

Beszámoló a 6. Nemzetközi Atomerőműi Roncsolásmentes Vizsgálati Konferenciáról

Trampus Péter

2007. október 8-a és 10-e között Budapesten került megrendezésre a „6. Roncsolásmentes vizsgálat és a szerkezeti integritás kapcsolata nukleáris és nyomástartó berendezések vonatkozásában” tárgyú nemzetközi konferencia. A rangos sorozat másfél évente megrendezésre kerülő konferenciái a budapesti rendezvényt megelőzően Amszterdamban (1998), New Orleansben (2000), Sevilleben (2001), Londonban (2004) és San Diegoban (2005) voltak. Valamennyi rendkívül sikeresnek bizonyult mind a műszaki program színvonalát, mind a látogatottságot tekintve. Amikor a nemzetközi szervező bizottság Budapestnek ítélte a 2007. évi konferencia rendezési jogát, akkor döntött arról is, hogy a sorozat 2009-ben Japánban, majd 2010-ben Németországban folytatódik.

A konferencia sorozat fő szervezője az Európai Bizottság Egyesített Kutató Intézetének Energia Intézete (Petten, Hollandia), amely a szervezés során együttműködik az EPRI-vel (Charlotte, USA) és a Keio Egyetemmel (Tokio, Japán). A budapesti konferencia hazai szervezője a MAROVISZ volt. A konferencia célja az volt, hogy világméretű fórumot biztosítson az érdekelt szakembereknek a roncsolásmentes vizsgálatok legújabb fejlesztési irányainak, valamint a szerkezeti integritás értékelése során történő alkalmazásuknak a bemutatására és megvitatására, elsősorban az atomerőművek vonatkozásában. A konferencián 260 fő vett részt a világ 28 országából. A konferenciával párhuzamosan megrendezett kiállításon 11 cég mutatta be speciális roncsolásmentes vizsgáló eszközeit.

A konferencia szekciói a következők voltak (zárójelben a szekcióban elhangzott előadások száma van):

- Fejlődés a radiográfiai vizsgálati módszerek területén (6)
- Fejlődés az elektromágneses vizsgálati módszerek területén (7)
- Fejlődés az ultrahangos vizsgálati módszerek területén (9)
- Fejlődés a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati módszerek területén (16)

* Dr. Trampus Péter MAROVISZ elnök

- Fejlődés a szemrevételezéses és egyéb roncsolásmentes vizsgálati módszerek területén (7)
- Vizsgálatminősítés (13)
- Modellezés (10)
- A szerkezeti integritás és a roncsolásmentes vizsgálat megbízhatósága (16)
- Anyagtulajdonságok mérése (3)
- A reaktortartály és a reaktor hűtőkör nyomáshatároló berendezéseinek vizsgálata (13)
- Ausztenites és átmeneti hegesztett kötések vizsgálata (15)
- Gőzfejlesztő hőátadó csövek vizsgálata (5)
- Egyéb főberendezések vizsgálata (11).

A sorozat hagyományainak megfelelően a konferencia egy plenáris szekcióval kezdődött, majd három párhuzamos szekcióval folytatódott. A plenáris szekcióban négy előadás hangzott el. Elsőként Radnóti István (1. kép), a Paksi Atomerőmű biztonsági igazgatója tartott átfogó tájékoztatót az erőmű helyzetéről és legfontosabb feladatairól, kiemelve ezek között a főberendezések roncsolásmentes vizsgálatával kapcsolatos feladatokat.



1. kép

Ezt az előadást nemzetközi helyzetértékelés, illetve a legjelentősebb vizsgálati feladatok ismertetése követte. Az Amerikai Egyesült Államokból Greg Selby (2. kép), az EPRI munkatársa elmondta, hogy az amerikai „nukleáris reneszánsz” két fő mozgatórugója az új atomerőművek létesítésére való felkészülés, valamint az üzemelő erőművek használati engedélyének megújítása.

BESZÁMOLÓK

REPORTS



2. kép

Az új erőművek közeljövőben meginduló létesítése – az elmúlt évtizedekben, a gyártás- és vizsgálattechnológiákban, valamint a szabványosításban bekövetkezett fejlődés következtében, továbbá az üzemi tapasztalatok alkalmazásának eredményeként – lényegesen intelligensebb lesz, mint amilyen az 1960-as és 80-as években volt. Az eredetileg 40 évre tervezett üzemidő 60 évre történő meghosszabbításában ugyancsak jelentős szerepet kapnak a roncsolásmentes vizsgálatok. Greg Selby azt is elmondta, hogy a jövő nem problémamentes, mert a jelenleg aktív roncsolásmentes vizsgáló személyzet jelentős hányada elhagyja a területet a következő évtized folyamán és pótlásuk csak szisztematikus munkával lehetséges.

Kenzo Miya professzor (3. kép) előadása az állapotellenőrzés fejlődését mutatta be a japán nukleáris iparban. A japán nukleáris hatóság az elmúlt években megkezdte az eltávolodást a hagyományosan konzervatív szabályozástól, és egyre több lehetőséget biztosít az erőműveknek arra, hogy a mereven szabályozott karbantartási rendszerüket állapotfüggő karbantartással váltsák fel. Válaszul az ipar és a kutatás a diagnosztikai berendezések intenzív fejlesztésébe kezdett. Az előadás az új technikákra mutatott be példákat, különös tekintettel az elektromágneses eljárások alkalmazhatóságára.



3. kép

Az európai fejlődés trendjét Burkhard Neundorf, az Európai Bizottság és Svájc által alapított Európai Vizsgálói és Minősítő Hálózat (*European Network for Inspection and Qualification, ENIQ*) elnöke (4. kép) ismertette. Kihangsúlyozta, hogy az öregedő atomerőművek, az üzemidő hosszabbítás előtérbe kerülése, a villamos energiapiac liberalizálása mind igényli a roncsolásmentes vizsgálatokat. Az ENIQ által koordinált tevékenységek közül a vizsgálatminősítésről elmondható ugyan, hogy felnötte vált, de ennek ellenére további fejlődés előtt áll. A perspektivikus területek közé lehet sorolni a személyzet minősítését, valamint a gyakorlati vizsgák során alkalmazott próbatestek, illetve az azokban elhelyezett „hibák” készítését. A kockázati szempontokat figyelembe vevő ellenőrzések (*Risk-informed In-service Inspection, RI-ISI*) területén központi kérdés az RI-ISI és a minősítés közötti kapcsolat erősítése, a mélységben tagolt védelemmel kapcsolatos témák, valamint a szerkezeti megbízhatósági modellek validálása és verifikálása. Az Európai Bizottság egy friss tanulmánya rámutatott a roncsolásmentes vizsgálatok és a műszaki diagnosztika területének égető kutatási igényeire, beleértve valamennyi Európában alkalmazott reaktortípust.

BESZÁMOLÓK

REPORTS



4. kép

A „Fejlődés a radiográfiai vizsgálati módszerek területén” szekció előadásainak többsége a digitális radiográfia előnyeivel és alkalmazásával foglalkozott. Redmer, Ewert és Neundorf előadása egy számítógéppel támogatott, mechanikus mozgatású digitális radiográfiai eljárást (*TomoCAR, Tomographic Computer Aided Radiometry*) ismertetett, amelyet atomerőművekben a csővezetékek hegesztési varratainak időszakos ellenőrzése során, síkszerű folytonossági hiányok vizsgálatára alkalmaznak. A röntgen csövet (240 kV, 600 W) és a 180°-kal eltolt helyzetű lineáris, digitális radiográfiai kamerát manipulátor mozgatja egymással szinkronban a hegesztési varrat felett. Miután radiográfiai vizsgálat esetében a síkszerű folytonossági hiányok (pl. repedések) kimutathatósága a sugárzás iránya és a repedés síkja egymáshoz viszonyított helyzetétől függ, és akkor optimális, amikor a sugárzás párhuzamos a repedés síkjával, ezért a szkennelés közben változtatják a besugárzás irányát. Ez egyrészt növeli a detektálás valószínűségét, másrészt megteremti az alapját a síkbeli tomográfia alkalmazásának. Ez utóbbi úgy történik, hogy a röntgen csövet folyamatosan mozgatják a vizsgált cső tengelyének irányába, miközben a detektor tengelyéhez képest $\pm 45^\circ$ -ban is elmozdítják, és így több száz felvételt készítenek egy adott pozícióban. Ebből a varrat keresztmetszet két-, illetve háromdimenziós képe kialakítható és a folytonossági hiányok mérete, orientációja értékelhető. A vizsgálati rendszert sikeresen minősítették az ENIQ minősítési irányelvek szerint.

A „Fejlődés az elektromágneses vizsgálati módszerek területén” szekció előadásai a vizsgálatok lehetőségeit szélesítő technikai megoldásokat mutattak be, mint például a GMR szenzor (*Giant Magnetoresistance*), vagy az örvényáramos array szonda, valamint olyan értékelési módszereket,

amelyekkel növelhető az elektromágneses (örvényáramos) vizsgálatok eredményeinek megbízhatósága.

A „Fejlődés az ultrahangos vizsgálati módszerek területén” szekció előadásainak egy része a vizsgálati eredményt befolyásoló tényezők hatását vizsgálta (repedés hálózat, repedés kinyílásának mértéke, szemcseméret), más részük eredményes alkalmazásokra mutatott be példákat. Az alkalmazási példák közül kettő foglalkozott az EMAT vizsgálófej (*Electromagnetic Acoustic Transducer*) előnyeivel csővezetékek falvastagság mérésénél. Egy előadás ismertette a magnetosztatikus fejjel működő irányított hullámú technológiát, amelynek az előnye abban van, hogy nagyméretű berendezések (csővezetékek) korróziós károsodásának előrehaladását lehet vele folyamatosan monitorozni (*Structural Health Monitoring, SHM*).

A konferencia leggazdagabb szekciója a „Fejlődés a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati módszerek területén” szekció volt. Meg kell jegyezni, hogy az itt elhangzott előadásokon túlmenően más szekciókban további előadások is voltak a fázisvezérelt technikáról, aláhúzva annak egyre szélesebb körű elterjedését. A fázisvezérelt ultrahangos technikát (lineáris, szektor vagy változtatható szögű raszter szkennelés) már több mint 10 éve alkalmazzák atomerőművekben és hőerőművekben. Az előadások többsége ezért már nem az általános alkalmazásra koncentrált, hanem különböző speciális feladatokra kifejlesztett eljárásokat mutatott be. A vizsgálatok végrehajtását általában a bonyolult varratgeometria, a felületi egyenetlenségek, az inhomogén és anizotróp szövetszerkezet (beleértve a durva szemcsenagyság, valamint az átmeneti hegesztési varratok problémáit) nehezítik, ezért a megoldások ezeknek a kiszűrésére illetve csökkentésére irányultak. Példákat ismertettek reaktortartály fedél átvezetés J-élkialakítású hegesztési varratainak, megelőző felrakó hegesztéseknek, dörzshegesztéssel készített alumínium hegesztési varratoknak a vizsgálatához kifejlesztett eljárásokból. Ezekből világossá vált, hogy egyre elterjedtebb a 2-D mátrix elrendezés, sőt alkalmaznak már 3-D kialakítású (*smart flexible*) mátrixot is a bonyolult varratgeometria és egyidejűleg egyenetlen felületi viszonyok esetére.

A „Fejlődés a szemrevételezéses és egyéb roncsolásmentes vizsgálati módszerek területén” szekcióban eredményeket mutattak be a távirányítású eszközök (sugárzástűrő kamerák) alkalmazásáról. Ezek alkalmazását az motiválja, hogy az amerikai nukleáris iparban – a lehetséges helyeken - egyre inkább helyettesíteni kívánják az ASME kód XI. kötete

BESZÁMOLÓK

REPORTS

szerinti térfogati és/vagy felületi vizsgálatokat szemrevételezéses vizsgálatokkal. Az egyéb vizsgálatok között bemutatásra került az infravörös fényképezés, az akusztikus emisszió mérése, a neutron radiográfia, illetve ez utóbbinak a kombinált alkalmazása más roncsolásmentes vizsgálati eljárásokkal.

Korábban már említésre került, hogy a roncsolásmentes vizsgáló rendszerek minősítése mára rutin feladattá vált. Ennek ellenére a „Vizsgálatminősítés” szekció továbbra is nagy népszerűségnek örvendett. A szekció felölelte mind az ENIQ szerinti vizsgálatminősítést, mind az ASME kód szerinti teljesítőképesség igazolást (*performance demonstration*). Néhány előadás egy-egy ország általános előrehaladását mutatta be az adott területen (pl. Spanyolország, Szlovákia), más előadások egy-egy igényesebb vizsgálatminősítési feladat megoldásának az útját ismertették. Ez utóbbiak közé tartozott a reaktortartály fedél átvezetések, a reaktortartály csonk belső íves átmenetének és a csonk / csonktoldal átmeneti varratának, vagy a feszültségkorróziós repedéseknek az ultrahangos vizsgálata. *Russ Boole*r, az egyesült királysági *Inspection Validation Centre* munkatársa – az elmúlt 20 év tapasztalataira építve – felvázolta a terület elkövetkező 20 évének perspektíváját. Megjegyezzük, hogy az *Inspection Validation Centre* volt a vizsgálatminősítés egyik bölcsője. Véleménye szerint a vizsgálatminősítés meg fogja találni a helyét a gyártóműi vizsgálatokban, illetve megkerülhetetlen szempont lesz a tervezés során, és ezzel hozzá fog járulni az új atomerőművek hegesztett szerkezetei integritásának biztosításához. A vizsgáló személyzet minősítése segíteni fog az emberi tényező ma még jelentős hatásának a csökkentésében. Várható, hogy a jelenlegi alkalmazási területek (ultrahang, örvényáram, radiográfia) mellett más vizsgálati eljárásokra is ki fog terjedni (pl. akusztikus emisszió, állapot ellenőrzés), és várható térhódítása más iparágakban is. A kvantitatív roncsolásmentes vizsgálat elterjedésével a minősítés eredménye is kvantitatív módon kerül majd értékelésre (*Probability of Detection, POD* görbék bevezetése). Összességében kijelenthető, hogy a vizsgálatminősítés nem egy elszigetelt „hozzáadott érték” lesz egy sor iparágban, hanem integráns része lesz a roncsolásmentes vizsgálati kultúrának, a roncsolásmentes vizsgálatok tervezésének és végrehajtásának, és elfogadást nyer az üzemeltetők, valamint a biztonságelemzők részéről.

Ahogy más konferenciákon is érezhető volt, egyre nagyobb szerepet kap a modellezés a roncsolásmentes vizsgálatok területén. A

„Modellezés” szekció alkalmazási példákat bemutató előadásaiból kiderült a francia eredetű CIVA szoftver szinte korlátlan uralkodása, legalábbis Európában. Az alkalmazási példák a reaktor hűtőkör nyomástartó berendezéseinek hegesztési varrataitól, a gőzfejlesztő hőátadó csövek örvényáramos vizsgálatán át a kiégett fűtőelemek végleges tárolására szolgáló konténerek gömbgrafitos öntöttvasból gyártott betételemeinek alapanyagáig terjedtek. Több előadás mutatott be példát a modellező szoftver kísérleti úton történő validálására (pl. foto-elasztikus módszerrel).

„A szerkezeti integritás és a roncsolásmentes vizsgálat megbízhatósága” szekció címe utalt leginkább a konferencia fő irányára. A szekció – az elnevezésétől némileg eltérően – egyrészt a kockázati szempontokat figyelembe vevő időszakos ellenőrzéssel (RI-ISI), másrészt a roncsolásmentes vizsgálatoknak az emberi tényezővel összefüggésbe hozható megbízhatóságával foglalkozott. Az atomerőművek üzemeltetés közbeni időszakos roncsolásmentes vizsgálatait ma egyre intenzívebben optimalizálják. A vizsgálatokat a várható károsodások helyére koncentrálnak, a vizsgálati intervallumokat a károsodás sebességének a függvényében határozzák meg, és a vizsgálati technikát a károsodás (repedéskeletkezés és/vagy terjedés) jellegének alapján tervezik meg. Mindezek eredményeképpen csökken a berendezések meghibásodásának kockázata. Az előadások példákat mutattak be a RI-ISI bevezetésének, illetve alkalmazásának az állásáról különböző atomerőművekben. Több előadás foglalkozott a vizsgálatminősítés és a RI-ISI közötti (kvantitatív) kapcsolat megfogalmazásával. Ahogy korábban már említésre került, ennek a kapcsolatnak a megteremtésére igen nagy az igény, és a vonatkozó kutatások jelentős erőforrásokat mozgósítanak. Az emberi tényező hatásának a csökkentésével több előadás is foglalkozott. Ezek közül kiemelhető *Mike Turnbow*, az Amerikai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség volt elnöke, az *ISO TC 135/SC 7 „Performance Based Certification”* munkacsoportjának vezetője, előadása. Az előadás a vizsgáló személyzet minősítésének problémáira világított rá példákkal illusztrálva, és javaslatokat fogalmazott meg a jelenlegi - nem teljesen bízható - helyzetből kivezető útra.

A konkrét vizsgálati problémákkal foglalkozó szekciók (Anyagtulajdonságok mérése; A reaktortartály és a reaktor hűtőkör nyomáshatároló berendezéseinek vizsgálata; Ausztenites és átmeneti hegesztett kötések vizsgálata; Gőzfejlesztő hőátadó csövek vizsgálata; Egyéb főberendezések vizsgálata)

BESZÁMOLÓK

REPORTS

szinte valamennyi reaktortípus érdeklődésre számot tartó vizsgálati problémáit érintették, és megvalósult eredményekről számoltak be. Ezek az előadások tulajdonképpen besorolhatók lehettek volna a vizsgálati eljárások szerinti szekciókba is (jelentős részük például fázisvezérelt ultrahangos technika alkalmazását mutatta be), de miután az előadók a hangsúlyt a sikeres alkalmazásra helyezték, ezért kerültek ilyen csoportosításban bemutatásra.

A konferencián – a plenáris szekcióban a Paksi Atomerőművet bemutató előadáson túlmenően – hat magyar előadás hangzott el. **Dóczi Miklós** (Paksi Atomerőmű) a Paksi Atomerőmű szabályozó és biztonságvédelmi rudazat (SZBVR) csomópontok átvezetésének ellenőrzéséről, **Mészáros István** (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) a mágneses vizsgálat újszerű értékelési technikájáról számolt be. **Balaskó Márton** (MTA KFKI Atomenergiakutató Intézet) – szerzőtársakkal - a negyedik generációs reaktor modellnél használatos szuperkritikus víz roncsolásmentes eljárások kombinált alkalmazásával történő vizsgálatáról (dinamikus neutron radiográfia, akusztikus emisszió, rezgésdiagnosztika), illetve egy másik előadásában - szintén szerzőtársakkal - károsodott szabályozó rúd kombinált vizsgálatának eredményeiről tartott előadást. **Tóth László** professzor (Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet) – szerzőtársakkal írt - előadását **Szűcs Nóra** adta elő, az előadás a repedésterjedés érzékenységi index kézikönyv tartalmát mutatta be. **Vértesy Gábor** (MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet) – cseh és japán szerzőtársakkal írt – előadása acélok öregedésének mágneses adaptív módszerrel történő vizsgálatáról szólt.

A konferenciát színvonalas kulturális program kísérte. Az első nap zárásaként a résztvevők ellátogattak a Domonyvölgyi Lovasparkba, ahol egy látványos lovasbemutatót vettek részt (5. kép), majd megismerkedtek a magyar konyha ízeivel és a magyar borokkal. A vacsora hangulatát cigányzene fokozta.

A második nap a konferencia hagyományos bankettjére a Dunán, az Európa sétahajó fedélzetén került sor, a 6. kép az est főszponzora (a Paksi Atomerőmű Zrt.) asztaltársaságát mutatja.

A vendégek nemcsak a vacsorát élvezhették, hanem a világhírű Bihari táncegyüttes műsorát is (7. kép).



5. kép



6. kép



7. kép

A vacsora közben – a köszöntőket követően – *Michel Bieth*, az Európai Bizottság Egyesített Kutató Központja Energia Intézetének osztályvezetője (8. kép), a konferencia sorozat főszervezője röviden értékelte a budapesti konferenciát, méltatta a helyi szervezők kitűnő munkáját, majd hivatalosan bejelentette a következő konferencia helyszínét. A

BESZÁMOLÓK

REPORTS

következő konferencia 2009. május 10 - 12 között Yokohamában, Japánban kerül megrendezésre.



8. kép

Tekintettel a viszonylag enyhe időjárásra, a vacsora résztvevői a hajó fedélzetéről gyönyörködhetek Budapest gyönyörű kivilágított panorámájában is (9. kép).



9. kép.