

Beszámoló a 10. jubileumi Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Konferenciáról (ECNDT),
Moszkva, 2010. június 7–11.

An account of 10th European Conference on NDT (Moscow, 7-11.06.2010)

BALASKÓ MÁRTON, TRAMPUS PÉTER

Kulcsszavak: roncsolásmentes, anyagvizsgálat, konferencia, kiállítás

Keywords: non-destructive, material testing, conference, exhibition

BEVEZETÉS

Az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (EFNDT) négy évenként megrendezésre kerülő konferencia sorozatának tizedik, jubileumi konferenciáját az Orosz Roncsolásmentes Vizsgálati és Műszaki Diagnosztikai Szövetség rendezte Moszkvában, a nemzetközi Kiállítási Központban 2010. júniusában. A nagyszabású rendezvényen 65 ország 1230 képviselője vett részt, ami az országok számát illetően rekord. Hazánkat két fő képviselte. A konferenciával együtt megrendezett kiállításon, 6500 m² alapterületen 16 ország 190 cége mutatkozott be termékeivel. Ezek mellett 32 nemzeti roncsolásmentes vizsgálati szövetség élt a rendezők által felkínált lehetőséggel és nyitott önálló információs pultot, amelyek között ott volt a MAROVISZ standja is (1. ábra). Megfelelő mennyiségű, tartalmas szórólappal hívtuk fel a figyelmet a Magyarországon folyó munkára és annak színvonalára. A kiállítást – a már jelzett résztvevőkön túlmenően – több mint 5000 szakember látogatta meg elsősorban Oroszországból, de természetesen külföldről is. A kiállításon több mint 1000 vizsgáló készülék, illetve rendszer került bemutatásra a legváltozatosabb eljárások területéről.



1. ábra. Magyar információs pult a 10. ECNDT-én
Fig. 1. Hungarian desk on the 10th ECNDT

TUDOMÁNYOS PROGRAM

A konferencia tudományos programja igen széleskörű volt. A plenáris szekcióban meghívott előadók (köztük akadémikusok) tartottak átfogó előadásokat a legújabb roncsolásmentes vizsgálati eljárásokról, és az azokkal elért tudományos eredményekről (pl. nanodiagnosztika), valamint a műszaki diagnosztikának a nagyléptékű projektek kockázata csökkentésében játszott szerepéről. Az elfogadott, 703 tudományos előadás 5 fő csoportba, majd ezeken belül 25 szekcióba osztották be és bonyolították le. A fő csoportok a következők voltak¹:

1. Ember alkotta létesítmények vizsgálata (*Technogenic Diagnostics*);
2. Terror ellenes vizsgálatok (*Anti-terrorist Diagnostics*);
3. Természeti környezet vizsgálata (*Ecological Diagnostics*);
4. Maradék élettartam vizsgálata és egyéb roncsolásmentes technológiák (*Residual Resource Diagnostics and NDT Technologies*);
5. Szabványosítás, tanúsítás és metrológia (*Standardization, Certification and Metrology*).

Az első fő csoport volt a legnépesebb (lényegében a vizsgálati eljárások hagyományos csoportjait tartalmazta). Ennek keretében 14 szekcióban 14 különböző mérési technikával végzett mérési eredményeket ismertettek a szerzők 413 előadásban. Az előadások közül a legtöbbet az ultrahangos technika (91), a radiográfia (42), a computer tomográfia (33), a vibrációs analízis (30) és az akusztikus emisszió (26) mondhatott magáénak. A terror ellenes diagnosztika témakörével foglalkozó 2. csoportban (1 szekcióban) 21 előadás, a 3. csoportban (szintén 1 szekcióban) 23 előadás hangzott el. A 4. fő csoport négy szekciójában 94 előadást tartottak, amelyek a maradék élettartam értékelése mellett az anyagok tulajdonságainak roncsolásmentes jellemzésével, nanotechnológiákkal, mérési átalakítókkal és érzékelőkkel, valamint modellezéssel és jelfeldolgozással foglalkoztak. Ennek a csoportnak az egyik szekciójában került sor az egyetlen magyar előadásra (L. Tóth, P. Trampus: The Roots of In-service NDT Performance Requirements). 45 előadással képviseltette magát az 5. csoport,

Dr. Balaskó Márton, MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet,
Prof. Dr. Trampus Péter, Debreceni Egyetem

¹ Az újszerű csoportosítás elnevezéseit a konferencia hivatalos nyelvén is közöljük, mert némelyiket egyébként csak körülírni lehet.

amely a szabványosítás, a vizsgálatok elvégzésére való alkalmasság (oktatás, minősítés) és a mérési etalonok kérdéseivel foglalkozott. A konferencia CD-ROM formátumú kiadványa, amely valamennyi beküldött előadást, a kiállításon résztvevő cégek katalógusát, valamint egy az európai konferenciákra irányuló történeti visszatekintést tartalmaz, elérhető a MAROVISZ titkár-ságon.

SZÖVETSÉGI ÉLET

A konferencia ideje alatt a roncsolásmentes vizsgáló társadalom testületei is üléseztek. Mind a világszövetség (ICNDT) mind az európai szövetség (EFNDT) igazgatósági ülést és közgyűlést tartott, amelyeken Magyarországot Dr. Trampus Péter, a MAROVISZ elnöke képviselte. Ülést tartott a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémia (Academia NDT International), amelynek rendes tagjaként Dr. Balaskó Márton vett részt az éves közgyűlésén és tudományos ülésén. Az akadémia közgyűlése elfogadta a MAROVISZ meghívását, ami azt jelenti, hogy az akadémia 2011. évi tudományos ülészakát Egerben fogja tartani, beágyazva a VII. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás (VII. RAKK) programjába. Ezekén kívül fórumot tartott az EFNDT minősítés, tanúsítás és akkreditálás témában (különös tekintettel az EN 473 és az ISO 9712 harmonizálására), együttes ülést tartott az EFNDT és az Amerikai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (ASNT) vezetősége, továbbá az ISO135 műszaki bizottság.

BESZÁMOLÓ A RADIOLÓGIAI ÉS RADIOGRÁFIAI MÓDSZEREK SZEKCIÓ MUNKÁJÁRÓL

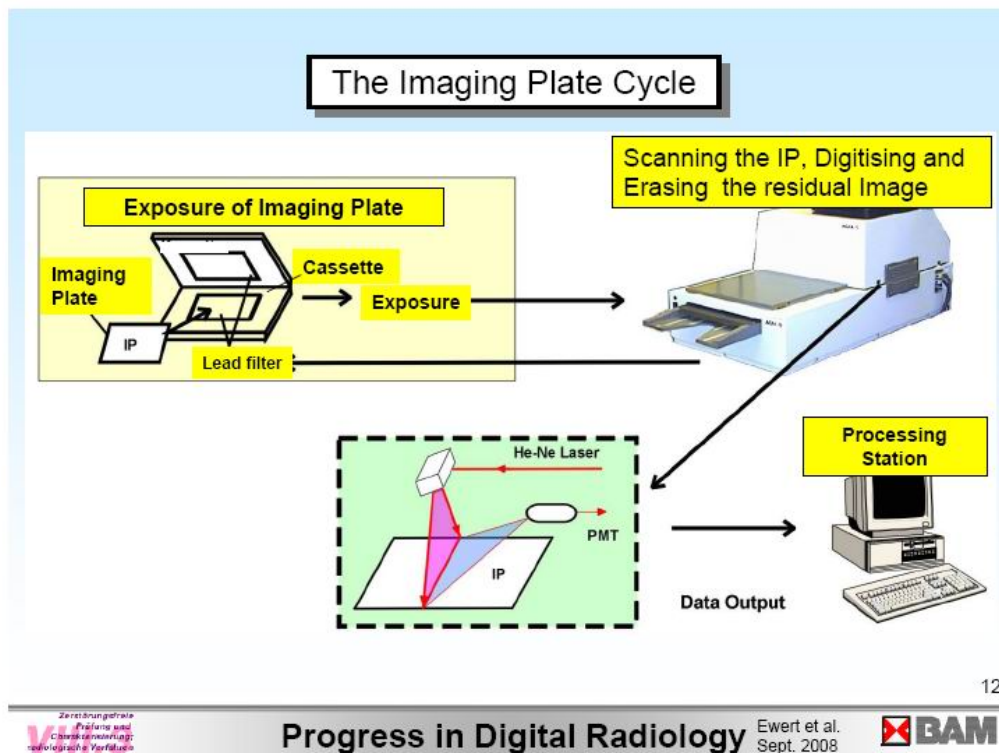
Egy cikk keretében szinte lehetetlen a teljes tudományos program áttekintése és bemutatása. Ezért azt választottuk, hogy két területet mutatunk be részletesen: az 1. fő csoport 4. szekcióját, azaz a radiológiai és radiográfiai módszereket, valamint a 9. szekcióját, azaz a computer tomográfiát. A 4. szekcióban 42 előadás hangzott el. Az előadók szinte kivétel nélkül a digitális radiológiai módszerek fejlesztési irányzatait mutatták be, illetve azok alkalmazásaira mutattak példát. Forrásként többnyire mikrofókuszos röntgen generátort [előadás jele a CD-n: 1.4.21], lineáris gyorsítót [1.4.13], betatron [1.4.35] vagy szinkrotron [1.4.24] használtak; három előadásban neutron sugarakkal dolgoztak [1.4.11], [1.4.30], [1.4.32]. Detektorként Imaging Plate-t

(IP) [1.4.7], nagy érzékenységű- és nagy felbontású CCD kamerát [1.4.13], valamint Flat Panel [1.4.4] egységet használtak.

Elsőként az IP technikát mutatták be részletesen, amely alkalmas a hagyományos röntgen film technika kiváltására. Ennek műveleti ciklusát szemlélteti a 2. ábra.

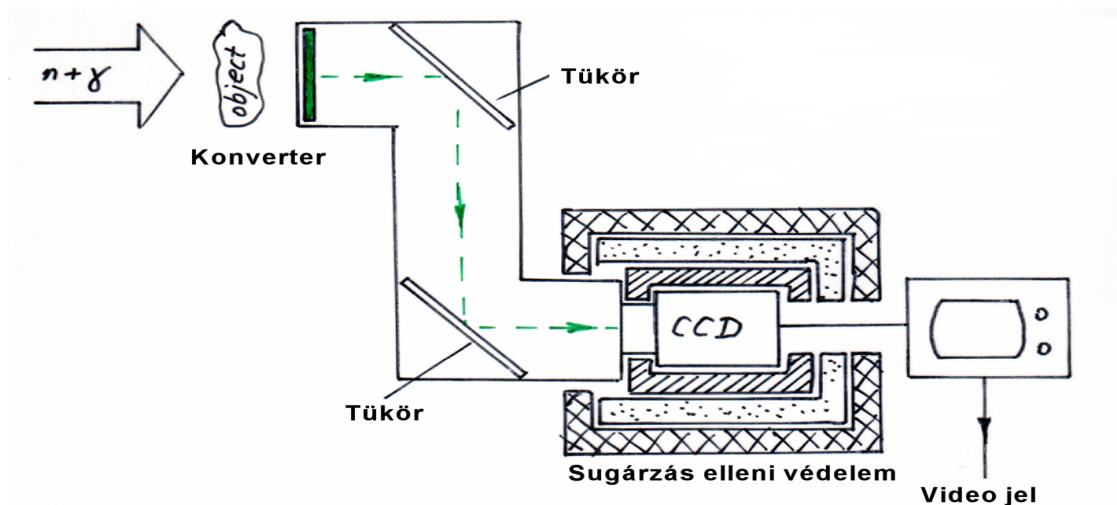
Az IP lemezt a vizsgálati tárgy mögé helyezik, amelynek radiográfiai árnyképe, elektromos töltés képként kerül megörökítésre egy speciális anyagokat tartalmazó érzékelő rétegre. A kép felvétel során célszerű a lemezt egy gyári expozíció kazettába helyezni, de egyéni kivitelezésű tartóban is lehetséges (így megoldható, hogy tetszőleges kombinációjú szűrőt alkalmazhassanak) a felvétel elkészítése. A sugárzás által megvilágított lemezt egy letapogató egységbe kell helyezni, ahol egy He-Ne lézer sugarával, egy galvanikus tükör segítségével pixelről-pixelre (pixel méret: $50 \times 50 \mu\text{m}^2$) kiolvasásra kerül a töltés kép. A felvillanó fény információkat egy speciális multiplier érzékeli; az így keletkező jelek megfelelő processzálása után, a vizsgálati tárgy radiográfiai képe, az egység monitorján jelenik meg. Lehetőség van a különböző képfeldolgozási eljárások alkalmazásával a radiográfiai kép optimalizálására, majd archiválására. A technika további előnye, hogy érzékenysége ~25-szöröse a filmes módszernek (rövidebb megvilágítási idő elegendő - kisebb a sugárterhelés), széles és lineáris a dinamika tartomány, közvetlenül kerül a digitális kép a letapogatóból a PC-be, integrális típusú detektor és az IP lemez kiolvasás után törölhető, legalább 1000-szer újra használható. Egy további járulékos előnye is van: nincs szükség sötétkamra technikára és nincs szükség vegyszeres kezelésre, ezáltal megakadályozhatjuk, hogy minél kevesebb szennyező, környezetkárosító anyag jöjjön létre és kerüljön ki a környezetbe. Kétségtelen, hogy magas szintű műszaki és környezeti feltételeket igényel a telepítése, és csak magas szintű képzésben részesült személyzet (RT3) üzemeltetheti.

A CCD, mint fényt elektromos jellé alakító eszköz, nagyon sokrétűen alkalmazható, olyan területeken, ahol a digitális képrögzítés a cél. A CCD kamerák elterjedését a félvezető gyártástechnológia nagy mértékű fejlődése tette lehetővé. A CCD kamerás digitális radiográfiai képfelvévő elrendezés vázlata a 3. ábrán látható.



12

2. ábra: Az IP módszer üzemi ciklusának vázlata
Fig. 2. Functional model of the Imaging Plate technique



3. ábra. A CCD kamerás digitális radiográfiai képfelvévő elrendezés vázlata
Fig. 3. Arrangement of the CCD camera system.

A vizsgálati tárgy sugárzás által keltett árnyképét, egy sugárzás – fény konvertáló lemez, vagy egykristály (Csl) teszi láthatóvá. A kilépő, kis intenzitású fény, egy tükör rendszerrel reflektálódva kerül a képkalkotó, nagyérzékenységű, nagy felbontású CCD kamerába (néhány helyen vidicon csöves kamerát is használnak, beépített képerősítővel). A sötétáram szobahőmérsékleten akár néhány másodperc alatt telítésbe viheti az érzékelőket,

ezért az eszközt speciális, kétkörös Peltier-elemes hűtéssel látják el. A PC feladata a kamera vezérlése, a kép megjelenítése és annak tárolása. A felvétel digitalizált képe a PC monitorán jelenik meg. Nagy jelentősége van a CCD kristály sugár árnyékolásának, mert az intenzív szórt sugárzás tönkretelheti a félvezető érzékelőt. Ukrán szakemberek előadásukban [1.4.20] tették közzé a CCD kamerával elért eredményeiket.

Egy CCD kamerát tartalmazó digitális radiográfiai összeállítás jellegzetes képparaméterei:

Pixel szám:	1024 X 1024	vagy	2048 X 2048
Pixel méret [mikron]:	13 X 13		13,5 X 13,5
Érzékelő felület [mm]:	13.3 X 13.3		27,6 X 27,6
Sötét áram [e]	0,008		0,00008
Max kép / sec:	2,25		0,92
Min. érzékelő hőmérséklet [Co]:	-100		-100
Dig. Dinamika [bit]:	16		16
PC interfece:			USB 2.0

A félvezető technológia fejlesztése során sikerült olyan félvezető átmeneteket kialakítani, amelyek elektromos jeleket szolgáltatnak a töltött részecskék becsapódásakor, anélkül, hogy károsodtak volna. Ezek voltak a Flat-Panel detektorok ősei. Egy – egy elemi pixeljüket alkotó tranzisztor mérete ~100x100 µm, de 2500x3500–as mátrix alakítható ki belőlük, és egy ~ 300 x 400 mm² érzékelő felületet lehet készíteni belőlük, amint az a 3. ábra jobb oldalán látható.

egy olasz kutató, aki egy szilárd hajtóanyagú rakéta áramlás terelő fúvókájának, amely átmérője 3 méter volt, a CCD kamerás radioszkópiai vizsgálatát mutatta be [1.4.13]. Forrásként egy kisméretű lineáris gyorsítót (5,1 - 9,2 MeV) használt. Némi nosztalgiát lehetett felfedezni több előadásban a régi röntgen filmes technika iránt, mert az új módszerek bemutatásakor, soha sem felejtkeztek el a filmes technika felidézéséről és a paraméterei összehasonlításáról az újakkal [1.4.1], [1.4.7], [1.4.15] és [1.4.18].

A PHOENIX X-RAY cég német szakemberei előadásukban [1.4.25] egy különleges megközelítést tettek közzé, amely lényege az Xe² ("X-ray image Evaluation Environment"). Ez egy magas szintű software, amellyel automatizálni lehet egyes termékek vizsgálatát és az eredmények kiértékelését. Az alkalmazott sugárforrás 0,5 mikron átmérőjű, detektorként GE DXR típusú, hőmérséklet stabilizált (cseppfolyós nitrogénnel hűtött) eszközt használnak, amely 65.000 szűrkeség árnyalatot tud megkülönböztetni, olyan érzékenység mellett, amely lehetővé teszi a másodpercenkénti 30 kép felvételét. Természetesen ezt az energia sűrűséget csak egy szinkrotron biztosíthatja. Az egyik alkalmazási példájukban, egy 0,25 mikronos repedést mutattak ki egy mikroelektronikai eszköz bekötő huzalán. Orosz kutatók egy olyan röntgen mikroszkópot [1.4.14] hoztak létre, amely fókuszt mérete 10 és 200 nm között változtatható, 3-30 kV energia tartományon belül. Az berendezés tulajdonképpen egy hibrid összeállítás, mert letapogató (SEM) és áthatoló sugaras (TEM) elektronmikroszkópként is használható. Megvalósult, részben automatizált és már széles körű alkalmazásban álló berendezéseket ismertettek a [1.4.4], [1.4.12], [1.4.16], [1.4.18], [1.4.26] és [1.4.42] szerzői, akik közlik az aktuális digitális radiográfiai szabványokra való hivatkozásokat is.

A roncsolásmentes vizsgálatok körében egyre több, eddig jobbára az alap kutatások területén folyó munka, került bemutatásra, mint a röntgensugarak visszaszóródásának elemzése orosz [1.4.5] és német [1.4.6], [1.4.9] kutatók munkáiban, vagy az orosz szakemberek által végzett kisszögű röntgenszórás vizs-



4. ábra Flat-Panel felvételező összeállítás
Fig. 4. Assembly of a Flat Panel unit

Az előerősítők a keretbe vannak beépítve, a tápegység és az interface áramkörök külön egy kis dobozban lettek elhelyezve, míg a közvetlen kép rekonstrukció és a megjelenítés egy lappal van megoldva. A képérzékelő keretet kell a vizsgálati tárgy mögé helyezni a hagyományos radiográfiai elrendezésben, a film helyére. Létezik olyan érzékelő keret is, amely sugárzásálló fototranzisztorokat tartalmaz, de ilyenkor egy szcintillátor ernyőt kell a tárgy és az érzékelő közé helyezni. Ilyen összeállítást ismertettek német kutatók előadásukban [1.4.18]. Ezen Flat – Panel összeállítás jellegzetes képparaméterei:

Pixel méret [µm]:	100 x 100
Tipikus exponálási idő:	40 msec – 100 sec
Detektálási terület [cm ²]:	30 x 40
Digitális dinamika [bit]:	12.

A szekció 42 előadásából 17 a digitális radiográfia alkalmazásaival és azok előnyeivel foglalkozott. Érdekes alkalmazást mutatott be

gálatok [1.4.36]. A röntgen diffrakció alkalmazása [1.4.3], [1.4.19] és [1.4.32] már nem számít újnak az ipari szakemberek körében, de az orosz kutatók által végzett neutron diffrakciós vizsgálatok [1.4.33] új megközelítéseket tesznek lehetővé. Nem ipari alkalmazás, de nagyon fontos, a mellrák korai diagnosztizálását teszi lehetővé, az orosz szerzők előadásában [1.4.40] ismertetett két-energiás felvételi technika. Két egymástól nagyságrendjükben eltérő energiával készített mammográfiai felvételt hoznak létre, majd azokat elektronikusan kivonják egymásból. Így a rákos sejtcsoportok

már kis koncentrációban is kimutathatóakká válnak. Várható volt, hogy a röntgen filmek digitalizálásával foglalkozó fejlesztők is tovább javítják a készülékek paramétereit, mert a nagy berendezésekről készült sok-sok ezer felvétel archiválása jelentősen terheli a raktározási kapacitásokat, amelyekben elsősorban felvételek digitalizálása könnyíthet.

Az alábbi táblázatban összefoglaltuk a napjaink digitális radiográfiai képfelvételező egységeinek főbb paramétereit, az előadásokban elhangzottakkal aktualizálva.

Detektor rendszer	Röntgen film digitalizálás	Szcintillátor+ CCD kamera	Imaging Plates	Amorf Si Flat Panel
Felbontás (pixel méret μm)	20 - 50	100 - 500	5-25-50-100	127
Tipikus exponálási idő	5 min	40 msec-10 sec	20 sec	40 msec -10 sec
Detektálási terület	18 X 24 cm^2	25 X 25 cm^2	20 X 40 cm^2	30X40 cm^2
Vonal menti pixel szám	4096	2048	6000	1750
Dinamikus érzékenység	10^2 (nem lineáris)	10^5 (lineáris)	10^5 (lineáris)	10^5 (lineáris)
Digitális dinamika	10 bit	16 bit	16 bit	14 bit

A szekcióban elhangzott előadások alapján megállapítható, hogy e területen a német BAM (Federal Institute for Materials Research and Testing) Radiográfiai osztálya a világ egyik legjobban felszerelt és felkészült laboratóriuma. Az Uwe Ewert professzor által irányított kutató csoport mind az alap kutatásoknak számító területeken, mint például a röntgen visszaszórás [1.4.6], a szórt sugárzások hatásának elemzése [1.4.9], a képminőség biztosítási eljárások rendszerezése a computer radiográfiában [1.4.7]; figyelemre méltó eredményeket ért el. Ugyancsak kiemelkedő munkát végeztek az alkalmazások területén, mint például a digitális radiográfia ipari radiológiába való hatékony beillesztése kérdéseinek tisztázásában [1.4.8] Emellett részt vettek egy olcsó, mindenki számára elérhető, digitális radiográfiai detektor létrehozásában [1.4.23] is, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség szervezésében.

BESZÁMOLÓ A COMPUTER TOMOGRÁFIA SEKCIÓ MUNKÁJÁRÓL

A 9. szekció a computer tomográfia (CT) módszerek téma körével foglalkozott 33 előadás keretében, amelyek közül 18-at német előadók tartottak (a két nagy hírű intézet, a Fraunhofer Institute for Integrated Circuits 6-ot és a BAM 5-öt). Nem szabad azonban arra gondolnunk, hogy csupán a „nagy” országokban lehet élenjáró CT technikákkal foglalkozni. Jó példa erre a szomszédos Ausztria. Ők 8 publikációval szerepeltek ezen a találkozón. A CT műhelyek főhadiszállásai náluk az Upper Austrian University of Applied Sciences, Wels

Campus, az Austrian Foundry Research Institute, Leoben, és az Institute of Materials Science and Technology, University of Technology Vienna intézményekben vannak. Egyébként a CT témakörben megjelenő publikációk társszerzőinek száma gyakran meghaladja a fél-tucatot. Ennek oka, hogy a radiológiai tapasztalatok mellett, magas szintű matematikai felkészültség is kell, de az ipari termékek gyártástechnológiájának ismerete is szerepel a sikeres „team” követelményei között.

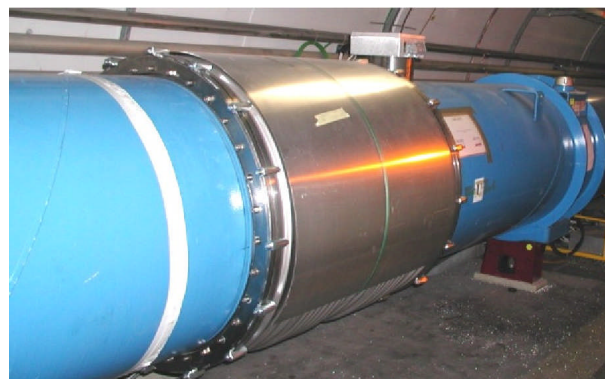
A mostani CT szekció előadás anyagait összehasonlítva a tíz évvel ezelőtti 15. WCNDT hasonló nevű szekciójának publikációival, óriási haladásnak lehettünk tanúi. Ez elsősorban a detektor rendszerek minőségi javulásának, valamint ezen eszközök széles körű elterjedésének köszönhető, azonban nem szabad elfelejtkeznünk a rekonstrukciót végző computer park fejlettségéről és az azon futtatott programok sokoldalúságáról sem. Jó példa erre, hogy belorusz kutatók [1.9.1] létrehoztak egy K-1000 típusú szuper számítót, amelyben 90 processzort foglaltak klaszterben és így 100-szor gyorsabban tudták elvégezni a tomográfiai rekonstrukciót, mint a hagyományos úton. A rendszerhez 4 Gb operatív memória tartozik, 580 x 280 x 580 térfogati elemmel számol és 0,16 mm x 0,16 mm x 0,16 mm a felbontása. Az adatok előnyös processzálásával foglalkoztak az [1.9.5], [1.9.20] és [1.9.23] előadások szerzői. A módszer fejlesztésén számos kutató csoport dolgozik. Orosz kutatók [1.9.6] lehetővé akarják tenni a CT széleskörű alkalmazását a nukleáris iparban. A fókusz

elkenődés jelenség elhanyagolásos közelítésével akarják javítani a CT felbontását német szakemberek a DIRECTT (Direct Iterative Reconstruction of CT Trajectories) módszer alkalmazásával, amely alkalmas a párhuzamos és kúpos nyaláb geometriák esetén is [1.9.18]. A porozitás automatizált kimutatására [1.9.30] dolgoztak ki Ausztriában egy megoldást. Egy teljesen új CT technika elméleti lehetőségét és az első mérési eredményét [1.9.31] mutatták be orosz fejlesztők. Ők a vizsgálati tárgyat körülveszik detektorokkal és a kollimálatlan, szórt sugárzás által generált vetületekből állítják elő a 3D képet. Mikro-CT és szubmikron-CT készülékek leírását és azok alkalmazási példáit találjuk a [1.9.11], [1.9.12], [1.9.16] és [1.9.17] előadásokban.

Számos CT berendezést ismertettek, de mindössze kettőt szeretnénk bemutatni. Az INDINTRO orosz vállalat konstruktőrei, piaci felmérések alapján megállapították, hogy főleg a repülés és autóipar, valamint a katonai felszereléseket gyártó vállalatok jöhetnek számításba, mint potenciális partnerek a CT technika felhasználásában [1.9.2]. Ennek megfelelően létrehoztak három olyan berendezést, amelyekkel a tárgyak széles körének CT vizsgálatára nyílt lehetőség. Forrásként minifókuszos (0,2 mm) röntgen generátort (450 kV-ig) és lineáris gyorsítót (1 – 5 MeV) használtak. A tárgyak átmérője 800 mm-ig, míg a magasságuk 1 méterig terjedt. A súlyhatár 1000 kg volt. A vizsgálható acél radiális vastagsága nem haladhatta meg a 150 mm-t. Detektorként 2048 x 2048 pixeles CCD kamerát használtak, amely előtt egy különleges, csak az ő számukra elérhető, egykristály sugárzás – fény átalakító volt helyezve. A tárgyak 360°-os elforgatása alatt 4000 vetületi képet rögzítettek és a felvételek felbontása 0,2 mm volt. Az előadásanyag végén található hivatkozások között megtaláljuk a legfontosabb CT szabványokat.

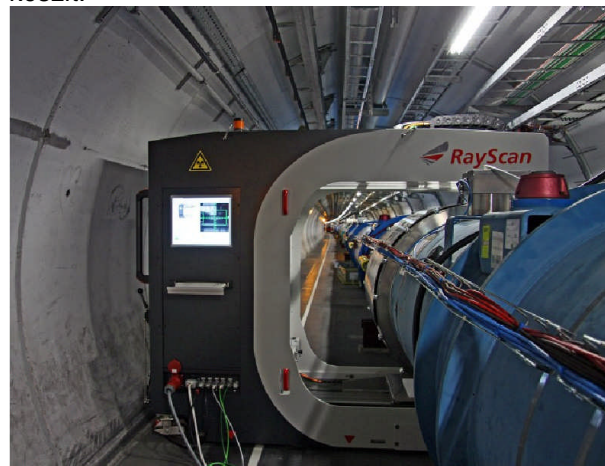
A másik érdekes berendezés a CERN Large Hadron Collider (LHC)-jének, egyik karbantartására szolgáló mobile CT eszköze [1.9.13]. Az LHC néhány paramétere: az alagút kerülete 26,65 km, az alagút átmérője 3,8 m, mindez 100 m mélyen a föld felszíne alatt. A részecske nyalábokat maximálisan 14 TeV energiával lehet ütköztetni, ilyenkor a nyaláb közepén a részecske sűrűség eléri a 10^{34} -t $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ -ként. Ezt a nyalábot szuper folyékony héliummal hűtött (1,9 °K) szupravezető mágnesekkel tartják a repülési cső tengelyében. 7500 szupravezető mágnes veszi körül az LHC-t. Ezek 1232 fő-dipól gyűrűbe és 438 fő-quadropól gyűrűbe vannak szerelve. Az előbbieket 15 m hosszúak, míg az utóbbiak 8 m hosszúak. Így az alagútban 22,5 km-t töltenek

ki. Ezek szerelésekor ~40.000 plazmahegesztést végeztek és több mint 60.000 összeköttetést alakítottak ki a szupravezető mágnesek között. Az 5. ábrán egy készre szerelt dipól mágnes pár látható.



5. ábra. Készre szerelt dipól mágnesek
Fig. 5. Compact magnet dipole on the accelerator tube of CERN.

A rendszer ellenőrzésére bontás nélküli roncsolásmentes technikát kell alkalmazni, mert az alacsony hőmérséklet hőszigeteléséhez és a részecskék mozgásának a biztosításához „nagy” vákuumot kell biztosítani. Csak a radiológiai vizsgálatot lehetett kivitelezni a rendszer összetett jellege miatt, és mivel a hibahely meghatározása nagyon fontos volt, ezért a választás a röntgen CT-re esett. Létrehozták a RayScan Mobile készüléket, amely a 6. ábrán látható, amint az LHC-n CT felvételt készít.



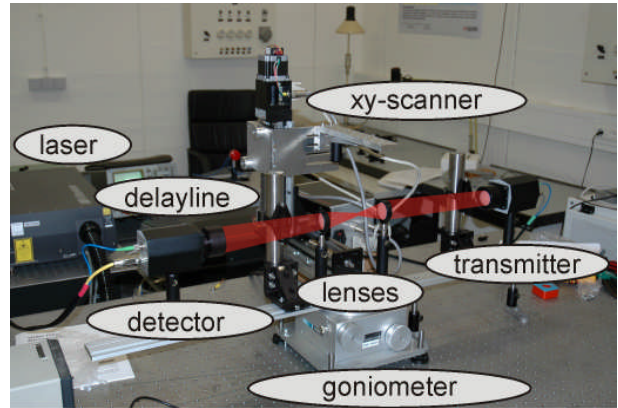
6. ábra. A RayScan Mobile készülék CT vizsgálatot végez az LHC-n
Fig. 6. RayScan Mobile XCT equipment is working in the tunnel

Sugárforrásként 225 kV-os mini röntgen készüléket, míg detektorként 400 mm x 400mm méretű Flat Panel (FP) került alkalmazásra. Az FP 2048 x 2048 pixelt tartalmaz. Egy pixel mérete 0,2 mm x 0,2 mm. A felvételező rendszer haladását és forgatását, egy négytengelyű szervo rendszer biztosítja. A képalako-

tó egység mindkét tagja plusz-mínusz 45°-ra elfordítható. Egy felvételi beállásból maximum 1,2 m-es részről készülhetnek képek. A vizsgálat során az FP-vel valósidejű radioszkópiai felvételeket vesznek fel folyamatosan, és eltárolják azokat. Amennyiben kétséges állapotú (hiba gyanús) helyhez érnek, ott komplett CT felvétel készül. A RayScan Mobile készülék üzemelése során, biztonsági előírásként, előtte és mögötte 100 méteres távolságban lezárják az LHC alagútját.

Német kutatók egy érdekes előadást [1.9.10] tartottak a terra hertz (10^{12} Hz) frekvenciájú méréseikről. Az ebben a frekvencia tartományban végzett munkáról nagyon keveset lehetett tudni eddig, legfeljebb azt, hogy az elsőként, a fokozott repülőtéri ellenőrzésekkor használták, és olyan sajátosságai vannak, hogy a ruházat alá rejtett plasztik robbanó anyagokat is képesek kimutatni. A terra hertz (THz) frekvencia tartományban nincs ionizáció. A jelek mind a fémekről, mind a műanyagokról szolgáltatnak energia független információt – egy bizonyos időablakkal lehet elkülöníteni a spektrális tulajdonságokat. Egy idő-domén-spektrométert (TDS) használnak a minták letapogatására, egy fókuszponton keresztül, amint ez a 7. ábrán látható. A sugárforrás egy infra tartományban működő lézer. A pulzált THz-t koherens technikával lehet detektálni. A THz hullámok a vizsgált minta anyagának dielektromos tulajdonságaival hatnak kölcsön, polarizációs jelenségek keletkeznek, amelyek egy eltolódási mezőt hoznak létre és oszcillációt gerjesztenek. A CT mérésekkel a mintáról érkező refrakciós és a szórás adatok együtt érkeznek. A THz-TDS analízissel el lehet különíteni azokat, majd az egyes frekvencia intervallumokat Fourier transzformációval lehet feldolgozni, így képezve az elemi pixeleket.

Ismeretes, hogy Franciaországban folynak a Nemzetközi Termonukleáris Kísérleti Reaktor (ITER) előkészítő munkái. Osztrák és német kutatók előadásukban [1.9.9] bemutatták, hogy a röntgen CT (XCT) és a termográfiai vizsgálat (TT) miként tudja támogatni egymást. Az ITER plazma kamrájának a hőátadó felületén 25 MW/m^2 lesz a hőforgalom. Ezt csak egy olyan speciális ötvözet tudja elviselni, amely plazma felőli oldala szén-szál erősítésű szénből (CfC) van és ehhez a hűtés felőli oldal (CuCrZr) ötvözet szén-szálakkal van rögzítve. Az XCT lehetővé tette a gyártás közben kialakult rendellenességek feltárását. A TT-vel szintén vizsgálták a gyártási folyamat során az egyes alkatrészeket, de nagyon sokat jelentettek az eredményei a végső modell kialakításakor.



7. ábra. Egy THz TDS laboratóriumi mérési összeállítás

Fig. 7. Set-up of a laboratory version for Tera-hertz time domain spectrometer

Napjainkban a polimer és a szén-szál kompozit laminált alkatrészek, egyre jobban terjednek a repülőgépgyártásban. Orosz kutatók bemutatták [1.9.29], hogy egy A 1550 típusú Intro Visor ultrahang tomográfot, hogyan tudtak felhasználni laminált műanyagok vizsgálatára., amely Sampling Focus Array (SFA) technikát alkalmazott. A műanyagok anizotrop tulajdonsága miatt, az ultrahang longitudinális hullám sebessége 3000 m/sec az anyagon keresztül, míg a rétegek között eléri a 6500 m/sec -t a terjedési sebessége. A kép rekonstrukciós algoritmus megváltoztatásával a 40 mm vastag lemezekben észlelni tudták a 2 mm -nél mélyebb hibákat polimer esetében, míg a 14 mm vastag szén-szál anyagban az 5 mm átmérőjű furatot 9 mm mélység esetén detektálták csak.

ÖSSZEGRZÉS

Rövid áttekintést és két szekcióba történő bepillantást adtunk a roncsolásmentes vizsgálatok 2010. évi legkiemelkedőbb rendezvényéről, a 10. jubileumi Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Konferenciáról. Általánosságban elmondható, hogy a szervezés és a nagyvonalú rendezés megfelelt az eseménynek. Hasonlóan a négy évvel ezelőtti berlini ECNDT-hez vagy a két évvel ezelőtti sanghaji világkonferenciához, itt is megállapítható volt a módszerek és technikák hihetetlen mértékű fejlődése és specializálódása. Érzékelhető volt, Moszkvában elsősorban az orosz előadók és kiállítók túlsúlyának köszönhetően a roncsolásmentes vizsgálatok mögött álló és azokat mozgató orosz kutató potenciál ereje. A magyarországi helyzet ismeretében az is megállapítható volt, hogy hazánk csak kivételes esetekben képes követni ezt a fejlődést, és nagy erőfeszítéseket kell tennünk annak érdekében, hogy lemaradásunk ne váljék behozhatatlanná.