

ÚJ FELADATKÖR A MAROVISZ-BAN SZALAY KÁROLY IRODAVEZETŐ BEMUTATÁSA

Az egyre bővülő feladatok, a MAROVISZ Honlapján is megjelenített új célkitűzések megkövetelték, hogy a társadalmi vezetőségen túlmenően irodavezetői minőségben a MAROVISZ személyi állománya is kiegészüljön.



Szalay Károly szakmai pályafutását az Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt Komáromi Kőolajipari Vállalatánál kezdte 1972-ben szerkesztő mérnökként.

1973-tól 1982-ig, kezdetben műszaki ellenőrző mérnöki munkakörben, később osztályvezetőként, műszaki állapot vizsgálatokkal, műszaki diagnosztikával kapcsolatos feladatokat látott el.

Feladatai többek között a következők voltak:

- az olajipari és energetikai technológiai berendezések műszaki állapotának folyamatos figyelemmel kísérése, ellenőrzése,
- gépészeti karbantartás kivitelezés ellenőrzése,
- hegesztők, hegesztések ellenőrzése,
- váratlan műszaki meghibásodások kivizsgálása.

Ebben az időszakban kiemelten foglalkozott megbízhatóság elemzéssel.

A finomítók üzemfenntartási szervezeteinek bevonásával az OKGT gépészeti vezetésével közösen munkabizottságot szervezett a váratlan műszaki meghibásodások tapasztalatainak kicserélésére. A munkabizottság a későbbiekben az OKGT több vállalatával, illetve vegyipari, petrokémiai (TVK, BVK, stb.) vállalatokkal bővült.

Jelentős szerepe volt a komáromi benzinreformáló üzem hidrogén nyomás álló acélból készült berendezéseinek élettartam vizsgálatában, amelyben részt vett a BME Mechanikai Technológiai Intézete is (Dr. Gillemot, Dr. Artinger: kúszás vizsgálatok).

1982-től 1991-ig osztályvezető helyettesi beosztásban a műszaki állapotellenőrző részleg, a gépészeti tervezők és a karbantartás műszaki előkészítésének munkáját irányította.

Ennek az időszaknak a főbb feladatai a következők voltak:

- műszaki fejlesztések megvalósításának előkészítése (olajipari technológiák),
- üzemek tervezése (például: B-12, Szukcinimid),
- olajipari üzemek rekonstrukcióinak megtervezése,
- vállalati sugárvédelmi ügyek intézése,

1991-től 1994-ig korábbi feladatköre a beruházási tevékenység irányításával bővült.

1994-ben az üzemfenntartási tevékenységet az OKGT jogutódja a MOL Rt. 100 %-os tulajdonú karbantartó kft-be szervezte ki. Műszaki és vállalkozásvezetőként jelentős részt vállalt a mintegy 200 fős Kariszolf kft. alapítási munkáiban, illetve a működés beindításában.

A korábbi műszaki előkészítési feladatai többek között a kivitelezés, termelés megszervezésével, irányításával és a hegesztő felelősi teendőkkel bővültek.

Ezen kívül természetesen feladatai közé tartozott a Kft. munkájának elvégzéséhez szükséges pénzügyi- tárgyi- és személyi feltételek biztosítása (tanúsítványok, jogosítványok megszerzése, minőségbiztosítási rendszer megvalósítása működtetése, beszerzés, alvállalkozók, szállítás, szerződéskötések, költségvetések, pályázati anyagok készítése, utókalkuláció, munkavédelem, tűzvédelem, biztonságtechnika, környezetvédelem stb.).

A Kft végezte ebben az időszakban a MOL Rt kenőanyagainak országos terítését. Feladata volt az ehhez szükséges járműpark biztosítása és üzemeltetésének irányítása is.

2001-től a Pentaszerviz Kft-nél műszaki osztályvezetői, majd 2002. december 15.-től műszaki igazgatói beosztásban az üzemanyagtöltő állomások karbantartásával, átalakításával, építésével kapcsolatos műszaki előkészítői, vállalkozásirányítási, szervezési és szakmai irányítási feladatokat látott el.

2004-től 2008-ig karbantartási főmunkatársként majd szakértőként földalatti gáztárolással foglalkozott a MOL Földgáztároló Zrt-nél, ill. jogutódjánál az E.ON Földgáz Storage Zrt-nél.

Sok sikert az új munkakörben, az új feladatok megoldásában!

ANYAGOK

MATERIALS

Eredeti és reciklált polietilén-tereftalát tulajdonságváltozásának összehasonlítása mesterséges öregítés során

Property change comparison of original and recycled polyethylene terephthalate during artificial aging

Ronkay Ferenc*, Czigány Tibor**

Kulcsszavak: polimerek mestersége öregítése, mechanikai vizsgálatok

Keywords: artificial aging of polymers, mechanical examinations

Abstract

Our measurements revealed that the mechanical properties of original and additiveless recycled PET change similarly during irradiation. Stiffness does not modify considerably, however tensile elongation and impact strength decreases drastically. Tensile strength does not change significantly in case of the original material but in case of the recycled one it does. If the crystallinity of the surface of the material is studied, it can be concluded that in case of recycled PET a smaller, while in case of original PET a larger crystalline ratio increase can be observed.

1. Bevezetés

A polimerek öregedése azt jelenti, hogy az anyag tulajdonságai megváltoznak egy bizonyos idő elteltével. A változások kimutathatóak a mechanikai tulajdonságokban, mint a szilárdság és a szívósság; a fizikai tulajdonságokban, mint például a sűrűség és a kémiai tulajdonságokban, mint például a vegyszerállóság változása.

Fizikai öregedés következik be, ha a polimer nem egyensúlyi állapotban van. Ennek oka a molekula relaxáció, amely arra törekszik, hogy az anyagot közelítse az egyensúlyi állapothoz [1]. A jelenség igen általános és összekapcsolódik a termoplasztikus polimerek feldolgozásával, amelynek során a magas feldolgozási hőmérsékletéről hirtelen hűtés történik az alakadás után, így nem egyensúlyi állapot alakul ki.

Amorf polimerek esetében az üvegesedési hőmérséklet (T_g) alatt a molekuláris relaxáció túl lassú ahhoz, hogy a gyors hűlés során a termodinamikai egyensúly változását kövesse, így amikor az anyag a környezeti hőmérsékletet eléri, nem kerül termodinamikai egyensúlyba. * Dr. egyetemi adjunktus,

Ennek egyik tünete az anyag sűrűségének változása, amely a térfogat csökkenése során valósul meg. Részben kristályos polimerek esetében a kristályos fázis relatív inert az öregedés szempontjából, ez a szomszédos amorf területekre korlátozza a relaxációs folyamatokat. Az öregedésnek két elsődleges forrása van: másodlagos kristályosodás történhet, amely növeli az anyag teljes kristályosságát, ill. az amorf fázisban a molekulák átrendeződhetnek.

Az időjárás hatására bekövetkező öregedés okai között szerepel a napsugárzás, a víz, a szennyezőanyagok, a hőmérséklet, és a hőmérséklet-ingadozás. A tulajdonságok változásának fő oka a foto-oxidáció, amelyet az UV sugárzás vált [1]. Ennek hatására többféle laboratóriumi berendezést fejlesztettek ki, amelyekkel vizsgálható az anyagok időjárás-állósága, és használt stabilizálószer hatékonyasága. Számos típusú mesterséges UV-fényforrást használnak, amelyek közül a legelterjedtebbek a xenon lámpák és a UV-A-B fluoreszcens fénycsövek. A hullámhossz spektrális eloszlása szűrőkkel szabályozható, ezek segítségével reprodukálható az adott területet érő napsugárzás. A sugárzás hatására termális- és fotodegradációhoz hasonlóan oxidációs reakciók sorozata játszódik le, amelyek láncszakadást és térhálósodást idézhetnek elő. A reakciók végbemeneteléhez oxigénre van szükség, amely a felületről diffundál az anyagba. Mivel a diffúzió lassú folyamat, a degradáció nagyobb része a felülethez közeli viszony-

* BME Polimertechnika Tanszék, ronkay@pt.bme.hu

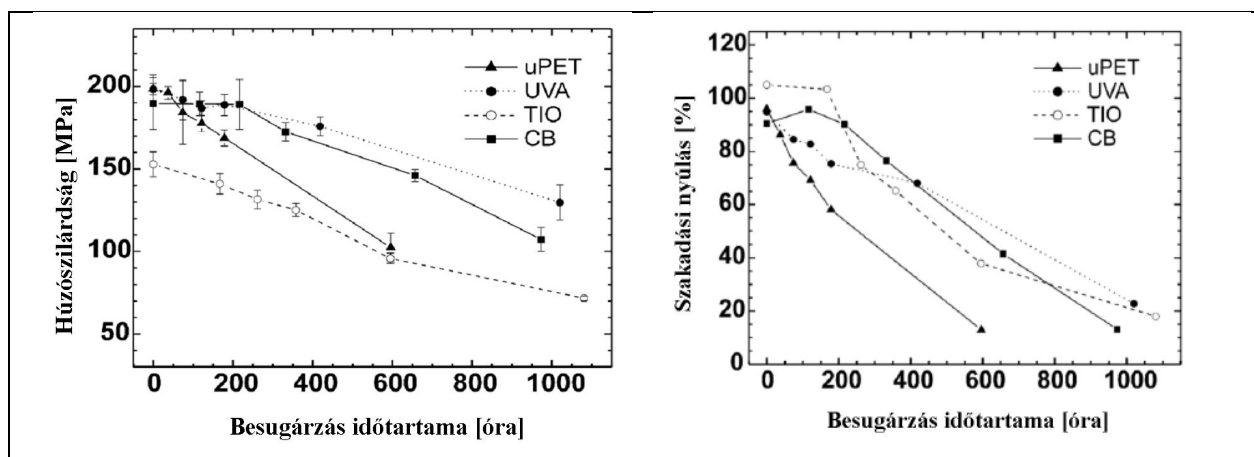
** Dr. egyetemi tanár, BME Polimertechnika Tanszék

lag vékony rétegben alakul ki, amely rideggé válik és könnyen törik [2]. Szívós polimerek esetében a húzó igénybevétel hatására a rideg felületi rétegben repedések jelennek meg, amelyek a belső (relatív) nem öregedett részt elérve az anyag gyorsabb tönkremenetelét okozhatják. Az öregítés idejét jelentősen megemelve az tapasztalható, hogy a degradálódott réteg annyira törékeny, ill. olyan csekély az adhéziója az alatta lévő anyaggal, hogy a benne kialakuló repedések nem képesek tovább terjedni a belső részbe [3]. Ebben az állapotban a szilárdság egy részének visszanyerése figyelhető meg [4].

A részben kristályos polimereknél megfigyelhető másodlagos kristályosodás szintén elsősorban a felületi rétegben történik. A jelenség folyamán a sűrűség nő, mivel a molekulák rendezettsége fokozódik az amorf területhez képest. Ennek hatására felületi réteg nagyobb mértékben zsugorodik, mint a belső területek, ami további járulékos feszültségek kialakulásához vezet [5].

Az agresszív környezeti tényezőknek kitett polimerek tulajdonságváltozását jelentősen lehet módosítani különböző adalékanyagok (UV abszorber, kvencserek, stb.) segítségével.

Arvidsson és társai [6] a PET fóliák UV stabilitását kutatták, három különböző adalékanyag (korom; titanium-dioxid és bárium-szulfát keverék; és Tinuvin 1577- UV abszorber) alkalmazásával. A vizsgálatok során UV-B fluoreszcens fénycsövet használtak, amely a napsugárzáshoz hasonló spektrális eloszlású sugárzást bocsátott ki a 280-390 nm-es sávban. A sugárzás intenzitása a minták felületén $3,2 \text{ W/m}^2$ volt. A mechanikai tulajdonságok elemzése során megállapították, hogy az adalékolatlan PET húzószilárdsága és nyúlása jelentősen csökkent az öregítés idejének függvényében. A titanium-dioxid alapú adalék jelentősen rontotta az anyag szilárdságát már az öregítést megelőzően is, a korom és az UV abszorber azonban mindkét tulajdonságot jelentősen javította (1. ábra).



1. ábra Adalékolatlan és különböző típusú adalékot tartalmazó PET próbatestek mechanikai tulajdonságainak változása az öregítés idejének függvényében.

a: a húzószilárdság változása

b: a nyúlás változása [6]

Figure 1 Change in the mechanical properties of PET specimens without additives and containing different additives as

a function aging time a: change in tensile strength

b: change in elongation

A kutatásunk célja az volt, hogy összehasonlítsuk a palack alapanyagul szolgáló PET granulátumból, és a PET palackok reciklálásából származó darálékból fröccsöntött próbatestek öregedését, elsősorban a mechanikai tulajdonságok változása alapján.

2. Vizsgált anyagok és vizsgálati módszerek

Méréseinkhez a Coca-Cola Beverages Kft. által használt eredeti PET granulátumból és a Lamba

Kft. által begyűjtött és tisztított palackok darálékából állítottam elő próbatesteket. Sem az eredeti, sem a reciklált anyagot nem módosítottuk semmilyen adalékkal. Kísérleteink során a „reciklált próbatesteket” végig ugyanabból az összetételű darálékból készítettük, így küszöbölve ki az összetétel vagy az adalékanyagok/stabilizátorok megváltozásából származó mérési eltéréseket. A reciklált próbatest előállítás első lépése a darálék extrudálása és granulálása volt, hogy az anyagot

előkészítjük a fröccsöntésre. Az extrudálás és a fröccsöntés előtt az anyagot 12 óráig 110 °C-on szárítottuk. Az extrudálást Brabender Plasti-Corder PL2100 típusú ikercsigás extruderrel végeztük, a zóna hőmérsékletek a garattól az extruder szer-
számig rendre: 244, 248, 244 és 242 °C voltak. A granulátumból Arburg Allrounder 270C típusú fröccsöntőgéppel állítottuk elő piskóta próbatesteket. A fröccsöntőgép zónahőmérsékletei: 235/240/245/250/255 °C, a fröccsnyomás 500 bar volt. A szerszámhűtés 23 °C-on történt 15 s-ig.

Magyarországon a legnagyobb sugárzásnak ki-
tett területen a globálisugárzás (290-2500 nm) átlagos értéke 4000-5000 MJ/m² között változik [7]. Ennek az UV tartományba (300-400 nm) eső része kb. 4% (180 MJ/m²), a látható fény (400-800 nm) tartományba eső része pedig 55% (2300 MJ/m²), a kettő összesen mintegy 2480 MJ/m². A rendelkezésemre álló Suntest CPS+ berendezés 300-800 nm között sugároz, 250-765 W/m² választható intenzitással. Tekintve, hogy egy átlagos derült nyári napon a sugárzás intenzitása elérheti az 1000 W/m²-t és ennek az UV, ill. a látható tartományba eső része 622 W/m², a berendezés intenzitását ennek a maximális értéknek a közelébe célszerű beállítani, az ISO 4892-2 szabvány is figyelembe véve: 545 W/m²-re. Az 545 W/m² a 300-800 nm-en 60 W/m²-nek felel meg 300-400 nm-re, ami jó közelítéssel adja az ISO 4892-2 szabványban előírt besugárzási értéket. Ezzel az intenzitással mintegy 6 hét alatt lehet az egy éves magyarországi nap-

fénysugárzást modellezni. A vizsgálati hőmérséklet 55 °C volt.

A próbatestek mechanikai tulajdonságainak (szilárdság, merevség, nyúlás) meghatározásához MSZ EN ISO 527-5:1997 szabvány szerinti szakítóvizsgálatot végeztünk, Zwick Z020 univerzális szakítógéppel, szobahőmérsékleten, 20 mm/perc szakítósebességek alkalmazásával. A vizsgált anyagok energiaelnyelő-képességének meghatározásához dinamikus mechanikai vizsgálatokat végeztünk Charpy-féle ütvehajlító mérőberendezés segítségével. A méréseket CEAST Resil Impactor Junior típusú ingás ütőművön végeztük, hárompontos dinamikus hajlítás üzemmódban. A vizsgálatoknál 15 J-os kalapácsot alkalmaztunk, 3,3 m/s sebességgel, az MSZ EN ISO 179 számú szabvány előírása szerinti.

Az entalpiaváltozást Perkin-Elmer DSC-2 típusú DSC készülékkel mértük 20 °C/perc felfűtési sebességgel, a kristályosság számolásánál lineáris alapvonal illesztést használtam. A teljesen kristályos anyag olvadáshőjét a szakirodalomból vettem át: 140 J/g [8].

3. Vizsgálati eredmények és értékelés

A vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat foglalja össze, a továbbiakban, csak a besugárzatlan anyaghoz képest fajlagosított változásokat értékeljük.

1. táblázat A mérési eredmények abszolút értéke

Table 1 Absolute values of the measurement results

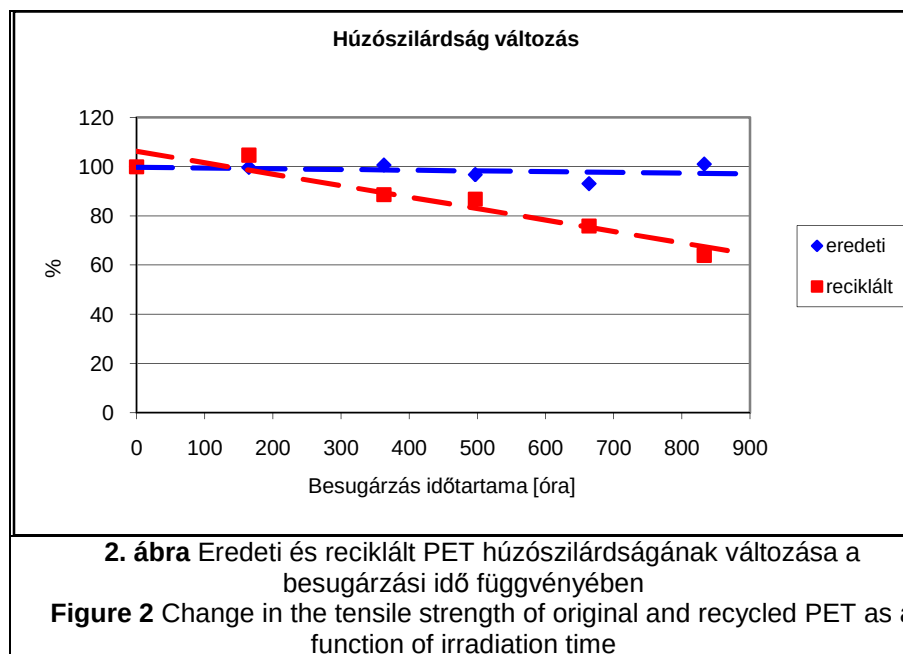
Besugárzás időtartama [óra]		0	165	363	497	664	833
Besugárzás mértéke [MJ/m ²]		0,00	316,60	697,55	953,99	1274,54	1600,00
Ütőszilárdság [J/mm ²]	eredeti	116,70	32,03	15,37	21,11	9,11	8,46
	reciklált	89,35	21,55	14,60	9,96	5,59	6,29
Húzószilárdság [MPa]	eredeti	70,02	69,83	70,50	67,80	65,18	70,82
	reciklált	70,98	74,38	62,94	61,65	53,89	45,42
Húzómerevség [MPa]	eredeti	2,05	2,27	2,26	2,18	2,38	2,23
	reciklált	2,30	2,42	2,35	2,25	2,54	2,32
Nyúlás [%]	eredeti	181,80	98,87	113,94	4,29	3,19	15,76
	reciklált	24,30	17,50	3,31	3,39	2,34	2,12
Kristályosság [%]	eredeti	7,40	11,51	15,13	16,95	20,12	24,91
	reciklált	18,790	20,51	24,89	26,50	32,11	33,49

A szakítóvizsgálatok alapján a maximális erőnél értelmezhető húzószilárdság változását összehasonlítva eredeti és reciklált PET esetében megál-

lapítható, hogy az eredeti anyag húzószilárdsága a besugárzási idő függvényében nem változik szignifikánsan, reciklált PET esetében azonban közel li-

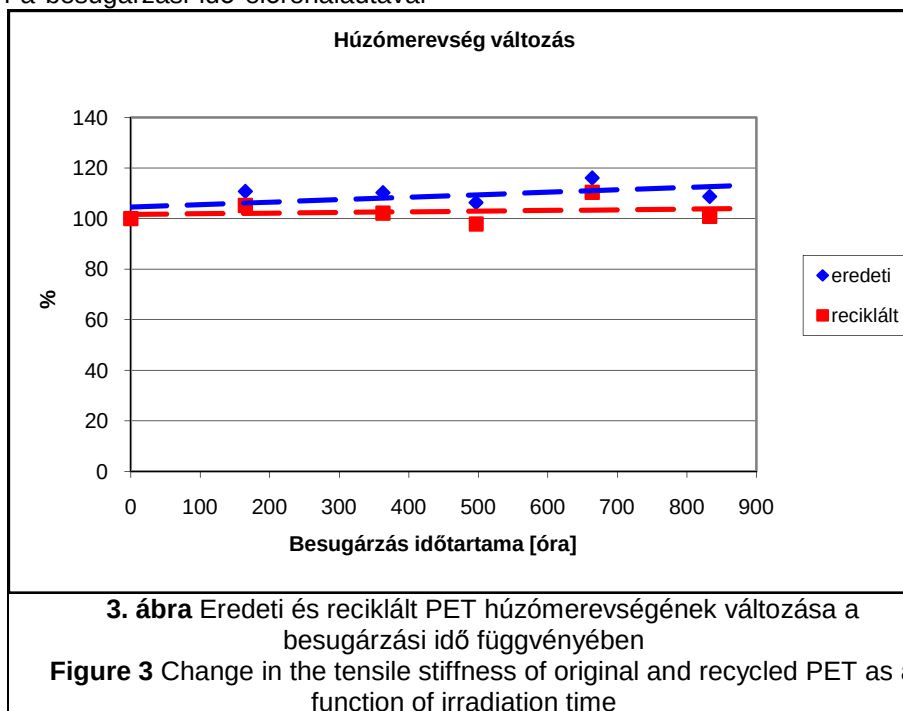
neárisan csökken (2. ábra). Ennek oka a reciklált anyag degradációja, vagyis molekulaláncainak nagyobb fokú tördelődése, illetve az ebből adódó el-

térő morfológia lehet. A szilárdságcsökkenés azonban a 833 órás besugárzást követően a másodlagos anyagnál sem haladja meg a 40%-ot



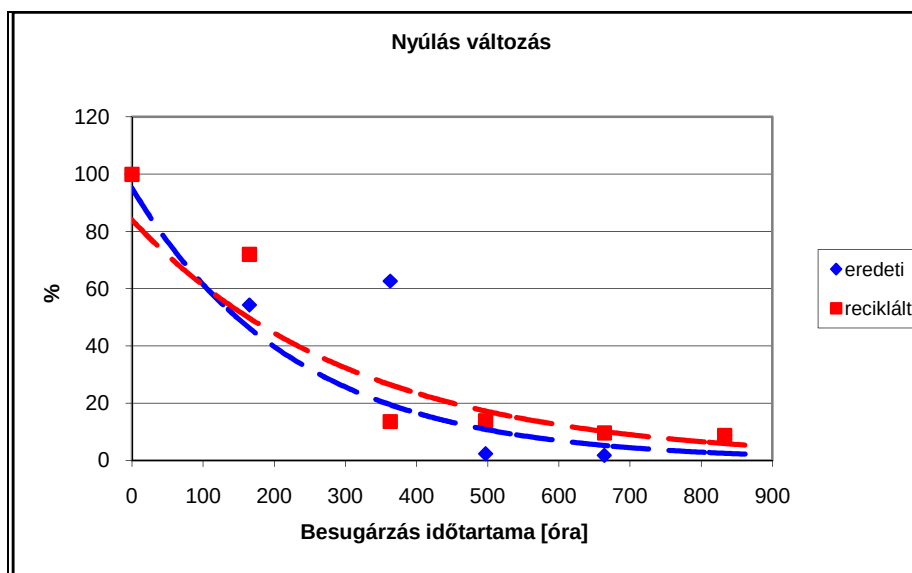
A húzómerevség eredeti anyagnál kis mértékben növekedett, míg reciklált anyagnál nem változott lényegesen a besugárzási idő előrehaladtával

(3. ábra). Az eredeti anyag növekménye csupán 10-15% volt a 833 órás besugárzásnál.

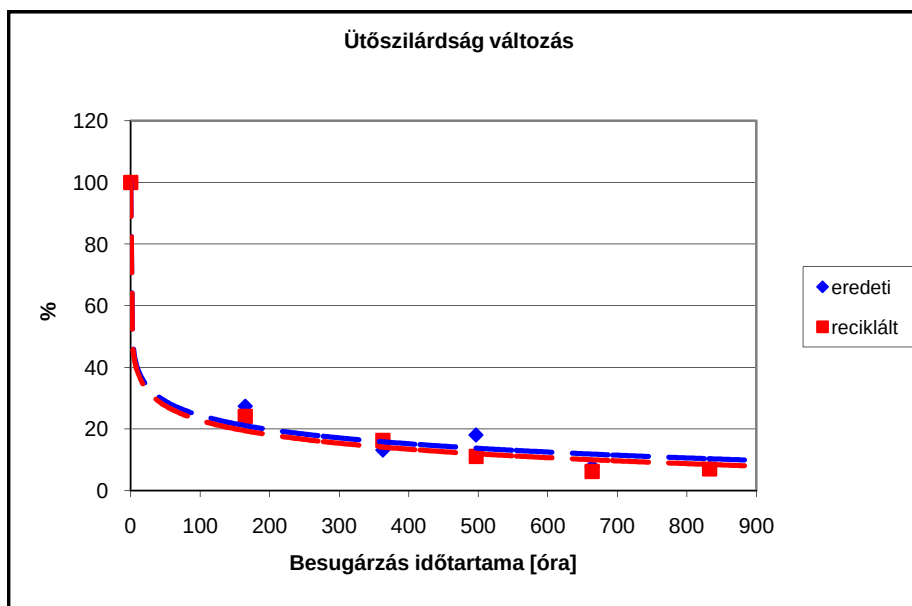


Szembevető változás mutatkozott viszont a próbatestek szakadási nyúlásának változásában. Mind az eredeti, mind a reciklált anyag nyúlása ex-

ponenciálisan csökkent, és mindkét esetben már 500 óra besugárzás után 80%-os esés volt tapasztalható a besugárzatlan anyaghoz képest.



4. ábra Eredeti és reciklált PET szakadási nyúlásának változása a besugárzási idő függvényében
Figure 4 Change in the tensile elongation of original and recycled PET as a function of irradiation time



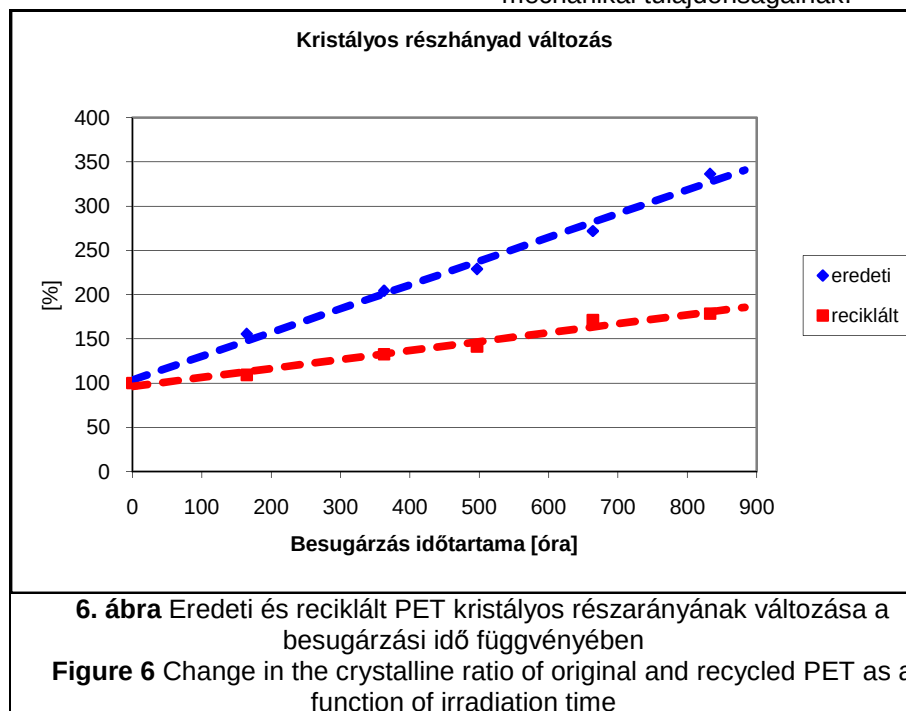
5. ábra Eredeti és reciklált PET ütőszilárdságának változása a besugárzási idő függvényében
Figure 5 Change in the impact strength of original and recycled PET as a function of irradiation time

Az ütésvizsgálat eredményei szintén drasztikus változást mutatnak. Az eredeti és a reciklált anyag ütőszilárdság-változása egymáshoz nagyon hasonló módon logaritmikus esést mutat. Már az első mérési pontban (165 óra besugárzásnál) 70%-os csökkenés figyelhető meg, amely a besugárzási idő növekedtével további csökkenést mutat. A 833 óra besugárzást követően a próbatestek csupán a besugárzatlan anyag ütőszilárdságának 10 százalékaival rendelkeztek.

A mechanikai tulajdonságokat elemezve megállapítható, hogy az eredeti és a reciklált anyag tulajdonságai a besugárzás során hasonlóan változ-

nak, csupán a húzószilárdság változásában tapasztaltunk eltérő viselkedést.

A próbatestek felszínéből kivágott mintákon vizsgáltuk a kristályos részarány változását. A 6. ábrán megfigyelhető, hogy a bár mindkét fajta anyag kristályossága közel lineárisan növekedett a besugárzási idő függvényében, az emelkedés üteme az eredeti anyagnál lényegesen nagyobb volt, mint a reciklált anyagnál. A húzószilárdság eltérő változására lehetséges magyarázat, hogy az eredeti anyag nagyobb fokú kristályos részarány változása kompenzálta a szilárdságcsökkenést, köszönhetően a rendezett, kristályos részek jobb mechanikai tulajdonságainak.



4. Összefoglalás

Méréseink során kimutattuk, hogy az eredeti, és az adalékoltatlan reciklált PET mechanikai tulajdonságai a besugárzás során hasonlóan változnak. A merevség nem változik szignifikánsan, a szakadási nyúlás és az ütőszilárdság azonban drasztikusan lecsökken. A húzószilárdság az eredeti anyagnál nem változik lényegesen, a reciklált anyagnál csökken. Az anyag felületének kristályosságát vizsgálva megállapítható, hogy a reciklált PET-nél kisebb az eredeti PET-nél pedig nagy fokú kristályosság részarány növekedés figyelhető meg.

5. Irodalomjegyzék

- [1] J. R. While: Polymer ageing: physics, chemistry or engineering? Time to reflect. C. R. Chimie 9 (2006), 1396-1408
- [2] T. J. Turton, J. R. White: Observation of different photo-degradation behaviour in two similar polypropylenes. Journal of Materials Science 36 (2001), 4617-4624
- [3] J. R. Li Tong, J. R. While: Photo-oxidation of thermoplastics in bending and in uniaxial compression. Polymer Degradation and Stability 53 (1996), 381-386
- [4] M. S. Rabello, J. R. While: The role of physical structure and morphology in the

photodegradation behaviour of polypropylene. Polymer Degradation and Stability 56 (1997), 55-73

[5] G. J. M. Fechine, M. S. Rabello, R. M. Souto-Maior: The effect of ultraviolet stabilizers on the photodegradation of poly(ethylene terephthalate). Polymer Degradation and Stability 75 (2002), 153-159

[6] A. Arvidsson, J. R. White: Densification of polystyrene under ultraviolet irradiation. Journal of Materials Science Letters 20 (2001), 2089-2090

[7] Országos Meteorológiai Szolgálat

[8] N. Torres, J.J. Robin, B. Boutevin: Study of thermal and mechanical properties of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate) before and after injection molding. European Polymer Journal, 36 (2000), 2075-2080.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani az Atlas, illetve az Atestor cégnek a rendelkezésemre bocsátott mérőberendezésért. A cikk megjelenését az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA PD 72722; OTKA NI 62729), a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (TÉT PL-9/2008) és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

MÉRÉSTECHNIKA

MEASURING TECHNICS

To Metrology and Beyond

New technical advances take industrial surface inspection to the next level

A metrológia és azon túl

Az új műszaki fejlesztések magasabb szintre emelik az ipari felületvizsgálatot

Michael Schiller

Kulcsszavak: konfokális lézer pásztázó mikroszkóp, metrológia, felbontás, nagyítás

Keywords: laser scanning confocal microscope, metrology, resolution, magnification

Introduction

In the modern industrial era, where perfection is expected by the customer, manufacturers are facing increasing pressure to produce components of the highest quality. This coupled with the push for miniaturisation and complexity adds pressure on the R&D and quality checking stages. New product output can therefore be slowed down as researchers check every novel component carefully before going to production. Traditionally, these microscopic features are viewed on instruments which leave a sample unusable after testing; the scanning electron microscope (SEM) for instance. Metrology requires the use of more than just an SEM though, with stereo microscopes and contact profilometers also featuring heavily. To eliminate the need for multiple instruments and destructive processes, a new metrology instrument has been developed by Olympus, which combines a conventional light microscope and a laser scanning confocal microscope.

Analyse, don't annihilate

Metrological analyses are best carried out using the finest possible resolution at a range of magnifications. At present, for many high magnification observations samples are viewed using an SEM. This is a time consuming and destructive process, since the sample must be broken up, coated with a conductive material and can only happen under a vacuum. SEM images also provide very limited opportunities for analysis, acting more as an observational tool than a measuring device. Before reaching the SEM stage, the sample may be viewed under a conventional stereo microscope to look for more obvious surface details. This microscope also acts as a useful tool during the preparation of a sample for SEM or contact profilometry.

OLYMPUS LIFE AND MATERIAL SCIENCE EUROPA GMBH
Microscopy Esther Ahrent Section Manager Marketing
Communication Tel: +49 40 2 37 73 – 5426 Fax: +49 40 2 37
73 – 647 E-mail: microscopy@olympus-europa.com

Bevezetés

A modern ipari korban, ahol a vásárlók tökéletességet várnak el, a gyártók folyamatosan növekvő nyomásnak vannak kitéve a legmagasabb minőségi szintű alkatrészek előállításában. Ehhez társul a miniaturizáció és komplexitás iránti igény, ami további terhet ró a Kutatás-Fejlesztésre és a Minősbiztosításra. Az új termékek piacéksz állapotának elérését késleltetheti, hogy a kutatóknak minden egyes új komponenst gondosan ellenőrizniük kell, mielőtt az gyártásba kerül. Hagyományosan ezen mikroszkopikus jellemzőket olyan műszereken vizsgálják, ahol a mintadarab a tesztet követően használhatatlanná válik. Ilyen például a pásztázó elektron mikroszkóp (Scanning Electron Microscope – SEM). A SEM mellett a metrológia további eszközök használatát is igényli, jelentős például a sztereó mikroszkópok és a profilométerek szerepe. A különböző mérő eszközök és roncsolással járó folyamatok kiküszöbölésére az Olympus kifejlesztett egy új metrológiai műszert, ami egyesíti a hagyományos fénymikroszkóp és a konfokális lézer pásztázó mikroszkóp (confocal Laser Scanning Microscope – CLSM) előnyeit.

Elemezz, ne roncsolj

A metrológiai elemzések legjobb kivitelezése a használt nagyításhoz tartozó legfinomabb felbontás mellett történhet. Jelenleg a nagy nagyítást igénylő vizsgálatok körében a SEM technológia a jellemző. Ez egy időigényes és roncsolással járó eljárás, mivel a vizsgálni kívánt mintát el kell törni, a felületét be kell vonni vezető anyaggal, ráadásul csak vákuumban végezhető el a vizsgálat. A SEM módszerrel készített képek nagyon csekély mértékben alkalmasak további elemzések kivitelezésére, így inkább vizuális vizsgálati eszköznek, semmint mérőeszköznek tekinthető. A SEM vizsgálatra alkalmas mintaállapot előtt a vizsgálni kívánt tárgy megtekinthető hagyományos sztereó mikroszkóp segítségével, a nyilvánvaló felületi részletek azonosítása érdekében.

The LEXT is designed to essentially replace these three different tools with one single solution. This has required the application of a number of technical advances which allow the system to move easily from lowest magnification – 120x, to the highest 14,400x, whilst providing peerless resolution and analysis capabilities.



1. ábra. Olympus LEXT – Nagy felbontású 3D felületi profil vizsgálat és mérés UV-lézer alapú konfokális mikroszkóppal

Figure 1: Olympus LEXT – High resolution 3D surface profile observation and measurement with UV-laser confocal microscopy

Larger & Clearer

At 120x the LEXT system overlaps with the magnification provided by stereo microscopes making it easy to carry out initial observation of conspicuous surface details. Areas of interest can then be viewed at much higher magnifications (up to 14,400x) which overlap with SEM, by moving through a series of automated parfocal objectives. These are designed so that when changing magnification, no re-focusing is required. This means that keeping track of a specific feature is much easier than normal and also that the user can get as close as they want to the sample without breaking it apart or causing any other damage.

Standard laser confocal systems can achieve resolutions down to 200nm, but the technological advances in the LEXT allow it to reach as low as 120nm in x-y-direction. Moreover, resolution on the Z-axis is 10nm, due to the use of a new mathematical algorithm and the finely controlled movement of the nosepiece rather than the object stage. In addition, the LEXT used a 408nm laser-diode with newly designed and calibrated optical components, which have excellent transmission across the entire visible spectrum.

Ez a fajta mikroszkóp egyben hasznos segéd-eszköz a SEM vagy érintéses profilometria területén alkalmazott minta-előkészítés során is. A LEXT műszert alapvetően arra tervezték, hogy a fenti három különböző eszközt egyetlen megoldásban váltsa. Ez technikai fejlesztések sorának alkalmazását tette szükségessé, ami lehetővé teszi a rendszer számára a legkisebb nagyítástól (120x) a legnagyobb nagyításig (14.400x) történő egyszerű átállást, miközben mindvégig páratlan felbontást és elemzési lehetőségeket biztosít.

Nagyobb & Tisztább

A 120x nagyításnál a LEXT rendszer a sztereó mikroszkópok által használt nagyítási tartományban dolgozik, lehetővé téve a feltűnő felületi részletek egyszerű előszűrését. Az érdekes területek sokkal nagyobb nagyítás (akár 14.400x) használatával is vizsgálhatóak, ami pedig már a SEM által használt nagyítási tartományba esik, mindez parfokális objektívek automatikus váltása segítségével. Ezen objektívsorok úgy lettek megtervezve, hogy a nagyítás változtatása során ne legyen szükség a helyes fókuszpozíció ismételt beállítására. Ez lehetővé teszi például egy specifikus jellemző egyszerű nyomon követését, valamint biztosítja, hogy a felhasználó bármilyen közel is megy a mintához a nagyítás növelése során, nem tudja megromcsolni sem a mintát, sem pedig a műszert.

A hagyományos konfokális lézer pásztázó rendszerek felbontóképessége elérheti a 200 nm-t, azonban a LEXT rendszerrel alkalmazott technikai újítások lehetővé tették a 120 nm-es felbontás elérését is X-Y irányban. E mellett a Z-irányú felbontás 10nm az új matematikai algoritmusok használatának és a tárgyasztal helyett az objektívrevolver finom mozgatásának köszönhetően. Ezekhez társul a LEXT által használt 408nm lézerdióda, ami természetesen szükségessé tette az optikai komponensek újratervelését és kalibrálását. Utóbbiaknak kiváló áteresztési tulajdonságai vannak a teljes látható hullámhossztartományban.

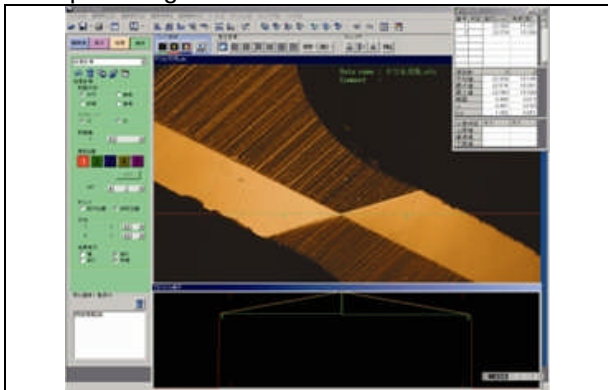
Megjelenítés

E széles nagyítási tartomány lefedése a parfokális objektívek használatával, valamint a hagyományos konfokális lézer pásztázó mikroszkóp technológia alkalmazása együtt nagyban megkönnyíti a LEXT rendszeren történő mintavizsgálatot. A tárgyasztal teherbírása lehetővé teszi akár a 10kg tömegű és 100mm magasságú minták vizsgálatát is, így egy teljes féktárcsa vagy turbina lapát is éppen olyan könnyen elemezhető, mint egy

Visualisation

By covering such a wide magnification range with parfocal objectives and combining a conventional and laser confocal microscope, viewing a sample on this system is very easy. The stage can handle items up to 10kg in weight and 100mm in height, and therefore a complete brake disc or turbine blade can be analysed with the same ease as a micro-electromechanical system (MEMS) device. Using conventional microscopy specific features of a surface can be quickly identified at low magnification. The areas of interest can then be magnified further and analysed using a plethora of powerful, confocal microscopy-based observation and measurement tools.

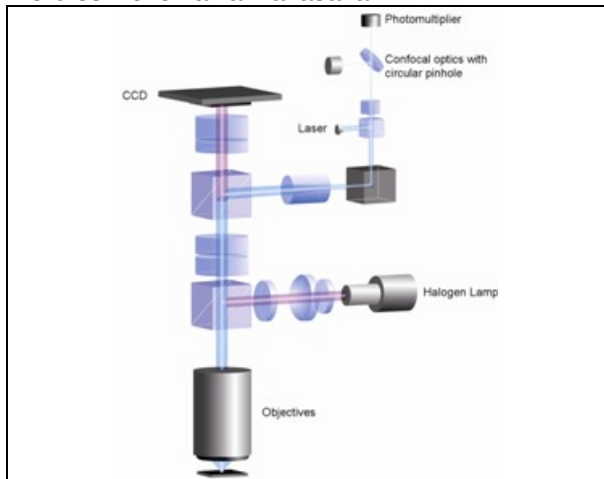
With the majority of surfaces being analysed for contours, special techniques need to be employed at high magnifications since there is very little depth of focus. The LEXT uses confocal optics, each optical slice consists only of in-focus pixels and therefore, by simply combining a stack into one image, a perfect 2D representation of the entire feature is formed. For many of the analyses carried out using LEXT though, it is important to see the object in 3D detail and therefore these same optical slices can easily be arranged into a highly accurate 3D image. Most confocal microscopes carry out these processes post-capture and therefore there is a significant delay between taking the images and seeing the result. Once the top and bottom of the stack has been set the LEXT does not have this delay since it uses a specialised MEMS-based scanning unit and advanced software providing real-time observation.



3. ábra. Ultra precíz fúrás, mélység és szögmérés

Figure 3: Ultra precise drill, depth and angle measurement

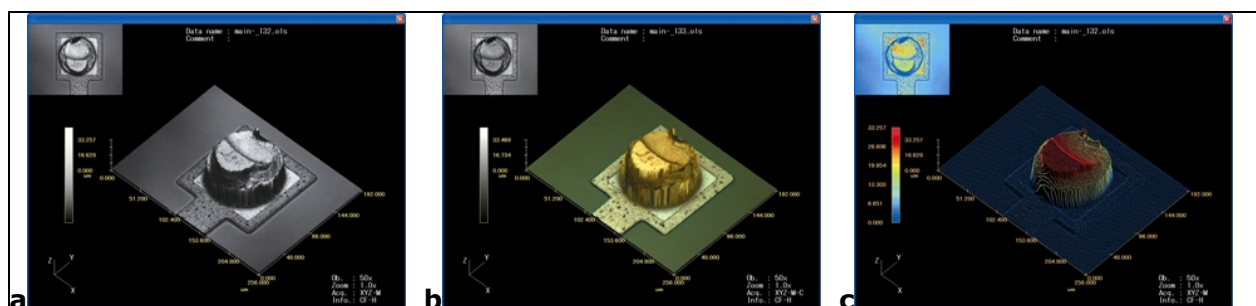
mikro-elektromechanikus rendszer (MEMS) eszköz. A hagyományos mikroszkópia használatával egy felület specifikus jellemzői gyorsan azonosíthatók kis nagyításon. Az érdekes területek ezután tovább vizsgálhatók nagyobb nagyításon a konfokális mikroszkóp-alapú erőteljes vizsgáló és mérő eszközök alkalmazásával.



2. ábra. Egyesített 408 nm-es LSM és hagyományos mikroszkóp optikai rendszere

Figure 2: Combined 408 nm laser confocal and microscope optical system

A kontúrok szempontjából elemzett felületek nagy többségénél speciális technikákat kell alkalmazni nagy nagyításoknál, mivel a mélységélesség nagyon kicsi. A LEXT rendszer konfokális optikai elrendezést használ, amely leképezés során minden optikai szelet kizárólag fókuszban lévő képpontokat (pixel) tartalmaz, ezáltal az azonos XY-pozícióban elkészített Z-irányú képsorozat tagjait egyesítve a leképezett jellemző tökéletes 2D megfelelője nyerhető. E mellett sok LEXT alkalmazás szempontjából fontos az objektumok 3D részleteinek vizsgálata is, ami ugyanezen optikai szeletek használatával nagy pontossággal egyszerűen rekonstruálható 3D képpé. A legtöbb konfokális mikroszkóp ezen műveleteket a képpalkotást követően végzi el, jelentős késést okozva a képpalkotás és a látható eredmény között. Amint a Z-irányú képsorozat alsó és felső határa definiálva van, a LEXT automatikusan, késedelem nélkül végzi a képpalkotást és a 3D rekonstrukciót, amire a speciális MEMS-alapú pásztázó egység és a fejlett valósidejű vizsgálatot lehetővé tevő szoftver teszi képessé.



4. ábra IC Stud Bump: B) valódi színű 3D kép; C) 3D rácshálós kép színekódolt magassági információval; A) 3D szürkeárnyaltos kép

Figure 4: IC Stud Bump:

a) real colour 3D image; b) 3D wireframe image with colour coded height information; C) 3D greyscale image

Analysis and reporting

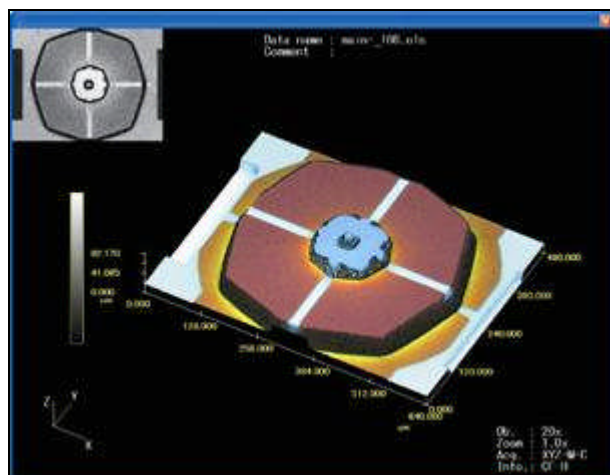
The images produced can be shown in a number of different ways. Not only the standard 2D and 3D images mentioned above, but also as wire mesh and colour contour images. The user can then select areas or cross sections to analyse for height, length, angle and volume data as well as surface roughness. Another impressive feature is the ability to combine the conventional microscopy channel output with that of the laser confocal; this means that true colour can be used to show clearer contrast. This is especially useful if a sample consists of a number of areas at equal heights, but made from different materials. This type of analysis cannot be completed on SEM since the surfaces are all coated with the same compound and therefore would appear to have the same height.

With repeatability and traceability key to the auditing of most manufacturing and R&D procedures, it is essential that any measuring instrument can store the correct information about each and every procedure. This must also be available in printed reports. All analyses completed by the LEXT system conform to international standards such as the United Kingdom Accreditation Service (UKAS), the Japan Quality Assurance Organisation (JQA) and the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Bespoke standards can also be programmed into the system without limiting its operability. Comprehensive reporting via a built-in facility provides users with the flexibility to include all of the data required in a consistent format.

Elemzés és jegyzőkönyv-készítés

Az elkészített képek számos különböző módon megjeleníthetők. Nem csupán a fent említett hagyományos 2D és 3D képek, hanem azokra illesztett rácshálós és színes kontúrképek formájában is. A felhasználó kiválaszthat területeket vagy keresztmetszeteket a magasság, hossz, szög és térfogati adatok elemzéséhez éppúgy, mint akár a felületi durvaság meghatározásához. A rendszer egy másik jelentős jellemzője az a képesség, hogy a hagyományos mikroszkóp módban készített képet egyesíteni képes a konfokális lézerpásztázó módban készült képpel. Ez azt jelenti, hogy valódi színek jeleníthetők meg a részlet gazdag konfokális képre szuperponálva a nagyobb kontraszt elérése érdekében. Ez különösen akkor hasznos, ha a minta több területének is azonos a magassága, de más az anyaga. Ilyen típusú elemzés nem végezhető a SEM eljárással, hiszen ott minden felület azonos összetevőjű bevonatot kap, így látszólag mindennek azonos a magassága.

Mivel a megismételhetőség és a nyomon követhetőség alapvető fontosságú a gyártási és kutatás-fejlesztési folyamatok többségénél, szükséges, hogy minden mérő műszer el tudja tárolni a megfelelő információkat minden egyes folyamatról. Ennek nyomtatott jegyzőkönyvi formában is elérhetőnek kell lennie. A LEXT rendszerrel végzett minden elemzés megfelel a nemzetközi szabványoknak, amilyen például a United Kingdom Accreditation Service (UKAS), a Japan Quality Assurance Organisation (JQA) és a Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). A felhasználó által meghatározott szabványok is alkalmazhatóak a rendszer



5. ábra. MEMS, valódi színű 3D kép
Figure 5: MEMS, real colour 3D image

Conclusions

Whether analysing the roughness of a vehicle brake disc or the angular intricacies of a MEMS micro-weld, the observations required should not cause any damage to the sample – especially during R&D stages where there is often only one unit. Many current procedures though, do exactly this which can escalate the development and production costs. The application of unique optics and specialised mathematical algorithms is set to change all this in the new LEXT from Olympus. Full metrological analysis may currently require the use of a stereo microscope, SEM and contact profilometer. The LEXT can essentially do the work of all three instruments since it covers a magnification range which overlaps with both stereo and scanning electron microscopes. It is also capable of very comprehensive analysis conforming to all international standards and replaces the need for a contact profilometer.

ben anélkül, hogy az annak működését bármilyen formában is korlátozná. Átfogó és rugalmas jegyzőkönyv-készítő modul áll rendelkezésre, aminek segítségével a felhasználó minden szükségesnek ítélt adatot konzisztens formában összegezhethet a jelentésben.

Összegzés

Akár egy gépjármű féktárcsájának durvaság-vizsgálatáról, akár egy MEMS mikro-hegesztés bonyolult részleteinek vizsgálatáról van szó, a szükséges vizsgálatnak kerülnie érdemes a minta roncsolásával járó eljárásokat – különösen azokon a kutatás-fejlesztési területeken, ahol gyakran csak egy vizsgálható egység áll rendelkezésre. Számos jelenlegi eljárás ennek ellenére pontosan ezt teszi, jelentősen növelve a fejlesztés időtartamát és a gyártási költségeket. Az Olympus LEXT rendszerben megjelenő egyedülálló optika és speciális matematikai algoritmusok alkalmazása ennek a megváltoztatására hivatott. Egy teljes metrológiai elemzéshez jelenleg szükség lehet egy sztereó mikroszkópra, SEM-re és kontakt profilométerre. A LEXT lényegében mindhárom műszer munkáját képes kiváltani önmagában, mivel a nagyítási tartománya átfedi a sztereó- és a pásztázó elektron mikroszkópok közötti intervallumot. Képes átfogó elemzések végrehajtására, ami minden nemzetközi szabványnak megfelel és kiváltja a kontakt profilométer szükségességét.

BEMUTETJUK A LABORT

LABORATORY IS INTRODUCED

Anyagvizsgálat Csepelen – Az AGMI ZRt története
Material testing in Csepel – The history of AGMI Pte Co. Ltd.

Rózsavölgyi Zsolt

Kulcsszavak: AGMI, anyagvizsgálat, anyagvizsgálat története, Csepel Művek

Keywords: AGMI, material testing, history of material testing, Csepel Works



1983–2008

Summary

AGMI Material Testing and Quality Management Pte Co. Ltd. celebrate the 25th year of his independent existence this year. Many changes occurred in the life of the company during this period but its past together with industrial experience and relations gave background to the continuous renewal. This article presents the history of AGMI from the very beginning of the Hungarian material testing through the ages of the Csepel Iron and Metal Works till the modern and flexible company of nowadays.

A kezdetektől a második világháború végéig

Az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt. idén ünnepli önálló létének 25 éves évfordulóját. Ez a negyed század számos változást hozott vagy kényszerített ki a társaság életében, de a folytonos megújuláshoz és átalakuláshoz háttérrel biztosított múltja, az évtizedek során felhalmozott ipari, szakmai kapcsolatrendszer és tapasztalat.

Amikor Weiss Manfréd 1892-ben gyárat alapított Csepelen – a magyar ipar egyik aranykorában – számtalan új technológia és termék látta meg a napvilágot. A hazai ipar ebben az időben már világhírű volt mozdony- és járműgyártásáról, malom- és textilipari berendezéseiről, gépipari termékeiről, mezőgazdasági terményeiről. Ezt az általános fellendülést lovagolta meg a gyár, és később ügyes üzletpolitikájának, folyamatosan újító, kísérletező tevékenységének köszönhetően fejlődött töretlenül a második világháborúig. Kétségtelenül nagy szerepet játszottak e fejlődésben a hadiipari megrendelések, de éppen ez adta biztos és kimeríthetetlen háttérét a termelő, gyártó munkához szorosan hozzátartozó saját alapanyaggyártás, minőségbiztosítás és minőségellenőrzés fejlesztéséhez.

AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt.

A Weiss Manfréd Művek központosított anyagvizsgáló részlege az úgynevezett kislaborból fejlődött ki az 1930-as évek végén, a háborús készülődéssel összefüggő repülőgépgyártás igényeire alapozva. Természetesen ez előtt is létezett anyagvizsgálat az egyes üzemeknél, de jórészt csak a gyártás közben történő minőségellenőrzés szolgálatában álltak a különálló laboratóriumok.

A fejlesztéshez-fejlődéshez szükség volt a háttértudományok fejlődésére is. A mai korszerű, matematikai és fizikai alapokon nyugvó anyagvizsgálat a XIX–XX század fordulóján indult nagyarányú fejlődésnek, melynek magyarországi képviselői a világ élvonalába tartoztak már akkor is. Számos új eljárás látott napvilágot a XX. század elején, melyek mára mindennapi gyakorlatnak számítanak (röntgen és izotóp vizsgálatok, színeképelemzés, korszerű optikai metallográfia és a roncsolásmentes vizsgálatok egy része).

E tevékenységet egy csoportba, közös irányítás alá fogva alakult ki a csepeli anyagvizsgálat bázisa. Ekkor épült a mai igazgatósági és anyagvizsgáló épület is. Ez az időszak szerencsés módon együtt járt a laboratóriumok korszerű anyagvizsgáló eszközökkel történő felszerelésével, melyek közül több a mai napig is mindennapi használatban álló ipari emlék, és feladatát a mai kor igényeit is kielégítve maradéktalanul elvégzi. Ilyen gép pl. a nagy terhelésnek kitett alkatrészek és anyaguk vizsgálatára üzembe állított 1000 kN-os Mohr-Federhaff szakítógépet, a Zeiss spektrográfok, keménységmérők, illetve fárasztógépek.

A tervgazdaság évtizedei

A második világháború mély pusztítást okozott a csepeli iparterületeken. A gépek egy része szerencsésen átvészelt a harci cselekményeket, köszönhetően az akkori dolgozók lelkiismeretes mentőakcióinak. Az anyagvizsgálat ismételt virágkora már a tervgazdaság keretein belül jött el. Az erőteljes ipari fejlesztés megkövetelte, hogy a szakemberek lépést tartsanak az előállított termékek szá-

ma és sokszínűsége által megkövetelt igényeknek, azokat új eljárásokkal vizsgálják és minősítik. Folyt a tömegtermelés (acél, színesfémek, hengerelt és kovácsolt termékek), volt varrógép, bicikli és motorkerékpár gyártás, egyedi gépgyártás, hegesztő elektróda előállítás... Ebben az időszakban hódított teret a színeképelemzés, itt alakították ki az ország egyik első ipari röntgenlaboratóriumát, mindennapos gyakorlattá váltak a metallográfiai vizsgálatok, a mágneses repedésvizsgálat és az 50-es években megjelentek az első ultrahangos anyagvizsgáló készülékek. Az 50-es, 60-as és 70-es években dolgoztak és alkottak a cégnél Széki Pálma és Dr. Török Tibor Kossuth-díjasok, Dr. Réti Pál, Varga Károly, Dr. Hegedűs Zoltán, Szeimann Sándor, Lehofer Kornél és még számos országos hírnő szakember.

A trösztí időszakban nemcsak a szakismeretek gyarapodtak, hanem országosan is egyedülálló eszközök, laboratóriumok, tevékenységek kerültek kialakításra. Példaként említhető a felbecsülhetetlen értékű etalon-gyűjtemény, a kerékpárok farsztásához felszerelt laboratórium, kúszásvizsgáló kemencék vagy az anyagvizsgálati eszköz- és próbatest gyártást helyben biztosító forgácsoló műhely. A laboratóriumok feladata nemcsak kimondottan a laboratóriumi vagy helyszíni anyagvizsgálat és minőségellenőrzés volt, hanem lehetőség nyílt részt venni számos kutatási feladatban is. Acél- és alapanyaggyártás továbbfejlesztése, szerszámacélok hőkezelése, berendezések maradék élettartam számításai, hőkezelési és kifáradási vizsgálatssorozatok és még számos szakterületi elemzés szolgálta a Fémteni és Technológiai Kutató Intézet keretein belül a gyár saját fejlesztési igényeit.

A társaság megalakulása és mai élete

A 80-as évek elején lassan megváltozó ipari környezet, a vállalat szaktudása és kapacitása lehetővé tette a tröszt keretein kívül jelentkező néhány munka elvégzését is, ezzel előkészítve az 1983 júniusában bekövetkezett átalakítást. Ekkor az Ipari Minisztérium Anyagvizsgáló és Gépipari Minőségellenőrző Intézet néven önálló állami vállalatot alapított, melynek első vezetője Dr. Markó József lett. A vállalat a Csepel Művek Tervező és Kutató Intézete anyagvizsgálati és minőségellenőrzési szolgáltatást végző részlegeiből alakult, annak eszközparkjával és szakember gárdájával. A szervezeti átalakítás lehetőséget teremtett a piaci alapokon történő működésre, gyáron kívüli munkák megszerzéséhez és új tevékenységi körök bevezetésére.

A rendszerváltás és az ezzel együtt járó gazdasági leépülés és piacvesztés a céget is komolyan sújtotta. Az 1992-ben történt részvénytársasággá alakulás és a cég MRP (Munkavállalói Rész tulajdonosi Program) privatizációja biztosította, hogy a cég részvényeinek döntő többsége a vállalat munkatársainál maradt. Szakmai téren újabb siker e korszakból, hogy a Magyar Szabványügyi Hivatal az országban első között akkreditálta a céget, majd nem sokkal később az angolszász területen honos NAMAS / UKAS tanúsítás megszerzésére is sor került. A társaság folyamatosan törekszik újabb tanúsítások és kijelölések megszerzésére. Ennek keretében kapta meg a Felnőttképzési Akkreditáló Testület intézmény-akkreditációs tanúsítványát az oktatásszervezés és felnőttképzés területén, a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium kijelölését játszótéri eszközök biztonságtechnikai felülvizsgálatára, a Magyar Szabványügyi Testület tanúsítását műszaki felügyeleti és szakértői tevékenység folytatására, illetve a Paksi Atomerőmű Zrt. minősítését anyagvizsgálati és szakértői tevékenységre.

A trösztí időkben csak egy megrendelője lehetett a cégnek, viszont a mai széles tevékenységi körének bázisát már a teljes hazai ipar adja. Éves szinten öt-hatszáz partnerrel áll folyamatos kapcsolatban a társaság, a piaci igényekhez folyamatosan igazodva. Klasszikus anyagvizsgálat (1. ábra), gépipari berendezések és alapanyagok vizsgálata, erőműves és vegyipari berendezések állapotvizsgálata, maradék élettartam becslése, károsodási módjainak vizsgálata, hibaok feltáró vizsgálatok, analitikai elemzések, környezetvédelmi mérések, alkatrész- és anyagvizsgálati próbatest gyártás, oktatás-rendezvénysszervezés (2. ábra), együttműködés felsőoktatási intézményekkel mindmind mindennapos elfoglaltságot, leterhelést biztosítanak a laboratóriumi és helyszíni munkavégzés során egyaránt.

A piaci változásokat és a világban megjelenő új vizsgálati technológiákat követve olyan eljárások kerültek meghonosításra a közelmúltban, mint például az örvényáramos vizsgálatok széles köre, a kockázatalapú karbantartás háttérét biztosító anyagvizsgálatok, műszerezett szakítóvizsgálatok, környezetvédelmi szolgáltatások. A társaság stratégiai célja – mely szerint az ipar legkorrektebb, szakmailag igényes szolgáltató partnere kíván lenni, illetve jelmondata, hogy a minőség megéri – biztos alapot ad arra, hogy olyan országos beruházásokhoz kapcsolódhasson, mint a közelmúltban megépült Duna hidak gyártásközi és szerelési vizsgálatai (3. ábra), országos köolaj-ipari beruházások, autópálya és bevásárlóközpontok építése,

paksi, csepeli és százhalombattai erőművek rendszeres állapotvizsgálata. Az Európai Unió által is támogatott pályázatokon történő sikeres részvétel is lehetőséget biztosított az eszközpark fejlesztésére és új tevékenységi körök bevezetéséhez.



1. ábra Az ország egyik legnagyobb, 1500 kN kapacitású szakítógépe működés közben
Figure 1 One of the highest 1500 kN capacity tensile testing machine of Hungary in operation

A cég rendszeresen képviselteti magát a hazai szakmai konferenciákon, publikációkkal a szakfolyóiratokban, feladatának tekinti a szakmai kultúra továbbvitelét és tevékenységének megismertetését tanulókkal, diplomatervezőkkel és nyári gyakorlatos hallgatókkal.

A jövő

A jövő csak az anyagvizsgálati és minőségellenőrzési tevékenység színvonalának folyamatos növelése mellett képzelhető el, alkalmazkodva a piaci környezet változásaihoz. A hatékonyság javítását szolgálják a vizsgálóeszköz beszerzések, valamint a stabilitás fenntartását a marketing munka és részvétel újabb pályázatokon, versenykiírásokon. A társaság folyamatosan kapcsolódni kíván országos nagyberuházásokhoz, meghonosítva új vizsgálati technológiákat, eljárásokat és egy új, minőség szempontjából igényesebb szemléletet.



2. ábra Biztonságtechnikai szakemberek képzése az Oktatási Osztályon
Figure 2 Training of safety supervisors at the Educational Department



3. ábra Helyszíni roncsolásmentes anyagvizsgálat az épülő új Duna hídon
Figure 3 NDT of the new Danube bridge part on site

Az AGMI ZRt. egyik legfontosabb előnye, hogy semleges, pártatlan, mindenkitől független, a Nemzeti Akkreditáló Testület által elismert anyagvizsgáló és minőségellenőrző intézet, országosan egyedülálló szaktudással és vizsgálati kapacitással. Az 1983-as átalakulás óta eltelt 25 év, a fentiek és a cég múltjának szem előtt tartása a lelkiismeretes szakember gárdával hosszabb távon adja biztosítékát e különleges háttérpar fennmaradásának és további fejlődésének.

BEMUTETJUK A LABORT

LABORATORY IS INTRODUCED

Káresetek vizsgálati tapasztalatai az AGMI ZRt-ben

Experiences in failure analysis at AGMI Pte Co. Ltd.

Majoros András, Klausz Gábor

Kulcsszavak: hibavizsgálat, roncsolásmentes vizsgálat, mechanikai vizsgálat, metallográfiai elemzés

Keywords: failure analysis, non destructive testing, mechanical test, metallographic examination

Abstract

As an independent company, AGMI Material Testing and Quality Management Pte Co. Ltd. often gets orders to investigate various industrial or other failures. Like an outsider our role is to present our own results in controversial matters. Our relation with the failure itself is also independence because we are not standing either on the manufacturer's side nor the operator's side. This paper presents the failure analysis of a broken down electrical rotating machine and based on the relative high number of investigations we have done in the previous times the lessons of the failure examinations are also summarized.

Bevezetés

Társaságunk az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt. független anyagvizsgáló szervezetként gyakran kap megbízást különböző ipari vagy egyéb káresemény kivizsgálására. Azt is mondhatnánk, hogy egy kívülállóként, csúnyábban fogalmazva kibicként kapcsolódunk be és mondunk véleményt egy-egy általában vitás ügy kapcsán, hiszen nem gyártóként és nem is üzemeltetőként kerülünk kapcsolatba egy-egy káreseménnyel.

Ennek megvannak persze az előnyei, de természetesen a hátrányai is.

Évente 80-100 olyan megbízást kapunk, amikor ilyen jellegű megbízással keresnek meg bennünket. A megbízók között egyaránt megtalálhatók a gyártók, az üzemeltetők de rendőri és bírósági szervezetek is, és a megbízók iparág szintű szűkítése is nehezen lenne elvégezhető.

Cikkünkben egy villamos forgógép konkrét ipari káresetét mutatjuk be, de a viszonylag nagyszámú káresetvizsgálat során szerzett tapasztalataink alapján e tevékenység nehézségeit és a káresetek

tanulságait is megpróbáljuk összefoglalni, tökéletesen egyetértve azzal a magyar közmondással, hogy „Tanuljunk a más kárából!”.

A hibavizsgálatok sajátosságai

Ilyen jellegű munkák során sokféle körülménnyel találja szembe magát az anyagvizsgáló, amelyek e tevékenység szépségét de egyben a nehézségét is adják:

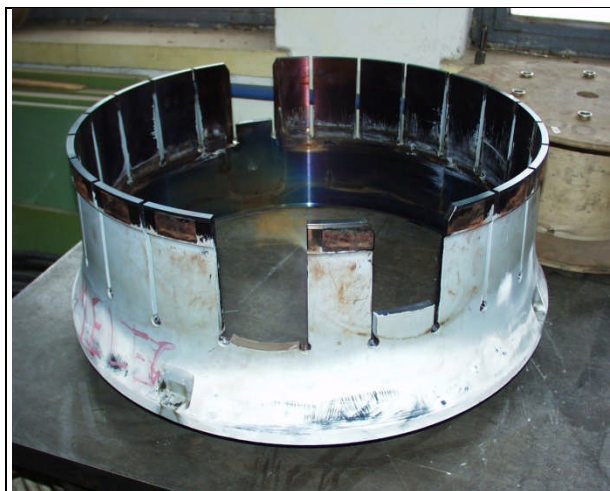
- a közvetlen „károkozó” nem minden esetben nyilvánvaló és hozzáférhető/vizsgálható (pld. fogaskerék-hajtómű),
- a meghibásodás pontos körülményei, az érintett elemek előélete, a tervezési szempontok sokszor ismeretlenek maradnak,
- gyakori, hogy a káresemény több hatás következménye, és általában ezek súlya/rangsorolása kiegészítő kísérletekkel nem megállapítható,
- igen sokoldalú ismeretanyag szükséges (anyag-, gyártástechnológiai-, üzemeltetési-, stb.) már a pontos diagnózis felállításához, hát még a megelőző tennivalók felsorolásához,
- nem ritka a káreseményben érintettek ellenérdekeltsége, hiszen a kártérítés összege nem inspirál mindenkit a kockázat csökkentésére ⇨ tények elhallgatása/meghamisítása.

E kissé teoretikusnak tűnő összefoglalás után, amelynek elemeivel azért szinte minden hibavizsgálat esetén szembesülünk, lássunk egy konkrét káreseményt.

Egy megtörtént káresemény kivizsgálási lépései és eredményei

A káresemény egy villamos forgógépen következett be, az 1. ábrán látható alkatrész, egy úgynevezett rugalmas központozító gyűrű törése miatt. Az alkatrész egy körülbelül 8 m hosszú, 3000 ford/perc fordulatszámú forgórész tengelyére, zsuporkötéssel van felerősítve.

* Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt.

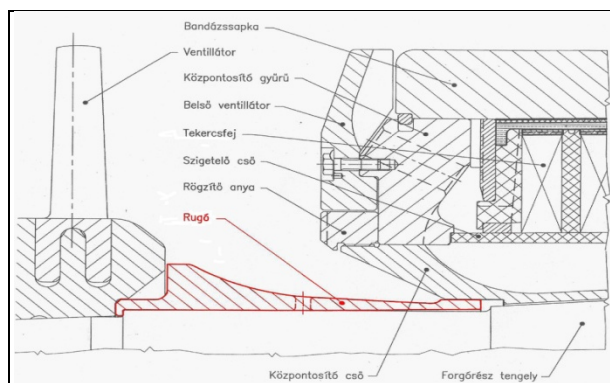


1. ábra – A meghibásodott alkatrész
Fig. 1. – The break down of the component

A fényképfelvételen látható, hogy az alkatrész felhasított palástjának egyik szegmense letörtött, ez a letört darab a forgórész és állórész közötti lég-résbe került, tönkretette a forgórész tekercselését, annak zárlatot okozva ezzel. A teljes forgórész felújítása vált ezért indokolttá, és a berendezés termelésből történő kiesését is figyelembe véve több százmillió forintos kárt okozva ezzel az üzemeltetőnek.

Cikkünkben e káresemény kivizsgálásának lépéseit és eredményét mutatjuk be.

Az alkatrész beépítési vázlatát mutatja a 2. ábra. A rugózó gyűrű feladata a generátor forgórész bandázssapkájának, tekercsféjének megtámasztása, az üzemeltetés közbeni lengéseinek csillapítása.



2. ábra – A gyűrű beépítése vázlata
Fig 2. – The installation of the ring

A rugózó gyűrű cseréjére általában akkor kerül csak sor, amikor annak a generátor forgórész központosító csővel érintkező felülete erősen megko-

pik. A gyűrű és a központosító cső közötti kezdeti szerelési hézag 0,2-0,3 mm. E rés az üzemelés során – súrlódás okozta koptató hatás miatt – 3-4 mm-re nő. A gyűrű cseréjének becsült átlagos ideje 100 000 óra.

A káresetvizsgálat során elvégzett tevékenységek:

1. Az előzmények és a rendelkezésre álló dokumentumok áttekintése
2. Roncsolásmentes vizsgálatok
 - a. Vizuális vizsgálat
 - b. Mágnesezhető poros repedésvizsgálat
 - c. Ultrahangos vizsgálat
 - d. Keménységmérés
3. Laboratóriumi roncsolásos vizsgálatok
 - a. Kémiai összetétel ellenőrzése
 - b. Szilárdsági, képlékenységi, szívóssági tulajdonságok meghatározása
 - c. Metallográfiai vizsgálatok
 - d. Scanning elektronmikroszkópi töretvizsgálat

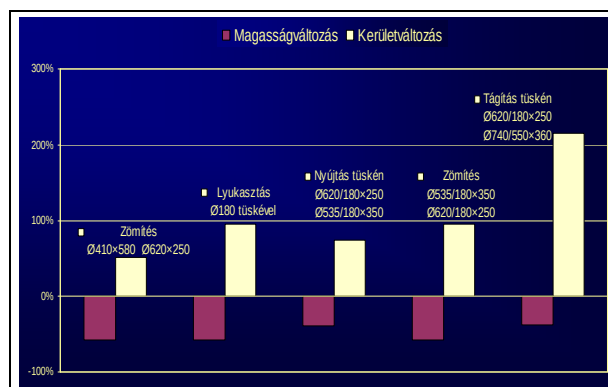
1. Az előzmények és a rendelkezésre álló dokumentumok áttekintése

- a törés mindössze körülbelül 240 üzemóra után következett be, rendellenes üzemállapot nem volt (tehát az üzemeltető adatai szerint a meghibásodás esetén kizárható a rendellenes használat),
- a konstrukciós megoldás több évtizede alkalmazott, és eddig nem észleltek hasonló meghibásodást (tehát nagy valószínűséggel nem tervezési eredetű a káresemény),
- előírt anyagminőség: 34CrNiMo6 (MSZ EN 10083-1),
- további, az alkatrészre vonatkozó követelmények:
 - homogén belső anyagszerkezet, hibamentes felület
 - hosszmetset – kovacsolt legyen
 - kipróbált gyártási eljárás
 - szövetszerkezet, Baumann feleljen meg a jóváhagyott mintának
 - a darab makrostruktúra nem mutathat „dendrites törést”

Elmondható, hogy a gyűrű gyártására vonatkozó műszaki követelmények az anyagra vonatkozó szabványos előírásoknál általában szigorúbbnak tekinthetők. A rendelkezésünkre bocsátott dokumentumok előírják az alkatrész igénybevételéhez igazodó optimális alakíthatóságot, és az anyag belső homogenitására, alakított szerkezetére is megfogalmaz követelményeket. Megjegyezzük azonban,

hogy a fenti követelmények ellenőrzésénél alkalmazott vizsgálatokra vonatkozó hivatkozást, előírást nem találtunk. Ezt az alkatrész gyártójára bíz-
zák, annak véleményezési és jóváhagyási jogát fenntartva.

A gyűrű alapanyagát jelentő kovácsdarab technológiai adatai (3. ábra) arra utalnak, hogy a legnagyobb alakítás kerületirányú (> 200%), azaz tangenciális amit jól érzékeltet a különböző irányú méretváltozások nagyságát bemutató diagram. Az is látható, hogy hosszirányban a kiinduló méret mindössze 50% körüli alakítást kapott. A kovácsolás kiinduló 410 mm átmérőjű, 580 mm magas anyag előéletéről nem sikerült adatokhoz jutni.



3. ábra – Különböző irányokban az alakítás nagysága

Fig. 3. – Forming data in several directions

A gyűrűk homogén anyagszerkezetének vizsgálatánál gyártó a SEP 1921:1984 előírást alkalmazta, és a megkövetelt C/c osztálynak megfelelő minősítéssel adta ki a darabot. Ez egyébként közepesen szigorúnak tekinthető előírás az alkalmazott, és 5 osztályt (A/a – E/e) tartalmazó szabványkövetelmények ismeretében.

2. Roncsolásmentes vizsgálatok

2.1. Szemrevételezés megállapításai

- A letörött szegmens helyén jelentős képlékeny alakváltozás nem látható. A törés, a szegmenst határoló hasítékok alján lévő furatok síkjában, a legkisebb keresztmetszetnél következett be.
- A tengelyen a meghibásodással kapcsolatba hozható sérülések, idegen anyag jelenlétére utaló elváltozások nem voltak felfedezhetők.
- A gyűrűn talált töretfelület jellegzetességei alapján megállapítható volt, hogy a törés nem egyedi túlterhelés hatására következhetett be.

- A töretfelületen, a belső átmérő közelében, folytonossági hiányt „sejtető” elváltozás figyelhető meg (lásd 4. ábra).
- A törési felületen a ciklikusan ismétlődő mechanikai igénybevételre, fáradásos repedésterjedésre jellemző töréskép jelei ismerhetők fel. A repedés a jobb alsó sarokból indult, és a keresztmetszeten közel átolsan haladt a belső átmérőtől a külső átmérő irányába (lásd 5. ábra).
- A kétféle törésképet mutató töretfelületek arányból megállapítható, hogy a folyamatot előidéző mechanikai igénybevétel igen kicsi, hiszen a végső törésnél a teherviselő keresztmetszet az eredetinek 10-15 %-a.



4. ábra – Folytonossági hiányt „sejtető” elváltozás
Fig 4. – Defect indicating discontinuity

2.2.Mágnesezhető poros vizsgálat

A mágnesezhető poros vizsgálatnál regisztrálási határt elérő, repedésre utaló indikációt nem észleltünk.

2.3.Ultrahang vizsgálat

Az ultrahangvizsgálat során 3. és 14. sorszámú szegmensben folytonossági hiányt észleltünk. Az észlelt hibák 0,5–0,6 mm átmérőjű KTR-nek felelnek meg ultrahang visszaverő képességük alapján.

2.4. Keménységmérés

A kerület mentén egyenletes (380-390 HV) keménységeloszlást mértünk.

3. Roncsolásos vizsgálatok

- A gyűrű anyagának kémiai összetétele megfelel az előírt anyagminőségre (34CrNiMo6 - MSZ EN 10083-1:1991+A1:2000) vonatkozó szabványkövetelményeknek. A meghatározott kémiai összetétel gyakorlatilag azonos a gyártómű által bizonylatolt összetétellel (1. táblázat).

1. táblázat Kémiai összetétel

Table 1 Chemical composition

Kémiai összetétel [%]								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo
Mért	0,36	0,27	0,7	0,03	0,018	1,42	1,52	0,19
Előírás: 34CrNiMo6	0,30- 0,38	max.0,45	0,50- 0,80	max.0,035	max.0,035	1,30- 1,70	1,30- 1,70	0,15- 0,30
Gyártó bizonylatán	0,35	0,26	0,67	0,031	0,016	1,38	1,48	0,18

2. táblázat Mechanikai tulajdonságok

Table 2 Mechanical properties

Jelzés	Folyáshatár $R_{p0,2}$ [N/mm ²]	Szakítószilárdság R_m [N/mm ²]	Szakadási nyúlás A [%]	Kontrakció Z [%]	Fajlagos törési munka Wc [J/cm ³]
Hossz	1245	1309	9,9	36,0	660
Kereszt	1243	1301	11,7	48,1	1013
Előírás: 34CrNiMo6	≥ 800	1000-1200	≥ 11,0	≥ 50	-
Rajzon előírt	≥ 900	≥ 1200	≥ 9,0	≥ 20	-
Gyártó bizonylatán	1197	1273	13,0	48,0	-

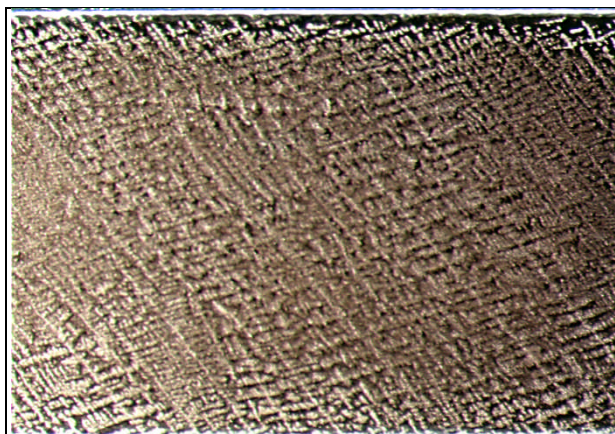


5. ábra – Kifáradási folyamatra utaló törésselület
Fig 5. – Fracture surface indicating fatigue process

- A szilárdsági, képlékenységi tulajdonságok „keresztirányban” megfelelnek a rajzon előírt értékeknek, és a gyártómű által bizonylatolt értékekkel jó egyezést mutat. A szabványelőírásoknál a szakítószilárdság érték kissé nagyobb, a kontrakció érték, pedig kissé alacsonyabb (lásd 2. táblázat). A „hosszirányú” próbatesttel végzett szakítóvizsgáltnál kedvezőtlenebb képlékenységi mérőszámokat (A, Z) kaptunk. Ezen irányfüggőség a legjobban a szívóssággal arányos

nyos fajlagos törési munka (W_c) értékeknél érzékelhető.

- Az irányfüggőség az elvégzett ütmunka vizsgálatoknál is megfigyelhető volt. A szabványos követelményeknek megfelelő ütmunkát egyik vizsgált irányban sem mértünk. A bemetszés érzékenységgel arányos KU/KV érték iránytól függetlenül 1,5 körüli értékre adódott. Ezen érték önmagában nem kifogásolható, azonban nem zárható ki, hogy csak azért ilyen alacsony, mert mindkét irányban relatív kicsi a dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállása az anyagnak. Ez egyben azt is jelzi, hogy a ridegtöréssel szembeni biztonság a vizsgált anyagállapotban (iránytól függetlenül) kicsi. Erre utal az is, hogy az ütő próbatesteken mért expanzió érték mindössze 0,2 mm körüli.
- A metallográfiai vizsgálatok a mechanikai vizsgálatoknál mért anyagjellemzők értékeire magyarázatul szolgáltak. A hosszirányban tekintett irányban (a gyűrű tengelyvonalával megegyező irány) a gyűrű primér szerkezete dendrites (öntött jellegű, nem kellő mértékű alakításra utal), amint a 6. ábra mutatja, míg a rá merőleges keresztirányban (érintő vagy tangenciális irány) az alakítás okozta szálalrendeződés figyelhető meg (lásd 7. ábra). Az alakítottság ezen sajátosságait a gyűrű anyagában megfigyelt nemfémes zárványok nyújtottsága is alátámasztotta.



6. ábra – A gyűrű dendrites struktúrája
Fig 6. – The dendritic structure of the ring

A gyűrű átlagos salakossága jól lehet nem kifogásolható, azonban helyenként főként szulfidsorok dúsulása észlelhető. Ezek mikroszkópikus méretekben észlelhetők, a Baumann lenyomaton, nagy anyagtérfogatra jellemző dúsulás jelenléte nem mutatható ki.

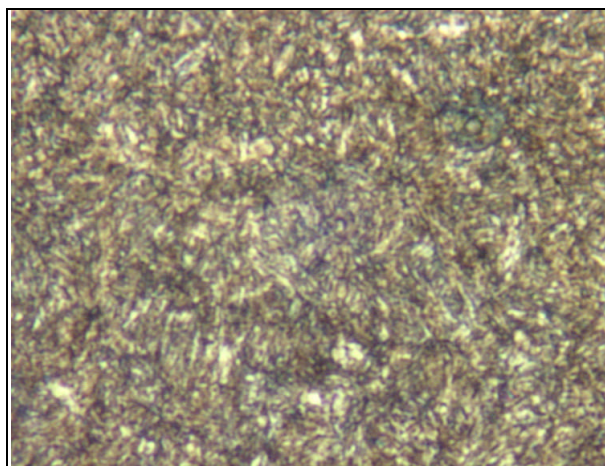


7. ábra – Az alakított szerkezet
Fig 7. – The formed structure

A hőkezeléssel beállított szövetszerkezet megeresztett martenzit, az eredeti ausztenit szemcseméret 0,022 mm, 8. fokozatú. A különböző metszeten megfigyelt szövetszerkezetben kifogásolható inhomogenitást nem észleltünk (lásd 8. ábra).

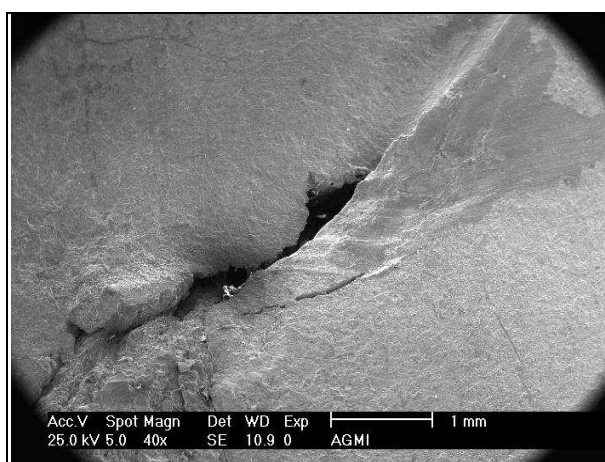
A hibahely környezetének vizsgálatakor megállapítást nyert, hogy a töretfelületen látott hiba különböző nagyságú, helyenként salakkal töltött üregek sorozata, melyet a szövetszerkezetben elszórtan nagyszámú salakrészecske és oxidos hártya kísér. A hiba jellege alapján acélgyártási eredetű, szívódási üreg. Ezen üregeket az alakítás deformálta, de nem „zárta be”. A hiba töretfelületen körülbelül 2,5 × 2,5 mm méretű négyzettel írható kö-

rül, és ebben közel átlósan helyezkedik el. A töretfelület alatti mélysége szintén 2–2,5 mm. A gyűrű ultrahangos vizsgálata során további 2 db szegmensen (3. és 14. sorszámú) talált indikációkat feltárva megállapítható, hogy azok jellege a töretfelületen látottal azonos eredetű és jellegű, azaz salakrészecskék és a környezetükben elhelyezkedő oxidhártya, csak a méretük jelentősen kisebb annál (0,5–0,6 mm átmérőjű KTR-nek felelnek meg).



8. ábra – A gyűrű szövetszerkezete
Fig. 8. – The microstructure of the ring

A scanning elektronmikroszkóppal végzett töretvizsgálat megerősítette a metallográfiai vizsgálatok megállapításait. A töretfelületen látott hiba, szívódási üreg oxiddal töltött, felületeinél nem alakult ki az acélgyártás során fémes kötés.



9. ábra – A töretfelületen megfigyelt folytonossági hiány
Fig 9. – Material discontinuity on the fracture surface

A töretfelületen jól láthatók az ismétlődő mechanikai igénybevétel okozta fáradásos repedés-

terjedésre utaló sajátosságok (egymással közel párhuzamos, sima felületű felületszakaszok és ezzel párhuzamos felszakadások).

E vizsgálati eredmények alapján állítottuk fel a diagnózist és fogalmaztuk meg a káresemény okait:

- A törést több kedvezőtlen hatás együttes jelenléte okozta,
- a törés a gyűrűt terhelő, ismétlődő mechanikai igénybevétel hatására következett be,
- a folyamat kialakulásában meghatározó szerepe volt a töretfelületen észlelt, acélgyártási eredetű folytonossági hibának. Feszültségkoncentrációs helyként, ez jelölte ki a fáradási folyamat kezdő pontját,
- a repedés abba az irányba terjedt, amelyben az anyag repedés-terjedéssel szembeni ellenállása a legkisebb (a dendrites szerkezet miatt ez a tengelyre merőleges sík),
- a helyzetet tovább rontotta a hőkezeléssel beállított anyagállapot, amely miatt - főként a kritikus irányban - az anyag képlékenységi és szívóssági jellemzői jelentősen elmaradnak a szabványban előírt értékektől.

Megfogalmazhatók voltak a hasonló meghibásodás kockázatát csökkentő módosító javaslatok is:

- érdemes elvégezni az alkatrész igénybevételének elemzését,
- a hőkezeléssel beállítani kívánt anyagtulajdonságokra vonatkozó előírások felülvizsgálata, korszerűsítése indokolt,
- az alapanyag tulajdonságait bizonylatoló dokumentumok szigorú megkövetelése, tartalmának ellenőrzése elengedhetetlen,

- el kell végezni a homogén anyagszerkezet ellenőrzésénél alkalmazott vizsgálati előírások felülvizsgálatát, korszerűsítését,
- a kovácsolási technológia betartásának szigorúbb ellenőrzését, és esetleg annak felülvizsgálatát elő kell írni,
- végül, de nem utolsó sorban a beépítés előtti roncsolásmentes (főként a kritikus keresztmetszetre irányuló) vizsgálatot be kell vezetni.

Összefoglalás

Cikkünk végén annak a statisztikai értékelésnek az eredményeit foglaljuk össze, amelyben a Társaságunknál végzett hibavizsgálatok során szerzett tapasztalatait adjuk közre. Ebben a leggyakoribb hiba okokat és károsodási folyamatokat mutatjuk be, előfordulási gyakoriságuk sorrendjében:

A vizsgált káresetek legfontosabb okai:

- *anyag és gyártás/szerelés technológiai hiba (metallurgiai, hőkezelési, hegesztési, stb.),*
- *tervezési probléma (helytelen anyagválasztás, méretezés, stb.),*
- *üzemeltetéssel kapcsolatos rendellenességek (elmaradt karbantartás, üzemi paraméterek megváltoztatása, stb.).*

A leggyakoribb károsodási folyamatok:

- *fáradás (főként klasszikus nagyciklusú, feszültség-koncentrációs hatással együtt jelentkező),*
- *a korrózió különböző változatai (lokális pont vagy rés-, általános felületi-, elektrokémiai-, feszültségkorrózió, stb.),*
- *egyéb (gyártási/üzemeltetési „túlterhelések”, kúszás, súrlódás okozta felületi elválkozás, stb.).*

BEMUTETJUK A LABORT

LABORATORY IS INTRODUCED

A roncsolásmentes vizsgálatok kiterjesztett alkalmazása az élettartam menedzselésben Extended application methods of NDT techniques in residual life management

Rózsavölgyi Zsolt, Méhész István, Mihálovits István

Kulcsszavak: roncsolásmentes vizsgálat, élettartam menedzselés, állapotértékelés, vizuális vizsgálat, ultrahangos vizsgálat, replika

Keywords: non destructive testing, residual life management, condition monitoring, visual examination, ultrasonic test, replica

Summary

Carrying out diagnostic material test regularly on operating equipments is essential in the monitoring of degradation processes and in life management. The test plan based on the operating experience, relevant requirements and documentation is not always enough to obtain information about the current condition of the tested component. The collaboration of testers working on either non destructive or mechanical or analytical side is often required to develop new methods, testing equipments and combined tests for the complementation of the classic test results. These newly created tests are the extension of the widely used routine examinations and are great help in diagnostic. They also can be applied when the sensitivity of classic NDT techniques has to be exceeded. This article gives a short description about the research and new ideas implemented by the material tester personnel of AGMI Pte Co. Ltd., and also introduce some examples from the real life.

Bevezetés

Üzemelő szerkezetek esetén a rendszeres, diagnosztikai jellegű anyagvizsgálatok, állapotfelmérések eredményei nélkül elképzelhetetlen a károsodási folyamatok nyomon követése és a maradék élettartam becslése. A megszokott szakmai gyakorlat, üzemviteli tapasztalatok, hatályos jogszabályok és a berendezés dokumentációja alapján összeállított vizsgálati terv végrehajtása azonban nem mindig elégséges feltétel ahhoz, hogy a szerkezet aktuális állapotáról pontos képet kapjunk. Gyakran szükséges, a különböző roncsolásmentes, mechanikai és analitikai vizsgálati területeken dolgozó szakemberek együttműködése, hogy olyan új eszközöket, eljárásokat és egymással kombinált vizsgálatokat fejlesszenek ki és hajtsanak végre, melyek eredményei kiegészítik a klasszikus vizsgálati technológiákkal kinyerhető információkat.

Ezek az új, kombinált vizsgálatok tekinthetők a meglévő eljárások kiterjesztésének, hiszen a diagnosztikai tevékenységet nagyban elősegítik. Alkalmazhatók azokban az esetekben is, ahol a szokásos szakmai gyakorlatban bevett roncsolásmentes vizsgálati eljárások alkalmazási határát meghaladó hiba kimutatására igény merül fel. Az előadás rövid áttekintést kíván adni Társaságunk szakember gárdája által hosszabb idő alatt összegyűjtött vizsgálati tapasztalatokról és néhány új módszer alkalmazásáról.

A roncsolásmentes vizsgálatok eredményeinek sajátosságai

A roncsolásmentes vizsgálatok esetében gyakori probléma, hogy a megrendelő kevés információt kap, ha a hibajeleket a vizsgáló szakma terminológiája szerint definiáljuk. Vagyis zavaró, hogy a vizsgálati eredmény közlésekor a vizsgáló nem konkrét hibatípust emleget, hanem indikációról beszél. Ha ráadásul a hiba mértékét feketedésben méri, vagy különböző reflektorokhoz hasonlítja, esetleg oszcilloszkópon megjelenő színes görbék, foltok nagyságából, alakjából következtet az elváltozások különböző tulajdonságaira, akkor már érthető, ha az üzemeltetők használhatatlannak vélik a szakmai gyakorlatban amúgy pontosan megadott vizsgálati eredményeket. A gyártmányvizsgálatban már léteznek olyan szabványok, melyek igyekeznek megoldani ezt a problémát (MSZ EN 12062 a hegesztett termékek esetében), de az üzemelő berendezések vizsgálata esetén alig akad kritériumrendszer, mely irányadó lenne a vizsgáló és az üzemeltető számára. Olyan ez, mintha a roncsolásmentes szakemberek nem ugyanazon a nyelven beszélnének, mint a tervezők, gyártók, üzemeltetők.

Ugyanakkor, ha arra gondolunk, hogy a berendezések további üzemeltethetősége nagymértékben függ a roncsolásmentes vizsgálatok által feltárt állapottól, beláthatjuk, hogy indokolt az igény, hogy a kevésbé közérthető nyelven megfogalmazott

AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt.

anyagfolytonossági hiányokat a műszaki gyakorlatban használhatóbb, metrikus egységekben adjuk meg. Sokszor maga a látvány – vagyis az elváltozás képi megjelenítése – többet mond minden mértékegységnél.

Mondhatjuk tehát, hogy a vizsgálatok eredményei akkor értékesebbek, ha más vizsgálati eredményekkel is alátámasztjuk őket, illetve ha közérthetőbb módon jelenítjük meg őket.

Néhány példa segítségével bemutatjuk, milyen módszerekkel igazolhatjuk vizsgálati eredményeinket, illetve azt, hogy milyen törekvések vannak arra, hogy ezeket az eredményeket műszaki ember számára „érthetőbb” nyelven lehessen megadni.

1. Néhány szó a szemrevételezéses vizsgálatról
2. A videoendoszkópos vizsgálat lehetőségei a vizsgálatok kiterjesztésében
3. Az ultrahangos vizsgálatban rejtőző lehetőségek
4. A felületi vizsgálatok eredményeinek elemzése lenyomatos technikával
5. A hibavizsgálatok szerepe a további üzemeltethetőségben

1. Néhány szó a szemrevételezéses vizsgálatról

„Saját szememmel szeretném látni!” „Hiszem, ha látom!”

Természetes dolog, hogy az ember a látottakat hamarabb elhiszi, mintha arról csak mesélnek neki, vagy csak olvassa valahol. Ezért nem kell csodálkoznunk a szemrevételezéses vizsgálatok népszerűségén. Ennek ellenére méltatlanul lekezelt, sokszor majdnem lebecsült vizsgálati eljárás. Népszerűségét elsősorban sokoldalúságának és közérthető, minden szakember számára jól értelmezhető vizsgálati eredményeinek köszönheti, másrészt annak, hogy közvetlen látvány alapján értékelhetők az elváltozások. Sajnos ez az oka annak is, hogy sokan az ilyen vizsgálatok elvégzéséhez nem igényelnek szakembert. Emiatt sok esetben érezni az eljárás nem kellő megbecsülését. Kivételt talán a különleges mérő- és képrögzítő eszközökkel történő vizsgálatok képeznek, de sokan nem veszik figyelembe azt, hogy az ún. egyszerűbb vizuális vizsgálatok elvégzéséhez is legalább akkora szakértelemre van szükség, mint bármelyik másik roncsolásmentes vizsgálat alkalmazásához.

- Ismerni kell az optikai törvényszerűségeket.
- Ki kell használni, fel kell ismerni a megvilágítási lehetőségeket.
- Korszerű, nagy vizsgálati komfortot nyújtó berendezéseket kell kezelni.
- Sokszor a látott kép értelmezéséhez is nagy gyakorlat szükséges.

A népszerűség egyik okaként említettem, hogy közvetlen látvány alapján vizsgálható a munkadarab. Tényleg közvetlen vizsgálatról van szó?

Az MSZ EN 13018 szabvány felosztása szerint:

- Közvetett a vizsgálat, ha a kapcsolatot elektronikai vagy más képrögzítő eszköz teremti meg.
- Közvetlen a vizsgálat, ha a vizsgáló szeme és a vizsgálati tárgy között csupán optikai kapcsolat van.

Eszerint tehát nem mondhatjuk, hogy a vizuális vizsgálat minden esetben közvetlen [1]. Sőt, a legtöbb esetben a hibáról alkotott kép – mely optikai, kémiai, vagy elektronikai átalakításon esett át – látvány helyett már szintén csupán egyfajta jelnek, vagyis indikációnak nevezhető. Ezen indikáció kiértékeléséhez, pedig hozzáértő szakember szükséges. Jelen esetben – és így van ez más eljárások esetében is – leginkább célravezető, ha a vizsgálati követelmények meghatározását, esetleg a későbbi értékelést is az eljárás törvényszerűségeit ismerő vizsgáló, és a berendezést ismerő üzemeltető együtt végzik.

2. A videoendoszkópos vizsgálat lehetőségei a vizsgálatok kiterjesztésében

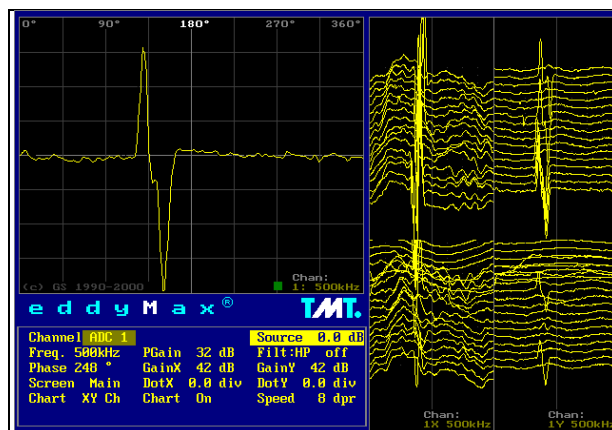
Az endoszkópok széles körű alkalmazását néhány tényező akadályozhatja:

- önmagában esetenként lassú, nehézkes, nem biztos, hogy elegendő
- az optika irányíthatósága korlátozott
- nagy terület részletes átvizsgálása hosszú időt vehet igénybe

Hogyan léphetjük át ezeket a korlátokat? Egy- mászt kiegészítő eljárásokkal, és a vizsgálhatóság kiterjesztésével.

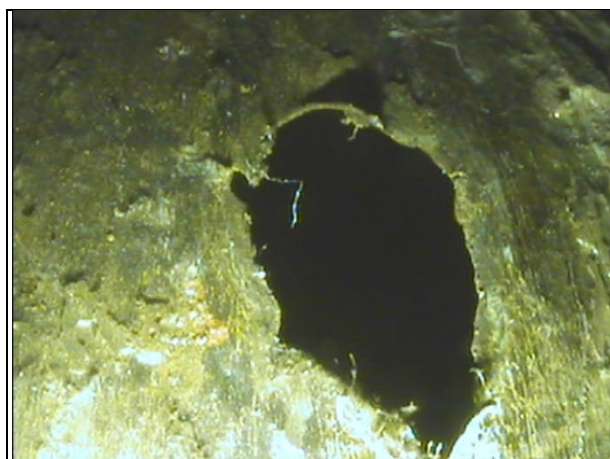
Videoendoszkóppal lehetőségünk van arra, hogy az aránylag gyors örvényáramos vizsgálat által felfedezett anyaghibát endoszkóppal is „láthatóvá tegyük”, megismerjük pontos geometriáját és megmérjük méreteit. Így nem kell például egy hőcserélő összes csövét endoszkóppal átnézni, elegendő a gyanús helyek célzott vizsgálata. Az 1. és 2. ábra egy örvényárammal feltárt lyukadást és valós megjelenését szemlélteti.

Egy hőcserélőben endoszkópos vizsgálatokkal deríthetők fel a hőátadást károsan befolyásoló lerakódások, és a nagyobb igénybevételnek kitett szektorok. Ez lehetővé teszi, hogy a későbbiekben rendszeresen elvégzendő örvényáramos vizsgálatokat megtervezzük, és kijelöljük a kritikus területeket (3. ábra).



1. ábra – Csőlyukadás örvényáramos indikációja

Fig. 1. – Eddy current indication of a tube defect



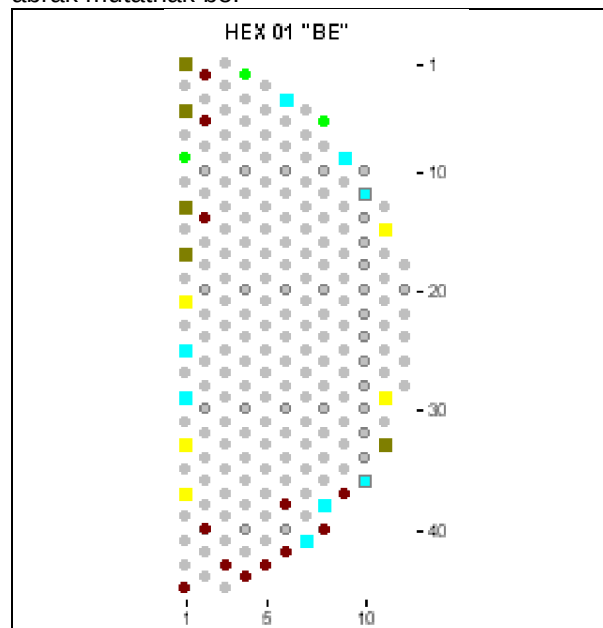
2. ábra – Csőlyukadás endoszkópos képe

Fig. 2. – Endoscope image of the defect

Ha az optikai szál hajlékonysága megnehezíti a vizsgálat elvégzését, a vizsgáló szakember leleményességén is múlhat a siker.

Ammóniás folyadékgyűjtő tartályok nem rendelkeznek nagyméretű búvónyílásokkal. Hajlékony optikai szállal a tartály belsejében elvégzendő endoszkópos varratellenőrzés nehézségekbe ütközött, mert a bevezetés helyétől viszonylag távol elhelyezkedő területet kellett vizsgálni. Olyan eszközt kellett szerkesztenünk, mellyel az Ø25 mm-es csőcsonkokon is bejuttathattuk az optikát a tartályok belsejébe, és azt a megkívánt pozícióban tartva remegésmentes, további vizsgálatra alkalmas képet készíthettünk. A vezetősővel bejuttatott optikát a tartályfal felé lehetett fordítani és annak közelében körbe lehetett vezetni. A csőre rajzolt jelek segítették a pozicionálást, így a belső felületen

észlelt indikációk pontos pozíciói meghatározhatók voltak [1]. A készüléket és néhány felvételt a 4–6. ábrák mutatnak be.



3. ábra – A lerakódások, sérülések a sötét ponttal jelölt csőekben található

Fig. 3. – Deposits and defects can be found in positions marked by dark spots



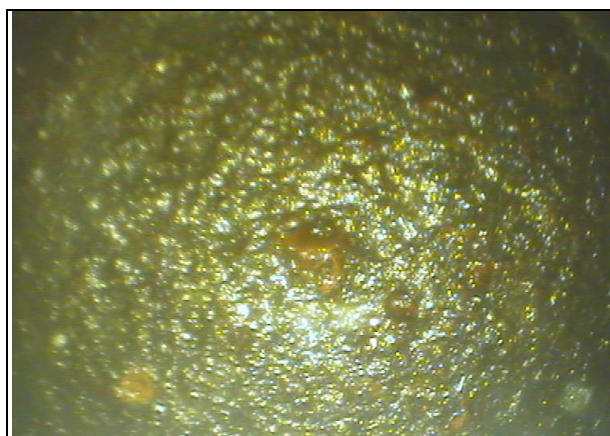
4. ábra – Pozícionálható vezetőső endoszkóphoz

Fig. 4. – Equipment capable of positioning the optic fiber of the endoscope

3. Az ultrahangos vizsgálatban rejtőző lehetőségek.

Az ultrahangos eljárás során – amellett, hogy természetesen ez a vizsgálat is közvetett – a belső anyaghibák jellemzőire csak következtetni lehet.

Mint minden mérés, ez is egyfajta összehasonlítás, csak abban tér el a szokványostól, hogy nem metrikus mértékegységgel való összehasonlítást végez a vizsgáló, hanem szabványban definiált méretű, alakú és akusztikus tulajdonságokkal rendelkező mesterséges hibához – összehasonlító reflektorhoz – viszonyítja az észleleteket. A természetes hibák viszont általában legkevésbé sem szabványosak.

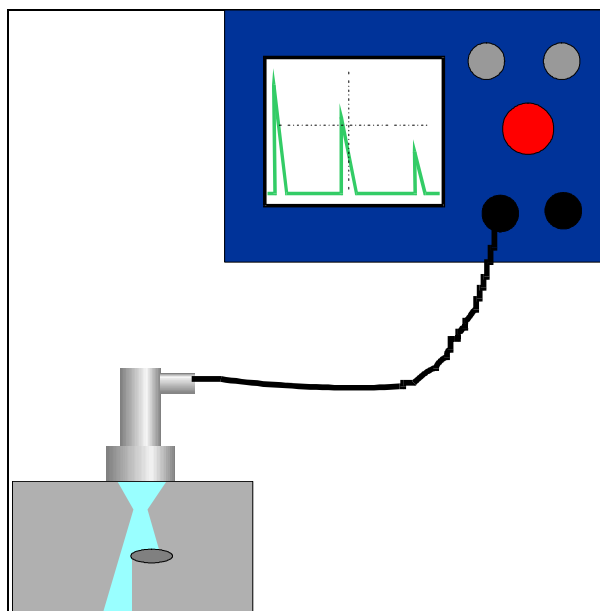


5. ábra – A tartály belső felületi állapota
Fig. 5. – The surface condition inside the vessel



6. ábra – A tartály körvarrata
Fig. 6. – The circular weld of the vessel

Az általánosan használt hibakereső vizsgáló készülékek kijelzőjén ráadásul nem a hiba valóságos képét látjuk, hanem csak egy, a hiba néhány jellemző tulajdonságára utaló grafikont. Leginkább az ún. A-képes kijelzés terjedt el, melyen a vizsgáló a hiba helyéről és körülbelüli nagyságáról kap információt. A jel formájából a hiba jellegére is lehet következtetni, de ehhez nagy vizsgálati tapasztalat kell (7. ábra). [2]



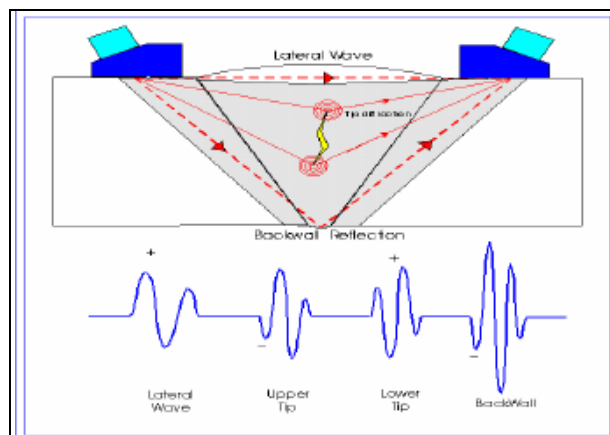
7. ábra – Hagyományos ultrahangos vizsgálati elrendezés és egy belső hiba A-képe.
Fig. 7. – Classic arrangement of the ultrasonic test and the A-scan of an inner defect

Attól függően, hogy a várható anyagfolytonossági hiány elhelyezkedése, nagysága, vagy egyéb jellemzője fontosabb-e, más és más tulajdonságot megjelenítő kijelzési módok léteznek. Ez segíti ugyan a vizsgálót az értékelésben, de még mindig nem elég képszerű, és nem teszi lehetővé a hibák minden méretének metrikus meghatározását.

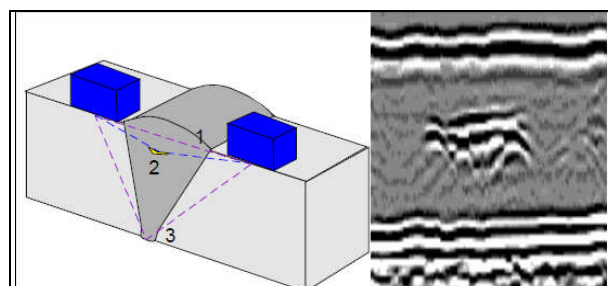
A méretek meghatározásának pontosságát növeli meg egy, a 70-es évek végén kifejlesztett új ultrahangos technika, a TOFD (Time-Of-Flight Diffraction). Azon alapszik, hogy amikor az ultrahanghullámok eléri az anyaghibát, annak szélein, csúcsain elhajlanak, majd koncentrikusan tovább terjednek. Ha ezeket a diffrakciós hanghullámokat egy vevő kristály segítségével érzékeljük, és speciális kijelzőn megjelenítjük, jellegzetes TOFD indikációt kapunk (8. és 9. ábrák). [3]

Nagy áttörést jelentenek az újabban a műszaki gyakorlatban is alkalmazható fázisvezérelt vizsgálófejek. A munkadarabba juttatott hangnyaláb besugárzási szögének folyamatos változtatásával az esetleges anyaghibákat kvázi körbetapogathatjuk, több irányból szemlélhetjük, és a számítógép segítségével szinte háromdimenziós képet alkothatunk róluk. A speciális vizsgálófejek kialakításokon kívül a számítástechnikai háttér fejlődése is segített. Könnyen beállíthatók és tárolhatók a vizsgálati paraméterek, a sokrengős kristályok időben eltolt, összehangolt vezérlésével a vizsgálatokhoz igazítha-

tó a hangtér formája, lehetővé vált a megjelenítési módok egyidejű használata, és így az anyagfolytonossági hiányok komplexebb elemzése (10. ábra).



8. ábra – Egy TOFD vizsgálat elrendezése
Fig. 8. – Arrangement of a TOFD test



9. ábra – Varratsorok közötti összeolvadási hiány jellegzetes TOFD képe

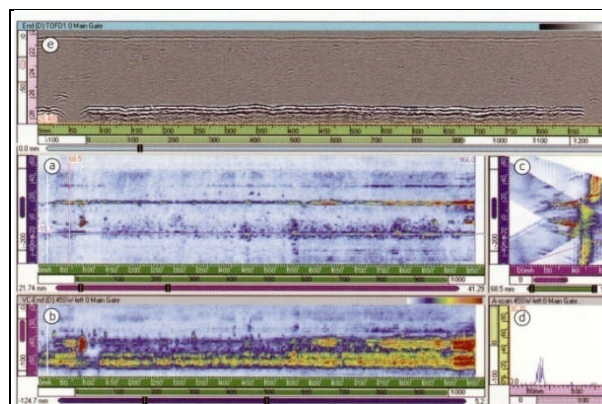
Fig. 9. – Typical TOFD image of a material discontinuity between the welded rows

Bizonyos törvényszerűségeket figyelembe véve az anyaghibák méreteit mm-ben adhatjuk meg, dokumentálhatjuk, majd archiválhatjuk. Az orvosi gyakorlatban évek óta jól működő eljárás már a műszaki életben is bizonyított, de szélesebb körben való alkalmazását az gátolja, hogy a vizsgálat költségeit egyelőre túlságosan megemeli a speciális eszközök ára.

4. A felületi vizsgálatok eredményeinek elemzése lenyomatos technikával

A felületi hibakereső vizsgálatok – a folyadék-behatolásos, és a mágnesezhető poros eljárás – nagyon látványos, nemcsak a vizsgáló számára értelmezhető indikációval szolgálnak. Figyelembe kell azonban venni, hogy annak ellenére, hogy a megjelenített indikációk méreteit könnyen lemérhetjük, ezek nem azonosak a hibák valódi méretével, hiszen a felületen az elváltozásnak csak két dimenzióját láthatjuk, a harmadik dimenzió alakját,

kiterjedését nem. Előfordul, hogy a felület makroszkópi méretekben deformált, kopott és a klasszikus roncsolásmentes eljárásokkal megvizsgálva indikációktól mentes, mert a kimutatási, észlelési határ alatti az elváltozások mérete. Sok esetben az üzemeltető nemcsak arra kíváncsi, hogy mekkora ez az elváltozás, hanem arra is, hogy mi okozhatta, várható-e a közeljövőben hasonló károsodás, és ha igen, annak milyen következményei lehetnek? Erre vonatkozóan a klasszikus roncsolásmentes vizsgálatok kiegészítésre szorulnak. A metallográfiai vizsgálatokból „kölcsönzött” módszer – a replika vizsgálat – viszont sok esetben segíthet.



10. ábra – Egy hegesztési varrat fázisvezérelt és TOFD vizsgálatának egyidejű megjelenítése. A varrat felül- (a), oldal- (b), és előlnézeti (c) keresztmetszeti képe, valamint A-kép (d) és TOFD kép (e) egyidejűleg az ultrahangos műszer kijelzőjén.

Fig. 10. – Phased array and TOFD test of a weld. The cross section of the weld viewed from top (a), side (b) and front (c) position, A-scan (d) and TOFD image (e) presented in the same time by the screen of the ultrasonic device.

A lenyomatos technika nem új eljárás az anyagvizsgálatok közt, de a technológiai fejlődésnek, az új vizsgálóanyagoknak és berendezéseknek köszönhetően a szövetszerkezeti vizsgálaton túl a 20–25 évvel ezelőttnél sokkal szélesebb körben alkalmazható.

Az eljárás során a szennyeződésektől megfelelően megtisztított felületre lágyított acetátfóliát vagy egy speciális pisztolyból kétkomponensű szilikongumit visznek fel, mely a kialakult felszíni egyenetlenségekbe beleszikkad, felveszi a felületi érdességet. Száradás után a fólia vagy gumiréteg levehető, és a felület negatív kontúrját tartalmazza. Az így elkészített minta további vizsgálatára labo-

ratóriumban optikai vagy elektronmikroszkóppal kerül sor széles nagyítás tartományban. Az eljárás a szokásos roncsolásmentes felületi hibakereső vizsgálatok (elsősorban a folyadékbehatolásos és a mágnesezhető poros) érzékenységi határát meghaladja, segítségével egészen kis mélységű mikrorepedések is kimutathatók, hiszen az eljárás felbontóképessége kiváló, már 0,1 µm méretű részletek is felismerhetők.

Leggyakrabban fogaskerekek érintkező felületeinek vizsgálatára használtuk a módszert, de bármilyen egymással érintkező felületek minősége, kopottsága, elhasználódás elemezhető vele (pl. vasúti abroncs–sín, csúszka–szán kapcsolat, szeleptányér–szelepülék...). Forgácsoló megmunkálások esetén a késztermék felületi minősége, illetve a szerszám kopottsága ellenőrizhető (pl. nagy pontosságú tűréssel illesztett alkatrészek, optikai lencsék felülete). A témával kapcsolatban részletes, fényképfelvételekkel kibővített leírás az Anyagvizsgálók Lapjának jelen számában is olvasható [4].

5. A hibavizsgálatok szerepe a további üzemeltethetőségben

Egy szerkezet üzemeltetési kockázatát és maradék élettartamát a hibára leginkább hajlamos alkatrész határozza meg. A tervezői számítás és az üzemeltetési tapasztalat sok esetben ezeket a részeket pontosan meghatározza, bizonyos időközökkel előírja vizsgálatukat. Ritka az olyan eset, amikor az észlelt rendellenes elváltozások minősítésére kész eljárások léteznek, illetve a berendezések dokumentációja az élettartam csökkenéséről is tartalmaz információt. Repülőgép karbantartás, gázturbinás erőművek és atomerőműi berendezések esetén bevett gyakorlat az ilyen típusú dokumentáció, de régebb óta üzemelő gép-, erőmű- és vegyipari rendszerek esetén sok esetben a dokumentáció hiányosságaival szembesül a vizsgáló személyzet. Nagy probléma nem is merül fel mindaddig, amíg indikáció, eltérés, elváltozás nem kerül a felszínre. Ha mégis, akkor a vizsgálatok kiterjesztésével helyzet kezelhetőbb a helyzet.

Ebben az esetben is a különböző szakterületek szoros együttműködése szükséges, hogy az üzemeltető, karbantartó és üzemeltetést engedélyező szervezetek részére értékes, felhasználható információkat biztosítsunk.

Amennyiben a roncsolásmentes vizsgálat indikációt tár fel, célszerű annak kialakulási okát elemezni. A különböző eljárásokat jól kiegészíti a szövetszerkezeti vizsgálat lenyomatos (replika)

technikával. Segítségével nemcsak acélgyártási, hőkezelési vagy üzemeltetési hibák tárhatók fel, hanem szinte bármilyen anyag (öntöttvas, szuperötvözetek, kerámia, szilikátok...) elváltozása vizsgálható mikroszkópi méretekben. A szövetszerkezet és a repedés jellegén túl, a maratástól függően vizsgálható a szemcseméret, öntöttvasaknál a grafit mikroszerkezete, a kivált fázisok és nemfémek zárványok mennyisége, illetve a laboratóriumi metallográfiában bevett szinte összes jellemző, beleértve a rétegvastagság méréseket is. A módszer képes árnyalatok átvitelére, hasonlóan kontrasztos fényképfelvételek készíthetők, mint csiszolati metaszetek esetén. Digitális technikával kiegészítve a felvételek képfeldolgozó rendszerrel tovább elemezhetők és a vizsgálat könnyen archiválható.

A feltárt különböző hibaokok más-más javító tevékenységet vonnak maguk után. Elsődleges szempont, hogy a hibát előidéző forrást ki kell küszöbölni, de intenzitását lehetőség szerint csökkenteni kell. Magas hőmérsékleten üzemelő, mechanikai feszültséggel terhelt szerkezetek egyik jellegzetes károsodási módja a kúszás, mely lassú alakváltozással, hosszabb távon kristályhibák elszaporodásával, mikro- és makrorepedések megjelenésével jár.

A makroszkópi felvételen (11. ábra) több, egymással párhuzamos, a varrat tengelyére merőleges indikáció látható. A 12. ábra – a lenyomatról nagyobb nagyításban készített felvétel – mutatja, hogy az egy vonalként jelentkező hibajel valójában egymással párhuzamos mikrorepedések és póruslancok halmaza. Az alkalmazott nagyítástartomány a vizsgálat érzékenységi kiterjesztette, a repedések és pórusok jellegzetes morfológiájából a kiváltó ok meghatározható. A hibát hiába javítanák köszörüléssel, az indikáció csak egy időre tűnne el, hiszen ha az előidéző okot nem szűnik meg, üzem közben ismét megjelennének a repedések. A maradék élettartam szempontjából ezért kiemelt fontosságú a mechanikai feszültségek csökkentése.

A következő példa egy hőcserélő köpenyének belső falán, a hegesztési varrat környezetében talált repedéseket mutatja be (13. és 14. ábra). A mágnesezhető poros vizsgálatnál feltárt repedések okának meghatározása csak az üzemeltető, a további tennivalók, pedig a kazánbiztos bevonásával volt meghatározható. Az üzemeltetési adatok elemzésekor kiderült, hogy a berendezés magasabb hőmérsékleten működött és a füstgáz összetétele korrózió kialakulását is elősegítő vegyületeket tartalmazott. Az acél összetételét és adott környezetbeli viselkedését ismerve feszültségkorrózió

okozta a meghibásodást. A hiba javítására szigorú kazánbiztosi felügyelet mellett került sor, folyamatos mágneses repedésvizsgálattal és falvastagság méréssel. Az üzembe helyezést nyomáspróbának kellett megelőzni, és szigorúbb üzemi paramétereiket, valamint rendszeres üzem közbeni ellenőrzést írtak elő a készülékre. A berendezés maradék élettartama a minimálisra csökkent, hiszen a hibát kiváltó okokat nem lehetett teljesen megszüntetni, így döntés született egy új köpeny legyártásáról, mely anyaga jobban ellenáll az üzemeltetés vegyi-, hő és mechanikai igénybevételének.

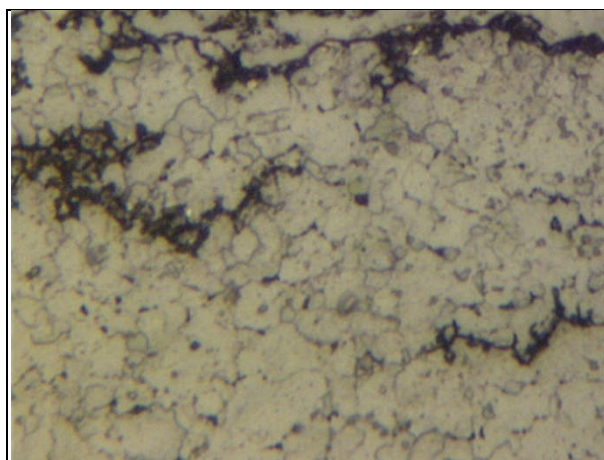


11. ábra – Repedések egy gőzvezeték hegesztési varratában (N $\approx$ 1x)
Fig. 11. – Cracks in the weld of a steam pipe (M $\approx$ 1x)

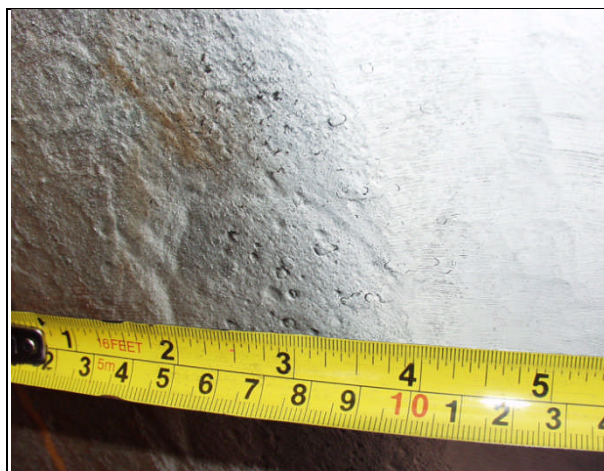
A feltárt indikációk nem feltétlenül jelentenek azonnal megoldandó problémát. Ha a hiba már bizonyíthatóan hosszabb ideje jelen van a szerkezetben, csak eddig nem diagnosztizálták és különösebb üzemi problémát sem okozott, bizonyos feltételek mellett maradhat minden a régióban. Példaként hozható fel egy 30 éve üzemelő főgőzvezetékben talált, egyértelműen gyártási eredetű anyagfolytonossági hiány további sorsa (15. és 16. ábra).

A feltárt hiba jövőjét illetően elkerülhetetlen mérlegelni, hogy az előre várható üzemi paraméterek esetén az hogyan viselkedik, terjed-e tovább

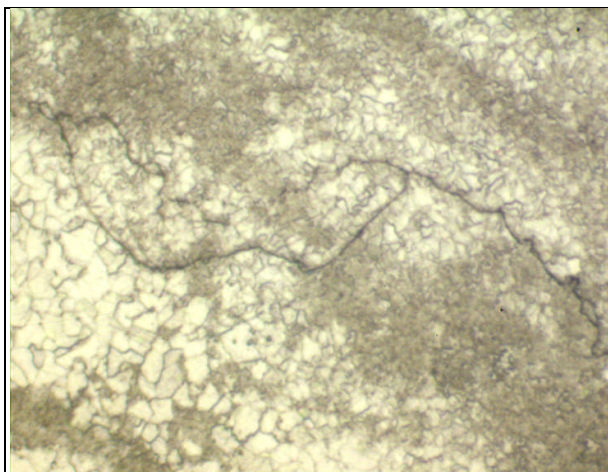
vagy változik-e mérete. Utóbbi esetben akár maradhat is a szerkezetben, természetesen sűrített, kiterjedtebb, rendszeres ellenőrzés mellett. Ugyancsak fontos szempont, hogy a javítás megváltoztatja-e a teherviselő képességet (pl. a köszörülés jelentősen csökkenti-e a falvastagságot, a hegesztés milyen és mennyi további hibát, mechanikai feszültséget visz a rendszerbe), keletkeznek-e a további meghibásodás szempontjából kockázatos pontok. A kérdés eldöntéséhez itt is üzemeltetői, tervezői és üzemeltetést engedélyező hatóság szakembereinek együttműködése szükséges, mely az anyagvizsgálók által adott információkra és vizsgálati eredményekre alapozhat.



12. ábra – Kúszási károsodás, az indikációt kísérő repedések és pórusláncok (N $\approx$ 500x)
Fig. 12. – Creep, cracks and chains of pore along the indication (M $\approx$ 500x)



13. ábra – Köpeny belső falán roncsolásmentes eljárással feltárt indikációk
Fig. 13. – NDT indications on the inner surface of a vessel



14. ábra – Szemcsehatárok mentén futó feszültségkorróziós repedés a szövetszerkezetben (N ≈ 150x)

Fig. 14. – Intergranular stress-corrosion crack in the microstructure (M ≈ 150x)



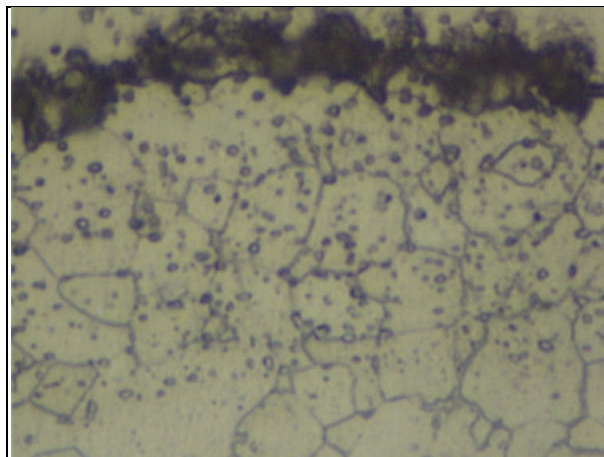
15. ábra – Gőzvezeték ív húzott szálán feltárt repedés, és az előkészített helyszíni lenyomat

Fig. 15. – Crack in the tension zone of a main steam pipe and the prepared position of the replica test

Összefoglalás

A berendezések állapotvizsgálata és maradék élettartamának meghatározása során törekedni kell arra, hogy az előírt anyagvizsgálatok az üzemeltető, a tervező és a hatóság szakembereinek a lehető legpontosabb, szabatos, könnyen érthető és feldolgozható információt szolgáltassák. Szükség esetén túl kell lépni a klasszikus anyagvizsgálati technikákon, azok felhasználhatóságát ki kell terjeszteni. Ez történhet új eljárások bevezetésével, a meglévők kombinálásával, kiegészítő berendezé-

sek és eszközök alkalmazásával, illetve az egyes szakterületek szorosabb együttműködésével.



16. ábra – Csőgyártási hibára utaló oxidfelhő, és inhomogén szemcseméret a repedés mentén (N ≈ 1000x)

Fig. 16. – Oxide clouds and inhomogeneous grain size along a crack indicating for pipe manufacturing defect (M ≈ 1000x)

A vizsgálatok kiterjesztésének egyik elengedhetetlen feltétele a szakemberek felkészültsége, az eljárás alkalmazhatóságának és korlátainak részletes ismerete. Fontos továbbá a jó ötlet, mely segítségével tulajdonképpen a vizsgálat hibakimutatási határa kiterjeszthető és felhasználhatósága javul. Az állapotértékelést nagyban elősegítik a korábbi vizsgálati eredmények, üzemeltetési tapasztalatok és rendszeres diagnosztikai jellegű anyagvizsgálatok eredményeinek ismerete [5]. Külön előnye ezeknek az eljárásoknak, hogy a cél elérése érdekében egymással szabadon kombinálhatók, ha elegendő idő áll rendelkezésre, viszonylag egyszerű eszközökkel is megoldható azok kiterjesztése.

Irodalom

- [1] Mészáros István; Lautner Nándor; Klausz Gábor: Hogyan bővíthető az endoszkópos vizsgálatok alkalmazhatósági köre? – 2005. IV. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás, Eger
- [2] Mészáros István: Ultrahangos falvastagság mérés lehetséges módszerei – 2007. MOL szakmai fórum
- [3] Michael Moles: A „Time-Of-Flight Diffraction” (TOFD) ultrahangos anyagvizsgálati módszer alkalmazása hegesztési varratok vizsgálatára – Anyagvizsgálók lapja 2008/1

[4] Mihálovits István – Rózsavölgyi Zsolt: A helyszíni lenyomatás technika kiterjesztett alkalmazása – 2008. Anyagvizsgálat a Gyakorlatban, Kecskemét

[5] Rózsavölgyi Zsolt: Gőzkazánok szerkezeti integritásának időszakos ellenőrzése – 2007. V. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás, Eger

BEMUTETJUK A LABORT

LABORATORY IS INTRODUCED

A helyszíni lenyomatos technika új alkalmazási területei

New application territories of the replica technique

Mihálovits István, Rózsavölgyi Zsolt

Kulcsszavak: metallográfiai vizsgálat, replika, állapotvizsgálat, hibavizsgálat

Keywords: metallographic examination, replica technique, condition monitoring, failure analysis

Summary

Replica technique can be used among the wide variety of material testing, mainly in metallographic examination for the testing of huge components or to determine the microstructural changes originating from the operation and to perform failure analysis. This method is also useful when sampling can not be carried out easily. Replica testing can be used not only in the way of classic examination methods but it is a handy technique in the examination of surface defects, corrosion, during condition monitoring and in many other cases where the sensitivity of classic NDT techniques has to be exceeded. This article presents the new application of the replica technique and the experiences gathered by our company during the tests.

Bevezetés

A helyszíni lenyomatos technika – ismertebb nevén a replika – egy széles körben alkalmazható roncsolásmentes eljárás, melyet a helyszíni metallográfiában használnak a nagyméretű berendezések szövetszerkezeti vizsgálatára, az üzem közben jelentkező igénybevételek által okozott változások elemzésére és meghibásodások lehetséges kiváltó okainak meghatározására. Szintén ez az eljárás kerül előtérbe abban az esetben, ha a mintavétel nehézségekbe ütközik az adott darabból. A replika módszer azonban nemcsak a klasszikus anyagvizsgálati feladatokban alkalmazható, hanem új területeken is, például felületi állapotok és elváltozások vizsgálatában, az állapotvizsgálat területén, korróziós vizsgálatokra illetve sok más olyan esetben, ahol a szokásos szakmai gyakorlatban bevett roncsolásmentes vizsgálati eljárások alkalmazási határát meghaladó hiba kimutatására igény merül fel. Az előadás rövid áttekintést kíván adni a Társaságunk szakember gárdája által hosszabb idő alatt összegyűjtött vizsgálati tapasztalatokról és a módszer alkalmazásáról.

A replika általános felhasználási területei

A lenyomatos technika nem új eljárás az anyagvizsgálatok közt, de a technológiai fejlődésnek, az új vizsgálóanyagoknak és berendezéseknek köszönhetően sokkal szélesebb körben alkalmazható, mint 20–25 évvel ezelőtt.

Az eljárás során, egy megfelelően kiválasztott helyet mechanikus csiszolással (először durva, majd egyre finomabb csiszolóvászonnal) előkészítünk, majd különböző finomságú gyémántpasztával vagy elektrolitos úton felpolírozunk. A felület marása történhet a feladatnak megfelelően kémiai vagy elektrolitos úton egyaránt. Ezt követően vagy egy lágyított acetátfóliát vagy egy speciális pisztolyból kétkomponensű szilikongumit viszünk fel a felületre, mely a maratás miatt kialakult felszíni egyenetlenségekbe beleszikkad, felveszi a felületi érdességet. Száradás után a fólia vagy gumiréteg levehető, mely a felület negatív kontúrjait tartalmazza. Az így levett minta további vizsgálatára laboratóriumban optikai vagy elektronmikroszkóppal kerül sor széles nagyítás tartományban.

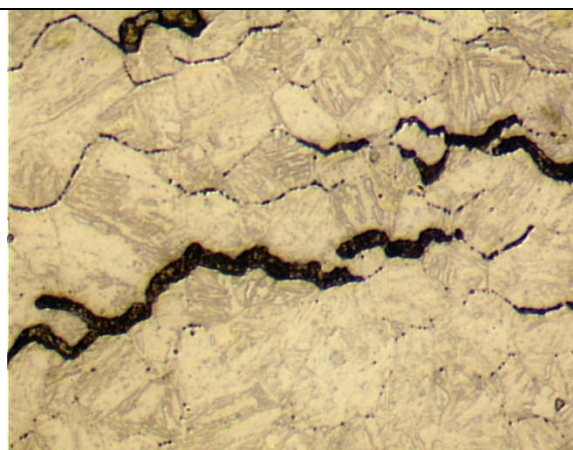
A klasszikus alkalmazási területek közé számítható az erőművek és petrokémiai üzemek magas hőmérsékletnek és nagy mechanikai igénybevételnek kitett alkotóelemeinek állapotvizsgálata, az anyagtulajdonságok változásának rendszeres vizsgálata és a berendezés maradék élettartamának meghatározása. Az 1. és 2. ábra egy indikációt és az arról levett replika lenyomatot mutatja be, melyen jól megfigyelhetők a kúszási károsodás miatt kialakult pórusláncok és mikrorepedések. A károsodási folyamat – és kiváltó oka – az eljárás segítségével volt tovább vizsgálható.

A példa jól illusztrálja, hogy a módszer igen előnyösen használható fel a hibavizsgálatok során, a kiváltó okok meghatározásában. Segítségével nemcsak acélgyártási, hőkezelési vagy üzemeltetési hibák tárhatók fel, hanem szinte bármilyen anyag (öntöttvas, szuperötvözetek, kerámia, szilikátok...) elváltozása vizsgálható mikroszkópi méretekben. A szövetszerkezeten és a

repedés jellegén túl, a maratástól függően vizsgálható a szemcseméret, a grafit mikroszerkezete, a kivált fázisok és nemfémes zárványok mennyisége, illetve a laboratóriumi metallográfiában bevett szinte összes jellemző, beleértve a rétegvastagság méréseket is. A módszer korlátozott mértékben képes árnyalatok átvitelére is, hasonlóan kontrasztos fényképfelvételek készíthetők, mint csiszolati metszetek vizsgálata esetén. A 3. és 4. ábrák a teljesség igénye nélkül mutatnak be két példát a szokásos alkalmazási területekről.



1. ábra – Tartály belső falán roncsolásmentes eljárással feltárt indikáció
Figure 1 – Indication found by NDT on the inner surface of a vessel

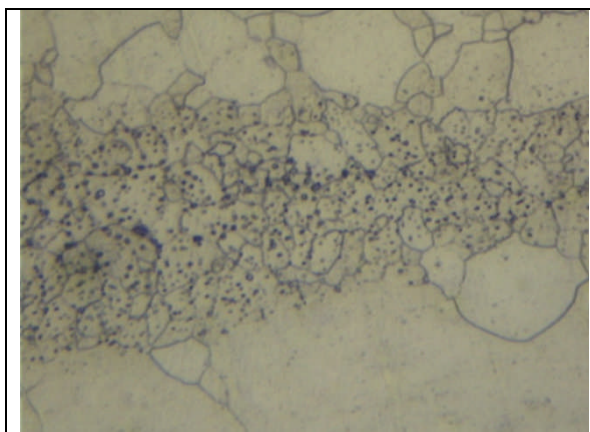


2. ábra – Kúszási károsodás, az indikációt kísérő repedések és pórusláncok ($N \approx 400x$)
Figure 2 – Creep, chains of pore and cracks along the indication ($M \approx 400x$)

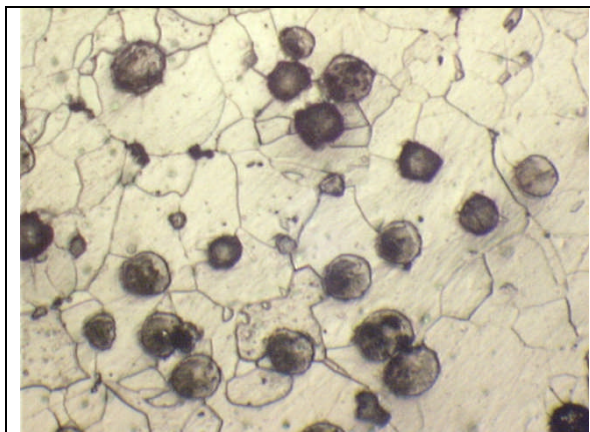
A lenyomatok felhasználása a felületi tulajdonságok vizsgálatában

A replika eljárás új, az ipari gyakorlatban még kevésbé használt területe a felületek érdességének, tulajdonságainak és elváltozásának vizsgálata. A feladattól függően a fentebb említett mindkét

eljárás használható. Acetátfólia esetén nagyobb nagyítási tartományok vizsgálhatók, de a mély felületi barázdákba, üregekbe csak kevésbé képes behatolni, beszikkadni a fólia. A szilikon gumi sokkal jobban felveszi a durva felületek kontúrjait, de tapasztalataink szerint elsősorban a makroszkópos nagyítástartományban használható ki e tulajdonság. Mindkét eljárás felbontóképessége kiváló, $0,1 \mu\text{m}$ -es részletek is jól kivetetők a mikroszkópon. Maga az eljárás nem igényel különösebb előkészületeket, csak a felület oldószeres tisztítására van szükség, csiszolásra, polírozásra, maratásra általában nem.



3. ábra – Csőgyártási hibára utaló oxidfelhő, és inhomogén szemcseméret a repedés mentén ($N \approx 500x$)
Figure 3 – Oxide clouds and inhomogeneous grain size along a crack indicating for pipe manufacturing defect ($M \approx 500x$)

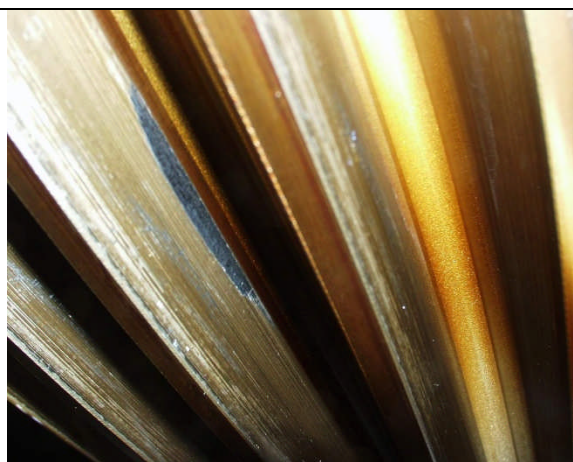


4. ábra – Gömbgrafitos öntöttvas szövetszerkezete ($N \approx 200x$)
Figure 4 – Microstructure of spheroidal graphite cast iron ($M \approx 200x$)

Leggyakrabban fogaskerekék érintkező felületeinek vizsgálatára használtuk a módszert, de bármilyen, két egymással érintkező felület minősége, kopottsága, elhasználódása elemezhető vele (pl. vasúti abroncs-sín, csúszka-szán kapcsolat...). Forgácsoló megmunkálások esetén a

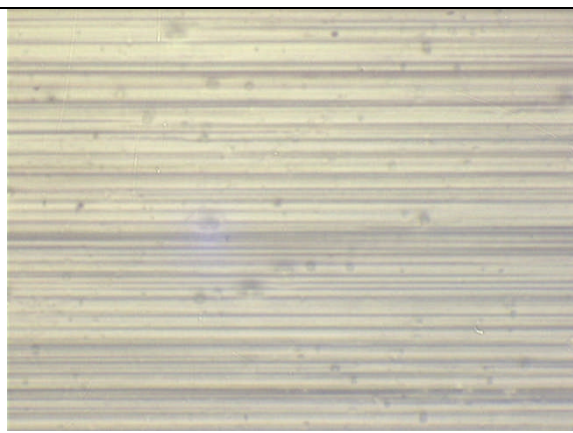
késztermék felületi minősége, illetve a szerszám kopottsága ellenőrizhető (pl. nagy pontosságú tűréssel illesztett alkatrészek, optikai lencsék felülete).

Az eljárás a szokásos roncsolásmentes felületi hibakereső vizsgálatok (elsősorban a folyadékbehatolások és a mágnesezhető poros) érzékenységi határát meghaladja, segítségével egészen kis mélységű mikrorepedések is kimutathatók. Az 5. ábra egy fogaskerék kapcsolódó fogfelületén szabad szemmel is látható elváltozásokat mutatja be. Ezek a megvilágítás irányától függően különböző fényes–kevésbé fényes hosszirányú zónák-ként jelentkeznek, felületi minőségük jól láthatóan eltér a köszörült, eredeti fogfelület állapotától.



5. ábra – Fogaskerék érintkező fogfelületén látható elváltozások

Figure 5 – Surface defects on the working flank of a gear tooth



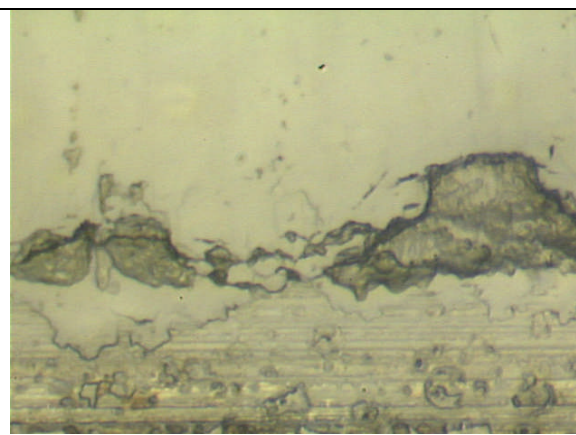
6. ábra – Az eredeti, köszörült fogfelület (N $\approx$ 200x)

Figure 6 – The original grinded surface quality (M $\approx$ 200x)

A fogfelületeken elvégzett fluoreszkáló mágnesezhető poros vizsgálat még nagyító felhasználásával sem mutatott ki anyagfolytonossági hiányra utaló indikációt, azonban a fogaskerék üzemi igénybevételét, kihasználtságát és az átvitt telje-

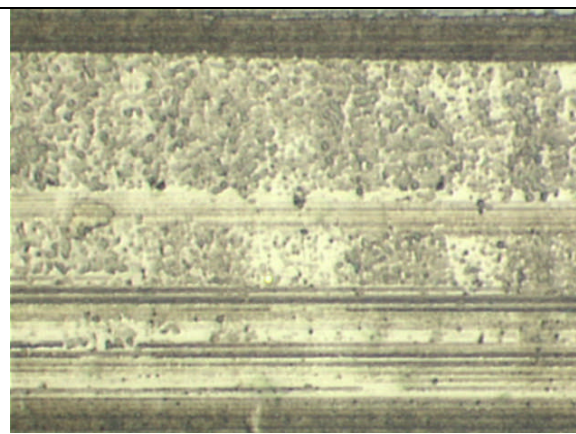
sítményt figyelembe véve, azok megjelenése feltételezhető volt. A felületi elváltozások lenyomatatos vizsgálata igazolta is feltételezésünket, az mikroszkópi méretekben felületi elváltozásokat, kopásokat, deformációkat, hiányzó anyagrészecskéket és jelentős számú mikrorepedést tárt fel. Igen jól megfigyelhetők a fogak egymáson való legördülése miatt, a felületek relatív elmozdulásából adódó karcok, barázdák. A 6–9. ábrák az eredeti és az elváltozott területek jellemző felületi állapotát szemléltetik.

A vizsgálat nemcsak a felületi állapotot diagnosztizálta, hanem az eredményekből számos következtetést lehetett levonni a fogaskerekek állapotára, a fogkapcsolódásra vonatkozóan.



7. ábra – A felületek minősége és mikrorepedések (N $\approx$ 400x)

Figure 7 – Surface quality and microscopic cracks (M $\approx$ 400x)

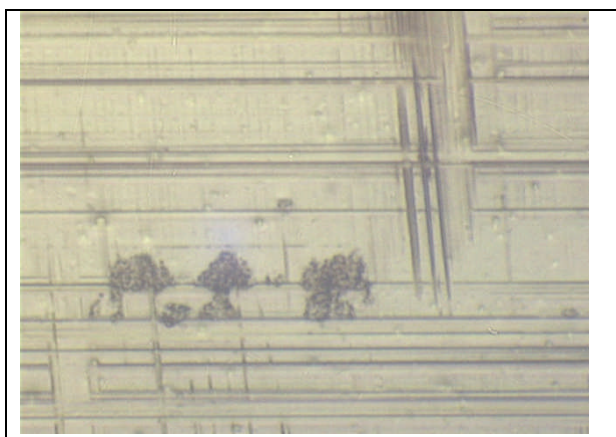


8. ábra – Kezdődő felületi kifáradás, apró, kis átmérőjű kipattogzott részek (N $\approx$ 200x)

Figure 8 – Surface fatigue in the beginning stadium with small parts fallen out (M $\approx$ 200x)

A megfigyelt kopások, sima területek és deformálódott–elkenődött felületek utaltak arra, hogy a felületi kéreg keménysége (mely a geometriai jellemzők miatt a fogfelületen nem volt mérhető)

nem kielégítő, abban lágyabb szövetelemek is előfordulnak. A kipattogzott, kitöredezett felületek az érintkezés során fellépő magas Hertz-feszültségek miatt jöttek létre, és a fogfelületi kifáradással, mint károsodási forma a jövőben számolni kell. A felületi elváltozások jól körülhatárolhatóan megjelenítették a fogkapcsolódás jellegzetes vonalait, a fogak be- és kilépésének vonalát, illetve azokat a részeket, ahol a legördülés mellett csúszás is fellép a fogak érintkezésekor. Ez utóbbi adatok a szerkezeti ellenőrzés számára adtak hasznos információkat, mely segítségével a beállítási és pontossági hibák voltak kimutathatók.



9. ábra – Fogfej irányú, a relatív elmozdulásból eredő karcok a felületen (N $\approx$ 200x)

Figure 9 – Tooth head oriented cracks on the surface originating from the relative movement (M $\approx$ 200x)

A módszer már kisebb nagyításoknál (100x–200x) is számos új részletet tárt fel, de az alkalmazható nagyítás tartomány lefedi az optikai mikroszkópokkal elérhető tartományt, egészen az 1500x–2000x-es nagyításig.

A lenyomatos eljárás segítségével a vizuális vizsgálatnál megfigyelt elváltozások, indikációk pontos jellege meghatározható volt. A szokásos vizsgálat korlátait kiterjesztette, segítségével az elhasználódás mértéke folyamatosan diagnosztizálhatóvá válik, és szükség esetén a javítás elvégezhető (pl. a fogkapcsolódás, az egytengelyűség és a csapágyhézagok ismételt beállítása). A replika jól kiegészíti a többi roncsolásmentes vizsgálat és geometriai méretellenőrzés eredményét.

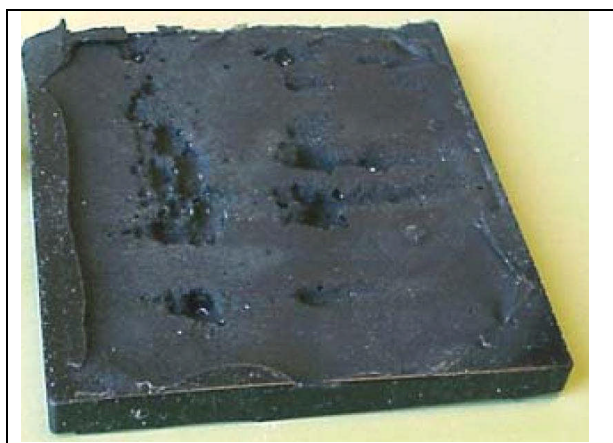
Az eljárás további lehetséges felhasználási területei

A már bemutatott klasszikus és felületi állapotvizsgálatokon túl az eljárás még az alábbi területeken is felhasználható:

- Mintavétel, mely során a felülethez gyengén tapadó alkotók a fóliára vagy a gumirétegre feltapadnak. Ez akkor alkalmazható előnyösen, ha a klasszikus mintavétel nehézségek-

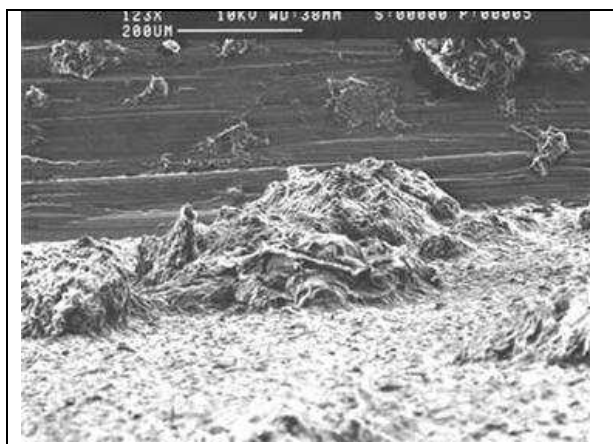
be ütközik vagy a vizsgálandó anyag kevés, esetleg finom por állagú. A további elemzés laboratóriumi körülmények között elvégezhető, akár a szokásos technikákkal, akár mikroszondával.

- A lenyomatokról készített felvételek képelemző rendszerrel tovább vizsgálhatók, meghatározható pl. a porozitás, a szemcseméret, illetve a kiválások, elváltozások statisztikai elemzése elvégezhető.
- Felületi érdesség mérés, illetve a korróziós károsodás vizsgálata. A síkba feszített lenyomaton érintésmentes technikával magasságkülönbségek, távolságok mérhetők. A szilikongumi zsugorodása elhanyagolható, és jól felveszi a felület, mélyedések kontúráját. A 10–12. ábra néhány jellemző új alkalmazási példát mutat be.



10. ábra – Korróziós károsodásról készített lenyomat

Figure 10 – Negative copy of a corroded surface



11. ábra – Pittingkorrózió elektronmikroszkópos képe

Figure. 11. – Electronmicroscopic image of a pitting corrosion spot



12. ábra – Mintakészítés szilikongumival
Figure 12. – Pattern making with silicone rubber

Összefoglalás

A helyszíni lenyomatos eljárás nemcsak a klasszikus anyagvizsgálati feladatok során alkalmazható eljárás, hanem felületek különböző tulajdonságainak vizsgálatára is. A vizuális vizsgálat tartományát kiterjeszti a mikroszkópos nagyítás tartományba, segítségével meghatározhatók a károsodási módok és folyamatos állapotvizsgálat végezhető. A felületet különösebb előkészítést nem igényel és az eljárás sem mechanikailag, sem kémiaiilag nem károsítja azt. Az eljárás dokumentálhatósága kiváló, a minták hosszú időn át megőrizhetők, fényképfelvételek készítése a szokásos módon végezhető. A minták további kiegészítő mérésekre is lehetőséget adnak.

NEGYEDSZÁZADOS AZ AGMI ZRT

AGMI 25 YEARS OLD

Az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt történelmébe jeles napként vonult be a 2008. szeptember 24., ugyanis ezen a szép, kellemes őszi napon ünnepelte a cég – önálló léte fennállásának – *negyedszázados* évfordulóját.

A 25 éves születésnap tiszteletére egy nivós, ünnepi *üzletbaráti találkozót* szervezett az AGMI ZRt vezetése.

E rendezvénynek a MAHART Pass Nave Személyhajózási Kft. – az AGMI ZRt arculati színeihez illeszkedő – kék-fehér színvilágú, a Dunán sétáló Corvin hajója adott otthont, 10h –től 14h –ig.

A protokolláris összejövetelen közel 70 fő vett részt, kik az AGMI ZRt vevői, beszállítói, illetve jelen voltak a banki, a biztosítói szféra, a felügyeleti hatóság és a szakmai szervezetek képviselői is, valamint ügyvédek, trénerek, egyszóval azon üzletfelek, akiknek komoly, meghatározó szerepe volt és – minden bizonnyal – még lesz is a cég életében.

Elsőnek a nap hangulatát megalapozó zenészek előadásában az „Újra itt a nagycsapat...” című *AGMI indulót* hallhattuk, amely pattogós ritmusával remek, jó át- és ráhangoló kezdés volt.

Az AGMI ZRt *elnök-vezérigazgatója*, Klausz Gábor az ünneplő közönség köszöntése után egy 50 éves *időhorizontot* felölelő prezentációt tartott. Ennek során felelevenítette a múltat, a gyökerektől, a Weiss Manfréd-korabeli időktől kezdve egészen az önálló állami vállalatá-váláson át, a részvénytársasággá-alakulásra, a privatizáción keresztül eljutva a jelenig, majd egy újabb 25 éves jövőt vázolt fel, amelyben az AGMI ZRt, mint a magyar gazdaság meghatározó, stabil piaci szereplője, az *ipar egyik legkorrektebb szolgáltató bázisa* van jelen.

Az elnök-vezérigazgató prezentációját a vendégek gyors, egymást követő köszöntő hozzászólásai és az ajándékok átadása követte.

A XXI. Kerület alpolgármestere csakúgy, mint a prominens üzleti partnerek elismerő szavakkal méltatták az AGMI ZRt tevékenységét, a piacon tanúsított magatartását és azt a tudásbázist és szakmakultúrát, amely a *cég legértékesebb vagyona*.

Az ünnepi fogadást megelőzte az Easy Learning Hungary Készségfejlesztő Kft. nevű tréningcég által átnyújtott rendkívül hangulatos és stílusos „Együtt énekelünk és zenélünk” című átvitt értelmű meglepetés-ajándékműsor. A komoly üzletemberek egyik pillanatról a másikra megszelídült, pajkos-játékos, éneklő-doboló lényekké váltak és önfeledten adták át magukat a műsornak.

A játék után jöhetett a jól megérdemelt finom ebéd, melyet az AGMI ZRt színeiben pompázó, kék-fehér meggyes-csokoládés, marcipános születésnapi torta zárt.

A születésnapi találkozón jelen voltak a helyi, körzeti (csepeli) média, a Csepp TV és a Csepel Újság munkatársai is, akik a közeli napokban adtak friss tudósításokat és közvetítettek riportokat, tudósítást a történekről.

A cégvezetés nevében ezúton is köszönöm a vendégeknek, hogy invitálásunkat elfogadták és jelenlétükkel, hozzászólásukkal emelték e családias rendezvény színvonalát.

AZ AGMI ZRt MINDIG PARTNER MARAD!

Dr. Kovács Éva
gazdasági igazgató
a születésnap rendezője

BESZÁMOLÓK

REPORTS

Beszámoló a 17. Roncsolásmentes Vizsgálati Világkonferenciáról

A 17. Roncsolásmentes Vizsgálati Világkonferencia 2008. október 25. és 28. között került megrendezésre Sanghajban (Kína).



A Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Bizottság (*International Committee for Non-Destructive Testing, ICNDT*) négyéves ciklusban rendezett konferenciájának házigazdája a Kínai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség volt. A konferenciával egyidejűleg a roncsolásmentes vizsgáló eszközöket és szolgáltatásokat nyújtó cégek nagyszabású kiállítására is sor került. A konferencia és kiállítás helyszíne a Sanghaj Kiállítási Központ volt.



Az esemény előtt került megrendezésre az ICNDT 32. és azt követően a 33. közgyűlése, valamint a konferenciával párhuzamosan az újonnan alakult Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémia (*International NDT Academia*) első ülése, továbbá egy ICNDT workshop, amelynek tárgya a roncsolásmentes vizsgáló személyzet ISO 9712 és rokon szabványok szerint harmadik fél által végzett tanúsításának harmonizációja volt. A konferencia résztvevőinek a száma megközelítette a 800 főt, a kiállító cégek száma meghaladta a 200-at.



A külföldi és hazai résztvevők illetve kiállítók számának aránya kétharmad / egyharmad volt a külföldiek javára. A konferencián elhangzott előadások száma ötszáz körül volt, további kb. negyven poszter bemutatására is sor került. Az esemény főszponzora a *GE Sensing and Inspection Technologies* volt.

A konferencia résztvevőinek jelentős része ázsiai (kínai, japán, koreai,...) volt, de a legnagyobb számú külföldi delegációt Oroszország adta. Közép-európának (gazdasági súlyának nagyjából megfelelően) viszonylag szerény képviselete volt: egy vagy néhány fő Csehországból, Szlovákiából, Ausztriából, Horvátországból, Szlovéniából. Magyarországot egyedül képviseltem. Kína roncsolásmentes vizsgálati kapacitásának megítéléséhez érdemes odafigyelni a következő adatokra: a kínai egyetemeken évente 600 BSc, 200 MSC és 60 PhD diplomát adnak ki a roncsolásmentes vizsgálat területén (a roncsolásmentes vizsgálat önálló szak, nem része az anyagtudománynak vagy egyéb más szaknak); 170.000 minősített

roncsolásmentes vizsgáló van; kb. 2000 roncsolásmentes vizsgálatot végző cég működik; és 2007-ben kb. 135 millió USD értékben adtak el roncsolásmentes vizsgáló eszközöket.



A konferencia előadásait tizenkét párhuzamos szekcióban bonyolították le. A legnagyobb szekciót az ultrahangos vizsgálatok képviselték. Az ultrahangos előadások jelentős hányada foglalkozott a fázisvezérelt technikával, az irányított hullámokkal (*Guided Waves*), illetve a jelfeldolgozással. Terjedelmében az örvényáramos / mágneses vizsgálati előadások követték az ultrahangos vizsgálati előadásokat. Csupán az érdekesség kedvéért jegyzem meg, hogy kb. 20 előadás szólt a mágneses memória mérési módszerről. Jelen beszámoló keretében nem dolgoztam fel a konferencián elhangzott előadások műszaki tartalmát. Részletes beszámolót a 2009. márciusában, Egerben megrendezésre kerülő VI. Roncsolásmentes Vizsgálati Konferencián fogok adni, aminek írott változata az Anyagvizsgálók Lapja egy későbbi számában lesz olvasható. Általános benyomásként annyit lehet megjegyezni, hogy a roncsolásmentes vizsgálat központi témái erősen kötődnek az információs technológia fejlődése adta lehetőségekhez: automatikus hibafelismerés és jelfeldolgozás, valós idejű megjelenítés, computer tomográfia, fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat, digitális radiográfia. Az iparágakat tekintve az energiaipar dominál (beleértve a nukleáris területet is), ezt követi a repülés, illetve általában a közlekedés (autó, vasút). Minden esetben felismerhető a biztonsággal szembeni követelmények szigorodása és az ezek kielégítése érdekében végzett vizsgálatok számának, minőségének növekedése.

Az ICNDT közgyűlésein a GTE főtitkárának a képviselőjeként vettem részt. Ismeretes, hogy Magyarországot az ICNDT-ben a GTE, az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetségben (*Euro-*

pean Federation of Non-Destructive Testing, EFNDT) a MAROVISZ képviseli. Az ezzel kapcsolatos egyezséget a GTE és a MAROVISZ 1998-ban kötötte, az egyezség felülvizsgálatát a MAROVISZ vezetősége napirendre kívánja tűzni. A 32. közgyűlés (a konferencia előtt) az ICNDT szokásos ügyeivel foglalkozott (beszámolók, kitüntetések, tiszteleti tagság, világkonferenciák – jelenlegi, következő és az azt követő konferenciára pályázók bemutatkozó anyagai). Bejelentésre került, hogy az ICNDT jogi személy lett (Ausztriában került bejegyzésre, mint non-profit szervezet, és itt is nyitotta meg a bankszámláját). A 33. közgyűlés (a konferenciát követően) tisztújító közgyűlés volt, amelyik megválasztotta az ICNDT új tisztségviselőit: az új elnök *Mike Farley* (korábban ICNDT főtitkár és EFNDT elnök) lett.

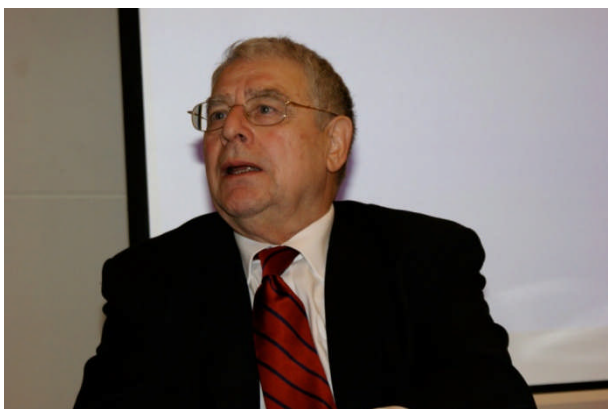
Eldöntésre került, hogy a 2016-ban megrendezésre kerülő világkonferencia rendezője a Német Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség lesz, a konferenciát Münchenben fogják tartani.

Az ICNDT leköszönő elnöke, de még inkább új elnöke kihangsúlyozta, hogy programjának középpontjában a roncsolásmentes vizsgálók minősítésének és tanúsításának harmonizációja lesz. Ennek jegyében került kiadásra a közgyűlésen a következő dokumentum: *ICNDT Guidelines and Recommendations for Qualification and Certification of NDT Personnel according to ISO 9712 and Aligned Standards* (ICNDT Útmutatók és javaslatok a roncsolásmentes vizsgálatokat végzők minősítésére és tanúsítására az ISO 9712 és rokon szabványok alapján).

A konferencia ideje alatt tartotta első ülését a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémia. Ez a független, nem profitorientált és nem kormányzati szervezet az év derekán alakult a következő célokkal:

- (i) erősítse a tudomány, a kutatás és fejlesztés jelenlétét a roncsolásmentes vizsgálatok területén, erősítve ezzel egyúttal a tudósok és a szakemberek együttműködését,
- (ii) javaslatokat tegyen a kutatás és fejlesztés irányaira és támogassa azok megvalósítását,
- (iii) felhívja a kormányok, hatóságok és egyéb érdekképviselői szervezetek figyelmét a roncsolásmentes vizsgálatok fontosságára és szerepére.

Az Akadémia elnöke Guiseppe Nardoni (az ICNDT egy korábbi elnöke). Az Akadémiának rendes és tiszteleti tagjai vannak. A rendes tagságra az ICNDT tagjai tehetnek és tehetnek javaslatot, kiemelkedő teljesítményt nyújtó tudósok, kutatók, szakemberek személyében (a GTE és a MAROVISZ korábban együttes javaslatot tett, a javasolt személy Dr. Balaskó Márton). A javaslatok elfogadásáról az Akadémia elnöksége legkésőbb a jövő év elején ad tájékoztatást. A tiszteleti tagokat az Akadémia elnöksége választja meg. A shanghai-i ülésen Riccardo Giacconi professzor (fizikai Nobel díj, 2002), tiszteleti tag tartott előadást a röntgen sugárzás alkalmazásáról a csillagászatban.



A harmadik fél által végzett személyzet tanúsítás harmonizációjával foglalkozó workshop célja az volt, hogy az ipar, a gyártók, a hatóságok, a nemzeti roncsolásmentes vizsgálati szövetségek meghívott képviselőinek a segítségével lendítsen a már évek óta napirenden lévő, de igazából nem megolduló kérdés megoldásán. Áttekintésre került az ISO 9712, az EN 473 és az ANSI-ASNT CP-106, valamint az ezek által hivatkozott irányelvek és egyéb dokumentumok.

A legfontosabb következtetés az volt, hogy a felsorolt szabványok ugyan tartalmaznak eltéréseket egymástól, de ezek nem jelentősek (pl. tematika, gyakorlat hossza, újratanúsítási követelmények); továbbá, hogy az eltérések kompromisszumok árán kezelhetők. A jelenlévők felhatalmazták az ICNDT-t, hogy a workshop eredményeit továbbítsa a szabványosítási testületek megfelelő műszaki bizottságai felé (CEN/TC 138 és ISO/TC 135) és javasolja a kérdésnek egy együttes munkabizottság általi kezelését, amelynek esetleg az elnöki teendőit betöltené.

A konferenciáról összességében elmondható, hogy jelentős esemény volt. A kínai szervezők – a pekingi olimpián látottakhoz hasonlóan – hatalmas energiát fektettek a szervezésbe, megszámlálhatatlan önkéntes egyetemista segítette a munkájukat, akik ha angol nyelvtudásukkal nem is, de jó szándékukkal mindent megtettek a siker érdekében. A viszonylag alacsony részvételi számot (2006-ban a berlini európai konferenciának 1800 résztvevője volt) azzal lehet magyarázni, hogy az eredetileg augusztus utolsó hetére meghirdetett rendezvényt a kormány utasítására két hónappal el kellett tolni. Ez sokaknak azt jelentette, hogy az új időpontot már nem tudták összeilleszteni a naptárjukban található egyéb programokkal.

dr. Trampus Péter
MAROVISZ Elnöke