az EDP Technology Corp. egy általuk szerkesztett, 16 oldalas katalógusban. A legkülönbözőbb gáz-szivárgást érzékelő digitális szenzoroktól a hagyományosnak mondható hőmérsékletmérő (érintkezős, illetve érintkezés mentes típusok) érzékelők lényeges tulajdonságait, műszerekhez kapcsolási lehetőségeit, egyéb, különleges jellemzőiket foglalja össze a katalógus, a felhasználó szempontjainak maximális figyelembevételével. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Érzékelő rendszerek

A németországi C.A. Weidmüller GmbH & Co. egy gyártási sorban elhelyezkedő érzékelők, elektronikák, nyomtatott áramkört elemek, csatlakozók, jelölési rendszerek, az azokkal kapcsolatos előírások és követelmények sokaságát igyekszik összefoglalni, különös tekintettel a lézeres hegesztés minőségbiztosítási rendszerében alkalmazható, kapacitív elven működő, távolságmérő szenzorokkal szembeni követelményekre. A kiadvány hasznos segédanyag mindazon, a gyártási rendszerek fejlesztésében dolgozó, ipari szakembereknek, akik a folyamatszabályozást a minőségbiztosítási rendszerek részeként tervezik. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Nyomástartó edények ellenőrzése

Biztonságos, reprodukálható, nagy pontosságú ellenőrzést biztosít az Asset Tracking Services, Inc. által kifejlesztett, vonalkód rendszeren alapuló számítógépes technika, amelyet elsősorban a nagyszámú, rendszeres ellenőrzésbe bevont tüztöltő készülékek, vész-kijáratok időszakos ellenőrzésére fejlesztettek ki az Egyesült Államokban. A kidolgozott rendszer lehetővé teszi a rendszeres, az időszakos ellenőrzést, biztosítva az ellenőrző azonosítását, az ellenőrzött készülék állapotának felmérését, a megelőző ellenőrzés időpontjának, a készülék elhelyezkedésének azonosításával. Minden ellenőrzött adat a számítógépes rendszer adatbázisába kerül, későbbi, tetszőleges feldolgozási lehetőséget biztosítva. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Mikroprocesszoros kézi, digitális erőmérőcella-mérőműszer

A készülék méreteit tekintve megfelel egy hagyományos zsebszámológépnek, ugyanakkor alkalmas az egyszerű húzó-nyomó, hajlító erőmérő cellák jeleinek feldolgozásán túl a folyamatszabályzásra, vagy automatikus ellenőrzésre használt nyúlásmérő ellenállások jeleinek fogadására. A készülék rendelkezik a szabványos számítógép (RS-232), valamint analóg kimenettel, ugyanakkor adatgyűjtésre is használható. A kijelzett mennyiségek mértékegységei az SI, illetőleg az angolszász mennyiségek szerint változtathatók. A DFG51 Model Omega termék. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Kézi nyomásmérő kalibrátor

Ugyancsak Omega termék a nyomásmérő cellák kalibrálásához használható kézi műszer, mely 4...20 mA méréstományban (mint kimenő jel), 0,1 % pontossággal, beépített 24 V telepe segítségével a mérőcellák helyszíni ellenőrzését, szükség esetén beszabályozását teszi lehetővé. Típusjele: PCL425. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Mérőcella állapotát ellenőrző kézi műszer

Az Omega kézi, digitális ellenőrzőműszere a különböző, hídba kötött nyúlásmérő ellenállások, és azok mérőhídjainak ellenőrzésére alkalmas, HHP-SG Model jelzéssel. A készülék 9 V-os telepről működtetett, kijelzője kívánság szerint skálázható. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Gáz- és folyadékmennyiség-mérő készülék

A Houston Atlas társaság által kifejlesztett, csővezetékekbe iktatható, peremes csatlakozású mérőelem egyaránt alkalmas gázok, folyadékok áramló mennyiségének meghatározására, tekintet nélkül azok vezetőképességére, illetőleg a mérőelem pozíciójára. Alkalmazási hőmérséklet-tartomány: -25...+200 °C, amely diffúziós fém-oxid típusú szenzora segítségével valósítható meg. Különböző méretű csatlakozó elemei segítségével széles méretskálában, a legkülönbözőbb közegek áramlási viszonyainak vizsgálatát teszi lehetővé; feltehetően egy az űrutatás számára fejlesztett műszer polgári célú változata. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Áramló közeg mennyiségének újszerű mérése

A Viking Pump, Inc. olyan áramlásmérő rendszert fejlesztett ki, amely szükségtelenné teszi a hagyományos értelemben vett áramlásmérő készülékek áramló közegbe történő iktatását. A szenzorok, melyeket a közeget mozgató szivattyúk ki- és bemeneti nyílásához illesztnek, számítógéphez továbbítják a jeleket feldolgozásra. A rendszer méri a közeg viszkozitását, hőmérsékletét, és a mért adatokból, alkalmas szoftver segítségével, számítja az átáramló mennyiséget. (IIC. 1993. Jan./Febr.)

Forrás: IIC – International Instrumentation and Controls

A Bauschinger-jelenség a gyakorlatban

Dr. Szombattalvy Árpád

A Bauschinger-jelenség régóta ismert, az egyetemeken tanítják; az anyagvizsgáló, anyagszakértő azonban a szakma gyakorlása közben aránylag ritkán találkozik ezzel az utóhatással. Ezért néha megfélekedezik róla. Ilyenkor azután sok fejtörést, kellemtelenséget okozhat, ha nem veszi figyelembe. Értetlenül áll bizonyos jelenségekkel, vizsgálati eredményekkel szemben, ha nem ismeri az anyag előéletét, a gyártmány előállításának technológiáját.

A továbbiakban két esetről szeretnék röviden beszámolni, amelyekben a Bauschinger-jelenség fontos szerepet játszott. Feleslegesnek tartom számszerű adatok felsorolását, csupán az effektus jelentségére kívánok rámutatni.

A Bauschinger-jelenség

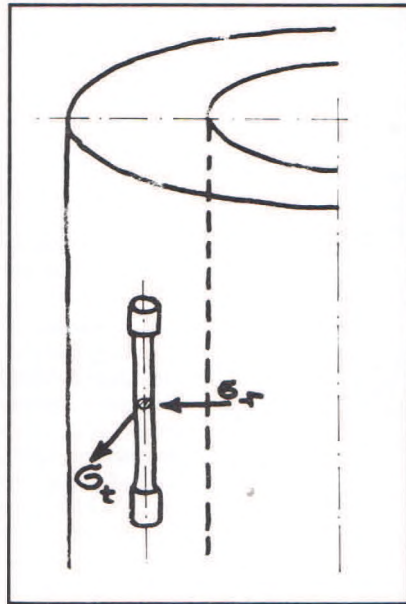
Emlékeztetőül megemlítem a Bauschinger-jelenség lényegét: ha fémötvezetet arányossági határánál nagyobb feszültséggel terhelünk, majd ellenkező előjelű igénybevételt alkalmazunk, az így mért arányossági határ kisebb, mint lett volna előzetes terhelés nélkül. Pl. ha egy próbatestet 0,005%-os maradó alakváltozásig megnyomunk, ezt követően főtvesztjük a szakító-diagramját, azt találjuk, hogy arányossági határa néhány százalékkal kisebb az előzetesen nem terhelt próbatesthez viszonyítva. Ilyenkor tehát a Hooke-törvény csak kisebb feszültségterületig érvényes.

A jelenség magyarázata, hogy az arányossági határt meghaladó terheléskor egyes, megfelelő orientációjú kristallitok maradó alakváltozást szenvednek, így az anyagban saját feszültségek maradnak vissza a terhelés megszűnte után. Ellenkező irányú terheléskor a saját feszültségek iránya egyezik a külső feszültségével, emiatt már kisebb feszültségnél bekövetkezik az anyag maradó alakváltozása. Laboratóriumban a jelenség könnyen vizsgálható, ha azonban nem ismerjük fel, hogy a Bauschinger-jelenséggel állunk szemben, nem találjuk magyarázatát az indokolatlanul alacsony arányossági határnak. – Ez történt a következő két esetben is:

Lövegcsövek minősítése

Néhány évvel ezelőtt egyik gépgyárunk lövegcsöveket gyártott – természetesen szovjet

előírások alapján – és az átadási feltételeket is a rendelő írta elő. Egyik ilyen előírás szerint a készre gyártott és hőkezelt csövek közül egyeseket ki kell választani, ezekből tengelyirányú és erre merőleges: érintő irányú szakító próbatesteket kell készíteni. Ezekon mérni kell a 0,005%-os arányossági határt, továbbá a szokásos értékeket. A csövekkel próbálövészeket kell végezni, majd megismételni a korábbi szakítókérdést. Az utóbbi vizsgálati értékek is meg kell hogy feleljenek az előírásoknak.



A gyártó vállalat felelős szakemberei meglepetéssel (sőt megdöbbenéssel) észlelték, hogy a fentiek szerint definiált arányossági határ a hosszirányú próbákon csökkent, nem érte el a kívánt értéket. Újabb csövekből vett próbatestek vizsgálatok ugyanezt tapasztalták. A gyártási és a hőkezelési technológia felülvizsgálata sem járt eredménnyel.

Feltűnő volt, hogy az érintő irányú próbákon a próbálövés után egyes esetekben nőtt az arányossági határ, a hosszirányúakon azonban minden esetben csökkent. Ez vetette fel a Bauschinger – jelenség szerepének a gondolatát, amit azután sikerült kísérletileg is igazolni. A próbálövés alkalmazásával ugyanis a

cső maradó alakváltozást szenvedett: falában tangenciális húzó és radiális nyomófeszültségek keletkeztek. Ennek következményeként a hosszirányú próbatestek keresztmetszetében az ábra szerinti feszültségek ébredtek, amelyek maradó alakváltozást okoztak. Emiatt csökkent húzókérdésnél az arányossági határ. E vizsgálatok arra is rávilágítottak, hogy a Bauschinger-jelenség nem csupán akkor jelentkezik, ha egy nyomott próbatestet utólag húzásnak vetünk alá, hanem az arányossági határ akkor is csökken, ha húzókérdés előtt a tengelyirányra merőleges feszültségek okoztak kismértékű maradó alakváltozást.

Betonacél-huzalok

Egy másik esetben az váltott ki súlyos vitákat, hogy a tekercsekben szállított nagyszilárdságú beton-feszítő huzalok 0,02-es határa nem érte el az előírt értéket. Emiatt az építőipar nem volt hajlandó ezeket beépíteni a feszített szerkezetekbe.

Érthetetlen volt, hogy a korábban, azonos anyagból, azonos technológiával gyártott huzalok ellen ilyen kifogás nem merült fel. Bevezették a gyártás közbeni fokozott ellenőrzést, a vegyi összetétel vizsgálatát a nyomóelemekre is kiterjesztették, de nem sikerült a változás okainak a nyomára bukkanni. A szakítóvizsgálattal mért egyéb jellemzők gyakorlatilag változatlanok maradtak.

A raktározás és a szállítás körülményeinek az ellenőrzése során, szinte véletlenül derült fény egy lényeges különbségre: a hengerűj tekercselőgépet helyezett üzembe és ezzel 600 mm átmérőjű dobokra csévélte a huzalt, a korábban használt 2000 mm átmérőjű tekercsekkel szemben.

A gyanú a Bauschinger-jelenségre telerődött. A tekercselés előtti és a tekercselt huzalokból vett minták szakítókérdése alapján beigazodott, hogy valóban ez okozta az arányossági határ csökkenését. Ugyanis a kisebb sugáron való hajlítás következtében a belső oldalon a huzalban olyan nagy nyomófeszültségek ébrednek, hogy maradó alakváltozást okoznak és ezek befolyásolják a szakítókérdésnél mért 0,02-es nyúláshatárt. A 2000 mm-es átmérő mentén való hajlítás viszont nem okoz maradó alakváltozást az egyes kristallitokban.



Az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.

megvételre kínál

különböző analitikai, mechanikai és roncsolásmentes anyagvizsgáló berendezéseket, valamint egyéb mérőműszereket.

Felvilágosítást ad:

Titka Péterné, telefon: 276-4233, 277-0732

Matej Bily: Fémek ismétlődő alakváltozása és kifáradása

Az Elsevier kiadó gondozásában, a *Materials Science Monographs* sorozat 78. köteteként 1993. évben jelent meg Matej Bily szerkesztésében a *Cyclic Deformation and Fatigue of Metals* címmel összeállított 372 oldal terjedelmű könyv, amelyben a kifáradásra vonatkozó legújabb ismeretek kerültek összefoglalásra. A sorozat ezen legújabb kötete gyakorlatilag három tudományos iskola eredményeit ötvözi, nevezetesen az Institute of Physical Metallurgy of the Czechoslovak Academy of Sciences (Brno), Institute of Materials and Machine Mechanics of the Slovak Academy of Sciences (Bratislava) és az Institute for Problems of Strength of the Academy of Sciences of Ukraine (Kiev). Mindhárom intézet kutatási spektruma igen széles, eredményeik nemzetközi téren is igen figyelemre méltóak; mégis, ha röviden szeretnénk megfogalmazni tevékenységük fő irányait, akkor azt mondhatjuk, hogy az első intézmény alapvetően a kifáradás fizikai folyamatainak megismerésére, a második a rendszertelen terhelés feldolgozására, annak a kifáradási folyamatban játszott szerepének feltárására, míg a harmadik intézet a mechanikai vizsgálatokra, azok gyakorlati alkalmazására fekteti a fő hangsúlyt. ez a kissé sommás megállapítás igen jól tükröződik az öt fejezetre tagozódó könyv felépítésében is.

Az első, 77 oldal terjedelmű, a néhai M. Klesnil professzor, P. Lukas és J. Polák által összeállított fejezet a kifáradási folyamat fizikai aspektusait foglalja relatíve tömören össze. E szintetizáló részben a hangsúly a képlékeny alakváltozás diszlokációs folyamatainak azok rács szerkezeti sajátosságainak bemutatására került, rámutatva ezek szerepére a repedés kialakulását megelőző periódusban. A törés bekövetkezéséhez vezető út két, egymástól nehezen elválasztható legfontosabb periódus, a repedés keletkezése és terjedése külön-külön részben kerül ismertetésre, kiemelve egyrészt az anyagszerkezeti sajátosságok (egyfázisú- és többfázisú anyag, felületkezelés), másrészt a környezeti hatások (hőmérséklet, korróziós közeg) szerepét.

A 74 oldal terjedelmű második fejezet szerzői is a Klesnil professzor vezette iskola képviselői, akik a ciklikus fáradásra vonatkozó jelenlegi ismereteinket foglalják össze e részben. Ennek keretében a ciklikus alakváltozás-feszültség kapcsolata, valamint az ezzel együttjáró keményedési vagy lágyulási folyamat mechanizmusai, azok sajátosságai kerülnek ismertetésre. Az egyetlen terhelési ciklusban az anyagban elnyelt munkát reprezentáló hiszterézis hurok információtartalma, annak statisztikus jellege külön kerül bemutatásra. A szerzők kitérnek a változó terhelésamplitúdó szerepére, a vizsgálati hőmérséklet és a bemetszések okozta hatások figyelembevételének módszereire.

A harmadik, 72 oldal terjedelmű fejezet a V.T. Trshhenko professzor vezette kievi iskola képviselőinek, L. A. Khamaza, V. V. Pokrovskii munkája. E rész alapvetően a nagyciklusú fáradás problémakörével, annak ún. memóriai megközelítésével foglalkozik. Ennek keretében a ciklikus nem rugalmas alakváltozás sajátosságai, mechanizmusai, az így létrehozott károsodások memóriai leírásai módjai, az ezt befolyásoló külső paraméterek (hőmérséklet, terheléskép, feszültségi gradiens stb.) kerülnek tárgyalásra. A fáradásos törés bekövetkezéséhez tartozó alakváltozási és energetikai kritériumok létezése lehetővé teszi a kifáradási határ gyorsított meghatározását. Ezt több anyagon is meggyőzően igazolják a bemutatott kísérleti eredmények.

A 33 oldal terjedelmű negyedik fejezetet szintén a kievi intézet munkatársai állították össze. E részben azon eredmények töredéke lett összefoglalva, amelyet a fáradásos repedés terjedési körülményeinek megismerése, illetve ennek gyakorlati alkalmazása terén az utóbbi időben elérték. A fő hangsúly a környező közegnek a kifáradásra és a repedés terjedési körülményeire gyakorolt hatásának megismerésére lett fordítva. Ennek keretében a sóoldat, a levegő és a védőanyag szerepének kísérleti vizsgálatára került sor. Az eredmények gyakorlati alkalmazása a gázturbinalapátok élettartambecslési módszereinek kidolgozásában realizálódott.

Az ötödik, leghosszabb 103 oldal terjedelmű fejezetet a bratislavi intézet munkatársai M. Bily, J. Cacko és V. Klíman állította össze. E rész tulajdonképpen az üzemi terhelés során végbemenő, valamint a próbatesten végzett vizsgálat során lejátszódó kifáradás kapcsolatának kérdéseit tárgyalja. A kifáradás elkerülésére végzett mindenfajta tevékenység kiinduló, fundamentális pontja az, hogy az anyagvizsgálati eredmények hogyan adaptálhatók a konkrét szerkezetre. A szerzők ezen módszerekről, ezek problémáiról adnak áttekintést elemezve az üzemi terhelési spektrumok karakterisztikus paramétereit, a szimulációs vizsgálatok lehetőségeit, módszereit. Ezen ismeretek birtokában a random terhelés során lejátszódó energiaelnyelődés folyamatából következtetnek a kifáradási károsodás mértékére.

Összefoglalva az mondható, hogy az ismertetett mű igen jó összefoglalója a kifáradási folyamatra vonatkozó mai ismereteinknek, beleértve a fizikai folyamatokat és a vizsgálati eredmények gyakorlati alkalmazási lehetőségeit egyaránt. Természetesen nem lehet minden kérdésben a teljességre törekedni, hisz ennek igénye oly tetemesen növelné a terjedelmet, amely már könyvsorozatok eredményezne. Erre nincs is szükség, hisz maguk a szerzők korábbi könyveikben egy-egy részterületet már részletesebben kifejtettek, és pl. a *Materials Science Monographs* sorozatban is megjelentettek. Úgy hiszem a könyv ismeretanyag nagyon jól hasznosítható a különböző egyetemi oktatási anyagok összeállításában, a doktoranduszok képzésében, a szakmai továbbképző tanfolyamok tematikáinak kidolgozásában ugyanúgy, mint számos gyakorlati probléma megoldásában is.

Dr. Tóth László

H. Blumenauer, G. Pusch: Műszaki törésmechanika

A törésmechanikával foglalkozó hazai szakemberek előtt bizonyára ismerősen hangzik az említett könyvcím, hisz ezzel a névvel, ezzel a szerzőpárossal jelent meg hazánkban az első törésmechanikai könyv, amely nem volt más, mint a második kiadás magyar fordítása. A most ismertetésre kerülő *Technische Bruchmechanik* című könyv, amelyet a Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie (Leipzig, Stuttgart) jelentetett meg 1993. évben egy jelentősen átdolgozott harmadik kiadás. A néhai NDK törésmechanikai iskoláinak egyik meghatározó egyéniségei (Blumenauer professzor jelenleg is Magdeburgban oktat, míg volt munkatársa Pusch professzor Freibergben tett jelentős erőfeszítéseket az újabb iskola megteremtésére) új könyvükbe igyekeztek beépíteni mindazon ismereteket, amelyek az elmúlt periódusban napvilágot láttak, amelyek a gyakorlati alkalmazást segítik.

A 244 oldal terjedelmű, hat fejezetre tagozódó munka első, 26 oldalnyi része általános áttekintést ad a töréssel, annak módozataival, sajátosságaival, kutatásával kapcsolatban. Tárnyalja egyrészt az anyagok elméleti és gyakorlati szilárdságának nagyságrendi különbségét előidéző okokat, a repedések keletkezésének mechanizmusait, a törési módokat, a repedések megfigyelésének módozatait, azok korlátait. A törések kiküszöböléséhez kapcsolódó ismeretek bővülését, fejlődését – mint mindent a gyakorlati életben – a tapasztalatok jelen esetben a károsodásokra, törésekre vonatkozó – halmozódása gyorsította fel. A jelentős kárt okozó törések rövid összefoglalása mindenképpen elgondolkozatható lehet nem csupán a terület kutatóinak, hanem még inkább a hallgatóknak, a kutatást finanszírozóknak.

A második, mindössze 13 oldal terjedelmű fejezet a ridegtörés kiküszöbölésének konvencionális módszereit foglalja össze. Ennek lényege az, hogy a szerkezetben repedés nem engedhető meg, a minimális, a ridegtörés veszélye nélküli üzemi hőmérsékletet az anyagok ridegtörési hajlama és a bekövetkezett károsodások tapasztalatai határozzák meg. E módszer alkalmazását példák illusztrálják.

A 33 oldal terjedelmű harmadik fejezet a törésmechanikai koncepciókat, elveket foglalja össze. Ennek megfelelően a kontinuummechanikailag egyszerűbben kezelhető, lineárisan rugalmas anyaggyenlet felhasználásával született eredmények áttekintése után a nem ideálisan rugalmas anyagmodellrel nyugvó ismereteket közli a könyv, kitérve az energetikai koncepciókra is. Röviden összefoglalásra kerülnek a kifáradás, kúszás és feszültségkorrózió hatására végbemenő repedés-terjedés leírásai lehetőségei, módszerei. A számos bizonytalansági tényező miatt egyre nagyobb jelentőségű a probabilisztikus törésmechanika, amelynek elveivel ugyancsak megismerkedhetünk, igaz definíció-szerűen.

A negyedik, 51 oldal terjedelmű fejezet a törésmechanikai anyagjellemzők meghatározási módszereit foglalja össze. Kiindulva a lineárisan rugalmas anyagmodell felhasználó törési szívósságtól, a J -integrálon, a $K_{I,SCC}$ -n, a kifáradás és kúszás során terjedő repedés sajátosságait meghatározó anyagjellemző mérésén keresztül bemutatásra kerülnek a dinamikus vizsgálatok módszerei is. Rövid összefoglalás foglalkozik a repedés-terjedés leféléződésekhez tartozó anyagjellemzők vizsgálatával.

A konstruktőrök, az anyagtudománnyal és az anyagvizsgálattal foglalkozó szakemberek számára a könyv egyik legértékesebb része az 54 oldal terjedelmű 5. fejezet. Ez a legkülönbözőbb anyagok törésmechanikai anyagjellemzőit foglalja össze igen logikus csoportosításban. Főcsoportonként az acélok, öntöttvasak, könnyűfémek, polimereket, keramikus anyagokat, szálerezítéses anyagokat és az építőanyagokat tekintve olyan mélységű alcsoportokat képeznek a szerzők, amely az adott anyag típus felhasználásának

körét veszi figyelembe. Így az acélokban belülről igen sok adatot tekinthetünk át a gépgyártásban használt anyagoktól a szerszámacélokig. Ha csupán a szélső tartományokat tekintjük, akkor azt mondhatjuk, hogy a törési szívósság tekintetében mindazon anyagokkal megismerkedhetünk, amelyeknek a K_{IC} értéke 1–450 MPa \sqrt{m} tartományba esik. Igen hasznos az a szemlélet, hogy a fátörés repedés terjedésével szembeni ellenállást tükröző anyagjellemzők mellett a külső paraméterek (hőmérséklet, közeg) hatása is nyomon követhető a közötti adatokon keresztül. Érdekesek és hasznosak azok az elemzések, amelyek a szövetszerkezeti sajátosságok és a különböző törési paraméterek között keresnek kapcsolatot. E megfontolások a tudatos anyagfejlesztés kiindulási pontjai, annak bázisai.

A 37 oldal terjedelmű 6. fejezet a törésmechanika gyakorlati alkalmazási lehetőségeit, annak módszereit foglalja össze. Ennek palettája az ún. „iskolai példák”-tól a műszaki előírásokban rögzített módszerekig terjed. Ez utóbbiaknál természetesen csupán az alapelvek kerülhetnek tárgyalásra a könyv kötött terjedelme miatt.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy egy rendkívül jó felépítésű, alapvetően „oktatás- és vizsgálattechnika-centrikus” könyv jelent meg Blumenauer és Pusch professzorok tollából. A tartalomban egyértelműen tükröződik az a kb. 30 éves oktatási tapasztalat, amellyel a szerzők rendelkeznek. A rövid áttekintésből az is egyértelműen kiderül, hogy a könyvet az anyagtudománnyal, az anyagvizsgálattal és a szerkezetek üzemeltetésével, felülvizsgálatával foglalkozó szakemberek is igen hasznosan forgathatják, munkájukhoz sok kiegészítő ismeretre tehetnek szert.

Végül e recenzió írójának sajnálattal kell megállapítania, hogy a magyar nyelvű szakkönyv megjelenése hazai szerzők tollából még mindig várat magára annak ellenére, hogy egyrészt e témában évente kb. 150–200 új könyv jelenik meg a világon, másrészt vannak nemzetközileg elismert szakemberei e kis országnak.

Dr. Tóth László

V. V. Panasjuk: Anyagok kvázi-rideg törésének mechanikája

A Naukova Dumka kiadó (Kiev) gondozásában 1991. évben jelent meg Panasjuk akadémikusnak, a Fiziko-Mechanicheskij Institut (Lvov) igazgatójának a törésmechanikával foglalkozó immáron sokadik könyve *Mekhanika Kvizirupkogo Razrushhenija Materialov* címmel. Az ukrán törésmechanikai iskola egyik vezető, meghatározó egyéniségének szakmai tevékenységéből nehéz lenne bármit is kiemelni anélkül, hogy jelentős területeket ne hagynánk el. Ezt az egyszerűsítést vállalva, figyelembe véve mondhatjuk azt, hogy a repedésűcsúcs környezetében ébredő viszonyok tisztázására, a kontinuummechanika alkalmazhatóságának biztosítására javasolt *Panasjuk-Leonov modell*, az ún. δ modell a törésmechanikában új irányt nyitott. E modell egyik egyszerű esete az igen kiterjedten használt *Dugdale modell*. A 415 oldal terjedelmű munka 11 fejezetre tagozódik.

Az első, 43 oldal terjedelmű részben a törésmechanikával foglalkozó szakemberek átfogó képet kaphatnak a tudományterület fejlődésének történetéről. Ez rendkívül fontos legalább két szempontból. Az egyik az, hogy mai eredményeink értékeléséhez ismerni kell az ide vezető utat, azokat a személyeket, akik alapvetően befolyásolták a gondolkodás irányait, a másik pedig az, hogy a valóságot – nem pedig a különböző iskolák által kikiáltott vezető neveteket, egyéniségeket – kell ismerni. Ilyen szempontból érdekes lehet számunkra pl. az, hogy *Weighard*, a Bécsi Műszaki Egyetem tanárának nevéhez fűződik a repedésűcsúcs környezetében ébredő viszonyok mechanikai leírása rugalmas anyagegyenlet esetén. Ő volt az aki először kimutatta az $1/\sqrt{r}$ alakú szingularitást.

A második, szinte az elsővel azonos terjedelmű fejezet az anyagok szerkezetével és a törés fizikai aspektusaival foglalkozik. E részben alapvető hangsúlyt kapnak az anyagok felépítésével, rácsszerkezetével, a rácshibákkal – és azok hatásával – foglalkozó ismeretek mellett a repedés keletkezésének diszlokációs modelljei, a reológiai modellek, valamint az anyagok szilárdságának elméleti alapjai.

A harmadik, szintén 42 oldal terjedelmű fejezet a törésmechanika feszültség-és energetikai elveit foglalja össze. Itt kerül tárgyalásra a repedésűcsúcs környezetének alakváltozási, feszültségi, és energetikai állapota a különböző anyagegyenletek esetén, illetve ezek alapján a törési kritériumok kerülnek megfogalmazásra. Röviden bemutatásra kerülnek a vizsgálati módszerek is.

A 28 oldal terjedelmű negyedik fejezet a törés alakváltozási kritériumainak összefoglalására íródott. Ez már csak azért is igen fontos szemléletmód, mivel csak elmozdulás (út, megnyúlás) mérésére van lehetőségünk, mivel az alakváltozás és a feszültség származtatott mennyiségek. Külön rész ismerteti a méréses technikai lehetőségeket, illetve a törés ún. kétparaméteres alakváltozási kritériumát, amelynek helyessége kísérleti eredmények interpretálásával van alátámasztva.

Az ötödik fejezet 27 oldalnyi terjedelmében a kvázi-rideg jellegű törés síkbeli feladatainak megoldási módszereire felhalmozott kontinuummechanikai ismeretek kerültek rendszerezésre. Ennek kapcsán a szinguláris integrálegyenletek sajátosságai, azok megoldásának módszerei kapnak hangsúlyt a legkülönbözőbb repedés-konfigurációs esetén.

A 40 oldal terjedelmű hatodik fejezet a törésmechanika térbeli feladatainak megoldási módszereit foglalja össze, szinte kizárólagosan a rugalmas anyagegyenlet érvényességének bázisán. E tárgyalásban hangsúlyos szerepet kap a *Panasjuk-Leonov modell* alkalmazása is. Rendszerezésre kerülnek a több repedést tartalmazó anyagi rendszerek egyensúlyi feltételei, valamint a repedések geometriai jellegzetességeiből (kör, ellipszis alakú) adódó egyszerűsítési lehetőségek. A maradék feszültségek figyelembevételének kontinuummechanikai leírasi módszereinek bemutatására rövid paragrafus íródott.

A hetedik, 37 oldalnyi terjedelmű fejezet a véges méretű kontinuumokban levő repedések rugalmas-képlékeny feldatának közelítő megoldásaival foglalkozik alapvetően interpolációs módszerek alkalmazásával. Az általános elveket a következő feladatok megoldására használja: felületi repedéssel rendelkező tartó hajlítása, felületi félelliptikus repedést tartalmazó vastag lemez húzása, sarokrepedést tartalmazó prizmatikus rúd húzása, kompakt próbatest húzása. Az ismertetett másik közelítő megoldás a Leonov-Panasjuk modellen nyugszik. Ennek alkalmazhatóságát is több feladat megoldásával illusztrálja.

A könyv nyolcadik, 33 oldalnyi fejezetében a fátörés repedés terjedésének körülményeire vonatkozó ismeretek kerültek összefoglalásra. E rész kitér a repedések keletkezési körülményeinek tárgyalására mellett a terjedési feltételek empirikus leírására, az anyagjellemzők meghatározási módszereire, valamint az eredmények gyakorlati alkalmazási lehetőségeire is.

A 37 oldalnyi terjedelmű kilencedik fejezet a korrozív közegnek a repedések terjedési feltételeire gyakorolt hatását ismerteti mind kvázistatikus, mind pedig ismétlődő terhelés esetére. E részben hangsúlyos a felületi jelenségek leírására vonatkozó ismeretek, amelyek segítségével nem csupán kvalitatív, hanem kvantitatív következtetésekre is lehet jutni. A modellek alkalmazhatóságát számos mérési eredmény interpretálásával támasztja alá a szerző.

A tizedik, 32 oldalnyi rész a törés egy speciális lehetőségével, a hidrogén okozta törési folyamat kialakulásával foglalkozik. A Physico-Mekhanicheskij Institut tevékenységére döntően támaszkodó fejezetben a repedés kialakulásának mechanizmusára és időtartamára, valamint a repedés terjedésének körülményeire vonatkozó ismeretek kerültek összefoglalásra. Hangsúlyos szerepet kapnak a különböző modellekben a törésmechanikai paraméterek alkalmazási lehetőségei.

Az utolsó, tizenegyedik fejezet a törésmechanika gyakorlati alkalmazását illusztráló feladatok megoldásainak gyűjteménye. E részben acélművi hengerekben, tengelyekben, vasúti sínekben, vastagfalú csövekben, különböző gépjárművek szerkezeti részleteiben levő hibák veszélyességének megítélésére kialakított elvek kerülnek ismertetésre, mintegy annak igazolásaként, hogy a törésmechanika alkalmas a repedést tartalmazó szerkezetek megbízhatóságának becslésére, a megbízhatóság megítélésénél egyik komponenseként.

Összefoglalva úgy ítélem, hogy Vladimir Vasilevich Panasjuk akadémikus könyve egy igen kiváló munka, amelyet mind az elméleti mechanikával, mind pedig a törésmechanika gyakorlati alkalmazásával foglalkozó szakemberek igen jól használhatják. Az előbbiekről azért, mert a különböző modellek, azok alapfeltételezései igen röviden, világosan vannak összefoglalva, amelyekre az elméleti mechanikával foglalkozó szakemberek könnyen építhetnek. Az utóbbi csoportot képviselőik pedig az elvek tudatában, azok helytállóságának, bizonytalanságainak, közelítéseinek ismeretében kezdenek hozzá a törésmechanika gyakorlati alkalmazásához, döntéseik megalapozottságának kockázatának, következményeinek mérlegeléséhez. A könyv minden egyes fejezetét bőveges irodalmi hivatkozás egészíti ki, amely egyben hasznos segítségére lehet mindazoknak, akik egy-egy speciális irányban további, részletes tájékozódásra törekvenek.

Dr. Tóth László

Tanfolyamok 1993-ban

GTE-TÜV

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI TANFOLYAMOK

A tanfolyamok vizsgakötelesek. A sikeresen vizsgázók Németországban regisztrált TÜV-bizonyítványt kapnak.

MINŐSÉGÜGYI MUNKATÁRS – QS-Fachkraft – TANFOLYAM

Időtartam: 10 nap (80 óra)
Időpontok: havonta

MINŐSÉGÜGYI MUNKATÁRS – QS-Fachkraft – RÖVIDÍTETT TANFOLYAM az alaptanfolyamot már sikerrel elvégzettek számára

Időtartam: 5 nap (40 óra)
Időpont: havonta

MINŐSÉGÜGYI MEGBÍZOTT – QS-Beauftragter – TANFOLYAM

Időtartam: 12 nap (96 óra)
Időpontok: 1993. II. félévben
Jelentkezés: folyamatosan

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK

A nemzetközi (ICNDT) irányelveknek és a 12/1992.IV.4.IKM sz. rendelet alapján képzést nyújtó középfokú (1), felsőfokú (2 és 3) és továbbképző (T), ultrahangos (U), mágneses, penetrációs, vizuális (MPV), örvényáramos (O) vizsgálati tanfolyamok időtartama (napi 8 óra), és kezdési időpontjai a jelentkezésektől függően 1993. szeptemberben és októberben: U2–20 nap, U2T–5 nap, O1–8 nap, O2–8 nap., MPV 1–11 nap, MPV 2–15 nap
Jelentkezés: folyamatosan

SPEKTROSKÓPOS ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK

I. alaptanfolyam, acélok elemzése.

II/A. haladók számára, acélok elemzése.

II/B. réz- és alumíniumötvözetek elemzése.

Időtartam: 44 óra, intenzív.

Időpontok: a jelentkezésektől függően, 1993. II. félévben.

Jelentkezés: folyamatosan

ÁLLÁSTALAN MÉRNÖKÖK ÉS KÖZÉPFOKÚ VÉGZETTSÉGŰ

MŰSZAKIAK KÉPZÉSE

Részletes ismertetés az Anyagvizsgálók Lapja 1993/1 száma 36–37. oldalán.

A tanfolyamok szeptember végén, október elején indulnak.

Jelentkezés: folyamatosan

*

JELENTKEZÉS ÉS FELVILÁGOSÍTÁS:

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

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

Fax: 201-7180

ATOMABSORPCIÓS – láng és grafitkemencés – és ICP-EMISSZIÓS SPEKTROMETRIÁS TANFOLYAM

Időtartam: 20 óra elmélet és 20 óra témaorientált gyakorlat (pl.: környezet- és élelmiszeranalitika) a legkorszerűbb berendezésekkel.

A sikeresen végzők ELTE bizonyítványt kapnak.

Időpont: szeptember 6–10.

Jelentkezés és felvilágosítás: ELTE Szeretlen és Analitikai Kémiai Tanszéke, 1518 Budapest, 112. Pf. 32. Dr. Záray Gyula docens.

Nemzetközi rendezvények 1993-ban

9th Danube Symp. on Chromatography, Budapest, augusztus 23–27.

Eurotrib 93, 6. Nemzetközi Tribológiai Kongresszus, Budapest, augusztus 30–szeptember 2.

IN-TECH-ED műszaki fejlesztés és oktatás a textiliparban konferencia, Budapest, szeptember 1–3.

VIII. Nemzetközi Szerszám Konferencia és Kiállítás, Miskolc, augusztus 31–szeptember 2.

Vásárok, Kiállítások Tűzvédelme, Szeged, szeptember 8–11.

32nd Annual British Conference on NDT, Cardiff, UK, szeptember 14–16.

European Symp. on Impact and Dynamic Fracture of Polymers and Composites, Sardinia, Olaszország, szeptember 20–22.

6th European Conf. on Composite Materials, Bordeaux, Franciaország, szeptember 20–24.

XV. Hőkezelő Országos Konferencia, Dunaújváros, október 19–21.

Második Minőségügyi Hét, november 8–10.

és Minőségügyi Világnap, november 11.

Budapest, Magyar Honvédség Művelődési Háza

Felvilágosítás: Magyar Minőség Társaság Rendezvény Iroda

4th Int. Conf. on Improvement of Materials, Párizs, Franciaország, december 1–3.

Nemzetközi rendezvények 1994-ben

4th Int. Symposium on Toughened Plastics: Science and Engineering, 1994. március 13–14. San Diego, CA, USA. Jelentkezés előadással (abstract) 1993. szeptember 1. Cím: Prof. A.J. Kinloch, Dept. of Mechanical Engineering, Imperial College, London SW7 2BX, UK.

Deformation, Yield and Fracture of Polymers, 1994. április 11–14., Cambridge, UK. Jelentkezés előadással 1993. szeptember 1. Cím: Mrs. Debbie Schorer, Conf. Dept. C406, London SW1Y 5DB, UK.

2nd Int. conf. on Engineering Integrity Assessment, 1994. május 10–12., Glasgow, UK. Jelentkezés: azonnal. Cím: Neil Harwood, Dynamic Testing Agency, East Kilbridge, Glasgow G75 0QU, UK.

3rd Symp. on Advances in Fatigue Lifetime Predictive Techniques, 1994. május 16–17., Montreal, Quebec, Kanada. Jelentkezés: azonnal. Cím: M.R. Mitchell, Rockwell Int. Science Center, 1049 Camino Dos Rios Thousand Oaks, CA 91360, USA.

Symp. on Pendulum Impact Machine: Procedures and Specimens for Verification, 1994. május 18–19., Montreal, Quebec, Kanada. Jelentkezés 1993. június 18. Cím: Mrs. Dorothy Savini, Symp. Operations, ASTM., 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103–1187, USA.

4th Int. Conf. Biaxial/Multiaxial Fatigue, Párizs, 1994. május 31–június 2. Jelentkezés előadással (abstract) 1993. szeptember 1. Cím: Société Française de Métallurgie et de Matériaux, 1 Rue Paul Cézanne, 75008 Paris, France.

PaPro 94 Int. Fair Package Production Paper, Film and Foil Manufacturing and Converting Machinery, Materials, Processes, Düsseldorf, Németország, 1994. május 25–31. Ezen belül: General Meeting of the Zellcheming, május 24–27. Cím: Düsseldorf Messgesellschaft mbH. – NOWEA – Pf. 320203 Stockumer Kirchstrasse 61. D–4000 Düsseldorf 30. Tel. (02 11)45 60 01 Fax: (02 11)45 60 -6 68

4th Int. Conf. on Residual Stresses – ICRS 4, Baltimor, Maryland, USA, 1994. június 8–10. Cím: SEM, Inc. Bethel, CT 06801, 7 School Street, USA Tel.: (203)790 6373, Fax: (203)790 4472. Dr. M. James

4th Int. Conf. on Computer Aided Design in Composite Material Technology – CADCOMP 94, Southampton, UK. 1994. június 29–július 1. Cím: Wessex Inst. of Technology, Southampton SO4 2AA, UK. Tel.: (+44)703-293223, Fas: (+44)703-292853

10th Int. Conf. on Experimental Mechanics, Lisbon, Portugália, 1994. július 18–22. Cím: APAET Lab. Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101 – 1799 Lisbon Codex, Portugal.

10th European Conf. on Fracture – ECF 10, Berlin, Németország, 1994. szeptember 20–23. Cím: DVM, Unter den Eichen 87. 1000 Berlin 45, Germany, Mrs. I. Maslinski. Tel.: (30) 8113066, Fax: (30) 8119359

EUROMAT 94 – TOPICAL – XV. Kohászati Anyagvizsgáló Napok és XI. Anyagvizsgáló Kongresszus – Szakkiallítás.

Balatonszéplak, 1994. május 30. – június 1.

Az Európai Anyagtudományi Egyesületek Szövetsége (FEMS) hivatalos rendezvénye.

Témakörök: korszerű vizsgálati módszerek és eljárások teljes köre; élet-tartamcsökkentő károsodási folyamatok (kifáradás, kúszás, korrózió stb.); összefüggések az anyag szerkezete és tulajdonságai között; vizsgálati eredmények gyűjtése, tárolása, feldolgozása; az anyagvizsgálat szerepe a minőségbiztosításban.

Jelentkezés előadás tartására kb. 1 oldal rövid kivonattal, illetve kiállítás tartására azonnal: 1027 Budapest, Fő u. 68. vagy az OMBKE Tel.: 201-7337, Fax: 156-1215, vagy GTE Konferencia Iroda, tel.: 201-2011/189, fax: 202-0252 címen. Kérjen részletes információt!



 **outokumpu**
instruments

X-MET 920

PC-bázisú,
több mérőhelyes,
energiadiszperzív



röntgenfluoreszcens spektrométer

a **JIT** - éppen időre - termelés
és az **SPC** - statisztikus
folyamatellenőrzés -
gyártási környezetbe illeszthető



korszerű, gyors
elemanalitikai eszköz
a kézbentartható
minőségért!

Hordozható változatban is!

Kérjen részletes tájékoztatót
a hazai forgalmazótól,
a TESTOR BT-től
Budapest, XII. Törpe utca 8.
Telefon: 155-9886
Fax: 155-2618