

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

Beszámoló a 9. Európai roncsolásmentes vizsgáló konferenciáról

Fücsök Ferenc¹, Kecskés Péter², dr. Somogyi György², dr. Trampus Péter²

Summary

Account about the 9th ECNDT conference.

The topics, the methods and their application fields of delivered lectures of the 9th ECNDT conference in Berlin are reviewed and analysed by the authors with regard to the last four ECNDT conferences (1994–2006). Amongst the novelties of investigation methods the phase array ultrasonic method and the novel tests techniques using to the power plant's condition control and the public security testing are detailed.

Bevezetés

Az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (EFNDT, European Federation for Non-Destructive Testing) a Német Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetséggel (DGZfP, Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung) együttműködve rendezte kilencedik európai konferenciáját Berlinben, 2006. szeptember 25. és 29. között (ECNDT, European Conference on NDT). A konferencia mind a résztvevők számát, mind a rendezvény színvonalát tekintve rendkívül impozáns volt. Jellemző statisztikai adatok az Anyagvizsgálók Lapja egy korábbi számában közölt rövid áttekintésből vehetők ki [1]. A konferenciával párhuzamosan egy nagyszabású kiállítás is megrendezésre került, amelyen a vizsgáló eszközöket, anyagokat és technológiákat bemutató cégek mellett helyet kaptak a nemzetközi és nemzeti roncsolásmentes vizsgálati szövetségek, köztük a MAROVISZ is. Jelen cikkben a szerzők megkísérik azt, hogy áttekintést adjanak a konferenciáról. Tekintettel az előadások igen nagy számára és a párhuzamosan zajló szekciókra, azt a módszert választottuk, hogy a konferencia általános értékelését követően néhány önkényesen kiválasztott témakörrel foglalkozunk részletesebben.

A konferencia témaköreinek áttekintése

Az 1. táblázat mutatja be a szervezők által a 9. ECNDT-n kialakított szekciókat és a szekciókhoz tartozó, a kiadványban [2] szereplő, publikációk számát. A publikációk számába beleszámítottuk a szóbeli és poszter előadásokat, függetlenül attól, hogy szerzője a konferencián előadta-e azt vagy sem. A táblázatban a szekciókat a publikációk számának függvényében növekvő sorrendbe állítottuk.

1. táblázat. A 9. ECNDT előadásainak száma témánként

Table 1: Number of lectures by thematic of 9th ECNDT

Témák	Előadások száma
Anyagjellemzés	57
Ultrahangos vizsgálat	55
Modellezés és jelfeldolgozás	52
Repülőipar	52
Mágneses, elektromágneses vizsgálatok	39
Számítógépes tomográfia (CT)	33
Csővezetékek vizsgálata	28
Művészet és építészet	28
Erőművek - nukleáris	27
Digitális radiológia/radiográfia	24
Közbiztonság	24
Infravörös és optikai vizsgálatok	21
Átalakítók és érzékelők	20
Minősítés, jóváhagyás, rendszerek megbízhatósága	18
Vasút	18
Akusztikus emisszió	17
Fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat	16
Autóipari vizsgálatok	15
Fémek vizsgálata	15
Igazolás, minősítés, oktatás	15
Polimerek és kompozitok vizsgálata	15
Terahertz	14
Erőművek - fosszilis	13
Nem lineáris vizsgálatok	12
Élettartam kezelés	11
Folyamat ellenőrzés	10
Vegyipar és olajipar	10
Sugárvédelem	9
Szabványosítás	8
Ultrahang rétegelt és anizotropikus anyagokban	8
Mérés	5
Radiográfia	5
Festékdifúziós vizsgálat	4
Rezgésanalízis	4
Szivárgás vizsgálat	4
Összesen:	706

¹ Gépipari Tudományos Egyesület

² MAROVISZ

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

Megállapítható, hogy elhanyagolható különbségekkel az anyagi jellemzés (57), az ultrahangos vizsgálat (55), a modellezés (52) és a repülőipari alkalmazások (52) témájú szekciók állnak az élen. Ha azonban az ultrahangos vizsgálathoz hozzászámítjuk a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálatok szekció 16, valamint az ultrahang rétegelt és anizotrop anyagokban szekció 8 előadását, kiderül, hogy az összes ultrahangos témák száma (79), így az ultrahangos vizsgálat ezen a konferencián is vezet a többi vizsgáló eljárás előtt.

Meglepetést kelthet, hogy a számítógépes modellezésről és jelfeldolgozásról szóló előadások milyen nagy számban szerepelnek. A sok előadás szá-

mának (52) magyarázata nemcsak a számítástechnika gyors fejlődésében kereshető, hanem a módszerrel elérhető költségmegtakarításban is. Figyelemre méltó a mágneses, elektromágneses vizsgálatokról szóló előadások viszonylag nagy száma (39) is. Észre kell azonban venni, hogy az örvényáramos vizsgálatok hiányoznak a felsorolásból, ugyanis a szervezők az elektromágneses vizsgálatok csoportjába sorolták őket. A számítógépes tomográfia, az orvosi gyakorlatból is ismert rövidítéssel a CT (*Computer Tomography*) vizsgálat, ezen a konferencián szerepelt először külön szekcióban, nagy sikerrel (33 előadás). Megjósolható, hogy a digitális radiológia és radiográfia a CT vizsgálatokkal együtt nagy fejlődést fog mutatni az elkövetkező években.

A témakörök fejlődése a korábbi európai konferenciák tükrében

A roncsolásmentes vizsgálat szakmán belüli változások trendjét jól jellemzi a négyévenként megrendezésre kerülő ECNDT-n megjelenő előadások különféle szempontok szerinti megoszlása. Az utolsó négy konferencia adatait a 2. táblázat foglalja össze. Összehasonlítva az előadások vizsgálati eljárások szerinti megoszlását, érdekes tendenciákat tapasztalhatunk. Legfeltűnőbb, hogy az ultrahangos vizsgálatokkal foglalkozó előadások számának növekedése megállt, de – ahogy korábban említettük – még így is ez vezet az eljárások között. Az ultrahangos vizsgálatok vezető szerepe mellett gyors fejlődést mutat a számítógépes modellezés és jelfeldolgozás. Ha az e témában elhangzott előadások számához hozzáadjuk a csak legutolsó konferencián szereplő tomográfia, valamint a digitális radiológia/radiográfia számait, akkor egy tekintélyes szám (109) mutatja a számítógépes módszerek térhódítását.

Mint már említettük, az elektromágneses vizsgálatok számának gyors növekedését magyarázza az örvényáramos vizsgálatról szóló előadások ebbe a szekcióba történő sorolása, de még így is feltűnő e téma jelentős redukálódása. Ugyancsak jelentősen csökkent az elmúlt konferenciákon a radiológiai vizsgálatok és a felületi vizsgálatok elő-

2. táblázat. Az előadások vizsgálati eljárások szerinti megoszlása az utolsó négy ECNDT-n

Table 2: Distribution of the lectures by thematic in mirror of last four ECNDT

Vizsgálati módszer	9. ECNDT 2006	8. ECNDT 2002	7. ECNDT 1998	6. ECNDT 1994
Ultrahangos vizsgálat	79	136	105	102
Modellezés	52	37	30	-
Elektromágneses vizsgálat	39	5	5	9
Egyéb vizsgálatok	35	21	57	40
Számítógépes tomográfia (CT)	33	-	-	-
Digitális radiológia/radiográfia	24	-	-	-
Termográfiai vizsgálat	21	10	11	-
Megbízhatóság	18	10	23	4
Akusztikus emissziós vizsgálat	17	26	13	20
Oktatás, minősítés	15	26	17	8
Szabványosítás	8	-	6	5
Radiológiai vizsgálat	5	44	65	49
Felületi vizsgálatok	4	11	21	8
Tömörégi vizsgálatok	4	7	6	-
Örvényáramos vizsgálat	-	87	40	23
Holográfiai vizsgálatok	-	-	5	3
Összesen:	354	420	404	271

adásainak száma, amit azonban ellensúlyoz a számítógépes alkalmazások jelentős mennyisége

Ha a 2. táblázatban a 2006-ban rendezett ECNDT összes előadásainak számát összehasonlítjuk az előző kongresszusok előadásainak számával, kiderül, hogy a felsorolt vizsgálati eljárásokról kevesebb előadás hangzott el, mint 2002-ben és 1998-ban. A magyarázatot a 3. táblázat első számoszlópa tartalmazza: a vizsgálatokhoz köthető előadások száma (354)

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

éppen csak meghaladja az alkalmazási példákat elemző előadások számát (352). Tehát a 9. ECNDT-n elhangzott előadások közel fele olyan témákról szólt, amelyekben a konkrét vizsgálati feladat megoldását speciális berendezés, vagy több vizsgálati eljárás egyidejű alkalmazása tette lehetővé.

Ha újra elővesszük a barcelonai, 8. ECNDT kiadványát tartalmazó CD-t, és az alkalmazások szerinti keresést végzünk rajta, akkor a 3. táblázat jobboldali oszlopában látható adatokat kapjuk. A táblázatban, az „Alkalmazások” oszlopában szereplő „/” jellel elválasztott elnevezések az azonos témáknak a két konferencián alkalmazott különböző megnevezéseit mutatják. (Sajnos az előző kiadványok még papíralapúak, így ilyen keresést nehéz lett volna bennük végezni.)

Érdekes megfigyelni, hogy majdnem minden alkalmazási területenkénti előadások száma növekedett Berlinben, Barcelonához képest. Kivétel az anyagjellemzésről, a nukleáris erőmű-

3. táblázat. A 8. és a 9. ECNDT alkalmazásokra vonatkozó előadásainak összevetése

Table 3: Comparing the lectures concerned to the applications of 8th and 9th ECNDT

Alkalmazások	Előadások száma 2006 -ben	Előadások száma 2002 -ben
Anyagjellemzés	57	79
Repülőipar	52	49
Csővezetékek vizsgálata	28	27
Művészet és építészet	28	11
Erőművek - nukleáris	27	34
Közbiztonság / Aknakeresés	24	14
Átalakítók és érzékelők	20	-
Vasúti alkalmazások	18	13
Autóipari vizsgálatok	15	9
Fémek vizsgálata / Acélipar	15	11
Polimerek és kompozitok / Nemfémes anyagok	15	8
Erőművek - fosszilis	13	7
Élettartam kezelés	11	-
Folyamat ellenőrzés	10	-
Vegyipar és olajipar	10	37
Sugárvédelem	9	-
Építőmérnöki alkalmazások	-	10
Nyomástartó edények	-	4
Összesen:	352	313

vek vizsgálatáról és a vegyipari alkalmazásokról szóló témák. Több elmélet is felállítható a növekedésekre és csökkenésekre, de véleményünk szerint nem lenne szerencsés két adatból tendenciára következtetni. Ennek ellenére minden olvasónak ajánljuk a számok feletti rövidebb-hosszabb elgondolkodást.

Vizsgálati eljárások

A vizsgálati eljárások közül részletesebb bemutatásra az ultrahangos vizsgálat területén gyors ütemben fejlődő fázisvezérelt ultrahangos vizsgálatokat választottuk ki. Ezt követően, ebben a fejezetben foglalkozunk a vizsgáló személyzet képzésével és tanúsításával.

Fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat

Az információs technológia fejlődése tette lehetővé a hagyományos (mono-kristályos) 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 egyik részét adja vissza, nevezetesen a hangnyaláb dinamikusan vezérlését. A technika másik sajátossága az, hogy a hagyományos mono-kristályt több önálló rezgő (multi-kristály) helyettesíti (*array*), amelyek mindegyike által kibocsátott hangnyalábot önállóan vezérlik. A fókusz távolság, a fókuszált nyaláb átmérője és szöge dinamikusan vezérlése egyrészt a jel/zaj viszony javításával fokozza a vizsgálat érzé-

kenységét, másrészt a hagyományos hangnyaláb szempontjából kedvezőtlen irányítottaságú folytonossági hiányok (repedések) kimutatásával növeli a kimutatás valószínűségét.

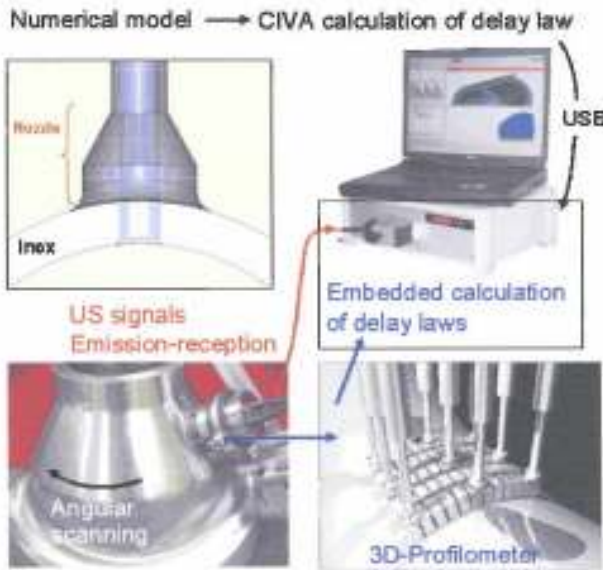
A fázisvezérelt vizsgálat egyre jobban terjed a komplex geometriájú darabok vizsgálata területén. Az erre bemutatott példák közül egy francia szerzőkollégia előadását ismertetjük [3]. A Francia Atomenergia Bizottság és a Francia Villamos Művek szakemberei egy speciális vizsgálófejet fejlesztettek ki, amelyben a 8x8 piezoelektromos rezgő elemet egy gyantaalapú rugalmas mátrixba ágyazták be, és így egy 27x31 mm² effektív apertúrát kaptak. A kristályelrendezést (*array*-t) hengerek szorítják a felülethez, ami így három dimenzióban (3-D) követi a felület geometriájának a változásait, és a beépített elmozdulás érzékelők segítségével egyben minden egyes rezgőtest pillanatnyi helyzete is ismertté válik (1. ábra).

A 64 rezgőtest egy 128 csatornás ultrahangos adatgyűjtő berendezéshez csatlakozik, ami mind az ultrahangos jeleket, mind az elmozdulás mérés jeleit összegyűjti. Az adatfeldolgozó szoftver számítja ki a

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing

hiány helyét és méretét, figyelembe véve a fókusztávolságokat, valamint a felület geometriáját.



1. ábra. 3-D, flexibilis, 8x8 elemből álló array, és a MultiX 128 csatornás ultrahangos adatgyűjtő berendezés

Fig. 1: The 3-D, flexibility, 8x8 piezo element array and the MultiX ultrasonic data collector with 128 channel

A 64 rezgőtest egy 128 csatornás ultrahangos adatgyűjtő berendezéshez csatlakozik, ami mind az ultrahangos jeleket, mind az elmozdulás mérés jeleit összegyűjti. Az adatfeldolgozó szoftver számítja ki a hiány helyét és méretét, figyelembe véve a fókusztávolságokat, valamint a felület geometriáját.

A CIVA szimulációs szoftver segítségével elvégezték a vizsgálófej teljesítőképességének az ellenőrzését, amihez mesterséges reflektorokat (hornyokat és keresztirányú hengeres furatokat, KHF) használtak fel. A 2. ábra egy 2 mm átmérőjű KHF vizsgálatát mutatja, a szkennelést a kerülettel 20°-os szöveget bezáróan végezték. Az (a) ábrán a nyers B-kép látható, míg a (b) ábrából megbecsülhető a jelmaximum tájékán a kb. 20 dB jel/zaj viszony. A (c) ábra a reflektornak a CIVA szoftverrel rekonstruált képét mutatja.

Vizsgáló személyzet képzése, tanúsítása

A konferencián a személyzet képzés és tanúsítás témakörében elhangzott előadások közül kiemelkedik egy átfogó áttekintés a témakörrel [4]. A cikk részletezi azt a hat nemzetközi szabványt, amelyeket széles körben alkalmaznak a roncsolásmentes vizsgáló személyzet képzésére és tanúsítására (ISO 9712, EN 473, ISO 11484:1994, ISO 20807:2003, EN 4179:2005). Fontos információ, hogy folyamatban van az EN 473 szabvány felülvizsgálata és átdolgozása, amelyet az Európai Szabványosítási Bizottság 138. sz. Műszaki Bizottsága (CEN/TC 138) vállalt magára. A munka arra irányul, hogy hogyan lehet adaptálni az ISO szabványt a Bécsi Egyezményben vállalt kötelezettség szerint. Egyébként az Amerikai Gépészmérnökök Egyesülete (The American Society of Mechanical Engineers, ASME) teljesen, változtatás nélkül átvette az ISO 9712 szabványt.

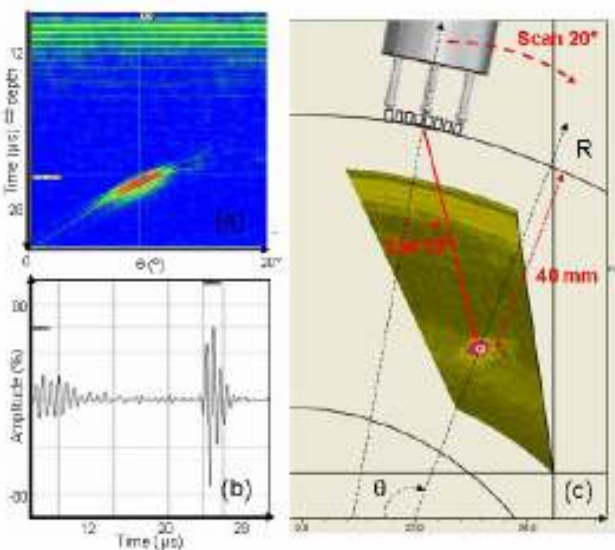
Figyelemre méltó, hogy kiadás előtt áll két új szabvány. A CEN ISO/TR 25108:2006 (Guidelines for NDT Personnel Training Organisation) a képző szervezetekre, és a CEN ISO/TR 25107:2007 (Guidelines for NDT Training Syllabuses), amely valamennyi eljárás minden szintjének a tantervére vonatkozik.

A kiképzett személyzet számát tekintve előkelő helyet foglalunk el. A 4. táblázat összehasonlítást tartalmaz néhány ország helyzetéről.

4. táblázat. A tanúsított személyek és tanúsítványok száma országonként (2005. I. negyedév)

Table 4: Number of the certified persons and the certificates (1st quarter of 2005)

Ország	Tanúsító szerv	Tanúsított személy, fő	Tanúsítvány szám, db
Csehország	APC	959	2150
Dánia	FDC	750	5000
Hollandia	SKO	1351	5202
Horvátország	CrSNDT	618	4952
Magyarország	MHtE	3319	5263
Spanyolország	CERTAEND	2049	4880
Egyesült Királyság	BINDT	7733	50000
Ukrajna	UKREXPRT	971	5117



2. ábra. KHF = 2 mm detektálása és szimulációja
Fig. 2 Delectation and simulation of an artificial defect

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

A képzési irányokra vonatkozóan jól érzékelhető tendencia, hogy a fejlett ipari országokban, mint az Egyesült Királyság és Németország, egyre inkább fókuszálnak az új vizsgálati eljárásokra, amelyek közül a futásidő-szóródásos (*Time-of-Flight-Diffraction, TOFD*) és a fázisvezérelt módszer, valamint az ipari digitális radiográfia emelhető ki [5, 6].

A *DGZfP* bevezette a széles körű anyagvizsgálati tudást biztosító átfogó képzéseket, amelyek eredményeként roncsolásmentes vizsgáló technológus (*NDT Technologist*) vagy reoncsolásmentes vizsgáló mester (*NDT Master*) fokozatok érhetők el [7].

Alkalmazások

Az alkalmazási példák közül egy hagyományos és egy feltörekvő területet veszünk részletesebb vizsgálat alá.

Erőművi vizsgálatok

Mind a nukleáris, mind a fosszilis erőművekben érzékelhető az üzemeltetés időszakában végzett roncsolásmentes vizsgálatok jelentőségének a növekedése. Ez az erőművek szisztematikus élettartam gazdálkodási tevékenységének a térnyerésével, a berendezések öregedéskezelésének a bevezetésével, az üzemidő hosszabbítással, tehát az üzemelő erőművek szerepének a felértékelődésével magyarázható. Mindezek mögött természetesen a biztonság és a gazdaságosság céljainak integrálódása és egy határon átnyúló gazdasági verseny kényszerítő követelményei húzódnak meg.

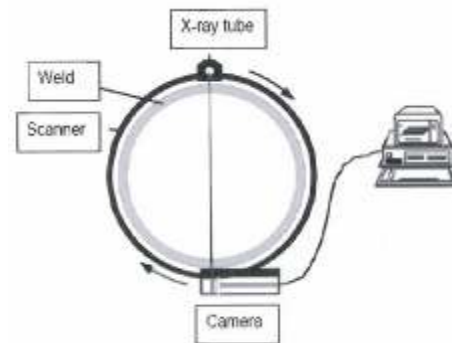
Mélyreható fejlődés zajlott és zajlik világszerte a roncsolásmentes vizsgálatok hatékonyságának és megbízhatóságának a terén. Míg korábban a részletes előírások, szabványok képezték a vizsgálatok alapját, mára egyre elterjedtebbé válik az erőművi alkalmazásoknál a vizsgáló rendszerek (a vizsgáló berendezés, eljárás és a személyzet) teljesítőképességének az igazolása, azaz a vizsgálatminősítés. Nagy hangsúlyt helyeznek a roncsolásmentes vizsgálati eljárások optimalizálására. Kiemelhető az ausztenites szerkezetű vagy az átmeneti (ferrit-ausztenites) hegesztett kötések ultrahangos vizsgálata. Az optimalizálás célját és eredményét – számszerűsítve – a folytonossági hiány detektálásának a valószínűségével, valamint a hiány (pl. repedés) mérete meghatározásának a pontosságával fejezik ki. A károsodások irányából nézve, a vizsgálati technológiák optimalizálásának célja az üzemi igénybevétel hatására létrejövő károsodási (öregedési) hatások detektálása és egymástól való megkülönböztetése. Erre példa a fáradásos repedés és a feszültséghorróziós repedés megkülönböztetése hőcserélő csövek örvényáramos vizsgálati eredményének az értékelése során. A gazdaságosság szempontjai (állásidők rövidítése) a vizsgálatok megbízhatósága mellett igen gyakran a vizsgálá-

Non-destructive material testing

ti idők lerövidítését is igénylik, amit a vizsgáló egységek manipulátoros mozgatása, az adatgyűjtés sebességének a növelése útján érnek el.

A technológia optimalizálás ideális eszköze a vizsgálat-szimuláció, ami mára például ultrahangos vizsgálatoknál a hangnyaláb viselkedése tanulmányozásának egyik legáltalánosabb módjává vált. Interaktív háromdimenziós grafikus szimulációval lehetővé válik a vizsgálati technológia megtervezése és optimalizálása még bonyolult geometria és nehezen vizsgálható anyag esetén is. A legkorszerűbb szimulációs modellek figyelembe veszik a vizsgálandó berendezés felületi érdességét, az egyes reflektorok geometriáját és reflexiós viszonyait (lásd a 2. ábra példáját is).

Csővezeték körvarratainak üzemeltetés közben végzett vizsgálatára egy új rendszert fejlesztettek ki Németországban: a számítógéppel támogatott, mechanikus mozgatású, digitális radiográfiai vizsgálatot (*TomoCAR, Tomographic Computer Aided Radiometry*) [8]. A 3. ábra a vizsgálat elvét mutatja be.

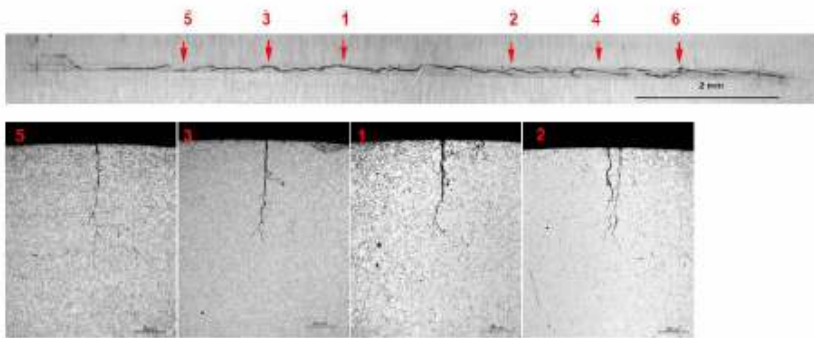


3. ábra. A gépesített radiográfiai rendszer vázlatja
Fig. 3: Mechanized radiographic system (scheme)

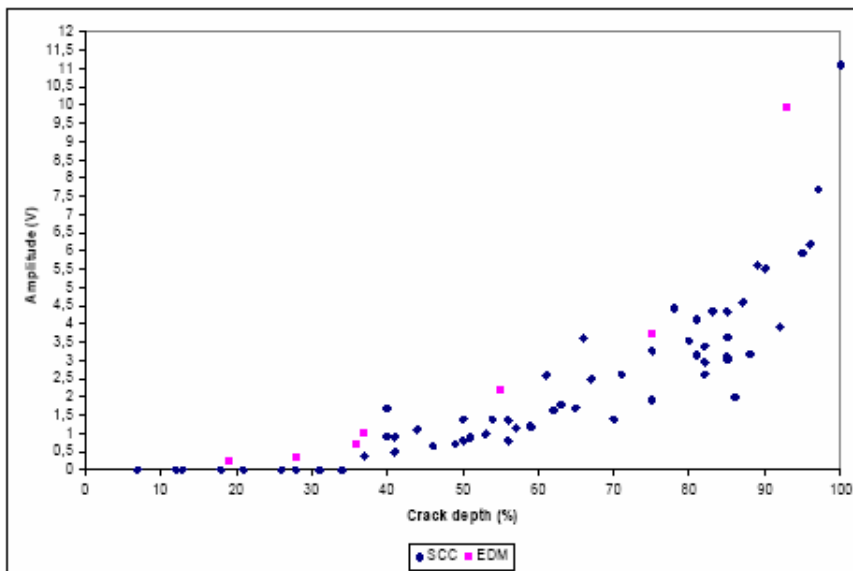
A röntgensövet (240 kV, 600 W) és a 180°-kal eltolt helyzetű lineáris, digitális radiográfiai kamerát manipulátor mozgatja szinkronban a hegesztési varrat felett. Mivel radiográfiai vizsgálatnál a síkszerű folytonossági hiányok (pl. repedések) kimutathatósága a sugárzás iránya és a hiány síkja egymáshoz viszonyított helyzetétől függ, és akkor optimális, amikor a sugárzás párhuzamos a repedés (vagy annak meghatározó része) síkjával, ezért szkenneléskor változtatható kell legyen a röntgensugár iránya, azaz a besugárzás szöge. Ez egyrészt növeli a detektálás valószínűségét, másrészt megteremti az alapját a síkbeli tomográfia alkalmazásának. Ez utóbbi céljából a röntgensövet folyamatosan mozgatják a vizsgált cső tengelyének irányában, miközben a detektor tengelyéhez képest $\pm 45^\circ$ -ban is elmozdítják, és így több száz felvételt készítenek egy adott pozícióban. Ebből a varrat keresztmetszetének két-, illetve háromdimenziós képe kialakítható és a folytonossági hiányok mérete, orientációja értékelhető. A vizsgáló rendszert sikeresen minősítették az európai minősítési irányelvek szerint.

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing



4. ábra. Valósághű feszültségkorróziós repedések (SCC)
Fig. 4: The real stress corrosion cracks



5. ábra. A jelamplitúdó és a repedés mélység összefüggése
(vizsgáló frekvencia: 100 kHz)
Fig. 5: The eddy current signal amplitude vs. crack depth
(test frequency: 100 kHz)

A közbiztonsággal kapcsolatos vizsgálatok

A roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazásának egyik célja a folytonossági hiányok kimutatása. Ennek az alkalmazásnak is van közbiztonsági következménye, mert csökkenti a lehetséges balesetek számát, amelyek veszélyeztetik az emberi életet és a természeti környezetet. Vannak azonban kifejezetten közbiztonsági alkalmazásra kifejlesztett roncsolásmentes vizsgálóberendezések. Ilyenek például a repülőtereken alkalmazott csomagátvilágító készülékek, de roncsolásmentes vizsgálati eljárásokat alkalmaznak taposóaknák keresésére, fel nem robbant szerkezetek felkutatására, rögtönzött robbanószerkezetek megtalálására és speciálisan tömegpusztító fegyverek (vegyszeri, biológiai és radioaktív) kimutatására is. A terrorizmus elleni harcban gyakran csak korlátozottan al-

Hőcserélők (pl. nyomottvizes atomerőművek gőzfejlesztői) *hőátadó csöveinek örvényáramos vizsgálatához* általában *bobbin vizsgálati szondákat* alkalmaznak. A vizsgálati eredmények megbízhatóságát alapvetően befolyásolja a vizsgálati szonda érzékenysége. Ezzel kapcsolatos megalapozó kísérleti vizsgálatok eredményeiről számol be Krajčovič és Plášek előadása [9]. A 16 mm külső átmérőjű és 1,4 mm falvastagságú, 08H18N10T (AISI 321) jelű króm-nikkel ötvöztetű, titánnal stabilizált korrózióálló acél csövek mértékadó károsodása a hűtővíz oldalról induló feszültségkorrózió. A kísérletekhez valószínűleg feszültségkorróziós repedéseket (*Stress Corrosion Cracking, SCC*) állítottak elő laboratóriumi körülmények között; a metallográfiai vizsgálat eredményét a 4. ábra mutatja.

Az érzékenység vizsgálatot az üzemi használatra jellemző, 0,78 kitöltési tényezőjű szondával és beállításokkal végezték el. Az eredményeket az 5. ábra foglalja össze. Az ábrából látható, hogy az adott vizsgálati rendszer alkalmas a feszültségkorróziós repedések detektálására. A falvastagság 40 %-át meghaladó mélységű axiális repedések kimutatása igen jó, de ez alatt az érték alatt a detektálás megbízhatósága rohamosan csökken. Gyakorlatilag a falvastagság 37%-ánál kisebb méretű repedéseket nem lehetett detektálni.

kalmazható eszköze valamelyik roncsolásmentes vizsgálati eljárás, amely megbízhatósága elmarad a várakozásoktól, de egyedül alkalmazható módszer marad.

Prof. Vjera Kristelj, a Horvát Roncsolásmentes Vizsgálati Egyesület elnöke, előadásában [10] áttekinthette az alkalmazható és fejlesztésre váró eljárásokat. Elmondta, hogy egy-két évtizede új területeken is alkalmazható a roncsolásmentes módszereket, ahol nélkülözhetetlenek és nincs más alternatíva: környezetvédelem valamint az emberi élet védelme a nemzetközi terrorizmus ellen. Ez utóbbi az ő hazáját is érinti, mivel a legutóbbi háború óta sok akna és fel nem robbant szerkezet van szerte Horvátországban.

A taposóaknák és egyéb harctéri szennyezések az ENSZ jelentése szerint 90 országot érintenek a

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

világon. Becslések szerint 80 millió telepített aknát hagytak szerteszét a harcoló felek. Ha ezeket abban az ütemben szednék fel, mint eddig, és közben nem telepítenének újakat, hozzávetőlegesen ezer év múlva végeznének a munkával. Az ENSZ célkitűzésében az szerepel, hogy 10–15 éven belül el kell érni az akna-mentes világot. Ehhez a becslések szerint 30 milliárd dollár és új technológiai fejlesztések szükségesek.

A leginkább számításba vehető technológiák a következők: akusztikus módszerek, elektromágneses és indukciós vizsgálatok, rezgésanalízis, infravörös képalkotó technikák, nukleáris módszerek, a radar felhasználása. Az ismert alapelvű roncsolásmentes módszerek alkalmazása valamilyen biztonsági célra komplex fejlesztő munkát igényelnek. Általában egy módszer egyedül nem is alkalmas a szabványok által megkövetelt felderítési megbízhatóság elérésére, ezért a különböző módszerek kombinálására van szükség.

Példaképpen nézzük a rostocki egyetem négy kutatójának beszámolóját [11] az *örvényáramos* vizsgálati módszeren alapuló *kézi aknakeresők* fejlesztéséről. A projektben 11 német egyetem és a *Fraunhofer Institute* vesz részt (6. ábra).

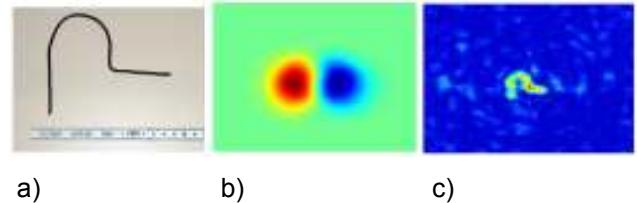


6. ábra. Különböző fémkereső készülékek
Fig. 6: Different metal seeker equipments

Az ábrán látható hordozható készülékek örvényáramos módszerrel érzékelik a talajban lévő fémet, és az érzékelést hangjelzéssé alakítják. Egy képzett aknakereső személy ezzel pontosan meg tudja határozni a fém helyét két dimenzióban, de a fajtáját, alakját, méretét, elhelyezkedésének mélységét nem tudja becsülni sem. Mivel egy elhagyott harctéren rengeteg fémhulladék marad, a fém aknakeresők nagyon megbízhatatlan eredményt adnak, nagy a hibás riasztási viszonyuk. A kutatók ezért kidolgoztak egy képernyős

Non-destructive material testing

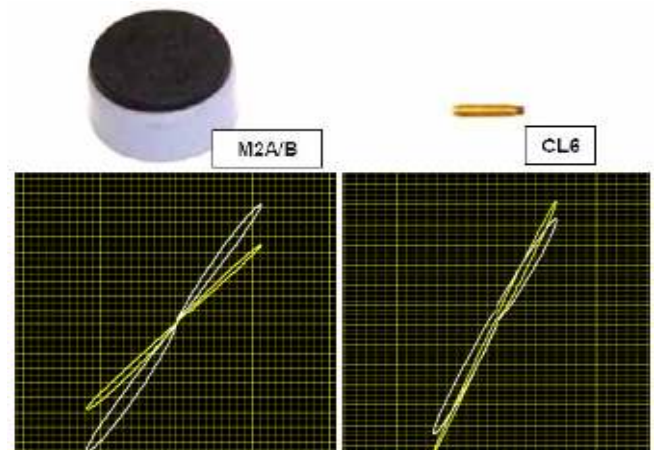
megjelenítési módszert, amit kiegészítettek egy adatbázison alapuló kiértékeléssel. Ennek eredménye a képfeldolgozás. Példaként a 7. ábrán egy hajlított huzalról érkező jelek és azokból rekonstruált huzalkép látható.



7. ábra. Hajlított huzal (a) nyers jelei (b) és rekonstruált képe (c)

Fig. 7: The signals (b) of a blended wire (a) and its reconstructed picture (c)

Az aknák kimutatásához, és a többi fémtől való megkülönböztetéshez szükség van egy olyan adatbázisra, mely felismeri az akna típusát a vizsgált talajban. Ezt a mérést a helyszínen elvégezve a 8. ábrán bemutatott eredménnyel lehet csökkenteni a téves riasztások arányát.

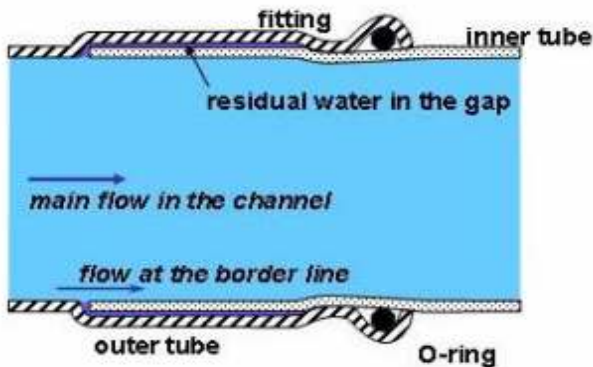


8. ábra. Akna megkülönböztetése töltényhüvelytől
Fig. 8: Distinction between a mine and a cartridge-case

A témakörrel foglalkozó szekció előadásainak nagyobb része az akna-mentesítés problémájával foglalkozott, ezért üdítő kivétel volt egy svájci szerzőcsapat beszámolója az *ivóvíz-vezeték csövek illesztéseinek neutronsugaras vizsgálatáról* [12]. A 9. ábrán látható a probléma. Az egymásba illesztett csövek között rés marad, amibe a víz bejut, és bennmarad. Az így kialakuló pangó vízben elszaporodnak a baktériumok, ami fertőzi az ivóvíz rendszert. Meg kell tehát keresni azt a konstrukciót, ahol a víz cserélődik a résben. A neutronsugaras módszerrel jól vizsgálható volt az acélcsőben áramló és a résben maradó víz, még akkor is, ha a rés 0,1 mm volt. A 10. ábrán látható a vízzel töltött rés.

Roncsolásmentes anyagvizsgálat

Non-destructive material testing



9. ábra. Vízcső illesztése és pangó víz kialakulása
Fig. 9: Forming of the residual water inside a water pipe line's fitting



10. ábra. A vízzel feltöltött csőcsatlakozás
neutronsugaras képe

Fig. 10: Neutron-radiogram of the residual water formed by fig. 9

A konstrukció vizsgálatához szükség volt a résben keveredő friss és pangó víz figyelésére is. Ezt a feladatot nehézvíz (D_2O) adagolásával lehetett megoldani, mert ennek elnyelési tényezője egy nagyságrenddel kisebb, mint a vízé. Így sikerült a konstrukció vizsgálata, melynek eredményéről, a szükséges rés nagyságáról, nem számoltak be a szerzők.

Összefoglalás

A 9. ECNDT a roncsolásmentes vizsgálatok jelenlegi helyzetének és fejlődési irányainak a keresztmetszetét nemcsak Európában, hanem az egész világra kiterjedően bemutatta. A konferencia iránti hatalmas érdeklődés, a rendkívül magas műszaki színvonalat felmutató program, egyértelműen a roncsolásmentes vizsgálatok fontosságát, és e fontosság egyre tudatosabbá válását tükrözte. A konferencia szekcióinak széles spektruma azt erősítette meg, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok jelenléte az élet szinte min-

den területen állandóan észlelhető. Nem kétséges, hogy mindezt egy természetes emberi igény, a biztonság iránti igény alakította ki és fogja alakítani a továbbiakban is. A biztonság említései együttesen kell gondolni az emberi élet, a természetes és az épített környezet biztonságára.

Végezetül meg kell jegyeznünk, hogy a hazai roncsolásmentes vizsgáló szakmának a 9. ECNDT-n való részvétele szinte észrevétlen volt. Abban az esetben, ha a hazai szakma képviselői tartósan távol maradnak ilyen és hasonló rendezvényektől, akkor a technológiai lemaradásunk behozhatatlanná vélik. Bízunk abban, hogy ez nem a hazai szakemberek általános érdektelensége vagy a műszaki fejlődés figyelemmel kísérése igényének a hiánya következtében alakult így. A jelenség azonban el kell, hogy gondolkoztassa mindazokat, akik elkötelezettek a roncsolásmentes vizsgálatok iránt, de általánosságban a vizsgálatok tervezésében, végzésében és értékelésében résztvevőket, a vizsgálati igényeket megfogalmazókat, és a vizsgálati eredményeket felhasználókat.

Hivatkozások

- [1] Somogyi Gy.: 9th ECNDT, Berlin, 2006, 1. rész. Anyagvizsgálók Lapja, 2006/4. p.154-155.
- [2] 9th European Conference on NDT, September 25-29, 2006, DGZfP Proceedings BB 103-CD
- [3] Casula, O., Poidevin, C., Abittan, E.: PipING Inspection using A Smart Flexible Phased Array, We.1.2.3, in: [2]
- [4] Thompson, J.: Global Review of Qualification and Certification of Personnel for NDT & Condition Monitoring, Th.3.6.1, in [2]
- [5] Lavender, S.: Training and Certification Programmes for Advanced NDT Method, We.3.4.3, in [2]
- [6] Kursusprogramm 2007, DGZfP Ausbildung und Training GmbH.
- [7] Wessel, H.: New Education Courses of DGZfP (1) NDT Technologist and (2) Materials Tester, Th.3.6.2, in [2]
- [8] Redmer B., Ewert, U., Neundorf, B., Jakob, M.: Tomographic 3D-Radiometry for the Visualisation and measurement of the Defects of Girths Seams, We.3.2.3, in: [2].
- [9] Krajčovič, R., Plášek, J.: Eddy Current Inspection of WWER Steam Generator Tubes – Sensitivity of Bobbin Probes Technique, Th.3.1.4, in [2].
- [10] Krstelj, V.: Public security and safety technology, Tu.3.4.1, in: [2]
- [11] Krüger, H., Bergeler, S., Ewald, H., Fechner, T.: New signal processing for metal detectors in the humanitarian mine clearance, Tu.4.5.4, in: [2]
- [12] Frei, G., Lehmann, E., Glauser, D., Widler, R., Materna, H.: The inspection of tube fitting systems in use for drinking water supply by means of neutron imaging methods, Tu.4.5.3, in: [2]