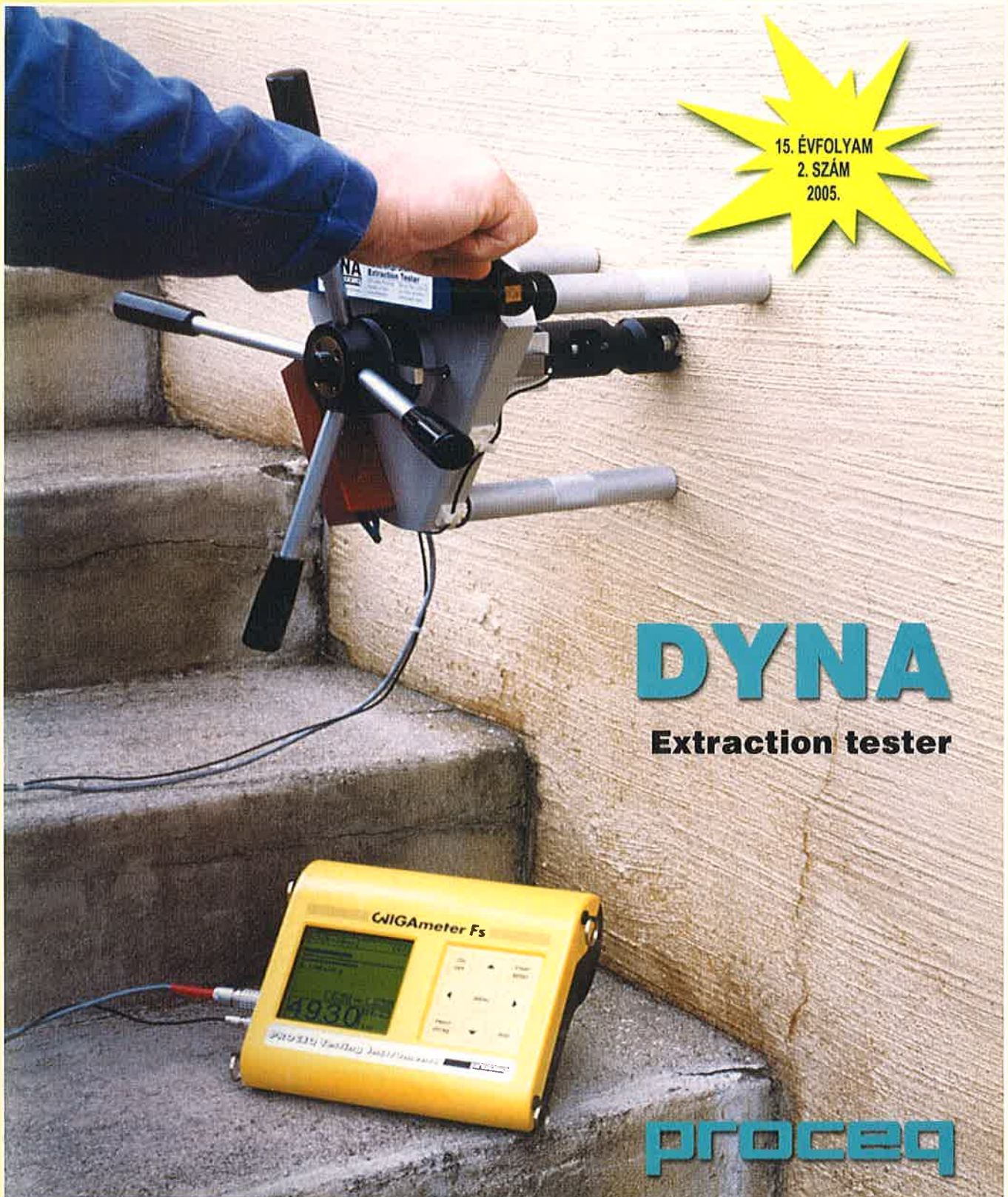


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



15. ÉVFOLYAM
2. SZÁM
2005.

DYNA
Extraction tester

proceq

készülékek betonépítmények és -elemek vizsgálatára



PROFOMETER 5
a betonvas helyének és méretének beméréséhez



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



DIGI-SCHMIDT-KALAPÁCS
elektronikus



CANIN a betonba ágyazott vas korróziójának feltérképezéséhez



RESI ellenállás mérő a korróziós károsodás felderítéséhez



TORRENT permeabilitás mérő a fedő betonréteg minősítéséhez



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



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



DYNÁ Z...E kötésvizsgáló elektronikus változatai

Forgalmazza: **TESTOR**

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

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó **ATESTOR Kft.** címén
1016 Budapest I., Aladár u. 19.
1538 Budapest, Pf. 528.

Telefon: 319-1-319

Telefax: 319-2284

E-mail: info@anyagvizsgaloklapja.hu
info@testor.hu

Internet: www.atestor.hu

Lapunk az interneten is olvasható:
www.anyagvizsgaloklapja.hu

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Eur. Ing. Fücsök Ferenc

dr. Havas István

dr. Koczor Zoltán

dr. Pólos László

dr. Tóth László

Kiadja:

ATESTOR Kft.

Felelős kiadó:

Szappanos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj a 2005. évre

(1–4. szám): 2.760,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál

a mellékelt, vagy az internetről letölthető
úrlap felhasználásával.

Hirdetések felvétele és kéziratok
leadása az ATESTOR Kft. címén.

Nyomda:

PRINT-HOUSE KFT

Felelős vezető: Fodor Imre

Előkészítés:

PC-Print Bt.

Tel.: 205-6399, 204-3688

E-mail: pcprint@chello.hu

FIGYELEM!

Le ne maradjon!

Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

RmV-FÓRUM

Az alkalom, amely jelen lapszámunk vezértémáját meghatározta, a roncsolásmentes anyagvizsgálók közösségének évtizedekre visszanyúló, hagyományos konferenciája, amelyet önálló programmal először 1975-ben Győrben, majd 1980 – 1992 között Gyulán és 1995 óta Egerben, a Flóra Hotelben rendeznek meg, korábban a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE), újabban (1999 óta) a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (Marovisz) szervezésében.

Míg korábban és mindmáig a szakemberképzést kellett és kell a mindenkorai nemzetközi követelményeknek megfelelően megszervezünk – amelynek korábbi sikerét osztrák és német kétoldalú egyezmények is tükrözték, és amelyben a szakmát művelőket tömörítő GTE-nek 1990 előtt meghatározó szerepe volt –, addig európai uniós tagságunk óta egyesületeinkre hárul még az a feladat is, hogy a roncsolásmentes vizsgálatokra (rmv) szakosodott vállalkozásainknak az uniós szintű együttműködéshez társadalmi segítséget adjanak azzal, hogy rendezvényeiken megteremtik a magas színvonalú tapasztalatcsere feltételeit. Ezért választották az ez évi, a Marovisz által sorrendben a negyedik rmv konferencia és kiállítás programját szervezői a „*Bent vagyunk! Bent vagyunk? Hogyan tovább?*” vezérgondolatot, amelyhez sikerült megnyerni nemcsak a kormány képviselőit, hanem a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium és a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal képviselőit, akik az EU-irányelvek és pályázati feltételek avatott ismerői, hanem a minőségbiztosításban, az akkreditálásban, a szakemberképzésben jártas hazai intézmények, valamint az uniós együttműködésben már nemzetközi tapasztalatokkal rendelkező hazai intézetek és vállalkozások szakértő képviselőit, valamint az unió kezdetétől formálódó feltételekkel szoros kölcsönhatásban működő német szakmai társegyesület, a DZfP egyik vezető személyiségét is. És a tapasztalatcsere sikeréhez nemcsak a programba iktatott előadások meghallgatása, hanem befejezésül a hallottak megvitatására és a lényeg összegzésére is módot adó párbeszéd keretében is hozzájárulhat. Lapunk szerkesztőbizottsága e tapasztalatcsere tanulságait összegző beszámolót készséggel közre fogja adni, ha a konferencia szakmai programjára felelős szervezők rendelkezésünkre bocsátják! Remélem, így lesz!

Lapunk RmV-helyzetkép rovatában ez alkalommal csak szemelvényeket közölhetünk, mégpedig azoknak a tollából, akik szerkesztőbizottságunk felkérésének lapzártáig eleget téve közlésre önzetlenül felajánlották vagy a konferenciára is bejelentett, vagy más alkalommal kidolgozott rmv témájú kézírataikat. Köszönjük közös ügyünkért tett szolgálataikat! Örömről szolgál, hogy a konferencia havában megjelenő RmV rovatunkban köszönhetjük, jó egészséget kívánva, lapindító szerkesztőbizottságunk tagját, a Marovisz tiszteletbeli elnökét, *Becker Istvárt* – akár hiszik, akár nem – 80. születésnapja alkalmából.

Am kiegészítésül „becsempészünk” – lapszerkesztési elveinkkel összhangban – más témákat is. Így az Anyagok rovatunkban, olvashatnak a polimer bázisú szálerősítésű kompozitok tulajdonságjavító kísérleteinek eredményeiről, továbbá a Műszeres analitika rovatunkban a városi légszennyezettség jellemzésére kidolgozott mintavételi és analitikai eljárásról. Beszámolunk már lezajlott, illetve tervezett rendezvényekről is.

Mérföldkő rovatunkban, tervezett interjú helyett, már csak tisztelettel fejet hajtva emlékezhettünk meg szakmai közösségünk váratlanul elhunyt két közismert és tisztelt tagjáról: professor emeritus *dr. Ziaja Györgyről*, a mechanikai technológia, a képlékeny alakítás, illetve *dr. Hlavay József* tanszékvezető egyetemi tanárról, a műszeres analitika kiváló művelőjéről, oktatójáról.

Végezetül ezúton is *felhívjuk tisztelt olvasóink figyelmét az impresszumban közölt címváltozásra*. Ugyanis kiadónk, az Atestor Kft. – és ezért szerkesztőbizottságunk is – 2005. április 22-étől új telephelyre költözött, amelynek címe: **1016 Budapest, Aladár u. 19.** (az új Zsolt udvar irodaházba). De a postafiók levelezési címünk, a telefon- és faxszámaink, a villámpostai (e-mail) levelezési címeink és honlapjaink elérhetőségei nem változtak meg!

Továbbra is szerkesszük együtt az Anyagvizsgálók Lapját!

Tisztelettel:
Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

RmV-HELYZETKÉP – NDT-REVIEW – ZfP-RUNDSCHAU**Állapotellenőrzés – Condition control – Zustandskontrolle***Tóth László, LENKEYNÉ BIRÓ Gyöngyvér:*

Kockázatalapú karbantartás- és felülvizsgálat-tervezési rendszer

Risk based maintenance and inspection planning system

Risikogegründet Instandhaltungs- und Überprüfungsplan-System 35

BALASKÓ Márton, VERES István, MOLNÁR Gyula, SVÁB Erzsébet:

Helikopter rotorlapátjainak vizsgálata radiográfiai módszerekkel

Investigation of helicopter's rotor blades by radiographic methods

Prüfung der Helikopter-Rotorschaukeln mit radiographische Methoden 37

Lehofer Kornél:

Beton- és vasbeton szerkezetek roncsolásmentes vizsgálata – Proceq-nap

NDT of concrete and reinforced concrete structures – Proceq-day

ZfP der Beton- und Eisenbetonstrukturen – Proceq Tagung 42

Vizsgálati módszerek – Testing methods – Prüfmethode*Vértessy Gábor, Gasparics Antal, Pávó József:*

Elektromágneses roncsolásmentes anyagvizsgálat nagy érzékenyséű mágnesestér-mérő szenzor alkalmazásával

Electro magnetic NDT used by a high sensibility magnetic field measuring sensor

Elektromagnetische ZfP mit einer hoch Empfindlichkeit magnetische Feldstärke-Meßfühler 46

Minőségbiztosítás – Quality assurance – Qualitätssicherung*Trampus Péter, Somogyi György, Szabó Dénes, Klausz Gábor:*

Külföldön végrehajtott roncsolásmentes vizsgálat minősítés hazai alkalmazásának tapasztalatai

Experiences of domestic adoption of validation of a NDT enforced abroad

Heimische Benutzungserfahrungen einer ZfP-qualifikation ausgeführte im Ausland 48

Mérföldkövek – Milestone – Meilenstein*Tóth László:*

Becker István – egy nyüzsgő mérnök – 80 éves

István BECKER – a bustling engineer – is 80 years old – István BECKER – einer schwärmerische Ingenieur – ist 80 Jahre alt 52

Sugárvédelem – Radiation protection – Strahlenschutz*Tóth Endre, Skrek Mátyás:*

A radiográfiai munka különleges sugárvédelmi követelményeinek érvényesítése a hazai műszergyártásban

At home produced dosimeter enforcing the special requirements of radiographic work

Heimisch hergestellte Dosimeter gültig machst die eigentümlich Anforderungen der radiographische Arbeit 54

Skrek Mátyás:

A radioaktív anyagok központi és helyi nyilvántartási rendjéről című rendelet bevezetését követő tapasztalatok

After initiating experiences of the order about central and local recording of radioactive materials

Einführungserfahrungen der Verordnung über die zentral und lokal Register der radioaktiv Materialien 55

SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMEN*SZABÓ József:*

A fémek mechanikai és roncsolásmentes vizsgálatára vonatkozó, 2004-ben megjelent magyar szabványok jegyzéke

List of Hungarian standards published in 2004 concerning the mechanical and NDT of metals

Liste der ungarische Normen herausgegeben in 2004 über die mechanische und ZfP der Metallen 56

Új, nemzeti és nemzetközi szabványok – New national and international Standards – Neue National- und Internationalnormen 56, 64

ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN*Pölöskei Kornél, Czigány Tibor:*

Bazaltszál-halmazban jelenlévő szálféjek hatásának vizsgálata

Investigation of effect of the basalt thread's heads

Untersuchung der Wirkung von Basaltfaser-Köpfe 57

MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE*Margitai Zita, Braun Mihály, Posta József:*

Légszennyezettség jellemzése a falevelekre ülepedett por szervesetlen komponenseinek elemzése alapján

Characterization of the air pollution based on inorganic components analysis of the dust settled on the leaves

Charakterisierung der Luftverreinigung mit Anorganischelementaranalyse des Staub hat gesetzt on Blätter 61

BESZÁMOLÓK – ACCOUNTS – BERICHTE*LEHOFER Kornél:*

MiniPal-nap – MiniPal-day – MiniPal Tagung 65

FODOR Péter:

Európai Téli Plazma-spektrokémiai Konferencia – 2005, Budapest

European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry – 2005, Budapest 65

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN

† Prof. Dr. Hlavay József (1945–2005) 66

† Prof. Dr. ZIAJA György (1934–2005) 67

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDAR OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER 68

Kockázatalapú karbantartás- és felülvizsgálat-tervezési rendszer

Dr. Tóth László* – Lenkeyné dr. Biró Gyöngyvér*

Bevezetés

Az ésszerűen szervezett műszaki-gazdasági élet „alapszavai” röviden a következők: **biztonság – megbízhatóság – kockázat**. A **biztonság** kifejezés alatt a rendszer adott pillanatra vonatkozó biztonsági szintjét értjük, a **megbízhatóság** fogalma takarja mindazon eszközöket, amelyeket használni tudunk arra, hogy bármely pillanatban megítélhessük a biztonság szintjét. Ezen eszközök magukba foglalják a szerkezetbe épített anyag károsodási mértékének megállapítására alkalmas anyagvizsgálati lehetőségeket, elméleti megfontolásokat ugyanúgy, mint a szerzetekben ébredő mezők (alakváltozási-, feszültségi-, hőmérsékleti-, mágneses- stb.) numerikus szimulálására alkalmas szoftvereket és hardvereket, illetve a rendszerekben levő hibák (geometriai, anyagfolytonossági, esetleg működési) észlelésére, detektálására alkalmas eszközöket, készülékeket, eljárásokat. Az üzemeltetés **kockázata (k)** végső soron pénz, gazdasági jellemző, hiszen azt fejezi ki, hogy az adott rendszer milyen valószínűséggel hibásodhat meg (p), és ennek mi a pénzben kifejezett következménye (c), azaz $k = p \times c$. Egy rendszer adott pillanatra vonatkozó biztonságának megítéléséhez tehát eszközöket, erőforrásokat használunk, amelynek természetesen költségei vannak, és ezt állítjuk szembe az üzemeltetés kockázatával. Végső soron tehát „pénzt” állítunk szembe „pénzzel”, befektetést a kockázattal. Ezek egyensúlya adja a kívánatos állapotot, azaz a biztonság szintjének garantálásához szükséges anyagi források korreláljanak az üzemeltetés kockázatának szintjével, mint ahogy ezt a 1. ábra is igyekszik kifejezni.



1. ábra. Az adott pillanatra vonatkozó biztonság szintjének meghatározásához befektetett források és az üzemeltetés kockázatának egyensúlya

Az előzőkből következik, hogy a **gazdaságosság és biztonság** orientált felülvizsgálat nem jelenet más, mint a biztonsági követelmények megfogalmazását és ennek biztosításához szükséges költségek összevetését. Ez utóbbi költségeket két csatornán juttathatjuk a rendszerbe. Egyrészt időszakosan leállítjuk és megbontjuk a rendszereket, azaz **periodikus felülvizsgálatokat** végzünk a rendszer elemein. Másrészt a rendszerben üzemeltetés során végbemenő folyamatokat elemezve **karbantartási tevékenységeket** folytatunk annak érdekében, hogy a folyamatok biztonságosan megvalósuljanak. Ezek együttes megvalósítása adja a gazdaságosság és biztonság orientált üzemvitelt, hiszen ezzel elérhető az üzemeltetők legfőbb célja, az hogy az általa üzemeltetett rendszer:

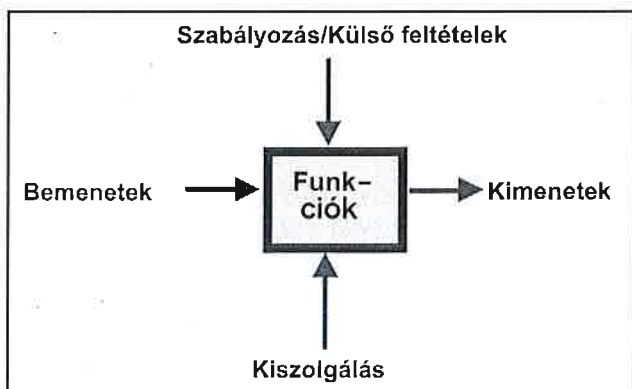
- kihozatala a legnagyobb,
- ráfordítási költségei a legkisebbek, és
- a környezetet nem szennyezi.

Az előző cél elérésének eszközei:

- a megbízhatóság központú karbantartás (RCM – Reliability Centered Maintenance) és
- a kockázatalapú karbantartás és felülvizsgálat-tervezés (RBI – Risk Based Inspection)

A megbízhatóság központú karbantartás alapelemei

Minden rendszer legyen az kisebb, vagy nagyobb, valamilyen funkciót lát el. Ezen funkció definiálható különböző szinteken. Például egy finomító szintjén sorba, párhuzamosan, vagy vegyesen kötött üzemek, blokkok szintjétől kezdve egy elem (készülék, csavar, katalizátor, áramforrás stb.) szintjéig. E funkciók ellátásához bizonyos körülmények csatlakoznak, amelyek a 2. ábrán feltüntetett módon ábrázolhatók.



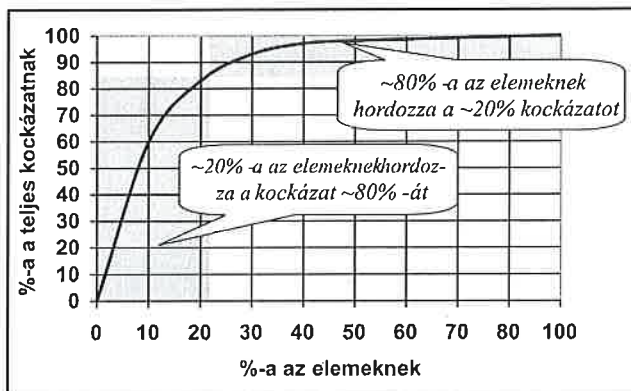
2. ábra. A funkció szemléletet ellátó, az azt megvalósító RCM alapú karbantartás lényege

Az előző gondolatmenetből következik, hogy egy-egy rendszerben a funkciókat és a funkciókat megvalósító elemeket definiálni kell. Ha ezt megtettük, akkor az RCM alapvetően a következő hét kérdés megválaszolásán alapul:

- Mi a berendezés/rendszer funkciója és az erre vonatkozó működési standard?
- Hogyan hibásodhatnak meg ezek a funkciók?
- Mi okozhatja a funkció meghibásodását?
- Mi történik a meghibásodás esetén?
- Milyen jellegű a meghibásodás következménye?
- Mit lehet tenni a meghibásodás előrejelzése vagy megelőzése érdekében?
- Mit kell tenni, ha nem található megfelelő megelőző intézkedés?

Az RCM elemzés folyamata tehát nem más, mint a fent említett kérdések megválaszolásának sorozata és olyan formában való gyűjtése, tárolása, amely lehetővé teszi azt, hogy az egyes témakörökben kellő mélységben nem jártas szakember is kellő biztonsággal eligazodjon a szükséges tennivalók elvégzéséhez. Ennek napjainkban leginkább alkalmazott eszközei a különböző szoftvercsomagok, amelyek lehetővé teszik a **szakértői csoport** szintetizált ismereteinek strukturált megőrzését. Ezen szemlélet egyben lehetővé teszi azt is, hogy rangsorolni lehessen a különböző kritikuságú elemeket, következésképpen olyan karbantartási tevékenységek rendelhetők ezen elemek mellé, melyek figyelembe veszik a kritikuság mértékét. Erre azért is van nagy szükség, mert általában elmondható az, hogy a rendszerekben kb. az elemek 20%-a hordozza az üzemeltetés kockázatának 80%-át, mint ahogy azt a 3. ábra is igyekszik szemléltetni.

* Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány, Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet (Bay-Logi), Miskolc



3. ábra. A működés, az adott funkció ellátásának kockázat-megoszlása a funkciót megvalósító elemekben

Ismervén a funkciót ellátó elemek fontossági rangsorát olyan karbantartási eszközök, eljárások rendelhetők az elemek mellé, amelyet azok „megérdemelnek”. Ennek természetesen vannak műszaki és gazdasági követelményei. A funkció meghibásodásának ugyancsak vannak műszaki, és ebből adódóan gazdasági következményei. E szemlélet tehát újból csak „pénzt” állít szembe „pénzzel” a karbantartás megszerzése kapcsán.

A kockázatalapú felülvizsgálat alapelemei

A biztonság adott szintjének megállapítására alkalmas eszközök másik alapeleme az időszakosan végzett vizsgálat. Ebben az esetben az alapvető kérdések a következőkben fogalmazhatók meg:

- Mit vizsgálják?
- Hol vizsgálják?
- Mivel vizsgálják?
- Milyen szakemberrel végeztessék a vizsgálatot?
- Milyen gyakorisággal vizsgáljunk?
- Hogyan értékeljem a vizsgálati eredményeket?

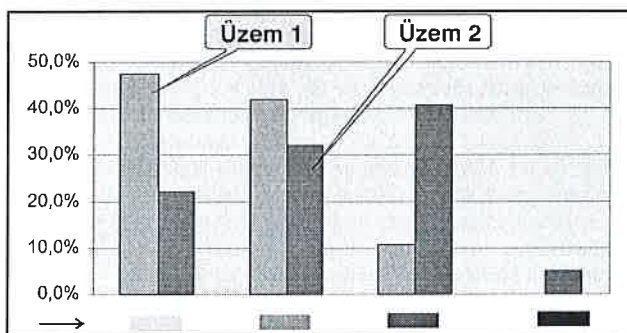
A fenti felsorolásból a Mit? – Hol? – Mivel? vizsgálják kérdéskör meghatározó módon az adott elemhez, annak üzemi viszonyaihoz kötődnek. Ebből adódóan az elem anyagi-üzemeltetési jellemzőit, a lehetséges károsodási mechanizmusaihoz tartozó sajátosságokat kell figyelembe venni. Ezen elemzés természetesen hordozza az iparági specifikus jegyeket, pl. a finomítói, a vegyipari, a gyógyszeripari, az erőműipari jellegzetességeket. Az egyik ilyen legszélesebb körű dokumentum az API 581 (Risk-Based Inspection. Base Resource Document), amelyet az American Petroleum Institute adott ki 2000 májusában. Az elemzések különböző szinteken végezhetők el attól függően, hogy

Valószínűség kategória	Következmény kategória				
	A	B	C	D	E
5					
4		2	1		
3	2	14	2	2	1
2		1	1	1	1
1					
	2	17	4	3	2

4. ábra. Egy adott üzem készülékeinek elhelyezkedése a kockázati mátrixban (növekvő szűrkeség → növekvő kockázat; a számok azt mutatják, hogy hány db készülék esik az adott kockázati mezőbe)

milyen követelményeket támasztunk az elemzéssel szemben, illetve attól függően, hogy mennyi adat áll rendelkezésre. Az elemzés végeredménye minden esetben az, hogy az adott elem egy ún. kockázati mátrixban – amelynek függőleges tengelyén a meghibásodás valószínűsége, vízszintes tengelyén a meghibásodás következménye van 5x5-ös kategóriába sorolva – hol helyezkedik el. Ilyen mátrixot szemléltet egy adott üzem készülékeire nézve a 4. ábra.

Az RBI elemzés alapján lehet dönteni a további teendőkről, a szükséges felülvizsgálatok módszereiről, mennyiségéről és az esetleges közbeső vizsgálatokról az ezekhez kötődő költségekről, illetve ezek eredményétől függő kockázati besorolás változásáról. Az ilyen szemlélet tehát eleve magában hordozza a költség-hatékony stratégiák kialakításának lehetőségét. Az angolszász gondolkozásmód eleve „cost effective” (költség-hatékony) jelzővel illeti az ilyen szemléletet, gondolkozásmódot. Az RBI elemzések eredményei egyben arra is nagyon hasznosak, hogy több üzem, blokk veszélyességét is szemléletesen összehasonlítsuk. Ezt szemlélteti az 5. ábra. Az ábrán szemlélve már ránézésre is szembetűnő, hogy az 1. Üzem készülékei kevésbé veszélyesek, ezekre kevesebb költséget kell fordítani, illetve el lehet gondolkozni azon, hogy a felülvizsgálati periódusokat miképpen és milyen stratégiával növeljük, esetlegesen milyen kiegészítő információkra támaszkodjunk akkor, amikor a hatóság irányába lépünk a felülvizsgálati ciklus növelése érdekében.



5. ábra. Két üzem készülékeinek elhelyezkedése a kockázati mátrixban (magyarázat: növekvő szűrkeség → növekvő kockázat) (jól látható, hogy az Üzem 2 készülékeinek üzemeltetése lényegesen nagyobb kockázattal jár)

Összefoglalás, következtetések

A közleményben röviden érintett kérdések, törekvések és a rendelkezésre álló eszközök figyelembevételével a következő megállapítások tehetők:

1. A műszaki-gazdasági élet „alapszavai” a biztonság – megbízhatóság – kockázat. Ezek közül a **biztonság** fogalom pillanatnyi állapotot tükröz, **megbízhatóság** mindazon eszközöket jelenti, amely rendelkezésünkre áll az adott korban, adott pillanatban a biztonság megítélése kapcsán, a **kockázat** pedig leegyszerűsítve pénz, hiszen nem más, mint a meghibásodás valószínűségének (puszta szám) és következményének (ami elvileg pénzben kifejezhető) szorzata.
2. A megbízhatóság fogalomban szereplő eszközök felhasználása a biztonság adott szintjének felméréséhez költségeket jelent, tehát pénzt takar, következőképpen a **megbízhatóság** és **kockázat** összehasonlításában „pénzmennyiséget” hasonlítunk össze „pénzmennyiséggel”, azaz eleve adott az optimum-keresés feltételrendszere, amelynek alapján változatokat dolgozhatunk ki a periodikus felülvizsgálatok és a karbantartási módszerek felhasználása tekintetében.
3. Optimális stratégiának tekinthető az a gondolatmenet, amely a periodikus **felülvizsgálatok** során a kockázatalapú felülvizsgálat-tervezés (**RBI** - Risk Based Inspection) nyugszik, míg a folyamatos felügyeletet a megbízhatóság központosított karbantartás (RCM – Reliability Centered Maintenance) elveinek figyelembevételével látja el.
4. Ilyen elveken nyugvó rendszer kerül bevezetésre a Mol Rt. Finomító Üzletágában. Az eddig megvalósított, mindössze két üzemre vonatkozó pilot-rendszer már eddig is jelentős gazdasági haszonnal kecsegtet, nem beszélve arról, hogy olyan **rendet** lehetett kialakítani az üzemekre vonatkozó adatok, dokumentumok tekintetében, amely nem képzelhető el az RCM+RBI stratégia bevezetése nélkül.
5. A pilot-rendszer megvalósítása kapcsán igen nagy méretű adatbázis kialakítása valósult meg (mintegy 10⁵ adat, 2,5x10⁴ oldal), amely szakértői rendszer-funkciókat is ellátó szoftvercsomaggal illeszkedik a Mol Rt. eddigi információs rendszeréhez.

Helikopter rotorlapátjainak vizsgálata radiográfiai módszerekkel

Balaskó Márton¹ – Veres Isván² – Pogácsás Imre² – Molnár Gyula² – Sváb Erzsébet³ – Vigh Zoltán⁴

Kivonat

Kidolgoztunk egy olyan radiográfiai vizsgálati eljárást, amellyel lehetőség van az Mi-8, Mi-17 és Mi-24 típusú helikopterek forgószárnylapátjainak vizuális átvilágítására. A vizsgálatok célja a forgószárnylapátok állapotának áttekintése élettartamuk esetleges kiterjesztése érdekében. A Budapesti Kutatóreaktornál működő dinamikus radiográfiai mérőhelyet alkalmassá tettük a ~10 m hosszú, ~70 cm széles és ~140 kg súlyú lapátok, képmezőnkénti (146-140 mm²) neutron- és röntgensugarakkal való átvilágítására. A neutronradiográfiai ellenőrzések során feltárhatók a kompozit szerkezeti anyagok kötési és ragasztási sajátosságai, úgymint a gyantadús és gyantahiányos területek, folytonossági hiányok, réteg-elválás, szekciók közötti tömitések épsége, a lapátok belsejében lévő víz jelenléte, valamint annak eloszlása. A röntgensugarakkal való átvilágítás esetében megfigyelhetők a rejtett fémalkatrészek elhelyezkedése és a jégtelenítő rendszer meghajtó vezetékeinek bekötései, valamint érzékelhetővé válnak a víz jelentős beszivárgásai is.

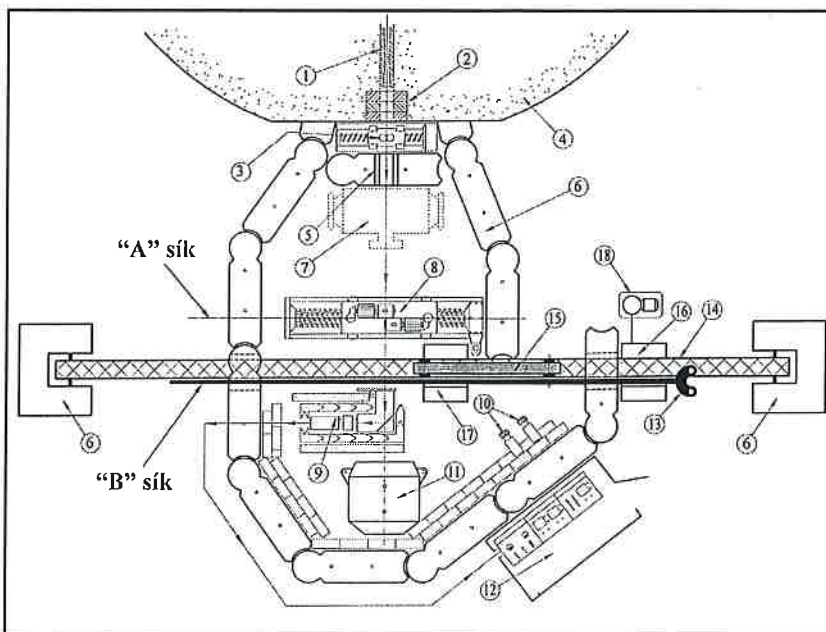
Bevezetés

A Magyar Honvédség Repülőműszaki Szolgálat Főnökség (MHRMSZF) és a Honvédelmi Minisztérium Technológiai Hivatala (HM TH) felkérésére létesítettünk 2000-ben egy olyan vizsgálati eljárást, amellyel lehetőség van az Mi-8, Mi-17 és Mi-24 típusú helikopterek forgószárnylapátjainak radiográfiai átvilágítására. A vizsgálatok célja a forgószárnylapátok állapotának áttekintése élettartamuk esetleges kiterjesztésének érdekében. A Budapesti Kutatóreaktornál átterveztük és átépítettük a dinamikus radiográfiai mérőhelyet [1–5], és alkalmassá tettük a ~10 m hosszú, ~70 cm széles és ~140 kg súlyú lapátok, képmezőnkénti (146-140 mm²) neutron- és röntgensugarakkal való átvilágítására. Jelen vizsgálatok előzményeként a helikopter farokrotor lapátjainak speciális hőmérsékletfüggési sajátosságait mértük 1996/97-ben a MHRMSZF megbízásából neutronradiográfia (NR), röntgenradiográfia (XR) és vibrációs diagnosztika (VD) egy improvizált összeállításon [6].

Az alábbiakban részletesen ismertetjük az alkalmazott kísérleti technikát és mérőberendezést, a radiográfiai képalkotás sajátosságait, és bemutatunk néhány jellegzetes vizsgálati eredményt.

Kísérleti eljárás

A Budapesti Kutatóreaktornál kiépített radiográfiai mérőhely vázlatos elrendezését az 1. ábra mutatja. A helikopter nagy méretű forgószárnylapátjainak radiográfiai átvilágítása szükségessé tette egy nagy teherbírású tárgymozgató létesítését, amely alkalmas a 9850 mm hosszú,



1. ábra. A radiográfiai mérési elrendezés egyszerűsített vázlata

1) Belső kollimátor; 2) Vaszár szerkezet; 3) Nyaláb átmérő változtató és szűrő egység; 4) Reaktorfal; 5) Külső kollimátor; 6) Biológiai védelem; 7) Rtg. generátor helye; 8) Vizsgálati tárgy a hagyományos távvezérelhető mozgató mechanikával; 9) Képalakító rendszer; 10) Háttér tv kamerák; 11) Sugárnyaláb csapda; 12) Mérőfülke; 13) Rotorlapát (~ 10 m); 14) Rotorlapát mozgósítón; 15) Rotorlapát mozgatókocsi; 16) Nedvesítő berendezés; 17) Szárítóegység; 18) Nyomásfokozó szivattyú

700 mm széles és 65 mm vastag, ~150 kg súlyú tárgyak rutinszerű, ± 1 mm visszaállási pontosságú mozgatására.

A tárgymozgató mechanikát reprezentálja az 1. ábra 14 és 15 jelzésű részlete, hossza 20 m, teherbírása 200 kg. Öt darab 1350-2250-330 mm³ méretű biológiai védelmi objektumot is ki kellett váltani saját tervezésű, üreges kivitelűre, amin keresztül mozgathatók a forgószárnylapátok. A forgószárnylapátokon lévő tömitések reprodukálható nedvesítőberendezésnek vizsgálatához szükségünk van egy nedvesítő modulra, amelyben modellezni lehet a helikopterek zivatarfelhőkön való áttérése során fellépő kölcsönhatásokat. A reaktorcsarnokban csak zártkörű vízrendszer üzemelhet, ezért az 1. ábrán látható 16 jelzésű, saját tervezésű nedvesítő berendezést, valamint egy vízbetápláló és nyomásfokozó szivattyút tartalmazó, saját tervezésű ellátórendszer helyezettünk üzembe, amely az 1. ábrán 18 jelzéssel van feltüntetve.

A mérési berendezés fő paraméterei

A csatorna belsejében a zárszerkezet mögött egy „pin hole” típusú komplex kollimátor van, amely alkalmas a reaktorból kilépő neutron- és gamma-sugárnyaláb egyidejű formálására, a jó minőségű radiográfiai képek készítése céljából. A vizsgálati tárgyak a reaktorfaltól 2 m-re („A” sík) és 2,8 m-re („B” sík) helyezhetők a sugárnyaláb tengelyére merőlegesen távvezérelhető módon. A forgószárnylapátok mozgatása a „B” síkban történik.

A mérési elrendezés főbb adatai:

Neutron-radiográfiai átvilágítás esetén

A neutronfluxus	$7,5 \cdot 10^7$ n·s ⁻¹ cm ⁻²
Gamma-sugárzás értéke:	8,4 Gy/h
Sugárnyaláb átmérője:	220 mm
Kollimációs tényező:	197

¹ KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1525 Budapest 114, Pf. 49.

² Magyar Honvédség Repülőműszaki Szolgálat Főnökség, 1885 Budapest, Pf. 25.

³ MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525 Budapest 114, Pf. 49.

⁴ Honvédelmi Minisztérium Technológiai Hivatala, Budapest, Pf. 26.

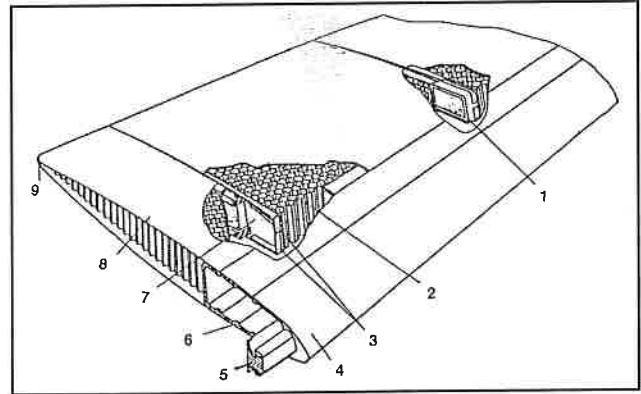
Röntgen-radiográfiai átvilágítás esetén

A cső feszültsége: 80 – 140 kV
 A cső árama: 2,5 – 5 mA
 A besugárzott terület (kollimátor alkalmazásával) 150 · 160 mm²

A mérési berendezés képkalkotási lehetősége

A képkalkotó rendszer elvi vázlata a 2. ábrán látható. A vizsgálati tárgy sugárzások által keltett árnyképét a cserélhető sugárzás-fényátalakító szcintillátorok teszik láthatóvá. A belőlük kilépő gyenge intenzitású fény, egy tükörről reflektálódva kerül a képkalkotó, távvezérelhető zoom optikával felszerelt nagyérzékenységű CCD kamerába, amelyet kétkörös Peltier-elemes hűtőmodullal szereltünk fel. A Photo Science nagyérzékenységű CCD kamera érzékenysége 10⁻⁴ lux, képfelbontása 756·581 pixel, képkalkotási ideje 40 ms – 400 s között változtatható az optimális képbeállítási paramétereknek megfelelően, A/D konverziója 10 bit, kimenete analóg (CCIR rendszerű) és digitális. A képfelvételi tevékenységet a gyártó cég Image-Pro Lite programjával végezzük.

A felvétel digitalizált képe a vezérlő PC monitorján jelenik meg, egyidejűleg DVD digitális rekorderrel, illetve hagyományos S-VHS video-



4. ábra. Helikopter forgószárnylapát-rekesz felépítése

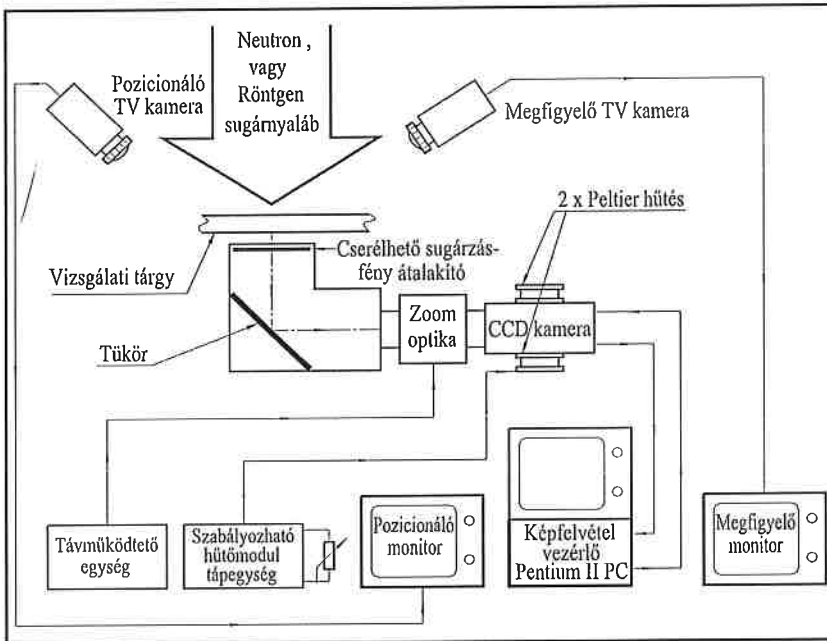
- 1) Rekeszközi betét; 2) Sejtrácsos töltőanyag; 3) Talp; 4) Jégtelenítő;
- 5) Ellensúly; 6) Főtartó; 7) Borda; 8) Borítás; 9) Hátsó hosszmerítívő

magnóval is rögzíthető. A mérőhelyen belüli mozgásokról a pozicionáló kamera szolgáltat információt.

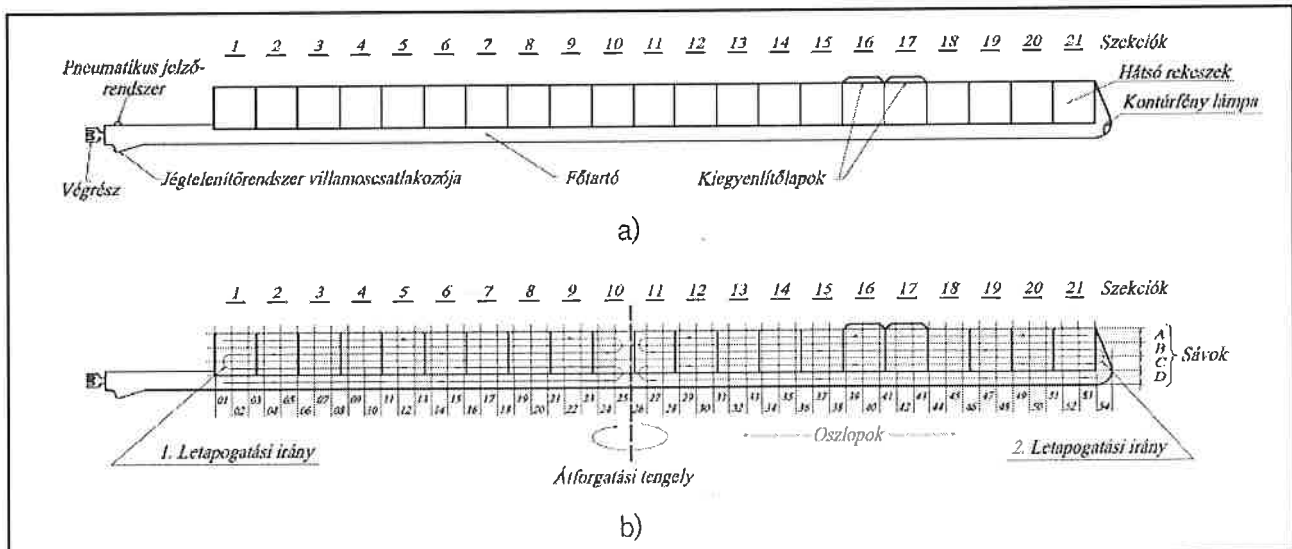
A vizsgálat tárgya

A helikopter forgószárnylapátjának felépítése

A forgószárnylapát vázlatos rajza a 3/a. ábrán látható. Fő teherviselő eleme a főtartó, amelynek övléceihez és gerinclemezének hátsó felületéhez vannak ragasztással erősítve a sejtrácsos töltőanyaggal kitöltött hátsórekeszek (szekciók). A hátsó rekeszek a főtartóval együtt képezik a lapát körvonalát. A főtartó megvastagított törésére van szerelve a forgószárnylapátot az agyban rögzítő végrész (gyök). A lapát orr-részében csomópontot alakítottak ki a kiegyenlítő nehezékek felszerelésére. A lapátoknak pneumatikus jelzőrendszere van, amely a főtartók meghibásodását jelzi. A 16. és 17. számú rekeszre 40 mm széles kiegyenlítő lapokat szereltek, amelyek alapvető eszközei a forgószárnylapát nyomatekarakterisztikájának megváltoztatásához. A forgószárnylapát rekeszét a 4. ábra mutatja. A lapátokon 21 darab (1-21 sorszámú) önálló rekesz van. Mindegyik rekesz könnyűfém ötvözetből



2. ábra. A helikopter forgószárnylapátjainak radiográfiai képfelvevő rendszere, vázlat



3. ábra. A helikopter forgószárnylapát a) vázlatos rajza; b) felvételi képmezők elhelyezkedése és a radiográfiai felvételek sorrendjét mutató nyilak

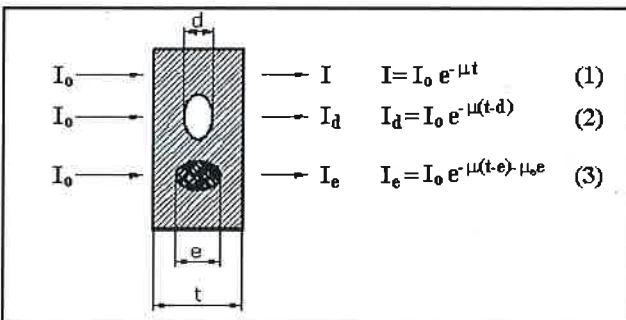
készült 0,3 mm vastag borítással. A borítást sejtrácsos töltőanyaggal egybe ragasztották a két oldalsó bordával és a hátsó hosszmerítővel. A hátsó hosszmerítőt textiltől készült. A rekesz a főtartó övélelhez és gerinclemezének hátsó feléhez van ragasztva. A rekeszek közötti levegő áramlását a tömítőbetétek akadályozzák meg. A nedvesség a végrekeszekből és a végborda töréséből a leeresztő furatokon és levegőző nyílásokon át távozik el.

A radiográfiai képalkotás sajátosságai

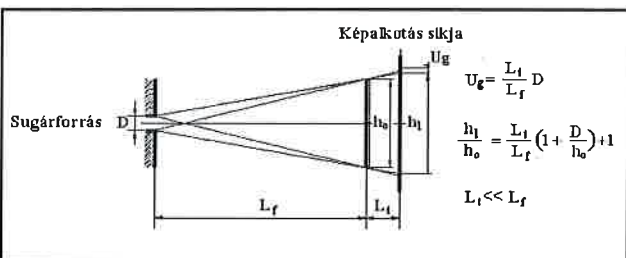
A radiográfiai mérőhelyen lehetőség van a neutron- és röntgenradiográfiai felvételek készítésére. Ismeretes, hogy a neutronsugárzás az atommagon szóródik, míg a gamma- és a röntgensugárzás az atomok elektronjaival lépnek kölcsönhatásba. A kétféle sugárzásfajta esetében a szórás folyamatok igen eltérő jellegűek a különböző kölcsönhatások következtében.

A neutronradiográfiai felvételek segítségével a kompozit anyagok kötési és ragasztási eltéréseit, valamint a rekeszek (szekciók) közötti tömítések épségét és a rekeszek belsejébe jutó vizet és annak eloszlását észlelhetjük. A röntgenradiográfiai felvételeken a rejtett fémalkatrészekről, valamint a jégtelenítő rendszer vezetékeiről szerezhetünk információkat. A sugáryengülést az 5. ábra segítségével szemléltetjük: az (1) kifejezés a homogén μ lineáris abszorpció tényezőjű anyagon áthaladó sugárzás intenzitásváltozását írja le, míg a (2) jelű egy d méretű anyagfolytonosság hiányt tartalmazó részen áthaladó sugárzását. A (3) jelű kifejezés pedig az anyagban lévő e méretű és μ_e lineáris abszorpció tényezőjű zárványon áthaladó sugárzás intenzitásváltozását írja le. Kompozit, laminált szerkezetek esetén ezen hibajelenségek kombinációjára is számítanunk kell.

A mérőhely geometriai életlenségét és nagyítási torzítását a 6. ábra szemlélteti [7].



5. ábra. A radiográfiai hibakimutatás alapesetei



6. ábra. Radiográfiai alapértelmezés a geometriai életlenség és a nagyítás mértékének számításához.

L – fókusz – képalakító távolság; L_f – fókusz – tárgy távolság
 L_t – tárgy – képalakító távolság;
 D – fókusz méret (NR-nél kollimátor legkisebb átmérője)

A neutronradiográfiai képalkotás sajátosságai

A neutronsugárzás által keltett árnyképet az Applied Scintillation Ltd cég által gyártott 200-200-0,4 mm³ méretű neutron-fény átalakítóval tesszük láthatóvá. Az átalakító ernyő belső életlensége 0,1 mm (a gyártó adata). A radiográfiai mérőhely átépítése során a nagyméretű tárgyak mozgását a reaktortól távolabb eső, „B” síkban tudtuk megoldani,

amint az 1. ábrán látható. A kollimátor pin-hole típusú, divergens (kúpos belső furattal rendelkező), szendvics szerkezetű, vasból, kadmiumból és ólomból készült, és egyidejűleg alkalmas a neutron- és a gamma-sugárnyaláb formálására. A kollimátor 1200 mm hosszú, a legkisebb átmérője 27 mm, ezen a helyen a neutronfluxus $\Phi_0 = 4,6 \cdot 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ értékű. A képalakítás síkja 5290 mm-re van a kollimátor bemenő síkjától, a fókuszponttól. A 6. ábra jelöléseinek felhasználásával a geometriai életlenség és a nagyítási életlenség a következő:

$$u_g = \frac{L_t}{L_f} \cdot D = \frac{80}{5240} \cdot 27 = 0,42 \text{ mm}$$

$$L_{\text{tárgy-képalakító}} = v + L_t = 6550 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

$$L_{\text{fókusz-tárgy}} = 5240 \text{ mm}$$

$$L_{\text{fókusz-képalakító}} = 5320 \text{ mm}$$

$$D = 27 \text{ mm}$$

ahol

v – a tárgy vastagsága: 65 mm.

L_B – a biztonsági távolság a tárgy és a neutron-fény átalakító között: 15 mm.

A nagyítási életlenség $h = 150 \text{ mm}$ maximális tárgymagasságot alapul véve:

$$\frac{h_1}{h} = \frac{L_t}{L_f} \left(1 - \frac{D}{h}\right) + 1 = \frac{50}{5240} \left(1 - \frac{27}{150}\right) + 1 = 0,001 \cdot (1 - 0,18) + 1 \approx 1,001$$

elhanyagolható.

A ~150 kg súlyú, nagy méretű vizsgálati tárgyak pozicionálásakor számítanunk kell azok belengéséből adódó mozgási életlenségre is. A lapátok öncsillapítása 52 másodperc volt. Ezért a biológiai védelem üreges rendszerét egy különleges tehetatlenségű csillapító rendszerrel láttuk el, amely 5 másodpercre csökkentette a lengési időt.

Az eredő életlenség:

$$\sum u = u_g + u_b = 0,42 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm} = 0,52 \text{ mm}.$$

A neutronfluxus [9] alapján az új képalakító síkra számítva:

$$\phi = \frac{\phi_0}{16 \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^2} = \frac{4,6 \cdot 10^{13}}{16 \cdot (196)^2} \approx 7,5 \cdot 10^7 \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{5320}{27} = 197$$

és nagyítási torzítását a 6. ábra szemlélteti [7].

A röntgenradiográfiai képalkotás sajátosságai

A röntgenradiográfiai vizsgálatok esetén egy Super Liliput 140 típusú, hordozható ipari röntgenerátort használunk sugárforrásként, amelynek 3-3 mm² a fókuszmérete. A készüléket saját tervezésű, járulékos, ventilátoros léghűtéssel láttuk el. Az 1. ábrán látható a helye a sugárnyaláb tengelyében, ha nem neutron- vagy gammasugárzást használunk. Egy speciális tartót készítettünk, amely elősegíti a generátor pozicionálását. A nyaláb finom beállításához egy saját tervezésű lézeres jelölt használunk. A röntgensugárzás által keltett árnyképet egy LGG400 típusú 200-200-0,4 mm³ méretű sugárzás-fény átalakítóval tesszük láthatóvá, belső életlensége 0,2 mm (a gyártó adata). A fókusz képalakító távolság (L) 2000 mm, a fókusz-tárgy távolság (L_f) 1950 mm, a tárgy-képalakító távolság (L_t) 80 mm. A 9. ábra jelöléseinek felhasználásával a geometriai és nagyítási életlenség:

$$u_g = \frac{L_t}{L_f} \cdot D = \frac{80}{1950} \cdot 3 = \frac{240}{1950} \approx 0,123 \text{ mm}$$

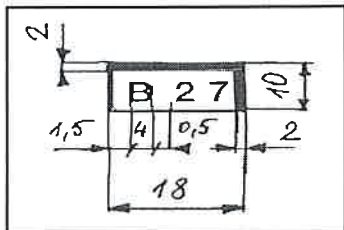
Az eredő $\sum u = u_g + u_b = 0,123 \text{ mm} + 0,2 \text{ mm} = 0,323 \text{ mm}$. életlenség:

$$\frac{h_1}{h} = \frac{L_t}{L_f} \left(1 - \frac{D}{h}\right) + 1 = \frac{80}{1950} \left(1 - \frac{3}{150}\right) + 1 \approx 1,01, \text{ elhanyagolható.}$$

$h = 150 \text{ mm}$ magas tárgyra.

A radiográfiai képek azonosítása

A helikopter forgószárnylapátjainak a hossza majdnem 10 000 mm és szélessége meghaladja a 600 mm-t. A feladatunk az, hogy a rekeszek (szekciók) és a hozzájuk tartozó ragasztások minden egyes négyzetcentiméteréről készítsünk radiográfiai felvételeket. A lapátot négy sávra (A, B, C, D) és 53 oszlopra bontottuk, amint ez az 5/b. ábrán látható. Egy képmező mérete 144-140 mm². Minden képmező mind a négy sarkában található egy azonosító, amely egyik méretezett példája a 7. ábrán látható.



7. ábra. A képmező azonosító méretezett rajza

Mindig a jobb felső sarokban lévő, három karaktert tartalmazó azonosító jellemző a monitoron látható képmezőre, amely egy sávot jelentő betűből és kettő darab, oszlopot jelentő számból áll. Az azonosító, egy 0,3 mm vastag üvegszál erősítésű, kétoldalas NYÁK lemez, amelyre tükörlitográfiával alakítottuk ki a karaktereket. Speciális bevonatként kadmiumot használtunk, amelynek rendkívül magas a neutron-abszorpciós tényezője. A forgószárnylapát hossza olyan nagy, hogy csak két irányból lehet letapogatni, amint az a 3/b. ábrán látható. Az első irány végeztével a lapátot ki kell szállítani a koordináta-kocsival a mérőhelyről, majd a reaktorcsarnok nagy darujával megfordítani az átforgatási tengely körül, és újból visszaszállítani a mérőhelyre és folytatni a mérést a 2. letapogatási irányból. A képmezők pontos beállítása a lapátok sugárzás felőli oldalára felhelyezett olvasható azonosítók segítségével történik a 2. ábrán látható pozicionáló kamera segítségével, amelynek képe a pozicionáló monitoron látszik, és amelyen a pozicionálást végző személy figyeli az illeszkedést a monitoron lévő markerhez. A beállítás végleges ellenőrzését a felvételvezető végzi el a radiográfiai kép alapján, szükség esetén optimalizálást kér. A felvétel sikeres elkészítése után a felvételvezető optimalizálja a radiográfiai képet a CCD kamera Image-Pro Lite software segítségével és eltárolja azt. Minden egyes radiográfiai kép nyolc karakteres file-lal van jellemezve. Minden képmező azonosító jobb felső sarkában van egy illesztő derékszög, amely méretbecslésre is alkalmas a kiértékelési munka során.

Vizsgálati technológia

Neutronradiográfiai vizsgálat száraz állapotban

A mérés célja, hogy a csapatoktól beérkező helikopter forgószárnylapátjaikban lévő eltéréseket feltérképezzük, amelyek lehetnek gyantadús ill. gyantaszegény helyek, rétegelválások, nagy felületű üvegszáltörések, vagy egyenlőtlen üvegszál elrendeződések, zárványok, javítási nyomok. A legfontosabb a rekeszekbe bejutott víz és annak eloszlásának feltárása, a cserélendő tömitések meghatározása.

Neutronradiográfiai vizsgálat nedvesítés után

A mérés célja, hogy a léghőri csapadék és a lapátok között kialakuló kölcsönhatás szimulálása után kimutassuk a nedvesség bejutásának helyét és eloszlását, terjedésének irányultságát. A léghőri viszonyokat a lapát két oldaláról nagy nyomású (~60 bar) vizet permetező fúvókák állítják elő. A lapát ~10 mm/s sebességgel mozog a nedvesítő berendezésben. Először a rekeszek felső részét, majd az alsó részét permetezzük két oldalról, ~200 mm átmérőben. A lapátok olyan festékekkel vannak bevonva, amelyről függőleges pozícióban 600 másodperc alatt eltűnik a víz. A vizsgálatok során előfordul, hogy a nedvesség a rekeszközi határolókba jut, de nem folyik szét. Az ilyen víz a pozícióváltások során, az ismét szabaddá váló levegőző nyílásokon át le is ürül. Az áteresztő rekesztömitést ilyen esetben is cserélni kell. A rosszabbik eset az, amikor a nedvesség a rekeszközi határolókon is átszivárog, részint a méhsejt szerkezet ragasztási felületeinek repedésein, részint a határoló felületek apró kis elválásain keresztül.

Röntgenradiográfiai vizsgálat

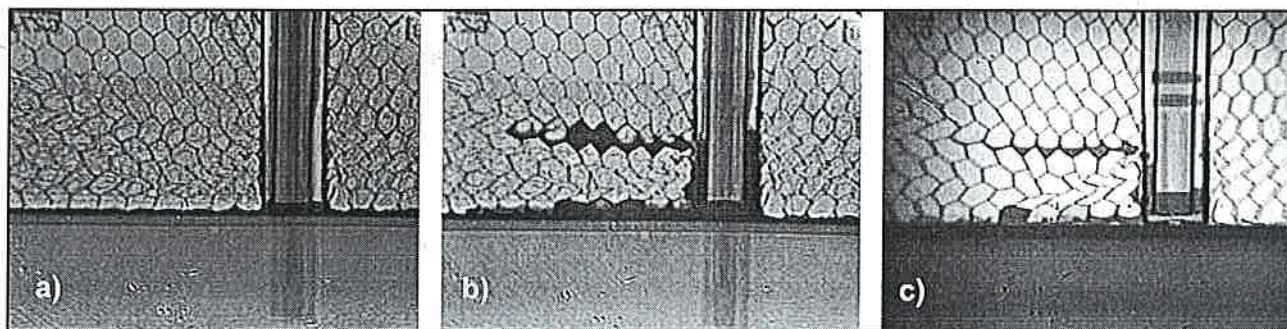
Hosszú távú célunk, hogy a forgószárnylapátok állapot-meghatározását olyan szintre fejlesszük, hogy azt a csapatoknál lehessen elvégezni. Ott már nem számíthatunk az NR technikára, mert nem áll rendelkezésünkre nagy intenzitású hordozató neutronforrás. Egy röntgenberendezés telepítése azonban elképzelhető. Az XR felvételek is nagyon sok fontos vizuális információt szolgáltatnak a forgószárnylapátok belső felépítéséről, valamint a bennük tapasztalható eltérésekről. Nagy mennyiségű víz kimutatására is alkalmasak. Jelenleg az XR eredményeket összehasonlítjuk az NR eredményekkel, hogy megtapasztaljuk, hogy mire lehet majd számítani a csapatoknál végzendő XR állapot-meghatározó munka során.

Vizsgálati eredmények

Az öregedő repülőeszközök szerkezeti épségének megőrzésében fontos szerepük van az állapot-meghatározásra irányuló időszakos vizsgálatoknak. A kompozit szerkezetekben fellépő hibákat amerikai szerzők [8] az 1. táblázat szerinti csoportosításban foglalták össze. Kétségtelen, hogy leggyakrabban a gyantában, a ragasztóban dús ill. hiányos területekkel, a felveredésekből származó horpadásokkal találkozunk, amelyek a belső formakitöltő méhsejt szerkezetek torzulásait okozzák, de a lövészeteken felcsapódó repeszek is zárványként megtalálhatók a szekciókban. Saját tapasztalatainkból tudjuk, hogy a szekciók közötti tömitések közé bejutott víz sem tud mindig kikerülni onnan a szellőzőnyíláson keresztül. Gyakran előfordul, hogy utat talál a méhsejt szerkezetbe. Itt, részint a lapátok függőleges tárolási pozíciója miatt, részint a lapátok változó állásszöge miatt, a víz lejut a szekciót a főtartóhoz rögzítő ragasztási felületre. Ez a legkritikusabb helye az általunk vizsgált forgószárnylapátoknak, mert ez a ragasztás tartja a felhajtóerőt szolgáltató szekciókat. A hangárokat télen nem fűtik, és a jegesedő víz károsítja a ragasztási felületeket.

1. táblázat. Kompozit szerkezetek hibáinak leírása

Hiba	Leírás
Rétegelválás	Rétegelválás, egy réteg lapjainak elválása, oka a helytelenül előkészített felület, szennyeződés és idegen anyag beágyazódása.
Bezáródás	Bezáródás, ha idegen anyag beágyazódik, vagy a réteg közé kerül.
Üreg és porozitás	Üreg és porozitás befogott levegő és gázbuborék, okai: párolgó anyagok, a gyanta szennyezett repedése és egyenlőtlen eloszlású nyomás. Üregek gyűlnek össze a gyantában, mivel zacskók vannak a szilárd anyagban.
Gyantában gazdag terület	Gyantában gazdag behatárolt rész, megtöltve gyantával vagy szálabban hiányos. Ezt a hibát helytelen tömíttség, vagy szivárgás okozza.
Gyantahiányos terület	Gyantahiányos terület, elégtelen gyantával behatárolva nyilvánvalóan száraz folt, vagy fénytelen vagy látszanak a szálab.
Szálab rossz egyezése, gyűrődés, deformáció	Szálab rossz egyezése, elferdülés a rétegeződésben, amely eltér a kívánt elhelyezéstől, vagy a szálab gyűrődése és deformációja. Ezt a hibát helytelen elhelyezés és kezelés okozza.
Száltörés	Törött szálab megszakítottak vagy rosszul elhelyezettek, oka: helytelen kezelés, vagy elhelyezés.
Elválás	Elválás különböző részek között történik a több elemből álló szerkezeteknél. Kötéshíányt a felület szennyeződése, túlzott nyomás, vagy rossz illesztés okoz.

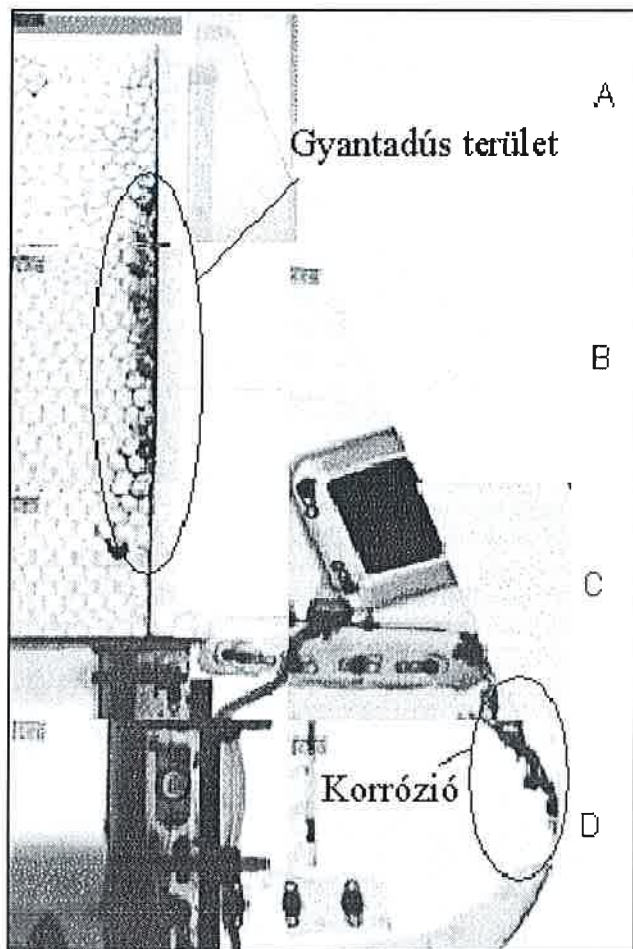


8. ábra. Forgószárnylapát C27 szekciójának radiográfiai felvételei.
a) Neutronradiográfia; b) Nedvesítés után neutronradiográfia; c) Röntgenradiográfia 12 órával a nedvesítés után

A továbbiakban bemutatunk néhány jellegzetes hibát reprezentáló radiográfiai felvételt.

A rekeszhatároló elem és környezetét mutatja a 8. ábra a vizsgálati technológia különböző munkafázisai során: a) száraz NR, b) nedvesített NR és c) XR. A felvétel kétszintes, és egy oldali kifolyási rendelleneséget tár fel. A XR képén lényegesen kisebb mennyiségű vizet figyelhetünk meg, mint az előzőleg rögzített nedvesített NR képén. Ennek oka, hogy közben eltelt egy éjszaka, így az XR felvétel 12 órával később készült. A víz eloszlása időközben átrendeződött (szétfolyt) a szerkezetben.

A 9. ábrán a forgószárnylapát végáramvonalazó elemének 8 db képező felvételéből összeillesztett NR képe látható. A végrekesz lezáró eleménél gyantadús méhsejt csoport helyezkedik el, míg a fém lezáró elem belsejében korróziós terméket figyelhetünk meg.



9. ábra. Forgószárnylapát végáramvonalazójában és környezetében található korróziós termék és gyantadús rekeszvégi részlet NR képe

Következtetések

Az elmúlt négy esztendő során 28 db helikopter forgószárnylapát vizsgáltuk át radiográfiai módszerekkel a Budapesti Kutatóreaktornál. Célunk az volt, hogy információt szolgáltatassunk a lapátok belső állapotáról, ezzel elősegítve a lapátok élettartam hosszabbítására irányuló törekvéseket. Ez idő alatt mintegy 18 ezer felvételt készítettünk. Számos eltérést kimutattunk, amelyek értékes információkat szolgáltatnak a helikopterek üzemeltetésével foglalkozó szakemberek számára. Ezek közül a legfontosabbak: a gyanta- és ragasztó-eltérések, a méhsejt szerkezetben található eltérések, a javító festék Cd és Pb főkomponensének kimutatása, a vízbehatolás fajtáinak csoportosítása, korróziós jelenségek, a javítások minőségének ellenőrzése során feltárt rendellenességek.

Irodalomjegyzék

- [1] M. Balaskó and E. Sváb: Dynamic Neutron Radiography Instrumentation and Applications in Central Europe, Nucl. Inst. and Methods in Physics Research **A377**, 140 (1966)
- [2] M. Balaskó and E. Sváb: Dynamic Neutron Radiography investigation of absorption and compression refrigerators, Non-destructive Testing and Evaluation **11**, 69 (1994)
- [3] M. Balaskó et al: Combined Dynamic Neutron Radiography and Vibration Diagnostics for Industrial Application, Proc. 5th World Conf. On Neutron Radiography Ed. C.O.Fischer et al, DGZfP (1996) pp. 617-622
- [4] M. Balaskó et al: Neutron Radiography visualization of internal process in refrigerators, Physical **B234-236**, 1033 (1997)
- [5] M. Balaskó et al: Dynamic neutron radiography combined with vibration diagnostics, acoustic emission and thermo vision testing, Non-destructive Testing Evaluation **16**, 297 (2001)
- [6] M. Balaskó et al: Study of complex composite-metal structure with dynamic neutron radiography and vibration diagnostics, Proc. 7th ECNDT. Edited by B.Larsen, Copenhagen, 1998, pp. 341-348
- [7] I. C. Domanus: Practical Neutron Radiography Edited by I. C. Domanus, Kluwer Academic Publisher 1992.
- [8] Sem, J.K., Everett, R.A.: (2000), In: RTO/NATO, ISBN 92-837-1051-7, pp. 5.1-5.21.

Beton- és vasbeton szerkezetek roncsolásmentes vizsgálata

Proceq-nap

A fél évszázada alapított svájci cég, a Proceq SA elsősorban a beton- és vasbeton szerkezetek roncsolásmentes minőség- és állapotellenőrzésére alkalmas vizsgálóeszközök fejlesztésére és gyártására szakosodott. Vizsgálóeszközeit a magas- és mélyépítés, az út- és hidépítés területén széles körben használják hazánkban is. Így a vizsgálati tapasztalatok kölcsönös kicserélésének személyi feltételei adottak voltak ahhoz, hogy a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék segítő közreműködésével a hazai szakértők részvételével megszervezhesse a céget hazánkban tíz éve képviselő Atestor Kft. a Proceq-nap rendezvényt a gyártó cég szakértőinek bevonásával. A készülék-bemutatóval egybekötött szakmai napon, március 24-én, zsűfólasig megtelt a BME Oktatási Klubja.

A színvonalas tapasztalatcseré lényegét, az eszközkinálat rövid áttekintését az elhangzott előadások – melyek vetítettképes változatai a www.atestor.hu honlapon megtekinthetők – alapján foglaljuk össze beszámolóinkban.

Betonszerkezetek helyszíni ellenőrzése

A témakört átfogóan Bindseil professzor tekintette át felvezető előadásában [1].

Állapotellenőrzést végzünk új vagy felújított építmény átvételekor, vagy az üzemeltetés során keletkezett károk felmérése céljából a helyreállítás előkészítése és/vagy a terhelhetőség, a maradék élettartam megállapítása érdekében, illetve az építmény terhelhetőségének növelhetőségét szolgáló átépítési tervek elkészítése céljából.

A betonszerkezetekben keletkező károkat okozhatja hibás tervezés és/vagy kivitelezés; a szerkezet anyagának elégtelen ellenállása a természetes öregedéssel, illetve a változó általános környezeti hatásokkal szemben; a tervezett meghaladó túlterhelés (pl. ütés, földrengés, tűz); a tervezettől eltérő használat, hasznosítás.

A rendelkezésünkre álló roncsolásmentes (rm) vizsgálati módszerek (és a Proceq cég vizsgálóeszköz-kinálata – lásd még a III oldalon is) a következők:

- dinamikus keménységmérés (**Schmidt-kalapácsok**) a beton nyomószilárdságának ellenőrzéséhez;
- a felületi betonréteg és más bevonat tapadási szilárdságának kvázi rm mérése (**Dyna készülékek**);
- elektromágneses eljárás a betonvas helyzetének, méretének, illetve a fedőbeton vastagságának meghatározásához (pl., a korszerű **Profometer 5 készülék**);
- a fedőbeton áteresztőképességének, illetve villamos ellenállásának mérése (**Torrent**, illetve a Wenner–Proceq-féle **Resi készülék**);
- elektrokémiai potenciál mérése a betonvas korrózió kimutatásához (**Canin készülék**);
- ultrahangvizsgálat a belső anyagiányok kimutatására, illetve a beton-tömörtség (szilárdság) ellenőrzésére (**Tico készülék**);
- vizuális vizsgálat, szükség szerint video-endoszkóppal is;
- vizsgálati radarral;
- radiográfiai vizsgálat.

Rámutatott az előadó, hogy egyrészt az egyes vizsgálati módszerek végrehajtását, az észlelések értelmezését, másrészt a minőségi követelményeket szükséges lenne szabályozni, ám ma még ez nem teljes körű, és e tekintetben mind a nemzeti, mind a nemzetközi előírási rendszer – bele értve a szabványokat is – hiányosak. Nagyon fontos viszont az észlelések, a mért adatok statisztikus értékelése a hisztogramokat legjobban leíró statisztikai függvények (normál-, lognormál-,

Neville-eloszás – ez utóbbi a normál eloszlásnál matematikailag egyszerűbben kezelhető) alkalmazásával meghatározva az 5% valószínűséggel előforduló minimális és maximális értékeket. Végezetül egy előre gyártott elemekből épített harminc éves szálloda állapotellenőrzésének példáján szemléltette az egyes vizsgálati módszerek rendszerbe szervezett alkalmazását.

Az rm módszerek alkalmazásának tapasztalatai

A szilárdsági jellemzők ellenőrzése. Erre a célra a dinamikus keménységmérő, a **Schmidt-kalapács** a legrégebben szabadalmaztatott és használt eszköz, amely az előfeszített rugó felszabadított energiájával a lecsiszolt mérési felületre merőlegesen rálőtt ütőcsap visszapattanási magasságával jellemzi a keménységet, és amely értékből a vizsgált anyagra jellemző, az ütésirányt is figyelembe vevő átszámítási táblázatból (diagramból) az anyag nyomószilárdságára is következtethetünk. Kivétel és méréstartományát tekintve számos változat közül választhatunk. A 10–70 MPa nyomószilárdságú beton vizsgálatához, például választhatjuk a 2,207 N.m ütőenergiájú, egyszerű kivitelű, közvetlen leolvasású N, illetve a beépített regisztrálóval szerelt NR típust, vagy a Digi-Schmidt 2, illetve (a szabadalmi oltalom fél évszázados évfordulójára utaló) Digi-Schmidt 2000 ND elektronikus egységgel szerelt típusokat. Ez utóbbiak minden korszerű igényt, szabványos vizsgálati és minőségbiztosítási előírást kielégítenek: az ütésirány és a beton éleitor korrekció automatikus, és az előzetesen lecsiszolt felületeken elvégzett 10–10 mérés átlagértékeivel – az előválasztással megjelölt átszámítási táblázat alapján – a készülék kijelzi a beton nyomószilárdságának legvalószínűbb értékeit is. A mért adatokat a készülék tárolja, illetve azok PC-re átvihetők.

A 25 MPa-nál kisebb nyomószilárdságú könnyűbeton, vagy téglafal, vakolat stb. vizsgálatához kis ütőenergiájú ingás kalapácsokat fejlesztettek ki.

Az alkalmazási tapasztalatok a következők:

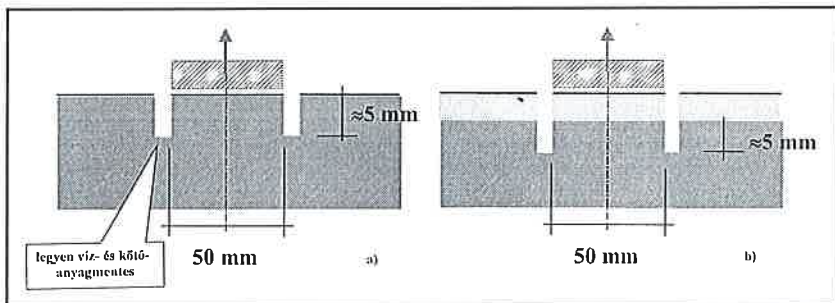
Egyöntetű volt az előadók és a hozzászólók véleménye a tekintetben, hogy a Schmidt-kalapács nélkülözhetetlen eszköz, de ha csak ezzel mérünk, akkor az eredmények elsősorban a betonszerkezet egyes elemei szilárdsági homogenitásának (a relatív szórásra alapozott [5, 6]) megítélésére alkalmas. A szilárdságra átszámított értékeket tájékoztató adatként kell kezelni.

A beton szilárdsági (MSZ 4720 szerinti) minősítésekor a roncsolásmentesen, statisztikai értékeléssel meghatározott nyomószilárdság csak akkor tekinthető a szabványos hengeres próbák törővizsgálatával meghatározott szilárdság várható értékével azonosan megbízható adatnak, ha a Schmidt-kalapácsos mérés ultrahangos méréssel párosult [6]. Ehhez a korszerű Digi-Schmidt-kalapács és a **Tico ultrahangos készülék** együttes alkalmazása ad lehetőséget, mégpedig: A Tico készülék szoftverje bemenő adatként kezeli a Schmidt-kalapáccsal mért R visszapattanási értéket, amelyet a keménységmérés környezetében elvégzett ultrahangos mérés figyelembevételével – a széles körű, összehasonlítható roncsolásos és rm vizsgálati adatbázisát hasznosítva – számítt át szilárdságra [7]. Viszont, a szerkezeti elemről kifűrt hengeres mintákon törővizsgálatot mért szilárdság várható értékét a szabvány – az előző 1-hez képest – 1,15-szörös szorzóval veszi figyelembe. Ám ez az eljárás idő- és költségigényes! Ezért ezzel egyenértékű az ún. kombinált eljárás [6]. Viszont a magminta kivételéhez szükséges a betonvas-kereső Profometer előzetes használata, hogy nehogy a betonvasba fűrjünk!

A Schmidt-kalapács nem használható akkor, ha a beton felületkezelt (pl. vékonyan műgyantával) [6], vagy részlegesen, hiányosan felületjaví-

tott [4]; ha a környezet hőmérséklete 5°C alatt, illetve 30°C felett van (a rugóállandó megváltozása okozta hiba) [5], ha a beton felületi rétege megfagyott. Például, egy 1970-ben épült vasbeton átereszt erősen károsodott felülete miatt a Schmidt-kalapácsot nem tudták használni, ezért csak a laboratóriumi törővizsgálatokhoz tudtak 50 mm átmérőjű kifúrt mintákat venni [4].

A tapadási szilárdság meghatározása akkor szükséges, amikor a betonszerkezet felületét védelem, vagy megerősítés céljából bevonattal látják el, illetve ha a károsodott felületet javítani kell, akkor a javítás előtt – mivel az eredeti felület húzószilárdságának ismeretében készítik elő a felületet a javítóréteg felviteléhez –, majd ezt követően e réteg tapadási szilárdságát is ellenőrzik [1]. Erre a célra fejlesztette ki a Proceq a **Dyna készülék családot**. A korszerű, elektronikus kijelzővel működtethető Dyna Z típusú, szabályozott terhelési sebességgel végezhető el a vizsgálat. Ennek lépései: az acél vizsgálóbélyeget (Ø 50 mm) a kétalkotós ragasztóval – amelynek tapadási szilárdsága a vizsgálni kívántnál nagyobb – a beton magfúróval (a vizsgálni kívánt mélységnél 5 mm-nél mélyebbre) kijelölt és megtisztított felületére felragasztjuk, majd a megszilárdulást követően a készülékkel húzó erőt működtetünk a réteg töréséig (1. ábra). A területegységre vonatkoztatott leszakító erő – a vizsgálat céljától függően – a beton felületi húzószilárdsága, vagy a vizsgált réteg tapadási szilárdsága [1, 3]. A Dyna készüléket jó vizsgálati tapasztalatokkal használják a hídszerkezeteknél alkalmazott felületi bevonatok tapadási szilárdságának ellenőrzéséhez [5].

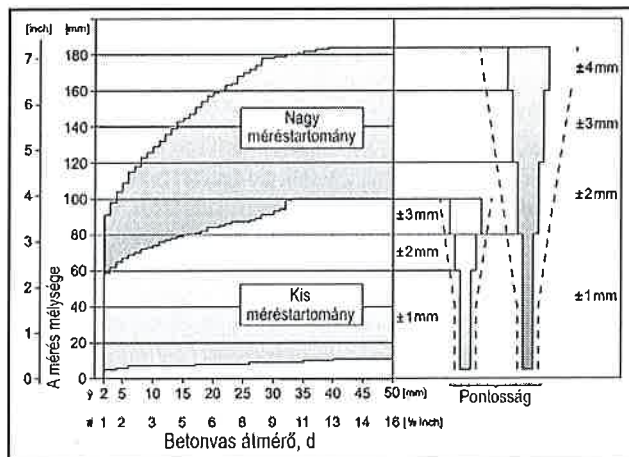


1. ábra. A beton felületi húzószilárdságának (a), ill. a javító réteg tapadási szilárdságának (b) mérése a Dyna készülékkel (elvi vázlat), [1]

Megjegyezzük még, hogy kiegészítő tartozékkal a Dyna készülék alkalmazható a betonba ágyazott, a befalazott tiplik, kampók kiszakításához szükséges erő mérésére.

A betonvas erősítés szerkezetének és méreteinek ellenőrzése. Ez a szilárdsági jellemzők rm meghatározása mellett a bármilyen (minőség-ellenőrzési, tényfeltárási) céllal szükséges állapotellenőrzés másik legfontosabb mozzanata. Erre a célra fejlesztette ki és tökéletesítette a Proceq cég a **Profometer betonvas-kereső** készülékek generációját, növekvő sorszámmal jelzett, típusait. A rm elektromágneses eljárás lényege: a betonszerkezet felületéről a szerkezetbe hatoló elektromágneses hullámok által a betonvasban gerjesztett örvényáram kölcsönhatását érzékelő, a felületen mozgatott, adó-vevőként működő szondával kimutatható a betonvasak egymáshoz képesti helyzete, a vasak átmérője és a vasalást fedő betonréteg vastagsága.

A **Profometer 5** a Proceq cég hasonló rendeltetésű készülékeinek új, legkorszerűbb generációja, amely impulzus örvényáramos elven működik. A korábbi (3., 4. sorszámu) készülékekhez képest az az előnye, hogy a mérőfej cseréje nélkül, az ún. univerzális mérőfejjel megmérhető – növelt, egész 180 mm-ig, mélység irányú méréstartományban – a fedőbeton vastagsága, a betonvas átmérője (a leggyakoribb fedőbetonvastagságnál mm pontosan – 2. ábra – a zavaró hatások: a vasszálak egymás melletti hatásának és a hegesztett kötésekről érkező jeleknek korrekcióba vételének eredményeként), valamint meghatározható a vasszálak helyzete. Ez utóbbit segíti a vas közeli helyzetre emelkedő magasság – belső hangszórón vagy fülhallgatón hallható – hangjelzés

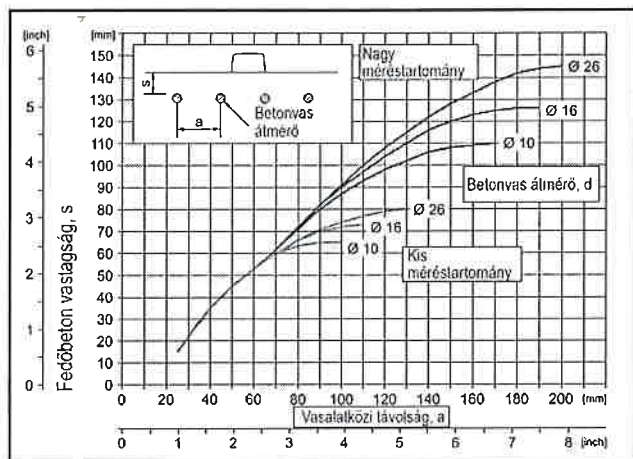


2. ábra. A betonvas átmérőjének mérési pontossága Profometer 5 készülékkel, [3]

is. A mindössze 1 kg tömegű, kompakt készülék ideális mérőeszköz még nehéz környezeti feltételek között is a sorozatmérések elvégzéséhez. Ezt könnyíti meg a készülék Scanlog modellváltozatának a használata, amelynek útmérővel ellátott ScanCar kocsiával a mérőfejet kímélő módon, egyszerűen és kényelmesen végezhetünk méréseket a vasbeton szerkezetek (pl. hidak) kiterjedt felületein. A Profometer 5 előnye még, hogy érzéketlen a külső zavarokra, és kiváló a mérés- és hőmérséklet stabilitása. A készülék kalibrálása a használat során változatlan marad. Működőképességét, ha kell, a vele szállított tesztpanellel ellenőrizhetjük. Az új ProVista szoftver egyrészt kiszámítja és megjeleníti a mért adatok statisztikáját, térképét; másrészt lehetővé teszi – a szabványos interfészen át – az egyszerű adatátvitelt a PC-vel történő kiértékeléshez, és kifejezetten felhasználóbarát [3].

A hazai előadók alkalmazási tapasztalatai a Profometer 4 (korábbi generáció) készülékre vonatkoznak [4–6]. Egyöntetű véleményük szerint a

Profometer nélkülözhetetlen rm vizsgálóeszköz a vasbeton szerkezetek vasalási rendszereinek tényleges felmérésében. A helymeghatározás kellően pontos, ha a vasalás mentén haladva a két irányból elvégzett mérések eredményét átlagoljuk [6]. Nagy segítség a csekély roncsolással járó, helyi feltárások kijelöléséhez, továbbá a betonvas keménységének (szilárdságának) rm megméréséhez a Proceq-gyártású Equotip készülékkel [5], vagy a fúrt minták helyeinek kijelölésénél [4, 6]. Viszont a Profometer 4 készülékkel a vasátmérő háromszorosán belül lévő

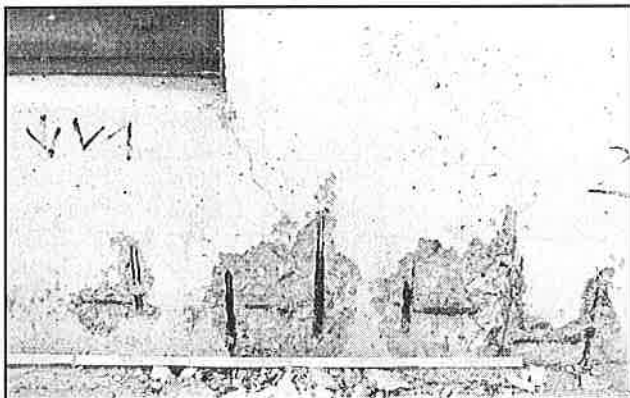


3. ábra. A Profometer 5 készülék felbontóképessége, [3]

vasak közötti távolság már nem mérhető (a Profometer 5 felbontása ennél lényegesen jobb – 3. ábra); valamint, a villamosított vasúti vonalon lévő vasbeton műtárgyak vizsgálatát zavarja a felsővezeték mágneses tere [5] (a Profometer 5 a külső zavarokra nem érzékeny).

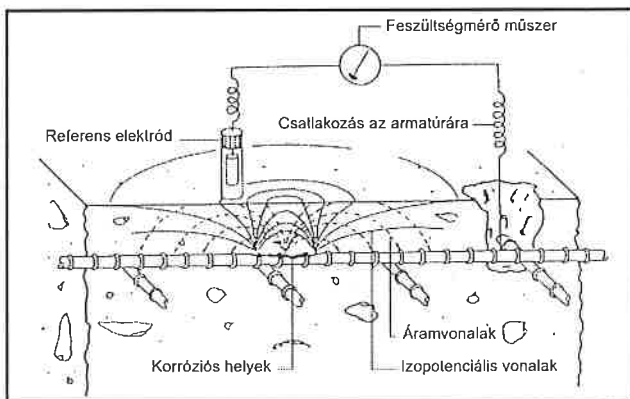
A betonvas korróziós állapotának felmérése. Ez a mindenkori állapotfelmérés harmadik legfontosabb, de összetett mérési és értékelési feladata.

Ugyanis a vasbeton – a kezdeti vélekedés ellenére – nem örök életű, hanem csak addig „él”, amíg a vasat körülvevő beton lúgos kémhatása ($\text{pH} > 9$) fennmarad. Am a fedőbeton gázáteresztő képességétől függően a beton a műtárgy környezetének levegőjéből vizet, oxigént és szén-dioxidot vesz fel, melyek hatására karbonátosodási folyamat indul ki a beton felületéről befelé haladva, amelynek sebességét a pórusvíz szennyezettsége (a környezetből felvett klor-, nitrogén- és kén-dioxid ionok jelenléte) katalizálja. Ennek eredményeként a vas betonkörüzetének pH-ja csökken, és ha helyileg, vagy kiterjedten a feltételek adottak, megindul a vas korróziója, amely elektrokémiai folyamat. Továbbá, mivel a karbonátosodás fajtérfogat-növekedéssel jár, ezért a fedőbeton finoman megrepedezik (a műtárgy felülete esetleg már barnásvörös rozsdafoltossá válik), majd a víz és fagy hatására le is pereghet, azaz a betonvas a felszínre kerülhet (4. ábra). Az országot járva, bizonyára mindenki látott már ilyen műtárgyat [2].



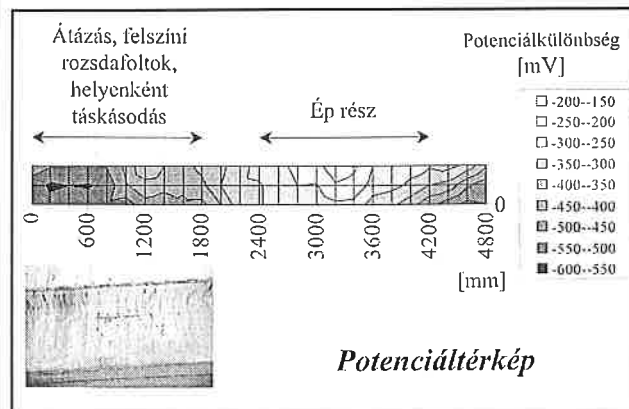
4. ábra.

Mivel a betonvas korróziója alapvetően elektrokémiai folyamat, ezért a vason a korrózió göca, az anód és attól távolabb, az ép szakasz, a katód között feszültségkülönbség lép fel. De feszültségkülönbség lép fel a beton felületére helyezett összehasonlító elektród és a betonvas között is, azaz ennek mérésével a korrózió mértékére következtethetünk. Ez a mérési elve a Proceq által kifejlesztett **Canin korrózióelemző** készüléknek (5. ábra, [2]), amelynek egyik pólusát a vizsgált műtárgy már szabadon lévő, vagy csekély helyi megbontással szabadá tett vasalására csatlakoztatva és a másikat, az összehasonlító



5. ábra. A Canin korrózióelemző kapcsolási vázlat, [2]

elektródot (rézszulfát telített vizes oldatába merülő réz) pedig a nedvesített beton felületére helyezve (rúdelektrod) vagy végig gördítve (kerékelektrod) az U feszültségkülönbséget a hely függvényében megmérhetjük, és a műtárgy vizsgált vasbeton eleméről elkészíthetjük a korróziós állapotára jellemző térképet (pl. 6. ábra, [2]). Mindezt, természetesen a készülék szoftverje automatikusan elvégzi és megjeleníti, illetve az eltárolt adatok (max. 120 ezer), további elemzés céljából, PC-re is átvihetők.



6. ábra. Potenciáltérkép. A Csörnóc-patak hídjá (2000. nov. 13.), [2]

A mérést zavarja, ha az összehasonlító elektróddal hozzáférhető beton felületét villamosan szigetelő bevonattal kezelték, illetve javították (pl. polimerrel); vagy erős esőzés eláztatta; vagy ha a műtárgyba földelt vagy katódos védelemmel ellátott fémtárgy is van beépítve; vagy ha a közelben magasfeszültségű vezeték van [2].

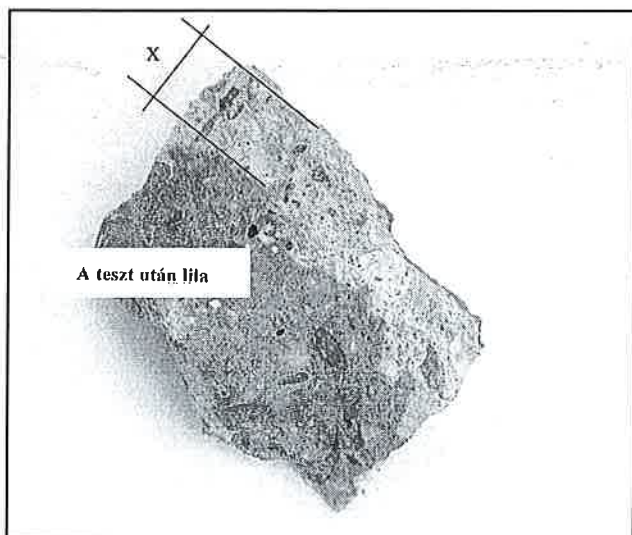
A tapasztalatok alapján, ha $U > -200$ mV, akkor 90% valószínűséggel a betonvas még nem korrodált, illetve, ha $U < -350$ mV, akkor 90% valószínűséggel a betonvas már korrodált; a $-200 \text{ mV} \geq U \geq -350 \text{ mV}$ értékhatárok között nincs biztos válasz [1].

A Canin készülék hazai alkalmazói egybehangzóan megállapították, hogy a vizsgált vasbeton műtárgyak (leggyakrabban hidak, felüljárók) potenciál-térképe alapján a korróziós károsodás, az egyszerű szemrevételezéssel még nem látható, korai stádiumában felismerhető volt. Ezt az ajánlott kiegészítő vizsgálatok is igazolták. Így a vizsgálat alapján a szükséges védelem megtervezhető, kivitelezhető [2, 4].

A betonvas korróziós folyamatának ismeretében már érthető, hogy a fedőbeton minőségének, állapotának vizsgálata fontos része a vasbeton műtárgy állapotfelmérésének. Erre további vizsgálatok szolgálnak. Kárfelmérés esetén célszerű a Canin készülékkel felvett potenciáltérkép alapján kijelölni a vizsgálati helyeket.

A fedőbeton gázáteresztő képessége (permeabilitása) jellemző a beton minőségére és tartósságára. Értéke néhány perc alatt roncsolásmentesen ellenőrizhető a Proceq-gyártású **Torrent készülékkel**. A Torrent-módszer elve: a kettős vákuumkamrás fejet a beton felületére helyezve a vákuum létesítését követően a készülék méri a nyomásnövekedés időbeli változását, amelyből a szoftver a beton gázáteresztő képességére jellemző tényezőt meghatározza. Ha a beton nedves, akkor kiegészítésül meg kell mérni a **Resi készülékkel** a beton villamos ellenállását is. Ezen adatok alapján a készülék a beton szilárdsági osztályba sorolását is kijelzi. A Torrent készülékkel mért permeabilitás értékek jól megegyeznek más laboratóriumi módszerekkel (pl.: oxigén áteresztés, kapillaris szívás, klorid penetráció). Ezt a hazai felhasználó is megerősítette [5].

A beton karbonátosodott kéregvastagságának meghatározása helyi feltárással lehetséges, és a korróziós károsodás felmérésének fontos kiegészítő vizsgálata. A leválasztott fedőbeton töretét fenoltalein oldattal bekelve a még nem karbonátosodott rész lilára színeződik (7. ábra).



7. ábra. A beton karbonátosodott rétegének (x) kimutatása fenolftalein teszttel, [1].

Ha a Canin készülékkel felvett potenciál-térkép jellemző mezőihez rendeltlen meghatározzuk a karbonátosodott kéregvastagság 5% valószínűséggel előforduló legnagyobb $c_{0,95}$ értékeit és ezt összevetjük a fedőbeton vastagságának Profometerrel meghatározott, 5% valószínűséggel előforduló legkisebb $s_{0,05}$ értékeivel, akkor a betonvas korróziós állapotára következtethetünk. Ugyanis, ha a $-200 \text{ mV} \geq U \leq -350 \text{ mV}$ potenciálmezőben mért adatokra fennáll a $c_{0,95} > s_{0,05}$, akkor a betonvas korróziója már nagy valószínűséggel elkezdődött. Viszont az $U < -350 \text{ mV}$ mezőkre a $c_{0,95} \gg s_{0,05}$ míg az $U > -200 \text{ mV}$ mezőkre a $c_{0,95} \ll s_{0,05}$ a jellemző.

Megjegyezzük, hogy a helyszíni feltárással járó vizsgálatokhoz szükséges eszközöket (szerszámokat, vegyszereket, mérőeszközöket stb.) a Proceq által összeállított **diagnosztikai mérőbőrönd** tartalmazza [8].

Összefoglalás

A Proceq-nap végül is sokszínű és hasznos tapasztalatcsere fórumnak bizonyult. Az előadók mindegyike hangsúlyozta, hogy a beton- és vasbeton szerkezetek állapotfelmérésének terjedelmét a konkrét feladat célja szerint kell az egyes vizsgálati módszerek rendszerbe szervezett alkalmazásával megtervezni.

A szóba jöhető roncsolásmentes módszerek egymást kiegészítő alkalmazására is szükség lehet, amint egy, mondhatni rossz minőségben, 1970-ben megépített vasbeton átereszt felújításához szükséges állapotfelmérés példáján [4] hallhattuk. Itt, – a már említettekén kívül –, a georadarral (900 Hz-es antennával) kimutatott belső üregek közül a felszínről feltárhatókon elvégzett videokamerás vizsgálatok megmutatták az eredeti betonkeverék cementhiányos rossz minőségét, a durva és egyenlőtlen szemmagyságú kavicsadalék alkalmazását. Infravörös hőmérsékletméréssel a belső üregek mellett elsősorban az átnedvesedett tartományokat és az azokba ágyazott betonvas korrózióját lehetett láthatóvá tenni.

Ugyanakkor, mint említettük, az erőtani felülvizsgálathoz a beton homogenitására kiváló áttekintést adó Schmidt-kalapácsos módszert minden esetben ki kell egészíteni, éppen ennek alapján célszerűen kijelölhető helyekről, a szerkezetből kifűrt minták laboratóriumi törővizsgálatával.

Egybehangzó volt a résztvevők véleménye a tekintetben, hogy a meglévő beton- és vasbeton szerkezetek állag és erőtani felülvizsgálatához nélkülözhetetlenek a Proceq-gyártmányú vizsgálóeszközök.

Lehofer Kornél

Az elhangzott előadások és hivatkozások

1. Prof. Dipl. Ing. Peter Bindseil (Fachhochschule Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen): On-site inspection of concrete structures: state-of-the art NDT methods and practical applications (Betonszerkezetek roncsolásmentes vizsgálatának gyakorlatáról)
2. Dr. Borosnyói Adorján (BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék): Vasbeton szerkezetek korróziós állapotfelvelele roncsolásmentes módszerrel. Elektromos potenciálmérés Canin műszerrel. (lásd még: Anyagvizsgálók Lapja 2002/4., p. 114.)
3. Marcus Fischli (Proceq SA): Profometer 5 rebar locator (Betonvas-kereső) – Dyna pull-off and extraction tester (Kötés- és rétegszilárdság vizsgáló) – Canin half-cell instrument (Korrózióvizsgáló), ill. készülék-bemutató
4. Orbán Zoltán (Pécsi Egyetem Pollack Mihály Kar): Vasúti vasbeton szerkezetek állapotvizsgálata és felújításának segítése roncsolásmentes vizsgálatokkal
5. Vértes Mária (ÁKMI – Állami Közúti Műszaki és Információs Kht., Győri Minőségvizsgáló Osztály): Hídépítések és hídfelújítások kontroll vizsgálata Proceq műszerekkel
6. Dr. Ódor Péter – Dr. Varga László (BME Hidak és Szerkezetek Tanszék): Proceq műszerek alkalmazása a vasbeton szerkezetek vizsgálatánál
7. Proceq SA: Betonelemek vizsgálata ultrahanggal, Anyagvizsgálók Lapja 1998/1., p. 27.
8. Mohácsi Gábor: Az épület- és építménydiagnosztika néhány horozható eszköze, Anyagvizsgálók Lapja 2004/1., p. 9.

**Az építőipar igényei szerinti
vizsgálókészülékek széles választékát
kínálja**

az **ELE** és a **proceq**

hazai képviselője

az **ATESTOR** Kft.

Válasszon igényei szerint

a beton, a cement, az aszfalt és
a talaj vizsgálatához szükséges

ELE laborkészülékek, valamint

az építmények, beton- és vasbeton
szerkezetek, műtárgyak

roncsolásmentes minőség- és

állapotellenőrzéséhez nélkülözhetetlen

Proceq készülékek közül!

Tájékozódjon honlapunkon: www.atestor.hu és

keressen minket a 319-1-319 telefonon, vagy

személyesen új telephelyünkön:

Budapest, I. Aladár u. 19.

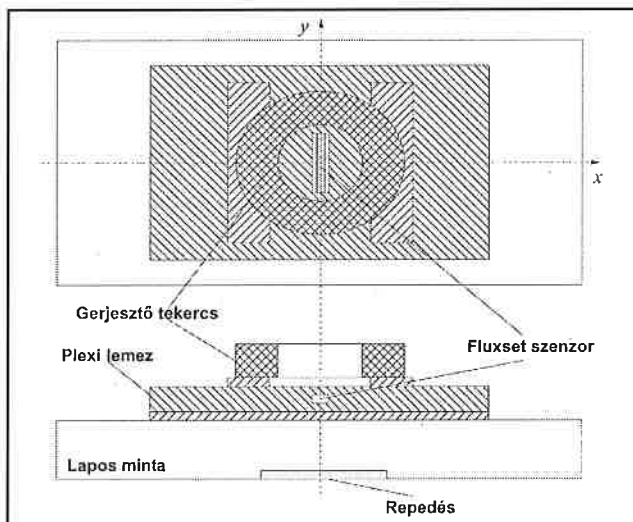
Elektromágneses roncsolásmentes anyagvizsgálat nagy érzékenységű mágnesestér-mérő szenzor alkalmazásával

Vértesy Gábor¹ – Gasparics Antal¹ – Pávó József²

Bevezetés

Az elektromágneses elven alapuló roncsolásmentes anyagvizsgálati módszereket széles körben alkalmazzák különféle feladatok megoldására. A korábbiakban már ismertettünk egy olyan új mérési eljárást, amely az intézetünkben a mágneses tér nagy érzékenységű mérésére kifejlesztett technikán (Fluxset szenzor) alapul, és alkalmasnak látszik arra, hogy a jelenleg ismert eljárásoknál érzékenyebb mérési módszert, illetve ezen alapuló mérőberendezést hozzunk létre elektromosan vezető anyagból készült szerkezetek hibáinak roncsolásmentes felderítésére [1 – 3]. A módszer fő előnye és újszerűsége abban rejlik, hogy ez a mágneses tér nagy érzékenységű mérését kombinálja a hagyományos örvényáramú módszerrel. Ez egyrészt igen nagy érzékenységet biztosít, és ezáltal kisebb hibák is kimutathatók, másrészt lehetővé teszi a gerjesztési frekvencia jelentős csökkentését, ilymódon az anyag nagyobb mélységeiből jövő jelek is detektálhatók. A jelen munkában, a korábbi közlemények folytatásaképpen, az ezzel a mérés-technika alkalmazásával elért új mérési eredményeket mutatjuk be. Ismertetjük továbbá a mágneses tér mérő szenzor egy másik sokat ígérő alkalmazási lehetőségét: a szórt mágneses tér mérésén alapuló vizsgálatot is.

A mágneses tér mérésére alkalmazott módszer (Fluxset) a hagyományos fluxgate magnetométerek egy speciális változatának tekinthető, és számos előnye van azokkal szemben [4]. Egyen és alacsony frekvenciájú (100 kHz alatti), 1 nT – 500 mT közötti értékű mágneses terek mérhetők az egyszerű áramköri kivitelű és egyszerű mechanikai felépítésű, emiatt kis méretű mérőszonda alkalmazásával; amelynek ugyanakkor nagy a stabilitása, ezért szélsőséges körülmények között is üzemeltethető.



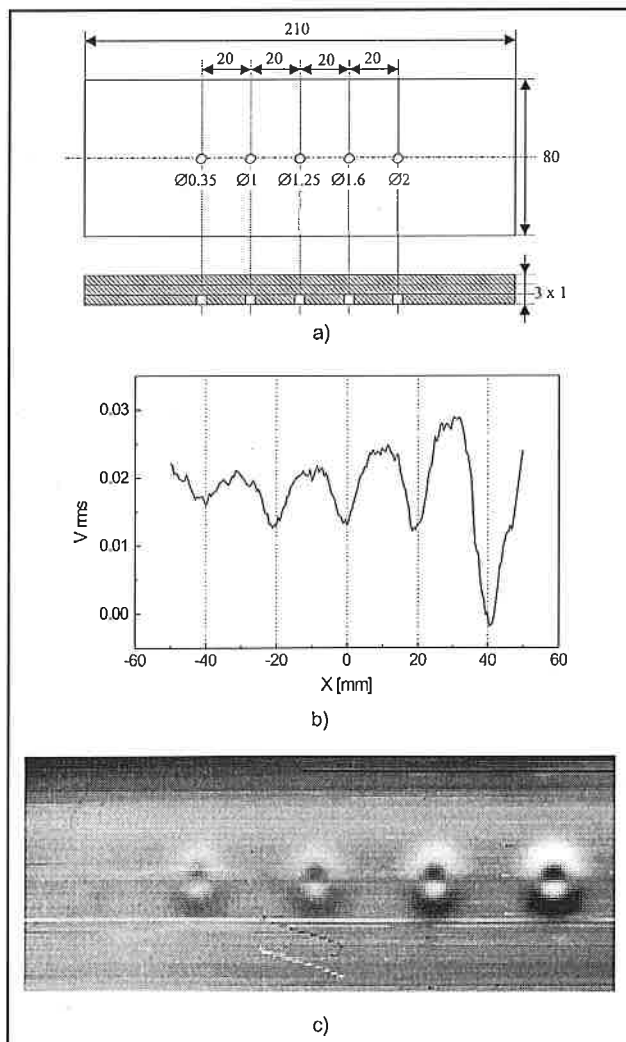
1. ábra. A mérési elrendezés vázlata

Örvényáramú mérések

Az 1. ábrán az örvényáramú mérés elrendezési elvi vázlata látható. A gerjesztő tekercs az örvényáramok létrehozására szolgál a vizsgálandó, elektromosan vezető mintában. A minta felületéhez közel elhe-

lyezkedő mágnesestér-mérő szenzor az örvényáramok által keltett mágneses teret méri. A szenzor a hosszirányú mágneses terekre érzékeny, a keresztirányú mágneses terekre érzéketlen. Ha az elektromos vezetőképességet befolyásoló bármilyen hiba található az anyagban (repedés, légbuborék, zárvány stb.), akkor ott az örvényáramok által keltett mágneses tér lokálisan megváltozik, ami a szenzor jelének változását okozza. Az ábrán feltüntetett helyzetben a mérendő mintában elhelyezkedő repedés a mintának a mérőfejjel ellentétes oldalán helyezkedik el. Mivel a mérési eljárás az alacsony frekvenciás gerjesztő tér hatására létrejövő perturbációt is nagy pontossággal ki tudja mutatni, ezért ez különösen alkalmas az ilyen jellegű hibák felderítésére, pl. a korábbi mérések során minden különösebb nehézség nélkül sikerült 10%-os mélységű (azaz a minta egész vastagságának 10%-át kitevő) hátoldali repedéseket kimutatni 1.25 és 5 mm vastagságú rozsdamentes acél mintákban (lemezekben és csövekben).

A 2/a ábra alumínium lemezeket mutat, amelyek közül a legalsóban különböző méretű furatok helyezkednek el. Ezt a mintát mértük a fent ismertetett örvényáramú módszerrel, a mérőfejjel végigpásztázva a minta lyukakkal ellentétes felületét. Egy vonal menti pásztázás (3 mm-re



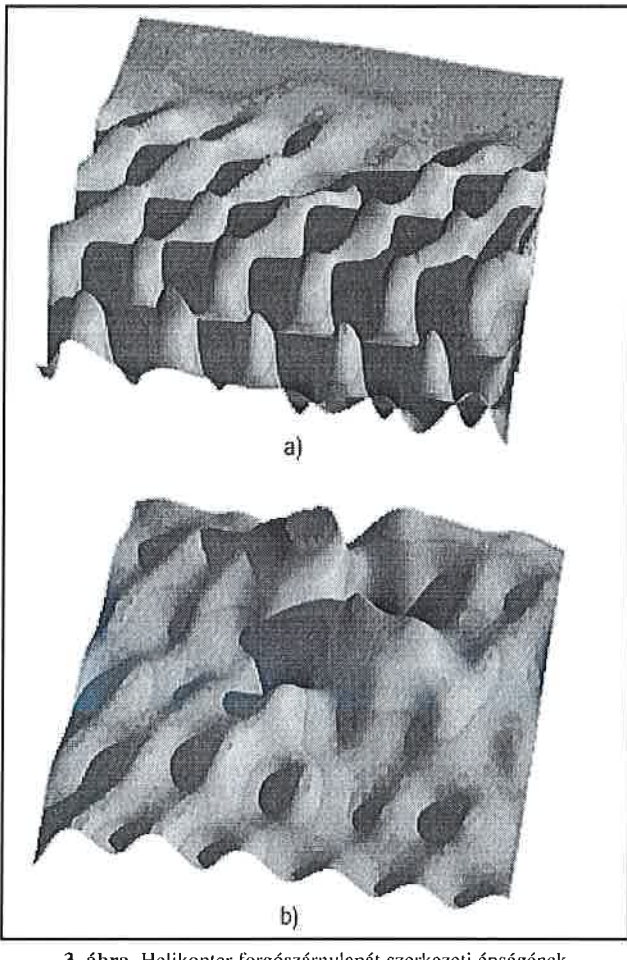
2. ábra. Alumínium lemezben elhelyezkedő lyukak kimutatása örvényáramú módszerrel

¹Magyar Tudományos Akadémia, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szélessávú Hírközlés és Villamosság-tanszék

a minta középvonalától) eredménye látható a 2/b ábrán, míg a 2/c ábra a teljes felületi pásztázás során felvett lyukak kétdimenziós képét mutatja. Jól látható, hogy még a 0.35 mm átmérőjű, 1 mm mélységű lyuk is jól detektálható a lyukakkal átellenes oldalról mérve.

A mérési módszer kiváló alkalmazhatóságát bizonyítja a helikopter forgószárnylapjainak vizsgálata is. Ebben az esetben a cél az volt, hogy a rotorszárny üreges szerkezetének állapotáról képet kapjunk roncsolásmentes módszerrel. A méréseket a fent ismertetett mérőfej segítségével végezzük el, a rotorszárny külső felületének letapogatásával. Illusztráció gyanánt a 3. ábrán bemutatjuk egy ép, valamint egy sérült terület képét. Az ábrán jól megfigyelhető, hogy az üreges részek deformálódása jól kimutatható a felületről elvégzett mérés segítségével.

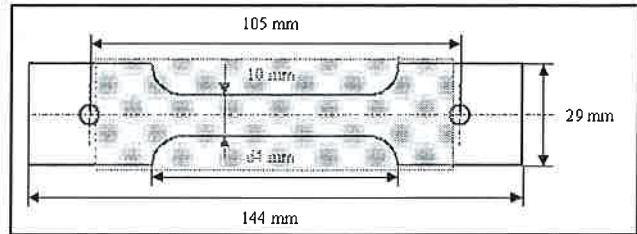


3. ábra. Helikopter forgószárnylapát szerkezeti épségének (integritásának) vizsgálata örvényáramú módszerrel, a) az ép terület képe, b) a sérült terület képe

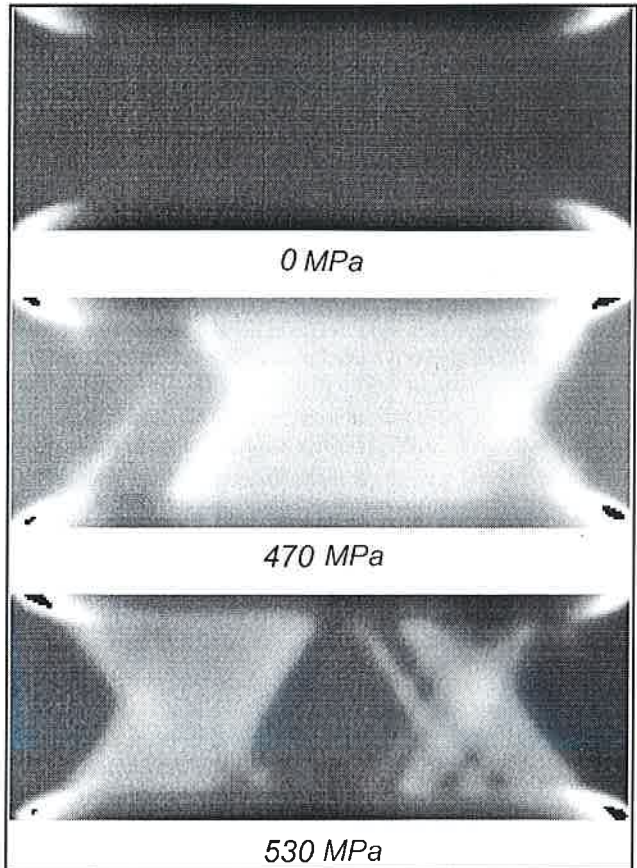
Szórt mágneses terek mérése

A mágnesestér-mérő szenzor másik lehetséges, sokat ígérő alkalmazási területe a szórt mágneses terek mérése, amellyel többek között a ferromágneses anyagból készült minták szerkezeti elváltozásaira, a kifáradására, vagy a hegesztési varratok állapotára lehet következtetni. Ebben az esetben a mérési módszer könnyű alkalmazhatósága mellett különösen a szenzor érzékenysége és igen jó térbeli felbontása az a tulajdonság, amely ezt a módszert a jelenleg is alkalmazott, főleg Hall-szondás mérésekkel szemben versenyképesé teheti.

A módszer illusztrálására A533B típusú ferrites acélból készült próbatestet vizsgáltunk. Az anyag 3%-nál kevesebb Mn, Ni, Mo és Cu ötvöző anyagot tartalmazott. A próbatest alakja és méretei a 4. ábrán vannak feltüntetve (a lemez vastagsága 2 mm). Mérés előtt a próbatestet monoton növekvő, a csúcson 540 MPa nagyságú húzófeszültséggel terheljük, majd 79,6 kA/m (1 kOe) erősségű, a próbatest hossz tengelyével párhuzamos irányú mágneses tér hatásának tettük ki, és megmértük a felülettel párhuzamos irányú szórt mágneses teret a



4. ábra. A szórt mágneses tér mérésénél használt próbatest geometriája



5. ábra. A 4. ábrán szereplő, a mérés előtt különböző nagyságú húzófeszültségnek kitett próbatest felülete mentén mérhető mágneses tér eloszlása. (Az ábrán csak a 4. ábrán kijelölt terület képe látszik.)

Fluxset szenzorral X és Y irányban végigpásztázva a felületet. Az 5. ábra mutatja a felületi pásztázás után kapott képet, a mágneses tér eloszlását a szenzor X irányú (próbatest hossz tengelye) elrendezése esetén. Jól látható az anyag szerkezeti változása miatt kialakuló Lüders-sávszerkezet.

Hivatkozások

- [1] Vétesy Gábor: A mágneses tér nagy érzékenységű mérési módszere és alkalmazása az elektromágneses roncsolásmentes anyagvizsgálatban, Anyagvizsgálók Lapja, 1999/2, 72. old.
- [2] A. Gasparics, Cs. S. Daróczy, G. Vétesy, J. Pávó: Improvement of ECT probes based on Fluxset type magnetic field sensor, in Electromagnetic Nondestructive Evaluation (II), Eds: R. Albanese et al., IOS Press, 1998, pp. 146-151
- [3] A. Gasparics, G. Vétesy, I. Sebestyén, D. Roger, T. Takagi: Performance analysis of the Fluxset based ECT probe on JSAEM Inconel 600 benchmark tube specimens, in Electromagnetic Nondestructive Evaluation (V), Eds.: J. Pávó, G. Vétesy, T. Takagi and S.S. Udpa, IOS Press, 2001, pp. 317-324
- [4] G. Vétesy, A. Gasparics, J. Szöllösy: High sensitivity magnetic field sensor, Sensors and Actuators A, 85 (2000) 202.

Külföldön végrehajtott roncsolásmentes vizsgálat minősítés hazai alkalmazásának tapasztalatai¹

Dr. Trampus Péter* – Dr. Somogyi György** – Szabó Dénes*** – Klausz Gábor****

Bevezetés

A Paksi Atomerőmű blokkjainak tervezett üzemidő hosszabbítása műszaki megalapozásában a 2003 és 2006 közötti időszakban elvégzett roncsolásmentes anyagvizsgálatok eredményei meghatározó jelentőségűek. Kiemelkedik ezek közül is a blokkok műszakilag lehetséges üzemidejét kijelölő reaktortartályok vizsgálata. Az ebben az időszakban a reaktortartályok belső felülete felől végrehajtandó ultrahangos vizsgálatára a Paksi Atomerőmű Részvénytársaság (PA Rt.) pályázatot írt ki. A pályázaton való sikeres részvétel feltétele a kiírás értelmében az volt, hogy a reaktortartály hengeres rész belső zónájának (plattírozás környezete) vizsgálatára vonatkozóan a pályázó vizsgáló cég rendelkezzen minősítéssel. A pályázatot a cseh ŠKODA JS a. s. (továbbiakban Skoda) cég nyerte meg. A Skoda a Paksi Atomerőmű reaktortartályainak vizsgálatához ugyanazt az ultrahangos vizsgálati rendszert ajánlotta meg, amelynek bizonyos elemeit korábban a csehországi Dukovany Atomerőmű reaktortartályain végrehajtott vizsgálat kapcsán a cseh előírásoknak és szabályzatoknak megfelelően minősítettek.

A PA Rt.-nek a vizsgálati technológia jóváhagyását kérő beadványára hozott határozatában az Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatósága (OAH NBI) elrendelte a vizsgálat hazai minősítését. A határozat – tekintettel a vizsgálatok korábbi sikeres külföldi minősítésére – lehetőséget adott az üzemeltetőnek egy egyszerűsített minősítési eljárás lefolytatására. Az egyszerűsített minősítési eljárás alatt azt kell érteni, hogy az eljárás a csehországi Dukovany Atomerőműben üzemben lévő – a Paksi Atomerőmű reaktortartályaival megegyező típusú és gyártású – reaktortartályok ultrahangos vizsgálata már elvégzett és tanúsítvánnyal igazolt minősítésének elemzése és értékelése alapján történik. Az egyszerűsített minősítés központi dokumentuma az összehasonlító elemzést tartalmazó Műszaki Bizonyítás² (MB), amelynek azt kell igazolnia, hogy az alkalmazott vizsgáló rendszer megfelel a Paksi Atomerőmű specifikus követelményeinek.

A minősítés 2004 elején kezdődött el és értelemszerűen nem terjedt túl a cseh minősítés akkori készülttségének a terjedelmén. Folytatását PA Rt. a csehországi előrehaladás függvényében tervezi. A minősítés végrehajtásának idején, érvényes cseh minősítés a Dukovany Atomerőmű reaktortartályai hengeres rész alapanyagának és körvarratainak, valamint a plattírozás és az alapanyag ill. a plattírozás és a varratfém közötti átmeneti zónának a külső és a belső felület felől végrehajtandó ultrahangos vizsgálatára volt.

Ezek közül a vizsgálatok közül PA Rt. – az egyszerűsített minősítési eljárás elveit szem előtt tartva – a következő vizsgálatok minősítésének lefolytatását kérte a Vizsgálat Minősítő Testületől (VMT-től):

- a reaktortartály hengeres rész hosszú öv alapanyaga ill. ennek az aktív zónával szembeni hegesztési varrata átmenettől mért 30 mm mélységig terjedő zónájának, továbbá

¹ A cikk tartalma lényegében megegyezik a 4th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components (2004. 12. 6-8. London) és a IV. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencián (2005. 04. 12-15. Eger) elhangzott előadások tartalmával.

² Ez az MB nem azonos a minősítési eljárások során általánosságban alkalmazott és Műszaki Bizonyításnak (Technical Justification) nevezett dokumentummal.

* Trampus Műszaki Tanácsadó Bt., **Négy S Bt., *** Paksi Atomerőmű Rt., **** AGMI Rt.

– a plattírozás és az alapanyag, valamint a plattírozás és a hegesztési varrat közötti átmenetnek

a reaktortartály belső felülete felől végzett ultrahangos vizsgálata.

Időközben a cseh minősítési eljárás is folytatódott és információk szerint befejeződött a reaktortartály felső és alsó körvarratai ultrahangos vizsgálatának minősítése. A reaktortartály csomóvarrat és a belső rádiusz ultrahangos vizsgálatának minősítése folyamatban van.

A cikkben először összefoglaljuk az egyszerűsített minősítési eljárás koncepcióját és a koncepció főbb elemeit. Ezt követően áttekintjük és elemezzük a 2004-ben lefolytatott egyszerűsített minősítést, végül összefoglaljuk annak tapasztalatait és javaslatokat teszünk.

Az egyszerűsített minősítési eljárás alkalmazásának áttekintése

Egy adott országban megszerzett minősítés automatikusan nem érvényes egy másik országban, és érvényességének kiterjesztésére sincs még elegendő tapasztalat a világon. Ezért 2003 végén a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés (MHE), a PA Rt. megbízásából egy tanulmányt dolgozott ki a külföldi minősítések hazai alkalmazhatóságának módszerére [1]. A tanulmányban javasolt módszer lényege az volt, hogy amennyiben a külföldi és a hazai minősítési eljárás kulcsfontosságú elemei megegyeznek, akkor a külföldi minősítés érvényessége kiterjeszhető és a teljes minősítési eljárás lefolytatása helyett elegendő az egyezések bizonyítása. Kulcsfontosságú elemként jelölte meg a tanulmány a műszaki specifikációt és a minősítés általános eljárásrendjét.

A kulcsfontosságú elemek megegyezése természetesen nem zárta ki a kisebb eltéréseket és semmi esetre sem zárta ki a szigorúbb feltételek meglétét. A tanulmány azt javasolta, hogy

- a minősítési módszer,
- a minősítő testület működése,
- a minősítési eljárásrend, valamint
- a műszaki és
- a jogi feltételek

szempontjából kell megvizsgálni, hogy a minősítés megfelelő elemei megegyeznek-e a minősítés eredete országában és a minősítést felhasználni kívánó országban.

A külföldi minősítés hazai alkalmazása szempontjából alapvető fontosságú, hogy a minősítés módszere megfeleljen a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) [2], illetve az európai (ENIQ, European Network of Inspection and Qualification) [3] irányelveinek. Ezek az irányelvek szavatolják az eljárást

- műszaki helyességét (definiálva annak szükséges lépéseit),
- megismételhetőségét (pl. próbatestek gyártási dokumentációja, amennyiben van gyakorlati vizsga),
- tisztaságát (minősítő testület működési rendje, tagjainak függetlensége, előre meghatározott értékelési módszerek),
- dokumentációs elveit (minősítési dosszié tartalma és kezelése) stb.

A külföldi minősítés eredményeinek hazai alkalmazásánál nem feltétlenül szükséges, hogy a minősítés eljárásrendje a két országban lépésről lépésre megegyezzen. Ennél fontosabb, hogy az alkalmazott eljárásrend biztosítékot nyújtson a minősítési folyamat megfelelő minőségű végrehajtásához.

A műszaki feltételeket tekintve megfelelő egyezőségnek kellett fen-

nálnia a minősítés tárgyát képező külföldi és a hazai vizsgálat esetében a következő területeken:

- a vizsgálandó berendezés vagy a berendezés meghatározott tartománya – jelen esetben a reaktortartály (geometriai egyezés, szerkezeti anyagok minőségének egyezése, felületi érdesség egyezése stb.),
- a vizsgálati és minősítési célkitűzés, azaz a detektálandó és megmértendő folytonossági hiány(ok) típusa, mérete, elhelyezkedése ill. egyéb, a vizsgálat szempontjából fontos paramétere, valamint a hiány detektálása elvárt valószínűsége és a méret meghatározás tűrése (a vizsgálat igazolt teljesítőképessége).

Nem feltétlenül szükséges azonban, hogy megegyezzen:

- a vizsgálati technológia (a hibakeresés és -nagyság meghatározás módja, az ultrahangos vizsgálófejek mozgatásának sémája, az adatrögzítés szempontjai és technikája, a kiértékelés módszertana stb.),
- a vizsgálóberendezés, beleértve az ultrahangos vizsgálófejeket és a mozgató manipulátort,
- a vizsgálószemélyzet (manipulátor kezelő, adatrögzítő, értékelő).

Amennyiben ugyanannak a berendezésnek a vizsgálatáról van szó (ahogy jelen esetben egy VVER-440/V-213/cs típusú reaktortartályról), akkor azonos vizsgálati célkitűzés esetén a vizsgálatot több, egymástól különböző technológiával és alternatív vizsgálószemélyzettel is el lehet végezni, de amennyiben a vizsgálati célkitűzés különbözik a két országban, akkor már nem ugyanarról a vizsgálatról van szó. A vizsgálati technológia, a vizsgálóberendezés és a személyzet egyezése viszont lényegesen leegyszerűsítette a helyzetet, de a javasolt módszer legfontosabb szempontja a vizsgálati célkitűzés azonosságának vagy különbözőségének az értékelése volt.

Mindezekben túlmenően a tanulmányban javasolt módszer célszerűnek tartotta áttekinteni azt, hogy a külföldi minősítés során milyen szerepet játszott az illetékes nemzeti hatóság és ez mennyire egyenértékű a magyar hatóságnak a minősítési eljárásban betöltött szerepével. Ehhez tisztában kellett lenni mindkét ország hatósági szabályozásával, a dokumentumok rendszerével, illetve a szokásokkal. Úgyszintén tisztázni kellett a külföldi minősítő testülettel igényelt információk tulajdonjogi kérdéseit és biztosítani kellett az információk hozzáférhetőségét az érdekeltek részére.

Az egyszerűsített minősítési eljárás lefolytatásához a PA Rt.-nek be kellett szereznie:

- a külföldi tanúsítványokat és mellékleteiket,
 - a külföldi műszaki specifikációt,
 - a külföldi minősítés összefoglaló jelentését,
- és el kellett készíttetnie a dokumentumok fordítását.

A dokumentumok alapján végezte el a műszaki specifikációk összehasonlító elemzését és készítette el a Műszaki Bizonyítást.

A Vizsgálat Minősítő Testület egy helyszíni audit lefolytatásával értékelte a külföldi minősítő testület működési rendjét, valamint értékelte a Műszaki Bizonyítást.

Végeredményben tehát a roncsolásmentes vizsgálat egyszerűsített minősítési eljárása egy olyan, a NAÜ és az ENIQ irányelvekben foglaltaknak megfelelően lefolytatott minősítés, amelyet az jellemez, hogy ez egy másik országban végrehajtott minősítés eredményének értékelése és a vizsgálat lényeges paramétereinek a Paksi Atomerőmű reaktortartályai vizsgálatának lényeges paramétereivel történő összehasonlító elemzése alapján folyik. Ezt az összehasonlító elemzést foglalja össze a MB. Az összehasonlító elemzésnek a következőkre kell kiterjednie:

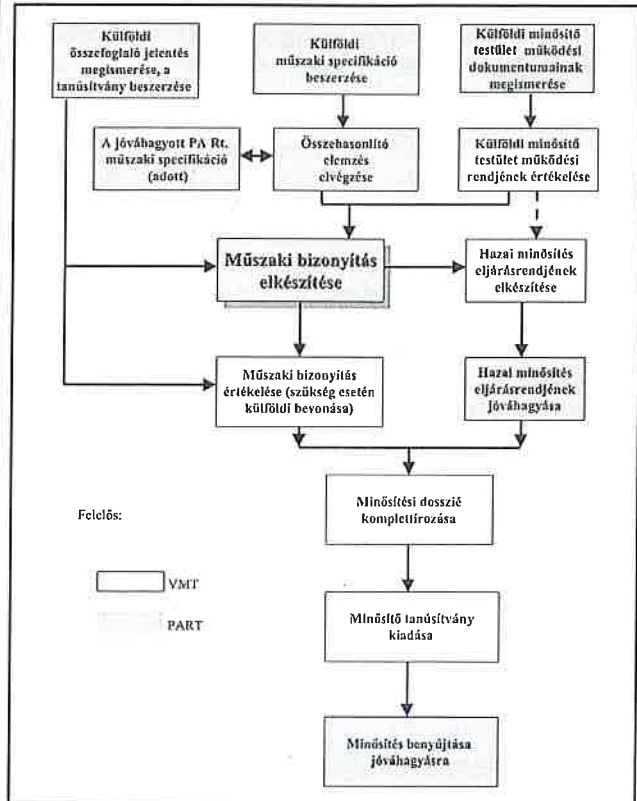
- A külföldi minősítési tanúsítvány ellenőrzése abból a szempontból, hogy hatálya megegyezik-e a műszaki specifikációban megfogalmazott műszaki terjedelemmel.

- Az összefoglaló minősítési jelentés értékelése abból a szempontból, hogy a külföldi minősítő testület a minősítési eljárást a NAÜ, illetve az ENIQ módszertana szerint folytatta le és megfelelő műszaki következtetéseket állapított meg. Ezt helyszíni szemle tapasztalatai alapján is lehet igazolni.

- A külföldi minősítő testület működési dokumentumainak összehasonlító elemzése a VMT működési dokumentumaival. A cél annak az igazolása, hogy a külföldi minősítő testület működése megfelel a NAÜ illetve az ENIQ módszertani leírásainak.

- A külföldi műszaki specifikáció összehasonlító elemzése a Paksi Atomerőmű berendezése műszaki leírásában, illetve egyéb dokumentumaiban lévő adatokkal. Az összehasonlító elemzésnek igazolnia kell az azonosságokat, és fel kell tárnia a különbözőségeket.

Az egyszerűsített minősítés folyamatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. Az egyszerűsített minősítés folyamata

A minősítési eljárás lefolytatása

Az MHE-VMT elnöke 2003 decemberében szakembereket kért fel a minősítésben való részvételre. A reaktortartály ultrahangos vizsgálatának a bevezetőben leírt terjedelmű minősítésére ilyen módon megalakult Vizsgálat Minősítő Csoport (VMCs) a VMT állandó tagjaival együtt képezte a minősítési eljárást lefolytató testületet. A testület megfelelt az EN 45004 szerinti A típusú vizsgáló testület követelményeinek.

Az előző fejezetben vázolt tanulmányban megfogalmazottak alapján, továbbá a VMT hatályos dokumentumaiban foglaltak szem előtt tartásával, a VMCs kidolgozta a jelen minősítésre vonatkozó minősítési eljárásrendet és vizsgálatminősítési programot. Ezek a dokumentumok a minősítés során elvégzendő feladatokat, határidőket, valamint a feladatok teljesítéséért felelős szervezetek és személyek neveit tartalmazták. A dokumentumokat a VMT jóváhagyta.

A VMT tagjaiból álló szakértői csoport 2004 februárjában a helyszínen auditálta a Cseh Villamos Művek által létrehozott vizsgálatminősítő testületet. A csoport az audit során beszerezte mindazokat az információkat, amelyek a cseh minősítési eljárás lebonyolításának rendjét érintették és szükségesek voltak annak elbírálásához, hogy a cseh minősítés eljárásrendje mennyire felel meg a hazai eljárásrendnek. Az audit eredményeként a VMT bizonyosságot szerzett a cseh és a magyar minősítési eljárásrend elfogadható mértékű egyezéséről.

A VMT képviselői, részben a helyszíni audit során megismerhették, részben az eljárás során kézhez kapták a vonatkozó cseh minősítési

dokumentumok, és azok magyar fordításának a szükséges részét. Ezek alapján meggyőződhetek arról, hogy a cseh minősítés a Dukovany Atomerőmű reaktortartályai középső hegesztési varratainak, a reaktortartály hengeres rész valamennyi kovácsolt öve alapanyagának, valamint a plattírozás és az alapanyag, illetve a plattírozás és a hegesztési varratok határfelületének a belső és a külső felületei felől végrehajtott ultrahangos vizsgálatára vonatkozott.

2004 közepén a VMCs kézhez vette a PA Rt. szakemberei által elkészített MB-t. A dokumentum – átanulmányozását követően – több fordulóban került megtárgyalásra. E tárgyalások, továbbá a VMCs tagjai és PA Rt. szakemberei közötti személyes konzultációk eredményeképpen először egy átdolgozott munkaközi dokumentum (2. sz. verzió) készült el, majd ennek szükséges mértékű kiegészítése és módosítása után a VMCs alkalmasnak tartotta a 3. sz. verziót a VMT elé terjesztésre. A testület 2004 novemberében megtartott ülésén alapvetően elfogadta a VMCs véleményét, de néhány apróbb módosítást javasolt az MB tökéletesebbé tételére. Ezek átvezetése után a 4. sz. verziót tekintette véglegesnek és jóváhagyta. A VMT döntött a Minősítő Tanúsítvány tartalmáról és felhatalmazta a testület elnökét annak az aláírására.

Az MB összességében kiterjedt mindazon kérdésekre, amelyek szükségesek voltak az érdemi elbírálásához. A vizsgálat tárgyát képező paksi és a cseh reaktortartályok az MB szerint "az ultrahangos vizsgálat szempontjából teljesen azonosak" voltak.

Az egyszerűsített minősítés alapja a roncsolásmentes vizsgálati és minősítési célkitűzések azonossága volt. A cseh minősítés összességében 13 kötelező és egy nem kötelező érvényű minősítési követelményt fogalmazott meg. A hazai követelmények közül tíz követelmény megegyezett a cseh követelményekkel, négy követelmény pedig kevésbé volt szigorú, mint a cseh követelmények. Ebből következett, hogy amennyiben a cseh minősítés értékelése megfelelő volt, az már eleve garantálta a paksi reaktortartályok üzemeltetésére megkövetelt biztonság szintjét. Az összehasonlítás végeredménye az volt, hogy a cseh vizsgálatminősítési követelményeknek való megfelelés minden tekintetben kielégítő eredményt adott a hazai minősítési követelményekkel történő összehasonlítás során.

Összegezve az előzőekben leírtakat, a VMT arra a következtetésre jutott, hogy a cseh minősítés során támasztott követelmények megfelelnek a magyar vizsgálatminősítési elvárásoknak, ezért kijelentette, hogy a minősítés terjedelmében az MB-on túlmenő műszaki intézkedések megtétele nem indokolt.

Az egyszerűsített minősítés tapasztalatai

A Paksi Atomerőmű reaktortartályai belső felülete felől történő ultrahangos vizsgálat egyszerűsített minősítési eljárás következő témaköréit ill. szempontjait tartottuk célszerűnek értékelni a tapasztalatok lezárásához:

- Az egyszerűsített minősítés koncepciójának alkalmazhatósága
- A VMT működése, dokumentumai
- A cseh adatok hozzáférhetősége és értékessége
- A cseh minősítő testület auditálása
- Az MB elkészítése, tartalma
- Az MB értékelése
- A minősítési dosszié összeállítása
- A hatóság szerepe.

A következőkben egyenként áttekintjük a fenti témaköröket és – ahol szükséges – módosítási javaslatot is megfogalmazunk.

Az egyszerűsített minősítés koncepciójának alkalmazhatósága

A lefolytatott minősítés terjedelme a reaktortartály ultrahangos vizsgálat minősítésének egy része, kijelölését elsősorban a rendelkezésre álló cseh minősítési eljárás készülsége határozta meg. A PA Rt. és a

VMT tagjai számára nyilvánvaló volt a minősítés folytatása, aminek további ütemét a cseh eljárás előrehaladása és a paksi reaktortartályoknak a PA Rt. és a Skoda között megkötött szerződésben foglalt vizsgálati terjedelem határozza meg.

Az MHE által kidolgozott tanulmányban javasolt koncepció a gyakorlatban végrehajthatónak bizonyult. A minősítési eljárás gyakorlatilag zökkenőmentesen, a tervnek megfelelően zajlott le. A vizsgálatminősítési programban meghatározott valamennyi feladat elvégzésre került. A programtól csak az időbeli ütemezését tekintve térünk el. Az eljárást eredetileg hét hónap alatt tervezetük befejezni, a ténylegesen szükséges időtartam ezzel szemben megközelítőleg tíz hónap volt. Ezért a vizsgálatminősítési programot a VMT-nek egy alkalommal át kellett ütemeznie. A késés nem a koncepcióval volt magyarázható, hanem az eljárás kezdeti szakasza egyes feladatainak a tervezettnél lassúbb elkészültével. A legnagyobb késést a MB kidolgozásának elhúzódnása okozta. A program későbbi befejezése egyébként nem hátráltatta az engedélyes érdemi tevékenységét, tekintettel arra, hogy a Paksi Atomerőmű 2. blokkja reaktortartályának 2004-re tervezett roncsolásmentes vizsgálatát a blokk tartós üzemén kívüli állapota következtében 2005-re halasztották.

A folytatásra kerülő minősítések terjedelmének meghatározását, illetve elhatárolását a cseh minősítési folyamat előrehaladása, valamint a Skoda által Pakson végzendő vizsgálatok terjedelme jelöli ki. Miután a Skoda és a PA Rt. közötti szerződés 2006-ban lejár, a következő négy éves időszakra PA Rt. új pályázatot fog kiírni. El kell érni, hogy a pályázat kiírásában kapjon megfelelő súlyt a hazai egyszerűsített minősítési követelmény rendszere. Célszerű, ha a tender műszaki tartalmát kidolgozó időben megfelelő együttműködést alakítanak ki a VMT-vel.

A VMT működése

Az egyszerűsített minősítés lefolytatására összehívott VMT – a VMCs létszámát, tagjainak szakmai felkészültségét és rendelkezésre állását tekintve – megfelelőnek bizonyult. A VMT-nek a PA Rt. által kijelölt szakembere folyamatosan ellátta a koordinátor szerepét is VMCs és a PA Rt. között. Célszerű a jövőben arra törekedni, hogy a további egyszerűsített minősítéseknel a testület személyi összetételében csak a legszükségesebb változtatásokra kerüljön sor.

A VMCs által elkészített és a VMT elnöke által jóváhagyott dokumentumok (minősítési eljárásrend, vizsgálatminősítési program) megfelelő minőségűnek bizonyultak, csak a program határidőit kellett módosítani, ahogy azt korábban már jeleztük.

A VMT valamennyi tagja egyenként és maga a testület igen jó és operatív kapcsolatot épített ki a cseh partner intézményekkel (cseh vizsgálatminősítő testület, Skoda, Dukovany Atomerőmű). Kítűnő volt a testület munkakapcsolata a PA Rt. szakembereivel is.

A cseh adatok hozzáférhetősége, értékessége

A cseh vizsgálatminősítés műszaki specifikációja időben a magyar szakemberek rendelkezésére állt. Megszületett az anyag magyar nyelvű fordítása, de a fordítás nem volt tökéletes, továbbá hiányoztak az eredeti ábrák, ami a felhasználása során esetenként félreértésekhez vezetett ill. kiegészítő magyarázatokat igényelt.

A csehek tájékoztatásul átadták az ultrahangos vizsgálati technológiákat is.

A cseh minősítő testület dokumentumai közül a két minősítő tanúsítvány értelmezését nehezítette azok gyengén olvasható minősége (faxolt változatot kaptunk), valamint a nem pontos fordításuk. Az összefoglaló jelentés részletes és kítűnő minőségű volt, de használatát az említett fordítási probléma hátráltatta.

A jövőben javítani kell a cseh dokumentumok másolatainak, de elsősorban azok magyar fordításainak a minőségén. A megkért dokumentumokról szakmailag lektorált fordítást célszerű készíttetni.

A cseh minősítő testület auditálása

Az audit során, amelyen cseh minősítő testület vezető személyei vettek részt, a cseh szakemberek bemutatták a minősítés teljes dokumentációját, és választ adtak az összes felmerült kérdésre. Ismertették a minősítendő vizsgálattal szemben támasztott követelményeket, azok megalapozásának hátterét, a minősítési próbatetek adatait, illetve a minősítés során lefolytatott gyakorlati vizsgák eredményeit. Bemutatták a próbatetek legyártásának minőségügyi dokumentációját és a minősítés legfontosabb műszaki dokumentumát képező műszaki bizonyítást. A cseh partnerek együttműködési készsége kiváló volt és valamennyi információt a magyar szakemberek rendelkezésére bocsátottak, ami szükséges volt az egyszerűsített minősítési eljárás lefolytatásához.

Az auditon magyar részről a VMT egyik állandó tagja, a VMCs két tagja és az OAH NBI megbízott szakembere vett részt.

Ismereteink szerint a Cseh Villamos Művek szervezetének 2004 elején történt módosítása maga után vonta a minősítő testületük módosítását is. Ezért célszerű a cseh minősítés követése hazai alkalmazásának folyamatában egy ismételt audit megszervezése. Az auditálást a minősítési eljárásnak abban az előrehaladott szakaszában kell lefolytatni, amikor a már felmerült műszaki kérdéseket is egy konzultáció keretében meg lehet tárgyalni a cseh szakértőkkel.

Az MB elkészítése, tartalma

Az MB-t a Paksi Atomerőmű szakemberei készítették el. A dokumentum – miután alapvető célja az összehasonlítás volt – erősen támaszkodott a cseh forrásdokumentumokra. Ezen kívül az MB szerves része volt egy tanulmány az övzóna minősítési hibakonfigurációról. A dokumentum megfelelt a célkitűzésének, azaz megfelelő módon hasonlított össze a Csehországban sikeresen minősített VVER-440/V-213/cs típusú reaktortartályok ultrahangos vizsgálata minősítésére nézve lényeges műszaki paramétereit a hazai minősítési eljárásban megfogalmazott műszaki paraméterekkel és követelményekkel. Biztonsággal le lehetett vonni belőle azt a következtetést, hogy a cseh minősítés során támasztott követelmények megfelelnek a magyar vizsgálatminősítési elvárásoknak, ezért az MB-on túlmenő műszaki intézkedések megtétele nem volt indokolt.

Az a tény, hogy a cseh minősítés tárgyát képező dukovanyi reaktortartályokat, valamint a magyar minősítés tárgyát képező paksi reaktortartályokat azonos tervek alapján, azonos gyártástechnológiával, azonos gyártóműben és közel azonos időszakban készítették, tovább egyszerűsítette az egyszerűsített minősítés folyamatát.

Az MB értékelése

A VMCs tagjainak az MB-ről alkotott egységes és végleges véleményének kialakításához több lépésre volt szükség, mint amennyit a vizsgálatminősítési program tartalmazott. A VMT a MB-nak a 4. verzióját fogadta el végleges változatként. Az engedélyes által a VMCs-nek átadott eredeti verzió az előzetes, majd a végleges értékelés eredményeként több változáson ment át, és kialakult belőle először a 2., majd ezt követően a 3. verzió. A dokumentumnak a VMT általi végleges megtárgyalása hozott felszínre egy olyan kérdést, amely a cseh minősítés terjedelmének a pontos behatárolása volt, és ennek a tisztázása a cseh minősítő testület szakembereivel történő rendkívüli konzultációt is igényelt. A MB-nak a kérdés megnyugtató tisztázása utáni állapota lett a 4. verzió.

Megjegyezhető, hogy a MB értékelésének komplexitását, amely kiterjedt szinte valamennyi hivatkozott dokumentumnak az értékelésére, valamint ennek a tényleges időszükségletét a VMCs tagjai alábecsülték. Ezért a jövőben több idő kell tervezni és fordítani az MB tanulmányozására és értékelésére. Szükség esetén be kell vonni az értékelési folyamatba a fontosabb hivatkozott dokumentumok szerzőit (ide értendők a cseh dokumentumok szerzői is, ill. a hazai szakemberek).

A minősítési dosszié összeállítása

A minősítési dosszié tartalmában – az egyszerűsített minősítés sajátosságai miatt – kissé eltér a normál minősítéseknél előírtól.

Az egyszerűsített minősítés dossziéja a következő dokumentumokat tartalmazza:

- OAH NBI határozat a SKODA JS. által készített anyagvizsgálati technológiák jóváhagyása tárgyában.
- A Cseh minősítő tanúsítványok és fordításai.
- A Minősítési Eljárásrend.
- Auditjelentés.
- Jegyzőkönyvek a VMT üléseiről.
- A Műszaki Bizonyítás (4. verzió).
- Minősítő Tanúsítvány
- Összefoglaló Minősítési Jelentés.

A VMT dokumentumainak azon részeit, melyek szabályozzák a minősítési dosszié tartalmát, célszerű felülvizsgálni és kiegészíteni az egyszerűsített minősítésnél alkalmazandó előírásokkal.

A hatóság szerepe

Az OAH NBI a vizsgálati technológiát jóváhagyó határozatában engedélyezte az egyszerűsített minősítő eljárás lefolytatását, amit hosszú távra előremutató döntésként lehet értelmezni.

Az NBI képviselője kiemelt figyelemmel kísérte az eljárás első fázisát, részt vett a VMCs témairányító megbeszélésein. Részt vett a cseh vizsgálat minősítő testület működésének auditálásában.

Az eljárás végén PA Rt. mint engedélyes jóváhagyásra beterjesztette a Minősítő Tanúsítványt és a Minősítési Dossziét.

Összefoglalás

Összefoglalásként megállapítható, hogy a "Javaslat külföldi minősítések hazai felhasználásának eljárása" című tanulmányban [1] foglalt eljárás a gyakorlatban jól alkalmazható, azon lényegi változtatást nem szükséges végrehajtani. A következő egyszerűsített minősítéseknél célszerű figyelembe venni a 2004-ben lefolytatott minősítés gyakorlati tapasztalatait.

Hivatkozások

- [1] Javaslat külföldi minősítések hazai felhasználásának eljárására MHE 2003. október 18.
- [2] Methodology for Qualification of In-Service Inspection Systems for WWER Nuclear Power Plants. IAEA-EBP-WWER-11, 1998
- [3] European Methodology for Qualification of Non-Destructive Testing (second issue). EUR 17299 EN, 1997

Konferencia-felhívás

5th IN-TECH-ED – Innovation, Technics,
Education,
Budapest, 2005. szeptember 7–9.

A nemzetközi konferenciát a Budapesti Műszaki Főiskola Rejtő Sándor Könnyűipari Kara szervezi a textil-, a konfekció-, a bőr-, a papír- és a csomagolóipar versenyképességét szolgáló, új irányítási, vezetési elvek, szerkesztési és formatervezési irányzatok, a korszerű minőségbiztosítási módszerek és eszközök, a termék- és technológiafejlesztés, valamint a környezetvédelem eredményeinek, továbbá a versenyképes tudás – bolognai folyamatba illeszthető – átadása, oktatása módszereinek a bemutatása céljából. A szervezők előadók és kiállítók jelentkezését várják április 30-ig. A www.inteched.rkk.bmf.hu honlapon részletes tájékoztató olvasható, vagy hívják Kokas Palicska Líviát a főiskolai kar 388-7400 telefonszámán (faxot is küldhetnek a 388-6730 számra).



Becker István – egy nyüzsgő mérnök – 80 éves

Becker István, a sokunknak Pista Bácsi, 1925. április 29-én született Budapesten. Szakmai életének egyik legjobb ismerőjeként, a Brüsszelbe reggel 6.20-kor induló gépre várva, igazán nagyon nehezen tudom elkezdni e remek, és örökmozgó ember szakmai életútjának rövid összefoglalását. Biztosan sokan vagyunk úgy, mint én, aki nem is hiszem, hogy Ő és környezete már a 80. születésnapjának megünneplésére készül. Előttem most is ugyanaz a kép van, mint ami kb. 30 éve megkapott, megrögződött fejében, amikor az Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet épületében megpillantottam. Nem igen változott sem külsejében, sem pedig mentalitásában.

Középiskoláit az Állami Szent István Gimnáziumban, 1943-ban fejezte be, de már ebben az időben is elemi erővel tört rá a „mérnöki-szakmai” ismeretek megszerzésének igénye, a kétkezi munka eredményeinek megismerése, a „vas szagának” megérzése, hiszen 1939-től nyaranta esztergályosként dolgozott, előbb tanoncként, majd segédként. A segédlevelet 1946-ban szerezte meg. Az érettségit követően a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnök Karának hallgatója 1943-tól, de a II. világháború szele őt is felkapja és 1944 decemberében elsodorja Budapestről, ahová csupán majdnem két évvel később, 1946 júniusában tért vissza egy hadifogoly szerelvényen, igaz a „málenkij robot” fogalmát nem ismerő amerikai fogságból. Szakmai fejlődésének további útja töretlen, hiszen a stabilizáció számára is meghozza a tanulás lehetőségét, és gépészmérnöki diplomát szerez 1950 februárjában.

Szakmai életének fő vonulataiban mindig az elmélet és a gyakorlat, az oktatás és a „megcsinálás” vetekszik egymással. Ez már fellehető volt akkor, amikor középiskolás korában esztergályos volt nyaranta, de egyetemi éve alatt gyakornokként, demonstrátorként is dolgozott az akkor már *Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén*. Itt később meghívott tanársegéd, de tanít a Gazdasági Műszaki Akadémián is. A „megcsinálás” igényét előbb az Erőmű Beruházási Vállalat (ERBE), majd az Erőmű Javító és Karbantartó Vállalat (Erőkar) munkatársaként éli át. Hazánkban az első egyike – ha nem az első, aki Cs 137-es izotópot használ a hegesztési varratok vizsgálatára (1957-ben). Az ERBE kötelékben bekapcsolódik a külföldön végzett munkákba, pl. Egyiptomban és az akkori NDK-ban. A 60-as évek elején úttörő tevékenységet folytat az ultrahangos vizsgálat meghonosítása, az ipari alkalmazás kiterjesztése területén. Ne feledjük, hogy a Krautkrämer cég 1949-ben alakult és az első ipari berendezés az USIP-2 1950-ben került a piacra! Becker István vezetésével 1961-ben már sor került az ultrahangos vizsgálat ipari alkalmazására a hegesztési varratok ellenőrzésében. E témakört olyan intenzitással műveli, hogy a hegesztéshez, annak oktatásához és kutatásához kötődő egyik meghatározó hazai centrumának vezetője, *Zorkóczy Béla* professzor meghívja előadások tartására a hegesztő szakmérnökök képzése kapcsán a *gamma sugaras és az ultrahangos vizsgálatok* témakörben. Látóköre, érdeklődési tartománya fokozatosan bővül, hiszen egyre intenzívebben kapcsolódik be a hegesztés és a hegesztett kötés sajátosságainak elemzésébe. Közöségi ember lévén, e hajlama visszatükröződik abban is, hogy szerepet vállal különböző szakmai szervezetekben is (Gépipari Tudományos Egyesület – GTE – Hegesztési Szakosztálya, International Institute of

Welding – IIW- Magyar Nemzeti Bizottsága). Az „oktatás-megcsinálás” kötelessége továbbra is kíséri életét, hiszen 1963–1966 között a BME Mechanikai Technológiai Tanszékének féléllású adjunktusa, majd előbb párhuzamosan a budapesti Felsőfokú Gépipari Technikumban, ill. az újonnan megalakult Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskolán tanít. Ezt egészen 1977-ig végzi féléllásban, óraadóként előbb adjunktusi, majd docensi (1968-tól) kinevezéssel. Közben azonban igen jól kihasználja a GTE nyújtotta lehetőségeket a hazai eredmények nemzetközi megismertetésében. Egyrészt konferenciákon vesz részt, másrészt hazánkat képviseli az IWW közgyűlésein, vagy különböző munkabizottságaiban (Prága – 1964, Párizs – 1965, Delft – 1967, 1968 – Abington Hall, 1968 – Varsó, 1969 – Brüsszel, 1971 – Stockholm, 1972 – Budapest, 1973 – Düsseldorf, 1978 – Dublin, 1979 – Pozsony, 1982 – Ljubljana, 1983 – Párizs, 1984 – Budapest). Továbbra is bekapcsolódik az ERBE vezette erőmű-építkezések egyes feladatainak megoldásába (Románia, Jugoszlávia stb.) és, például a kazándob repedéseinek elemzése kapcsán együtt dolgozik *Gillemot László* professzorral is. Ezen tapasztalatok irányították figyelmét a kúszás témakörére, különös tekintettel a szerkezetek hegesztési varrainak viselkedésére és roncsolásmentes ellenőrzésére, a napjainkban használatos szavakkal: integritásának becslésére, minőségének biztosítására. A hegesztők oktatása, képességeinek minősítése ebben a periódusban egyre inkább előtérbe került, mint a minőségbiztosítás egyik legnehezebben kézben tartható, ún. humán eleme. Ezzel kapcsolatban németországi példák (Berlin, Halle) felhasználásával *hegesztő oktató bázis* tervet készített a Kohászati Gyárépítő Vállalat és az Erőkar részére. A különböző szemináriumok, oktatási célú előadások megtartása – a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskolán betöltött pozíciója mellett – ebben az időszakban is életeleme Becker Istvánnak. Előadásokat tart a GTE szervezésében Csepelen, Sopronban, a BME Mérnöktovábbképző Intézet felkérésére, a BME által indított első anyagvizsgáló szakmérnöki kurzuson, a kazánfelügyelők szakmai felkészítésében vesz részt stb. Az Erőkarból 1971-ben az Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelethez (ÁEEF) igazol, ahol egy anyagvizsgáló és vízkémiai laboratóriumot szervez műszaki-gazdasági tanácsadói megbízással. Az 1970-es évek elején indított hazai nagyberuházásokhoz (Péti Nitrogénművek, Leninvárosi – akkor még – Olefinművek, Borsodi Vegyikombinát) kötődően a hegesztett szerkezetek minőségbiztosítási rendszerének kidolgozása kapcsán számos, meghatározó hazai cég (Pertolber, Chemokomplex, Chemolimpex) szakértőjeként dolgozik, képviseli a hazai ismeretek nemzetközi eladhatóságát.

Új fejezet nyílt hazánk szakmai életben az első nukleáris erőmű létesítésével kapcsolatban 1966. december 28-án aláírt magyar–szovjet kormányközi egyezményt¹ követően. Becker István a hegesztés minőségbiztosításában szerzett ismereteit természetesen igyekezett hasznosítani ezen, a hazánkban eddig ismeretlen, nagyjelentőségű területen is. Kétségtelen, hogy hosszú idő, 17 év telt el a megállapodás aláírásától 1983. augusztus 11-éig, amíg az ERBE, mint megrendelő, a sikeres próbaüzem lefuttatása után átvette üzemeltetésre a paksi atomerőművet. Ebben a periódusban Becker István részt vett a *Hazai hegesztési kultúra fejlesztése* című tanulmány kidolgozásában (1979), az MVMT által szervezett *Anyagvizsgáló Koordinációs Tanács* (később: Diagnosztikai és anyagvizsgáló koordinációs tanács) munkájában. A

¹ Részleteiben, eredeti – akkor még szigorúan titkos minősítésű – dokumentumokkal alátámasztva lásd Szabó Benjámin: *Atom korszak - Mielőtt meghasad az atommag - Paks c. könyvében, Új Palatinus Könyvesház Kft.*

Paksi Atomerőmű Vállalat másodállású szakértőjeként tevékenykedett az akkori miniszterhelyettes, dr. Kapolyi László felkérésére egészen nyugdíjba vonulásáig (1985. december 4.). Alapvetően a hegesztett kötések minőségbiztosítása témakörben fejtette ki tevékenységét. Ez idő alatt is számos fontos ipari beruházáshoz, üzemeltetéséhez kötődve adta át tapasztalatait, megfigyeléseit különböző konferenciákon, egyetemi, vagy szakmai-társadalmi szervezetek által kezdeményezett és lebonyolított kurzusokon itthon és külföldön egyaránt. Ilyen példák sorolhatók a Paksi Atomerőmű Vállalat, a Dunai Kőolajipari Vállalat, a Tiszai Vegyi Kombinát kapcsán, de a BME-n megindult reaktorteknikai szakmérnöki képzéshez kötődően is.

A nyugdíjazás – feltehetően – csak egy „papírt” jelentett Becker István életében, hiszen már ebben az évben „egyéni külföldi munkavállalói” engedéllyel rendelkezett. Ennek kapcsán a Helling K. G. cégnél dolgozik, annak tanácsadójaként egészen 1991. január 31-éig. Közben szerte Európában hasznosítja mindazon ismereteit, amelyeket „aktív korában” felhalmozott. Kapcsolatot épít a Német Hegesztési Társasággal, (DVM), az Osztrák Hegesztéstechnikai Intézettel, az Osztrák Minőségbiztosítási Egyesülettel (ÖVQ), a Német Minőségbiztosítási Társasággal (DGQ). Közben számos hazai céggel közös akciókat szervez, a szinte tökéletes német nyelvtudását hasznosítja a kis és közepes magyar cégeknek a nemzetközi piacon való megjelenésének elősegítésére. A különböző szakmai szervezetek felkérésére tartott előadásainak száma ebben az időszakban is meglehetősen nagy.

Tapasztalataival, az Anyagvizsgálók Lapja szerkesztőbizottságának tagjaként (1991–93), hozzájárult lapunk szerkesztési elveinek meghatározásához. Javaslatára indult a Minőségbiztosítás rovatunk. A minőségbiztosítás eszme- és eszközrendszere honosításának célját lapunk első számában (1991/1) a *Miért a minőség? Miért a minőségbiztosítás?* című írásában így összegezte: *„A cél elérése nem könnyű, átfutási ideje néhány év!, de ez az egyetlen út vezet a minőséghez, a piacképességhez, az európai gazdasághoz való csatlakozáshoz, végső soron a magyar gazdaság talpra állásához. (...) A kezdeményezés a vállalatok kezében kell legyen, beleértve a Magyarországon még nem kialakult minőségbiztosítási intézmények megszervezését is. (...) Ehhez szeretnénk segítséget nyújtani lapunk Minőségbiztosítás rovatával.”* És ennek érdekében cselekedett is, elsősorban az osztrák ÖVQ szervezetnél szerzett tapasztalatainak közreadásával.*

Ennek a szerteágazó, de a „minőség” címszóhoz, témakörhöz kötődő tevékenységének elismerése az, hogy az 1991. június 12-én alakult Magyar Minőség Társaság igazgatótanácsának tagjává választják.

A Paksi Atomerőmű Rt-hez (PA Rt.) kötődő szakmai tevékenységének egyik elismeréseként 1992. február 7-én átveszi az ipari és kereskedelmi miniszter megbízását a *PA Rt. igazgatótanács tagjára*, amelyet az 1994. december 9-ére összehívott rendkívüli közgyűlés szüntetett meg. Ezen új feladat kapcsán az eddigi ismereteinek fő hasznosítója, és kifejtésének színhelye áttérlődik a PA Rt.-be, különös tekintettel a minőségbiztosítási kérdésekre. Ennek kapcsán jó kapcsolatot épít ki az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság meghatározó vezetőivel, többek között annak elnökével, Pungor Ernő akadémikussal, illetve a minőségbiztosításért felelős szakemberrel, dr. Veress Gábor elnökhelyettesével. Ezen törekvései nagymértékben hozzájárultak a hazai minőség kultúra javításához, felemelkedéséhez. Újabb előrelépést jelentett ebben a témában az ISO 9000 előírás-rendszerének megjelenése, a szemlélet széles körű hazai bevezetése. Becker István ebből is vasosan kivette részét a különböző hazai és külföldi cégek oldalán. Rendkívül intenzíven kapcsolódik be a hazai cégek ISO 9000 szerinti akkredi-

tálási folyamatába, majd a különböző cégeknek a hegesztések végzésére alkalmas „nagy alkalmassági” (SLV-Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt, Duisburg) auditjának előkészítésébe, ill. akkreditálásába.

Becker István az új, a XXI. századba úgy lépett át, hogy napjainkban is sok-sok szálal kapcsolódik a roncsolásmentes vizsgálatokhoz, annak a minőségbiztosításban betöltött szerepéhez, az eszközök gyártóihoz és forgalmazóihoz. Teszi ezt most is „fiatalos szívvel és lendülettel” annak ellenére, hogy 2000. szeptember 8-án átvehette *aranydiplomáját*. Meggyőződéssel hiszem, hogy mindehhez nagymértékben hozzájárult az is, hogy mintegy egy hónappal korábban, 2000. július 29-én megünneplelhette *aranylakodalmát dr. Szécsi Ágnessel* (fotónk), aki olyan háttérrel biztosított számára, amelyben „a nyüzsgő mérnök” élete kiteljesedhetett.



Meggyőződéssel hiszem, hogy nem csupán a magam nevében, hanem a magyar mérnöktársadalom nevében írhatom itt le azt, hogy

„Köszönöm neked Pista Bácsi, Pista, mindazt, amit a hazai gépészmérnökök szakmai színvonalának felemeléséért, nemzetközi szintű meg- és elismertetéséért eddig tettél. Hiszem és bízom abban, hogy a 80. születésnap csupán egy állomás, amelyre ugyanolyan jó érzéssel fogsz emlékezni, mint bármi jóra, ugyanúgy jegyzed be naplódba, mint bármi mást, miközben már a holnapra készülsz, folytatva intenzíven kavargó szakmai életed. Kívánok Neked ehhez barátaid nevében nagyon jó egészséget. A magam nevében csak annyit, hogy megtiszteltetésnek tekintem azt, hogy az előző mondatrészt nem úgy kellett írnom, hogy – a barátaid és a magam nevében.”

Végül engedjen meg a Tisztelt Olvasó egy teljesen személyes megjegyzést, amelynek alapja az ünnepelt napló-bejegyzései. Ezek a következők:

- 2004. 04. 28. Miskolc, BayLogi konferenciák (Tóth), TESTOR bemutató
- 2004. 09. 29. Budapest, Prof. Dr. Tóth László lakásomon látogat meg az „IFJAN – ÉRETEN – ÖREGEN – 80 kérdés-válasz nyolc évtizedből!” életrajzi és fényképmemléki részleteinek megbeszélésére.



Az említett első dátum kapcsán született az ötlet, a másodiktól kezdve pedig napról-napra egyre részletebben bontakozott ki számomra egy olyan élet, amelyet tiszta szívből kívánok minden Kedves Olvasónak. Hogy milyen is ez az élet, az említett könyvben nagyvonalalaiban visszatűkrözdök.

Dr. Tóth László

Az „Ifjan – Éretten – Öregen” önéletrajzi könyv címlapja

* Becker István rovatindító írásai az Anyagvizsgálók Lapjában (AL):

Miért a minőség? Miért a minőségbiztosítás? AL 1991/1. p. 32.

Út a minőség biztosításához, AL 1991/2. p. 70.

Szemelvények a Top menedzser szemináriumról AL 1991/3. p. 105. és 1992/1. p. 31.

Rögös út a vállalat minősítéséhez, AL 1992/2. p. 67.

A radiográfiai munka különleges sugárvédelmi követelményeinek érvényesítése a hazai műszergyártásban

Tóth Endre* – Skrek Máttyás*

A radiográfiai munka felvételek előkészítéséből, a radioizotóppal vagy röntgenberendezéssel végzett felvételekből és az utómunkálatokból áll, amelyekhez rendszerint az eszközök szállítása is hozzá tartozik. Sugárvédelmi szempontból magát a felvételkészítést tekintjük fontosnak, mert nagy intenzitású, adott esetben hosszantartó expozíciót kell megvalósítani úgy, hogy a környezet sugárvédelme biztosított legyen.

A tapasztalatok elemzése azonban azt mutatja, hogy sugárvédelem tekintetében az előkészítés és az utómunkálatok is kritikusnak számítanak. Számos dózistűllépés vagy baleset gyökerei az előkészítésre voltak visszavezethetők, amikor a berendezéseket előzőleg gondatlanul kezelték, vagy az alkalmazott sugárforrást elcserélték. Hasonlóan az utómunkálatok gondos végzése esetén is elkerülhetők lettek volna az olyan esetek, amikor pl. nem kellően árnyékolt sugárforrással utaztak sok kilométeren át.

A radiográfiai munka alapszabálya a dózistűllépések és balesetek elkerülésére az, hogy az egyébként nem érzékelhető radioaktív sugárzást minden körülmények között műszerrel mérjük, érzékeljük. Mérünk az előkészítés, a felvétel és az utómunkálatok alatt, minél gyakrabban és rendszeresen. E tekintetben évekkal ezelőtt nagy előrelépésnek számított az úgynevezett csipogó elterjedése, amely ugyan számszerűleg a mérést nem tette lehetővé, de folyamatosan tájékoztatta a használóját a sugárvédelmi helyzetről. A csipogónál a folyamatosságon van a hangsúly és azon, hogy viszonylag alacsony ára következtében a munkában valamennyi érdekelt személy biztonságát szolgálhatja. (Az érdekesség kedvéért zárójelben említjük meg, hogy hazai vonatkozásban mintegy 1000 db DSZJ-D típus (1. kép) került forgalomba és nemcsak a radiológusok részére.) Az új, továbbfejlesztett és jelenleg forgalmazott DSZJ-E típusból (2. kép) eddig már több mint 200 darabot értékesítettünk.



1. kép: A DSZJ-D típusú sugárszintjelző (csipogó)

A méréshez azonban nem egyszerű a megfelelő műszer biztosítása, éppen a fentiekben vázolt igényekre való tekintettel. Először fogalmazzuk meg a radiográfiai célra alkalmas műszerrel szemben támasztható különleges követelményeket, amelyek más sugárvédelmi területen ilyen élesen nem merülnek fel.

A felsorolásban – mivel ez a műszer alapjellemzőit is érinti – elsőként említhetjük meg azt a követelményt, hogy gyakorlatilag a természetes háttérsugárzás szintjétől a több TBq aktivitású irídium sugár-

források által kibocsátott szintekig a műszernek tudni kell mérni lefulladás nélkül. Ez a követelmény gyakorlatilag azonnal kizárja a régebbi gyakorlatban megszokott analóg műszereket, amelyeknél a méréshatárt kényelmetlen módon külön kellett váltani. Ez különösen a sugárzás intenzitásának növekedésekor kényelmetlen és balesetveszélyes. A mai gyakorlatban alkalmazott digitális műszerek ezt a követelményt automatikusan kielégítik.



2. kép: A DSZJ-E típusú sugárszintjelző

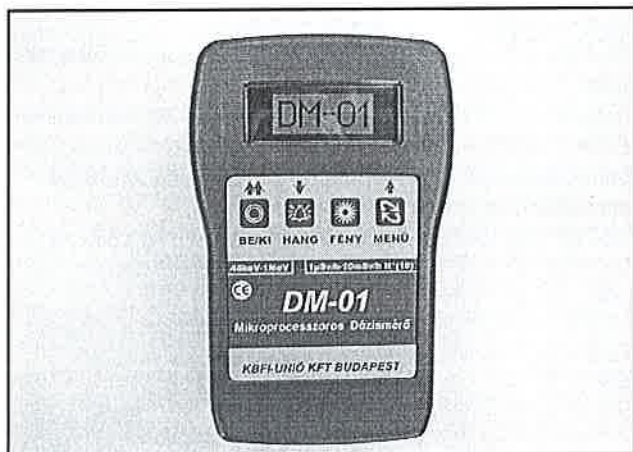
A radiográfiai munkának az a sajátossága, hogy az izotóp kivezélésénél, vagy a röntgengép bekapcsolásakor – de még más esetekben is – a kis és a nagy intenzitások rövid, akár tizedmásodperc alatt erősen változnak, már olyan különleges követelményt támaszt a műszerrel szemben, ami általában más területen nem jellemző. A gyors változás követése csak a kis időállandójú, kis tehetetlenségű műszerrel lehetséges, a kis intenzitások pedig csak nagy időállandó esetén mérhetőek a megkívánt pontossággal a sugárzás statisztikus jellege miatt. A műszereknél alkalmazott szokásos kompromisszumok, amelyeknél kis intenzitásnál nagy időállandóval mérünk, a radiográfiai alkalmazásnál azt jelenti, hogy mire a kis intenzitás nagy időállandójáról a műszer átkapcsol a kisebb időállandóra, értékes cselekvési idő vész el és a megfigyelőt tetemes sugáradag érheti. Ezért e területen különleges követelménynek tekintjük a kis és nagy intenzitások váltakozásánál nem csak az időállandó váltását, hanem a változás mértékének és irányának a külön követését is. Ezt a műszernek a kijelzett digitális értéktől függetlenül úgy kell teljesítenie, hogy változás esetén, a változás mértékétől függően igen kis időállandóval kövesse az eseményeket. Ezt ma még csak kifejezetten az ilyen követelmény kielégítésére gyártott műszerek teljesítik.

Következőnek a radiológusi munkából fakadó követelményként azt említhetjük, hogy számos esetben előre nem tervezett, illetve nem tervezhető sugárhatalás léphet fel. Ilyen esetben a radiológus által használt műszernek a csipogó szerepét is be kell töltenie, azzal a többletként jelentkező igénnyel, hogy az akusztikus jelzés megszólalási küszöbe, a munka jellegétől függően, tetszés szerinti dózisintenzitásnak megfelelő értékre legyen beállítható. Ily módon – előzetes átgondolás alapján – elkerülhető a munkát esetleg zavaró jelzés megszólalása a még elfogadható értékeknél, de biztosítható a jelzés a veszélyesnek minősülő esetekben.

Visszagondolva az annak idején széles körben elterjedt Vakutronik-RFT ionizációs kamrával működő műszerekre, szintén a radiológus munkájának követelményeként kell megemlíteni azt, hogy a radiológus műszere nem lehet nagy méretű, nem lehet a mechanikai behatásokra érzékeny, törékeny. A téli-nyári helyszíni vizsgálatok, az adott esetben esőben is ellátandó feladatok a kis méret és robusztus kivétel mellett a klímaállóság követelményét is indokolják.

*KBFI-UNIO Kft.

Bár a radiológus tevékenységénél a sugárvédelmi előírások kötelezővé teszik legalább a film doziméterek használatát, a gyakorlat igényli a kapott dózis azonnali, helyszíni értékelését is. Ezért jogos követelménynek tekintjük egy célszerű műszer esetében a sugárdózis egyidejű mérését. A munka jellegéből adódóan azonban nem elegendő az, hogy a műszer dózisintenzitást, vagy a dózist tudja mérni, a két mérésnek hangsúlyosan egyidejűleg, párhuzamosan kell történnie. Az sem engedhető meg, hogy a műszer kikapcsolása esetén az előzőleg mért dózis elveszen. Így lényegében több napi, pl. a heti vagy havi dózis is meghatározható, szükség esetén leolvasható, igény esetén törölhető és a mérés újra indítható.



3. kép: A DM-01 típusú mikroprocesszoros dózismérő

A követelmények sorában a radiográfiai munka jellegéből adódóan azt is meg kell említeni, hogy a radiológus kezébe adott műszer a hazai viszonyokhoz mérten nem lehet drága. Sok esetben ezt a munkát az erre szakosodott kis létszámú csoportok végzik, amelyek mögött nem áll olyan nagy létszámú vállalkozás, amely a drága felszerelést biztosítani tudja. Ilyen esetben a költségek csökkentése elsősorban a sugárvédelmet érinti, például úgy, hogy a minimális számú OMH által hitelesített sugázmérő műszert használják.

A fentiek alapján látható, hogy a munkahelyi sugárvédelem kérdésköréhez tartozó sugárvédelmi műszert újszerű módon, a radiográfiai tevékenység speciális követelményei felől közelítettük meg. Ezek után jogosan merül fel az a kérdés, hogy a fenti szempontok mindegyikének megfelelő műszer beszerezhető-e? Szerencsére a kérdésre igennel felelhetünk, mert hazai műszergyártásunk ez évben gyarapodott a KBFI-UNIÓ Kft. DM-01 típusú (3. kép) olyan műszerével, amelyet éppen a fenti követelmények figyelembe vételével fejlesztettek ki. Ezt a műszert most kivételesen olyan cég gyártja, amely a radiográfiai eszközök széles választékának gyártása és javítása során közvetlen kapcsolatban áll a tevékenységet végző szakemberekkel és a műszergyártás terén első tapasztalatait az említett csipogók gyártásával szerezte.

Az elmondottak kiegészítéseképpen meg kell említenünk, hogy a DM-01 műszer, mivel megfelel az OMH minősítés követelményeinek, a beérkező sugárzást nagy „látószöggel” érzékeli (a mutatott érték nagy térszögben nem függ a beesés irányától.) Ez szükség esetén nem teszi lehetővé a sugárzás irányának a behatárolását, pl. elveszett sugárforrás keresésekor. Ezért e feladat megoldására a gyártó (KBFI-UNIÓ Kft.) most olyan kiegészítő kollimátort fejleszt ki, amely a műszerre helyezhető és így lehetővé teszi a sugárforrás irányának behatárolásával e különleges követelmény teljesítését is.

A radioaktív anyagok központi és helyi nyilvántartási rendjéről című rendelet bevezetését követő tapasztalatok ismertetése

Skrek Mátyás*

Mint ismeretes 2004. október 31-től a 33/2004 BM rendelet hatálya lépett. Ez azt jelenti, hogy minden zárt sugárforrásról a központi nyilvántartás az engedélyes részére külön hatósági bizonyítványt állít ki, és az engedélyeseknek az engedélyük hatálya alá tartozó radioaktív anyagokról vezetni kell az Országos Atomenergiái Hivatal (OAH) által biztosított számítógépes helyi nyilvántartást. Miután e rendelet előírásának megsértése esetén az OAH az engedélyest bírság megfizetésére kötelezheti, ezért ennek megelőzése érdekében a rendelet helyes alkalmazását szeretnénk ismertetni.

Az eddig szerzett tapasztalatok alapján nyugodtan kijelenthetjük, hogy néhány cégen kívül, szinte mindenkinek problémát okoz az új rendszer alkalmazása. Az első és talán legnagyobb hiányosság, ha a cégnek nincs nyilvántartási kódja. A nyilvántartási kód hiánya azt jelenti, hogy az illető cég még nem jelentkezett be az új nyilvántartási rendszerbe. Ennek oka legtöbbször az ismeret információ hiánya. Bejelentkezni a www.iki.kfki.hu/radsec/knyt/letoltes.shtm programról lehet. Amennyiben van már nyilvántartási kód és a nyitóleltárt, a partnerek adatait, kódjait, engedélyszámait bevittük az adatbázisba, akkor már az első és legfontosabb lépést megtettük. Ehhez a művelethez azonban a zárt sugárforrások legfontosabb bizonylatait, a műbizonylat és a hatósági bizonyítvány adatait szükségesek. A program kéri a sugárforrás hatósági azonosítóját, amennyiben még nincs, akkor a program helyette ideig-

lenesen egy hatjegyű számot generál. A sugárforrások hatósági bizonyítványát az OAH automatikusan kiadja és postán megküldi az engedélyeseknek.

A következő művelet a programban a sugárforrás átadása valakinek, mondjuk a KBFI-UNIÓ Kft.-nek a sugárforrás végleges elhelyezése céljából (temetés). A sugárforrás tulajdonosának az átadás-átvételi jegyzőkönyvet 3 példányban kell elkészítenie. Egyet a saját részére, egyet a KBFI-UNIÓ Kft részére, egyet pedig a Központi nyilvántartónak. Az engedélyes csak abban az esetben tudja a jegyzőkönyvet kinyomtatni a programból, amennyiben a nyilvántartáshoz szükséges minden adata pontosan van kitöltve a leltárban.

Tudni kell ugyanis, hogy a változásokról 10 napon belül jelentési kötelezettség van. Ezt meg kell tenni e-mailben és írásban. A kinyomtatott átadás-átvételi jegyzőkönyvet az átadás-átvételt követően még postán is meg kell küldeni a központi nyilvántartónak az eredeti Hatósági Bizonyítvánnyal együtt. (knyt@iki.kfki.hu; huszti@iki.hu)

A legtöbb hiba az, hogy az ügyfeleink jegyzőkönyv nélkül jönnek és azt utólag nyomtatni már csak az átadás-átvételt követő dátummal lehet. Vissza dátumozást a nyilvántartás nem engedélyez.

Mindent összefoglalva tapasztalható, hogy az új nyilvántartás az eddig vezetett adminisztrációt nem csökkentette, hanem bővítette. Igaz lehetővé teszi az elektronikus nyilvántartást és levelezést, de megtartja a papíron történő adatszolgáltatást is.

*KBFI-UNIÓ Kft.

A fémek mechanikai és roncsolásmentes vizsgálatára vonatkozó, 2004-ben megjelent magyar nemzeti szabványok jegyzékei

Fémek mechanikai vizsgálata:

- MSZ EN ISO 8491; Fémek. Csövek (teljes keresztmetszetű csövek). Hajlítóvizsgálat (ISO 8491:1998).
- MSZ EN ISO 8492; Fémek. Csövek. Lapítóvizsgálat (ISO 8492:1998).
- MSZ EN ISO 8493; Fémek. Csövek. Tágítóvizsgálat (ISO 8493:1998).
- MSZ EN ISO 8494; Fémek. Csövek. Peremezővizsgálat (ISO 8494:1998).
- MSZ EN ISO 8495; Fémek. Csövek. Gyűrűtágító vizsgálat (ISO 8495:1998).
- MSZ EN ISO 8496; Fémek. Csövek. Gyűrűszakító vizsgálat (ISO 8496:1998).
- MSZ EN 10319-1; Fémek. Húzófeszültség-relaxációs vizsgálat. 1. rész: Gépi vizsgálati eljárás
- MSZ EN ISO 7500-1; Fémek. Egytengelyű statikus vizsgálógépek ellenőrzése. 1. rész: Húzó és nyomó vizsgálógépek. Az erőmérő rendszer ellenőrzése és kalibrálása (ISO 7500-1).
- MSZ EN ISO 9018; Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Kereszt- és állapolt kötések szakítóvizsgálata (ISO 9018:2003).
- MSZ EN ISO 18265; Fémek. A keménységi értékek átszámítása (ISO 18265:2003).
- MSZ EN ISO 20482; Fémek. Lemez és szalag. Erichsen-féle mélyhúzóvizsgálat (ISO 20482:2003).

Fémek roncsolásmentes vizsgálata:

- MSZ EN 13018:2001/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Szemrevételezéses vizsgálat. Általános alapelvek.
- MSZ EN 1779:1999/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Tömörségvizsgálat. Az eljárás és a módszer kiválasztásának feltételei.
- MSZ EN 1593:1999/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Tömörségvizsgálat. Buborékemissziós módszerek.
- MSZ EN 13184:2001/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Szívárgásvizsgálat. Nyomásváltásos eljárás.
- MSZ EN 13185:2001/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Szívárgásvizsgálat. Jelzőgázos eljárás.
- MSZ EN ISO 9934-1:2001/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Mágnesezhető poros vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek (ISO 9934-1:2001).
- MSZ EN 12084:2001/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Örvényáramos vizsgálat. Általános irány- és alapelvek.
- MSZ EN 13860-3; Roncsolásmentes vizsgálatok. Örvényáramos vizsgálat. A vizsgálóberendezés jellemzői és igazoló ellenőrzése. 3. rész: A rendszer jellemzői és igazoló ellenőrzése.
- MSZ EN 583-1:1998/A1; Roncsolásmentes vizsgálatok. Ultrahangos vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek.
- MSZ EN 583-4:2002/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. 4. rész: A felületre merőleges folytonossági hiányok vizsgálata.
- MSZ EN 583-5:2000/A1; Roncsolásmentes vizsgálatok. Ultrahangos vizsgálat. 5. rész: A folytonossági hiányok jellemzése és méretének meghatározása.
- MSZ EN 13554:2002/A1; Roncsolásmentes vizsgálat. Akusztikus emisszió. Általános alapelvek.
- MSZ EN 12062; **Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata.** Fémekre vonatkozó általános szabályok.
- MSZ EN 1290; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálat.
- MSZ EN 1291; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálat. Átvételi szintek.
- MSZ EN 1289; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Folyadékbehatolásos vizsgálat. Átvételi szintek.

- MSZ EN 1711:2000/A1; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Örvényáramos vizsgálat vektorelemzéssel.
- MSZ EN 1713; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Ultrahangos vizsgálat. Hegesztett kötésekben lévő folytonossági hiányok jellemzése.
- MSZ EN 1714; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok ultrahangos vizsgálata.
- MSZ EN 1712; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok ultrahangos vizsgálata. Átvételi szintek.
- MSZ EN 1435; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok radiográfiai vizsgálata.
- MSZ EN 12517; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések radiográfiai vizsgálata. Átvételi szintek.

A roncsolásmentes vizsgálatok területén 2004-ben a következő szabványok magyar nyelvű változata jelent meg:

- MSZ EN 1330-10:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Fogalom-meghatározások. 10. rész: Szemrevételezéses vizsgálatban használt fogalmak.
- MSZ EN 10228-3:1999; Kovácsolt acél roncsolásmentes vizsgálata. Ferrites vagy martenzites kovácsolt acél ultrahangos vizsgálata.

Szabó József
MSZT

Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2005/1.-4. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

01 Általános előírások. Terminológia. Dokumentáció

- MSZ EN 10204:2005; Fémtermékek. A vizsgálati bizonylatok típusai.

13 Környezet. Egészségvédelem. Biztonság

- MSZ EN 13965-2:2005; Hulladékok jellemzése. Fogalom-meghatározások. 2. rész: Hulladékkezeléssel kapcsolatban szakkifejezések és meghatározásaik.
- MSZ EN ISO 16101:2005; Csomagolás. Veszélyes áruk szállítási csomagolása. Műanyagok összeférhetőségének vizsgálata.

17 Metrológia és mérés technika. Fizikai jelenségek

- MSZ EN 60325:2005; Sugárvédelmi mérőműszerek. Alfa- béta- és alfa/béta (béta-energia > 60 keV) szennyezettségmérők és monitorok.
- MSZ EN 60846:2005; Sugárvédelmi mérőműszerek. A röntgen- és a gammasugárzás környezeti és/vagy irány szerinti dózis-egyenértékét (egyenértékű dózisteljesítményt) mérő műszerek és/vagy monitorok.
- MSZ EN 61005:2005; Sugárvédelmi mérőműszerek. A neutronsugárzás környezeti dózisegyenértékét (egyenértékű dózisteljesítményt) mérő eszközök.

19 Vizsgálatok

- MSZ EN 12668-1-3:2000/A1:2005; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálóberendezés ellenőrzése és jellemzése. 1. rész: Eszközök. 2. rész: Vizsgálófejek. 3. rész: Vizsgálóberendezés.
- MSZ EN 14127:2005; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vastagságmérés.

23 Általános rendeltetésű hidraulikus és pneumatikus rendszerek és egységeik

- MSZ EN 13636:2005; Földbe temetett tartályok és a kapcsolódó csővezetékek katódos védelme.

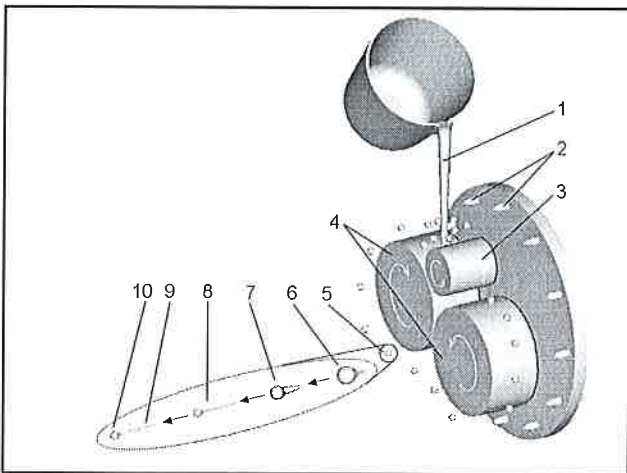
Folytatás a 64. oldalon

Bazaltszál-halmazban jelenlévő szálfejek hatásának vizsgálata

Pölöskei Kornél* – Czigány Tibor*

Bevezetés

A polimer kompozitok erősítőanyaga napjainkban jellemzően az üvegszál (az erősítőanyagok teljes mennyiségének kb. 85%-a), amelynek jó szilárdsági tulajdonságai, valamint a polimer mátrixszal megvalósítható, aránylag jó határfelületi adhéziója alacsony árral párosul. Igényesebb esetekben, speciális követelményekhez erősítőanyagként szénszálakat alkalmaznak (pl. űrtechnika, repülőgépipar, hadiipar, versenysportok), azonban ennek előállításának költsége lényegesen nagyobb, mint az üvegszálé, valamint a polimer mátrix és a szénszál közötti megfelelő adhéziót is nehezebb biztosítani [1, 2]. Az utóbbi időben egyre inkább teret nyernek a természetes szálak. Közülük Európában a len- és kenderiszál felhasználása a jellemző, míg a melegebb éghajlatú országokban elsősorban a szizál terjedt el [3]. Alkalmazásuk az elfogadható szilárdsági tulajdonságok mellett aránylag olcsó árral és biológiai lebontathósággal párosul [4]. Hátrányuk, hogy a száljellemzők állandósága nem biztosítható (tulajdonságaik függnek az évi napsütéses órák számától, a csapadéktól, a termőföld minőségétől stb.), érzékenyek a magas hőmérsékletre és a környezet nedvességtartalmára, valamint megfelelő adhéziójuk a polimer mátrixhoz nehezen biztosítható [5]. Az utóbbi években kezd az érdeklődés középpontjába kerülni és teret nyerni egy új, természetes alapú, a vulkanikus bazaltkőből olvasztással előállított, kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkező szál, a bazaltszál [6]. Az olcsó Junkers-féle technológiával előállított bazaltszálak törékenyek, így a hagyományos kompozit-készítési technológiáknál ezt figyelembe kell venni, ezért a termelékeny hőre lágyuló mátrixú kompozitoknál alkalmazott eljárások adaptálása a mechanikai tulajdonságok csökkenésével járhat együtt [7]. A Junkers-technológia lényege, hogy a gáztüzelésű kádkemencéből kikerülő bazaltolvadékot egy három centrifugafejes, vízszintes tengelyű szárazó berendezésre vezetik, amely egy gyorsító hengerből és két szárazó hengerből áll. A centrifugális erő hatására képződő szálakat nagy nyomású levegőárammal lefúvatják (1. ábra).



1. ábra. Junkers-féle szálgyártási technológia vázlatja (1 – megolvasztott bazaltkő, 2 – levegő fúvókák, 3 – gyorsító henger, 4 – szárazó hengerek, 5 – cseppek, 6-8 – a szálképződés folyamata, 9 – a szál, 10 – a szálfej)

Ez a szálhúzási technika igen termelékeny és olcsó, hátránya, hogy a szálgyártási művelet során képződő szálak fokozatosan lehűlve a szálhossztól függően a végeiken kisebb-nagyobb szálfejek maradnak. A

szálfejek nagy része, még ülepítéskor letörnek, azonban a kisebbek a szálon maradnak. A kompozit előállításakor további szálfejek töredeznék le és szóródnak ki, azonban kis mennyiségben benne maradnak a kompozitban is. A szálon maradó szálfejek szívósság növekedését okoznak, hiszen a nagyobb átmérőjű fejek akadályozzák a szálak kihúzódnását, a mátrix helyileg képlékenyen deformálódik. A letört szálfejek pedig töltőanyagként viselkedve feszültséggyűjtő helyként hathatnak.

Jelen cikk célja a polimerek erősítőanyagaként elterjedő bazaltszálak gyártásakor keletkező szálfejek geometriai és szilárdsági tulajdonságainak tanulmányozása, és a kompozitokra gyakorolt hatásának elemzése.

Szál-erősítésű polimer kompozitok

Rövidszál-erősítésű kompozitok terhelhetősége a mátrix és szál tulajdonságai, valamint a szál tartalom mellett elsősorban a szál-mátrix határfelületi adhézió erősségétől függ [8]. Az, hogy egy kompozitban megfelelő-e az adhézió, az erősítőszál kritikus hosszától függ, amely a Kelly-Tyson-összefüggéssel jellemezhető [9]:

$$\frac{l_c}{d} = \frac{\sigma}{2\tau} \quad (1)$$

ahol l_c a kritikus szálhossz, d a szálátmerő, σ a szál szakítószilárdsága, τ a szál-mátrix határfelület nyírószilárdsága.

Az (1) összefüggés mechanikai modelljét az egyetlen beágyazott szál töredezési vizsgálatára kidolgozott módszerrel (SFFT)* elvégzett nemzetközi körvizsgálat is alátámasztotta [16]. Ugyanis, az SFFT módszerrel szerzett kísérleti tapasztalatok szerint a műgyanta matrixba ágyazott egyetlen szénszál a húzó igénybevétel hatására akkor fog a kritikus hosszra töredezni, amikor a matrix-szál határfelületén ébredő nyíróerővel egyensúlyt tartó húzóerő hatására a szálban ébredő feszültség a kritikus szálhossz felénél eléri a szál szakítószilárdságát. Az (1) alkalmazhatóságát (lineáris törési karakterisztikával rendelkező) szál-erősítésű polimerek esetére Czikovszky is megvizsgálta [8].

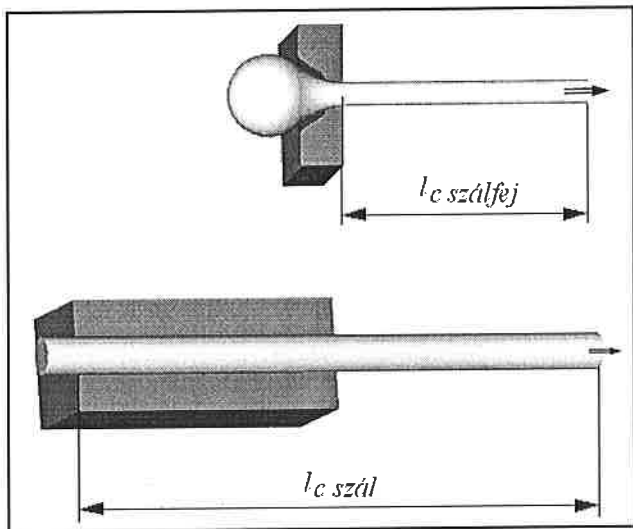
Az (1) eredeti formáján kívül ma már más alakot is ölthet a különféle szerkezeti struktúrák más-más mikromechanikai viselkedésének köszönhetően. Ennek eredményeképp számos módosított összefüggést dolgoztak ki az eltérő tulajdonságok figyelembe vétele céljából. Egyes modellek az orientáció mértékét veszik figyelembe [10], mások a szálat nem tekintik egyenesnek [11], ezért azokat szakaszokra bontják. Egyik modell sem veszi azonban figyelembe a bazaltszál egyik speciális tulajdonságát, hogy a szálak bizonyos hányada egyik oldalon szálfejben végződik. Ezeknek a szálfejeknek az átmérője jellemzően többszöröse a szálakénak. Ha túl nagy méretűek, akkor a kompozit mechanikai tulajdonságait egyértelműen rontják, mivel azok hibahelyként funkcionálnak. De ha ez a méret csak néhányszorosa az átmérőnek, akkor ennek hatása pozitív is lehet. A szálak a kompozit szerkezetben szálfejes végűknél tekinthetők befogottak, amely befogásnak a szilárdsága meghaladja a szálét. Ha ismerjük a szál és a szálfejek közötti kapcsolat szilárdságát ($\sigma_{szálfej}$), felírható egy α korrekciós tényező, amely tartalmazza a $\sigma_{szálfej}$ értéket, így a Kelly-Tyson-összefüggés a (2) szerint módosul.

$$\frac{l_c}{d} = \alpha \frac{\sigma}{2\tau} \quad (2)$$

* Az SFFT – single fiber fragmentation test módszert a Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS) nemzetközi kutatási program keretében dolgozták ki [16].

*BME, Polimertechnika Tanszék

Ha a szál hibátlanul beágyazódik a polimer matrixba, akkor az α két szélső értéke 0,5 és 1. Ennek a fizikai tartalma a következő: Amikor a szál és a szálféj közötti kapcsolat végtelenül gyenge, azaz $\sigma_{szálféj} = 0$, akkor $\alpha = 1$, azaz gyakorlatilag a fej nélküli szál esete áll fenn. Am ha a szál és a szálféj közötti kapcsolat ideálisan jó, akkor a szálféj-leszakító szilárdság, a $\sigma_{szálféj}$ elérheti a szál szakítószilárdságát ($\sigma_{szálféj} = \sigma_{szál}$), és kimutatható, hogy a sima szállal egyenértékű terhelhetőségéhez tartozó – a 2. ábra szerinti – fejes szál l_c kritikus hossza az egyenes száléhoz tartozónak a fele, azaz $\alpha = 0,5$.



2. ábra. A kritikus szálhosszak szálféjjel rendelkező és szálféj nélküli szálak esetében, ha a szálféj kötődése a szálhoz ideális

Ha a két szélsőérték között lineáris kapcsolatot feltételezünk, α -ra a (3) szerinti összefüggés írható fel, amely alapján a Kelly–Tyson-összefüggés a (4) szerint módosul.

$$\alpha = 1 - \frac{\sigma_{szálféj}}{2\sigma_{szál}} \quad (3)$$

Ha α -t visszahelyettesítjük a Kelly–Tyson-összefüggésbe, a (4) összefüggést kapjuk:

$$\frac{l_c}{d} = \left(1 - \frac{\sigma_{szálféj}}{2\sigma_{szál}}\right) \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} \quad (4)$$

A (4) azonban csak a szálféjjel rendelkező szálak esetében helytálló, az egész kompozitra vonatkozóan nem. Ahhoz, hogy az összefüggés kiterjeszhető legyen, meg kell határozni a szálféjjel rendelkező szálak ($N_{szálféj}$) arányát az összes szállal ($N_{szál}$) képest. Ezt a (5) szerinti hányad jellemzi, amely szélsőértékei 0 (csak szálféjmentes szál) és 1 (csak szálféjjel rendelkező szál van a halmazban).

$$\phi = \frac{N_{szálféj}}{N_{szál}} \quad (5)$$

A ϕ meghatározása a szálahalmazból mérésel ugyan lehetséges, ez azonban rendkívül körülményes és az eredmény is bizonytalan. Éppen ezért érdemes számítás útján meghatározni. Legyen M a szálahalmaz tömege, Mx a szálahalmazban lévő szálféjek tömege (6), $M(1-x)$ pedig a szálahalmazban lévő szálak tömege (7).

$$Mx = N_{szálféj} \bar{m}_{szálféj} \Rightarrow N_{szálféj} = \frac{Mx}{\bar{m}_{szálféj}} \quad (6)$$

$$M(1-x) = (N_{szál} + N_{szálféj}) \bar{d}^2 \frac{\pi}{4} \bar{l}_{szál} \rho_{bazalt} \Rightarrow N_{szál} = \frac{M(1-x)}{\bar{d}^2 \frac{\pi}{4} \bar{l}_{szál} \rho_{bazalt}} - N_{szálféj} \quad (7)$$

ahol $\bar{m}_{szálféj}$ a szálféjek átlagos tömege, \bar{d} az átlagos szálméret, $\bar{l}_{szál}$ az átlagos szálhossz, ρ_{bazalt} a bazalt sűrűsége.

(6)-t és (7)-t behelyettesítve (5)-be ϕ -re (8) adódik:

$$\phi = \left[\frac{4\bar{m}_{szálféj}(1-x)}{x\bar{d}^2 \pi \bar{l}_{szál} \rho_{bazalt}} \right]^{-1} \quad (8)$$

Az x értékének meghatározására létezik egy egyszerű és gyors eljárás. A szálahalmazt egy vízzel teli edényben egy rotor segítségével felaprítják, majd rövid ülepités után a vizet elvezetik. A tört szálak és a szálféjek hidrodinamikai ellenállásának különbözőségéből adódóan a szálféjek gyorsan leülepednek, a töredékszálak még a vízben lebegnek, így azok – a víz elvezetésével – frakcionálhatóak. Az üledék tömegének meghatározásával, azt összevetve a kiindulási tömeggel könnyen számítható x értéke. A bazaltszálakat gyártó Toplan Kft. mérései alapján $x = 0,18$. Tehát az átlagos szálhosszt behelyettesítve ($\bar{l} = 0,05$ m), és ismerve a szálféjek átlagos tömegét ($\bar{m}_{szálféj} = 1,51 \cdot 10^{-8}$ kg), az átlagos szálméret ($\bar{d} = 10^{-5}$ m), a bazalt sűrűségét ($\rho_{bazalt} = 2500$ kg/m³), így ϕ értéke 0,166-ra adódott, azaz a szálféjjel rendelkező szálak aránya 16,6% az egész szálahalmazra vonatkoztatva.

Ha azt feltételezzük, hogy a kompozitot alkotó szálahalmaz ϕ hányada tartalmaz (9) és $(1-\phi)$ hányada pedig nem tartalmaz (10) szálféjeket, akkor a (11) szerinti összefüggést írhatjuk fel.

$$\frac{l_c}{d} = \left(1 - \frac{\sigma_{szálféj}}{2\sigma_{szál}}\right) \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} \quad \phi \text{ arányú szál} \quad (9)$$

$$\frac{l_c}{d} = \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} \quad 1-\phi \text{ arányú szál} \quad (10)$$

$$\frac{l_c}{d} = \phi \frac{l_c}{d} + (1-\phi) \frac{l_c}{d} \quad (11)$$

ahol, l_c a szálféjjel rendelkező szálak kritikus szálhossza, l_c pedig a szálféj nélkülieké, amelyek alapján felírható (12):

$$\frac{l_c}{d} = \phi \left(1 - \frac{\sigma_{szálféj}}{\sigma_{szál}}\right) \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} + (1-\phi) \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} \quad (12)$$

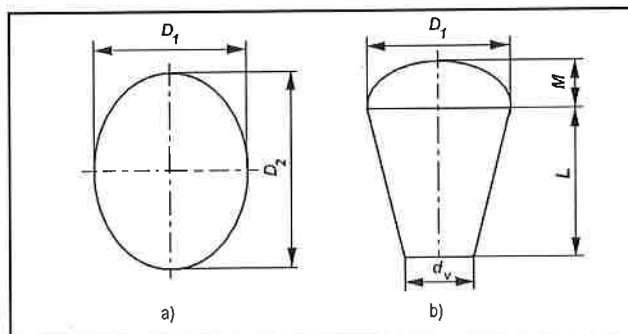
(12)-et átrendezve a (13) szerinti összefüggés adódik.

$$\frac{l_c}{d} = \left(1 - \phi \frac{\sigma_{szálféj}}{2\sigma_{szál}}\right) \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} \quad (13)$$

Ahhoz, hogy a (13) alkalmazható legyen, szükségünk van a τ értékre. Ennek többféle meghatározása is lehetséges, pl. csepplehúzás alapján [12], vagy a Thomason-féle modell alkalmazásával [10].

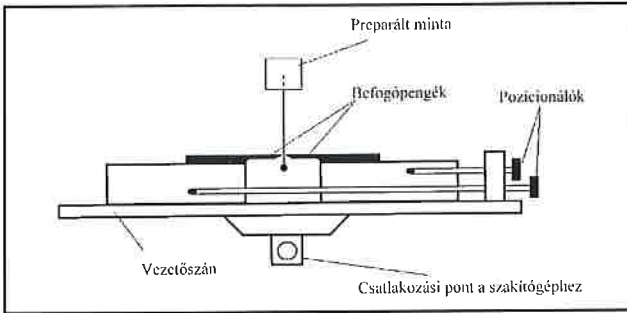
Felhasznált anyagok, mérési eljárások

A szálahalmazban lévő szálféjekkel rendelkező szálak átmérőjét Projectina 4014/BK-2 típusú szálvizsgáló képfeldolgozó rendszer segítségével végeztük el 40-szeres nagyítással [13]. A szálféjek geometriáját Olympus BX51 mikroszkóp rendszer segítségével vizsgáltuk. Digitális fényképezőgéppel készítettünk felvételeket, amelyeket képfeldolgozó szoftver segítségével elemeztünk. A szálféjeket a 3. ábrán látható egyszerű geometriai formákkal közelítettük.



3. ábra. A szálféjek alakjának közelítése egyszerű geometriai formákkal

A vizsgált szálakat öntapadó papírszalagra preparáltuk, majd azokon 0,2 mm/perc sebességgel szakítóvizsgálatokat végeztünk Zwick Z005 típusú, univerzális anyagvizsgáló gépen. A preparátumok „papiros” felét precíziós befogópofába fogtuk, majd a szálfejeket két penge segítségével leszakítottuk (4. ábra).

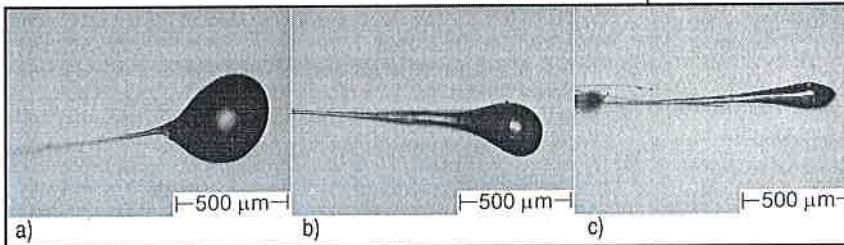


4. ábra. A szálfej-leszakító berendezés elvi vázlata

A mérés során erő-elmozdulás diagramot regisztráltunk és az erő maximumából szakítószilárdságot számoltunk.

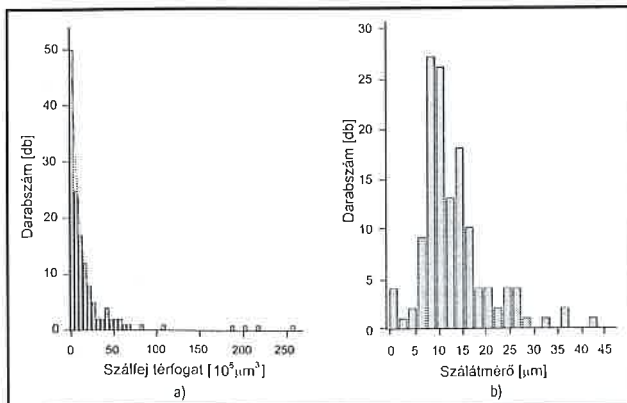
Vizsgálati eredmények

A mechanikai vizsgálatok előtt – azért, hogy $\sigma_{szálfej}$ -re megbízható szilárdsági jellemzőket állapíthassunk meg – megvizsgáltuk a szálfejek geometriáját. Ennek alapján három szálfej alakot különböztettünk meg (5. ábra). Az egyszerűség kedvéért ezek méreteit csak két, a 3. ábrán bemutatott formával közelítettük.



5. ábra. Különböző mértékben szárazodott bazaltcseppek: a) kis mértékben, b) átmeneti és c) nagy mértékben

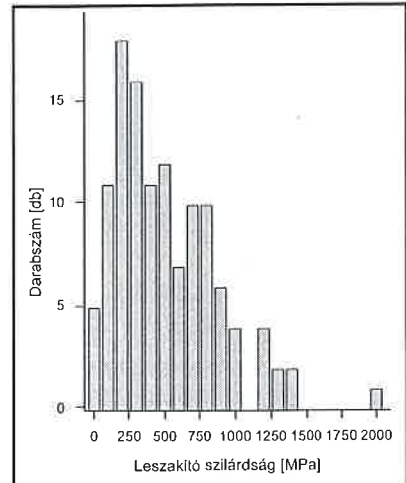
Az így kapott eredményekből felvettük a szálfej térfogat eloszlási diagramját (6.a ábra). Jól látható, hogy a térfogati értékek növekedésével a mintasűrűség meredeken csökken, ami nagyon jó közelítéssel exponenciális jellegű. A szálfejek méretén kívül fontos információt szolgáltat a szálfejjel rendelkező szálak átmérő eloszlása is (6.b ábra). Ebben az esetben a görbe jelleg már nem olyan egyértelmű, de jól kivethető egy gyártástechnológiai sajátosság, miszerint a szálak két különböző szárazó hengerről válnak le, eltérő hőmérsékleten, ami eltérő viszkozitást is jelent. A viszkozitás és a keletkezett szálak átmérője



6. ábra. a) A szálfej térfogat eloszlása, b) a szálátmérő eloszlása

között fordított arányosság van [14], tehát a hidegebb ömledékből vékonyabb szál húzódik. Ez magyarázza a keverék eloszlás jelleget. A görbék lefutása lognormális, ami korrelál a szálfejekkel nem rendelkező szálakon mért korábbi eredményeinkkel [15].

A legfontosabb eredmény – a geometriára vonatkozókon túl – a szálfej-leszakító szilárdság. Ennek értéke 565 ± 171 MPa, ami valamivel kisebb, mint a szál szakítószilárdsága (599 ± 291 MPa). Tehát a szálak szakítószilárdságára vonatkoztatott szilárdságcsökkenés mindössze 6%. Viszont a szálfej-leszakító szilárdság eloszlása (7. ábra) lognormálisra adódott, ami nem egyezik a szálak szakítószilárdságának normális eloszlásával.

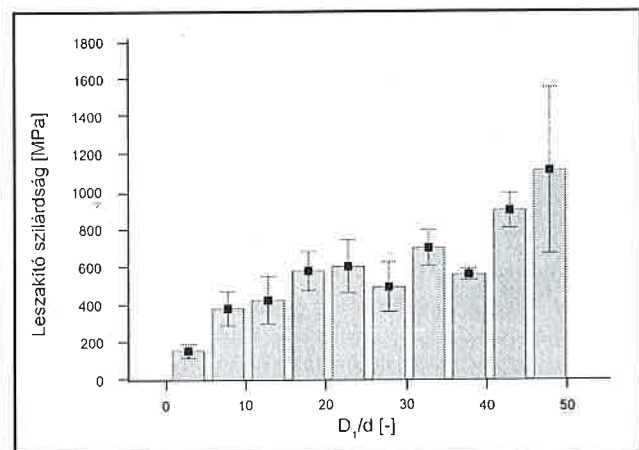


7. ábra. A szálfej-leszakító szilárdság eloszlása

Erre a magyarázat a szálfej alakjában és méretében keresendő.

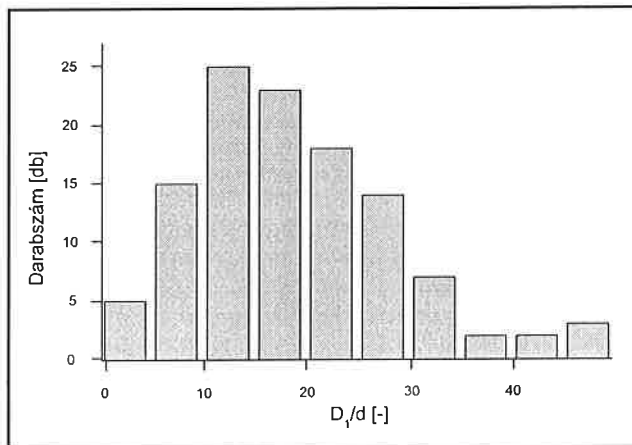
E célból készítettünk olyan diagramot, amely a szálfej méret és szálátmérő hányadosa (D_1/d), valamint a leszakító szilárdság közötti összefüggést mutatja (8. ábra). Az eredmények megfelelő kiértékeléséhez fontos ismernünk az egyes oszlopokban szereplő D_1/d értékek gyakoriságát is (9. ábra). Ezen eloszlások lefutása nagyon határozottan lognormálisnak mutatkozott, keverék jelleg nem volt tapasztalható.

A 8. ábrán jól látható, hogy a D_1/d növekedése a szilárdság határozott növekedést vonja maga után, ami azzal magyarázható, hogy minél nagyobb az a csepp amiből a szál húzódik, a szálképződés folyamata annál homogénebb módon képes végbemenni, ami egyenletesebb anyagszerkezetet eredményez, amiből már egyértelműen következik a nagyobb szilárdság.

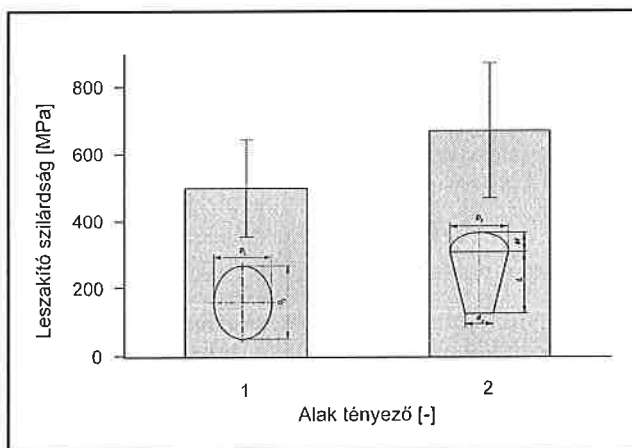


8. ábra. A leszakító szilárdság a szálfej méret és a szálátmérő hányadosának függvényében

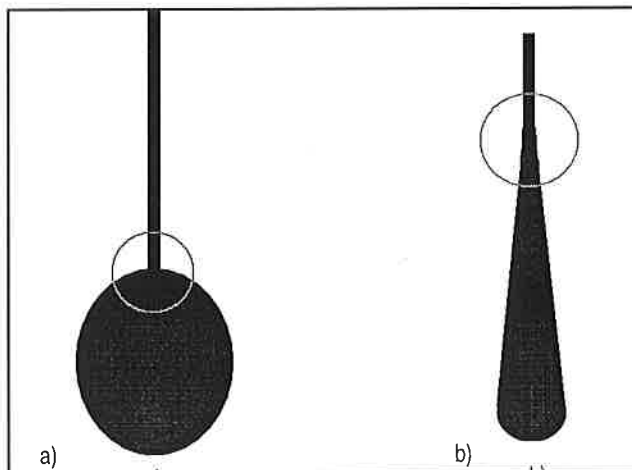
Megvizsgáltuk az egyes szálfej alakok hatását a szálfej-leszakító szilárdságra (10. ábra). Jól látható, hogy a 2-es típusú szálfej szilárdsága majd 200 MPa-lal nagyobb, mint az 1 típusúé. Ennek nagy valószínűséggel az az oka, hogy az 1-nél a nyak kis lekerekítési sugarú (11. ábra), amelynek feszültséggyűjtő hatása kisebb szilárdságot eredményez. Ezt a hipotézist támasztja alá az a tapasztalat is, hogy a 11.a



9. ábra. A szálfaj méret és a szálmérfő hányadosának eloszlása



10. ábra. A szálfaj alakjának hatása a szálfaj-leszakító szilárdságra



11. ábra. Az egyes szálfaj típusoknál kialakuló feszültséggyűjtő helyek a) kis mértékben szálazódott b) nagy mértékben szálazódott

ábrán bemutatott alakúak jellemző tönkremeneteli formája a szálfajek leszakadása volt, de a 11.b ábrán látható szálféjú mintákon jellemzően szálszakadás következett be.

A vizsgálati eredmények alapján a módosított Kelly-Tyson-összefüggés korrekciós tényezője számszerűsíthető. A (13)-ba behelyettesítve kapjuk a (14) szerinti, a gyakorlatban is alkalmazható összefüggést.

$$\frac{l_c}{d} = 0,922 \frac{\sigma_{szál}}{2\tau} \quad (14)$$

Összefoglalás

A mai korszerű technika és piacorientált gazdaság jellemző vonása a polimer kompozitok nagy tömegű és egyre növekvő mértékű felhasználása az ipar minden területén. Ennek oka elsősorban a kedvező ár/tömeg hányadossal magyarázható. Tekintettel a kiélezett piaci versenyre, valamint a műanyag szerkezeti elemek erősítőanyagaitól elvárt növekvő gazdasági és környezeti igényekre, egyre újabb és újabb szálak alkalmazhatóságának vizsgálata került előtérbe a világ vezető kutatóintézeiteiben, így Magyarországon is (Széchenyi-terv Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program 3/001/2001). Ilyen új, lehetséges erősítőanyag a bazaltszál. A bazalt vulkanikus eredetű felszíni kőzet, a belőle készült, nagyon olcsó szál számos kiváló tulajdonsággal rendelkezik (jó mechanikai tulajdonságok, kiváló hang- és hőszigetelő képesség, éghetetlenség, biológiai stabilitás stb.). Hátránya, hogy igen merev és törekeny, így feldolgozása fokozott körültekintést igényel. Cikkünkben áttekintettük a bazaltszál-gyártás során keletkező szálfajek geometriáját és szilárdsági jellemzőit, amelyek során az egyes alakokat két fő csoportba soroltuk, majd ezeket matematikai térbeli idomokkal közelítettük. Az ehhez szükséges szálfaj hányadot számításai, a szálfaj-leszakító szilárdságot mérésrel határoztuk meg. Az eredmények alapján a bazaltszál jellemzőit és szálfaj-hatását figyelembe véve módosítottuk a Kelly-Tyson-összefüggést.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben közölt eredmények megszületését az Oktatási Minisztérium NKFP 3/001/2001 és a Tét JAP-6/00 pályázatai támogatták.

Irodalom

- Gay D., Hoa S. V., Tsai S. W.: Composite materials. Design and applications. New York: CRC Press; 2003
- Lee S. M.: Handbook of composite reinforcements. New York: VCH Publishers; 1993
- Bledzki A. K., Gassan J.: Composites reinforced with cellulose based fibres. Progress in Polymer Science. 24 (1999), 221-274
- Mohanty A. K., Misra M., Hinrichsen G.: Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites. Macromolecular Material Engineering. 276/277 (2000), 1-24
- Eichhorn S. J., Baillie C. A., Zafeiropoulos N., Mwaikambo L. Y., Ansell M. P., Dufresne A., Entwistle K. M., Herrera-Franco P. J., Escamilla G. C., Groom L., Hughes M., Hill C., Rials T. G., Wild P. M.: Review: Current international research into cellulosic fibres and composites. Journal of Materials Science. 36 (2001), 2107-2131
- Goldsworthy W. B.: New Basalt Fibre Increases Composite Potential. Composite Technology. 8 (2000), 15
- Czigány T.: Basalt fiber reinforced hybrid polymer composites. Materials Science Forum. 473-474 (2005), 59-66
- Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai. Műegyetemi Könyvkiadó, Budapest, 2000
- Kelly A., Tyson W. R.: Tensile properties of fibre-reinforced metals: Copper/tungsten and copper molybdenum. Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 13 (1965), 329-350
- Thomason J. L., Kalinka G.: A Technique for the measurement of reinforcement fibre tensile strength at sub-millimetre gauge lengths. Composites. 32 (2001), 85-90
- Cabral-Fonseca S., Paiva M. C., Nunes J. P., Bernardo C. A.: A novel technique for the interfacial characterisation of glass fibre-polypropylene systems. Polymer Testing. 22 (2003), 907-913
- Nardin M., Schultz J.: Relationship between fibre-matrix adhesion and the interfacial shear strength in polymer-based composites. Composite Interfaces. 1 (1993), 172-192
- Vas L. M., Halász G.: Textilszálak és fonalak lokális vizsgálata képfeldolgozással és a kötégszilárdság becslése. Magyar Textiltechnika. 46 (1993), 29-34
- Czigány T., Vad J., Pölöskei K.: Basalt fibre as a reinforcement of polymer composites. Periodica Polytechnica, Ser. Mech. Eng. (2004), megjelenés alatt
- Morlin B., Pölöskei K., Czigány T.: Optimization of geometry of basalt fibres. Proceedings of Fourth Conference on Mechanical Engineering. Vol.2. (2004), 466-470
- M. J. Rich, L. T. Drzal, D. Hunston, G. Holmes, W. McDonough: Round robin assessment of the single fiber fragmentation test, Proceedings of the American Society for Composites 17th Technical Conference, 2002.

Légszennyezettség jellemzése a falevelekre ülepedett por szervesetlen komponenseinek elemzése alapján

Margitai Zita – Braun Mihály – Posta József*

Bevezetés

A lombosfák levele érzékenyen indikálja a városi levegő porszennyezetségi állapotát [1]. A levegőből kiülepedő szilárd szennyezők ráakadnak a falevelekre. A por a vízszintes, érdes, szőrös és ragadós felületen olyan jól megtapad, hogy még nagyobb esők után is csak egy része mosódik le [2]. A fenyők és az örökzöld fák hosszú élettartamú levelei szintén akkumulálják a szennyezőket [3]. A falevelek felületét borító viasz összetétele és szerkezete befolyásolja a levelek pormegkötő képességét [4,5].

A fák képesek levelükön megkötöni az 5 mm-nél kisebb méretű szemcséket is [6]. Ez a frakció különösen fontos, mert a szemcsék felületén kötött nehézfémek és szerves mikroszennyezők megnövelik egészségkárosító hatásukat [7,8]. A szemcsék lerakódhatnak az emberi tüdő légúterében, ahol akár hónapokig, évekig is tartózkodhatnak [9]. A levelek elemzésével nyert adatok időátlagolt eredményt tükröznek, általában megbecsülhetők a szennyezők hosszú idejű hatásai, melyek a lakosság egészségét is befolyásolhatják.

A faleveleken csapadózott városi porban elsősorban különféle égési folyamatok révén keletkezett termékeket, illetve a járművek fékrendszerének kopásából és az útburkolat mállásából származó anyagokat mutattak ki [10,11]. A városi por a járművek égéstermékéből, talajból, háztartásból származó, illetve a levegőből leülepedett és a csapadékok által szállított részecskékből tevődik össze [12, 13]. A közlekedési járművek jellegétől függően változik a por összetétele [14, 15]. A forgalmas utak menti talajban nagy nehézfém koncentrációt mértek [16, 17]. Hosszú éveken át a legjelentősebb szennyező az ólom volt, napjainkban azonban a katalizátoros gépjárművek elterjedése miatt egyre csökkenő jelentőséggel bír [18, 19].

Egy nagyobb város részletes légszennyezetségi állapotának felmérése igen nehéz feladat; nagyszámú, időigényes laboratóriumi méréssel, illetve folyamatos monitoring rendszerekkel lehetséges [20]. Ezzel szemben a falevelekre tapadt por könnyen és gyorsan begyűjthető, elemezhető. A falevelek analízisére alapozva kidolgozható egy olyan biomonitoring rendszer, amellyel rövid időn belül térben reprezentatív képet kaphatunk egy-egy város szennyezetségi állapotáról. Számolnunk kell azzal, hogy az így begyűjtött vizsgálati anyag nem olyan jól definiált, mint amilyet a szabványosított technikákkal nyerünk. A légszennyezettség jellemzéséhez adott szemcseméretű frakciók elemösszetételét határozzák meg [21]. Ezzel szemben a levelekről gyűjtött minták szemcseösszetétele tág határok között változik, az ülepedő és a szállóporok mellett tartalmazza a felületen megtapadt száraz és nedves aeroszolokat is.

A városok eltérő klimatikus sajátosságai miatt a por megkötődésének és lemosódásának mértéke eltérő lehet, ezért nem lehet pontosan megmondani, hogy mennyi idő alatt és mekkora térfogatból ülepedett ki a levél felületéről begyűjtött anyag. A szennyezők koncentrációjának nap-szakos változásai sem mutathatók ki, és csak a vegetációs időszak vizsgálható [22].

A fent említett okok miatt a falevelek vizsgálatán alapuló monitoring rendszer csak akkor lenne alkalmas kiülepedett szennyezők mennyiségének meghatározására, ha a por akkumulációjának sebességét minden egyes mintavételi helyen pontosan ismernénk. Ezen ismeretek hiányában tanulmányunkban a légszennyezettség jellemzésére az elemek

nek a por szárazanyag-tartalmára vonatkoztatott koncentrációját használtuk fel és nem a felületegységre megadott mennyiségeket.

Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy kimutatható-e különbség a város különböző területei között a fák levelére ülepedett por elemösszetétele alapján.

Anyag és módszer

Mintavétel

Tanulmányunkban Debrecen példáján mutatjuk be, hogyan lehet térképezni a por összetételének változását a falevelekről gyűjtött minták alapján. Ehhez hársfa fajokat választottunk ki, melyek Magyarország területén elterjedtek, és Európa többi országában is nagyszámban fordulnak elő. A hársfák levelén a viasz hálózatos és zezugos szerkezetű [23]. A hárs fajok jelentős mennyiségű nehézfémeket képesek megkötöni a levelük felületén [24]. Ezeket a fákat nagy szennyezéstűrésük és jó pormegkötő képességük miatt gyakran ültetik utak mellé és parkokba.

Debrecen zöld területekben viszonylag szegény, összefüggő erdős terület a várostól északra található. A város központja jól körülhatárolt, zárt beépítésű, sűrűn lakott. A városban az északi, északkeleti, valamint a déli szélirány az uralkodó. Két földrajzilag eltérő tájegység határán fekszik, ezért a környező területek talajából származó por összetétele a város északi és déli részén különböző. Ipari zónák a városból kivezető utak mentén helyezkednek el (4-es főút, 47-es és 33-as út). A városban mért összesített emisszió 2500-6000 t/év, a zöldövezetben 500 t/év. Három hársfajt vizsgáltunk, az ezüsthársat (*Tilia tomentosa*), a nagylevelű hársat (*Tilia platyphyllos*) és a kislevelű hársat (*Tilia cordata*). 2003 júniusában Debrecenben 10 db nagylevelű, 5 db kislevelű és 31 db ezüsthárs fáról gyűjtöttünk mintát. A kijelölt fákról 150–200 cm magasságból 25–30 levelet szedtünk le.

Levélfelület meghatározása

A levelek felületét lapszkennelrel határoztuk meg. Arra törekedtünk, hogy 10–12 dm² felületnyi levél kerüljön feldolgozásra minden fáról. A felület alatt a levél egyik oldalának területét értjük. A szkennelés előtt a levélről a levélnyelet eltávolítottuk. A leveleket fonákukkal lefelé helyeztük a szkennel üveglapjára. A szkennelés 300 dpi felbontással történt. Fekete-fehér bitmap képeket állítottunk elő. A felületet a fekete képpontok alapján számoltuk ki, a kalibrálás ismert felületű fekete négyzetekkel történt.

Minta-előkészítés

A levelek felületére ülepedett port desztillált vízzel mostuk le [25]. A friss leveleket 500 cm³ térfogatú műanyag edénybe helyeztük, és 250 cm³ desztillált vízzel töltöttük fel. A mintákat 10 percen át ráztattuk, majd a lemosást 1 percig ultrahangos fűrdőn folytattuk. A lemosott port tartalmazó desztillált vizes oldatot 150 µm lyukméretű műanyag szitán szűrtük át. A faleveleket 50 cm³ desztillált vízzel ismét átmostuk, és ezt is hozzászűrtük a mintához. Az így kapott 300 cm³ szűrletet kb. 20–30 cm³ térfogatra pároltuk. A mintát ezután előre lemért tömegű, 50 cm³ térfogatú főzőpohárba vittük át. A maradék vizet 105°C-on szárítószekrényben távolítottuk el, majd megmértük a port tartalmazó edény tömegét és kiszámítottuk a porminta mennyiségét.

A pormintákat atmoszférikus nedves roncsolással készítettük elő az analízishez [26, 27]. A mintákhoz 5 cm³ 65% (m/m) salétromsavat és 1 cm³ 30% (m/m) hidrogén-peroxidot adtunk, és az elegyet 80°C-on elekt-

* A Debreceni Egyetem, Szervesetlen és Analitikai Kémiai Tanszék munkatársai; 4010 Debrecen, Pf. 21.

romos főzőlapon hevítettük. Az így kapott kivonatokat 10 cm³ végtérfo-gatra töltöttük.

Az elemösszetétel meghatározása

Az induktív csatolású plazma optikai emissziós (ICP-OES) méréseket Spectroflame típusú készülékkel (Spectro GmbH, Kleve, Németország), a cink meghatározásokat lángfotometriás módszerrel, Unicam SP1900 gyártmányú atomabszorpciós spektrométerrel végeztük. A kadmium koncentrációja a mintaoldatokban csekély volt, ezért meghatározását Zeeman-féle háttérkorrekciós grafitkemencés atomabszorpciós módszerrel, Perkin Elmer AAnalyst 600 készülékkel végeztük. A meghatározások relatív szórása minden vizsgált elem esetében 5% alatti volt.

Statisztikai elemzés

A statisztikai számításokat SPSS/PC+ programmal végeztük. A főkomponens analízishez (*Principal Component Analysis*) az alapadatokat logaritmus transzformáltuk. A számításokat korrelációs mátrixból végeztük. Az egynél nagyobb sajátértékű főkomponenseket vetjük figyelembe. Varimax rotációt alkalmaztunk. A klaszter analízishez (*Cluster Analysis*) a főkomponens értékeket használtuk fel. A távolságfüggvény négyzetes euklideszi, a csoportképző algoritmus a Ward-féle módszer volt.

Eredmények és értékelésük

A városok parkjaiban és az utak mentén álló fák leveleiről gyűjtött por elemzésével azonosíthatók a szennyezőforrások, és vizsgálható a szennyezők terjedése [28, 29]. Elterjedt fajok vizsgálatával a városi területek légszennyezettségéről nagy felbontású térképek készíthetők. A biomonitoring hátrányai a reprodukálhatósággal és az érzékenységgel, a mérés minőségével kapcsolatosak [30], ezért elsőként a reprodukálhatóságot vizsgáltuk meg.

A faleveleken megkötődő por mennyiségét több, nehezen kontrollálható tényező befolyásolja. Előzetes vizsgálataink alapján a mintavétel magasságának és a leszedett levelek számának megfelelő megválasztásával a mintavételi hiba viszonylag alacsony szinten tartható [31]. Forgalmas út menti sorfák közül kijelöltünk 5 db ezüsthársat úgy, hogy a fák közötti távolság kb. 20 m legyen. A levelekről gyűjtött por mennyiségének átlaga 0,28±0,08 g/m². A porban meghatározott elemek relatív szórása 10% körül ingadozik, a kálium és a nátrium esetében nagyobb értéket kaptunk (1. táblázat).

1. táblázat. Egymás melletti sorfák (n = 5 db) leveléről lemosott porminták átlagos összetétele,

Elemek	Átlag	SD	RSD%
Al (g/kg)	4,52	0,57	12,51
Ba (mg/k)	73,5	6,6	8,92
Ca (g/kg)	14,9	1,92	12,87
Cu (mg/kg)	152,4	15,9	10,41
Fe (g/kg)	19,4	1,59	8,18
K (g/kg)	13,69	2,66	19,46
Mg (g/kg)	3,03	0,31	10,30
Mn (mg/kg)	191,5	20,3	10,61
Na (g/kg)	2,55	0,58	22,58
Sr (mg/kg)	28,4	2,0	7,12
S (g/kg)	2,83	0,33	11,82

Ez utóbbi két elem a növényi szövetekben nagyobb koncentrációban fordul elő, mint a levélre rakódott porban. T-próbával összehasonlítva a mosott és az eredeti levelek átlagos elemkoncentrációit, a nátrium és a kálium esetében nem találunk szignifikáns különbséget ($p > 0,05$). Az alumínium koncentrációja a mosás hatására 70,88 mg/kg-ról 5,35 mg/kg-ra ($p < 0,001$), a vas koncentrációja 202,8 mg/kg-ról 77,83-ra

csökkent ($p < 0,001$), jelezve, hogy ezek az elemek elsősorban a felületre tapadt szennyezőkhöz kötődnek.

A leveleken található por összetételét több tényező alakítja. Debrecennek jelentős ipara nincs, légszennyezettségének egyik fő forrása a közlekedés és a környező laza talajú mezőgazdasági területek pora. A Magyarországon már forgalomból kivont ólmozott benzín a szomszédos országokban (Románia és Ukrajna) még beszerezhető. Ez a határ közelsége miatt hatással lehet a város környezetére. Az ólom forrásai közül a gépkocsi forgalom mellett a vasútállomás és a repülőtér is fontos. A járművek jellegétől függően változhat a porban a nehézfémek mennyisége és minősége. Az ólom mellett a réz, kadmium, mangán, vanádium és cink is indikálja az út porának szennyezettségét. Ezek a nehézfémek ugyanis jelen vannak a benzinben, az autó alkatrészeiben, a kenőolajban. A dízel üzemű gépjárművek kén-kibocsátása jelentős.

A legnagyobb ólom koncentrációkat (112-144 mg/kg) a Mikepércsi úton, a Vágóhid és Faraktár utcák környékén, azaz a Romániából bevezető utak mentén mértük. A debreceni por ólomkoncentrációjának átlaga 41 mg/kg, amely meghaladja a talajokra vonatkozó háttérkoncentrációt. A belvárosban és a Nagyerdőn kis ólom-koncentrációkat mértünk (2. táblázat).

2. táblázat. A fákról gyűjtött porminták átlagos összetétele (n = 46 db)

Elemek	Átlag	Std.dev.	Medián	Tartomány
Al (g/kg)	4,82	1,88	4,77	1,65 - 12,04
Ca (g/kg)	22,96	12,27	20,65	5,03 - 63,05
Fe (g/kg)	10,04	3,94	9,97	2,85 - 23,11
K (g/kg)	31,19	17,81	27,99	8,06 - 81,67
Mg (g/kg)	4,25	2,55	3,45	1,64 - 13,36
S (g/kg)	3,24	1,71	3,14	1,18 - 12,87
Ba (mg/kg)	80,23	41,36	69,60	23,24 - 222,96
Cd (mg/kg)	0,508	0,290	0,467	<0,025 - 1,365
Cr (mg/kg)	11,66	13,37	8,31	<0,5 - 51,20
Cu (mg/kg)	58,56	24,58	56,99	18,70 - 109,4
Li (mg/kg)	4,96	6,20	3,89	<0,1 - 33,21
Mn (mg/kg)	75,16	64,61	74,24	<0,5 - 243,7
Na (g/kg)	2,24	4,98	0,623	0,041 - 27,532
Pb (mg/kg)	41,36	33,39	33,94	3,15 - 169,8
Sr (mg/kg)	43,25	19,53	37,07	20,12 - 125,8
V (mg/kg)	7,60	2,99	7,56	2,83 - 18,41
Zn (mg/kg)	215	91	211	86 - 523

Azokon a helyeken, ahol nagy ólomkoncentrációkat mértünk, a kadmium koncentrációja is nagyinak bizonyult. A legnagyobb kadmium-koncentrációt (1,05 mg/kg) a Mikepércsi út környékén mértük. A debreceni Cd koncentráció átlaga 0,51 mg/kg, ez megfelel a geológiai háttérnek.

A cink az ólomhoz hasonló helyeken mutatott jelentős koncentráció növekedést. Átlagos koncentrációja meghaladta a talajokra megadott szennyezettségi határértéket (>200 mg/kg).

A multieleemes analitikai módszerek (ICP-OES, ICP-MS, EDXRF) elterjedése lehetővé teszi nagyszámú környezeti minta (talaj, növény stb.) gyors elemzését. Rövid idő alatt nagyszámú adat áll rendelkezésre, melyek feldolgozása, kiértékelése a hagyományos módszerekkel gyakran több időt igényel, mint maga az analízis. A sokváltozós statisztikai módszerek segítenek abban, hogy az adatokban rejlő információt gyorsan és hatékonyan megtaláljuk.

A környezeti kémia területén gyakran alkalmaznak sokváltozós statisztikai eljárásokat, melyek megkönnyítik a szennyezők azonosítását, a szennyezett területek lehatárolását [32, 33]. Az alakfelismerő módszerek csoportjába [34] sorolt főkomponens analízist (PCA) sikeresen alkalmazták légköri aeroszolok elemösszetételének vizsgálatánál [35], valamint mohák és talajok elemösszetételén alapuló szennyezettség-térképek elkészítésénél.

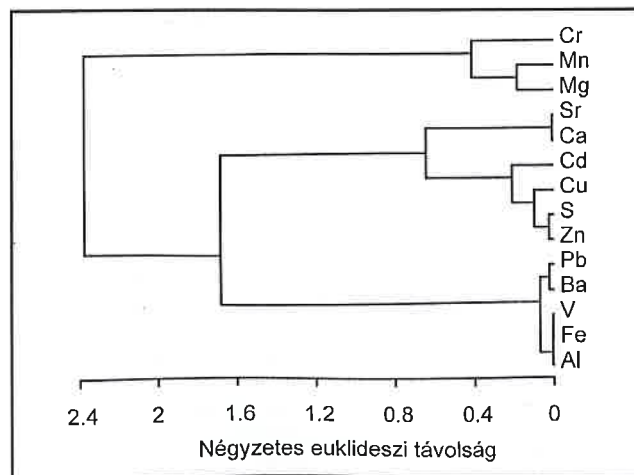
A PCA és a klaszter analízis (CA) kombinációjával olyan módszert alkalmaztunk, mely lehetővé teszi az elemkoncentrációk közötti korrelációs struktúra vizsgálatát és a megfigyelési egységek csoportosítását. Ez lehetőséget nyújt nagyobb városok légszennyezettségének felmérésére és jellemzésére.

A debreceni minták esetében a mediánok kisebbek, mint az átlagok (2. táblázat), jelezve az eloszlások lognormális jellegét. Mivel a PCA egyik feltétele a normális eloszlás, a koncentráció értékek logaritmusával számoltunk. A koncentrációk logaritmusának eloszlását Kolgomorov-Szmirnov-tesztel vizsgálva nem különböztek szignifikánsan a normálistól ($p > 0,05$).

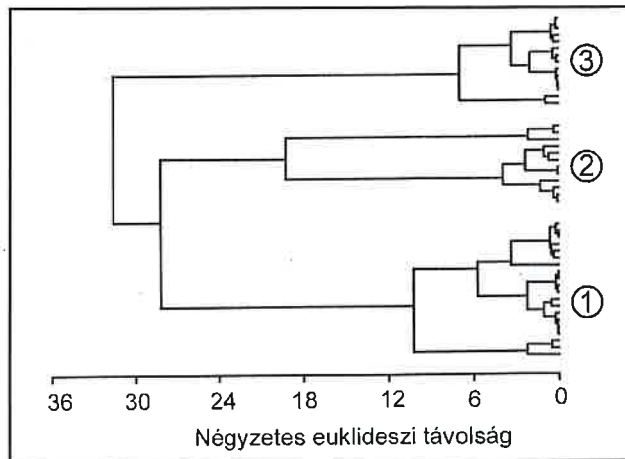
A PCA előnye, hogy a nagyszámú változót kevesebb ún. főkomponens változóval (PC) helyettesítjük. Esetünkben a 14 változó varianciájának 72,7%-át az első 3 főkomponens változóval fejezhetjük ki (3. táblázat). Azokat a főkomponenseket, melyek kis variancia-hányadot foglalnak magukban (sajátérték < 1) figyelmen kívül hagyjuk. A varimax rotáció megkönnyíti az eredmények értékelését, mert a főkomponens tengelyek egy-egy elemcsoportnak feleltethetők meg (faktorok). Az egy csoportba került elemek koncentrációi egymással pozitívan (esetleg negatívan) korrelálnak. Az elemeket csoportosíthatjuk a főkomponens súlyok klaszter analízisével (1. ábra). A fontosabb szennyezők közül a kén, kadmium, réz és cink a kalciummal és stronciummal korrelálva a második főkomponensbe, az ólom a báriummal, alumíniummal, vassal és vanádiummal korrelálva az első főkomponensbe, a mangán, magnezium és króm a harmadik főkomponensbe került nagy súllyal.

3. táblázat. Főkomponens súlyok

Elemek	Kommunalitás	PCA1	PCA2	PCA3
Al	0,838	0,912	-0,036	0,069
Fe	0,869	0,930	0,046	0,052
V	0,926	0,962	0,024	-0,021
Ba	0,778	0,855	0,209	0,058
Pb	0,628	0,747	0,147	0,219
Zn	0,641	0,554	0,386	0,430
Ca	0,784	0,063	0,882	0,041
Sr	0,785	0,088	0,879	-0,065
Mg	0,712	-0,387	0,648	-0,378
Cu	0,538	0,426	0,593	0,066
S	0,770	0,529	0,583	0,388
Mn	0,752	-0,184	0,276	-0,801
Cd	0,633	0,281	0,265	0,695
Cr	0,530	0,387	0,054	-0,614
Sajátérték		5,103	3,031	2,049
Sajátérték(%)		36,448	21,65	14,639

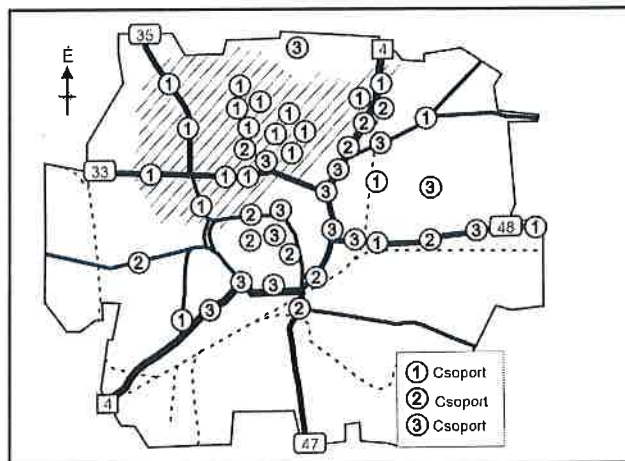


1. ábra. Az elemek csoportosítása a főkomponens súlyok klaszter analízisével



2. ábra. A mintavételi helyek csoportosítása a főkomponens értékek klaszter analízisével

A főkomponens értékek klaszter analízisével csoportokba soroltuk a hasonló összetételű mintákat. A vizsgálat eredményeként kapott három csoportot (2. ábra) térképen ábrázolva azonosíthatjuk az eltérő szennyezettségű területeket. Az első csoportba tartozó minták a kis forgalmú, zöld területekben gazdagabb városrészt, míg a második és harmadik csoportba tartozók a nagy forgalmú utak melletti területeket és a városközpontot foglalták magukba (3. ábra).



3. ábra. Az eltérő szennyezettségű területek lehatárolása az PCA eredmények térbeli ábrázolásával

Összefoglalás

Debrecen levegőjének porszennyeződését vizsgáltuk a hársfák leveleire leülepedő por szerves komponenseinek kémiai analízisével. A vizsgálatokhoz a hársfát választottuk gyakorisága, levelének eltarthatósága miatt. Morfológiai sajátjaiból adódóan a hársfajok levele jó por-megkötő tulajdonsággal bír, és a fák kedvező növekedési formája lehetővé teszi a mintavétel standardizálását. Módszert dolgoztunk ki a falevelek felületére tapadt por begyűjtésére.

Ezüsthárs alapján elkészítettük Debrecen porszennyezettségének térképét, és vizsgáltuk a porban lévő elemek koncentrációjának térbeli eloszlását. Fontos megjegyeznünk, hogy ez nem jellemzi közvetlenül az immiszió nagyságát, de alkalmas a szennyezőforrások jellemzésére, esetenkénti azonosítására.

Sikerült olyan sokváltozós statisztikai módszert találnunk, amellyel a városok légszennyezettsége jellemezhető. A kidolgozott módszer megfelelő mintavételi hálózat megszervezését követően alkalmas nagyobb tájegységek légszennyezettségének felmérésére.

Felhasznált irodalom

- [1] Schuhmacher, M.; Meneses, M.; Granero, S.; Llobet, J. M.; Domingo, J. L.: *Fresen. Environ. Bull.* 1998, 7, 42.
- [2] Kovács M.; Podani J.; Tuba Z.; Turcsányi G.: *A környezet-szennyezést jelző és mérő élőlények*, Mezőgazdasági Kiadó: Budapest, 1986.
- [3] Alfani, A.; Baldantoni, D.; Maisto, G.; Bartoli, V.; Virzo de Santo, A.: *Environ. Pollut.* 2000, 109, 119.
- [4] Kunst, L.; Samuels, A. L.: *Prog. Lipid Res.* 2003, 42, 51
- [5] Gulz, P. G.: *J. Plant Physiol.* 1994, 143, 453.
- [6] Jouraeva, V. A.; Johnson, D. L.; Hassett, J. P.; Nowak, D. J.: *Environ. Pollut.* 2002, 120, 331.
- [7] Dockery, D. W.; Pope III, C. A.; Xu, X.; Spengler, J. D.; Ware, J. H.; Fay, M. E.; Ferris, B. G.; Speizer, F. E.: *New Engl. J. Med.* 1993, 329, 1753.
- [8] Schwartz, J.; Dockery, D. W.; Neas, L. M. J.: *Air Waste Manage.* 1996, 46, 927.
- [9] Poster, D. L.; Hoff, R. M.; Baker, J. E.: *Environ. Sci. Technol.* 1995, 29, 1990.
- [10] Hunt, A.; Jones, J.; Oldfield, F.: *Sci. Total Environ.* 1984, 33, 129.
- [11] Flanders, P. J.: *J. Appl. Phys.*, 1994, 75, 5931.
- [12] J. E. Ferguson, N. Kim: *Sci. Total Environ.*, 1991, 100, 125.
- [13] E. De Miquel, J.F. Llamas, E. Chacan, *Atmos. Environ.*, 1997, 2733.
- [14] R. M. Harrison, D.P.H. Laxen, S.J. Wilson, *Environ. Sci. Technol.*, 1981, 15, 1378.
- [15] M. G. Gibson, J. G. Farmer: *Environ. Pollut. B*, 1986, 11, 117.
- [16] E. B. Culbard, I. Thornton, M. Wheatley, S. Moorcroft, M. Thompson: *J. Environ. Qual.*, 1988, 17, 226.
- [17] J. W. C. Wong, N. K. Mak: *Environ. Technol.*, 1997, 18, 109.
- [18] S. M. Nagerotte, J. P. Day: *Analyst*, 1998, 123, 59.
- [19] C. Hamamci, B. Gumgum, O. Akba, S. Erdogan: *Fresen. Environ. Bull.*, 1997, 6, 430
- [20] Houthuijs, D.; Breugelmans, O.; Hoeck, G.; Vaskövi, É.; Miháliková, É.; Pas-

- tuszka, J. S.; Jirik, V.; Sachelarescu, S.; Lolova, D.; Meliefste, K.; Uzunova, E.; Marinescu, C.; Volf, J.; de Leeuw, F.; van de Wiel, H.; Fletcher, T.; Lebrer, E.; Brunekreef, B.: *Atmospheric Environment*, 2001, 35, 2757-2771.
- [21] Temesi, D.; Molnár, A.; Mészáros, E.; Feczko, T.; Gelencsér, A.; Kiss, G.; Krivácsy, Z.: *Atmospheric Environment*, 2001, 35, 4347-4355.
- [22] Temesi, D.; Molnár, A.; Mészáros, E.; Feczko, T.: *Atmospheric Environment*, 2003, 37, 139-146.
- [23] Gulz, P. G.; Muller, E.; Moog, B.: *Z. Naturforschung*, 1988, 43, 173.
- [24] Schuhmacher, M.; Meneses, M.; Granero, S.; Llobet, J. M.; Domingo, J.L.: *Fresen. Environ. Bull.* 1998, 7, 42.
- [25] Kovács M.; Opauszky I.; Podani J.; Klincsek P.; Dinka M.: *Bot. Közl.* 1981, 68, 97.
- [26] Kovács, B.; Győri, Z.; Prokisch, J.; Loch, J.; Dániel, P.: *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.* 1996, 27, 1177.
- [27] Kovács, B.; Prokisch, J.; Palencsár, J.: *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.* 2000, 31, 1949.
- [28] Matzka, J.; Maher, B. A.: *Atmos. Environ.* 1999, 33, 4565.
- [29] Freer-Smith, P. H.; Holloway, S.; Goodman, A.: *Environ. Pollut.* 1997, 95, 27.
- [30] Caggiano, R.; D'Emilio, M.; Macchiato, M.; Ragosta, M.: *Atmos. Environ.* 2003, submitted for publication
- [31] Margitai Z.: Városok légszennyezettségének jellemzése falevelek elem-összetételének vizsgálatával. Diplomamunka. Debreceni Egyetem, 2003.
- [32] Ismail, S.; Grass, K.; Varmuza, K.: *J. Trace Microprobe Tech.* 1988, 6, 563-573.
- [33] Einax, J.W., Soldt, U.: *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 1999, 46, 79-91.
- [34] Horvai Gy. (szerk.): Sokváltozós adatelemzés (Kemometria). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001. 71-108.
- [35] Borbély-Kiss, I., Kollay, E., Szabó, Gy.: Elemental composition of urban aerosol collected in Debrecen, Hungary. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B.* 1996 109/110: 445-449.

SZABVÁNYOSÍTÁS

(Folytatás a 45. oldalról)

25 Gyártástechnika

– MSZ EN 14532-1-3:2005; Hegesztőanyagok. Vizsgálati módszerek és minőségi követelmények. Az acél, a nikkal és a nikkeltövezetek hegesztőanyagainak elsődleges (1. rész) és kiegészítő (2. rész) vizsgálati módszerei és megfelelés-értékelése. 3. rész: Az alumínium-ötvezet-hegesztés huzalelektrodáinak, hegesztőhuzalainak és -pálcáinak megfelelés-értékelése.

71 Vegyipar

– MSZ EN 14175-4:2005; Vegyifűlkék. 4. rész: Helyszíni vizsgálati módszerek.
– MSZ EN 14370:2005; Felületaktív anyagok. A felületi feszültség meghatározása.

79 Faipar

– MSZ EN 789:2005; Faszerkezetek. Vizsgálati módszerek. A fa alapanyagú lemezek mechanikai tulajdonságainak meghatározása.
– MSZ EN 1912:2005; Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok. A vizuális szilárdsági osztályok és a fafajok szilárdsági besorolása.

81 Üveg- és kerámiaipar

– MSZ EN 820-3:2005; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Monolitik kerámiák vizsgálati módszerei. Termomechanikai jellemzők. 3. rész: A hőlkésállóság meghatározása vízben való lehűtéssel.

91 Építőanyagok és építés

– MSZ EN 1504-2, -4 és -8:2005; Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom-meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés. 2. rész: Felületvédő rendszerek betonhoz. 4. rész: Szerkezeti ragasztás. 8. rész: Minőség-ellenőrzés és megfelelés-értékelés.
– Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek – MSZ EN 1771:2005; Az injektálhatóság meghatározása homokoszlopos vizsgálattal. – MSZ EN 12614:2005; Polimerek üvegesedési hőmérsékletének meghatározása. – MSZ EN 12617-2:2005; 2. rész: Polimer kötőanyagú, repedésinjektáló termék zsugorodása: térfogati zsugorodás. – MSZ EN 12618-2 és -3:2005; Az injektáló termékek tapadásának meghatározása hőkezelési ciklu-

sokkal vagy anélkül. 2. rész: Tapadó-húzó szilárdság. 3. rész: Ferdenyírási módszer. – MSZ EN 14406:2005; A tágulási arány és a tágulásfejlődés meghatározása. – MSZ EN 14497:2005; Injektáló termékek behatolási stabilitásának meghatározása. – MSZ EN 14498:2005; Injektáló termékek térfogat- és tömegváltozásának meghatározása levegőn szárítási és vízben tárolási ciklusok után.
– Hajlékony vízszigetelő lemezek. Beton hídpályaszerkezetek és más, járműforgalomnak kitéhető betonfelületek vízszigetelése. – MSZ EN 13375:2005; Próbatestek készítése. – MSZ EN 13596:2005; A tapadási szilárdság meghatározása. – MSZ EN 13653:2005; A nyírási szilárdság meghatározása.
– MSZ EN 12504-4:2005; A beton vizsgálata. 4. rész: Az ultrahang terjedési sebességének meghatározása.

Új CEN-szabványok (szerkesztőségünk címfordításai)

– EN 12390-1 és -5-7:2000/AC:2004; A megszilárdult beton vizsgálata. 1. rész: A próbatestek alakja, méretei és más szükséges jellemzői. 5. rész: A próbatestek hajlítási szilárdsága. 6. rész: A próbatestek hasadási húzószilárdsága. 7. rész: A megszilárdult beton sűrűsége.
– EN 13965-1-2:2004; A hulladék jellemzése. Technológia. 1. rész: Az anyagokra vonatkozó megnevezések és meghatározások. 2. rész: Az irányításra vonatkozó megnevezések és meghatározások
– EN 1330-7:2005; Roncsolásmentes vizsgálat. Terminológia. 7. rész: A mágnesezhető poros vizsgálat kifejezései.

Új ISO-szabványok, amelyek 2004. november 23-a és 2005. január 3-a között jelentek meg. (Az ISO Bulletin alapján készült tájékoztató címfordítások.)

– ISO 13381-1:2004; Gépek állapotfigyelése és -diagnosztikája. Prognosztizálás. 1. rész: Általános útmutató.
– ISO 276-5:2004; Fémes anyagok. Nem tengelyirányú vizsgálógépek hitelesítéshez használt erőhitelesítő műszerek kalibrálása.
– ISO 10545-4 és -9:2004; Kerámia burkolólapok. 4. rész: A hajlítási szilárdság és a törőterhelés meghatározása. 9. rész: Hőhatásokkal szembeni ellenállóság.
– ISO 3999:2004; Sugárvédelem. Ipari gamma-sugárzó készülékek. Előírások a teljesítményhez, a tervezéshez és a vizsgálatokhoz.

MiniPal-nap

A Philips érdekeltégű PANalytical cég asztali, energiadisperzív röntgenfluoreszcens MiniPal-1, illetve a továbbfejlesztett MiniPal-2 spektrométerét hazánkban is már sokan használják. Ez adta a szakmai alapot a *MiniPal-t használunk!* mottóval meghirdetett, bemutatóval egybekötött, egynapos tapasztalatcseréhez, amelyet a készülék hazai forgalmazója, az Atestor Kft. szervezett március 3-án a Hilton WestEnd Budapest Eger-termében. Sajnos a holland cég szakértőjét a rossz időjárás a repülőtéren marasztalta, de hazai szakértők előadásaiából is kikerekedett a magas műszaki (hardver és szoftver) színvonalához és használati értékéhez (gyors, megbízható és pontos elemzéshez) képest olcsó MiniPal asztali spektrométerek széles körű és eredményes alkalmazhatósága (lásd még a lapunk korábbi számaiban közölték is). Az elhangzottak lényege a következőkben foglalható össze.

A tablettázott gyógyszerek gyártásánál technológiai okokból fontos ismerni a préserszám kenését szolgáló adalék, a magnézium-sztearát mennyiségét és eloszlását – kezdte előadását dr. Hódi Klára egyetemi tanár (SZTE Gyógyszer technológiai Intézet). Korábban a páztázó elektronmikroszkóppal végezhető XRF elemzéssel csak a tablettá tömegét adó sorbitol anyag szemcséinek felületén lehetett kimutatni a magnézium-sztearátot. Ám a MiniPal készülékkel a tablettá egész felületét elemezhetjük, sőt a felület ismételt csiszolását követően a kenőanyag mélységi eloszlását is vizsgálhatták, tisztázva a sorbitol szemmagyságának a kenőanyag eloszlására gyakorolt hatását.

A MiniPal készülék a gyógyszergyártás minőségbiztosítási rendszerébe is beilleszthető, mivel kiválóan alkalmas a tablettás gyógyszerek porkeverékhez adagolt hatóanyaga homogenitásának gyors, gyártásközi ellenőrzéséhez is! – mutatott rá Hódi professzor. Példaként bemutatta a 36 tömeg% piridoxid-klorid tartalmú porkeverék homogenitás-vizsgálatának eredményeit. A keverési idő és sebesség függvényében a porkeverék klorid tartalmát elemezték EDXRF módszerrel a MiniPal készülékkel és UV spektrofotometriás módszerrel az Unicam Helios Alpha S2 (Spectronic Unicam, Cambridge) készülékkel. Statisztikai T-próbával kimutatták, hogy a kétféle módszer eredményei között nincs szignifikáns különbség, azaz a porkeverékek homogenitása a különleges minta-előkészítést nem igénylő, gyors EDXRF módszert alkalmazó MiniPal készülékkel ellenőrizhető.

A MiniPal készüléket eredményesen használják az olaj- és petrokémia ipar termékeinek minőség-ellenőrzéséhez. A Veszprémi Egyetem munkatársainak eredményeit Miskolczi Norbert foglalta össze előadásában. Eredményeik az EDXRF módszer széles körű alkalmazhatóságát bizonyítják. Ugyanis a különböző kőolajipari termékeket reprezentáló matricokban (i-oktán, n-cetán, fehérolaj) vizsgálták a S, a P, a Zn, a Co, a Ba, a Mo és a K koncentrációját 0 – 50 mg/kg, illetve fehérolaj matricában 0 – 750 mg/kg tartományban is, mégpedig a statisztikai értékelések szerint igen jó eredménnyel. Erre alapozva eredményesen vizsgálták a motorhajtóanyagok S-tartalmát, a kenőolajok Mo-tartalmát, valamint poliolefinek termikus krakkolásával előállított folyadéktermékek S-tartalmát. Végezetül megállapították, hogy az EDXRF módszert alkalmazó MiniPal készülékkel kielégíthető a WDXRF hullámdisperzív röntgenfluoreszcens módszerre előírt elemzési követelmények is, beleértve elsősorban a S-tartalomra ez évtől bevezetett szigorításokat is.

A fűtőolajok S-tartalmának meghatározásában a MiniPal készülékkel szerzett kedvező tapasztalatairól számolt be Csabai László, a MÁV Gépészeti Központ Olajlaboratóriumának vezetője is. A nemzetközi körvisgálatban WDXRF módszerrel, illetve a MiniPal-lal EDXRF módszerrel elemzett olajminták S-tartalma között tapasztalt legnagyobb különbség 2 rel.% volt csupán. Mint mondta, a pontos és megbízható eredményeket szolgáltató MiniPal készülék üzembe állítása számukra azért is nagy jelentőségű, mert az esetleges minőségi reklamációk megalapozottak és alátámasztottak lettek.

A MiniPal ismeretlen minta kalibrálás nélküli (standardless) elemzési programja különösen a hulladékégetőbe beérkező szállítmányok, folyékony és szilárd veszélyes hulladékok gyors ellenőrzésében bizonyult nagy jelentőségűnek – fejtette ki *MiniPal a portás; Minőségi kép az ismeretlen mintáról pillanatok alatt* című előadásában Sasváriné Meszes Erzsébet laborvezető (ONYX Magyarország Kft., Dorog). Az évente mintegy 35 ezer tonna hulladék – még a gépkocsi-szállítmány kirakodása előtti ellenőrzése a MiniPal-lal felvett teljes spektrum alapján – gyors minőségi osztályozása céljából 13 ezer elemzést végeznek. Az égetési technológia szempontjából különösen fontos a hulladékminták S- és halogén- (különösen a Cl-) és nehézfém-tartalmának az ismerete. A kvázi azonos matricú mintákon fél-quantitatív elemzéseket is végeznek, például TCB (tetraklór-benzol – garéi hulladék)

elemzése klóra. De a MiniPal-lal vizsgálják a hulladékok homogenitását is, mivel ez fontos információ az égetést vezető szakember számára.

A különböző, biológiailag káros környezeti minták (pl. szennyvíziszapok, gyógyszermasszák) EDXRF (MiniPal), kalibrálás nélküli gyors elemzési, valamint az erre alapozott, és a főalkotókra (pl. gyógyszerekből S és Cl; izotópól Pb) kalibrált elemzési tapasztalatait összegezte előadásában dr. Hartváni Zsuzsanna docens (Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezet-tudományi Tanszék). Véleménye szerint „a kicsi szép” mottó jegyében a MiniPal sokoldalú alkalmazhatóságát a magas műszaki színvonalú hardver (a 9 W-os röntgencső, amely kis teljesítménye miatt nem igényel hűtést, és különösen a Si-PIN félvezetős detektor, amely nagy felbontású: 250 eV @ 5,9 keV; a 2048 csatornás (MCA) analízátor) és a sokoldalú szoftvere teszi lehetővé.

Joó Katalin (Atestor Kft.), az egyes előadásokhoz kapcsolódóan, valós elemzési feladatok – miniummal hamisított pirospaprika Pb-tartalmának meghatározása, ismeretlen minta kalibráció nélküli gyors elemzése – elvégzésével szemléltette a MiniPal-2 készülék sokoldalúságát, kalibrálás és kezelőbarát vezérlő és értékelő szoftverjének a használatát.

A szakmai nap befejezésekként külön előadásban összefoglalóan bemutatta a MiniPal készülék sokoldalú alkalmazhatóságát segítő minta-előkészítő berendezéseket. A MiniMill malmot, amelyben az ásványok és a hasonló minták finom szemcséjű porrá őrlhetők és homogenizálhatók; a MiniPress laborprést, amellyel a pormintából elemzésre alkalmas tablettá préselhető, illetve a MiniFuse berendezést, amelyben a minta gyönggyé olvasztható. Ily módon kiküszöbölhetők a részecske méretéből és az ásványtani hatásokból eredő elemzési problémák is.

Összefoglalva, a MiniPal-nap jó színvonalú, mindvégig kitartó, érdemi érdeklődéssel és párbeszéddel kísért hasznos tapasztalatcseré volt. A résztvevők kézhez kapták, programfüzetbe kötve, az előadók publikációit és a gyártó legújabb készülékismertetőit. A témák iránt érdeklődők az elhangzott előadásokat megtekinthetik a www.atestor.hu honlapon is.

A MiniPal alkalmazási tapasztalatairól lapunk (AL) korábbi számaiban közölt cikkek:

- Joó Katalin: *Mini-röntgenspektrométer a cementgyártás szabályozásában*, AL 2000/4., 117. oldal
- Joó Katalin: *A MiniPal hordozható, energiadisperzív röntgenfluoreszcens spektrométer*, AL 2002/4. 119. oldal
- Csabai László: *Mérés tapasztalatok a Philips MiniPal-1 EDXRF készülékkel*, AL 2003/1. 22. oldal
- Miskolczi Norbert, Bartha László: *A Philips MiniPal PW 4025/02 energiadisperzív röntgenspektrométer olajipari alkalmazásának vizsgálata*, AL 2003/3. 95. oldal
- Joó Katalin: *Gyors elemzés a MiniPal2 EDXRF spektrométerrel*, AL 2005/1. 27. oldal

Lehofer Kornél

Európai Téli Plazma-spektrokémiai Konferencia

Budapest, 2005. január 30. – február 3.

A konferenciát két évenként rendezik meg. Sorrendben a 12. rendezésének a jogát hazánk 2001-ben, a norvég konferencián nyerte el. A Budapesti Corvinus Egyetem épületében megrendezett konferenciánk szakmai programja 150 előadást és több mint 250 posztert tartalmazott, és 24 kiállító termékeit is bemutatta. A 480 résztvevő, a kontinensek mindegyikéről, 30 országból érkezett hazánkba.

A konferencia teljes programját és előadásait az érdeklődők megismerhetik a www.conferences.hu/winter2005 honlapról, illetve az ICP Information Newsletter, Vol 30, 9, 2005 számából. A konferencián elhangzott előadásokból a Journal of Analytical Atomic Spectroscopy, illetve az Analytical and Bioanalytical Chemistry folyóiratok külön számot kívánnak megjelentetni. E két folyóirat képviselőiből és a konferencia szervezőiből álló nemzetközi zsűri naponta három posztert különdíjban részesített, továbbá az Agilent Technologie által felajánlott 2005. évi Európai Plazma kiüntetését a lyoni egyetem professzorának, Jean-Michel Mermetnek ítélte, aki így nyitó előadást tarthatott a konferencián az optikai plazma-spektroszkópia jövőjéről. A konferencián a Yobin Ivon cég felajánlásából először díjazták a Richard Payling poszterelőadást és Paylin- emlékülést is szerveztek.

Két év múlva a 13. konferenciát az olasz spektroszkóposok szervezik Sziciliában, 2007 márciusában.

Dr. Fodor Péter,
a konferencia elnöke

Dr. Hlavay József (1945–2005)

Alkotóereje teljében történt hirtelen eltávozásának híre egy-két nap alatt futótűzként járta be az országot, nagy megdöbbenést keltve mindenfelé a kémikus társadalomban.

A hóval borított veszprémi, Vámosi úti temetőben, 2005. február 4-én, a felhők mögül többször előbukkanó, szikrázó napsütésben kísért el utolsó útjára **dr. Hlavay József** tanszékvezető egyetemi tanárt a gyászoló család: felesége, leánya, veje, unokája, a Veszprémi Egyetem rektora, dékánja, a VEAB elnöke, valamint barátainak, kollégáinak, tanítványainak, sporttársainak és ismerőseinek sok száz főnyi serege.

Vegyészmérnöki, illetve rendszertech-nikai szakmérnöki oklevelét a Veszprémi Egyetemen szerezte 1971-ben, illetve 1978-ban. A MÁFKI-ban eltöltött néhány hónap után került az MTA Kutatócsoport tagjaként a VE Analitikai Kémiai Tanszékére. Két év után egyetemi oktatóként mint tanársegéd dolgozott tovább, majd adjunktusi, docensi éveit követően 1995-ben egyetemi tanári kinevezést kapott, és végül, 1998-ban a Föld- és Környezettudományi Tanszék vezetőjeként tevékenykedett.

Tudományos kutatómunkájának területe már kezdetől fogva széles körű volt, ugyanis az infravörös spektrometriával kapcsolatos eredményekben gazdag alapvetési munkái mellett az ivóvizet folyamatosan tisztító, regenerálható szorpciós állógyás technológiai rendszerek fejlesztése és alkalmazása terén is eredményes és sikeres kutatófejlesztő munkát végzett. Az általa készített oszloptöltetek (hordozó és aktív borító rétegek) segítségével, félüzemi kísérletekkel igazolt eljárásokat fejlesztett ki ammónia, vas, mangán és arzén nyomok szelektív eltávolítására.

Az infravörös spektrometriás módszerek fejlesztése terén jelentős eredményeket ért el a különböző eredetű és szemcseméretű szilárd anyagok (talajok, szállóporok) kémiai alkotóinak ellenőrzött körülmények között történő mennyiségi meghatározásának kidolgozásával. Mindehhez mintavételi, minta-előkészítési, őrlési eljárásokat, elektronmikroszkópos morfológiai és szemcseméret meghatározására alkalmas módszereket fejlesztett ki. A kapcsolódó tématerületeken elért eredményeiből készítette egyetemi doktori (1975) és kandidátusi (1985) értekezéseit; a kémiai tudomány doktora fokozatát pedig az egészségre káros, különböző összetételű, a levegőben előforduló, nem üledékes anyagok eltávolítására és analizésére kidolgozott módszereivel szerezte meg 1993-ban.

Amerikai tanulmányútjai (New Orleans, Louisiana State University) során kezdett foglalkoznia levegőt szennyező gázalkotók piezoelektromos érzékelővel történő meghatározásával. Szelektív érzékelőket állított elő klór, ammónia stb. meghatározására. A Guilbault professzorral közösen írt korai közleménye (Anal. Chem. 49 [1977] 1980) ma is az egyik legtöbbet idézett forrás a piezoelektromos kémiai érzékelők irodalma területén.

A legutóbbi évtizedekben nagyrészt a mellette dolgozó kiváló PhD hallgatók munkáját irányította, mely munkák a légkörkutatás napjainkban legfontosabb, de egyben legnehezebben hozzáférhető analitikai feladatainak megoldására irányultak. A levegőben előforduló kis

molekulájú és tömegű aeroszolok, gázalkotók mintavételére, dúsítására, kromatográfiás elválasztására, nagy érzékenységű érzékelőkkel, érzékelő sorokkal és statisztikus jel- és adatfeldolgozással (kemometriás módszerekkel) történő azonosítására és meghatározására kidolgozott eljárásai, saját fejlesztésű műszereik világszerte nagy uttörő jelentőségűek.



Tudományos munkásságának eredményeiről, plenáris vagy meghívott előadóként számos hazai és nemzetközi fórumon, konferencián (USA-ban, Japánban, Skóciában, Olasz- és Németországban, Indiában s. i. t.) tartott előadást. Nagyszámú tudományos közleménye (kb. 160) mellett jelentősek azok a fejezetek (kb. 14) is, melyek nemzetközi kiadók gondozásában megjelent könyvekben láttak napvilágot, például: Sample Preparation-fractionation, in Handbook of Elemental Speciation, Wiley 2003; Aerosol Sampling for Elemental Analysis, in Comprehensive Anal. Chem. XLI. Sample Preparation, Elsevier 2003.

Sokrétű kutató és intenzív oktató munkája mellett rendkívül zsúfolt és széles körű volt a szakmai közéleti tevékenysége

is, melyet alaposan, nagy hozzáértéssel és következetességgel látott el. Ő volt a VE rektorhelyettese (1995–98), az MTA Környezeti Kémiai Bizottságának elnöke (1994–2002), a VEAB tudományos titkára (1991–96), továbbá tagja volt – többek között – az MTA Kémiai Osztályának (1997–2002), Kémiai Doktori Tudományos Bizottságnak (2000–); a Kormányzati Koord. Tud. Tanács Ipari-vegyipari Szakbizottságának (2001–), a Magyar Akkreditációs Bizottság Föld és Környezet Albizottságának (2001–), az MKL szerkesztőbizottságának (1994–96), az MKE IB-nek (1999–2003).

Hazánk képviselőjeként aktív tagja volt az EURACHEM-nek (1993–), és jelentős munkát végzett az IUPAC V. 2. Bizottság tagjaként is (1994–).

Sokrétű, eredményes munkásságáért különböző kitüntésekben részesült – többek között – kiváló feltaláló, ezüst fokozat (1986), Pro Aquva Emlékérem (1993), VEAB Emlékplakett (1997), VE Arany érem (1998), Génius érem díj (2000).

Fiatal korától kezdve kiváló, rajongó sportoló volt. Fiatalabb éveiben a Veszprém Városi és Egyetemi Labdarugó Csapat aktív tagja és meghatározó egyénisége volt. Sport-szeretétét megtartotta, élet végéig aktívan teniszezett és rúgta a labdát.

A viszonylag rövid életpályája során végzett tudományos és egyetemi oktató-nevelő munkásságának, közéleti tevékenységének elkápráztatóan sok és értékes eredménye tükrözi kimagasló teljesítményét. És e mögött egy olyan különleges személyiségnek közjót szolgáló magatartása, elkötelezettsége, tisztessége, embersége, fáradhatatlansága jelenik meg, mint amilyennek Őt – akik közelében voltunk – mindnyájan ismertük. Ifjúságunknak ezért kiváló példaképe lehet, a hazai kémikus társadalomnak és mindnyájunknak pedig, akik tiszteltük és szerettük, fájdalmas nagy veszteség és emlék marad.

Áldja meg Őt a Teremtő alkotó, emberséges, munkás életéért!

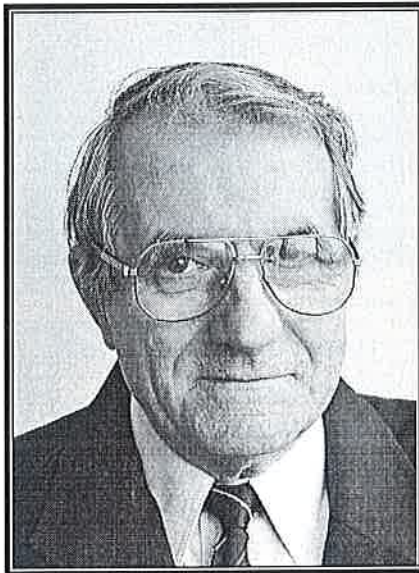
Inczedy János

Dr. Ziaja György (1934–2005)

Villámpostán lesújtó hírt kaptam: életének 71. évében, február 20-án, váratlanul elhunyt az alakítástechnológia jeles oktatója és művelője, professor emeritus dr. Ziaja György, a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) Pattantyús-Á. Géza-díjjal kitüntetett tagja, aki az egykori Képlékenyalakítási Központi Szakosztály egyik vezetőjeként meghatározó egyénisége volt szakmai közéletünknek. Kutatási eredményeit időről időre lapunk olvasóival is megosztotta.* A hajdan volt iskola-, évfolyam- és tudományos diákköri társammal találkozni, eszmét cserélni időszerű szakmai és egyéb témákról mindig, a legutolsó időkig, kellemes élmény volt számomra. És most, interjú közlése helyett csak nekrológot írhatok a hagyatékában fellelt szakmai önéletrajzát böngészve. Osztotva a családjá gyászában, március 10-én vettünk végső búcsút Tőle az Óbudai temetőben.

Ziaja György 1934 szeptemberében, Budapesten született. A 4. sz. Gépipari Technikumban érettségizett, majd a Budapesti Műszaki Egyetem gépgyártástechnológia szakán szerzett 1958-ban gépészmérnöki oklevelet, és Gillemot László, a Mechanika Technológia Tanszéket vezető egyetemi tanár, meghívta oktatónak. Itt teljesedett ki a már hallgatóként, a tudományos diákkörben megnyilvánult vonzalma az anyagtechnológia iránt és vált annak, felfelé ívelően, elkötelezett művelőjévé és oktatójává 1958 májusától, a tanszékhez kötődve, halála napjáig. Elévülhetetlen érdemeket szerzett az alakítástechnológia kutatásában és oktatásában. A Budapesti Műszaki Egyetem mellett szívesen látott oktató volt a Miskolci (Nehézipari) Egyetemen és az ország műszaki főiskoláin is. Állam- és záróvizsga bizottságok elnökeként figyelemmel kísérte a magyar egyetemi és főiskolai műszaki felsőoktatást.

A pályakezdő ösztöndíjas gyakornok, majd tanársegéd



kezdetben, az oktatott témák közül a fémek anyagok vizsgálatával, hőkezelésével, hegesztésével ismerkedett behatódobban, de már az 1960-as évek elejétől egyre elmélyültebben foglalkozott a képlékeny alakítás elméletével, technológiájával, gépeivel, számaival és a kapcsolódó kísérleti technikákkal, a folyamatok modellezésével és szimulációjával, a fémek anyagok alakítási határállapotának meghatározásával. Tudományos fokozatokkal is (műszaki doktor, 1964; kandidátus, 1974; a műszaki tudomány doktora, 1995) elismert kutatási eredményeivel alapozta meg oktatói rangját és előmenetelét (adjunktus, 1964; docens, 1975; egyetemi tanár, 1995; intézeti igazgató-, illetve tanszékvezető helyettes: 1987–91, ill. –97), miközben embersége, önzetlen segítőkészsége, szakmaszeretete mindig követendő például szolgált szűkebb és tágabb környezetére számára. Hallgatók ezreit oktatta (legutóbb angol nyelven is) és nevelte. Irányításával hárman nyerték el a kandidátusi fokozatot. Mindezek, valamint közéleleti munkássága révén elismerést szerzett nemcsak itthon, a Műegyetem

katedráján vagy laboratóriumában, Gépészmérnöki Karának tanácsában és számos bizottságában, illetve a GTE és az Akadémia szakmai bizottsági és rendezvényi közösségeiben, hanem határainkon túl is: ösztöndíjas kutatóként több európai országban, Japánban és az Amerikai Egyesült Államokban, az egyetemeken, a nemzetközi fórumokon előadóként, kutatási programok (pl.: az Inco-Copernicus CT 96-075 sz. MicroAlu projekt) irányítójaként és, többek között, a lemezmegegymunkálással, illetve a hidegkovácsolással foglalkozó nemzetközi szervezet, az IDDRG (International Deep Drawing Research Group), valamint az ICFG (International Cold Forging Group) bizottságaiban végzett munkájával, és nemcsak önmagának, hanem hazánk tudományosságának is.

A kitarító szorgalommal párosult eredményes kutató, oktató és közéleleti munkásságát szakmai közösségeink időről időre, az általuk alapított díjak és kitüntetések adományozásával ismerték el. Kiemelkedik ezek sorából a Pattantyús-Á. Géza-díj (1993) és a Gillemot László-émlékérem (2002), illetve a Miskolci Egyetem Professor Honoris Causa elismerése (2003).

Ziaja György halálával szakmai közösségünk egy teljes életet élő, családját, hivatását, kollégáit és a mindenkor tanítványait szerető embert veszített el. Emlékét megőrizzük, és munkásságának gyümölcseit hasznosítjuk, továbbfejlesztjük!

Lehofer Kornél

* Az Anyagvizsgálók Lapjában (AL) közölt tanulmányai:

A finomlemez technológiai vizsgálatának korszerű módszerei és eszközei, AL 1991/1., p. 17.

Az alakítási határállapot kutatása, AL 1996/3., p. 73.

Hipereutektikus Al-Si-Ni ötvözetek alakítási szilárdságának meghatározása, AL 1998/4., p. 101. (Társszerző: Krállics György)

Hipereutektikus Al-Si-(X) RS/PM ötvözetek mechanikai-technológiai tulajdonságai, AL 1999/4., p. 135. (Társszerzők: Stefániay Vilmos, Henryk Dybiec)

Hidrosztatikus nyomás alatt végzett alakíthatósági vizsgálatok, AL 2000/3., p. 80. (Társszerzők: Eleőd András, Stefániay Vilmos, Sajó István)

készülékek a beton, a cement, az aszfalt és a talaj vizsgálatához



FRISSBETON VIZSGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK:

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



SZILÁRDBETON VIZSGÁLÓ BERENDEZÉSEK:

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



CEMENTVIZSGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK:

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



ASZFALTVIZSGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK:

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



TALAJVIZSGÁLAT:

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



ÁLTALÁNOS MÉRŐESZKÖZÖK:

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

Forgalmazza: **ATESTOR**

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



**Polymers
for
Advanced
Technologies**

13-16 September 2005 Budapest, Hungary

Konferencia felhívás

2005. szeptember 13–16-án hazánkban kerül megrendezésre a 8. Polymers for Advanced Technologies nemzetközi konferencia. A rendezvény célja bemutatni a legfrissebb kutatási eredményeket az új anyagok és technológiák fejlesztése területén. Így külön szekció foglalkozik többek között a biodegradábilis polimerekkel a nanokompozitokkal, az intelligens anyagokkal, a nagy teljesítményű kompozitokkal, a legújabb módszertani fejlesztésekkel és vizsgálati technikákkal.

Bővebb információ és előregisztráció a www.bme.hu/pat2005 honlapon.



FATIPEC 2006

June 12–14, BUDAPEST – HUNGARY

FEDERATION D'ASSOCIATIONS DE TECHNICIENS DES INDUSTRIES DES PEINTURES, VERNIS,
EMAUX ET ENCRE D'IMPRIMERIE DE L'EUROPE CONTINENTALE-FONDÉ EN 1950

INTERNATIONAL CONGRESS for PAINT SCIENTISTS & ENGINEERS

Rendezi a Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) és a Lengyel Vegyész-mérnökök Egyesülete (SITPChem-Polish Association of Chemical Engineers).

Fő témakörök: Alapanyagok (kötőanyagok, pigmentek, adalékok, oldószerek).
Alkalmazott technológiák, mérések, vizsgálati módszerek.
Környezetvédelem, marketing, trendek, törvényi előírások.

Részletes tájékoztatás folyamatosan olvasható a www.fatipec2006.hu honlapon.

Congress Secretariat: H-1027 Budapest, Fő u. 68.

Tel.: +36 1 201 68 83 Fax: +36 1 201 80 56 e-mail: mail@fatipec2006.hu.

Presidents of FATIPEC: János Bognár (H) & Jozef Koziel (PL).