

3. AGY – Anyagvizsgálat a Gyakorlatban szeminárium

Előzmények

A szakmai szeminárium már műszaki közéletünk hagyományos rendezvényének tekinthető. Szervezői a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanika Technológia és Anyagszerkezeti Tanszékén egykor végzett anyagvizsgáló szakmérnökök által 2002-ben alapított civil szervezete, az Anyagvizsgáló Szakmérnöki Kör, rövid nevén AVI-SZAK. A szervezők nevében *Somogyi György* köszöntötte az immár harmadízben, ez alkalommal Tengelicen, 2006. június 1. és 2. között megrendezett szeminárium több mint 100 résztvevőjét. Rövid visszatekintésében felidézte a kezdeteket. Az AVI-SZAK alapításának évében, az 1982-ben végzetek 20. éves évfolyam-találkozója alkalmából megszervezett első, győri rendezvényük résztvevői határoztak a folytatásról, felismerve a szakmai tapasztalatcsere, a kapcsolattartás és az anyagvizsgálathoz kötődő (és, örömeinkre, AGY-ról AGY-ra növekvő számban résztvevő) fiatalok bemutatkozásának a jelentőségét. A 2. AGY helyszíne Dobogókő volt 2004-ben. A helyszínválasztást a szemináriumok záróeseménye, az üzemlátogatás is motiválja. A szeminárium résztvevői Győrben az Audi üzemében, legutóbb a Suzuki esztergomi gyárában ismerhették meg a magas színvonalú minőségbiztosítási rendszert, idén pedig a Paksi Atomerőműbe látogatva a korszerű vizsgálóeszközökkel jól felszerelt állapotellenőrzési rendszerről tájékozódhattak, kiegészítve az előadásokon hallottakat. A szemináriumon elhangzottakról a CD-kiadványt is felhasználva számolunk be.

(Az előadások megtekinthetők a www.avi-szak.hu weblapon).

Az alapcélok szem előtt tartásával, a 3. AGY tematikája (a mintegy 20–20 orális és poszter előadás) hangsúlyozottan foglalkozott az erőművek biztonságos üzemeltetéséhez, a járműgyártás acéljaihoz és műanyagbázisú kompozit-anyagaihoz kapcsolódó anyagvizsgálatokkal. De, a hagyományoknak megfelelően, a nyitóelőadás témája az anyagszerkezet megismerését segítő, de ma még leginkább az alaputatást szolgáló módszerek és technikák ismertetése volt.

1. ábra. A CoO rekonstruált 3D képe

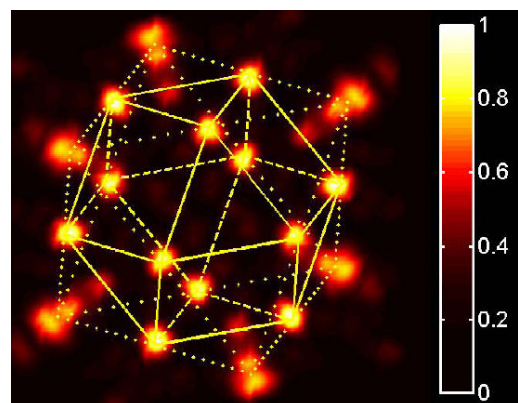
Fig. 1: Reconstructed 3D picture of the CoO

(M. Tegze, G. Faigel, S. Marchesini, M. Belakhovsky, and A. I. Chumakov: *Phys. Rev. Lett.* 82 (1999) 4847)

Anyagszerkezet-vizsgálatok

Ez alkalommal a felkért előadó, *Faigel Gyula*, az MTA levelező tagja (MTA SZKFI), ismertette a röntgensugárzás alkalmazásának új módszereit és szerepüket az atomi szintű anyagszerkezet megismerésében. Ismert, hogy magáért a sugárzás felfedezéséért és az atomokból, szerves és szervetlen molekulákból felépülő különféle kristályos anyagok szerkezetének meghatározásáért eddig 11 Nobel-díjat ítéltek oda! Ám a ma már jól ismert, külső sugárforrást használó röntgen-diffrakciós módszerek alkalmazásakor „csak” a sugárzás hullámhosszára visszavezethető információ hasznosul és elvész annak a fázisváltozásból nyerhető része. Ezért indirekt módszereket dolgoztak ki, amelyek a valószínűségi kristályszerkezetet szimuláló modellekkel nyert diffrakciós képeket hasonlítják össze a valóssal. Mindazonáltal ezekkel a módszerekkel jelentős eredményeket értek és érnek el!

Az anyagszerkezet megismeréséhez új lehetőségeket kínáló röntgen szerkezetvizsgáló módszerekhez a technika fejlesztésére is szükség van. A nagy értékű berendezés, a szinkrotron, mint új röntgen sugárforrás, a hagyományos röntgen generátorhoz képest lényegesen előnyösebb jellemzői révén (1. táblázat) – igaz helyhez kötve (pl. a CERN-ben) – új módszerek bevezetését teszi lehetővé, hazánk kutatói számára is – hangsúlyozta az előadó. Többek között a kutatótársaival együtt kifejlesztett *atomi felbontású röntgen holográfia* alkalmazását. (A megoldásig vezető gondolatokról és az eljárás eredményeiről lapunkban is beszámoltak: 2001/1., pp. 3–5.) Eljárásuk lényege: valamely kristályos anyagban lévő és leképezni kívánt minőségű atomokat külső forrásból (szinkrotronból) kibocsátott röntgensugárral gerjesztik és az általuk (belső, atomi méretű forrásból!) kibocsátott fluoreszcens röntgensugárzást használják a holografikus leképezéshez. Ez egy összetett ábra, hiszen valamennyi forrásatom, egyébként azonos hologramjának az összessége, de amelyből a 3D atomi rend rekonstruálható. Erre mutat példát az 1. ábra, amelyen a CoO rekonstruált 3D képe látható.



1. táblázat. Sugárforrások összehasonlítása

Table 1: Comparison of the synchrotron- and X-ray

| Jellemzők | Szinkrotronsugárzás | Hagyományos röntgen generátor |
|-------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Időben | impulzusszerű (100 ns, 1 ns) | folytonos |
| Térben | irányított | mindenfelé sugároz |
| Polarizáció | lineáris (szabályozható) | polarizálatlan |
| Intenzitás | nagy | kicsi |
| Fényesség | nagyon nagy: 10^{12} - 10^{18} | kicsi: 10^8 |

A szinkrotronsugárzással – természetesen – számos eddig nem, vagy csak nagyon körülményesen vizsgálható feladat is megoldható. Köszönhetően a nagyon rövid időtartamú és nagy intenzitású röntgensugárzásnak, többek között vizsgálható a kristályos anyagok szerkezete az állapottényezők (nyomás- és hőmérsékletváltozás) függvényében (pl. a fázisátalakulás folyamata), vagy a légekört szennyező szilárd aeroszol szemcsék, a kvázi kristályok és a kristályos hordozóra (szubsztrátumra) növesztett különböző, ultravékony rétegek szerkezete. Például az üreszközök korrózióvédelmében, de a memória chipek alkotójaként, illetve aktív katalitikus anyagként is ismert, a NiAl (110) síkjára növesztett, ultravékony Al_2O_3 réteg szerkezete.

Idén kezdik építeni, a Stanford-i, 50 GeV-os lineáris gyorsítóra telepítve, azt a szabad elektron lézert (LCLS – Linac Coherent Light Source), amelynek, mint röntgen sugárforrásnak, a még fényesebb ($\sim 10^{25}$), intenzívebb és 100 fs röntgenimpulzusaival tovább bővíthető lesz a röntgensugaras anyagszerkezet-vizsgálatok köre. Az első kísérletekre, várhatóan, 2008-ban kerülhet sor. Vizsgálhatók lesznek az atomi, illetve molekuláris szintű folyamatok részletei a ps – fs időskálán; az egyedi atomfürtök szerkezete 1000 atomos nagyságrendben, Végezhetőek lesznek különféle, a kvantummechanika alapjait érintő mérések, és még sok olyasmi, amit előre nem is tudunk.

Az anyagszerkezet-vizsgálati témakörbe még további előadások sorolhatók. A BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék munkatársai közül Szabó Péter János a visszaszórt elektron-diffrakció viszonylag nagy vizsgálati sebességgel elvégezhető és kvantitativ kristály- és fázisjellemzőket szolgáltató módszerét ismertette. Előadását önálló cikként közöljük. Mészáros István pedig poszterén mutatta be az ún. rezgőmérés magnetométer (VSM – Vibrating Sample Magnetometer) mérési elvét, és alkalmazásának lehetőségeit a telítési mágnesezettség mérésére (a ferromágneses fázisarány meghatározására, fer-

rit etalonok készítésére, ill. hitelesítésére); a lágy, ill. kemény mágnesek mágnesezési görbéjének felvételére; a paramágneses anyagok szuszceptibilitásának, valamint az indukált anizotropia mérésére.

Ugyancsak kvantitativ értékelhető a vas- és fémötvözetek szövetszerkezete, ha a színes metallográfiai maratási módszereket kombináljuk a korszerű képelemzőkkel. Erre hívták fel a figyelmet Kardos Ibo-ly (Dunaferr Zrt.) és Gácsi Zoltán (Miskolci Egyetem) közös előadásukkal, amelyet gazdagon illusztráltak a lemez- és gömbsztráfos öntöttvasak, a Duplex- és Hadfield-acélok, az Al-Si-Mg, az Al-bronz és a sárgaréz (Cu-Zn) ötvözetek színesre maratott szöveteikkel. Csali Kovács Krisztina pedig a metallográfiai módszerrel meghatározott szemnagyság értékét befolyásoló tényezőket elemezve bemutatta előadásában, hogy az eredményt leginkább a mintavétel helye, a maratás időtartama és a vizsgáló személy gyakorlottsága befolyásolja.

Az acélok nemfémes zárványtartalmának csökkentése elsőrendű minőségi követelmény. Ez leghatásosabban a folyékony acél üstmetallurgiai kezelésével érhető el, melynek gyors és hatékony ellenőrzésére, az acéolvadék tisztaságának vizsgálatára módszert, validálásához vizsgálati rendszert dolgoztak ki a lemezgyártásban érdekelt Dunaferr munkatársai, melyről Takácsné Szabó Andrea és Pallósi József számoltak be előadásukban.

Az ún. PDA-OES – optikai emissziós spektrometria impulzus magasságválogató gorselemzési módszer kidolgozásához és validálásához a konverterből üstbe csapolt kezeletlen és kezelt folyékony acélból vett mintákon elvégezték hagyományos metallográfiai módszerekkel is a zárványvizsgálatokat, nevezetesen a radiográfiai felvétellel előzetesen ellenőrzött minták makroszkópos (az esetlegesen előforduló durva zárványokra), a számítógépes képelemzéssel kiegészített fémmikroszkópos és a pásztázó elektronmikroszkópos (esetenként mikroszondás

elemzéssel kiegészítve) vizsgálatokat. Az ARL 4460 spektrométerre kidolgozott és gyorslemezésként bevezetett PDA-OES módszer abban különbözik a hagyományos szikragerjesztéses módszertől, hogy 400 Hz frekvenciával végezve a szikráztatást minden egyes szikra után a gerjesztett atomokból válaszként érkező jeleket méri és az elemek közötti korrelációt felhasználva értékeli a speciális SparkDAT szoftverrel. A módszer gyorsasága lehetőséget ad az üstmetallurgiai kezelés befejezése előtt a szükség szerinti módosításra és ezáltal a tisztább acél gyártásának esélye jelentősen megnő.

Járműipar – Anyagvizsgálat

A járműgyártási környezetben működő győri Széchenyi István Egyetem Anyagismeret és Járműgyártási Osztály anyagvizsgáló laboratóriuma a járműkarosszériák finomlemez anyagainak minősítő vizsgálataira rendezkedett be. *Czinege Imre* és *Kardos Ká-*

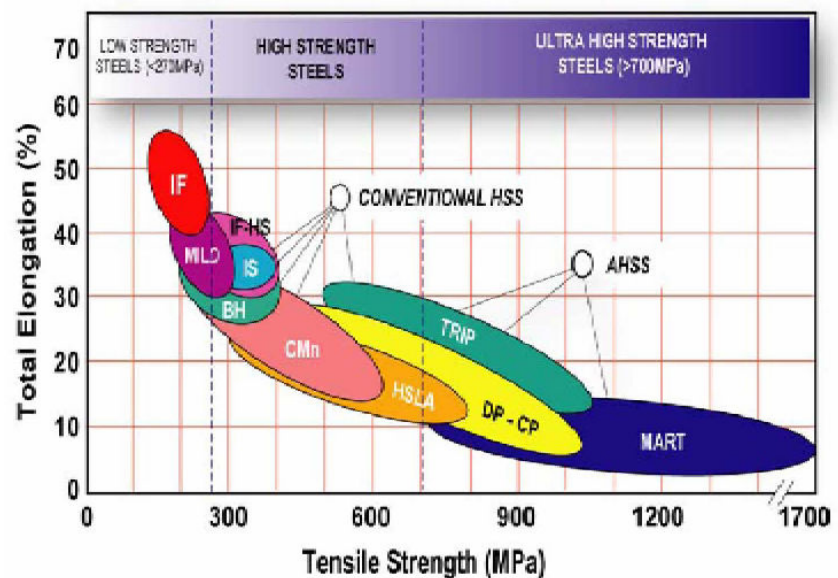
roly: Autókarosszéria lemezek anyagai és minősítésük című előadásából áttekintést kaptunk (az ún. banán-diagram révén, 2. ábra) a járműszerkezeti elemek igénybevételének és gyárthatóságának egyaránt legjobban megfelelő acéllemez minőségekről: a kis szilárdságú, jól alakítható, szénszegény, gyakorlatilag ötvözetlen, Al-mal és Ti-nál mikroötvözött, öregedésálló IF minőségjelűtől, az ún. sütve keményedő BH minőségen és a különböző dual fázisú (DP), illetve háromfázisú (ferrit, bénit, maradék ausztenit szövet-szerkezetű), TRIP jelű minőségeken át a nagy szilárdságú, martenzites MART jelű acélokig. A karosszériagyártásban alkalmazott anyagoknál a megmunkálhatósági jellemzők mérése egyenértékűvé vált az anyagtulajdonságok mérésével, amelyhez magas szintű szakmai ismeretekkel alkalmazott új, korszerű anyagvizsgálat-technika szükséges.

2. ábra. A speciális technológiával gyártott finomlemez-minőségek nyúlás–szilárdság diagramja

Fig. 2: Strain–strength diagram of the precision sheets produced by special technology

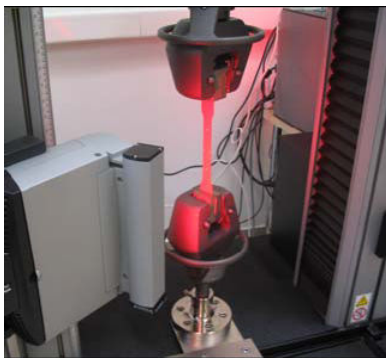
Forrás/source:

AHSS GuidelinesV23



Ezt bizonyította *Kirchfeld Mária* és *Böröcz Ágnes*: Bevonatolt karosszéria lemezek komplex minősítése című poszterük is. A 0,6 – 1,6 mm vastag, kis szilárdságú, jól alakítható, tűzi vagy galvanikus úton korrózióvédő cink, alumínium vagy Zn–Al bevonattal előkezelt finomlemez-mechanikai jellemzőit: a folyáshatárt ($R_{p0,2}$, R_{eH}), a szakítószilárdságot (R_m), az egyenletes (A_g) és a szakadási (A_{80}) nyúlást az MSZ EN 10002, míg a felkeményedési kitevőt (n) az ISO 10275-2, illetve az anizotrópia (r) tényezőt az ISO 10113-3 szabványok előírásai szerint vizsgálják a korszerű Instron 5582 típusú, video-extenzométerrel és 100 kN-os erőmérőcellával szerelt vizsgálógéppel (3. ábra). A lemezanyag szövetszerkezetét, szem nagyságát hosszirányú csiszolaton, az ASTM szerinti összehasonlító vizsgálattal minősítik.

A határ-alakváltozási diagramot (FLC) Nakazima-módszerrel (ISO 10113-3) veszik fel és az ISO/WD 12004 szerint értékelik. A próbatesteket $d = 100$ mm-es átmérőjű, félgömb alakú húzóbéllyeggel az Intézet saját fejlesztésű, univerzális lemezvizsgálógépén alakítják. Az alakváltozási mezőt alakítás közben folyamatosan rögzíti és értékeli a lemezvizsgálóhoz csatolt mérőrendszer. Az ARAMIS felvevő és kiértékelő egység a német GOM cég gyártmánya. Az optikai rész, a fotogrammetria elvén működő két CCD-kamerás mérőfej. A képkiértékelő rendszer szoftverje meghatározza az alakváltozott felület pontjainak 3D-s koordinátáit. A mérési eredményeket kiértékelő programcsomag a számított főalakváltozás értékek alapján felrajzolja a határ-alakváltozási diagramot (4. ábra).



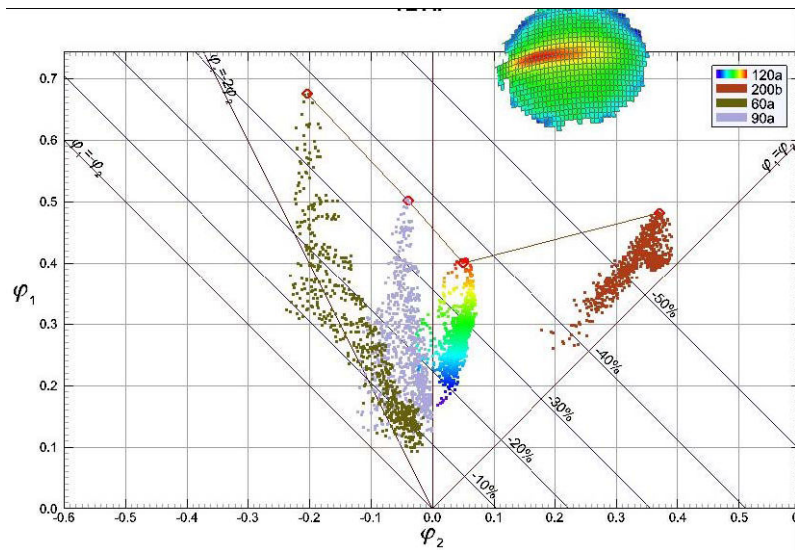
3. ábra. Finomlemez szakítóvizsgálata a video-extenzométerrel felszerelt Instron géppel

Fig. 3: Tensile test of a precision sheet by an Instron machine used video extensometer

A nagy szilárdságú TRIP acél Ar, (Ar+N) védőgázos TIG ívpontpont-hegesztéssel és ellenállás ponthegeztéssel készített kötéseit vizsgálták a hegesztési paraméterek függvényében a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék és az AEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft. munkatársai. A hibamentes, megfelelő mechanikai tulajdonságú kötés technológiai feltételeinek megállapítására irányuló kísérleteiknek eddigi eredményeit Orosz Csaba mutatta be poszteren.

A győri egyetem Anyagismeret és Járműgyártási Osztálya eredményesen nyújt szolgáltatást a járműalkatrész-gyártóknak a minőségbiztosítási rendszerükkel kiszűrt hibás termékek vizsgálatával, a hibák okainak feltárással. Példaként Csizmazia Ferencné számolt be a SAPU BT. munkatársával, Ódor Zoltánnal közös poszterükben a Schefenacker cégcsoport mosonszolnoki üzemében fröccsöntött és festett műanyag alkatrészek (pl.: visszapillantó tükrök) 100%-os vizuális vizsgálattal kiszűrt darabjain végzett makro- és mikroszkópos vizsgálatokkal azonosított felületi hibák eredetéről (pl.: lakkhiány, ill. túlfolyás, gázhólyag, kráter, porszemcse- vagy egyéb szennyeződés-bezáródás). Vizsgálataik visszacsatolt eredménye nyomán hozott intézkedésekkel a selejt mértéke csökkenthető volt.

Járműalkatrészek anyagául növekvő mértékben választanak műanyag bázisú kompozitokat. A BME Polimer-technika Tanszéken folyó ez irányú kutatás-fejlesztés eredményeiről lapunk rendszeresen beszámol. Egyik törekvésük a drágább szén- és üvegszál erősítőanyagok helyettesítése bazaltszállal. A vulkáni eredetű kőzetből gyártott szál geometriáját és mechanikai tulajdonságait a szálgyártás technoló-



4. ábra. A DX56D + ZF 100 anyagminőség határ-alkváltozási diagramja (FLC)

Fig. 4: The FLC diagram of the DX56D + ZF 100 sheet quality

giája jelentősen befolyásolja. Az erre irányuló vizsgálatok eredményeit Deák Tamás mutatta be a Czigány Tibor tanszékvezetővel közösen összeállított poszteren. A textillel (pl. üvegpaplannal) erősített műanyag kompozit mechanikai tulajdonságát a textil pórusméretei is befolyásolják. Ezért a tanszék munkatársa Vas László Mihály és Gombos Zoltán doktorandusz, az Analysis képfeldolgozó rendszert felhasználva módszert dolgoztak ki az erősítő textíliák pórusméretének meghatározására. Eredményeiket ugyancsak poszteren mutatták be.

Állapotellenőrzés – Szerkezetek üzemeltetésre alkalmassága

Fémszerkezetek, például a nyomástartó rendszerek, az erőművek egyes elemei, üzemeltetésre alkalmassága szempontjából már a szilárdsági méretezésük fázisában szükség lehet anyaguk **kisciklusú fáradásbírásának** ellenőrzésére. Lapunk az erre irányuló hazai kutatások és vizsgálatok eredményeit, így a szemináriumon a BayLogi munkatársa, Rózsahegyi Péter által, Tóth László intézeti igazgatóval közös előadásban összefoglaltakat is már korábban közölte. De kísérleteik vizsgálattechnikai tanulságát ezúttal is kiemeljük, nevezetesen: mivel a kisciklusú fáradásvizsgálat során a törésig elnyelt energia függ a próbatest ún. referencia térfogatától, ezért vizsgálattechnikailag az átmérváltozással vezérelt, tóruszos próbatestek használata ajánlott.

Szerkezetek üzemeltetésre alkalmassága szempontjából ugyancsak fontos ismerni a szerkezet anyagának törésmechanikai jellemzőit, például a repedés terjedését a hőmérséklet és az igénybevétel

sebessége függvényében. Az anyag szívós–rideg átmeneti hőmérsékletének meghatározásához általánosan használt Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat mellett – a nagy falvastagságú szerkezetekre tekintettel – célszerű az anyag viselkedését tanulmányozni nagyméretű (az MSZ EN 10274 szerint: 76×305 mm), éles (0,01 – 0,04 mm sugarú), V bemetszésű próbatestek ütve hajlító vizsgálatával. Ehhez, a célnak megfelelően tervezett és kivitelezett, számítógépes vezérlő, mérő és értékelő rendszerrel felszerelt, **ejtősúlyos vizsgálóberendezés** (DWTT – drop weight tear tester) szükséges. Egy ilyen vizsgálóberendezés létesítéséről, vizsgálati kapacitásáról és alkalmazásának első eredményeiről számolt be *Fodor István*, a Dunaferri Qualitest Lab Kft. munkatársa. Berendezésük ejtősúlya 25 mm-es sugarú csúcsban végződik, tömege: 145 kg, és az indítomagasságtól függően a végsebessége: 5–10 m/s. A vizsgálat hőmérséklete, a berendezés hűtőjét használva, környezetire és annál kisebb értékekre választható. A próbatest töretfelületéről digitális fénykép készül, melyet egy területmérő szoftverrel értékelnek megállapítva a szívós töretrésznek a teljes töretfelülethez viszonyított arányát.

A roncsolásmentes vizsgálati módszerek rendszerbe szervezett alkalmazása nélkülözhetetlen a szerkezetek üzemeltetésre alkalmasságának megítéléséhez. Erről és a hazai helyzetről adott, a vonatkozó szabványok figyelembevételével, átfogó képet *Rittinger János*: A roncsolásmentes vizsgálat helye és szerepe a termék-megfelelőség tanúsításában és a hegesztett szerkezetek üzemeltetésre való alkalmasságának megítélésében című előadásában, melyet önálló cikként közlünk lapunkban.

Az atomerőművek reaktortartályainak biztonságos üzemeltetésre alkalmasságának eljárásrendjét világszerte kitüntetett figyelem kíséri. Ez a témakör a szemináriumon is hangsúlyt kapott.

Trampus Péter előadásában a gyártási eredetű folytonossági hiányok szerepét elemezte a reaktortartályok biztonsága szempontjából.

A reaktortartály biztonsága alapvetően a rideg töréssel szembeni biztonság, amelyet befolyásolnak az átmeneti üzemmódok (a nyomás alatti hő sokk [PTS – pressurized thermal shock], az indítás és a leállítás), a szerkezeti acél sugárkárosodása, ridegedése (a szívós–rideg átmeneti hőmérséklet pozitív irányú eltolódása) és egyéb mechanikai tulajdonságváltozásai, a repedés(jellegű) hibák jelenléte és mindezekkel az igénybevétel okozta hőmérséklet- és feszültségmezők. A tartály biztonsága megítélésének összetettségét jól szemlélteti az 5. ábra.

A tartály épségének (integritásának) elemzéséhez általában a **determinisztikus módszert** alkalmazzák, azaz a tartályban feltételezett vagy vizsgálati kimutatott valamennyi folytonossági hiányra fenn

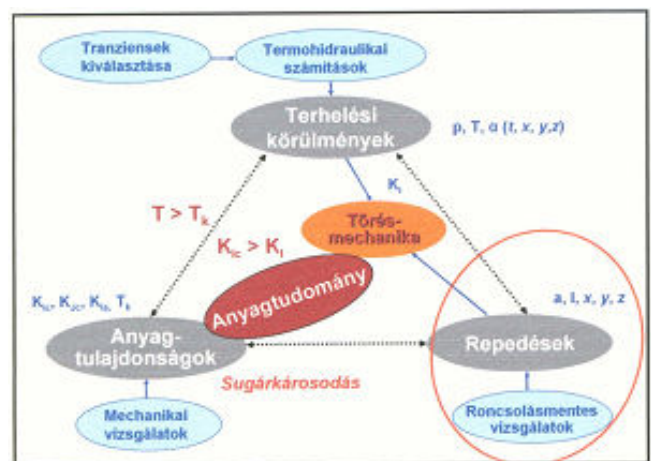
kell álljon a tartály anyagának K_{Ic} kritikus feszültségintenzitási tényezőjéhez viszonyított egyenlőtlenség:

$$n_K K_I \{a_{felt}, \sigma(T)\} \leq K_{Ic} \{T_k, T\}$$

Ahhoz, hogy a tartály épségét a **valószínűségi módszerrel** elemezhesük, hogy a valószínűségi törésmechanikai számításokat elvégezhesük, ismernünk kell az üzemviteli események (pl.: PTS, indulás, leállítás) gyakoriságát és a gyártási eredetű anyaghiányok eloszlását, továbbá egy feltételes (a zóna károsodásával egyenértékű) tartály-meghibásodás (átmenő repedés) gyakoriságát (a CCDF értékét). Ennek elfogadható értéke: $CCDF < 5 \cdot 10^{-6}$

Tapasztalatok szerint a legnagyobb bizonytalanságot a gyártási eredetű anyaghiányok előfordulásának, nagyságának és helyzetének a gyakorisága okozza, ezért a korábban csak feltételezett eloszlásokat kísérletekkel ellenőrizték úgy, hogy néhány tartálygyártó különböző típusú, körvarrattal, illetve kör- és hosszvarrattal hegesztett, években kifejezve eltérő időpontban gyártott termékeiből kiválasztott tartályokat alapos roncsolásmentes, majd roncsolásos hibavizsgálatnak vetettek alá kitüntetett figyelemmel a hegesztett kötésekre. A kiterjedt vizsgálat eredménye így összegezhető:

A több mint 7000 ultrahangos, repedés jellegű hibaindikáció 97%-ának falvastagság irányú mérete (a) kisebb volt 3,5 mm-nél, és a nagy többségük a hegesztésnél, az összeolvadási felület környezetében beágyazottan (a feltételezéssel ellentétben nem a felületre nyitottan) fordult elő. A legnagyobb, $a > 7$ mm, méretű hibákat a javítási helyeken találták. A hibák előfordulási sűrűsége a korábban feltételezethetnél nagyobb, de a különböző gyártók termékei hasonlítottak egymásra, kivéve a nagyon eltérő időpontban gyártott tartályokat.

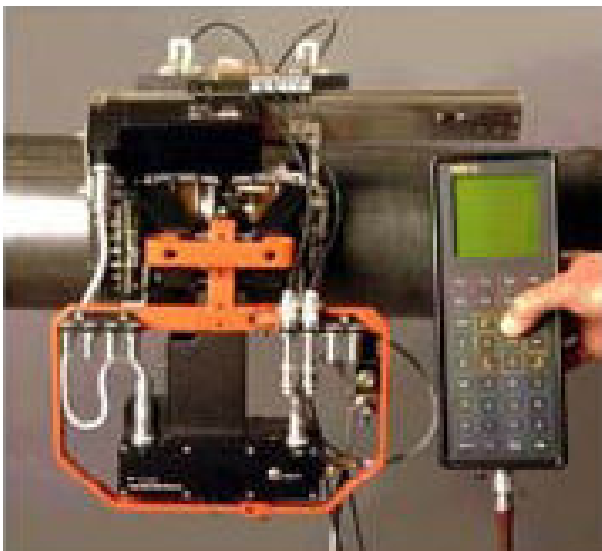


5. ábra. A reaktortartály biztonsága megítélésének tényezői, módszerei

Fig. 5: Factors and methods for assessment of the reactor vessel's safety

A hazai atomerőmű, nemzetközileg is ellenőrzött, biztonságos működtetése érdekében a korszerű roncsolásmentes vizsgálattechnika honosítása, illetve rendszerbe állítása terén a Paksi Atomerőmű Zrt. fennállása óta élenjár. Munkatársainak a korszerű technikával szerzett tapasztalatairól szóló beszámolóit mindig érdeklődés kíséri rendezvényeinken.

A Pipe Scan-4 csővizsgáló ultrahangberendezést ez év januárjában vásárolták. A távműködtetésű vizsgáloberendezést (6. ábra) korszerű, PS4 adatgyűjtő és értékelő rendszer egészíti ki. A berendezéssel, a próbavizsgálatokat követően, először a reaktortartályok NA 500 mm-es csonkjainak tranzienst és első szerelési varratainak esedékes állapotellenőrzését végezték el. Az új technika jellemzőit és a vele szerzett tapasztalatokat *Bánki Attila* mutatta be poszterén (lásd lapunkban cikként is).



6. ábra. A távműködtetésű ultrahang-szkenner

Fig. 6: The remote controlled ultrasonic scanner

Az SZBV csonkok állapotellenőrzése: A reaktortartályt lezáró kupolába behegesztett, összetett szerkezetű (behegesztett béléscsővel és kivehető betétcsővel szerelt), a szabályozó rudak bevezetésére szolgáló, ún. SZBV csonkok hegesztési varratainak ultrahangos vizsgálati módszerrel kiegészített állapotellenőrzési rendszerét ismertette előadásában *Dóczi Miklós*.

A kiégett fűtőelemek átmeneti tárolójának felépítéséről, üzemben tartásának ellenőrzéséről, a technológiai rendszer sugárvédelmi ellenőrzéséről és tömörségének vizsgálatáról (a mobil héliumos tömörségvizsgálóról) adott, fényképekkel gazdagon illusztrált áttekintést *Barta Elek* előadása.

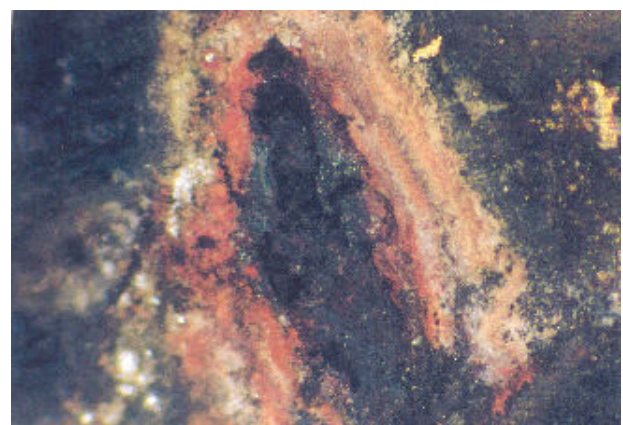
Az atomerőműi gőzfejlesztők korróziós károsodásának ellenőrzése kiemelt feladat. A VVER-440 blokkok mindegyikének 6 db, PGV-213 típusú gőzfejlesztője van. Ez fekvő hengeres tartály, függőleges meleg- és hidegági kollektorokkal, két, egyen-

ként 2768 db, összesen 5536 db hőátadó csőből álló csőköteggel. A csövek mérete: $\varnothing 16 \times 1,4$ mm, hossza: 9-14 m, anyaga: 08H18N10T jelű, titánnal stabilizált, ausztenites acél. A gőzfejlesztő csövek teljes hőátadó felülete $2576,6 \text{ m}^2$, a hőátadó felület tartaléka 10%. A primerköri hőhordozó belépő hőmérséklete $297 \text{ }^\circ\text{C}$, kilépő hőmérséklete $268 \text{ }^\circ\text{C}$, nyomása 123 bar. A szekunder oldali nyomás 46 bar, a gőz hőmérséklete $259 \text{ }^\circ\text{C}$.

Korróziós károsodást először 1997 szeptemberében észleltek az egyik hőcserélő szekunder oldali csövének külső felületén, a távtartó környezetében, mégpedig, az elsődleges vizsgálatok szerint, rés- és feszültségi korróziót. Mindkettőnek megvannak a feltételei – mondta e káreset kivizsgálásával megbízott Corweld Kft. vezetője, *Bödök Károly* előadásában. A réskorrózióból feszültségi korróziós repedések indulnak ki és a kristályhatárok mentén terjednek (7. ábra). A káreset okán részletes kutatási programot indítottak. Elsődlegesen a hőátadó csövek külső felületein képződő, magnetit és egyéb oxidokból, illetve szulfidokból álló lerakódásokat (8. ábra) vizsgálták meghatározva azok összetételét és fázisait.



7. ábra. Feszültségi korróziós repedés, maratott
Fig. 7: Stress corrosion crack; etched, $N = 500x$



8. ábra. Korróziótermék és lerakódás a hőátadó cső külső felületén a távtartó környezetben, $N = 60x$
Fig. 8: Corrosion product and deposition on inside surface of a heat changer tube around of its spreader

A lerakódásokban a korrózió kiváltása szempontjából fontos elemek közül a Cl 0,1 % nagyságrendben, a S 1–10 %-ban és a Cu egy, esetenként néhány százalékban dúsul. De elemezték a feszültségi korróziós repedés felülete mentén is e korróziós ágensek koncentráció-változást. Mindezt azzal a céllal, hogy megállapíthassák a valóságot modellező laboratóriumi korróziós vizsgálatok kémiai feltételeit. A kritikus réskorróziós oldat összetételét már meghatározták. Végső céljuk meghatározni a korróziós repedések terjedési sebességét leíró törésmechanikai összefüggést annak érdekében, hogy az időszakos vizsgálatok során észlelt ilyen repedésekkel már károsodott csövek várható élettartama becsülhető legyen, és dönteni lehessen azok kizárásáról. Az eddigi örvényáramos hibavizsgálatok tapasztalatai szerint ugyanis a korróziós repedések a falvastagság 60%-nak megfelelő mélységben megállnak. És míg irodalmi források szerint az ilyen mélységű repedések jelenléte még eltűrhető lenne, de a hazai előírás 50%-ban maximálja a repedésmélységet. És bár az eddig dugózással kizárt csövek számaránya mintegy 1% (a hőátadási tartalék 10%), de ezt a helyzetet mielőbb tisztázni kell. Ezért is folytatják a kísérleteket.

Az ilyen és ehhez hasonló cső-csőfal kötésekkel szerelt erőműi, vegyipari készülékek minőségbiztosítása megkívánja – a tömörség ellenőrzése mellett – a gyártás során alkalmazott technológiával létesített kötés szilárdságának a vizsgálatát is. Az Alstrom Power Hungaria Kft. igényére a Qualitest Lab Kft. erre dolgozott ki vizsgálati módszert, melyet az alkalmazási tapasztalatokkal együtt megismerhettünk *Gillemot László* és *Narancsik Zsolt* közös előadásából.

A roncsolásmentes vizsgálatok eredményeit bemutató előadások és poszterek között tallózva megemlítem *Balaskó Márton* és *Tóth Péter* (KFKI AEKI) *radiográfiai* modell-kísérleteit. Ezek arra irányultak, hogy az AEKI-ben rendelkezésre álló korszerű, neutron- és gamma-radiográfia vizsgálatokra alkalmas, de helyhez kötött technikával ellenőrzöttén kimutassák, hogy milyen pontosan határozható meg a nagy átmérőjű ($\varnothing 10''$ és $13''$), szigetelt és esetleg lerakódással is szennyezett csövek helyi falvékonyodással járó korróziója a két falon át ^{60}Co , illetve ^{192}Ir hordozható sugárforrásokkal készített radiogramokróli feketedés-különbség méréssel.

Az eredmény: az ajánlott radiográfias eljárással a mérések teljes szórási sávja a tényleges anyagvastagságra vonatkoztatott $\pm 5\%$.

Viszont *Csizinszky Péter* (RTD-Corrocont Kft.) előadásában meggyőzően szemléltette, hogy a hosszú és hozzáférhetően vezetett, szigetelt vagy szigetetlen csővezetékek, külső vagy belső helyi falvékonyodással járó korróziós károsodásai, illetve ezek legmélyebb hibahelye *kisfrekvenciás örvényáramos vizsgálatkészülékkel* (LFET) gyorsan, gazdaságosan és megbízhatóan kimutatható. A csővezeték szigete-

lést legfeljebb a kritikus hibahelyeken szükséges a további kiegészítő vizsgálatok céljából lebontani.

Tanulságos *Berta László* poszter-előadása is, melyben arról számolt be, hogy digitális technikával (igaz, hazai nem lévén, ezért a Kodak NDT laboratórium filmdigitalizálóját igénybe véve) megmenthető a rontott (alul vagy túlexponált, $S < 5$), de meg nem ismételhető röntgenfelvételek.

Az *ultrahangos vizsgálat*tal kimutatott anyaghiányok méretét – előírástól függően – vagy körtárcsa reflektorokkal (KTF), vagy keresztirányú hengeres furat (KHF) reflektorokkal felvett értékelő görbékkel minősítik. Különböző okok miatt szükség lehet a kétféle értékelés összevetésére, amihez fizikai alapokon levezetett, átszámítási képleteket ajánlanak. Az átszámítás megbízhatóságát, KTF és KHF acél etalonok összehasonlító ultrahangos vizsgálatával ellenőrizték a R.U.M. Testing Kft. munkatársai: *Nagy Zsolt* és *Szalay Ferenc*. Kísérleteik eredményeit Nagy Zsolt ismertette. Megállapításaik lényege: mivel az elvi képletekhez rendelt peremfeltételek a vizsgálatok során nem mindig teljesülnek, de egyéb vizsgálattechnikai okok miatt is az átszámított és a mért értékek különbözhetnek, ezért a kétféle (KTF, illetve KHT) előírást célszerű az azonos mérettartományra, két különböző módszerrel felvett és azonos erősítésre konvertált értékelő görbék összevetésével értékelni.

A korszerű fáziseltolódásos technikával működő Omni-Scan ultrahangos készüléket és alkalmazási tapasztalataikat ismertette poszterén *Szabó Gergely* (Mátra-Diagnosztika Kft.). A készülékhez csatlakoztatható, több, elektronikusan vezérelt rezgőelemből álló vizsgálófejjel, a fej mozgatása nélkül *lineáris* (a fej elemeiből fázisban eltolt hangimpulzusokkal) vagy *szektoros* (fázisban eltolt hangimpulzusok besugárzási szögének változtatásával) *pásztázással* (szkenneléssel) az összetett geometriájú alkatrészek (pl.: lépcsős tengelyek, turbinalapát-gyök) és hegesztett kötések egyszerűen vizsgálhatók.

Az *akusztikus emissziós vizsgálat* megbízható végrehajtásának szempontjait foglalta össze *Szűcs Pál* (ORSZAK Bt.) poszter-előadásában, melyet önálló cikként olvashatnak lapunkban. *Pál Csaba*, az MKEH Műszaki Felügyeleti Igazgatóság munkatársa pedig a nyomástartó edények akusztikus emissziós vizsgálatnál kombinált időszakos szilárdsági nyomáspróbás ellenőrzésének kedvező tapasztalatait foglalta össze poszter-előadásában. Ezt a módszert 1998-tól kezdve vezették be és ma már országos lefedettséget étek el. Ezzel a módszerrel ellenőrzik – többek között – a PB gömbtartályokat is. Kedvező tapasztalataik megerősítik Szűcs Pál korábbi (lapunkban közölt) javaslatát, miszerint a nyomáspróbával kombinált akusztikus emissziós vizsgálatok általános bevezetése indokolt.

A *termovízióval*, a tömegközlekedési eszközök állapotvizsgálatában, szerzett tapasztalatait *Fara-*

Beszámolók

Accounts

gó *Mária*, a BKV Zrt. munkatársa foglalta össze poszter-előadásában. Aktuális példaként a tüzesetet okozó autóbuzsmotor típusok üzemi hőmérsékleten elvégzett termovíziós vizsgálatát emelte ki.

A *technológiai rendszerek beruházásának minőségbiztosításáért* felelős szakemberek számára különösen hasznosak azok a tapasztalatok, amelyekről *Gyarmati István*, a Bosodchem Rt. munkatársa számolt be: Diagnosztikai vizsgálatok a beruházások folyamatában, című előadásában. A nagy értékű beruházások – mint amilyen a BC Rt. 100 Mrd Ft. értékű, kapacitásbővítő beruházása volt az elmúlt két évben – leghosszabb és legkritikusabb szakasza a helyszíni szerelés. A műszaki felügyeleti tevékenység célja pedig végigkísérni a gyártmány, (termék), létesítmény útját, a szerződés előkészítésétől a végátvételig.

A beépítendő anyagok minőségének és összetételének ellenőrzése elsődlegesen fontos. Ehhez, szükség esetén, a hordozható spektrométer igen jó szolgálatot tesz. A bemutatott káresetek részletes anyagvizsgálata is bizonyította, hogy a meg nem felelő minőségű anyagú szerkezeti elem beépítése – különösen a korrózióknak is kitett rendszerben, és párosulva egyéb szerelési hiányosságokkal – előbb-utóbb kárt okoz. De, például a rendszerbe szerelt forgógépek járását rezgésméréssel ellenőrizve a tengelyek

idő előtti kisciklusú kifáradását, törését előzhetjük meg. A szerelési hibák gyakorisága az átadási határidő közeledtével növekszik!

A minőségbiztosításért felelős – és különösen a széles körű kapcsolatokat tartó – szakemberek hasznos eszmefuttatást hallhattak *Kovács Károly* igazgatótól (Metalcontrol Kft.), a Miskolci Egyetem Minőségügyi Kihelyezett Tanszékének vezetőjétől, aki átfogó képet adott az anyagvizsgálat napjainkban módosuló szolgáltató szerepének általános jellemzőiről, valamint az ember–ember kapcsolatok és a közöttük kialakuló információfolyam gyenge pontjai elemzésnek jelentőségéről. A résztvevőket tájékoztatta a Nemzeti Akkreditálási Testület, a NAT képviselője, *Proksa Ferenc* az akkreditálásról szóló új, MSZ EN ISO/IEC 17011, valamint a vizsgáló és kalibráló laboratóriumok felkészültségére vonatkozó EN ISO/IEC 17025 szabvány előírásai nyomán az akkreditálási rend módosulásairól.

Végül, ezúttal is a céljainak színvonalasan megfelelő, jó hangulatú szakmai rendezvény részesei lehettünk. Köszönet illeti az előadókat és a szervezőket egyaránt!

Lehofer Kornél



Az előadók pillanatai: *Faigel Gyula* (középen) a szinkrotronsugárzás, míg *Bödök Károly* a réskorrózió rejtjelmeit ismerteti; elnököl *Somogyi György*



A poszter szekció pillanatai:

Rózsahegyi Péter (balra) az érdeklődők gyűrűjében;

Becker István és *Lehoczky György* a látottakról-hallottakról (jobbra)