

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

2006/IV. lapszám

MAGYAR RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATI SZÖVETSÉG



MAROVISZ

*V. Roncsolásmentes
Anyagvizsgáló Konferencia
és Kiállítás
2007. március 6–9.*

EGER
HOTEL FLÓRA****

A rendezvény mottója:

*„Roncsolásmentes vizsgálat a biztonság, megbízhatóság és
kockázat értékelésének a szolgálatában”*

A jövőben a MAROVISZ kiadásában megjelenő

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

válogatást fog közölni a konferenciánkon elhangzottakból

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT - NON-DESTRUCTIVE MATERIAL TESTING

TRAMPUS Péter	121
A roncsolásmentes vizsgálatok szerepe a szerkezetek biztonságának megítélésében The roll of the NDT in assessment of the safety of structures	

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS, ÉLETTARTAM GAZDÁLKODÁS - CONDITION CONTROL, SERVICE LIFE ECONOMY

RITTINGER János	128
Hegesztett szerkezetek kockázatelemzése Risk analysis of the welded structures	

BEMUTATJUK A ... LABORT - THE ... LABORATORY IS INTRODUCED

LEHOFER Kornél	133
Bemutatjuk a 10 éves ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft-t Introducing of the ten years old ÁEF Material Testing Laboratory Ltd.	
CSOLLÁK Zoltán	134
Ipari beruházásokhoz kapcsolódó független műszaki felügyelet The independent technical supervision connected to the industrial investment	
GRŐB Ferenc	136
Ipari beruházásokhoz kapcsolódó független műszaki felügyelet The independent technical supervision connected to the industrial investment	
KATONA Lajosné	138
Vízkeimiai vizsgálatok Water chemical testing	
LEHOCZKY Judit	140
Erőműi kazán hibakereső anyagvizsgálata Damage examination of a power plant boiler	

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT - NON-DESTRUCTIVE MATERIAL TESTING

HARASZTOSI Lajos, SZABÓ István, DARÓCZI Lajos, SZABÓ Sándor, ERDÉLYI Zoltán, BALOGH Zoltán, ESZENYI Gergely, MOJZES Imre, BEKE Dezső	144
Részletes zaj-analízis előnyei Barkhausen-zaj mérések alkalmazásaiban Advantages of detailed noise analysis by measuring of Barkhausen noise	

MÉRÉSTECHNIKA - MEASURING TECHNIQUES

Attila SZABÓ, L. PESEK, J. TAKÁCS	149
Lágymágneses acéllemez felületét jelölő lézerkarcok stabilitásvizsgálata fárasztással The stability of laser marks on electrical steel surfaces investigated by fatigue test	

BESZÁMOLÓK

SOMOGYI György	154
9th ECNDT, Berlin, 2006; 1. rész 9th ECNDT, Berlin, 2006; 1. part	
LEHOFER Kornél	156
A törésmechanika szerkezeteink biztonságát szolgálja The fracture mechanics in service of the safety of our structures	

SZABVÁNYOSÍTÁS - STANDARDISATION

Új, hazai MSZ) és nemzetközi (EN, ISO) szabványok	159
--	------------

MÉRFÖLDKÖVEK - MILESTONES

ZÁRAY Gyula	161
Dr. Gregus Ernő (1921-2006) Dr. Ernő Gregus (1921-2006)	

A roncsolásmentes vizsgálatok szerepe a szerkezetek biztonságának megítélésében*

Trampus Péter**

Kulcsszavak: szemléletváltás: NDT/NDE, folytonossági hiány/hiba, szerkezeti integritás/megbízhatóság/biztonság
Keywords: shift in attitude: NDT/NDE, hiatus/defect, structural integrity/reliability/safety

A roncsolásmentes vizsgálatokról általában

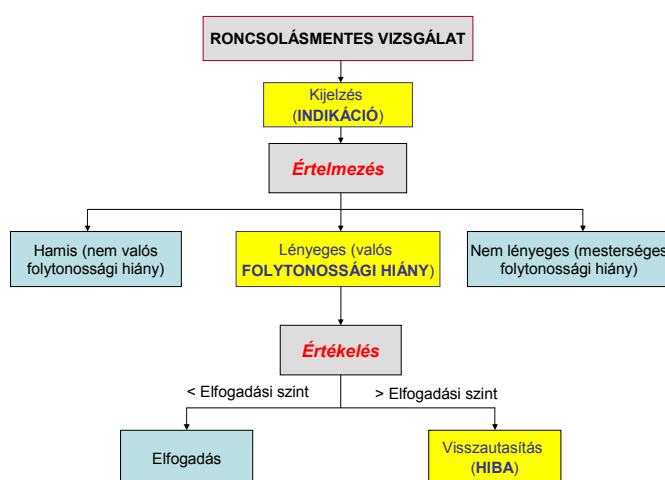
A roncsolásmentes vizsgálat műszaki eljárások kifejlesztése és alkalmazása berendezések anyagának a vizsgálatára oly módon, hogy a vizsgálat végrehajtása ne akadályozza a berendezés későbbi felhasználását és üzemeltethetőségét. A roncsolásmentes vizsgálatok célja elsősorban, és különös tekintettel a törésmechanikával való kapcsolatára, az anyagfolytonossági hiányok és egyéb anyagszerkezeti inhomogenitások detektálása, azok helyzetének és méretének meghatározása, valamint a hiányok értékelése a berendezés integritásának az elemzéséhez.

A roncsolásmentes vizsgálat elnevezés hagyományos angol változata *Non-Destructive Testing* (NDT), de ezt egyre inkább felváltja a *Non-Destructive Evaluation* (NDE) forma. A két elnevezés közötti különbség lényege abban áll, hogy az NDT esetében a folyamat „terméke” a detektált folytonossági hiány (annak helyével, méretével és egyéb tulajdonságaival jellemezve), és a továbbiakról az elfogadási szinteket tartalmazó szabvány vagy egyéb ismeretek (pl. törésmechanikai tudás) alapján a tervező dönt. Ezzel szemben, ha NDE-ről beszélünk, akkor ezzel azt fejezzük ki, hogy az elfogadás (visszautasítás) is részévé vált a roncsolásmentes vizsgálati folyamatnak.

Az NDE koncepció alkalmazása szükségessé teszi a „hiba” fogalmának a pontos meghatározását. A roncsolásmentes vizsgálat folyamán a vizsgáló először *értelmezi* az indikációt, azaz a folytonossági hiányról származó, az alkalmazott roncsolásmentes vizsgálatra jellemző formájú kijelzést. Ennek eredményeként eldönti, hogy a vizsgálat szempontjából lényeges-e az indikáció, valamint hogy nem hamis indikációról van-e szó. Miután a vizsgáló megállapította, hogy valós folytonossági hiányról van szó, elvégzi annak az *értékelését*.

Az értékelés során a hiány valamilyen jellemzőjét vagy tényleges méretét hasonlítják össze a megfelelő szabvány vagy előírás elfogadási (átvételi) szintjével. Azt a folytonossági hiányt nevezzük hibának, amelyik nem felel meg az elfogadási (átvételi) szintnek. A folyamatot és annak logikáját az 1. ábra

mutatja be. Hiba esetén további intézkedés szükséges, ami lehet a berendezés javítása, cseréje, egyedi szilárdsági vagy törésmechanikai elemzés végrehajtása stb.



1. ábra. A folytonossági hiány és a hiba megkülönböztetése

Fig. 1: Distinction of the hiatus and the defect

Meg kell különböztetni egymástól a termék megfelelőségének tanúsítására szolgáló (a minőség-ellenőrzés kategóriájába tartozó), és az üzemelő berendezések üzemeltetésre való alkalmasságának eldöntését szolgáló (az üzemeltetés közbeni időszakos) roncsolásmentes vizsgálatokat. Az alkalmazott vizsgálati eljárások mindkét esetben azonosak ugyan, de a vizsgáló személy gondolkodásmódjában, felkészültségében, az adat-szolgáltatásban, a kommunikációs készségben jelentősen eltér egymástól a két terület. A termék megfelelőséget tanúsító vizsgálatokkal szembeni elvárás az előírt követelményeknek való megfelelés, vagy meg nem felelés eldöntése. A vizsgálatok során megelégszünk az eltéréseknek „analóg” jelek formájában történő kifejezésével és értékelésével, mivel a követelmények is ilyen módon vannak megfogalmazva. Kivételt képez a látható felület szemrevételezéses vizsgálata, ahol mód van a folytonossági hiányok tényleges méretének a megadására.

Ultrahangos vizsgálat esetében a követelményt egy mesterséges reflektor méretével adják meg (vonat-

*A IX. Országos Törésmechanikai Szemináriumon 2006. október 16-án, Miskolctapolcán elhangzott előadás szerkesztett változata
**Dr.; a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség elnöke, marovisz@marovisz.hu

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

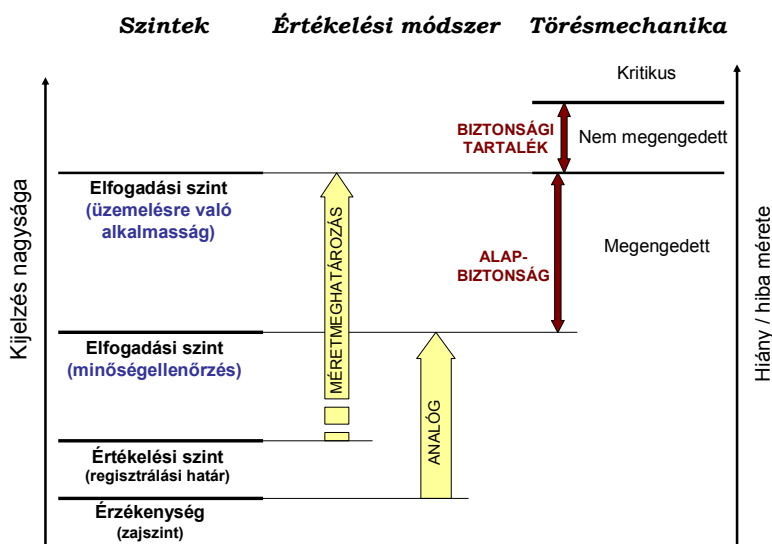
Non-destructive material testing

koztatási reflektor). A vizsgálat során a hiányról érkező jelet összehasonlítják a mesterséges reflektorról érkező jellel. Az összehasonlítás (az analóg kapcsolat) szoros-

sága attól függ, hogy a folytonossági hiány, mint reflektáló felület minősége mennyiben különbözik a mesterséges reflektorétól. A hiány típusára a reflektált jelek alakja alapján lehet következtetni. A termék megfelelőségének ellenőrzésekor az értékelési szint (regisztrálási határ) értéke függ a vizsgálati módszertől. Folyadékbehatolásos, illetve mágnesezhető poros vizsgálat esetében az értékelési szintet a behatoló folyadék szemcseszerkezete, illetve a mágnesezhető por szemcsemérete adja meg, amit ellenőrizni kell. Radiográfiai vizsgálat esetében az értékelési szint megválasztható a röntgen film érzékenységének a megválasztásával, ultrahangos és örvényáramos vizsgálat esetén pedig önkényesen beállítható. A megengedett eltérés (folytonossági hiány), azaz az elfogadási (átvételi) szint értékét a termék jelentőségének és a roncsolásmentes vizsgálati eljárás érzékenységének a függvényében határozzák meg. Az értékelési és az elfogadási szint közötti különbséget úgy kell megválasztani, hogy az ne vezessen indokolatlanul sok (zavaró) jel regisztrálásához, illetve elég nagy legyen ahhoz, hogy az elfogadási szinthez közel eső jelet regisztrálni lehessen.

Az üzemelő szerkezetek állapotellenőrzésekor, a maradó élettartamuk meghatározásakor, vagy az élettartam gazdálkodásuk során az egyik legfontosabb bemenő adat az értékelés időpontjában a szerkezetben található folytonossági hiányok (befoglaló) mérete és pozíciója. A szerkezet tervezésekor, figye-

lembe véve a törésmechanika összefüggéseit, feltételeznek egy kedvezőtlen elhelyezkedésű hibát, ami lehet például a felületről kiinduló, a falvastagság 25 %-ával egyező mélységű, fél ellipszis alakú repedés. A roncsolásmentes vizsgáló rendszer minősítése (lásd később részletesebben) lehetővé teszi a feltételezett hiba méretének a csökkentését, ami egyúttal a berendezés súlyát és így a gyártási költségét is csökkenti. A feltételezett hiba mérete és a regisztrálási határ közötti tartomány általában két területre osztható. A regisztrálási határhoz közel eső tartományban megengedik az „analóg” jelek értékelését, a termék megfelelőség ellenőrzéséhez hasonlóan. A második tartományban meg kell határozni a hibák befoglaló méretét, majd össze kell hasonlítani a törésmechanikai számítással meghatározott hibaméret jellemzőkkel. Amennyiben a hiány mérete meghaladja a törésmechanikai jellemzőket (hiba!), akkor egyedi törésmechanikai számítással kell dönteni a további üzemeltethetőségről. Az előzőekben leírtakat a 2. ábra szemlélteti. A felvázolt gondolatmenet jól kifejezi a roncsolásmentes vizsgálat és a törésmechanika kettőirányú kapcsolatát. Egyrészt a törésmechanika segítségével határozhatók meg a detektálendő folytonossági hiányok küszöbértékei, valamint az elfogadási szintek, másrészt a roncsolásmentes vizsgálat szolgáltatja a hiányok tényleges méreteit a további törésmechanikai számítások elvégzéséhez, és ezzel a mindenkor aktuális biztonsági tartalék értékeléséhez



2. ábra. Roncsolásmentes vizsgálat értékelése és a törésmechanika kapcsolata

Fig. 2: Connection between the NDT evaluation and the fracture mechanics

Szerkezeti integritás/megbízhatóság/biztonság

A mérnöki szerkezetek szerkezeti integritásának elemzése a teherhordó rész szilárdságának illetve töréssel szembeni ellenállásának az elemzését jelenti.

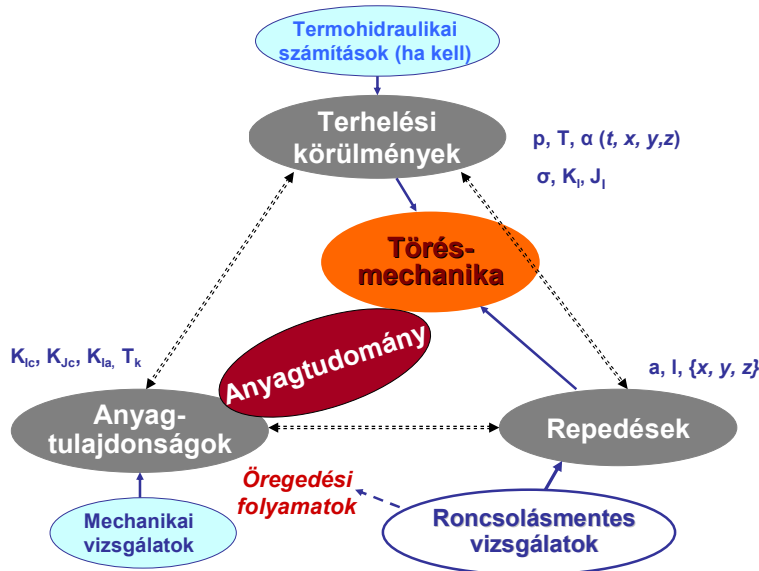
Ismert, hogy a szívós törés létrejöttének energiaszüksége nagyobb, mint amennyi energiát a rideg törés felemészti, ezért a berendezések szerkezeti integritásának elemzése során alapvetően a rideg töréssel szembeni ellenállásra kell koncentrálni. Az elemzés eszköze ennek megfelelően a törésmechanika, a mér-

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

tékaadó anyagjellemző a törési szívósság, amelynek meghatározásához az anyagtudomány szolgáltatja az adatokat. Az összefüggéseket a 3. ábra mutatja. Az

ára utal azokra a vizsgálatokra és számításokra is, amelyek a kiinduló adatokat szolgáltatják a törésmechanikai elemzéshez.

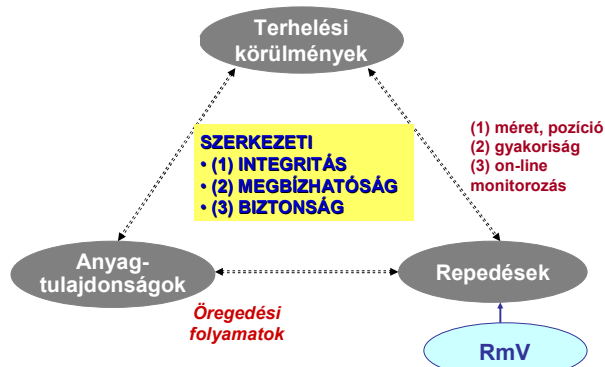


3. ábra. A törésmechanika és az anyagtudomány szerepe a szerkezeti integritás elemzésében

Fig. 3: Roll of the fracture mechanics and the material science in the analysis of structural integrity

A 3. ábrán bemutatott összefüggések nemcsak a determinisztikus gondolkodásmódot tükröző szerkezeti integritás modell szemléltetésére alkalmasak. Amennyiben a szerkezeti „integritás” helyett a szerkezeti „megbízhatóság” fogalomkörben gondolkodunk, akkor a roncsolásmentes vizsgálatoknak a repedésméret és –pozíció értékek helyett egy adott anyagterületben található repedések méret és elhelyezkedés szerinti eloszlásának a függvényeit kell szolgáltatniuk. Természetesen ebben az esetben valószínűségi törésmechanikai összefüggésekkel, illetve az anyagjellemzők eloszlásfüggvényeivel lehet eljutni a szerkezeti megbízhatóság értékeléséhez. Ennél is tovább megy az a koncepció, amelynek értelmében bevezetik a szerkezeti „biztonság” fogalmát [1]. Erről akkor beszélhetünk, ha online információt tudunk szolgáltatni a folytonossági hiányok kifejlődésének és/vagy a szerkezeti anyag károsodá-

sának a folyamatáról (*Structural Health Monitoring*). A szerkezeti „integritás” a múlt és a jelen, a szerkezeti „megbízhatóság” a jelen és a jövő, a szerkezeti „biztonság” pedig egyértelműen a jövő koncepcióját tükrözi. Ezt az evolúciót mutatja a 4. ábra.



4. ábra. A szerkezeti integritás, megbízhatóság és biztonság modellje

Fig. 4: Model for the structural integrity the reliability and the safety

A roncsolásmentes vizsgálatok helyzete

Világméretű és tárgyilagos helyzetelemzéshez – egyebek mellett – az elmúlt években a témakörrel foglalkozó jelentős konferenciákon elhangzott előadások, és az azokban felfedezhető tendenciákat vettük

alapul, pl. [2-7]. Szem előtt tartva a törésmechanika szempontjait, a következő általános jegyeket fedeztük fel:

Az üzemeltetés közbeni vizsgálatok jelentőségének növekedése

Az üzemeltetés időszakában végzett roncsolásmentes vizsgálatok célja a berendezések

további üzemeltetésre való alkalmasságának (vagy esetleges javításának vagy cseréjének) az eldöntése.

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

Az elmúlt évtizedekben e vizsgálatok jelentőségének a határozott növekedése figyelhető meg. A növekedés két szempontból is figyelemre méltó. Egyrészt nagyobb hangsúlyt kapnak ezek a vizsgálatok a minőség-ellenőrzés típusú vizsgálatokhoz képest, mint néhány évtizeddel ezelőtt. Ez a nagy ipari létesítmények fokozatos öregedésével, a szisztematikus élettartam gazdálkodás térnyerésével (önálló diszciplínává válásával), a berendezések öregedéskézelésének a bevezetésével, az üzemidő hosszabbítással, tehát az üzemelő berendezések (erőművek, egyéb értékes létesítmények) szerepének a felértékelődésével magya-

rázható. Mindezek mögött a folyamatok mögött egyrészt a biztonság és a gazdaságosság céljainak integrálódása (beleértve a hatósági követelmények szigorodását) és egy nemzetközi léptékű gazdasági verseny (piac liberalizáció) kényszerítő követelményei húzódnak meg. Másrészt hozzájárulnak az üzemelő berendezéseken végrehajtott vizsgálatok erősödő szerepéhez a világban zajló, és az általános biztonságot fenyegető jelenségek, és ezek eredményeként egy biztonságközpontú gondolkodásmód fokozatos térnyerése.

A roncsolásmentes vizsgálatok hatékonyságának növekedése

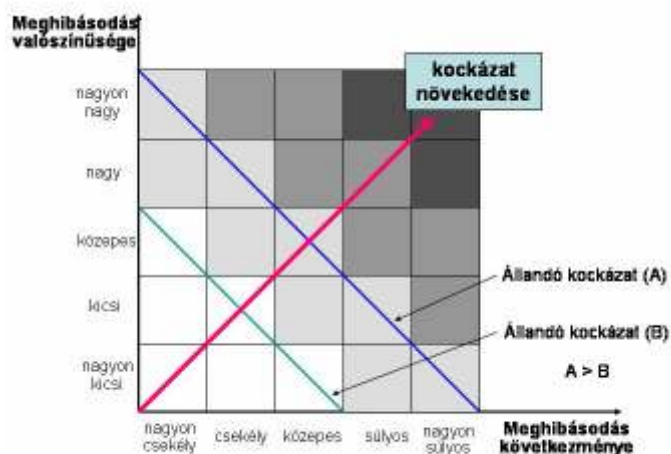
Igen mélyreható az a fejlődés, ami a roncsolásmentes vizsgálatok hatékonyságának és megbízhatóságának a terén zajlik. Korábban a minden részletre kiterjedő előírások, szabványok képezték a vizsgálatok alapját: a vizsgálandó berendezéseket merev biztonsági osztályokba sorolták, egységes vizsgálati ciklusidőket határoztak meg, és szabványokban rögzítettek magának a vizsgálatok végrehajtásának a paramétereit. Nyilvánvalóvá vált azonban, hogy bizonyos folytonossági hiányokat csak véletlenül szerűen találtak meg, a vizsgálati érzékenység esetenként alacsonynak bizonyult, az alkalmazott technika bizonyos károsodások felderítéséhez nem volt megfelelő, a vizsgálati ciklusidő hosszú volt vagy a vizsgálatok jelentős részét a berendezések olyan részein hajtották végre, ahol nem fordult elő károsodás. Ennek eredményeként a vizsgálati filozófia a részletes szabályozás területéről olyan irányba mozdult el, ahol a hangsúly a potenciális károsodásnak kitett területekre került, megjelent a „kockázat” fogalom, mint egy eszköz, továbbá megkövetelték a vizsgálatok teljesítőkétségének az igazolását. Ezek a folyamatok a kockázati szempontokat figyelembe vevő vizsgálati programok kidolgozásához és a roncsolásmentes vizsgáló rendszerek minősítésének a bevezetéséhez vezettek.

Kockázat (*Risk*, *R*) alatt – általános értelemben – az alábbi három csoport halmazát értjük:

$$R = \langle E_i, P_i, K_i \rangle, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

ahol E_i az i -ik esemény, P_i az i -edik esemény bekövetkezésének valószínűsége és K_i az i -edik esemény következménye. A roncsolásmentes vizsgálatok tekintetében a kockázatot – összevonva a hármas első két tagját – a meghibásodás bekövetkezése valószínűségének és a berendezés meghibásodás következményének a szorzatával szokták kifejezni. A kockázat grafikus ábrázolásának több módja van. Szemléletes a kockázati térkép (mátrix), ami fél-quantitatív módon ábrázolja, illetve rangsorolja az eseteket kvalitatív skálák (pl. kicsi – közepes – nagy, illetve csekély

– közepes – súlyos) vagy az azokkal összhangba hozható tágabb valószínűségi kategóriák (pl. 10^{-4} – 10^{-3}) használatával. Ilyen kockázati térképet mutat be az 5. ábra.



5. ábra. Kockázati térkép
Fig. 5: Map of the risk

Mivel a kockázatot a tengelyekre írt paraméterek szorzataként definiálják, a kettős logaritmusos léptékű ábrázolásban a 45°-os egyenesek az állandó kockázat vonalai, amelyek világosan elválasztják egymástól a különböző kockázatú területeket. Ha csökkenteni kívánjuk a kockázatot, amire elsősorban a meghibásodás bekövetkezése valószínűségének a csökkentése útján van esély, a roncsolásmentes vizsgálatok ugyanis erre vannak hatással, akkor a vizsgálandó rendszer vagy berendezés azon tartományaira kell koncentrálni, ahol a meghibásodást kiváltó károsodási folyamatok a legnagyobb valószínűséggel fordulnak elő. A megkövetelt kockázat elérése érdekében a rendelkezésre álló vizsgálati ráfordítások átcsoportosíthatók vagy – szükség esetén – pótlólagos vizsgálatok is alkalmazhatók. A kockázatnak a megjelenésével az időszakos roncsolásmentes vizsgálatok

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

definíciója is átfogalmazható. Azt mondhatjuk, hogy a vizsgálatok célja a nagy kockázatú berendezések (berendezésrészek) megtalálása, a kockázat értékelése, valamint a vizsgálatok elvégzése útján történő csökkentése.

A roncsolásmentes vizsgáló rendszer (vizsgáló berendezés, eljárás, vizsgáló személyzet) minősítése egy szisztematikus értékelés annak megbízható igazolására, hogy a vizsgáló rendszer képes a követelményeknek való megfelelésre valós vizsgálati körülmények között. A minősítésnek két, közel egy időben létrejött és sok hasonlóságot felmutató irányzata alakult ki. Az egyik irányzat az amerikai teljesítőképesség igazolás program (*Performance Demonstration Initiative, PDI*) [8], a másik az Európai Vizsgálati és Minősítési Hálózat által kidolgozott módszer (*European Network for Inspection and Qualification, ENIQ*) [9].

Az amerikai és az európai módszer lényege elvileg ugyanaz, de a bizonyítás útja némileg eltér egymástól. A PDI program legfontosabb eleme egy kiterjedt ellenőrző próbatest gyűjtemény, amely mester-séges, valósághű és valódi folytonossági hiányokkal ellátva, a hatályban lévő időszakos ellenőrzési prog-

ram (*ASME BPVC Section XI* [10]) legfontosabb vizsgálati helyeit reprezentálja. A vizsgáló rendszer teljesítőképessége megfelelőségének kritériumait szabvány rögzíti. Az ENIQ ezzel szemben a megfelelő minőségű vizsgálat alapkövetelményének a vizsgálat megfelelő műszaki megtervezését és a vizsgálat lebonyolítására vonatkozó részletes eljárást tartja és ezért a koncepció a műszaki bizonyításra helyezi a hangsúlyt. A vizsgáló szervezetnek egy független testület előtt kell igazolnia a vizsgálati követelmények teljesülését a műszaki bizonyításban foglaltak segítségével. A minősítő testület határozza meg (vagy hagyja jóvá a vizsgáló szervezet által javasolt) gyakorlati vizsgák körülményeit. Az ENIQ koncepció legfontosabb sajátossága az, hogy az üzemeltető szervezet előkészítő tevékenysége független magától a vizsgáltól és olyan adatok elemzésére irányul, mint a vizsgálati hely fizikai környezete, a károsodási mechanizmus, a lehetséges meghibásodás, a hiba valószínű orientációja és kritikus mérete, amelyek figyelembe vételével kell a vizsgáló szervezetnek megterveznie a vizsgálatot. Az ENIQ koncepció lényeges dokumentumait mutatja be az 1. táblázat.

Dokumentum	Cél	Készíti
Műszaki követelmények	Kiinduló adatok, vizsgálati célok meghatározása	Üzemeltető szervezet
Vizsgálati technológia	Vizsgálati eljárás ismertetése	Vizsgáló szervezet
Minősítési eljárásrend	Minősítés folyamatának ismertetése	Üzemeltető szervezet, Minősítő testület
Műszaki bizonyítás	Vizsgálat teljesítőképességére vonatkozó műszaki bizonyítékok ismertetése	Üzemeltető szervezet, Vizsgáló szervezet
Minősítési dosszié	Minősítéssel kapcsolatos dokumentumok összegyűjtése	Minősítő testület
Összefoglaló jelentés	Minősítés folyamatának összefoglalása	Minősítő testület

1. táblázat. Az európai vizsgálatminősítési eljárás legfontosabb dokumentumainak jellemzői

Table 1: The more important characteristics of the European test qualification procedure

E két terület, azaz a vizsgáló rendszerek minősítése és a vizsgálati terjedelem kockázati szempontokat figyelembe vevő meghatározása együttesen járul hozzá a berendezések szerkezeti integritása biztosításához alapvető fontosságú adatokat szolgáltatató időszakos roncsolásmentes ellenőrzések hatékonyságának növeléséhez. Megszületésük és fejlődésük egymástól függetlenül ment végbe, de felfedezhető a kapcsolat közöttük. Ha végiggondoljuk a minősítés európai irányzatának legfontosabb elemét, nevezetesen azt, hogy az üzemeltető szervezetnek a vizsgálá-

tot megelőzően – és lényegében attól függetlenül – egy műszaki bizonyításban elemeznie kell a lehetséges károsodási mechanizmusokat, az azok eredményeként szóba jöhető meghibásodásokat, az esetleges hiba (repedés) legvalószínűbb irányát, méretét és egyéb tulajdonságait, akkor ebben a követelmény rendszerben nem nehéz felfedezni a kockázatnak a jelenlétét. A vizsgálatot végző szervezet a minősítés folyamán azt fogja igazolni, hogy az alkalmazandó vizsgáló rendszer üzemi körülményeket feltételezve képes lesz-e ezeknek a hibáknak a felderítésére és

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

jellemzésére a megkövetelt megbízhatósággal. Ez az eljárás nem más, mint a kockázat egyik elemének, a hiba előfordulás valószínűségének a közvetett figyelembe vétele.

A vizsgálatminősítés és a kockázati szempontokat figyelembe vevő vizsgálat közös nyelvének megtalálásához járul hozzá a „kvantitatív” roncsolásmentes vizsgálat megjelenése. Kvantitatív roncsolásmentes vizsgálat alatt a hagyományos értelemben vett roncsolásmentes vizsgálat eredményeinek valószínűségi fogalmakkal történő kifejezését értjük. Az alkalmazott legfontosabb fogalom a detektálás valószínűsége (*Probability of Detection, POD*), amit a detektált hibák és az összes hiba hányadosával fejezünk ki, a hibaméret függvényében. A 6. ábra bemutat egy POD görbét és a görbe szórását. Az ábrán a nem-detektált hibák valószínűségét leíró PND (*Probability of Non-detection*) görbe is látható ($PND = 1 - POD$) [11].

Amennyiben a vizsgálatnál szemben támasztott követelmény az, hogy egy a méretű folytonossági hiányt legalább 90% valószínűséggel detektáljanak, és a detektálás konfidencia szintje ne haladja meg a 95%-ot, azaz $a_{90/95}$, akkor a 6. ábra példáján $a = 3$ mm. Miután a POD görbék felvétele költséges, ezért megfelelő matematikai statisztikai módszerek segítségével állítják elő, csekély számú vizsgálati eredményből a görbét.

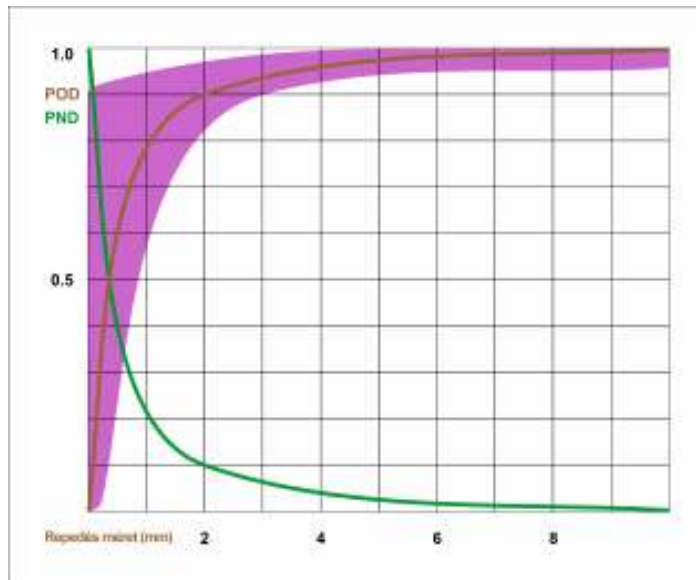
Az információs technológia hatása

Az eddig vázolt fejlődéssel párhuzamosan természetesen számtalan eredményt hozott a roncsolásmentes vizsgálatok területére is az információs technológia rohamos fejlődése. Ez a fejlődés drámai mértékben megnöveli a vizsgálatok teljesítőképességét (adatgyűjtés sebessége, adatgyűjtés és adatátvitel kapacitása, a vizsgálatnál szinte egyidejű értékelés), fokozza az értékelés megbízhatóságát (részletesebb algoritmusok), javítja a helyszíni vizsgálatok feltételeit (vizsgáló készülékek miniaturizálása), és még sorolhatnánk. Ehelyett két példát mutatunk be röviden, amelyek jelentős mértékben növelik a vizsgálat megbízhatóságát és így igen nagy a szerepük a törésmechanika igényeinek a kielégítésében.

Az egyik a vizsgálat interaktív háromdimenziós grafikus szimulációja, pl. [12]. Ultrahangos vizsgálat esetében, például, szimulálni lehet a vizsgálandó darab geometriáját (ezen belül egy varrat makroszerkezetét az eltérő akusztikai tulajdonságú tartományokkal), a folytonossági hiányt (annak tetszőleges méretével, helyzetével és reflexiós tulajdonságaival), a hangnyaláb viselkedését, a letapogatást és természetesen a hiány és a hangnyaláb kölcsönhatását (reflexió, diffrakció). A vizsgálat szimuláció lehetőséget nyújt a vizsgálati technológia megtervezésére

6. ábra. POD és PND görbe a hibaméret függvényében

Fig. 6: The POD and PND curves vs. defect size



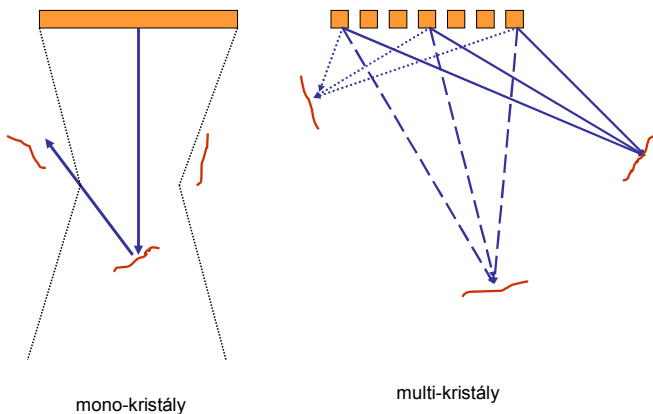
vagy optimalizálására, ami elsősorban bonyolult geometria esetén jelent előnyt. Tetszőleges folytonossági hiányoknak a vizsgálandó berendezés tetszőleges helyére történő elhelyezésével a vizsgálatminősítés egyik fontos eleme – a műszaki bizonyítás – is jobban alátámasztható a szimulációval, és ezzel csökkenthetők a próbatest gyártás költségei. Ugyancsak jelentős szerepet kap a szimuláció az indikációk értelmezése során és a személyzet képzésében vagy a gyakorlat felfrissítésében.

Az információs technológia fejlődése tette lehetővé a hagyományos (monokristályos) ultrahangos technika lehetőségeit messze felülmúló fázisvezérelt technika (*Phased Array*) alkalmazását. Megjegyezzük, hogy a magyar nyelven elterjedt elnevezés az eredeti elnevezés által takart technológiai megoldásnak csak az egy részét adja vissza, nevezetesen a hangnyaláb dinamikus vezérlését. A technika másik sajátossága az, hogy a hagyományos monokristályt több önálló rezgő (multikristály) helyettesíti (*Array*), amelyek mindegyike által kibocsátott hangnyalábot önállóan vezérlik (7. ábra).

A fókusz távolság, a fókuszált nyaláb átmérője és szöge dinamikus vezérlése egyrészt a jel/zaj viszony javításával fokozza a vizsgálat érzékenységét,

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing



másrészt a hagyományos hangnyaláb szempontjából kedvezőtlen irányítottaságú repedések kimutatásával növeli a folytonossági hiány kimutatásának a valószínűségét (POD). Ezeknek a vizsgálattechnikai előnyöknek a leegyszerűsített ábrázolását mutatja a 7. ábra. A fázisvezérelt vizsgálat egyre jobban terjed komplex geometriájú darabok vizsgálata területén. A vizsgálati technika flexibilis, a vizsgálat gyors, a vizsgálófejek mechanikailag stabilak [13].

7. ábra. Hagományos és fázisvezérelt ultrahangos vizsgálófej jellemzői

Fig. 7: Characteristics of a commercial and a phased array ultrasonic probe

A roncsolásmentes vizsgálati előírásrendszerek globalizálódása

A roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozó előírások, szabványok, irányelvek egyre inkább átlépik az országhatárokat, és nemzetközi dimenziókat öltenek, ami a gazdasági és kereskedelmi folyamatok globalizálódásának a kísérő jelenségeként fogható fel. Európai viszonylatban ilyenek az EN, PED, ENIQ szabványok és irányelvek, speciális iparági vagy egyéb szektor szinten az API, az IIW vagy a NADCAP szabványai és előírásai, illetve a nemzetközi szervezetek által kibocsátott dokumentumok, például ISO,

IAEA, IAF. Néhány esetben az egyes nemzetközi szervezetek harmonizációs tevékenysége is megindult. Ez a folyamat nem szorítkozik a roncsolásmentes vizsgálatok területére, hanem világosan felismerhető a szerkezetek üzemeltetésre való alkalmasságának megítélésre szolgáló előírásrendszerek, azaz a törésmechanikai alkalmazások terén is. Ez utóbbi szemléletes példája az Európai Bizottság által szponzorált FITNET tematikus hálózat által kidolgozásra került eljárás [14].

Hivatkozások

- [1] Kocak, M.: FITNET Fitness-for-Service Procedure: An Overview. In: *Proc. Int. Conf. FITNET 2006, 17-19 May 2006, Amsterdam, The Netherlands*, X-1603-2006
- [2] Proc. EPRI/Europe Risk-Informed In-Service Inspection Conference. Prague, Czech Republic, 7-9 October 2002
- [3] Proc. Joint EC-IAEA Technical Meeting on Improvements in In-Service Inspection Effectiveness. Petten, The Netherlands, 19-21 November 2002, EUR 20690 EN
- [4] Proc. Third EPRI Phased Array Ultrasound Seminar, 9-11 June 2003, Seattle, Washington, 1008886
- [5] Proc. 5th Int. Conf. NDE in Relation to Structural Integrity of Nuclear and Pressurized Components. San Diego, CA, 8-10 May 2006
- [6] Commission V, NDT and Quality Assurance, Technical Meetings, IIW GA, Quebec, Canada, 28-30 August 2006
- [7] Proc. 9th European Conference on NDT, Berlin, Germany, 26-29 September 2006
- [8] Becker, L.: Appendix VIII and its implementation by PDI. In: *Proc. Joint EC-OECD-IAEA Spec. Meeting "NDE Techniques Capability Demonstration and Inspection Qualification"*, Petten, 1997, EUR 17534 EN, p. 8-18
- [9] European methodology for qualification of non-destructive tests, second issue. EUR 17299 EN, ENIQ, 1997
- [10] ASME Boiler and pressure Vessel Code, Section XI: Rules for In-Service Inspection of Nuclear Power Plant Components, ASME, New York, 2001
- [11] Dobmann, G., Cioclov, D., Kurz, J.: The role of probabilistic approaches in NDT defect-detection, -classification and -sizing, IIW/V-1350-06, IIW GA, Quebec, 2006
- [12] Bar-Cohen, Y.: Bookmarking the NDE Capability and Challenges Near the Dawn of the New Millennium. In: *Proc. American Society for NDT Fall Conf.* Phoenix, 1999
- [13] R/D Tech: *Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications: R/D Tech Guideline*, Quebec, Canada, R/D Tech, 2004
- [14] <http://www.eurofitnet.org/>

Hegesztett szerkezetek kockázatelemzése*

Rittinger János**

Kulcsszavak: hazard, rizikó, következmény, elemzési szempontok

Keywords: hazardous, risk, consequence, viewpoints of analysis

Bevezetés

A kockázatelemzés a műszaki életben egyre gyakrabban használt fogalom. A kockázatelemzés szakmaspecifikus, másként használja a köznyelv, az orvostudomány, a műszaki élet és a jog világa, ezért gyakoriak az értelmezési problémák.

A kockázatelemzés jelentőségét a II. világháborút követően, a társadalom szemléletváltozása (1960-as évek végén, az 1970-es évek elején) növelte meg. Korábban a társadalom feltétel nélkül elfogadta a technika előnyeit, hiszen jelentős mértékben kényelmét szolgálta. A fogyasztói társadalom pazarlása a termelés növekedéséhez vezetett. 1970-től a társadalom szembesült a technika káros hatásaival, következésképpen nem fogadta el annak előnyeit (a kockázatelemzés középpontjába a kockázat kontra előny került). A zöldek tiltakozása politikai hatalommá vált. Az állam a társadalom és a környezet védelmének alkotmányos kötelessége politikai viták középpontjába került. Jelentős technológiafejlesztés kezdődött meg a az emisszió csökkentésére, a szelektív hulladékgyűjtés megszervezésére, a veszélyes anyagok megsemmisítésére, a nano-technológiák alkalmazásáig bezárólag.

A II. világháborúban Európában (a világ más pontján is) az ipari létesítmények (gyárak, vegyipari, szénhidrogén-ipari berendezések, erőművek, hidak, építmények, nem üzemszerű használat következtében megsemmisültek. A gyors helyreállítást, 1960-tól (hazánkban később, 1970–1975-től) egy intenzív iparfejlesztés követte. Az említett létesítményeknek, a kor műszaki ismereteinek alapján, a tervezett élettartama 25 – 30 év volt. Magyarországon ezeknek a berendezéseknek a tervezett élettartama az elmúlt évtizedben járt le. A tervezett és a gazdaságos élettartam, illetve a tényleges élettartam jelentősen eltér a tervezés pesszimisztikus megközelítése, az anyagtulajdonságok alulbecslése (nem megfelelő ismerete), a károsodási folyamatok pontatlan ismerete miatt.

Új (zöldmezős) beruházások, a földterületek magántulajdona, a kötelező régészeti feltárások költségei, a szigorú környezetvédelmi előírások, a megszüntetett berendezések környezetének helyreállítása miatt rendkívül drága, adott esetben megvalósíthatatlan.

Ezekből következik a tervezett élettartamon túl üzemelő berendezések kockázatelemzése, az

élettartam hosszabbítás feltételeinek és mértékének meghatározása, a kockázatalapú ellenőrzés (RBI), a kockázatalapú karbantartás (RBM) bevezetése iránti sürgető igény.

A kockázatelemzés eredménye alapján meghatározható:

- a gazdaságos üzemeltetéshez tartozó élettartam, illetve
- döntés hozható (műszaki-gazdasági elemzés alapján) arról, hogy a továbbüzemeléshez egyre gyakoribb ellenőrzések, vagy élettartam-növelő beavatkozások (retrofitt) szükségesek-e.

A kockázatelemzés (RBI, RBM) alkalmazása a berendezések gazdaságos üzemeltetését is elősegíti, ami a tulajdonos számára egyik (talán legfontosabb) meghatározó tényező.

E bevezető gondolatok alátámasztják azt, hogy a kockázatelemzés a műszaki életben nem öncélú, hanem valós igényeket kielégítő tevékenység.

Fogalmak

A fogalmakkal részletesebben az [1, 2] közleményekben foglalkoztam, ezért csak néhányat érintek azok közül.

A **hazard** (veszély), a **rizikó** (kockázat), a **következmény** (károsodás, kár) szigorúan elkülönülő fogalmak! Annak ellenére, hogy neves értelmező szótárak (pl. Oxford English Dictionary) úgy vélik, hogy ezek szinonimák.

A **hazard**: magára vállalt, vagy velejáró veszély. Egy veszély, amely egy helyzetben van *rejtve* és az véletlenül, vagy szándékosan aktív tevékenységgé, vagy sérelemmé fejlődhet.

A **rizikó** a hazardnak (veszélynek, veszedelemnek, veszteségnek, hátránynak, előnyvesztésnek, vagy romlásnak) való kitétel, amely minősíthető (nagy, közepes, kicsi), vagy számszerűsíthető (90%, 50% ...).

A **következmény** a hazard rizikóval való kombinációja, amelynek mértéke minősíthető, vagy számszerűsíthető.

A **kockázatelemzés**, egy azonosított hazard esetén, a rizikó és a következmény viszonyának értékelése

*A IX. Országos Törésmechanikai Szemináriumon, 2006. október 16-án, Miskolctapolcán elhangzott előadás szerkesztett változata

** Dr.; – RITTINGER ENGINEERING

A következmény számszerűsítése

Ennek módjai lehetnek:

- osztályozás (katasztrófa, nagyon kritikus, ... nagyon kicsi),
- hatása a szerkezetre ($>500 \cdot 10^6 \dots >10^n$, ahol $n < 6$),
- az emberéletre gyakorolt hatás (nagy számú haláleset, egy haláleset, ... nincs sérülés),
- hatása a közvéleményre (széles körű, ... nincs hatása),
- hatása a közvetlen környezet lakosaira (egy, vagy több haláleset, kórházi kezelésre szorul néhány lakos, rossz közérzetről panaszkodnak, ... nincs),
- a társadalom kockázata (jelentős hatás az üzleti életre, jelentős nemzeti szorongás, ... nincs hatása),
- a gyakoriság osztályozása,
- a gyakoriság értékelése.

A hatásokat súlyozással (legalább 1...3, általában 1...6 ponttal) veszik figyelembe.

A kockázatelemzés:

- célorientált (műszaki elemzés, társasági képviselő, a program menedzsment becslései, vállalati kockázati szabályozás, szavatossági kockázat stb.),
- a kockázat áthárítása (a törvényi csillapítás, a jogászai variálhatóság, félreinformálási kampány stb.),
- kiegészítő változók (a kockázatesztelés becslése, kulturális tényezők, a kockázat periodikus újraértékelése).

A hegesztett szerkezetek létesítése, üzemelés közbeni ellenőrzése, karbantartása és az üzemeltetése során az emberi tényező közrehatása nem zárható ki. Folyamatosan töreksenek automatizálás, robotizálás, digitális vizsgáló eszközök, folyamatos megfigyelés, illetve az üzemeltetés során beavatkozási korlátozások (tiltások) alkalmazásával az emberi tényező hatásának mérséklésére. Ennek ellenére az emberi tényező hatása nem zárható ki, ezért figyelembe kell venni a kockázatelemzés során. A kockázatelemzés köréből nem hagyható ki az emberi tényező elemzése. Az emberi tényező kockázatelemzése nagy tapintatosságot, több szakterület együttműködését, több irányú megközelítést igénylő tevékenység. Néhány fontosabb megközelítési mód:

- *fatalista megközelítés*; abból indul ki, hogy a humán hiba a tökéletlen világban elkerülhetetlen;
- *megközelítés a viselkedés alapján*; középpontjában a megbízható ember létezése áll, létezik a nulla hiba,
- *megközelítés az adott helyzet alapján* (meghatározó szempontok: vallási, szoció-technikai, környezeti stb.),
- *megközelítés a gyártó szemszögéből*, meghatározója a gyártó és a fogyasztó kapcsolata.

Hegesztett szerkezetek létesítésének kockázatelemzése

A hegesztett szerkezetek kockázat elemzésével részletesebben, többek között a [3] közlemény foglalkozik. A hegesztett szerkezetek számos gépipari terméktől abban térnek el, hogy:

- a hegesztés hatására a szerkezet egészében, vagy jelentős részében fémes anyagi folytonosság jön létre, ezért a szerkezet jószágát a szerkezet tömegének legfeljebb 2%-át kitevő tömegű hegesztett kötés határozza meg;
- a hegesztett kötés lokális tulajdonságai (a kötésben megengedhető eltérések, ezekkel összefüggésben a kötés alakváltozó képessége, szilárdsága, fáradásbírása) roncsolásmentes vizsgálatokkal ellenőrizhető, és javítható, a hegesztett kötés globális (a szerkezetre gyakorolt hatásai, a rideg törés, ..., a korrózió) kihatása a kész szerkezet esetén nem ellenőrizhető, vagy ha annak káros hatása felismerhető, nem javítható.

A hegesztett szerkezetek sajátosságából és az ellenőrzésből (roncsolásmentes vizsgálatokból) következik, hogy a problémák csak a kockázatelemzés módszereivel oldhatók meg. Ebben jelentős szerepe van az emberi tényezőnek, ezzel függ össze a hegesztő szakemberek minősítésének egységes szabályozása (IWE, EWE, EWT stb.), a hegesztők minősítése (MSZ EN 287-1), a roncsolásmentes anyagvizsgálók minősítése és a minősítés tanúsítása (MSZ EN 473).

A hegesztett szerkezetek létesítésének minőségirányítási rendszerét az MSZ EN ISO 9001 szabvány kiegészítéseként (2006. 07. 01-től) az MSZ EN ISO 3834 szabványsorozat (eddig megjelent 5 lapja) szabályozza. A minőséget nem belevizsgálni, hanem bele kell építeni (tervezéstől a gyártásig) a szerkezetbe. Ez olvasható az MSZ EN ISO 3834-1 szabványban. [Becker István évtizedek óta hangoztatott és ismert bölcs mondása.]

Arról van szó, hogy egy jól működő, természetesen költségesen kiépített és működtetett minőségirányítási rendszer esetén a vizsgálatok terjedelme csökkenthető. Ezt juttatják kifejezésre az új EN termékszabványok (MSZ EN 13445, 13480 stb.) is. Fordított esetben a vizsgálatok (és a javítások) jelentős költségével kell szembenézni, a minőség számottevő javulása nélkül. A hegesztett szerkezetek gyártásának (létesítésének) kockázatelemzési módszere, egyszerűsített formában a következő, a gyártó képességét (ebből a kedvezőtlen hatásokat) kifejező pontértékek (Σx_i) és az ellenőrzés, a vizsgálatok igényét kifejező kedvező hatásokat kifejező (Σy_i) pontértékek viszonyán alapul:

$$Z = (\Sigma x_i + F) / \Sigma y_i$$

Az F tényező a termék előállítására vonatkozó felkészültséget fejezi ki. A termék gyártásával kapcsolatban kellő tapasztalatok (visszatérő termék esetén az F értéke nulla, vagy ahhoz közelítő érték. Új termék, új anyagok, új követelmények, gyártási tapasztalat hiányában, kellő önkritikával célszerű $F \gg 0$ értéket választani. Az elemzéshez segítséget adnak a [3] közleményben ismertetett szempontok. Kedvező eset, ha a $Z \approx 1$. A Z értékét el kell helyezni a termék jelentőségét kifejező kockázati mátrixban. A gyártó ezzel a módszerrel fel tudja mérni képességét és a vállalt kockázatát, a vevő számára pedig biztosíték arra, hogy a termék határidőre, előírt minőségben elkészül.

Egy szerkezet megbízhatósága azon tulajdonságokhoz kapcsolódik, amelyek a gyártást követően, az üzembe helyezés pillanatában fennállnak.

A megbízhatóság: a hibamentesség, a tartósság és a javíthatóság összessége.

A szerkezetek létesítése (az árúk szabad mozgása miatt) és a szerkezetek üzemeltetése (a társadalom és a környezet védelme miatt) szabályozás tekintetében eltér. A gyártó felelősége fennáll a szerkezet tervezett élettartamáig. Ezekből következik, hogy a gyártó érdekelt abban, hogy mind azokat az információkat az üzemeltető rendelkezésére bocsássa, amelyek alapján az üzemeltető megtervezheti a szerkezet ellenőrzési és karbantartási programját, a tervezett élettartam végéhez közeledve felkészülhessen az élettartam-növelő intézkedések megtételére. Ez azt jelenti, hogy nem szabad megelégedni a szabványokban előírt minimális adatszolgáltatással, hanem az üzemeltető által működtetett ellenőrzési és karbantartási rendszerek által megkívánt input adatokat (hibatérkép, méretellenőrzés, mestergörbék, referencia görbék stb.) is meg kell kérni. Ezek az információk a létesítés során könnyen létrehozhatók.

Példák a kockázatelemzésre

A szerkezetek ellenőrzése során fontos kérdés a roncsolásmentes vizsgálat módjának és – elsősorban a vizsgálat számára rendelkezésre álló idő rövidege miatt – a vizsgálat terjedelmének meghatározása. Az ötletszerű döntések helyett a kockázatelemzés alkalmazása megbízható és reprodukálható megoldást jelent [4].

A károsodás következményeit például az ISO 3041 nyomán, az 1. táblázat szerinti négy, T1 – T4 fokozattal vehetjük figyelembe.

1. táblázat. A károsodás következménye

T1	Karasztrófa	0,5
T2	Teljes üzemzavar	0,8
T3	Részleges üzemzavar	1,0
T4	Nincs üzemzavar	1,5

A terhelés hatását a hegesztett kötés tompa vagy merőleges csatlakozása szerint vehetjük figyelembe (2. táblázat). Az ellenőrzés terjedelme I1 – I4 osztályba sorolható (3. táblázat). Mindezeket a fogalmakat és jelöléseiket alkalmazva a **kockázati mátrix**, felállítható, azaz az L – T – I kapcsolata (4. táblázat).

2. táblázat. A terhelés hatása

Igénybevétel	A kötés (varrat) típusa	
	tompá	sarok
L1 – fáradás	Analitikus értékelés	
L2 – dinamikus terhelés, hegesztett állapot	C	B
L3 – statikus terhelés $< 2/3 R_{p0,2}$ hegesztett állapot	D	C
L4 – statikus terhelés $< 1/3 R_{p0,2}$ hőkezelt állapot	E	D

3. táblázat. Az ellenőrzés terjedelme

a – térfogati vizsgálat; b – felületi vizsgálat;
c – szemrevételezés

I1	a	100%	Hegesztett kötések
	b	100%	
	c	100%	
I2	a	10%	Hegesztőnként
	b	10%	
	c	100%	
I3	a	10%	Hegesztett kötések
	b	10%	
	c	100%	
I4	a	0%	Hegesztett kötések
	b	0%	
	c	100%	

4. táblázat. Kockázati mátrix

	T1	T2	T3	T4
L1	I1	I1	I1	I3
L2	I1	I1	I2	I3
L3	I1	I2	I2	I3
L4	I1	I2	I3	I4

A nyomástartó edényekre a PED (9/2001) GKM rendelet I – IV csökkenő veszélyességű hazard kategóriát határoz meg, és a károsodás T1 – T4 következményeihez a tervezett élettartam százalékaiban kifejezett üzemidőt (t_u) rendel, mégpedig:

a T1-hez $t_u < 25\%$, a T2-höz $25\% \leq t_u < 60\%$, a T3-hoz $60\% \leq t_u < 90\%$, a T4-hez $90\% \leq t_u < 100\%$. A roncsolásmentes vizsgálatok (NDT) sorrendben csökkenő 1 – 5 ellenőrzési fokozatba sorolt terjedelme pedig az 5. táblázat szerint átlósan jobb felé csökken

Az 1 – 5 ellenőrzési fokozat és a sorrendben csökkenő 1 – 5 rizikó index (PIR) függvényében az

állapotellenőrzések időintervallumai becsülhetők a 6. táblázat szerint.

5. táblázat. Az NDT ellenőrzési fokozata

Hazard kategória	Üzemeltetési idő, %			
	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)
I	1	1	2	2
II	1	2	2	3
III	2	2	3	4
IV	2	3	4	5

6. táblázat. Az ellenőrzések időintervalluma, (h)

PIR	Ellenőrzési fokozat				
	1	2	3	4	5
5	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
4	50 000	50 000	50 000	40 000	40 000
3	40 000	40 000	25 000	25 000	12 000
2	25 000	25 000	12 000	6 000	6 000
1	12 000	6 000	6 000	6 000	6 000

Kúszásra igénybevett erőműi hegesztett szerkezeti elemek állapotellenőrzésekor fontos kérdések: mikor kezdődjön és az üzemeltetési idő függvényében milyen ciklusidőkkel és milyen változó vizsgálati terjedelemmel folytatódjon az ellenőrzés? A válaszhoz, illetve a kockázatalapú értékeléshez a következőket kell figyelembe venni:

- A hegesztett kötés kúszási szilárdságot befolyásoló, rendszerint csökkentő hatását, a varrat geometriája és méretei (a varrat szélessége, a leélezési szög), de mindenek előtt a varrat és a hőhatásövezet alapanyagtól eltérő szövetszerkezete miatt. Ez utóbbinál fontos ismerni: hőkezelték-e a varratokat a hegesztést követően vagy sem. A geometria hatását a varratévezővel (Z), míg a kúszási szilárdságot csökkentő hatást a varrat és az alapanyag kúszási jellemzőinek egynél kisebb hányadosával (WSF – a tartamzilárdságok viszonyával, vagy WFT – az élettartamok viszonyával) ajánlják figyelembe venni a szabványok.
- A méretezés módszerét, melyet végezhettek
- – analitikus összefüggésekkel (DBF – design by formula); ez esetben az is lényeges, hogy a tervezési adatokat üzemelés közben monitorizálják-e vagy sem;
- – analízissel, pl.: FEM – végelem-módszerrel (DBA – design by analysis).
- Az elem szerkezeti megoldásait: a feszültséggyűjtő helyeket és az állapotellenőrzési roncsolásmentes vizsgálatok elvégezhetőségének tervezői figyelembevételét.
- A szerkezeti elem üzembe helyezésétől a tervezett ellenőrzésig eltelt üzemviteli időtartamot viszonyítva a szerkezeti elem tervezett, még inkább becsült élettartamához.

Ez utóbbi lényeges, ugyanis az állandónak tekinthető üzemi hőmérsékleten – a kúszási károsodás mértékével szoros korrelációban lévő –

$da/dt(t)$ kúszássebesség–idő függvény I., rövidebb szakasza csökkenő részben a feszültségcsúcsok leépülése miatt is, míg az élettartam szempontjából meghatározó időtartamú II. szakaszát az állandósult állapot jellemzi, majd a szemcsehatármenti üregképződéssel járó károsodás előrehaladtával a kúszássebesség ismét nő (III. szakasz).

Közbevetve: a szemcsehatármenti károsodás mértéke a roncsolásmentes replika módszerrel elég megbízhatóan meghatározható.

Az üzembe helyezéskor makroszkóposan ép szerkezeti elembe, adott, átlagosan állandó üzemi hőmérsékleten a terjedni képes – roncsolásmentes vizsgálatokkal már ki is mutatható méretű – kúszási károsodásból eredő repedés megjelenéséhez egy meghatározott ún. inkubációs idő tartozik. Ennek értéke a szerkezeti elem veszélyes keresztmetszetének igénybevételét jellemző referencia feszültség (σ_{ref}) és K_I feszültségintenzitási tényező ismeretében becsülhető. A szerkezeti elem várható élettartamát pedig a repedés terjedési sebessége határozza meg, melyet a

$$\frac{da}{dt} = D \cdot C^{*q}$$

összefüggés ír le, ahol D és q anyagra jellemző állandók, míg C^* törésmechanikai paraméter (a J-integrál kúszási egyenértékűje; a C^* meghatározását lásd az ASTM 1457 szabványban).

A repedésterjedés elemzése csak akkor hagyható el, ha az ellenőrzésig eltelt üzemidő vagy kisebb az inkubációs időnél, vagy a két ellenőrzés közti időtartam rövidebb mint a $\Delta a < 0,2$ mm repedés-növekedéshez tartozó idő.

A kúszásra igénybevett erőműi hegesztett szerkezetek témakörhöz kapcsolódó fontosabb előírások: BS 7910 (korábban BS PD 6539), R5 (British Energy), A 16:2002 (RCC – MR) és API 579.

Megállapítások

A sikeres kockázatelemzés feltételei: a gyártásból származó használható adatok, az üzemeltetés során végzett ellenőrzések megtervezése és azok eredményeinek befogadhatósága, a szerkezet terhelési katalógusának összeállítása és folyamatos karbantartása. Ezekhez csak akkor lehet hozzájutni, ha a roncsolásmentes vizsgálat területén jelentős szemléletváltásra kerül sor (MSZ EN 473 szerinti MM és EM ipari szakterületek szétválasztásának megértése és megértetése!).

A kockázat alapú elemzés bevezetését nagyban segíti, ha az üzemelő a beszállítóktól elvárt adatszolgáltatást írásban rögzíti („zöld könyv”), amely tartalmazza azt, hogy a szerkezettel kapcsolatban mit vár el a gyártótól, az időszakos ellenőrzések során mit

követel meg a vizsgálótól és a karbantartótól (amennyiben ezeket beszállítók végzik). Ezzel egységes adatbázis hozható létre, amelyre egy jól és gazdaságosan működő kockázatelemzés (RBI, RBM) telepíthető.

Hivatkozások

[1] *Rittinger, J.*: Hegesztett szerkezetek megbízhatóságának elemzése. Anyagvizsgálók Lapja **8** 46 (1998/2)

[2] *Rittinger, J.*: Házárd, rizikó, következmény a műszaki gyakorlatban. Gép **L** 14 (1999/4)

[3] *Rittinger, J.*: A hegesztett szerkezetek létesítésének kockázatelemzése. XII. Országos Hegesztési Tanácskozás. Budapest, 2006. szeptember 4-15. (CD kiadvány).

[4] *Rittinger, J.*: Szempontok a roncsolásmentes anyagvizsgálat eredményeivel szemben támasztott követelmények meghatározásához. Gép **XL** 235 (1988).

Bemutatjuk a labort

The laboratory is introduced

Bemutatjuk a 10 éves ÁÉF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.-t

A 25 éves fennállását jogos büszkeséggel még megünnepelő Energiafelügyelet Anyagvizsgáló Laboratóriumot – szerepének nem kellően átgondolt értelmezése és átszervezése miatt – hátrahagyó vezető munkatársak, hasznosítva szakmai elismertségük bizalmi tőkéjét, 10 évvel ezelőtt (1996. november 1-én) megalapították az ÁÉF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.-t. Alapításuk kerek évfordulója alkalom bemutatkozásuknak.

Visszatekintve megállapíthatjuk, hogy az alapítók döntése előrejelző volt, hisz' egyrészt a hátrahagyott és átszervezése után MBVFI néven, a Gazdasági Minisztérium tulajdonaként továbbműködtetett vizsgáló és tanúsító laboratóriumot – miután néhány éve részben korszerűsítették vizsgálóeszközeit – végül is 2005 őszén privatizálták; másrészt, mert az eltelt tíz év alatt jól átgondolt tevékenységi stratégiájukkal összhangban megszervezett és felszerelt laboratóriumukat

- már 1997 júniusában akkreditáltatták a Nemzeti Akkreditáló Testülettel;
- a 8/2003. (II.19.) GKM rendelet alapján a tárca minisztere kijelölte ellenőrző szervezetként az ipari gázpalackok és palackkötegek időszakos ellenőrző vizsgálatára és megfelelőségük újraértékelésére – TPD – és bejelentette, mint Notified Body-t, 1645 szám alatt, az Európai Uniónak Brüsszelben 2005. május 12-én.
- Laboratóriumuk hatósági bizonyítványt kapott a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal, Műszaki Felügyeleti Igazgatóságától a veszélyes folyadékokat és olvadékokat tároló létesítményeinek vizsgálatára.

Akkreditált laboratóriumuk – időközben három fiatal mérnökkel 18 főre bővült szakmai közössége, bízva megrendelőik bizalmát – széleskörűen végez

- fémeken és fémszerkezetek elemein és hegesztett kötésein roncsolásos (mechanikai technológiai és metallográfiai) és roncsolásmentes (szemrevételezéses, ultrahangos, mágneseshető poros, folyadékbehatolásos, tömörségi, akusztikus-emissziós és műszeres analitikai) vizsgálatokat;
- kazánüzemi vizsgálatokat, fűtési-hűtési rendszerek vizsgálatát és vízvizsgálatokat; és
- ellátja az ipari beruházások független műszaki felügyeletét (szuperkontrolját).

Mindemellett rendszeresen együttműködnek a műszaki felsőoktatási intézményekkel. Fogadják gyakorlatra a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudomány Egyetem, a Széchenyi István Egyetem és a Budapesti Műszaki Főiskola hallgatóit, illetve konzulesként segítik diplomatervezőit. Továbbá munkatársaik rendszeresen részt vesznek a műszaki civil szervezetek, a Gépipari Tudományos Egyesület és a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség munkájában szervezőként, előadóként egyaránt. Munkájuk eredményeiről folyóirataikban, így az Anyagvizsgálók Lapjában is, időről időre beszámolnak.

Lapunk jelen számában bemutatják tízéves következetes munkájuk és felkészültségük elismeréseként megbízóik igényére rendszeresen végzett tevékenységeiket.

Szakmai közösségünk és szerkesztőbizottságunk nevében is köszöntöm alapításuk 10. évfordulója alkalmából az ÁÉF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. munkatársait és vezetőit. Kívánom, hogy együttműködő készségüket az Európai Unióra is kiterjesztve és felkészültségüket fejlesztve független szakértői munkájukkal továbbra is segítség a jó minőségű ipari termékek előállítását, illetve járuljanak hozzá társadalmunk kényelmét szolgáló technológiai rendszerek berendezéseinek biztonságos, környezetbarát működtetéséhez.

Dr. Lohófer Kornél
felelős szerkesztő

Ipari beruházásokhoz kapcsolódó független műszaki felügyelet

Csollák Zoltán*

Előzmények

Az ipari beruházásokhoz kapcsolódó műszaki felügyelet megjelenése Magyarországon az elmúlt század 60-as éveire tehető. Abban az időben született meg az a döntés, hogy fel kell gyorsítani a vegyipar fejlesztését és elhatározták egy olefinmű felépítését az akkori Leninvárosban (ma: Tiszaújváros).

A magyar fővállalkozó a független, semleges műszaki felügyelet ellátására az Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet (közkeletűbb nevén: Energiafelügyelet) Anyagvizsgáló Laboratóriumát kérte fel. Talán ez volt a kezdet.

A független műszaki felügyelet klasszikus értelemben vett célja a tervszerinti kivitelezés megvalósulásának ellenőrzése, felügyelete.

A 70-es évek végén, a 80-as évek elején néhány kooperációban készült és külföldön felépített erőműi nagykazán műszaki felügyeletét leszámítva ez a tevékenység a vegyipar és a petrokémia különböző területein figyelhető meg.

Abban az időben még a teljes körű műszaki felügyelet volt a divat, ami annyit jelent, hogy a műszaki felügyeletet ellátó szervezet már a tervezés fázisában bekapcsolódott a munkába (tervellenőrzés a műszaki felügyeleti, anyagmegválasztási és vizsgálhatósági szempontok alapján) és végigkísérte a kivitelezést és sikeres kivitelezés esetén megadta az engedélyt a nyomáspróbákra.

Az elmúlt 25 évben 24 üzem építésénél adtunk műszaki felügyeletet, amiből 8 üzem kivitelezésének felügyelete az 1996-ban megalakult ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. nevéhez fűződik.

A műszaki felügyelet feladatai

A műszaki felügyeleti munkának az egyik szépsége abban rejlik, hogy a tevékenység végzése közben „csak” a szakmával kell foglalkozni. Nem feszítik (feszíthetik) a felügyeletet végzőket a beruházással kapcsolatos beruházói gondok, vagy a kivitelezők költségeikkel, határidőikkel, kötbérekkel stb. összefüggő problémái. Amit szem előtt kell tartaniuk az nem más, mint az előírásoknak, szabványoknak és a jóváhagyott terveknek megfelelő, elvárható minőségű kivitelezés a beruházás ideje alatt.

A műszaki felügyeleti tevékenység, a feladat megismerése után, a Műszaki Felügyeleti Eljárásrend elkészítésével kezdődik. A Műszaki Felügyeleti Eljárásrend egy forgatókönyv, ami rögzíti a kivitelezés so-



A tiszaujvárosi, 4724 m³-es, álló hengeres, kettős köpenyű tartály -104 °C-os folyékony etilén tárolásához

*ügyvezető igazgató

rán a műszaki felügyeletet végzők feladatait. Az Eljárásrendet a Megrendelő beépíti a Kivitelezőkkel kötendő vállalkozási szerződésekbe, a későbbi viták elkerülése végett. Amennyiben a közreműködők megismerték az Eljárásrendet (egyeztetések, megbeszélések) elkezdődhet az érdemi munka.

A gyártást megelőző tevékenységek a kivitelezők alkalmasságának megállapításával indulnak (tanúsítványok, bizonyítványok). Ennek megfelelően ellenőrizni kell a feladatnak megfelelő technológiák rendelkezésre állását (elsősorban a hegesztésre koncentrálni), és ha hiányos, eljárásvizsgálatok készítésével kell teljessé tenni. A hegesztők tanúsítványainak ellenőrzése után elkezdődhet a szerelési anyagok beazonosítása a műbizonylatok ellenjegyzésével.

Bemutatjuk a labort

The laboratory is introduced

A hegesztési tevékenység megkezdése előtt valamennyi hegesztőnek, a később hegesztendő méreteket lefedő tartományú munkapróbákat kell hegesztetni. Sikeres munkapróba nélkül hegesztő nem hegeszthet.

A megindult hegesztési tevékenység a műszaki felügyelet folyamatos ellenőrzése mellett zajlik. Ezzel párhuzamosan folyik a kivitelezők anyagvizsgáló tevékenységének ellenőrzése is, ami valamennyi hegesztési varratról készült radiográfiai felvétel tételes ellenőrzéséből és a kísérő anyagvizsgálatok felügyeletéből áll.

A hegesztési tevékenység előrehaladtával összeállnak az izometrikus csőtervek előgyártott elemei, melyeket a kivitelező MEO felajánlása után, az izometrikus csőtervek alapján a műszaki felügyelet ellenőriz, és a rajzokon ellenjegyez.

Az előgyártott elemek előbb-utóbb a szerelési területre, a helyükre kerülnek és következhet a tervszerinti kivitel megvalósulási dokumentáció szerinti végellenőrzése (külső ellenőrzés).

Minden eltérést, amit a műszaki felügyelet észlel, mind az előgyártás, mind a végellenőrzés során, az átadási dokumentáción rögzíteni kell, és annak kijavításáig az ellenőrzési folyamat áll. Az eltérések kijavítása és újbóli ellenőrzése után kerülhet sor az átadási dokumentáció benyújtására és annak komplett ellenőrzésére (belső ellenőrzés). A sikeres belső ellenőrzés után a műszaki felügyelet engedélyt ad a nyomáspróbára.

Ezzel a műszaki felügyelet tevékenysége gyakorlatilag véget ért, annyi feladata van még, hogy a nyomáspróbák elvégzése után ellenőrzi az eredeti állapot terveknek megfelelő helyreállítását.

Gázpalackok ellenőrzése

Grób Ferenc*

Kulcsszavak: TPED rendelet, Notified Body státusz, palackok megfelelése
Keywords: TPED order, Notified Body status, satisfying of gas-cylinders

Előzmények

Magyarország európai uniós csatlakozásával egyidejűleg, 2004. május 1-én hatályba lépett 39/2004 (IV.7) GKM rendelettel módosított 8/2003 (II.19.) GKM rendelet, nevezetesen TPED, alapvető változásokat hozott a gázpalackok ellenőrzését illetően. A rendelet ugyanis arról szól, hogy a megfelelési jellel (π) gyártott palackokat, vagy a rendelet bevezetése előtt forgalomba lévő palackok megfelelésének újraértékelését csak jóváhagyott, vagy független, bejelentett szervezet (Notified Body) végezheti.

A Magyar Műszaki Biztonsági Hivatal (korábbi neve: Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet) koncepciójába nem illett bele egy „bejelentett szervezet” létrehozása, ezért a Budapesti Területi Műszaki Biztonsági Felügyelethez tartozó Gázpalack Vizsgáló Osztály szakembereit – akik 10 és 20 éves gyakorlattal rendelkezve végezték az ipari és háztartási palackok gyártóművi és időszakos vizsgálatait – átszervezték, illetve kiszervezték (5 fő) a Felügyelet Testületéből. Az öt kolléga, akinek a munkaviszonya a TMBF-nél megszűnt 2004. május 1-én az ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium állományába került, és ettől fogva a TMBF feljogosításával a TPED hatálya alá nem tartozó palackok időszakos ellenőrzését is – amelyre a Gázpalack Biztonsági Szabályzat (GBSZ) előírásai vonatkoznak – az ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium palackellenőrző csoportja végzi.

2004-ben az igazi érdemi munka azzal kezdődött, hogy szervezetünk benyújtotta kérelmét a NAT-nál, (Nemzeti Akkreditáló Testület) „bejelentett szervezet”-kénti alkalmasságunk tanúsítására. Ez volt a legnehezebb és leghosszabb időszak tevékenységünk megkezdését követően, de végül is 2005. április 28-án a GKM Kijelölő Bizottsága – azok után, hogy a NAT tanúsította felkészültségünket, alkalmasságunkat – kijelölte szervezetünket erre a feladatra, és ennek tényét – regisztrálás céljából – bejelentette az Európai Bizottságnál.

Az Európai Bizottság a bejelentést elfogadta és palackellenőrző szervezetünket 1645-ös azonosító számmal „bejelentett szervezet”-ként 2005. szeptember 16-ától kezdődően bejegyezte.

A palackok megfelelése

A Notified Body státusz európai jogosítványt jelent, amely feljogosítja szakembereinket a *palackok és palackkötegek megfelelés-újraértékelésére, valamint a megfelelés π jellel ellátott palackok és palackkötegek időszakos biztonságtechnikai ellenőrzésére hazai területen kívül is bármely EU-s tagállam felkérésére.*

Az eddigi munkáinkhoz képest a *megfelelés-újraértékelés* hozta az igazi kihívást, mivel ezen munka során a TPED az ADR és az EN 1968 szabvány követelményeit figyelembe véve kell szakembereinknek elbírálnia a jogszabály bevezetése előtt forgalomba lévő palackok „ π ” jelre alkalmas megfelelését. Ebben a munkában iránymutató, hogy a hazai gáztöltő és forgalmazó szervezetek által rendelt palackok 1990 után már a 84/525 európai irányelv előírásai szerint készültek és ezen palackok megfelelése alapelveként kielégíti a TPED, illetve ADR által támasztott követelményeket.

A megfelelés-újraértékelése során az eljárásrend a következő vizsgálatokból áll:

- Ellenőrizni kell az üzemeltető által átadott, az azonosításhoz szükséges iratokat (nyilvántartási jegyzék, gyártóműi tanúsítvány, típusvizsgálati igazolás).
- Az elvi megfelelés feltételeinek teljesülését követően minden egyes palackon víznyomáspróbát kell végezni a próbanyomás értékének megfelelő nyomással min. 30 másodpercig. A víznyomás próbán megfelelt palackon külső és belső szerkezeti vizsgálatot kell végezni.

A külső szerkezeti vizsgálat során ellenőrizni kell, hogy

- a palackon feltüntetett jelölések megfelelnek-e az EN 1089-1, az ADR, valamint az EN 1968 által előírt követelményeknek;
- a palackok jelölése megegyezik-e a nyilvántartási lapon rögzített adatokkal;
- a színjelölés megfelel-e meg az EN 1089-3 előírásainak;
- a palack palástja mentes-e az olyan mértékű (EN 1968 szerinti) sérülésektől, amelyek a további forgalmazását nem teszik lehetővé;

Bemutatjuk a labort

- a nyakgyűrű menetének profilja nem sérült-e meg és mérete megfelelő-e (ellenőrzés villás idomszerrel);
- a palack falvastagsága ultrahangos falvastagság-mérővel mérve, ne legyen kisebb a számított falvastagság értékénél.

A belső szerkezeti vizsgálat során ellenőrizni kell

- a palack belső felületének épségét, a kúpos-menetes furat megfelelőségét (dugós, menetes-dugós idomszerrel) és a korróziós folyamat mértékét az EN 1968 előírásainak megfelelően. Különösen a szén-dioxid palackok ellenőrzése során nagy figyelmet igényel az esetlegesen előforduló lyukkorróziós veszély felismerése.

The laboratory is introduced

A szerkezeti vizsgálatot követően az azonos engedélyszámú palackokat csoportba rendezve, minden csoportból egy palackon teljes körű vizsgálattal (méret, menet, fal-, fenékvastagság) a megfelelőség céljából ellenőrzés kell végzünk. Az ellenőrzés eredményét jegyzőkönyv rögzíti.

Végezetül, a számok kedvéért megemlíjtük, hogy 2004. májusától ez idáig 256 605 db palack időszakos ellenőrzését, 19 456 db palack és 94 db palackköteg megfelelőség újraértékelését végeztük el.

*ellenőrző mérnök, ÁEF ellenőrzési irodavezető-helyettes

Vízkémiai vizsgálatok

*Katona Lajosné**

Kulcsszavak: ipari vízkezelés, kazán-tápvizek, hűtővizek

Keywords: industrial water treatment, boiler's water supply, cooling waters

Az ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium vízkémiai csoportjának szakemberei évtizedek óta foglalkoznak az ipari vízkezelés speciális területeinek vizsgálatával. Tevékenységük kiterjed a gőz, a forró- és melegvizes kazánok tápvíz-előkészítésének vizsgálatára, valamint a hűtővizek, nagy klímarendszerek és fűtési-hűtési körök vízkémiai ellenőrzésére. Tevékenységüket a szakterületre akkreditált és jól felszerelt laboratóriumként végzik.

terjedhetnek. A jelentkező problémák meglehetősen sokrétűek, és megoldásukhoz nagy szükség van arra a több évtizedes szakmai üzemi gyakorlatra, mellyel a laboratórium munkatársai rendelkeznek.

Fűtési-hűtési rendszerek vizsgálata

Az egyre nagyobb mértékben épülő épületkomplexumok (irodaházak, bevásárlóközpontok stb.) fűtési, hűtési rendszereinek tervezése, kivitelezése és



*Fordított ozmózis (RO) berendezés
a víz sótalanításához*

Reversed osmosis equipment for water desalination



Kétlépcsős vízlágyító berendezés (RO + utólaggyító)

Two-stage water-softener equipment

Kazánüzemi vizsgálatok

A vízkémiai csoport segítséget nyújt a telepítésre kerülő kazánok engedélyeztetéséhez szükséges vízvizsgálatok elvégzéséhez, valamint a tervezett vízkezelési technológia megfelelőségének elbírálásában. A munkát szoros együttműködésben végzik az illetékes biztonságtechnikai hatósággal.

A kazánüzemekben felmerülő vízkémiai problémák megoldásában is részt veszünk. A megrendelők részére teljes körű vízkémiai analíziseket készítünk, melyek felölelik a teljes víz-gőz kört. A vízanalízisekből levonható tanulságok alapján értékelő szakvélemény készül, mely tartalmazza azokat a tennivalókat, melyekkel az üzem vízkémiai problémái megoldhatóak. Ezek a javaslatok a vízkezelési technológia megváltoztatásán, a vegyszeres kondicionálás megoldásán keresztül az üzemi vízvizsgálatok kialakításáig

üzemeltetése számos, a vízkémia szakmai körébe tartozó problémát vet fel. Ilyenek például a felhasznált anyagok megválasztása, az alkalmazott pótvíz előkészítési technológia, a fűtő-hűtő körök kialakítása, a hőátadó közegek megválasztása. A tervezés során nyújtott vízkémiai vizsgálati és szakértői segítséggel a későbbi üzemeltetés során felmerülő problémák nagy részét meg lehet előzni. Az üzemeltetés során sokszor jelentkező korróziós és lerakódásos zavarok elhárítására a részletes anyagvizsgálati és vízkémiai vizsgálati eredmények birtokában lehet javaslatot tenni.

A munkatársaink rendszeresen részt vesznek szakmai konferenciákon, bemutatókon, kiállításokon, ezzel is szélesítve szakmai látókörüket. A megszerzett tudást közvetlen vizsgálati és szakértői tevékenységükön túl rendszeres oktatói munkájukkal is igyekeznek továbbadni.

Bemutatjuk a....labort

The laboratory is introduced

Fűtési-hűtési rendszerek vizsgálata

Az egyre nagyobb mértékben épülő épületkomplexumok (irodaházak, bevásárlóközpontok stb.) fűtési, hűtési rendszereinek tervezése, kivitelezése és üzemeltetése számos, a vízkémia szakmai körébe tartozó problémát vet fel. Ilyenek például a felhasznált anyagok megválasztása, az alkalmazott pótvíz előkészítési technológia, a fűtő-hűtő körök kialakítása, a hőátadó közegek megválasztása. A tervezés során nyújtott vízkémiai vizsgálati és szakértői segítséggel a későbbi üzemeltetés során felmerülő problémák nagy részét meg lehet előzni. Az üzemeltetés során sokszor jelent-

kező korróziós és lerakódásos zavarok elhárítására a részletes anyagvizsgálati és vízkémiai vizsgálati eredmények birtokában lehet javaslatot tenni.

A munkatársaink rendszeresen részt vesznek szakmai konferenciákon, bemutatókon, kiállításokon, ezzel is szélesítve szakmai látókörüket. A megszerzett tudást közvetlen vizsgálati és szakértői tevékenységükön túl rendszeres oktatói munkájukkal is igyekeznek továbbadni.

*az ÁEF vízkémiai laboratórium vezetője

Erőműi kazán hibakereső anyagvizsgálata

Lehoczky Judit*

Kulcsszavak: kazán, csőfal-csővég beheszesztés, repedések

Keywords: boiler, tube wall – tube end welding-in, cracks

Summary

Damage examination of a power plant boiler. After about half year in-service time cracks were detected along the welding-in of back tube wall of a boiler. On the basis of our testing was established that the cracks are fundamentally due to careless welding-in of tubes (insufficient penetration in the roots generally and in weld beads occasionally).

Előzmények

Laboratóriumunkat kérték fel egy rövid üzemidő után meghibásodott új kazán hibakereső anyagvizsgálatára.

Az egyéb műszaki okok miatt leállított kazán II. huzam hátsó csőfalánál folyást észleltek, ezért felfigyelt a csőfal-csővég beheszesztések repedésének gyanúja. A pár hónapos üzemidő alapján gyártási hiba vagy durva üzemeltetési anomália jöhetett szóba.

A hátsó csőfalon végzett mágnesezhető poros repedésvizsgálat a 130 db csővégbeheszesztés közül 30 db-on mutatott ki repedéseket. A repedések kiterjedésének feltérképezése céljából néhány repedt varratot kimartak, de ezek egy részén is hibaindikáció jelentkezett, az ismételt felületi repedésvizsgálat során.

A repedések minden esetben a varratból indultak ki és több esetben továbbterjedtek a csőfal alapanyagába is, sőt egy esetben a cső is megrepedt. A repedések radiális irányúak voltak, néhány varratban egyszerre több repedés is előfordult.

A repedések feltérképezése után a kazán gyártója kérte fel laboratóriumunkat, a repedések kialakulásához vezető okok feltárására.

Vizsgálatok

Helyszíni szemrevételezésünk során megállapítottuk, hogy a csővégek többségének beheszesztésekor a csővég csak részlegesen olvadt át, a kézi varratoknál varratalak egyenetlen, illetve, hogy a meghibásodott csövek többsége a csőfal külső köríve mentén helyezkedik el (1., 2. ábra).

Szemrevételezéssel a károsodás okát nem lehetett megállapítani, ezért kivágattuk a csőfalat úgy, hogy a csövek a víztér felől, kb. 10-15 mm-re kinyúljanak a 20 mm vastag csőfalból (3. ábra csőfalak). A kivágott csőfalon kijelöltünk néhány jellegzetes hibát, illetve egy, a roncsolásmentes vizsgálatnál hibátlannak mutató csővégbeheszesztést.



1. ábra. A csőfal jobb oldala

Fig. 1: The right side of the tube wall



2. ábra. Egy kimart varrat az ismételt repedésvizsgálat után

Fig. 2: One of the milled out weld after magnetic crack detection

*ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.,
anyagvizsgáló osztályvezető

Bemutatjuk a labort

The laboratory is introduced

A laboratóriumi vizsgálatra kijelölt minták között volt, amelyiken a varratkoronát már lemunkálták és volt olyan is, amelyiknél a varratkorona eredeti állapotú volt. A próbatestek egy részét metszetben, másik részét pedig a lemunkált homlokfelületen vizsgáltuk az alábbiak szerint:

- A csőfal alapanyag, a varrat és a cső alapanyag vegyi összetételének vizsgálata.
- Makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatok a kimunkált mintákon.
- Az alapanyag, a hőhatásövezet és a varrat keménységének a mérése a kimunkált mintákon.



3. ábra. A kivágott hátsó csőfal; kékkel jelöltük a hibás csővégbehegesztéseket

Fig. 3: The cut out back tube wall; the cracked weld in of tube are marked with blue

Vizsgálati eredmények

Az elvégzett széles körű laboratóriumi vizsgálatok alapján az alábbi eredményekre jutottunk:

- A vegyi összetétel vizsgálatok kimutatták, hogy a csőfal, cső és a közöttük lévő varrat kémiai összetétele megfelel a gyártási dokumentációban szereplő anyagminőségnek (lásd a táblázatban).
- A csőfal hőhatásövezetében mért keménység több helyen a megengedhető 350 HV10 értékhez volt közel, ezen kívül a varrat keménysége is aránylag nagy értéket mutatott (210-250 HV10). A csőfal, a cső alapanyaga és a cső hőhatásövezete megfelelő keménységűnek bizonyult.
- A homlokfelületi csiszolatok vizsgálata egyértelműen bizonyította, hogy a repedések a varratban keletkeztek, és ezek a repedések terjedtek tovább a csőfal és a cső felé (4. ábra). A repedések több esetben a rideg bénit-martenzites szövetszerkezetű csőfal hőhatásövezetben, interkristallin jelleggel terjedtek tovább (5. ábra).



4. ábra. Homlokfelületi csiszolat makroszkópos felvétele

Fig. 4: Macroscopic picture about the frontal surface of a micro-section

Jel Mark	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	Mo %	Cu %	Al %	V %	W %
Csőfal alapanyag	0,18	0,29	1,11	0,0059	<0,018	0,023	0,068	0,038	0,0065	0,041
Csőfal varrata	0,072	0,82	1,13	0,096	<0,018	0,043	0,056	0<0,0027	0,027	<0,0018
Cső	0,12	0,21	0,39	<0,018	<0,018	<0,0018	0,049	0,020	0,0078	0,067
MSZ EN 10028-2 P295GH (csőfal)	0,08- 0,20	≤0,40	0,90- 1,50	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,30	≤0,020	≥0,02	-
MSZ4747 A35.47 (cső)	≤0,17	max. 0,35	0,40- 0,80	-	-	-	-	-	-	-
Böhler EMK6	0,10	0,90	1,40	-	-	-	-	-	-	-
ESAB OK 55.00	0,08	0,60	1,50	-	-	-	-	-	-	-

Bemutatjuk a labort

The laboratory is introduced

- A varratok metszeti csiszolatai alapján egyértelműen bizonyítható, hogy a meghibásodásokat a cső anyagának elégtelen beolvadása okozta. A kétrétegű hegesztés során, a gyökvarrat – szinte minden vizsgált mintán – nem olvasztotta be a cső anyagát, esetenként a cső-csőfal közötti kötést csak a korona vékony, pár mm vastag rétege tartotta.

A 6. ábrán egy, a roncsolásmentes vizsgálat szerint repedésmentes varrat metszete látható. A korona-részt ezen a varraton lemunkálták, az alsó varratrétgnél a cső kismértékű beolvadása figyelhető meg, a lemart koronarész alakjából valószínűsíthető, hogy a korona beolvadása megfelelő volt. Ilyen kismértékű beolvadás még nem okozott repedéseket a rövid üzemidő alatt.

A 7. ábrán egy átrepedt csőfal-csővég behegesztés metszete látható. A repedés behatol a csőfal alapanyagába is.

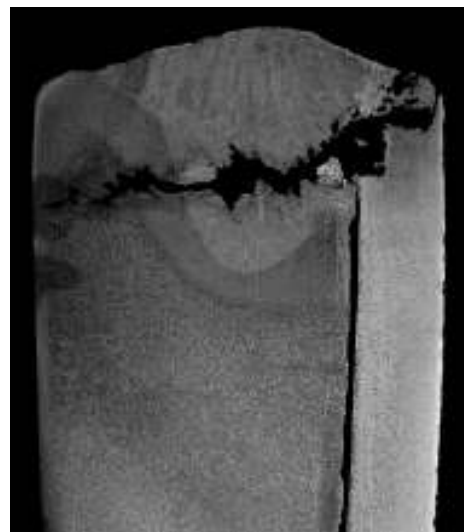
A gyökvarratnál nincs átolvadás, és a kb. 1 mm-es vastag koronavarrat tartja a csővéget. Hasonló varratalak látható a 8. ábrán, mely egy gát metszete. A jobb oldali varratnál a gyök egy kissé beolvadt, viszont a korona „elcsúszott” a csővégtől. A bal oldalon gyökbeolvadás nincs.

- A repedések környezete alakváltozás-mentesek, továbbterjedésük pedig transz- és interkristallin jellegűek voltak.



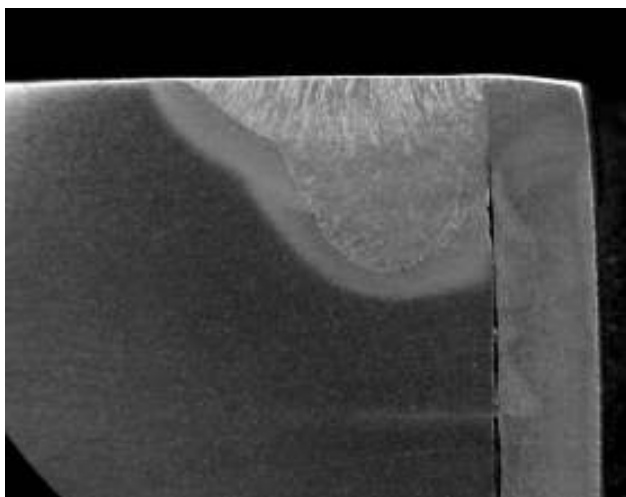
5. ábra. A homlokfelületi csiszolat csőfal felőli hőhatásövezete, $N = 500\times$

Fig. 5: Microscopic picture about a head effective zone of a frontal micro-section from the tube wall



7. ábra. Átrepedt varrat keresztmetszete

Fig. 7: Cross section of a cracked across weld

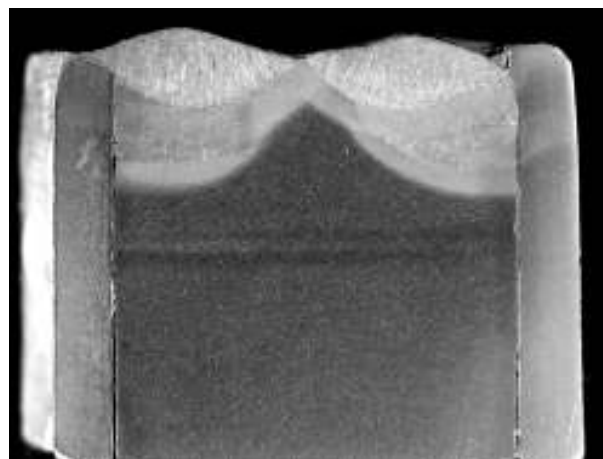


6. ábra. Lemart felületű, repedésmentes varrat

Fig. 6: Free from crack weld with milled out surface

8. ábra. Gát-varrat makroszkópos felvétele

Fig. 8: Macro picture about a cross section of a welded obstacle



Bemutatjuk a labort

The laboratory is introduced

Összefoglalás

A kb. fél éves üzemidő után meghibásodott kazán károsodásának okai a következők voltak:

- A csőfal-csővég hegesztési varratainál, főként a gyökrészben, de esetenként a koronánál is beolvadási hiányosságok voltak, melyek csekély üzemidő után is varratrepedésekhez vezetnek.
- A varratok és esetenként a hőhatásövezet viszonylag nagy keménysége elősegítette a repedések kialakulását, továbbterjedését.
- Nem volt szerencsés a csőfal él-előkészítése sem, mert az $\frac{1}{2}U$ alak esetében nehezebb a cső beolvasztása, mint például az $\frac{1}{2}V$ alakú varratnál lett volna.
- A hegesztés előtti csővégbehengerlés megnehezítette volna a repedések kialakulását.
- A repedések kialakulását elősegítette, hogy a kazánt gyakran leállították, majd újraindították, ami fokozott igénybevételt jelent a kazán kritikus egységeinél.

Részletes zaj-analízis előnyei Barkhausen-zaj mérések alkalmazásaiban

Harasztosi Lajos – Szabó István – Daróczi Lajos – Szabó Sándor – Erdélyi Zoltán

Balogh Zoltán – Eszenyi Gergely – Mojzes Imre* – Beke Dezső

Kulcsszavak: Barkhausen-zaj, zajimpulzus-elemzés, önszerveződő kritikus jelenség (SOC), mérőrendszer, anyag-tudományi alkalmazás

Keywords: Barkhausen noise, noise impulse analysis, self-organization critical phenomenon (SOC), measuring system, applications in material science

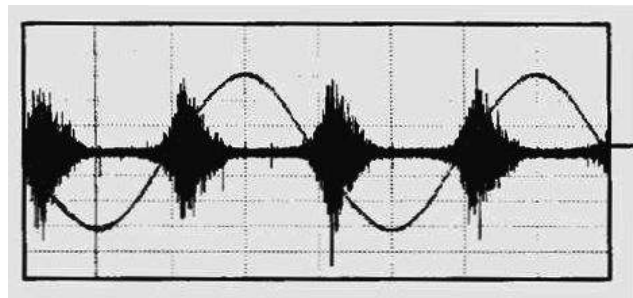
Summary

Advantages of detailed noise analysis by measuring of Barkhausen noise. The statistical noise analysis is a novel method for the evaluation of the Barkhausen noise. This method is based on the detection and processing of the individual pulses originated from the domain wall jumps. Using this method it is possible to characterise materials, determine stress distribution, trace phase transformations and technological processes. In some cases this system has higher sensitivity than the traditional method. For the application on industrial conditions it is necessary the further development of the measurement system and the evaluation methods as well.

Bevezető

A mágneses Barkhausen-zaj mérésén alapuló mérés technika az iparban széleskörűen használt roncsolásmentes anyagvizsgáló eljárás. Alkalmazása kiterjed különböző ferromágneses anyagok maradó feszültségállapotának, felületkezelési állapotának, szövetszerkezetének vizsgálatára. Az ipari alkalmazások az 1970-es évektől folyamatosan fejlődtek, manapság az alkalmazások széles köre igazolja a módszer megbízhatóságát. [1.]

A hagyományos mérés technika esetén a mintát szinuszosan változó mágneses térrel gerjesztik és egy detektor tekercsen mérik a mintából kiszóródó, a Barkhausen-zajt is tartalmazó mágneses jelet (1. ábra).



1. ábra. Zajcsomagok és a gerjesztő jel időfüggése-
Fig. 1: The noise packets and time dependence of the generating signal

Megfelelő jelkondicionálás után a zaj átlagértéke meghatározható, amelynek vizsgálatával a minta anyagjellemzőire lehet következtetéseket levonni. [2.,3.]

A növekvő felhasználói igények a mérés technika továbbfejlesztését ösztönzik, manapság is sok fejlesztési irány látszik, pl. zaj burkológörbéjéből az anyagi tulajdonságokra további ismeretek, ill. a mérések pontosítása várhatók. [4.]

Impulzus mérés technika

Az 1980-as évek végétől az egyre pontosabb zajmérési technikák és a statisztikus fizika önszerveződő kritikus jelenség elméletének hatására egy teljesen új mérés metodikai irány is kialakult. Ezenél a mérések-nél az egyedi Barkhausen-csúcsokat vizsgálják (amplitúdó, szélesség, terület), teljesen új zaj-feldolgozási mérés technika alkalmazásával (2. ábra).

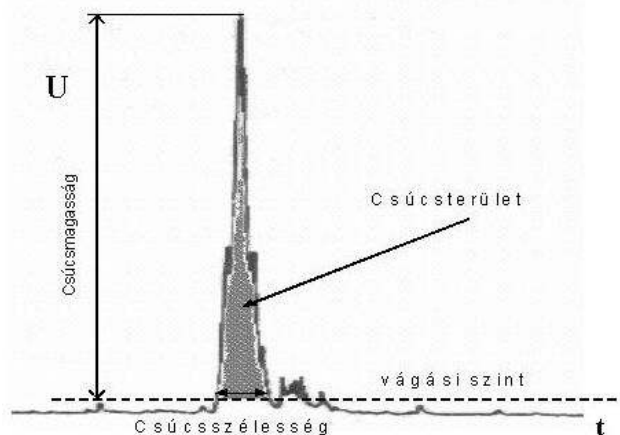


Fig. 2. ábra

A Barkhausen-zaj egy úgynevezett önszerveződő kritikus (SOC – self-organization critical phenomenon) jelenség. Az SOC elméletet először az $1/f$ zaj-ra alkalmazták [5.]. Ilyen folyamatok során a különbö-

Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizika Tanszék, 4026 Debrecen, Bem tér 18/B.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elektronikai Technológia Tanszék, 1111 Budapest, Goldmann Gy. tér 3.,

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

ző fizikai mennyiségek statisztikus eloszlása hatványfüggvényekkel jellemezhetők:

$$\lg(P) = \alpha \lg(x) \quad (1)$$

ahol P – az adott fizikai mennyiség, jelen esetben a Barkhausen-zaj valamely x paraméterének (csúcsterület, -szélesség, -amplitúdó stb.) gyakorisága (3. ábra).

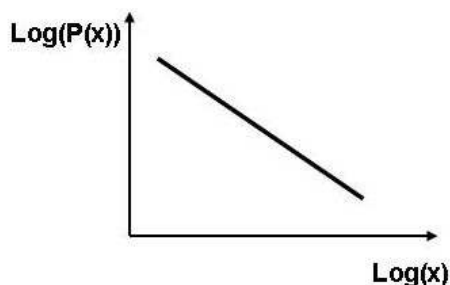


Fig. 3. ábra

Az (1) összefüggés igen széles mérettartományban igaz és csak a minták véges méretéből eredő hatások korlátozzák. Az eloszlásokat jellemző legfontosabb paraméterek a hatványkitevő (α) és sokszor, a mérethatások által is befolyásolt levágási érték, melyet egy exponenciális taggal szokás figyelembe venni.

Például a csúcsmagasság eloszlás:

$$P(h) \sim (h^{-\beta}) \exp(-h/h_0), \quad (2)$$

β : kitevő, h_0 : levágási érték.

A zaj-eloszlás paramétereiben is lehetnek olyan információk, amelyek az anyagtudományi diagnosztikában hasznosak lehetnek.

A mérőrendszer

A mérőrendszer fő építőelemei a gerjesztő, detektáló erősítő rendszer, valamint egy asztali számítógép alapú mérésadatgyűjtő és kiértékelő software. A gerjesztő rendszer blokkdiagramja a 4. ábrán látható.

A gerjesztő tér nullszimmetrikus, nagyon lassan változó ($nx10$ s periódusidő) lineáris átmágnesező teret biztosító generátor. A minta a gerjesztés során telítéstől telítésig átmágneseződik.

A zaj-erősítő rendszer blokkdiagramja az 5. ábrán látható.

A kis menetszámú detektor tekercsen keletkező impulzus jel több lineáris, DC csatolt erősítőfokozaton keresztül jut a számítógépben lévő mérésadatgyűjtő kártyába. A doménmozgás által a tekercsben keletkező feszültség impulzusok a gerjesztő tér pozitív változásakor pozitív, míg ellentétes tér változásnál negatív impulzusok sokasága.

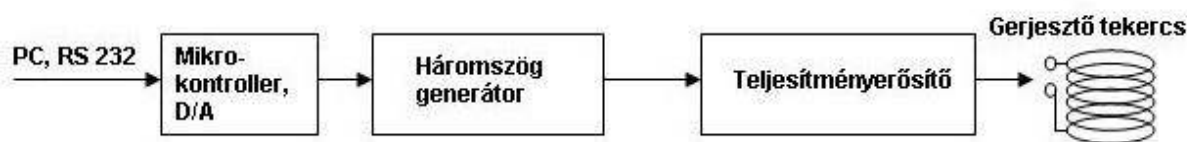
A mérőszoftver az egyedi feszültség impulzusok valós idejű feldolgozását végzi, tárolja az impulzus amplitúdó, szélesség, terület és intenzitás spektrumokat.

A mérések kiértékelése

A mérési adatok kiértékelése a mérőrendszer által szolgáltatott spektrumokból a következő adatok kinyerését jelenti:

1. Skálaexponens
2. Levágási érték
3. Abszolút beütésszám

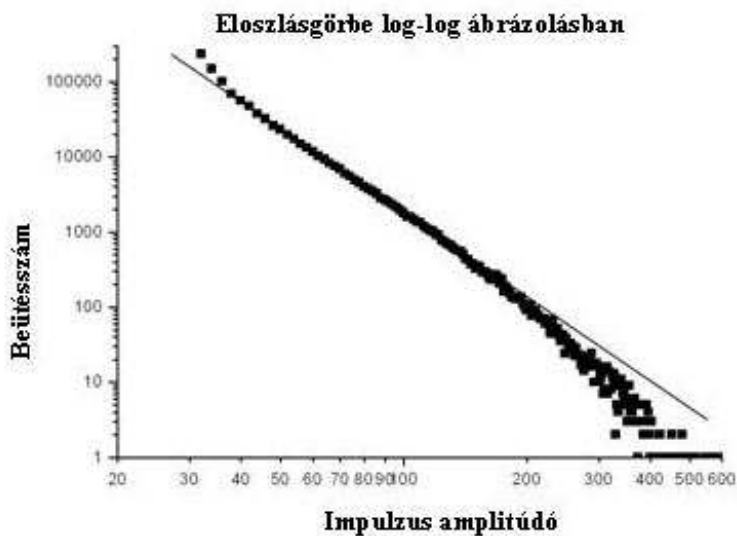
A 6. ábra egy szerkezeti acélon (S 235 JRG1) végzett mérés amplitúdóeloszlás-függvényét szemlélteti.



4. ábra. A gerjesztő rendszer blokkdiagramja – Fig. 4: Block diagram of the generating system

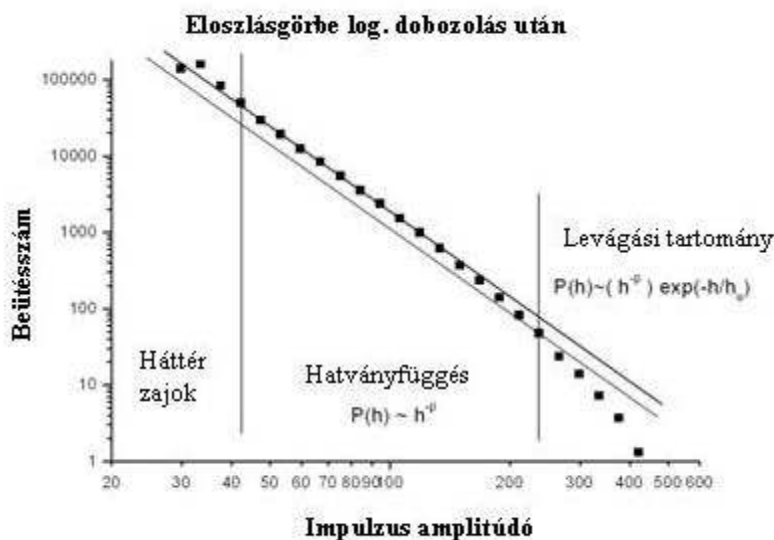


5. ábra. A zaj-erősítő rendszer blokkdiagramja – Fig. 5: Block diagram of the noise amplifier system



6. ábra. Egy szerkezeti acélon (S 235 JRG1) mért amplitúdóeloszlás-függvény

Fig. 6: Amplitude distribution function measured on a structural steel (S 235 JRG1)



A mérés 25 átmágnesezési ciklus (1 ciklus: 50 s) alatt keletkezett zajimpulzus begyűjtésével készült.

Az eloszlásgörbe lg-lg ábrázolásakor jól megfigyelhető a görbe középső tartományán a lineáris viselkedés. Ez a jellegzetesség a SOC elméletéhez való igazodást jelzi. Az elméleti egyenestől való eltérés az elmélet alkalmazhatósági határait jelöli ki. Ezek a határok a 7. ábrán láthatók.

A 6. és a 7. ábra közötti különbség oka, hogy a 6. ábra adatsorára egy statisztikajavító eljárást alkalmaztunk. Ez az ún. logaritmusos dobozolás a görbe kis beütésszámú tartományában biztosít jelentős statisztikajavulást, miáltal a görbe jobban illeszthetővé válik. Itt már jól értelmezhető a lineáris illesztési határ felső értéke, a levágási érték (magasságfüggésnél h_0). Definíciószerűen ez az az érték ahol az eloszlásfüggvény e-ad részére csökken. A hatványfüggést a kis amplitúdó tartományban a háttérzajok korlátozzák.

Az elmélet szerint eddig eloszlásfüggvényekről beszéltünk, a mérési adatok ábrázolásánál azonban a beütésszámok szerepelnek. (Az eloszlásfüggvény számításához a csatornánkénti beütésszámot el kell osztani az összes beütésszámmal.) Ennek oka, hogy a mérések során azt tapasztaltuk, hogy az összebeütés-számban lényeges információ rejlik.

Fig. 7. ábra

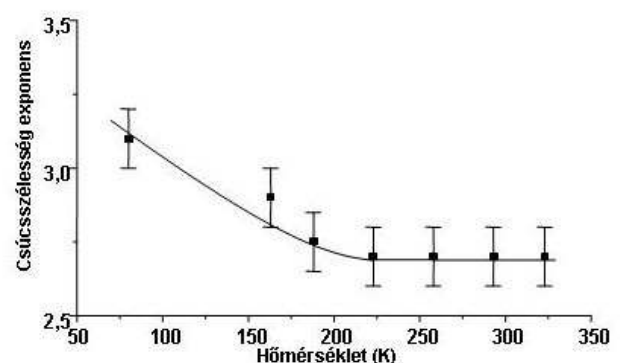
Anyagtudományi alkalmazások, eredmények

1. Zajmérések a hőmérséklet függvényében

Méréseket végeztünk az S 235 JRG1 szerkezeti acélon a hőmérséklet függvényében. A 8. ábrán a statisztikus zajanalízissel kapott csúcsszélesség kitevő hőmérsékletfüggése van ábrázolva.

8. ábra. A csúcsszélesség kitevő hőmérsékletfüggése

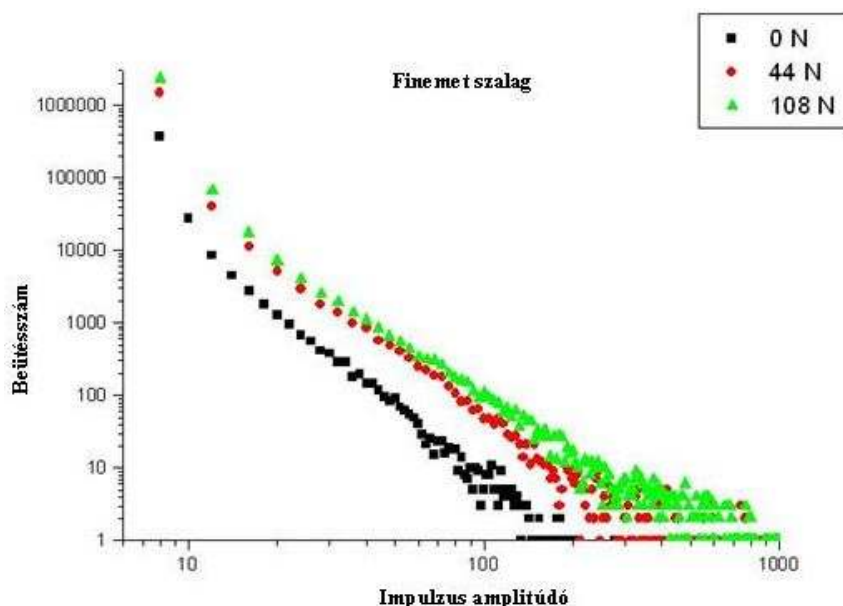
Fig. 8: Temperature dependence of exponent of peak's width measured on a steel (S 235 JRG1)



Növekvő hőmérséklettel a kitevő csökken, majd 200 K hőmérséklet fölött ez a csökkenés megáll, a kitevő ennél magasabb hőmérsékleteken már nem változik [7].

A könyökpontra kapott kb. 200 K hőmérséklet megfelel az adott anyag szívós–rideg átmeneti hőmérsékletének.

2. Finemet típusú nanoszemcsés szalag a terhelő erő változtatásakor



9. ábra. A csúcsmaximumok eloszlásfüggvényei a húzóerő függvényében

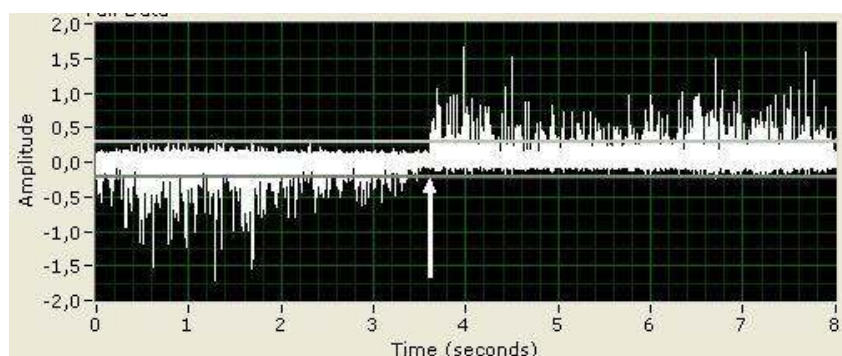
Fig. 9: Distribution functions of the pick values measured by different tensile forces on a nano-grained (Finemet) material

A mérőrendszer segítségével vizsgálatokat végeztünk nano-kristályos Finemet anyagokon. A mérés során egy kb. 10 cm hosszú 10 mm széles és 10 μ m vastag szalagot terheltünk. A csúcs maximumok eloszlásfüggvényeit a 9. ábra szemlélteti.

A beütésszám változása nem-lineáris, telítődő jellegűt mutat a feszítőerő függvényében, hiszen 0 N-ről 44 N-ra sokkal nagyobb a változás, mint 44 N-ről 104 N-ra történő változásakor. A meredekség kismértékű változása is megfigyelhető.

A kapott eredmény összhangban van az RMS méréstechnikában mérhető effektussal [1.]. A mérés-technika érzékenysége messze meghaladja a hagyományos RMS technikáét, olyan esetben is jól kiértékelhető eredményeket biztosít, amikor az RMS érték már kiértékelhetetlen.

3. Fázisátalakulás vizsgálata Ni_2MnGa ferromágneses, alakmemória ötvözetekben



10. ábra. A Ni_2MnGa ötvözet változó mágneses térben gerjesztett Barkhausen-zaja

Fig. 10: Barkhausen noise of the Ni_2MnGa alloy generated by changing magnetic field

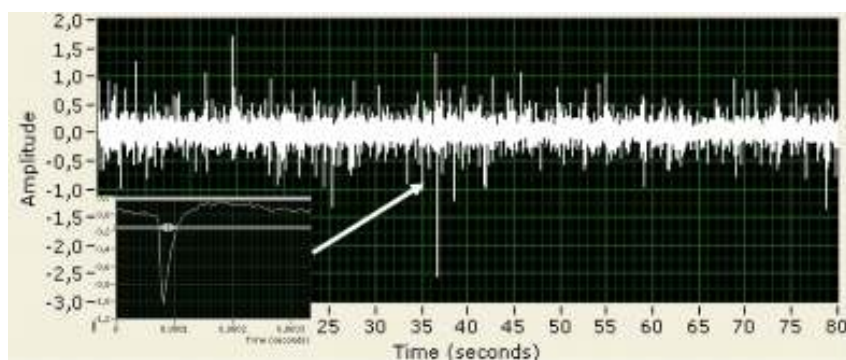
A Ni_2MnGa ötvözet mágneses alakmemória tulajdonságot mutat, ezért napjainkban a legintenzívebben vizsgált anyagok közé tartozik. [8.] Az anyag meghatározott hőmérsékleteken reverzibilis kristályszerkezeti változást, martenziteshez hasonló átalakulást mutat. A magas hőmérsékleten stabilis fázis (ausztenit), illetve az alacsony hőmérsékleten stabilis (martenzit) fázis is ferromágneses, természetesen eltérő mágneses tulajdonságokkal.

A változó mágneses térbe helyezett martenzites vagy ausztenites állapotban lévő mintában gerjesztett Barkhausen-zaj a 10. ábrán látható. A nyíl a nulla mágneses teret, a vízszintes vonalak a háttér levágási küszöböt jelölik. A mágnesezettség változása a külső tér irányába történik, ezért az impulzusok a gerjesztő tér irányának megfelelően egyirányúak. Az impulzusok amplitúdó és időtartam-eloszlása természetesen az ausztenit

	α (in Eq. 1-ben)	β (in Eq. 2-ben)
Austenite (MBN)	2.8 ± 0.15	5
Martensite (MBN)	3.2 ± 0.15	3.0 ± 0.15
Transition (ME)	3.0 ± 0.15	3.0 ± 0.15

1. táblázat. A Ni_2MnGa ötvözet fázisain mért kitevők értékei

Table 1: Values of exponents measured on Ni_2MnGa alloy's phases



11. ábra. A Ni_2MnGa ötvözet mágneses emissziója (ME) a martenzites fázisátalakulás közben

Fig. 11: Magnetic emission (ME) of a Ni_2MnGa alloy during martensitic phase transformation

és martenzit fázis esetében más és más, ami a korábban már említett kitévőkkel jellemezhető (1. táblázat).

Külső mágneses tér alkalmazása nélkül a martenzites fázisátalakulás során is keletkezik mágneses zaj (mágneses emisszió, ME). Mivel ebben az esetben nincs külső tér által kitüntetett irány, ezért a zajimpulzusok is véletlenszerűen változó előjelűek (11. ábra). A Barkhausen-zaj és a mágneses emisszió más-más eredetű, ami az eloszlásfüggvények kitévőinek némileg eltérő értékeiben is megmutatkozik.

Összefoglalás

Új méréstechnikai irány alakult ki a Barkhausen-zaj mérésére, kiértékelésére. Ez a doménmozgásból eredő egyedi zajimpulzusok feldolgozására épül. A méréstechnika alkalmazásával lehetőség nyílik anyagjellemzők mérésére, feszültségállapot feltérképezésére, fázisátalakulások ill. technológiai folyamatok követésére. A rendszer nagy érzékenységgű és olyan esetekben is mérhető, kiértékelhető jelet produkál, amelyre a hagyományos RMS technikánál nincs lehetőség. A mérő-, kiértékelő rendszer továbbfejlesztése mindenképpen szükséges a méréstechnika ipari alkalmazhatósága érdekében.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát a következő pályázatok támogatták: RET-06/2004, NKFP-3A/043/2004, OTKA T-049513.

Köszönjük továbbá a Metálelektro Kft., valamint a Magnetec Ungarn Kft. támogatását.

Hivatkozások

- [1.] Posgay György, Ferromágneses anyagok vizsgálata Barkhausen-zaj mérésével. Anyagvizsgálók Lapja, 1991/1.
- [2.] Takács, N., Posgay, Gy., Harasztosi, L., Beke, D.L.: Correlation between Barkhausen-noise and corrugation of railway rails, Journal of Materials Science 37, 3599-3601 (2002)
- [3.] István Mészáros: Complex magnetic investigation of ferritic stainless steel, Material Science Forum, Vols.473-474 (2005) pp. 231-236
- [4.] Giorgio Donzella et al.: Multi-parametric Barkhausen Noise Measurements for Stress and Microstructure Evaluation, 4th International Conference on Barkhausen Noise and Micromagnetic Testing, 2003. Brescia,
- [5.] P. Bak, C. Tang and K. Wiesenfeld: Phys. Rev. Lett. **59**, 381-384 (1987)
- [6.] G. Durin and S. Zapperi: Phys. Rev. Lett. **84**, 4705-4708 (2000)
- [7.] L. Harasztosi, L. Daróczy, I. A. Szabó, Z. Balogh and D. L. Beke: Temperature dependence of Barkhausen noise parameters in carbon steel, Material Science Forum, 2006.
- [8.] Zoltán Balogh, Lajos Daróczy, Lajos Harasztosi, Dezső L. Beke, Thomas A. Lograsso and Deborah L. Schlagel: Magnetic Emission During Austenite-Martensite Transformation in Ni_2MnGa Shape Memory Alloy, Materials Transaction, Vol 47. No3. (2006) pp 1 to 4. Special Issue on Shape Memory Alloys and their Application.

The stability of laser marks on electrical steel surfaces

investigated by fatigue test

A. Szabó¹ – L. Pesek² – J. Takács¹

Kulcsszavak: logisztikai lézerkód, helyi felkeményedés, örvényáramú kiolvasó jel, lakk-bevonat, homokszórás
Keywords: logistic laser code, local hardening, eddy current reading out signal, lack-coating, sand spray

Összefoglalás

Lágymágneses acéllemez felületét jelölő lézerkarcok stabilitásvizsgálata fárasztással. Lézerek alkalmazása széles körben elterjedt a felületmódosító eljárásokban, rendszerint a mechanikai, illetve a mágneses tulajdonságok javítása céljából. Ám közleményünkben olyan lokális felületmódosításról van szó, amelynek célja felületi jelek, kódok létrehozása lézerrel. A lézerkarcok logisztikai kódokként való alkalmazhatóságának feltétele a jelek termikus és mechanikai stabilitása. Közleményünk a lágymágneses acéllemez felületét jelölő lézerkarcok mechanikai stabilitásvizsgálatával foglalkozik. Az acéllemez felületére, logisztikai azonosíthatóságuk céljából, CO₂ lézerrel, 100 – 400 W teljesítménnyel felvitt „karcok” örvényáramú (Fluxset) kiolvasó szondával mérhető jeleinek alak és intenzitás szerinti stabilitását vizsgáltuk összehasonlítva a mechanikai fárasztás előtt és után mért jeleket. Az 1. ábra szerint Oerlikon OPL 2000 CO₂ lézerrel megjelölt próbatesteteket nulla-kezdésű, 30 Hz frekvenciájú, húzó-lengő igénybevétellel, 500 000 ciklusszámgig fárasztottuk egy Instron 8511 típusú vizsgálógéppel. Vizsgáltuk a lézerkarcolt felület környezetének szövetszerkezetét és mikro-keménységét (2. – 4. ábrák), valamint azt is, hogy fárasztás mellett a kiolvasott jel alakját és intenzitását befolyásolja-e a felületkezelés: a lakkozás, illetve a homokszórás (5. – 7. ábrák). Megállapítottuk, hogy az alkalmazott mechanikai fárasztás, illetve a felületi lakk-bevonat nem befolyásolja a lézerkarcok örvényáramú kiolvasó jeleinek alakját és amplitúdóját.

Introduction

Lasers and their applications are often used in the surface modification technologies. The goal of these treatments can be either the mechanical or the magnetic modification of the surfaces or the production of codes for various logistic processes.

Recently, type of marking was applied for the detection of thermal induced stresses, as well as to produce bar codes on low carbon steel surfaces [1]. The physical basis of the reading out is the local phase transformations or local modifications in the stress field around individual marker. The stress evolution is the consequence of the rapid heating and the subsequent cooling processes during the laser beam-metal interaction. The thermal and mechanical stability of markings (marker – marking - mark) has of a primary importance for any application (particularly in the case of magnetic reading out technique) [2].

The appropriate reading out is usually based on magnetic or classical eddy-current phenomenon. In this paper fatigue tests were carried out on laser scribed soft magnetic sheet, in order to determine the stability of laser scribed marks against the periodic loading. The marking were carried out using CO₂ laser irradiation. A special Fluxset sensor was applied for the reading out, which is based on eddy current measurements, [3].

¹Department of Vehicle Manufacturing and Repairing, BME, H-1111 Bertalan L. u. 2. Budapest, Hungary; Contact address: Attila Szabó, PhD. student, szabo@kgft.bme.hu

²Department of materials science, Faculty of metallurgy, Technical University of Kosice, Letna 9, 042 00 Kosice, Slovakia

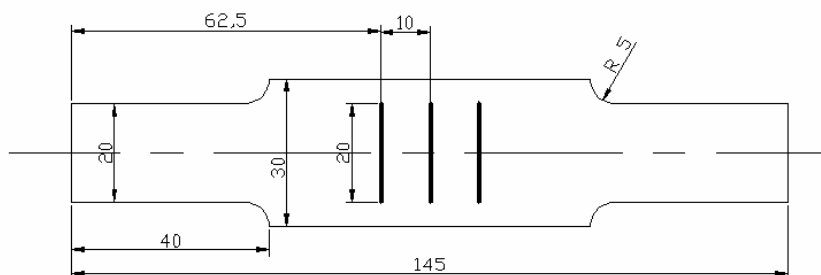


Fig. 1: The shape and dimensions of the sample

1. ábra. A próbatest alakja és méretei

Experimental

Samples were prepared from fully processed electrical steel sheets. (Chemical composition in wt%: Si=1, C~0.003, P=0.095, Al=0.16, Mn=0.36, S=0.006)

The sheets were covered with a lack layer (arising from the production process). For the investigation of the magnetic properties and the possible structural changes in the samples, the coating layer was removed using sand

spraying equipment. Oerlikon OPL 2000 CO₂ laser equipment was used for the scribing (wavelength of 10,6 μm , work-ing in continuous regime). The applied power densities are 150, 200 and 400 W respectively. 1200 mm/s scanning velocity and the 1 mm laser spot diameter was applied during the scribing process.

The laser marks were placed parallel and perpendicular to the rolling direction. As an example, the geometrical parameter of the specimen is depicted in Fig 1.

Reading out experiments were carried out on the samples before and after the fatigue test with a special eddy current sensor [Fluxset]. The fatigue test was carried out using an Instron 8511-type fatigue machine. The number of cyclic loading was 500 000, the maximum in the applied force was 2400 N, the minimum was 0 N. The frequency of the fatiguing force was 30 Hz.

Results and discussion

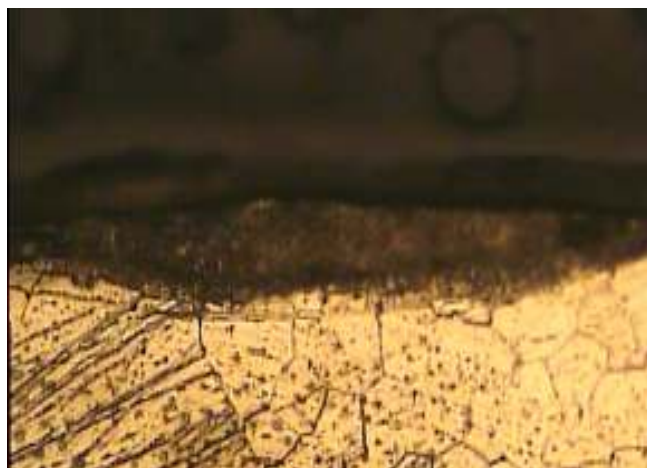
Metallographic and micro-hardness characterization

The purpose of metallographic analysis and micro-hardness measurement was to reveal the actual extension of the individual heat affected zones.

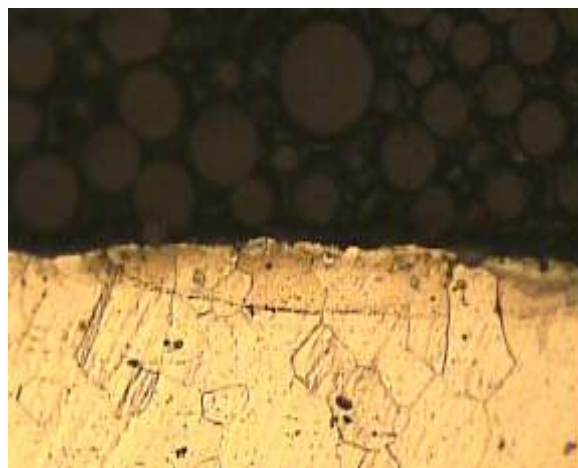
The laser scribing represents rapid local heating and subsequent rapid cooling in the surface layer of the irradiated sheet. The regulation of energy density is necessary avoiding the local surface melting

(overheating effect). On the order hand, the energy input should be sufficiently high enough to rise the local temperature resulting in a local structural change, which is the basis of the code formation. In the case of carbon steels the pulse-like temperature increase ensures the activation energy or the carbon dissolution and homogenization in the austenite phase. As a consequence of the entrapped C atoms (metastable solid solution formation) together with the heat shock induced (stresses arising from the misfit between the heat affected and unaffected zones) a net resistance increase takes place. This is the physical basis of the reading out. The carbon content of the applied specimens is low, consequently only the redistribution of the alloying elements (Si, Mn, Al) is involved in the short-time diffusion process during the period of irradiation.

Except the negligible grain coarsening, no structural change can be observed within the heat affected zone as Fig. 2 B shows. When the heat accumulation is high enough besides the grain coarsening other type of phase transformation may also occur, but this case is not involved in the present experiments. Nevertheless, the actual heat accumulation also depends on the surface quality of the absorbent sheet. In our case, the surface was covered by lacquer layer, (electric insulation). The efficiency of energy absorption is better in the presence of layer. The lens-shape heat treated zone can be observed in Fig. 2 A and B.



A)



B)

Fig. 2: Optical micrograph of the cross section of laser marked sheets;

A) 400 W laser power; B.) 400 W laser power, sand sprayed surface

2. ábra. A lemez mikroképe a lézerkarc keresztmetszetében;

A.) lézer-teljesítmény: 400 W; B.) lézer-teljesítmény: 400 W, a felület homokfúvózva

In Fig. 3 and Fig. 4 the micro-hardness data versus the distance (measured from the surface) can be seen. Two conclusions can be drawn from the Figs. First: the hardening effect near to the surface or in the centre of the heat affected zone is higher for the coated sheet as a consequence of more effective heat accumulation. Second: in spite of the absence of carbon in this type of (soft magnetic) steel sheets, there is still a detectable mechanical hardening in both samples which can be the consequence of the solute redistribution inside the heat affected zone. The lower hardening in the case of sand sprayed surface can be

attributed to the lower absorption ability of the sand sprayed surface.

The maximum in hardness is around the centre of the irradiated zone (mark). It means that the mechanism responsible for the hardness increase is associated primarily with the final temperature and on the time of incubation necessary for the solute redistribution as well.

Nevertheless, the contribution of the additional macroscopic stresses evolution to the net hardness increase can also not be ruled out.

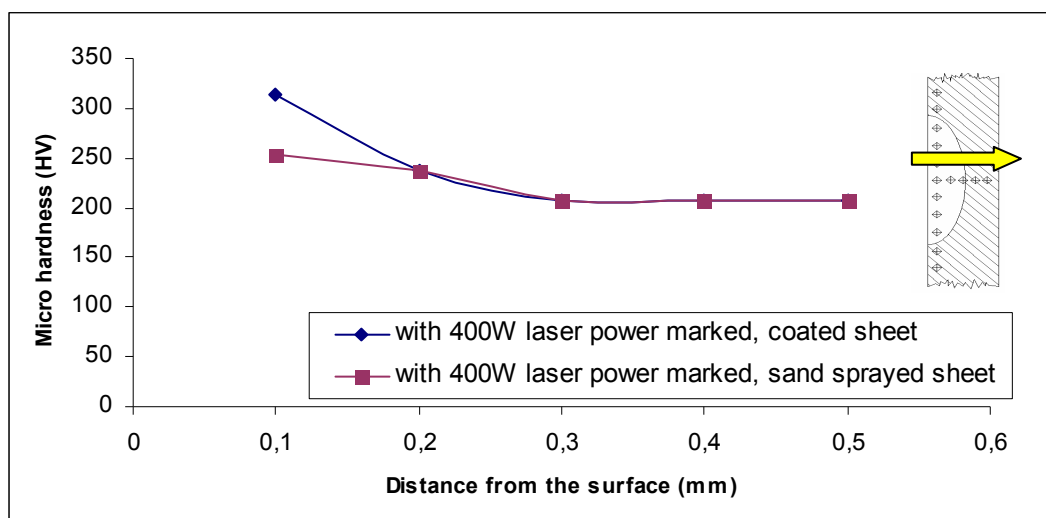


Fig. 3: The micro-hardness distribution versus the distance.
The measuring direction is perpendicular to the surface

3. ábra. A mikrokeménység változása a felületre merőleges irányban mérve

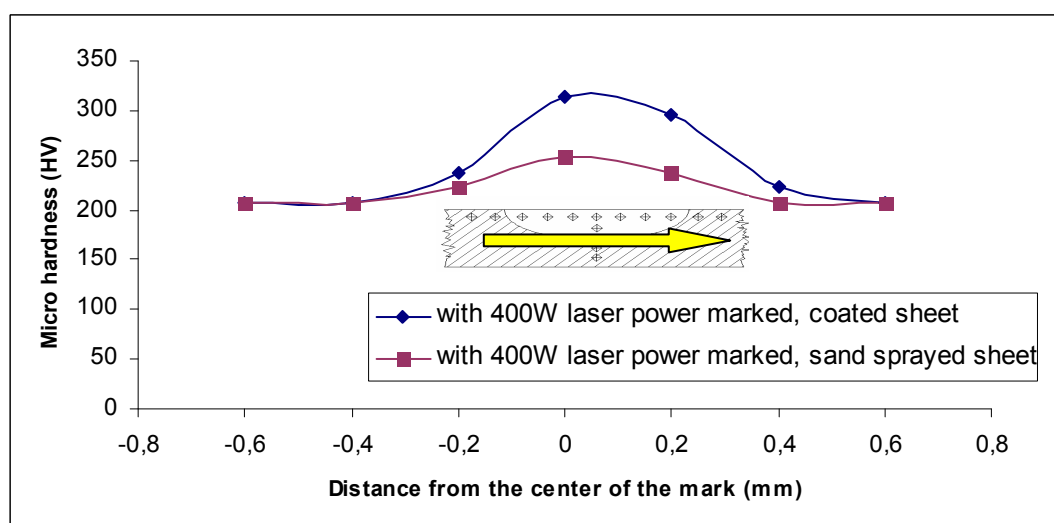


Fig. 4: The micro-hardness change versus the distance.
The measuring direction is parallel to the surface

4. ábra. A mikrokeménység változása a felület mentén a lézerekarcra merőlegesen

Results of reading out

In Fig. 5 can be seen the reading out signal versus the distance. In the case of coated surfaces the intensity of the reading out signal is much higher than that of the sand sprayed surfaces. Again, the reason is the lower absorption ability of the sand sprayed surfaces.

The stability of the laser scribed codes against the periodic, mechanical vibration was measured, applying fatigue machine. This loading type seems to be suitable for the simulation of usual loading associated with the applied production technologies of

the soft magnetic sheets. The readability of codes was determined before and after the cyclic loading experiments comparing the amplitude and the shape of marks. The results of this comparison are illustrated in Fig. 6 and 7.

According to the present investigations the applied cyclic loading has no significant influence on the readability of the signal, so the laser scribed markers are stable enough against this loading type in the investigated soft magnetic, fully processed sheets. It is also remarkable that successful scribing can be applied even this type of lacquer coatings is missing.

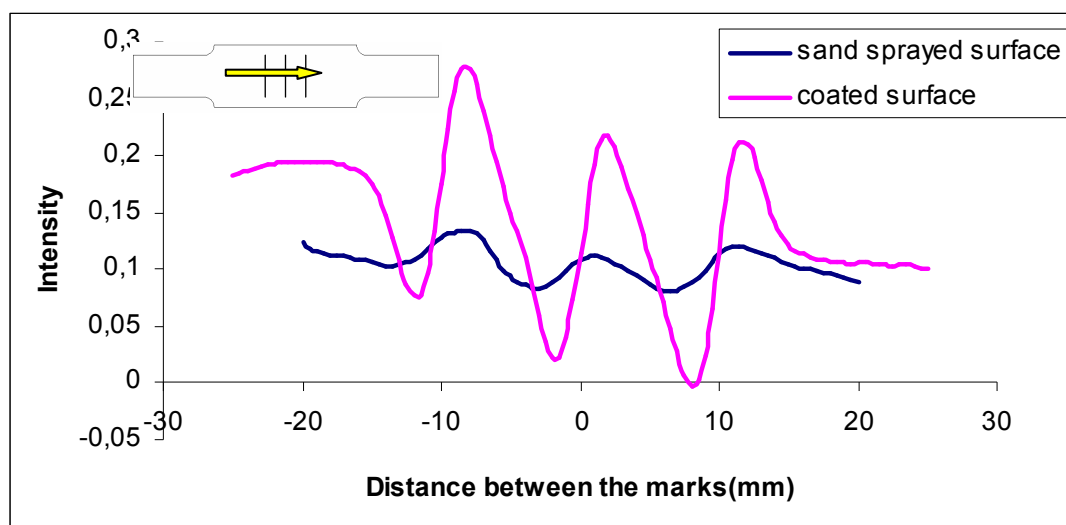


Fig. 5: The reading out signal in case of coated and sand sprayed surfaces applied 100 W laser power

5. ábra. A felületi bevonat, illetve a homokszórás hatása a 100 W teljesítménnyel készült lézerekarcok kiolvasási jelének erősségére

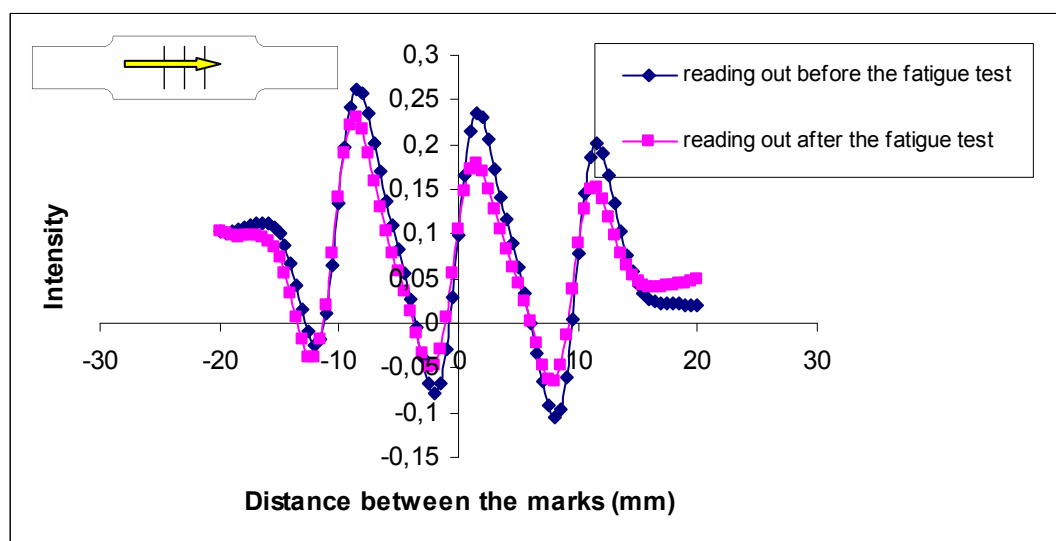


Fig. 6: The shape of reading out signals produced on coated surface by applying 150 W laser power before and after the fatigue test. The marks were perpendicular to the direction of cyclic loading

6. ábra. A 150 W teljesítménnyel készített lézerekarcok fárasztás előtt és után, a felületi bevonaton át, mért kiolvasási jelének alakja és erőssége. A lézerekarcok a ciklikus terhelés irányára merőlegesek

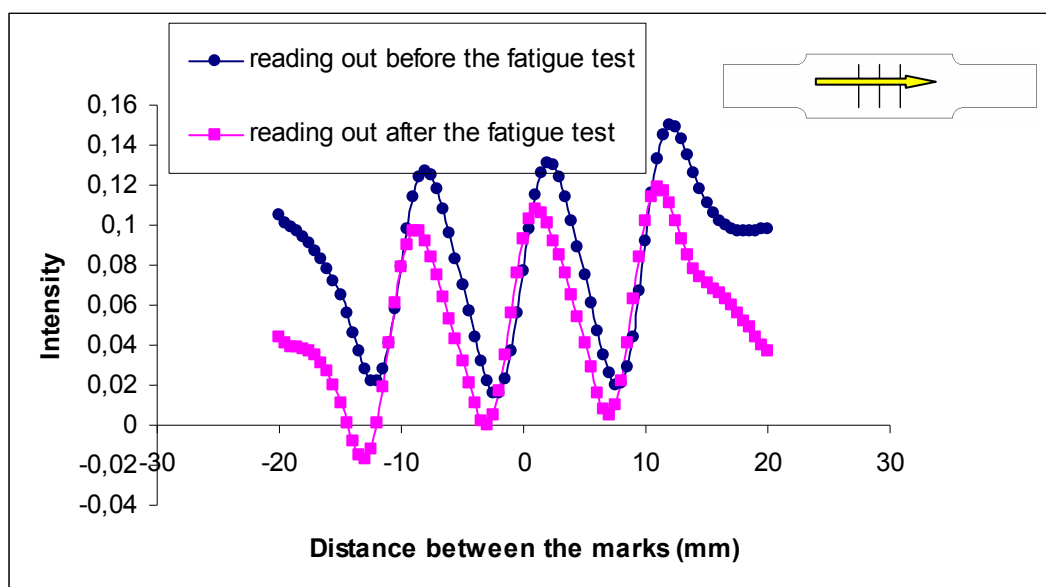


Fig. 7: The shape of reading out signals produced on sand sprayed surface by applying 150 W laser power before and after the fatigue test. The marks were perpendicular to the direction of cyclic loading

7. ábra. A 150 W teljesítménnyel készített lézerkarcok fárasztás előtt és után homokszórt felületen mért kiolvasási jelének alakja és erőssége. A lézerkarcok a ciklikus terhelés irányára merőlegesek

Conclusions

The mechanical stability of markings was investigated in the samples after the irradiation with various power densities. It can be observed, that the presence of lacquer layer has no detectable influence on the readability of laser codes. Neither the shape nor the amplitude of the individual markers have changed due to the applied fatigue loading. Removing the lacquer layer, the absorption is decreasing.

Acknowledgements

Thanks for the helpful colleague of the Technical University of Kosice, Department of Materials Science. Thanks for the help of the member of the Research Institute for Technical Physics and Materials Science (MFA) of the Hungarian Academy of Sciences (MTA)

References

- [1] Z. Kalincsák, J. Takács, G. Vértesy, A. Gasparics: The optimisation of laser marking signals for eddy current detecting of marks, Laser Assisted Net Shape Engineering 4, Erlangen, 2004. September 21-24., pp.:535-544 in Volume 1, ISBN 3-87525-202-0
- [2] Z. Kalincsák, J. Takács: Micro-hardness and structural characterisation of laser irradiated surface layers in carbon steels before and after stress relaxation, 47. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Ilmenau, 2002, ISSN 0943-7207
- [3] A. Gasparics, S. Daróczy, G. Vértesy, J. Pávó: Improvement of etch probes based on fluxgate type magnetic field sensor, Electromagnetic Non-destructive Evaluation (II) 1998 ISBN:9051993757

9th ECNDT, Berlin, 2006; 1. rész

A 9th European Conference on NDT konferenciát az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (EFNDT), 2006. szeptember 25-29 közt, Berlinben rendezte meg, a Német Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (DGZfP) szervezésében.

A konferencia színhelye a Berlin dél-keleti részén elhelyezkedő ESTREL Konferencia Központ volt, mely Európa legnagyobb konferencia, szórakoztató és szálloda komplexuma. Az előadótermek, kiállító helyek és egyéb, a rendezvények megtartására rendelkezésre álló helyiségek területe kb. 15 000 m².

A helyszín kiválasztásának indokát azonnal megértjük, ha áttekintjük a konferencia, szinte gigantikus méreteire vonatkozó adatokat. Néhány ezek közül:

- a résztvevők száma megközelítette az 1500 főt,
- az előadások egyidejűleg 8 előadóteremben folytak, naponta 3 szekcióban,
- az előadások száma: 508,
- a tematikai blokkok száma: 37,
- a szekció blokkok száma: 113,
- előadás hangzott el 41 ország képviselőitől.

A jelzett előadások száma csak az orális előadásokat tartalmazza. Ezeken túlmenően igen nagyszámú poszter előadásra is sor került. Ezek pontos számára vonatkozóan nincs információnk, de a poszter-táblák által elfoglalt terület alapján a poszter előadások száma 200-250-re becsülhető.

A számokból jól érzékelhető a rendezvény mérete. A rendezőket dicséri, hogy a szervezés zökkenőmentes, mintaszerű, a megnyitó és a bankett lenyűgözően látványos volt.

Szakmai szempontból a hatalmas méreteknek vannak pozitív és negatív oldalai. Pozitív, hogy szinte nincs olyan területe a roncsolásmentes anyagvizsgálatnak, melyet az érdeklődő szakemberek ne találtak volna meg. Negatív oldala az ilyen nagy rendezvénynek, hogy a résztvevők állandó időzavarral küzdenek. Szinte lehetetlen teljes körű képet alkotni és eljutni valamennyi fontos/érdekes előadásra, eseményre, kiállításra.

A konferencia szakmai programját, a teljesség igénye nélkül elemezve további figyelemre méltó megállapítások tehetők. Ilyen például, hogy a tematikai blokkok sikerlistájára a táblázatba foglaltak kerültek.

A többi témakörben a témablokkok száma: 1-3, az előadások száma 4-15 volt.

Orális előadásokat 41 országból tartottak. Ezek közül az élbolyt a következő országok képezték (előadások száma): Németország (193), Franciaország (57), Egyesült Királyság (39), Oroszország (23), Egyesült Államok (22), Hollandia (15), Kanada (14), Belgium (12), Olaszország (12), Brazília és Spanyolország (11–11).

Megjegyzés:

1. Az egyes témablokkokon belül egy-egy szekcióblokkban 4-5 előadás hangzott el.
2. Gyakori volt, hogy előadásokat, tartalmuk miatt több témablokkba lehetett volna sorolni, így átfedések adódtak

Témablokk megnevezése	Blokkok száma	Orális előadások száma
Repülés	10	48
Ultraszhang	10 (ebből Phase Array: 4)	45
Anyagjellemzés	9	40
Modellezés, jelfeldolgozás	8	35
Erőművek	7 (ebből nukleáris: 5)	32
Radiográfia	5 (ebből digitális: 4)	21
Ipari computer tomográfia	4	18
Mágneses/Elektromágneses	4	17
Művészet, Építészet	4	16
Vasút	4	16

Figyelemre érdemes még néhány további ország aktivitása, mint Horvátország (9), Belgium (7),

Ausztria (8), India (7), Svájc (7), Cseh köztársaság (6), Ukrajna (5).

Beszámoló

Accounts

Sajnálatos tény, hogy hazánkat csak a dr. Somogyi György – dr. Trampus Péter – Szabó Dénes – Klausz Gábor társszerzők előadása képviselte.



A szakmai előadásokon túl fontos megemlíteni, hogy a konferencia keretein belül több ezer négyzetméter területű kiállító térben a világ valamennyi fontos vizsgálóeszközt, anyagot, szoftvert előállító és forgalmazó cége kiállított. Bátran állítható, hogy a kiállítás színhelyén pezsgő életet, aktív konzultációkat lehetett látni.

A konferencián szinte valamennyi roncsolásmentes anyagvizsgálati nemzeti szövetség képviselte magát. Többségük, így a MAROVISZ is szerény méretű, de jól megközelíthető standdal rendelkezett (fotónk). A MAROVISZ standján a vezetőség részéről dr. Trampus Péter, Kecskés Péter és dr. Somogyi György fogadta a szépszámu érdeklődőt.

Nincs pontos információnk arról, hogy Magyarországról hány fő vett részt valamilyen formában a konferencián és kiállításon, de a helyszíni találkozások és konzultációk alapján a résztvevők száma szerény, 8-10 főre becsülhető. Ami különösen figyelemre érdemes, hogy nem találkoztunk a vizsgáló laboratóriumokban dolgozó szakemberekkel.

Remélve, hogy a konferencián szerzett szakmai tapasztalatok ismertetése a MAROVISZ tagjai számára hasznos következtetések levonását teszi lehetővé, az Anyagvizsgálók Lapja következő számában folytatjuk beszámolóinkat.

Somogyi György

A törésmechanika szerkezeteink biztonságát szolgálja

Szerkezeteink váratlan töréssel járó katasztrofáinak okait kutatva a kísérleti mechanika és a mechanikai anyagvizsgálat mezsgyéjén, a múlt század közepén kialakult új, műszaki tudományos irányzat, a törésmechanika jelentőségét felismerve egyesületünk Anyagvizsgáló Szakosztályának keretében már 1969-ben megalakult a törésmechanikai szakbizottság dr. Czoboly Ernő vezetésével. Magyar nyelvű szakirodalom nem lévén, fontos volt mielőbb kiadni a *Törésmechanikai szakszótár és lexikon* jegyzetét (GTE, 1975); majd hazánkban, az akkor még csekély számú témát művelők előadói közreműködésével figyelemfelkeltő ankétot szervezni Budapesten, 1979-ben. Nyilvánvalóvá vált a szélesebb szakmai összefogás szükségessége.

Éppen negyedszázada annak, hogy Anyagvizsgáló Központi Szakosztályunk vezetőségi tagjainak, a törésmechanikai szakbizottság vezetőinek és a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia Tanszék vezető munkatársainak kezdeményezése és aktív szervezői tevékenysége eredményeként **1981 őszén, Aggteleken megtartottuk az I. Országos Törésmechanikai Szemináriumot** bírva a GTE Hegesztési és Konstruktív Központ Szakosztályainak, valamint az OMBKE kohász-anyagvizsgáló szakcsoportjának és az ELFT fémfizikai szakcsoportjának szakmai, előadói támogatását is. A mintegy 150 résztvevő határozata nyomán adtuk ki az első magyar nyelvű szakkönyvet! Az előkészítő munka kissé vontatottan haladt a sok közreműködő fizikus és mérnök, illetve szervezet miatt, de végül 1986-ban, GTE kiadványként megjelent a *Fémek és szerkezetek törése; alkalmazott törésmechanika* című, ma is jól használható jegyzet, dr. Tóth László és dr. Zolnay Gábor szerkesztésében.

Szakmai közösségünk elsősorban miskolci tagjainak aktivitása mindmáig életben tartotta a törésmechanika és alkalmazása eredményeinek időről időre, szemináriumi keretek közötti bemutatásának és megvitatásának lehetőségét, helyszínül választva (két esetet kivéve) Miskolc szép természeti környezetét: Lillafüredet és Tapolcát.

A negyedszázados szeminárium-sorozat múltját és a törésmechanika fejlődéstörténetét is felidézve (előadó dr. Tóth László) szerveztük meg – a Bay-Logival együttműködve – október 16–17-én, Miskolc-Tapolcán, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézetben (Bay-Logi) a **IX. Országos Törésmechanikai Szemináriumot**.

A szeminárium vezértémájául a szerkezetek épsége (integritása), biztonságos működtetése kérdéskört választottuk, amely széles körű szakmai

összefogást és harmonikus együttműködést igényel. Ennek megfelelően felkért előadók adtak áttekintést

a) a roncsolásmentes vizsgálattechnika anyagihiány-feltáró képességéről, különös tekintettel a repedés, repedésszerű hibák azonosítására (hely, irány, alak, méret), (előadó dr. Trampus Péter, a Marovisz elnöke. Előadását lapunkban közöljük);

b) a szerkezetek tényleges igénybevételének numerikus, végeselem-, ill. peremelem-módszerekkel történő leírásáról, különösen a szerkezetben az a) pont szerint feltárt anyagihiányokat tartalmazó keresztmetszeteiben, illetve a szerkezet veszélyes keresztmetszeteiben (előadók: dr. Páczelt István és dr. Szeidl György);

c) az a) és a b) ismeretében, a szerkezetek épsége (integritása), üzemelésre alkalmassága megítélésének törésmechanikai módszereiről (az EU-ban idén zárult FITNET program figyelembevételével, előadó Szávai Szabolcs) és bemutatva a kockázat-alapú szemlélet műszaki-gazdasági jelentőségét (előadó Lenkeyné dr. Biró Gyöngyvér).

A vezértémához kapcsolódott dr. Rittinger János a hegesztett szerkezetek kockázatelemzése (előadását lapunkban közöljük), dr. Lehofer Kornél a szerkezetek élettartama növelt hőmérsékleten és a mechanikai tulajdonságok intelligens adatbázisa, Rózsvölgyi Zsolt az erőműi berendezések időszakos ellenőrzésének tapasztalatai, Fekete Tamás a reaktortartályok integritása nyomás alatti hűtés esetében, illetve a neutron-besugárzás hatása a tartály acéljainak folyásgörbéire, Beleznai Róbert a tranziens hegesztési varratok kritikus hibaméretének meghatározása témájú előadása.

Am hagyományainknak megfelelően – az egyéb, a törésmechanika körébe tartozó vizsgálati tapasztalatok mellett – hallhattunk értékes beszámolót a korszerű műszaki kerámiák anyagszerkezete és törési szívóssága közti összefüggések feltárása céljából, a kassai SAS Anyagkutató Intézetben végzett kutatások eredményeiről (előadó dr. Dusza János), illetve a szilícium-nitrid kerámia dinamikus törési szívósságának műszerezett útövizsgálattal való meghatározásáról (előadó Marosné dr. Berkes Mária).

Az elhangzott előadásokban foglaltak hasznosodását segíti a szeminárium CD-kiadványa. (Lapunk következő számában a közlésre felajánlott előadások olvashatók lesznek.) Rendezvényünk sikeréhez hozzájárult a résztvevők élénk érdeklődése, vitakészsége, és a sikert az is jelzi, hogy már körvonalazódott a következő, X. szeminárium megrendezése is.

Lehofer Kornél

ECCM12 – beszámoló a kompozit anyagok rangos nemzetközi konferenciájáról

*Orbulov Imre Norbert**

A kompozit anyagok rangos nemzetközi se-
regszemléjét, a 12th European Conference on Com-
posite Materials konferenciáját augusztus 29. és szeptem-
ber 1. között rendezték meg a festői szépségű
francia üdülővárosban, Biarritzban, az Atlanti óceán
partján. Biarritz, Anglet és Bayonne mintegy összenő-

ve fedik le a francia óceánpart Spanyolországhoz kö-
zel eső részét, otthont adva megannyi csodálatos
szállodának és gyönyörű helynek, mint például a
Grand Plage, a St. Eugenie templom, a Rue du
Mazagran és a Casino Municipal – amely a konferen-
cia helyszíne volt.



Casino Municipal – a konferencia színhelye

A kaszinó színház termében a konferencia rö-
vid megnyitó ünnepségét rögtön egy plenáris előadás
követette. A konferencia minden napja egy-egy ilyen
üléssel kezdődött, ahol a kompozit-technológia külön-
böző területeit művelő, tapasztalt előadók tartottak 30-
40 perces előadásokat érdekes és időszerű témákról,
nevezetesen: az újrahasznosításról, a repülőgép-
hajtómű kompozit anyagairól, a fúziós erőművek
anyagairól, vagy éppen a tekerceselt, szálerősített, hő-
re lágyuló polimer nyomástartó edények (palackok)
felépítéséről. Véleményem szerint ezek az előadások
voltak a konferencia legnagyobb szabású és legszín-
vonalasabb előadásai.

Összesen 19 szekcióban tartottak 15-20 per-
ces szóbeli előadásokat. A szekciók között szerepelt a
manapság igen „divatos” kutatási területnek számító
nanokompozitok, környezetbarát kompozitok (öko-
kompozitok), kerámia- és fémmátrixú kompozitok terü-
lete is, csakúgy, mint a kompozitok gyártása, alkalma-
zása, tönkremenetele, továbbá speciális karbon-
karbon kompozitok területe és a különböző alkalma-



Grand Plage – jobb oldalon a kaszinóval

zások is. A négy nap során jó néhány előadást volt
szerencsém meghallgatni. A megtartott előadások
mindegyike igen színvonalas és a modern kutatási te-
rületeknek megfelelő volt. Emellett természetesen volt
poszterszekció is több mint 100 benevezett poszterrel.
Ebben a részben szintén színvonalas munkák szaba-
dabb hangvételű megvitatására, kapcsolatok építésé-
re adott lehetőséget a konferencia.

A konferencián Magyarországot a Budapesti
Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem képviselte
összesen öt szakterületen. A Polimertechnika Tan-
szék három poszter előadással volt jelen. Czigány Ti-
bor tanszékvezető a keverési szabály módosított vál-
tozatáról (Application of the rule of mixture for basalt
fiber hybrid polymer composites considering fiber-
matrix interfacial adhesion), valamint Bárány Tamás-
sal és Karger-Kocsis Józseffel a polipropilén homo-
kompozitok előállításáról és vizsgálatáról (Manufactur-
ing and investigations of polypropylene homocompo-
sites) készített posztert. Mészáros László pedig
Czvikovszky Tiborral együtt publikált egy posztert a
nanokompozitokról (The impact of electron treatment
on the strength properties of PA6 matrix nano-
composites). A Gépelemek Tanszék munkatársa,
Váradi Károly hőtani végeselem problémához kapcsó-

*Okleveles gépészmérnök, PhD hallgató; Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudo-
mány és Technológia Tanszék; orbulov@gmail.com

Beszámolók

Accounts

lódó poszter elkészítésében működött közre (FE analysis of hysteresis type heat generation in a polymer plate subjected to a rolling steel ball). Az Anyagtudomány és Technológia Tanszékről Németh Árpád, Dobránszky János és Kientzl Imre közösen készített szóbeli előadást volt szerencsém prezentálni az édeklődő szakembereknek, a fémmátrixú kompozitok



Csendélet egy kis félszigetről...

Csütörtök délután, a poszter szekció előtt, tartotta meg az ESMC (European Society for Composite Materials) az általános ülését. Ezen választották meg az új tanács tagokat, köztük –örömmel jelenthetem – Kollár Lászlót, az Építésmérnöki Kar Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék munkatársát, aki ismét elnyerte a tagságot. Még nagyobb sikernek számít, hogy Prágával versenyezve a Polimertechnika Tanszék munkatársai nyerték el a 14. ECCM konferencia szervezési jogát! Tehát 2010-ben Budapesten kerül megrendezésre a kompozitvilág egyik legrangosabb konferenciája.

A konferenciával egyidőben megjelent egy összefoglaló füzet, amely az előadások és poszterek témáinak rövid összefoglalóit tartalmazza. Továbbá

szekció délutáni előadássorozatában (Processing and testing of aluminium matrix composite wires, double composites and composite blocks). Az Atlanti óceán csábító közelsége és a ragyogó időjárás ellenére megnyugtatóan sokan hallgatták meg az előadást, úgyhogy úgy érzem, sikert könyvelhetünk el. A kiállított posztereink is szépszámmal érdeklődőt vonzottak.



A világitótorony: 248 lépcsőfok, 44 méteres magasság, automatikus üzemelés

kiadásra került egy CD is, amely a beküldött konferenciaanyagok teljes cikkeit tárolja, tartalmaz betekintést nyújtva a konferencia előadásaiba és ezzel a legfrissebb tudásanyagba. (Érdeklődés esetén a füzet és a CD e cikk szerzőjénél megtekinthető.)

Összességében a konferenciáról nagyon jó benyomásom volt. A helyszínválasztás egyszerűen fantasztikus, a fogadtatás és a szervezők segítőkészsége jó volt. Minden, a kompozitok iránt édeklődő kollégának javasolom, hogy lehetőségeihez képest igyekezzen eljutni a 2008-ban Stockholmba, vagy a 2010-ben a hazánkban megrendezésre kerülő ECCM konferenciára, mivel ez a tapasztalatszerzés, a kapcsolatteremtés és a kutatási területek megismerésének pótolhatatlan lehetősége.

Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2006/9–10. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

17 Metrológia és mérés technika. Fizikai jelenségek

- MSZ EN 15043-1–2:2006; A bevonatok vastagságának mérése és a felület jellemzése felületi hullámokkal. 1. rész: Útmutató a réteg rugalmassági állandójának, sűrűségének és vastagságának lézerrel generált felületi hanghullámokkal való meghatározásához. 2. rész: Útmutató a bevonatvastagság fotometrikus módszerrel való méréséhez.

19 Vizsgálatok

- MSZ EN 584-1:2006; Roncsolásmentes vizsgálat. Ipari radiográfiai filmrendszerek csoportosítása.

21 Általános rendeltetésű mechanikus rendszerek és egységeik

- MSZ EN 60812:2006; A rendszer-megbízhatóság elemzési módszerei. A hibamód- és hatáselemzés (FMEA) eljárásai.
- MSZ EN 61078:2006; Megbízhatóság-elemzési módszerek. Megbízhatósági tömbdiagram- és Boole-módszer.

23 Általános rendeltetésű hidraulikus és pneumatikus rendszerek és egységeik

- MSZ EN 12817:2002/A1:2006; LPG-berendezések és –tartozékok. Legfeljebb 13 m³ űrtartalmú, föld feletti, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése.
- MSZ EN 12818:2002/A1:2006; LPG-berendezések és –tartozékok. Legfeljebb 13 m³ űrtartalmú, föld alatti, cseppfolyósított szénhidrogéngázt (LPG-t) tároló tartályok ellenőrzése és újraminősítése.

25 Gyártástechnika

- MSZ EN 287-1:2004/A2:2006; Hegesztők minősítése. Ömlesztő hegesztés. 1. rész: Acélok.
- MSZ EN ISO 15011-4:2006; Egészségvédelem és biztonság a hegesztés és rokon eljárások területén. A por és gázok laboratóriumi mintavétele. 4. rész: Füstelemzési adatlap.
- MSZ EN 12517-1:2006; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. 1. rész: Acélok, nikkel, titán és ötvözeik hegesztett kötéseinek értékelése radiográfiával. Átvételi szintek.
- MSZ EN ISO 10308:2006; Fémes bevonatok. A porozitás-vizsgálatok áttekintése.

77 Kohászat

- MSZ EN ISO 3738-2:2006; Keményfémek Rockwell-keménységének mérése (A skála). 2. rész: Keménységösszehasonlító lapok készítése és kalibrálása.
- MSZ EN ISO 3785:2006; Fémek. A próbatest tengelyeinek megjelölése a termék textúrájához viszonyítva.
- MSZ EN ISO 3928:2006; Porkohászati gyártmányok a keményfémek kivételével. Próbatetek fárasztóvizsgálatához.

87 Festék- és színezékipar

- MSZ EN ISO 6272-2:2006; Festékek és lakkok. Gyors alakváltozási (ütésállósági) vizsgálatok. 2. rész: Ejtősúlyos vizsgálat kis ütőfelülettel.

Új CEN-szabványok (szerkesztőségünk címfordításai)

- EN ISO 22825:2006; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Ultrahangos vizsgálat. Auszteni acélok és nikkel-bázisú ötvözetek hegesztett kötéseinek vizsgálata.
- EN ISO 3452-2:2006; Roncsolásmentes vizsgálat. Folyadékbehatolásos vizsgálat. 2. rész: A behatoló-folyadékok vizsgálata.
- CEN ISO/TR 25107:2006; Roncsolásmentes vizsgálat. Irányelv az NDT képzés tantervéhez.
- CEN ISO/TR 25108:2006; Roncsolásmentes vizsgálat. Irányelv az NDT vizsgáló személyzet képzésének megszervezéséhez.

Szabványosítás

Standardisation

- EN ISO 9227:2006; Korrozíós vizsgálatok mesterséges atmoszférákban. Sópermet vizsgálatok.
- EN ISO 11998:2006; Festékek és lakkok. A bevonatok nedves kefélessel szembeni ellenállásának és tisztíthatóságának meghatározása.
- EN 13445-5:2006; Nem-éghető nyomástartó edények. 5. rész: Felügyelet és vizsgálat.
- EN 14497:2006; Betonszerkezetek védelmét és javítását szolgáló termékek és rendszerek. Vizsgálati módszerek. Az áteresztőképesség meghatározása.
- EN 15183:2006; Betonszerkezetek védelmét és javítását szolgáló termékek és rendszerek. Vizsgálati módszerek. Korrozíóvédelmi vizsgálat.
- EN 15184:2006; Betonszerkezetek védelmét és javítását szolgáló termékek és rendszerek. Vizsgálati módszerek. A bevont acél nyírási tapadása a betonhoz (kihúzási vizsgálat, pull-out test).
- EN 14845-2:2006; Betont erősítő szálak vizsgálati módszerei. 2. rész: A betonra gyakorolt hatás.
- EN 14889-1–2:2006; Betont erősítő szálak. 1. rész: Acélszálak. Meghatározások, követelmények és megfelelés. 2. rész: Polimerszálak. Meghatározások, követelmények és megfelelés.
- EN 15156:2006; Korszerű műszaki kerámiák. Kerámia kompozitok mechanikai tulajdonságai szobahőmérsékleten. Az állandó amplitúdójú kifáradási tulajdonságok meghatározása.
- EN 15157:2006; Korszerű műszaki kerámiák. Kerámia kompozitok mechanikai tulajdonságai nagy hőmérsékleten atmoszférikus nyomású levegőben. Az állandó amplitúdójú kifáradási tulajdonságok meghatározása.
- EN 15158:2006; Korszerű műszaki kerámiák. Kerámia kompozitok mechanikai tulajdonságai nagy hőmérsékleten inert atmoszférában. Az állandó amplitúdójú kifáradási tulajdonságok meghatározása.
- EN ISO 22088-1–4:2006; Műanyagok. A környezet befolyásolta feszültségi repedéssel (ESC) szembeni ellenállás meghatározása. 1. rész: Általános irányelv. 2. rész: Állandó húzóterheléses módszer. 3. rész: Hajlítót szalag módszer. 4. rész: Golyó- vagy tűbenyomásos módszer.
- EN 10325:2006; Acél. A hőkezelés (sütve keményedés – brake-hardening index) okozta folyáshatár-növekmény meghatározása.

Új ISO-szabványok, amelyek 2006. május 31-e és augusztus 6. között jelentek meg. (Az ISO Bulletin, illetve az ISO Focus alapján készül tájékoztató címfordítások.)

- ISO 2859-10:2006; A minősítéses ellenőrzés mintavételi eljárásai. 10. rész: Bevezetés az ISO 2859 szabvány-sorozathoz tartozó minősítéses ellenőrzés mintavételébe.
- ISO 21747:2006; Statisztikai módszerek. Mért minőségi jellemzők statisztikai alkalmassága és teljesítőképessége.
- ISO 10014:2006; Minőségirányítás. Irányelvek a pénzügyi és a gazdasági haszon realizálásához.
- ISO 14556/Amd 1:2006; Acél. Charpy-féle ingás ütővizsgálat. Műszeres vizsgálati módszer. 1. módosítás: D melléklet. Méreten aluli mintadarabok műszeres Charpy-féle ütővizsgálata.
- ISO 10447:2006; Ellenállás-hegesztés. Ellenállás- és dudorhegesztéssel készített kötések lefejtési és feszítővizsgálata.
- ISO 20903:2006; Felületi vegyi analízis. Auger-elektronspektrometria és röntgen-fotóelektron spektrometria. A csúcsintenzitás meghatározásához használt módszer és az eredményjelentésben szükséges információ.

Dr. Gegus Ernő

(1921 – 2006)

Dr. Gegus Ernő címzetes egyetemi tanár, a kémiai tudományok doktora 1921. december 24-én született Budapesten. Szakmai és emberi értékekben rendkívül gazdag életpályájának első mérőföldkövét a vegyész-mérnöki oklevél jelentette, amelyet 1944 júniusában vett át a budapesti József Nádor Műszaki Egyetemen. Hosszú hadifogságot követően 1951 és 1958 között a Budapesti Műszaki Egyetem Általános Kémiai Tanszékén az akadémiai csoport tudományos munkatársaként műszeres analitikával és ezen belül optikai emissziós színeképelemzéssel foglalkozott Erdey László professzor mellett. Ebben az időszakban úttörő jelentőségű munkát végzett a hidridképzésen alapuló mintabeviteli eljárás és az Erdey-Kocsis-Gegus néven ismertté vált porlasztórendszer kidolgozásában.

1959-től 1974-ig a Vasipari Kutató Intézet Színeképelemző Laboratóriumát vezette. Kimagasló eredményeket ért el a lézer-mikroszíneképelemzés területén és alapvető szerepet játszott a vas- és acéletalponok gyártásához szükséges homogenitás- és elemanalitikai vizsgálatok, valamint a statisztikai kiértékelési eljárások kifejlesztésében. Nevéhez fűződik az oldatok elemanalitikai vizsgálatára kidolgozott fűrt-elektrodos módszer, amely lehetővé tette oldatok folyamatos bevitelét a szikraplazmába.

A *Jubiláló magyar acéletalponok* című cikkében lapunk olvasóit is tájékoztatta a nemzetközi együttműködésbe ágyazott hazai etalonfejlesztés és -gyártás fejlődéstörténetéről és helyzetéről (Anyagvizsgálók Lapja 1992/2.).

1974-től az 1986-ban történt nyugdíjba vonulásáig a Vesz-

prémi Vegyipari Egyetem Analitikai Kémiai Tanszékén Inczédy János professzor vezetése alatt tevékenkedő akadémiai kutatócsoport tagjaként folytatta kutatásait.



Munkásságának meghatározó részét képezte a régészeti leletek tanulmányozása, amelyek közül kiemelkedő jelentőségű az aquincumi orgona alkatrészeinek és a III. századi antoninianusoknak vizsgálata, valamint az alakfelismerő módszerek archeometriai alkalmazása. Munkatársaival több új dúsítási eljárást dolgozott ki, amelyek lehetővé tették többek között borok, felszíni vizek és az atomerőmű primer vízköre nyomelemtartalmának meghatározását.

Korszakváltás a hazai spektroszkópiában!? című helyzetelemző cikkében (Anyagvizsgálók Lapja 1991/3.), amelyben átfogó képet adott a hazai kutatók szerepvállalásáról a műszeres analitika rohamos, a mikroelektronika és a számítástechnika lehetőségeit hasznosító fejlődésében, végül így üzent:

„Abban a reményben könyvelhetjük el a vizsgált korszakváltás tényét, hogy spektroszkópusaink új generációja is kifejleszti és megtartja magában a haladás, a továbbfejlesztés készségét.”

Irodalmi munkásságát 95 referált folyóiratban megjelent közlemény, valamint a Canadian Journal of Spectroscopy és az ICP-Newsletter szerkesztőbizottsági tagsága fémjelzi. Maradandót alkotott az Emissziós Színeképelemzés című kétkötetes könyv társszerzőjeként, amely angol és orosz nyelven is megjelent és az MTA 1983-ban nívódíjjal tüntette ki.

Egyik alapítója és Török Tibor valamint Zimmer Károly professzorok mellett évtizedeken keresztül egyik motorja volt a hazai spektrokémiai szakembergárda összefogását és továbbképzését szolgáló, a GTE, az MKE és az OMBKE közös Színeképelemző Szakbizottságának, amelynek titkári és elnöki tisztét is betöltötte. Az MKE keretében 1994-ben életre hívott Spektrokémiai Társaság tagjai Gegus Ernő professzort örökös vezetőségi taggá választották.

Kiváló tudományszervezői és kutatói tevékenységét a Gépipari Tudományos Egyesület *Pattantyús-Á. Géza-díjjal*, a Magyar Kémikusok Egyesülete *Nárai-Szabó-díjjal*, míg a „színeképelemzők családját” reprezentáló Spektrokémiai Társaság a *Török Tibor-émlékéremmel* ismerte el.

A 2006. augusztus 19-én bekövetkezett halálával a spektrokémiai szakterület egyik kimagasló személyisége távozott körünkől, akinek emléke valamennyiünk szívében tovább él.

Záray Gyula