



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu 2019/I. lapszám

XI. RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS ● RAKK 2019. Március 20-22.



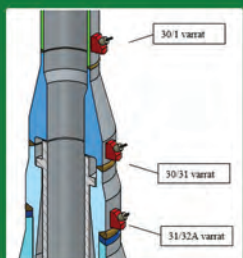
GRIMAS

A lap kiemelt ipari partnere az idén 25 éves **Grimas Kft.**

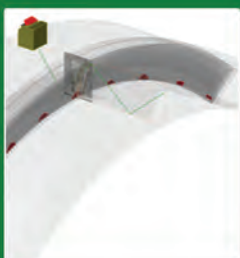
"AZ ANYAG NEM VÉSZ EL, VIZSGÁLNI MINDIG KELL!"



Három év az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség élén



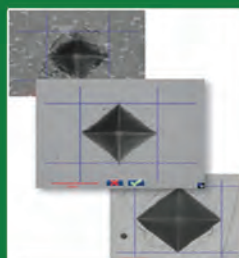
RMV helyzetkép



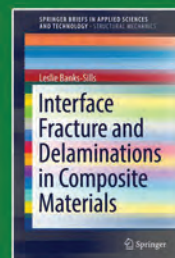
Computertechnics



Minőségbiztosítás



Vizsgálati módszerek



Könyvismertetés

25 ÉVES A GRIMAS IPARI KERESKEDELMI KFT.

RONCSOLÁSOS ÉS RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATI BERENDEZÉSEK ÉS ANYAGOK FORGALMAZÓJA

Tudta-e, hogy a GRIMAS

- már 4 országban működik bejegyzett céggként (Ausztria, Magyarország, Románia, Bulgária), emellett számos délkelet-európai országban van jelen kihelyezett ügynökséggel (Szerbia, Szlovénia, Horvátország, Bulgária)
- már több mint 15 éve ISO 9001 minősítéssel rendelkezik
- több mint 50 külföldi beszállító termékeit képviseli
- helyi szervizszolgáltatással biztosítja ügyfelei számára a még kényelmesebb kiszolgálást
- kollégái több szakmai szervezetben is elnökségi tagokként vállalnak szerepet az anyagvizsgálat hazai fejlődésében
- szakmai tanfolyamokat szervez a legnevesebb hazai egyetemekkel és szakmai szervezetekkel való együttműködésben

AZ ANYAGVIZSGÁLAT TELJES SPEKTRUMÁT LEFEDJÜK!



KEMÉNYSÉGMÉRÉS • SZAKÍTÓVIZSGÁLAT



METALLOGRÁFIA



TERMOGRÁFIA



RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK (UT, ET, RT, CT, LT, VT)



ANYAGÖSSZETÉTEL VIZSGÁLAT

Főbb referenciáink a következő alkalmazási területekről származnak:

- autóipari beszállító cégek, alkatrészgyártók
- járműgyártó cégek
- anyagvizsgáló szolgáltató laboratóriumok
- oktatási intézmények
- kutató és fejlesztő intézmények, laborok
- öntödék
- hőkezelő cégek
- olaj-, vegyi- és gázpari cégek
- erőművek

Küldetésünk, hogy megfeleljünk a gépipari anyagvizsgálat minden igényének, felkészültek vagyunk ezek gyors, zavarmentes teljesítésére a piacon elérhető legmagasabb minőségben.

**2019-ben ismerje meg cégünket
és kollégáinkat közelebbről!**

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

A Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség Lapja
MAROVISZAz ország vezető szaklapja.
Alapítva: 1991-ben.Negyedévente elektronikus megjelenő folyóirat.
Országos, iparágakat átfogó, szakmai folyóirat a
minőségért és biztonságunkért.Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztősége a ki-
adó, a **MAROVISZ**, a Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség címén érhető el:

1191 Budapest, Üllői út 206., B. ép. II. lh.

Tel.: (36-1) 278-0632;

fax: (36-1) 278-0633;

e-mail: info@anyagvizsgaloklapja.huweb: www.anyagvizsgaloklapja.hu
www.avilap.hu

Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztőbizottsága:

Dr. Divós Ferenc

† Dr. Gillemot László

Harnisch József

Kecskés Péter

Lutor Attila

Dr. Mertinger Valéria

Skopál István

Szűcs Pál

Dr. Trampus Péter

Dr. Tóth László, felelős szerkesztő

Dr. Trampus Péter, felelős kiadó

Balogh Bence, digitális szerkesztő

Berki Gábor, vezető szerkesztő



Az elektronikus folyóirat server háttérét a

tripladuplav.hu
webstúdió biztosítja.

ISSN: 1215-8410

JEGYZET

Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy a Felelős Szerkesztő így kezdje: „*Mea culpa, mea maxima culpa*”. Igaz, hogy mindez kissé árnyalható a gyorsan változó, gyakran jelentősebb turbulenciákra hivatkozva, amelyek jelen vannak mind társadalmunkban, mind pedig gazdasági, szakmai életünkben is. Maradjunk inkább a tényeknél, amelyeknek vannak örömteli és szomorú következményei. Szomorúan kell tudomásul vennünk a „születés-halál” természeti törvényét még akkor is, ha a tudjuk is, hogy ezek egymástól elválaszthatatlan egységben vannak. A lapunk előző számát még korábbi Felelős Szerkesztőnkkel Dr. Gillemot Lászlóval közösen jegyeztük. Ő már a végtelenség beláthatatlan hosszúságú útjára lépett. E számban már megszólítani nem tudjuk, csak átfutjuk élettörténetének alig több mint 27.000 napját. Az elmúlt két évben három MAROVISZ Díjas is előbb lépett arra az útra, amelyen Gillemot László követte őket. Sorrendben, Tarnai György (2017. szeptember 11.), Becker István (2017. október 4.), Dr. Somogyi György (2018. július 2.). Élettörténetük összefoglalása egyrészt megjelent lapunk 2017/1 számában, másrészt a megdöbbenést tükröző megemlékezések közvetlenül történéseket követően több fórumon láttak napvilágot. E szomorú „csokrot” növeli Horst Blumenauer halálhíre, akinek az eddig egyetlen magyar nyelven írt törésmechanika könyvet köszönhetjük. Életének, munkásságának rövid ismertetésével állított emléket lapunk jelen számában olvashatjuk.

Az élet ugyancsak örök, amiben mindenkinek tennie kell a maga dolgát. Mire is fókuszált lapunk jelenlegi száma? A kérdés jogos, hiszen az újjáalakult Szerkesztő Bizottság ezt a célt tűzte maga elé. Szakmai közösségünk fő feladata az anyagaink felhasználás szempontjaiból lényeges tulajdonságainak meghatározása, a szerkesztetek biztonságos üzemeltethetősége érdekében. A vizsgálati eredmény, az általunk megfogalmazott szakvélemények, és végző soron az a tudás, amit képviselünk a „piacon megjelenő” termék. Erre is érvényesek ugyanazon ismérvek, mint bármilyen más „árura, termékre”, azaz „eladhatónak kell lennie” és „keresletre van szükség”. Ez utóbbi a piac nagyságától függ. Az azonban biztosan állítható, hogy a „jó minőségű termék, kedvező áron” mindig vévőre talál. Lapunk e száma e témakörre koncentrál. A „hogyanra” nézve pedig mind nemzetközi, mind pedig hazai eredményeink születtek.

Dr. Tóth László

TARTALOMJEGYZÉK

HÍREK - NEWS

5

Trampus P.: Három év az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség élén

Trampus P.: Three Years Presidency for the EFNDT

RMV HELYZETKÉP - NDT-REVIEW

12

Somogyi Gy., Klausz G., Skopál I., Nagy Zs.: A kézi ultrahangos vizsgálatok minősítésének tapasztalatai.

Somogyi Gy., Klausz G., Skopál I., Nagy Zs. The Experiences of the Qualification of the Manual UT procedure

SZÁMÍTÁSTECHNIKA - COMPUTERTechnics

27

Paczolay Gy., Bankó M.: A CIVA modellező program alkalmazásának tapasztalatai a roncsolásmentes anyagvizsgálatok területén.

Paczolay Gy., Bankó M.: The Application Experiences of the CIVA Package in NDT

Erdei R., Takács Cs., Bézi Z.: A CIVA modellező program szerepe a roncsolásmentes vizsgálatok előkészítésének segítésében.

Erdei R., Takács Cs., Bézi Z.: The Role of the CIVA in Design of the NDT procedures

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS - QUALITY ASSURANCE

37

Fücsök F.: A jártassági vizsgálatok tapasztalatai a MAROVISZ –ban

Fücsök F.: The Experiences of the Interlaboratory Tests Organised by the MAROVISZ

Dobránzky J.: A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete által rendezett Vickers-keménységmérési körvizsgálat

Dobránzky J.: The Experiences of the Interlaboratory Hardness Test Organised by the MAE

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK - TESTING METHODS

57

Kelenföldi B., Jeszenszky Sz.: Keménység lenyomat olvasása kép analízissel

Kelenföldi B., Jeszenszky Sz.: Determination of the Indentation Diagonal by Image Analysis.

HÍREK - NEWS

59

Zsoldos Zs.: MAE-MAROVISZ tagok akkreditált Laboratóriumai

Zsoldos Zs.: Accredited Laboratories of Societies MAROVISZ and MAE

Emlékezzünk

- Dr. Gillemot Lászlóra
- Prof. Horst Blemenauerre

Obituary

- Dr. Gillemot László
- Prof. Horst Blemenauer

KÖNYVISMERTETÉS - (BOOK-REVIEW)

65

Leslie Banks-Sills: Felületi törések és határfelületi felszakadások kompozit anyagokban

Leslie Bank-Sills: Interface Fracture and Delaminations in Composite Materials

Három év az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség élén

Dr. Trampus Péter
Prof. Emeritus, Dunaújvárosi Egyetem

Bevezetés

2015 áprilisa és 2018 júniusa között én töltöttem be az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (*European Federation for Nondestructive Testing, EFNDT*) elnöki tisztét. Az Elnököt, az Alelnököt és az Igazgatóság tagjait az EFNDT legfelső irányító szerve, a Közgyűlés választja; a választás három évente történik. A Szövetség Alapszabálya, valamint az erre vonatkozó, működést szabályozó eljárásrend megengedi az újraválasztást, de – tekintettel a három év ciklusidőre és a Szövetség tagjainak a számára (jelenleg 31 nemzeti roncsolásmentes vizsgálati szövetségnek van szavazati joga) – az elnök esetében javasolja a rotációt. Elnökségem három évét megelőzően alelnök voltam, azt megelőzően igazgatósági tag, ami együtt kilenc évet tesz ki az EFNDT élén, illetve vezető testületében.

Jelen írásban visszatekintek az elmúlt három évre. Először röviden bemutatom az EFNDT céljait és tevékenységének főbb elemeit. Ezt követően összefoglalom azokat az eredményeket, amelyek első sorban az elmúlt három év folyamán születtek és amelyeknek részese lehettem. Ez utóbbi rész nyilván tükrözi a szubjektivitásomat, ezért vállalom a felelősséget.

1. Az EFNDT célkitűzései

Az EFNDT egy Brüsszelben regisztrált, nonprofit szervezet. 1998-ban alapították a már 1984 óta működő Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Tanács (*European Council for NDT*) bázisán. Alapvető célkitűzése, hogy összefogja az európai nemzeti roncsolásmentes vizsgálati szövetségek és szervezetek erőforrásait, és azok birtokában hatékonyan és hitelesen lépjen fel a roncsolásmentes vizsgálati szakma, a vizsgálatokat alkalmazók és a széles társadalom javára.

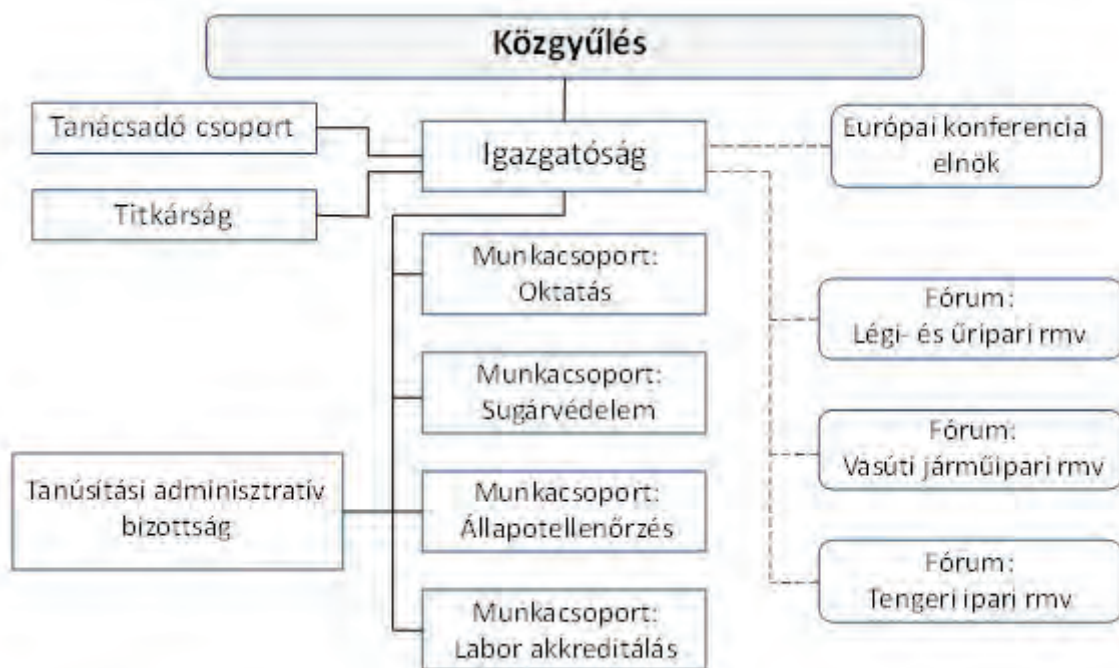
Az EFNDT specifikus céljai a következők:

- * Hozzájárulni a roncsolásmentes vizsgálat (továbbiakban: rmv) és az ahhoz kapcsolódó

lódó kutatás, fejlesztés, képzés, tanúsítás és akkreditálás fontosságának a minél szélesebb körű megismertetéséhez és elfogadtatásához az életvitelhez szükséges mérnöki szervezetek biztonságának és megbízhatóságának a javítása érdekében.

- * Jelen lenni a közéletben és megszólalni, mint a roncsolásmentes vizsgáló közösség európai hangja.
- * Erősíteni az európai rmv szövetségek és a szakmában érdekelt egyéb szervezetek kapcsolatát.
- * Képviselni az európai rmv közösséget az Európai Bizottság és más testületek ülésein.
- * Hozzájárulni a kereskedelmi korlátok megszüntetéséhez.
- * Partneri kapcsolatot építeni és folytatni a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Bizottsággal (*International Committee for NDT, ICNDT*) az rmv témák nemzetközi együttműködésének elősegítése érdekében.
- * Konferenciákat és szemináriumokat szervezni, beleértve a négy évenként megrendezésre kerülő Európai Roncsolásmentes Vizsgáló Konferenciát.
- * Munkabizottságokat szervezni és tanulmányokat készíteni az rmv területein.
- * Hírlevélben, újságban és elektronikus médiában publikálni.
- * Beszámolni a kutatás-fejlesztési projektek végrehajtásáról és azok eredményeiről.
- * Kialakítani és fejleszteni az európai személyzet és laboratórium tanúsítási rendszert.

Ma az EFNDT egy érett, működő szövetség, amit Európában és világszerte elismernek. Szilárd alapot nyújt nemcsak a nemzeti tagszövetségei és a szélesebb rmv közösség hatékony képviseletének, hanem az rmv fenntartható fejlődésének is Európában.



1. ábra Az EFNDT szervezeti sémája

2. Az EFNDT működése

Az 1. ábra az EFNDT szervezeti sémáját mutatja. Rendes Közgűlés évente egy alkalommal van. A stratégiai célokat és az ezekkel összhangban lévő operatív tevékenységek irányát az Igazgatóság jelöli ki. Maga a munka érdemben a munkacsoportokban, a bizottságban és a fórumokban zajlik. A főbb tevékenységeket operatív eljárásrendek szabályozzák, amelyekből jelenleg 13 van hatályban. Természetesen a nemzeti szövetségek tevékenysége adja a munka alapját.

Az Igazgatóság negyedévente ülésezik. Idő- és költségtakarékossági okokból jellemzően minden második igazgatósági értekezlet interneten zajlik. A többi esetben az Igazgatóság elfogadja valamelyik nemzeti szövetség meghívását. Ilyenkor az igazgatósági ülés rendszerint kapcsolódik az adott szövetség valamilyen eseményéhez (pl. konferencia). Ha egy tervezett igazgatósági ülés időpontja nem illeszthető eseményhez, akkor az Igazgatóság többnyire az EFNDT székhelyén, Brüsszelben jön össze. Itt a Vizsgáló és Tanúsító Szervezetek Nemzetközi Szövetsége (*International Confederation for Inspection and Certification Organisations, CEOC International*) központjában van az EFNDT székhelye is. A működés további részletei a Szövetség honlapján találhatóak (www.efndt.org). A 2. ábrán látható kép Párizsban a COFREND (Francia



2. ábra Igazgatósági ülés Párizsban, 2016
balra Bento Alves, a portugál szövetség elnöke,
jobbra Peter Merck, a svéd szövetség és egyben a
12. ECNDT elnöke

Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség) tárgyalójában tartott igazgatósági ülésen készült, 2016 őszén.

3. Főbb tevékenységek

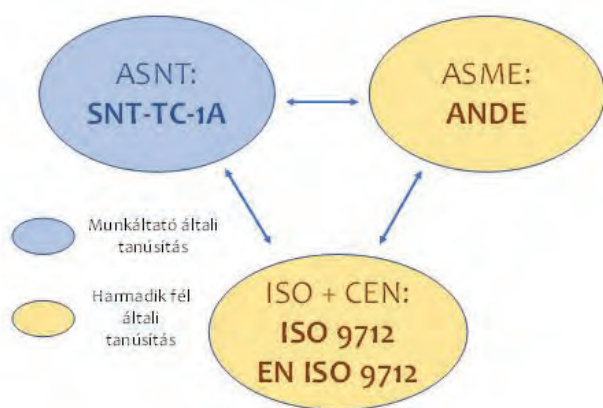
3.1. A vizsgáló személyzet minősítési és tanúsítási folyamatának segítése

A minőség és a biztonság iránt világszerte egyre növekvő igény megköveteli, hogy a különösen operátorfüggő rmv esetében garantált legyen a vizsgáló személytudása, gyakorlati képessége és megbízhatósága. Ezért kiemelt jelentősége van a képzésnek, a minősítésnek és a tanúsításnak. A világban ismert tanúsí-

tási rendszerek alapvetően két csoportba sorolhatók:

- * munkáltató általi tanúsítás,
- * független harmadik fél általi tanúsítás.

A 3. ábra az rmv személyzet tanúsításának globális helyzetét mutatja be. Látható, hogy az USA-ban és a világ más részein az amerikai szabványokat alkalmazóknál az Amerikai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (*American Society for Nondestructive Testing, ASNT*) javasolt gyakorlata (SNT-TC-1A) szerint történik a tanúsítás, de megjelent már ebben a régióban – az Amerikai Gépészmérnökök Társasága (*The American Society of Mechanical Engineers, ASME*) égisze alatt – a harmadik fél szerinti tanúsítás is. A világ



3. ábra Vizsgáló személyzet tanúsítás formái

többi részén ma az ISO 9712 szerinti sémát követik. Az EFNDT kezdettől fogva a független (harmadik fél által végzett) minősítést és tanúsítást támogatja. A Szövetség jelentős szerepet játszott az európai szabvány (EN 473) kidolgozásában, de a szabványban foglaltakon túlmenően szükségesnek tartott további szabályozást, például a vizsgáztatásban. Ezért az Igazgatóság a 90-es évek második felében létrehozta a tanúsítással foglalkozó adminisztratív bizottságát (*Certification Executive Committee, CEC*). A CEC célkitűzései a következők voltak:

- * az európai személyzettanúsító testületek EFNDT általi elfogadása,
- * a tanúsítványok kölcsönös elfogadási rendszerének (*Multilateral Recognition Agreement, MRA*) megszervezése és működtetése,

* az EFNDT vizsgakérdés gyűjtemény kezelése.

Az MRA aláírói aláírásukkal azt igazolják, hogy kölcsönösen elfogadják az aláíró tanúsító testületek által kibocsátott tanúsítványokat. Ez azt jelenti, hogy Európában feltétel nélkül az MRA listáján szereplő tanúsító testületek tanúsítványait fogadják el. Az MRA nyitott Európán kívüli ISO 9712:2012 tanúsítási rendszerrel működő tanúsító testületek számára is. Jelenleg 25 aláírója van a megállapodásnak, akik vagy akkreditált szervezetek az EN ISO/IEC 17024 szerint vagy a CEC által auditáltak és elfogadottak.

Az rmv személyzet minősítés és tanúsítás két párhuzamos szabványa 2012-ben összeolvadt. Az így létrejött ISO 9712:2012 jelentős lépés volt a világ-méretű harmonizálás útján, de többnyire csak minimum követelményeket fogalmazott meg. Az ICNDT is létrehozta a saját MRA-ját, amelynek a működése némileg különbözik az EFNDT MRA-tól. Az EFNDT meggyőződése, hogy továbbra is vezető szerepet kell játszania a vizsgáló személyzet minősítése és tanúsítása harmonizálásában. Ezért a CEC folytatja az MRA-val kapcsolatos tevékenységét a tanúsítási folyamat minőségének javítása és a lehető legnagyobb átláthatóság biztosítása érdekében.

3.2. Munkacsoportok és fórumok működtetése

Az 1. ábrán bemutatott szervezeti sémában négy munkacsoportot tüntettem fel. A munkacsoportok az rmv eredményét befolyásoló különféle területekkel foglalkoznak. A munkacsoportok száma és működési területe nem rögzített, azt első sorban az igények alakítják, rugalmasan. A munkacsoportok programját a vezetőik javasolják és a munkához a nemzeti szövetségek bármelyikének tagja/szakembere csatlakozhat. A jelenlegi négy munkacsoportból az első (Oktatás) most alakítja át a korábbi, a vizsgáló személyzet képzés központú programját az rmv felsőoktatási képzése irányultságúvá. A laboratóriumok és ellenőrző szervezetek akkreditálásával foglalkozó munkacsoport viszonylag új, és programja kialakítás alatt van.

A fórumok kissé lazább kapcsolatban vannak az EFNDT Igazgatósággal, mint a munkacsoportok.

Működésük az rmv-t alkalmazó jelentős iparágak alapján szerveződik. Nem kell indokolni a három – igen aktívan működő – fórum elsődlegességét. Mondani sem kell, hogy úgy a légi- és űripari, mint a vasúti járműipari fórum kiemelt figyelmet fordít a vizsgáló személyek specifikus kompetenciájának biztosítására, valamint a vizsgálati eljárások és követelmények iparági szabványosítására.

3.3. Európai konferencia szervezése

Az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Konferencia (European Conference for NDT, ECNDT) az EFNDT és tag nemzeti szövetségei legnagyobb nemzetközi rendezvénye. A konferencia műszaki / tudományos programja bemutatja az rmv legfrissebb fejlesztési eredményeit, alkalmazási példáit a legfontosabb ipari területeken. A konferenciával párhuzamosan megrendezett kiállítás a készülék gyártóknak és forgalmazóknak teremti meg a lehetőséget, hogy bemutassák a legújabb vizsgáló műszereket és rendszereket. Az első konferencia 1978-ban volt Mainz-ban (utólag vették be az európai konferenciák sorozatába), majd ezt követően a következő városok adtak otthont az ECNDT-nek: Bécs (1981), Firenze (1984), London (1987), Nizza (1994), Koppenhága (1998), Barcelona (2002), Berlin (2006), Moszkva (2010), Prága (2014) és Göteborg (2018). Az 1990-ben Szarajevóba meghirdetett konferencia a háború miatt elmaradt. Az ECNDT négy évenként kerül megrendezésre. A rendező nemzeti szövetség és a helyszín pályázat útján dől el. A pályázatot öt évvel az adott konferencia megrendezése előtt írja ki az EFNDT. A beérkezett pályázati anyagokat a Titkárság megküldi a nemzeti szövetségeknek, majd a rendes éves Közgyűlésen – a pályázók előadását követően – születik a döntés többségi szavazással.

A 4. ábrán a prágai ECNDT nyitóünnepségének egy mozzanata látható. Mint Alelnök, díjat adtam át – mások mellett – egy magyar egyetemi hallgatónak az rmv területén kifejtett kutató munkája elismeréseként. A képen (balról) Matthias Purschke, EFNDT Elnök, Agócs Mihály, díjazott, a Dunaújvárosi Főiskola hallgatója és Pavel Mazal, a Cseh Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség, valamint a prágai ECNDT elnöke áll mellettem.



4. ábra Díjátadás az ECNDT 2014 nyitó ünnepségen

3.4. Nemzetközi együttműködés

Az EFNDT – céljai elérése érdekében – együttműködést alakított és alakít ki az rmv területén működő vagy azt is tevékenységei közé soroló nemzetközi szervezetekkel. Az együttműködést a partnerek többségével együttműködési megállapodás rögzíti. A legfontosabb partnerek jelenleg a következők:

- * Amerikai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (ASNT),
- * Európai Akkreditációs Együttműködés (*European co-operation for Accreditation, EA*),
- * Európai ALARA Hálózat (*European ALARA Network, EAN*),
- * Európai Szerkezetintegritási Társaság (*European Structural Integrity Society, ESIS*),
- * Európai Hegesztési Szövetség (*European Federation for Welding, Joining and Cutting, EWF*),
- * Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (*International Atomic Energy Agency, IAEA*),
- * Roncsolásmentes Vizsgálati Központok Világszövetsége (*World Federation of NDE Centers, WFNDEC*),
- * Vizsgáló és Tanúsító Szervezetek Nemzetközi Szövetsége (*CEOC International*).

Az 5. ábra egy évente megtartott ASNT – EFNDT

informális igazgatósági ülésen készült, 2016-ban. A háttérben az ASNT prominensei állnak (balról: David Mandina, David Bajula, Kevin Smith és Terry Clausing), mellettem az Igazgatóság két tagja ül (balról: Emilio Romero és Fermin Gomez), előttem egy bajor kalap, miután az ülés a müncheni roncsolásmentes vizsgálati világkonferencia alatt volt.

3.5. Kiadványok

Az rmv szükséges minőségének eléréséhez nyújt útmutatást az a dokumentum, amit először 2008-



5. ábra ASNT – EFNDT informális igazgatósági ülés

ban, majd javítva és frissítve 2014-ben adott ki az EFNDT (*Overall NDT quality system, Issue 2, October 2014*). A dokumentum elkészítésével az volt a Szövetség célja, hogy elősegítse gyártás és üzemeltetés közben végzendő vizsgálatokkal kapcsolatos intézkedések jobb megértését a felhasználók részéről. A 6. ábra az rmv „minőségi lánc”-át mutatja.

Látható, hogy a vizsgálat minőségének elérése egy sor egymással kapcsolatban lévő szempont figyelembevételét igényli. Ezek a szempontok a kutatástól és fejlesztéstől a szabványokon és eljárásokon, a készülékeken, a vizsgáló személy kompetenciáján, illetve megbízhatóságán keresztül az auditok és a felügyelet hatásáig terjednek. A lánc természetesen olyan erős, amilyen erős a leggyengébb láncszeme. Egyetlen elemére fordított különleges figyelem sem tudja kompenzálni egy másik elem gyengeségét.



6. ábra A roncsolásmentes vizsgálat minőségi lánc

4. Az elmúlt három év eredményei

2015-ben egy jól szervezett Szövetség vezetését vettem át elődömtől, Matthias Purschke-től, ezért a munka adminisztratív megszervezésével, korrekciós intézkedésekkel nem kellett különösebben foglalkoznom, koncentrálni tudtam a lényegi kérdésekre. Ezek közül itt a normál ügymenettel kapcsolatos témákra (business as usual) nem térek ki. A normál ügymenet természetesen folyamatos tevékenységet igényelt, amiben segítségemre volt a titkárság vezetője, Mészáros Ágnes. Itt két témát ismertetek, amelyek a hatása a jövőben lesz majd érzékelhető és így maradandó nyomot hagynak az EFNDT munkáján, illetve az egyik még ezen is túlmutat, mert a roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozó szervezetek színpadjának és együttműködésének globális átalakítását jelenti.

4.1. Stratégiai terv megújítása

Mint minden szervezet, az EFNDT is kidolgozza a saját stratégiai programját, amit időről időre felülvizsgál és szükség esetén módosít. Elnökségem időszakában történt e program részletes áttekintése és aktualizálása; a munkát az Alelnök, Roger Lyon (jelenleg utódom az elnöki pozícióban) fogta össze. A Stratégiai terv alapját az EFNDT küldetése és Etikai kódexe képezi. Főbb fejezetei a következők:

- * A Stratégiai terv kidolgozásának folyamata (mikor és hogyan kell módosítani).
- * Együttműködés irányai és szabályai (jelenlegi partnerek és potenciális együttműködési irányok). Különösen hangsúlyos az ICNDT-vel és a többi regionális szövetséggel / csoporttal való együttműködés.

- * Belső szabályozás (az alapszabály, valamint az operatív működést szabályozó eljárásrendek kezelése, megújítása, illetve a működés fő irányainak kijelölése).
- * Kommunikáció (honlap, kiadványok és egyéb dokumentumok).
- * Vizsgáló személyzet tanúsítás (CEC tevékenység fő iránya, az MRA működtetése, ISO 9712 értelmezése).
- * Nemzeti rmv szövetségek támogatása (jó gyakorlat terjesztése, nemzeti szövetségek képviselőinek bevonása a fontos kérdések megvitatásába, európai pénzügyi támogatás felkutatása).
- * Szabványosítási tevékenység (fórumok ilyen irányú munkájának támogatása, szabványok véleményezése).
- * Oktatás és képzés (gyakornoki képzés kereteinek, valamint a személyzet képzés és egyetemi oktatás közötti harmónia kialakítása).
- * Konferenciák (nem rmv konferenciákon való részvétel szerepe).

4.2. A roncsolásmentes vizsgálat nemzetközi színterének átalakítása

Elődöm időszakában kezdődött, de lényegében az elmúlt három évben történt meg a nemzeti és nemzetközi rmv szövetségek globális működési modelljének lényeges átrendezése, aminek kezdeményezője és motorja az EFNDT volt. Az átrendezés szükségességét a helyzet leírása és a következő gondolatok alapozták meg.

Az elmúlt évtizedekben szerte a világon megalakultak a nemzeti rmv szövetségek. Ezek feladata az adott ország érdekelt rmv intézményei, úgymint a vizsgáló laboratóriumok, a készülék gyártók, a kutató intézetek közös érdekeinek a szervezése és képviselése. Ezen belül is kiemelt feladatnak tekintik a vizsgáló személyek minősítését és tanúsítását, továbbá az rmv szerepének a hangsúlyozását a hétköznapi élet biztonsága és a források fenntartható alkalmazása szempontjából. E célok és tevékenységek napjainkban már olyan dolgokat is érintenek, amelyek túlnyúlnak egy adott ország határain.

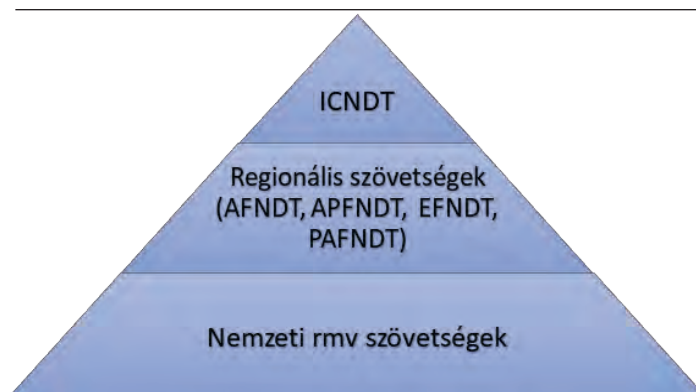
Lényegében ezért jöttek létre – a nemzeti szövetségekhez képest kis csúszással – a regionális rmv szövetségek, amelyek az adott régió (földrész) iparának és az országokon túlmutató rmv közösségnek az igényeit képviselik, illetve elgítik ki. Ezek a következők: Afrikai Szövetség (*African Federation for NDT, AFNDT*), Ázsia-Csendes óceáni Szövetség (*Asian and Pacific Federation for NDT, APFNDT*), EFNDT és Pánamerikai Szövetség (*Panamerican Federation for NDT, PAFNDT*). A nemzeti szövetségek e regionális szövetségek tagjai. Mindezek mellett létezik az ICNDT, amelyik a globális rmv témákra összpontosít. Úgy a nemzeti, mint a regionális szövetségek tagjai az ICNDT-nek.

A regionális szövetségek a tagjaik önkéntesek munkájára támaszkodnak. Ezzel szemben léteznek olyan nemzetközi szervezetek, mint például a Nemzetközi Hegesztési Intézet (*International Institute of Welding, IIW*) vagy az EWF, amelyek olyan struktúrát alakítottak ki, amelyik használja tagjai önkéntes tevékenységét, de alkalmaz professzionális támogatást (menedzsment és/vagy titkárság). Az EFNDT Igazgatóság már korábban felismerte, hogy a Szövetségnek sokkal több eredményt kellene elérnie, mint amire az adott struktúrában képes. Ellentmondást találtunk tehát az EFNDT céljai és azon tény között, hogy mindez csak önkéntes munkán alapszik. A helyzetet nehezíti, hogy az önkéntes munkára szánt idő a világban mindenütt általában egyre csökken. Az elmondottak érvényesek a többi regionális szövetségre, nemcsak az EFNDT-re, és érvényesek az ICNDT-re is. A helyzet megoldása kétféle módon lehetséges:

- * hozzáillesztjük a célokat a rendelkezésre álló korlátozott forrásokhoz vagy
- * professzionális támogatást alakítunk ki.

Az első opció nyílt visszalépés lenne az Alapszabályban meghatározott céloktól. A második opció finanszírozási kérdéseket vet fel, ami komoly kihívást jelent a regionális szövetségeknek.

A megoldás – egyben az EFNDT Igazgatóság javaslatára a többi regionális szövetség és az ICNDT felé – a nemzeti szövetségek támogatásának a megszerzése volt. Ez a nemzetközi rmv színtér alapvető átalakítását jelentette. A megoldás



7.ábra A globális rmv szintér hierarchiája

lehetőséget teremt a nemzetközi rmv szervezetek munkája hatékonyságának a növelésére a jövőben. Az elképzelés sémája a 7. ábrán látható.

A javasolt megoldás előnyei a következők:

- * Világosan meghatározott és logikus struktúra.
 - a nemzeti rmv szövetségek, ahol a "mezei" munka folyik, a regionális szövetségek tagjai és oda fizetnek tagdíjat;
 - a regionális szövetségek egyrészt teljes függetlenséget biztosítanak a nemzeti szövetségeknek és csak a régió igényei meghatározta irányokat jelölik ki, az ICNDT tagjai, és a kapott tagdíj egy részét átadják az ICNDT-nek;
 - a piramis csúcsán elhelyezkedő ICNDT harmonizálja a regionális szövetségek munkáját.
- * Egyszerűsíti és hatékonyabbá teszi a képviseletet.
 - megszűnik a nemzeti szövetségek kettős tagsága (regionális szövetség és ICNDT);
 - a nemzeti szövetségek választják a regionális szövetség igazgatóságát és 2-3 tagot delegálnak az ICNDT közgyűlésébe és annak más testületeibe;
 - az ICNDT közgyűlése választja saját elnökét.
- * Világos az egyes szintek közötti kommunikáció.
- * Lehetővé teszi a feladatok / projektek megfelelő helyre történő delegálását a regionális szövetség, illetve az ICNDT között.

A javaslat megvalósíthatóságának az alapja a tagdíjfizetés rendszerének alapvető megváltoztatása volt. Eltérően a jelenlegitől, ahol minden nemzeti szövetség azonos összegű tagdíjat fizet a regionális szövetségnek és az ICNDT-nek, az új rendszerben a tagdíj mértéke az adott rmv szövetség nagyságától függ. Öt kategóriát javasoltunk, amelyek közül a nemzeti szövetségek maguk választják ki a saját kategóriájukat az éves bruttó bevételük alapján. A kiválasztás tehát önkéntes és a későbbiek során módosítható. A tagdíj 60%-a marad a regionális szövetségnél, 40%-a kerül az ICNDT-hez. Pusztán érzékeltetésként: a legmagasabb kategória tagdíja 4000 EUR, míg a legalacsonyabbé 100 EUR. A módosított tagdíj rendszer jelentős mértékben növeli a befizetett tagdíjak összességét, ami megteremti a regionális szövetségek hatékonyabb működésének a lehetőségét.

A javaslatot az EFNDT Igazgatóság 2014-ben terjesztette az ICNDT elé. Ekkor egy bizottság alakult az ICNDT elnöke vezetésével, amelyben a regionális szövetségeket az elnökeik képviselték, és amelynek tagja volt még az ICNDT kincstárnoka és titkára. A bizottság az elmúlt három évben gyakorlatilag fél évente tartott ülést (Salt Lake City, Glasgow, München, Long Beach, Bécs, Singapore), és kemény viták során alakította ki a végső álláspontot, amit az ICNDT közgyűlése 2018-ban elfogadott. Az új struktúra 2019-től életbe lép.

Zárszó

Ahogy korábban fogalmaztam, az EFNDT egy érett, működő szövetség, amit Európában és világszerte elismernek. Hagyományainál fogva és tagszövetségeinek a számát tekintve a legerősebb regionális szövetség. Büszke vagyok arra, hogy lehetőséget kaptam a vezetésére és európai szinten járulhatam hozzá a roncsolásmentes vizsgálat fejlesztéséhez és előmozdításához az ipar, a szakma és az egész társadalom javára. Tisztában vagyok azzal, hogy ezt a lehetőséget nem egyedül saját eredményeimnek vagy képességeimnek köszönhettem, hanem a hazai roncsolásmentes vizsgálati szakmának és a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség munkájának az elismerése is benne volt.

A kézi ultrahangos vizsgálatok minősítésének tapasztalatai

Dr. Somogyi György†, Klausz Gábor, Skopál István, Nagy Zsolt
VMT elnökhelyettes VMT szakértő VMT szakértő VMT szakértő

1. Bevezetés

Az atomerőműben alkalmazott roncsolásmentes anyagvizsgálatok minősítése régóta foglalkoztatja a szakembereket és napjainkra tért hódított, bekerült az atomerőműveket üzemeltető országok többségében a jogi szabályozásába.

A biztonsági követelmények növekedésével először az Amerikai Egyesült Államokban kezdtek foglalkozni a kérdés műszaki és jogi szabályozásával. Az ASME kidolgozott egy javaslatot, amelyet a XI. kötetben tett közzé: *Rules for Inservice Inspection for Nuclear Power Plant Components* címen.

Ez folyamatos fejlesztés után 1999. novembere óta kötelezően alkalmazandó azok részére akik az ASME kód előírásai szerint járnak el. Közismert neve: ASME Code Section XI, Appendix VIII.

Ezzel lényegében párhuzamosan elindult egy fejlesztési folyamat az Európai Unióban (EU) is. Ennek keretében a PISC program eredményei arra késztették az engedélyeseket, hogy együttműködésre lépjenek egymással és fontolóra vegyenek egy hasonló kezdeményezést. Erre létrehoztak egy szervezetet az EU-n belül amely az Európai Vizsgálati és Minősítő Hálózat (ENIQ) néven vált ismerté.

A PISC III. 8 munkacsoportja kezdeményezte először 1995-ben az Európai Vizsgálati Módszertani Dokumentum kiadását, amely EUR 16139 EN számon került kiadásra. Ez volt az első Európában kiadott dokumentum, amely egy sor indítványt tartalmazott, mint például a műszaki bizonyítás felhasználását, az eljárás, vagy a berendezés vizsgálatának és a személyzet minősítésének szétválasztását, a nyitott próbák alkalmazását az eljárás és a berendezés minősítésére.

1996. áprilisban az Európai Nukleáris Hatóságok a könnyűvíz hűtésű atomerőművek berendezéseinek alkalmazott roncsolásmentes vizsgálati rendszerek előzetes és üzem közbeni vizsgálatának minősítésével kapcsolatban kibocsátottak egy Közös Állásfoglalásról Szóló Dokumentumot (EUR 16802 EN). Ez a Nukleáris Hatósági Munkacsoport hivatalos jelentése amelyet az Általános Igazgatóság támogatott, szintén tárgyalja az Európai Módszertan elemeit és

általában jó összhangban van az Európai Módszertannal.

Az Európa Vizsgálati Módszertani Dokumentum (EQMD) első kiadásának megjelenése óta több fejlesztésre került sor, amelyek alapján 1997-ben megjelent a második kiadása (EUR 17299 EN) [2], majd 2007. augusztusban megjelent a jelenleg is érvényes harmadik kiadása (EUR 22906 EN) [3].

Az EQMD rögzíti a legfontosabb definíciókat, amelyek közül néhányat ki kell emelni:

„Vizsgálatminősítés

Szisztematikus értékelés, olyan módszerekkel, amelyekkel megbízhatóan igazolható, hogy a vizsgáló rendszer képes a követelményeknek való megfelelésre valós vizsgálati körülmények között.

Fontos kiemelni, hogy az ENIQ eljárás a „vizsgáló rendszer” fogalmat használja.

„Vizsgáló rendszer

A roncsolásmentes vizsgálat összes eleme, amely befolyásolhatja a vizsgálat eredményét és megbízhatóságát, úgymint a vizsgáló berendezés, a vizsgálati eljárás (technológia) és a vizsgáló személyzet.”

Az EQMD kifejezetten az atomerőművek berendezéseinek időszakos ellenőrzéséhez (ISI) készült. Mindemellett hangsúlyozni kell, hogy a dokumentumban meghatározott általános elvek alkalmazhatók gyártásközi ellenőrzésekre és nem nukleáris berendezések ellenőrzésére is.

A dokumentum hatálya a vizsgálatminősítés végrehajtásának módjáról nyújtott általános irányelvekre korlátozódik. A döntés arról, hogy egy vizsgálatot minősíteni kell-e vagy sem, a résztvevő felek meg egyezésétől függ. Előre vetíthető, hogy nem minden rutinszerű roncsolásmentes vizsgálat minősítésére lesz szükség. Azokban az esetekben szükséges a minősítés, amelyeknél a roncsolásmentes vizsgálat feltehetően gyenge teljesítményének és/vagy bonyolult alkalmazhatóságának biztonsági és gazdasági következményei olyanok, hogy további iga-

zolás szükséges arra vonatkozóan, hogy a roncsolásmentes vizsgálat megfelel a követelményeknek. A minősítés azokban az esetekben is szükséges, amikor egy új roncsolásmentes technikát vezetnek be.

2. Előzmények

Az MVM PA Zrt.-nél végzett időszakos roncsolásmentes vizsgálatok minősítésének megkezdését 2000-ben határozta meg feladatként az Országos Atomenergia Hivatal. Első lépésben egy próbaminősítés lefolytatására került sor, melynek célja elsődlegesen a minősítés folyamatának megismerése, megfelelő tapasztalat szerzése a minősítési módszertan gyakorlatban való alkalmazásában illetve a PA Zrt.-ben lebonyolítandó további vizsgálatminősítések meg alapozása volt. A vizsgálatminősítések módszertani alapját a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által a VVER erőművek számára készített vizsgálatminősítési módszertan [1], és az Európai Vizsgálati és Minősítő Hálózat (ENIQ) által kiadott Európai Módszertan Roncsolásmentes Vizsgálatok Minősítésére [2] dokumentumokban lefektetett minősítési koncepció képezte.

A próbaminősítést a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés (MHtE) keretében megalkotott Vizsgálat Minősítő Testület (VMT) végezte. A próbaminősítés megkezdése előtt kidolgozásra kerültek a VMT minőségjelzési dokumentumai.

A próbaminősítés 2001-ben kezdődött és 2002-ben fejeződött be. A próbaminősítés tapasztalatai alapján véglegesítésre kerültek a VMT minőségirányítási dokumentumai, szervezeti felépítése és munkamódszerei. A jelenleg érvényes 13 minőségirányítási dokumentum teljesen lefedi a VMT tevékenységét.

A dokumentumok folyamatosan karbantartásra kerülnek. A felülvizsgálatok alapjait az új ENIQ dokumentumokban foglaltak és a vizsgálatminősítési tevékenység tapasztalatai alapján szükségessé váló módosítások jelentik. Az utolsó felülvizsgálatokra és módosításokra 2012-ben került sor. Ezen felülvizsgálat során már figyelembe lett véve, hogy a 2007-ben az ENIQ által kiadásra került az EUR 22096 EN jelű Európai Módszertan Roncsolásmentes Vizsgálatok Minősítése dokumentum harmadik kiadása [3]. A roncsolásmentes vizsgálatok minősítésére vonatkozó alapvető és lényegi előírásokat a VMT eljárásrendjei közül a MEr-01 jelű Minősítési Eljárásrend, Általános szabályozás [4] és az MM-01 jelű A Vizsgálat Minősítő Testület Munkamódszere [5] dokumentumok tartalmazzák.

A vizsgálatminősítési tevékenység 2001. évi elindítása óta 2017-ig összesen 32 tanúsítvány került kiadásra. A vizsgálatminősítések döntő többsége gépi vizsgálatokra, jellemzően gépi ultrahangos és néhány esetben gépi örvényáramos vizsgálatra vonatkoztak. Két kivétel volt, amelyek közül az egyik az impulzuscsövek folyadékbehatolásos vizsgálatának minősítése (MHtE-VMT-03/2004), a másik pedig a főkeringtető szivattyú töcsavarjainak mágnesezhető poros vizsgálata (MHtE-VMT-06/2005) volt.

Kézi, manuális ultrahangos vizsgálat minősítésére korábban nem került sor.

A hazai vizsgálatminősítés hátterét a Nukleáris Biztonsági Szabályzat (NBSZ) adja meg. A 2012-ben érvénybe lépett NBSZ [6], átvéve a WENRA ide vonatkozó előírását és a következők szerint rendelkezik:

„4.6.4.1400. A rendszerek és rendszerelemek időszakos anyagvizsgáló rendszereit minősíteni kell, amelyekkel igazolható, hogy a vizsgáló rendszer – vizsgáló berendezés, a vizsgálattechnológia és a vizsgáló személyzet – képes a követelményeknek való megfelelésre valós vizsgálati körülmények között.”

Az OAH HA5481 sz. határozatának megfelelően az MVM PA Zrt. felülvizsgálta a roncsolásmentes anyagvizsgáló rendszerek minősítésének rendjét, folyamatát. Ennek keretében az OAH-val történt konzultációt követően meghatározták az új NBSZ, vizsgálatminősítésre vonatkozó követelményeit kielégítő minősítési ütemezést és a minősítések tartalmát. Mindezt a 2012. július 02-i keltezésű „Koncepció a roncsolásmentes vizsgálatok minősítésére 2012-2018” című dokumentumban foglalták össze [7].

A dokumentum 2. sz. táblázata tartalmazza az UT-VU-011/AVO [8] és az UT-VU-012/AVO [9] jelű Anyagvizsgáló Technológiák szerinti vizsgálatok minősítését is.

Ezen vizsgálati technológiák egyértelműen kézi/manuális ultrahangos vizsgálatokra vonatkoznak.

Tekintettel arra, hogy sem az MVM PA Zrt. AVO, mint vizsgáló szervezet, sem a VMT nem rendelkezett tapasztalatokkal a manuális ultrahangos vizsgálatok minősítése területén, felmerült annak igénye, hogy a kialakult és meglévő nemzetközi kapcsolatainkat kihasználva megismerjük az EU vizsgálat minősítő testületeinek tapasztalatait és gyakorlatát ezen a területen.

A következő országok szakembereivel konzultáltunk: Franciaország, UK, Svédország, Finnország, Bulgária, Csehország, Szlovákia.

A felmérés során szerzett főbb információk:

- * Kiemelhető a vizsgáló személyzet célirányos képzésének szükségessége, különös tekintettel a vizsgálati eredményeket jelentősen befolyásoló szubjektív tényezőkre.
- * A válaszadók kiemelt fontosságúnak tartották a vizsgálattechnológiát.
- * Többen alkalmazták azt a módszert, hogy a minősítés gyakorlati vizsgáján, a szubjektív hatás csökkentése érdekében egy próbatestet két személy, vagy két vizsgálópár vizsgált meg és párhuzamosan értékelt ki, majd az eredményt illetően konszenzusra kellett jutniuk.
- * Levonható volt az a következtetés is (bár ez nem csak a kézi, hanem a gépi vizsgálatokra is értendő), hogy amennyiben alkalmaznak ún. csoportos minősítést, jellemzően azonosaknak, vagy közel azonosaknak kell lenniük a vizsgált komponenseknek (falvastagság, anyagminőség, szerkezet, stb.), az alkalmazott vizsgálati módszernek és a vizsgálatnál szemben támasztott követelményeknek.

3. Ferrites, plattírozott tartályköpenyek kézi ultrahangos vizsgálatának minősítési tapasztalatai

3.1. Bevezetés

Az atomerőmű berendezései között több olyan tartály is található, amelyeknél a belső felület plattírozása biztosítja az alapfém különböző hatásokkal szembeni védelmét. E komponensek közé tartozik a reaktortartály (RT) kupola, térfogatkiegyenlítő tartály (TK) és a hidroakkumulátor (HA). A minősítés tárgya a felsorolt berendezések bizonyos varratainak – nevezetesen a reaktortartály kupola körvarratának, térfogat-kiegyenlítő tartály köpeny körvarratainak, valamint hidroakkumulátor köpeny hossz- és körvarratainak – keretprogram szerint végzendő kézi ultrahangos vizsgálata volt.

A varratok tulajdonságai (plattírozás, anyagminőség, hegesztési technológia, viszonylagosan nagy anyagvastagságok), valamint a vizsgálatokhoz alkalmazott ultrahangos készülékek és alkalmazott vizsgálófejek azonossága, és nem utolsósorban a „minősítési hibaméretekre” vonatkozó feltételeket

azonossága lehetővé tette, hogy a minősítése ún. „csoportos minősítés” keretében történjen.

A minősítés alapcélja Műszaki Specifikációban (MS) rögzített, az üzemelési tapasztalatok, a hasonló igénybevételi állapotoknál előforduló korábbi meghibásodások, valamint törésmechanikai számítások alapján meghatározott ún. „minősítési hibák” detektálhatóságának igazolása volt.

A mérések, a mérésekből levont következtetések, szakmai megállapítások az MVM PA Zrt. szakembereinek munkája és érdeme. A cikk szerzőjének célja, hogy kiillózza a főbb eredményeket, rávilágítson azokra az érdekességekre, amelyek az ultrahangos anyagvizsgálók számára tanulságosak lehetnek.

3.2. A vizsgálatot befolyásoló tényezők hatása és azok kezelése

Általánosságban elmondható, hogy egy vizsgálat megbízhatóságát – a használt eszköz, vizsgálati technológia és a vizsgáló felkészültsége mellett – alapvetően befolyásolják a vizsgálati körülmények, ezen belül a vizsgált komponens tulajdonságai, hozzáférhetősége. Kellő gondossággal a befolyásoló körülmények egy része kezelhető, de vannak olyan helyzetek, amikor a vizsgálat teljesítőképességének romlásával kell számolni. Ilyenkor pontosan körül kell írni, hogy a vizsgálat milyen hibamorfológiákat képes detektálni, pozicionálni, illetve mértegni az elévart pontossággal.

Az alábbi példákban jól látható, hogy mennyi minden tudja „megkeseríteni” az anyagvizsgálók életét.

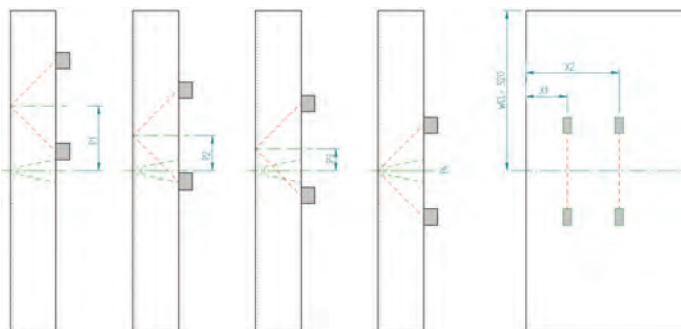
3.2.1. A hanggyengülés figyelembe vétele több anyagminőség együttes jelenléte mellett

Nagy anyagvastagságok esetében nem hagyható figyelmen kívül a hanggyengülés. Bonyolította a helyzetet, hogy a tárgyi minősítés során nem csak az alapanyag, hanem a varratanyag és plattírozás hanggyengítő hatását is figyelembe kellett venni.

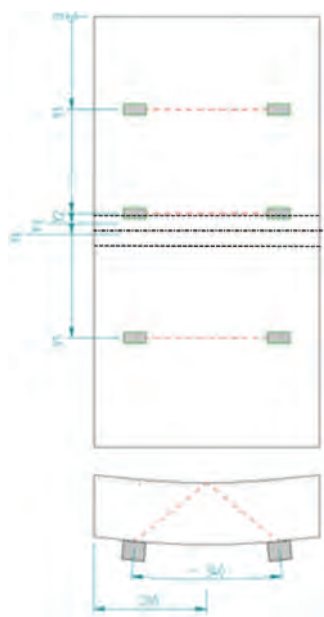
Az alapanyagra kiindulási alapként a szakirodalmi adatok alapján – számításba véve az alkalmazott vizsgálati paramétereket – a gyengén ötvöztött kovácsolt anyagokra általánosan alkalmazott ~10 dB/m érték került elfogadásra.

A varratnál átsugárzásos eljárásos méréssel (V-átsugárzással) történt a hanggyengülés meghatározása. A V-átsugárzásos módszer lényege, hogy a vizsgáló-

fejeket egymással szembe fordítva egy ugrás távolságban a V-áhangzás jelerősségét mérjük. A vizsgálófej elrendezés középsíkját a próbatesten úgy állítjuk különböző pozíciókba, hogy a hangnyaláb különböző részarányban haladjon át az alapanyagon és a varraton, melyből a két anyag közötti hanggyengülés eltérés megállapítható. A módszernél meghatározási pontatlanságot okozhat az interfész felületen föllépő reflexió (reflexiók és transzmissziós értékek $R>0$; $T<1$ közöttiek), de az akusztikus ellenállások százalékosan kismértékű eltérése



3.1. ábra Varratanyag hanggyengülésének mérése keresztirányú elrendezéssel



3.2. ábra Varratanyag hanggyengülésének mérése hosszirányú elrendezéssel

miatt a konkrét esetben ezt elhanyagolható volt. A mérést a 3.1. és 3.2. ábrán látható próbatesten két anyagvizsgáló egymástól függetlenül, a mesterséges reflektoroktól mentes két különböző pozícióban végezte el.

A 3.1. ábra szerinti elrendezésben a P2 jelű pozícióban halad a hangnyaláb tengelye leghosszabb,

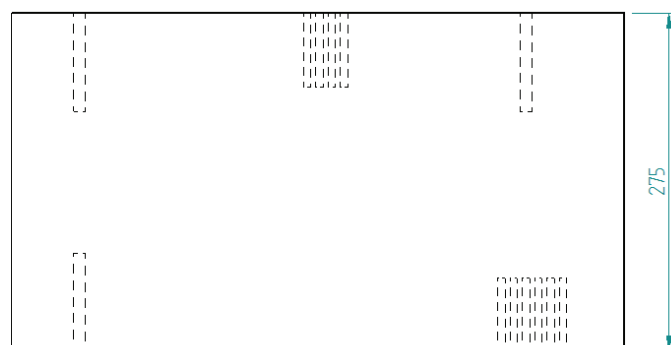
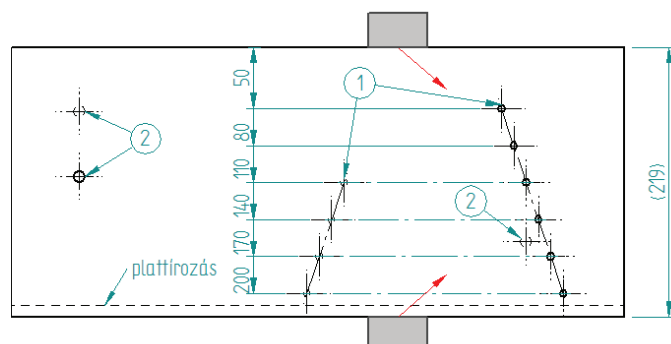
84 mm-es hangúton úton a varratban. A P1-es pozícióban kizárólag az alapanyagon keresztül halad a hangenergia. A kettő között 2 dB erősítéskülönbség volt. Ugyanez a 3.2. ábra szerinti elrendezésben, amikor csak a varratanyagon halad az ultrahang, 420 mm hangúton 9 dB jelcsökkenés adódott.

Ezekből az adatokból kiszámolható a varrat többlet hanggyengítő hatása (H_{v+}) alapanyaghoz képest:

$$\frac{2dB}{84\text{ mm}} = 0,023dB/mm \quad \frac{9dB}{420\text{ mm}} = 0,021\text{ dB/mm}$$

$$\rightarrow H_{v+} \approx 0,022\text{ dB/mm}$$

A plattírréteg hanggyengítése szintén mérések alapján került meghatározásra. A belső, hőhordozó közeggel érintkező felületek plattírozását mindhárom berendezésnél azonos típusú hegesztőanyaggal végezték, így lehetőség volt a plattírozás hanggyengülésre gyakorolt hatását egy, a reaktor-tartály anyagából kialakított 210 + 9 mm vastag-



3.3. ábra A plattírréteg hanggyengülésének mérési elrendezése

ságú plattírozott próbatesten vizsgálni. A vizsgálat során a próbatestben elhelyezett keresztirányú hengeres furatok visszhangjelét mérték az alapanyag, illetve a plattírozás felőli felületről, összehasonlítva az azonos mélységből kapott jel nagyságokat. Mivel a körülmények a plattírréteg jelenlététől eltekintve azonosak, az erősítésértékek különbsége a plattíro-

zásnak tulajdonítható.

A plattírozás felől vizsgálva a referencia furatokat, megállapítható, hogy alapanyag felőli mérésekhez képest ~ 9 dB jelerősség csökkenés észlelhető. A plattírréteg hanggyengülésére 45° - 60° közötti besugárzási szögtartományban $\sim 0,27$ dB/mm adódott. Miután sikeresen meghatározásra kerültek a hanggyengülések, folytatódhatott a vizsgálati technológia további részleteinek kidolgozása.

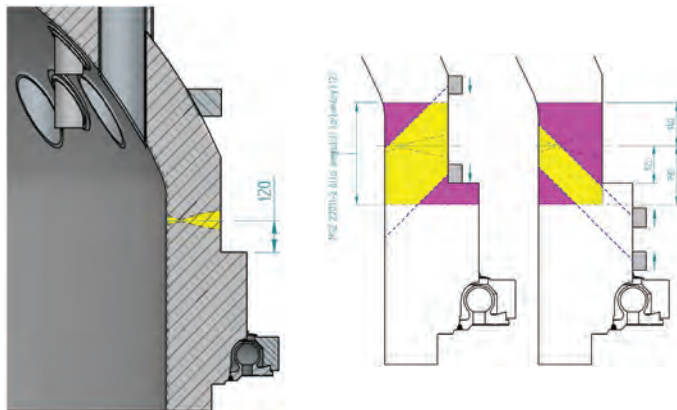
3.2.2. A vizsgálat megtervezése „bonyolult” vizsgálati felületeknél

Gyakran találkozunk tagolt, ferde felületekkel a varrat egyik, vagy mindkét oldalán, egy oldali hozzáférhetőséggel, különféle szerelvényekkel terhelt vizsgálati felületekkel. A szóban forgó minősítésnél mindegyik esetre volt példa. Ebben a pontban azt nézzük meg, hogyan lehetett figyelembe venni a vizsgálati felületek „káros mellékhatásait”.

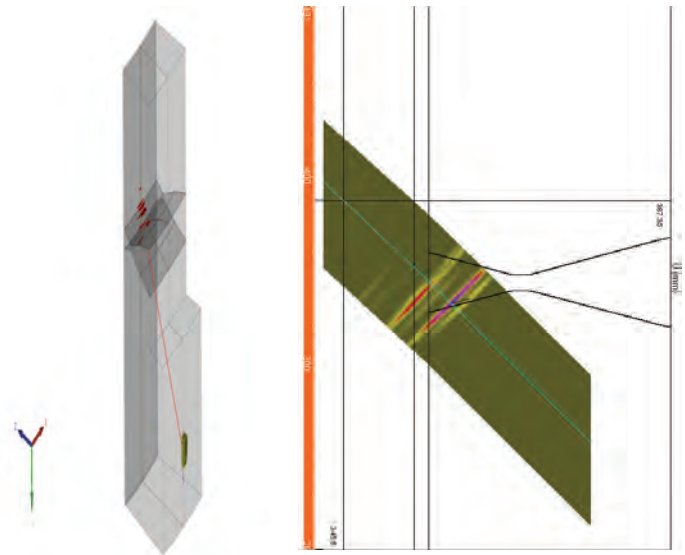
Tagolt felületre jó példa a reaktortartály (RT) körvarrata: a nagy falvastagság mellett a leszorító váll jelenléte okoz nehézséget (3.4. ábra).

A valóságot hűen modellező próbatest híján a hibadetektálhatóság meghatározása céljából elkészült a körvarrat CIVA modellje. A modell reflektoraiként először a CIVA-ban definiált elliptikus síkszerű (planáris) hibák lettek fölvéve az MS által meghatározott kritikus pozíciókban, valamint a varrattól távolabb, a vizsgálófejek által még lefedett konfigurációban.

A mérések és a CIVA számítások eredményképpen megállapítható volt, hogy a reaktortartály kupola esetében, a felület tagoltsága ellenére a hibadetektálás biztonságos (3.5. ábra).



3.4. ábra Az RT kupola körvarrat környezete és az ultrahangos besugárzások pozíciói



3.5. ábra Az RT kupola körvarrat geometria és a benne elhelyezett hibák „CIVA” képe

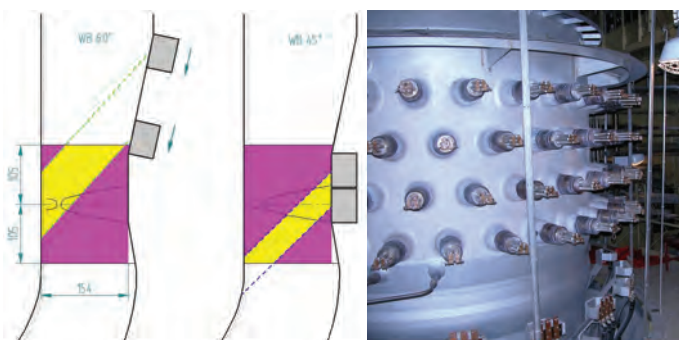
A 3.6. ábra TK egyik varratát ábrázolja: a varrat a fűtőpatronokat magába foglaló gyűrű és az alsó elliptikus fenék közötti helyezkedik el. Ennél a varratnál egyidejűleg több, a vizsgálat megbízhatóságát befolyásoló tényező hatását kellett elemezni:

- * a vizsgálati felület ferdesége,
- * az egy oldali hozzáférhetőség,
- * a vizsgálati felületen elhelyezkedő szerelvények.

A ferde vizsgálati felületet által okozott hatás viszonylag egyszerűen kezelhető. A felület dőlése miatt a vizsgálófej névleges besugárzási szöge megváltozik, aminek mértéke a dőlésszög ismertében kiszámítható. A továbbiakban az így kapott terjedési irányt kell alapul venni.

Egy oldali hozzáférhetőség esetében mindössze annyi a teendőnk, hogy a varrat valósághű keresztmetszeti rajzán pontosan szerkesszük ki a vizsgálandó tartomány lefedettségét. Ha azt tapasztaljuk, hogy a lefedettség részleges, vagy újabb besugárzási szögekkel kell próbálkoznunk, vagy ha ez sem vezet eredményre, a vizsgálati technológiában és a jegyzőkönyvben rögzíteni kell a vizsgálat korlátozott voltát.

A fej mozgató akadályozó szerelvények jelenléte már sokkal „izgalmasabb” kérdés. Első lépésként varrat a hozzáférhetőségének pontos meghatározása a feladatunk, ugyancsak keresztmetszeti rajz segítségével. A szerelvények mennyiségétől, kialakításától és elhelyezkedésétől függően sokszor teljes varratszakaszok maradnak ki, és mivel hatásos ellen-szere nincs a hozzáférhetetlenségek kezelésének, pontosan le kell dokumentálni a korlátokat.



3.6. ábra A TK 5/6 varrat kialakítása és vizsgálati lefedettsége.

3.2.3. Víz jelenléte a határfelület túloldalán

A határfelület reflexiós és átvezetési képessége – mint az a szakmai körökben kiválóan ismert – a határfelület két oldalán lévő anyagok akusztikus tulajdonságaitól függ. Ha levegő helyett víz lesz a határfelület túloldalán, megnő hangátvezetés, a reflexió mértéke romlani fog. A CIVA modell segítségével meg lehetett határozni, mekkora jel nagyság különbséget okoz a víz jelenléte: a hátfalon visszaverődő ultrahang-komponenst is tartalmazó indikációknál és azonos reflektorok esetében ~0,5 dB különbség adódott. Az értékelés során ezzel az értékkel kellett számolni.

3.2.4. Nem síkszerű hibák reflexiós képessége

Az anyagvizsgáló szakembereket mindig is foglalkoztatta, hogy vajon a síkszerű vagy nem síkszerű (azaz tagolt felületű) hibák kimutathatósága biztonságosabb-e. Irodalmi adatok és fizikai megfontolások ugyan adnak erre felvilágosítást, de mindig örömmel fogadunk további bizonyítékokat arról, hogy valójában mi is a helyzet.

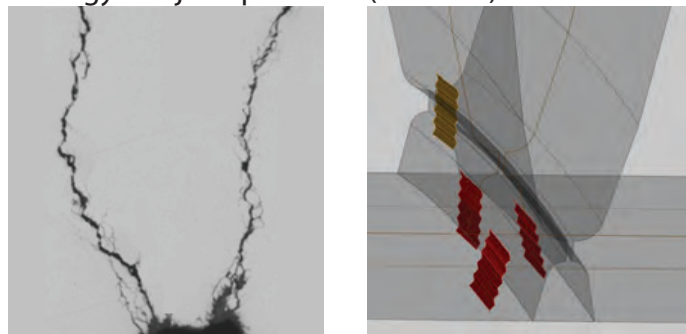
Szorosan ugyan nem tartozott a minősítéshez, de a műszaki bizonyítás során MVM PA Zrt. szakemberei bemutatták, hogy mi a különbség a síkszerű és nem síkszerű hibák reflexiós képességei között. A CIVA szoftver segítségével elemezték a hangvisszaverő képességeket, amiből az alábbi megállapítások tehetők:

A sík reflexiós felület merőleges szögtükörként mutat jó visszaverődést, ami a besugárzási szög változásával jelentősen csökken. Beágyazott, felületre merőleges hibáknál a reflexió mértéke lecsökken a felülettől mért távolság függvényében.

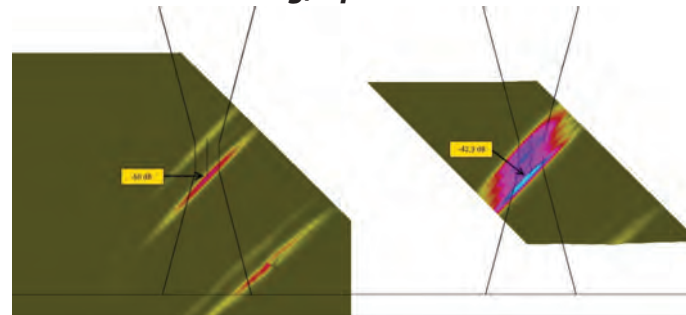
Nem sík reflexiós felületeknél (a modell reflektor 2 mm egyenes, egymással kb. 120°-os szöget bezáró

szegmensekből állt lásd. 3.7. ábra) a reflexiós képesség változó, de a szögérzékenység kisebb mértékű, kiegyenlítettebb.

Végző soron az a következtetés vonható le, hogy a vizsgált hibakonfigurációk esetében a nem síkszerű folytonossági hiány reflexiós képessége kevésbé érzékeny a besugárzási szög változására és jellemzően nagyobb jelet produkál (3.8. ábra)



3.7. ábra Egy IGSCC (intergranular stress corrosion cracking) típusú hiba modellezése



a) sík felületű hiba

b) töredezett felületű hiba

3.8. ábra Azonos helyzetű és méretű planáris és töredezett reflektor CIVA visszhangképének összehasonlítása

4. A gőzfejlesztő köpeny és fenék hossz- és körvarratainak, egyes köpenyhez csatlakozó csonkok sarokvarratainak és a csatlakozó gőzgyűjtő csövek kör- és sarokvarratainak vizsgálatai

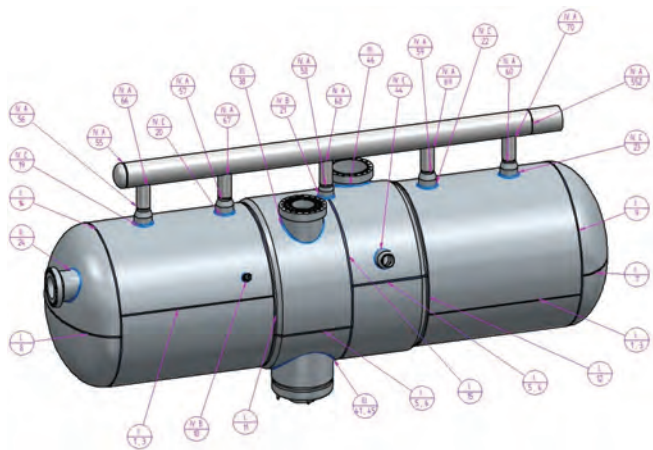
4.1 Vizsgálati körülmények, feltételek

E minősítési projektben a vizsgálandó varratok és alapanyagok mind ferritesek voltak. Geometria szempontból azonban számottevően különböztek egymástól mind a tompavarratok, mind a sarokvarratok. Az anyagvastagságok 16 és 134 mm, a görbületi sugarak 79 és 1739 mm között változtak.

Ráadásul (ld. 4.1. ábra) [10]

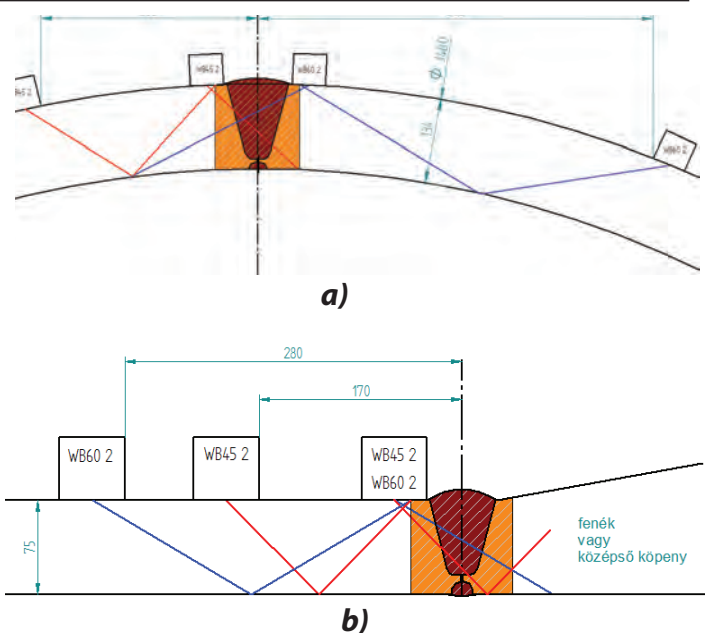
- * a köpeny fenéke, melyhez a búvónyílás csonkja (24-es sz. varrat) excentrikusan csatlakozik, elliptikus kialakítású
- * a két (az úgynevezett hideg, illetve meleg ági) kollektortest (38-as, 41-es, 45-ös és 46-os sz. varrat) aszimmetrikusan csatlakozik a köpenyhez, bár hossz tengelyük merőleges a köpenytest vízszintes szimmetriasíkjára, és
- * a tápvízcsonk (44-es sz. varrat) tengelye nem merőleges a köpeny felületére, hanem kb. 17°-os szög zár be a felület normálisával.

Középen a két, függőleges tengelyű szekunder kollektor, a bal oldali fenéken a búvónyílás, felül a gőzkollektor vízszintes gerincvezetéke és az öt függőleges gyűjtőcső csonkpár, a köpenyen szemközt pedig az üzemi (jobbra) és üzembizari (balra) tápvízcsonk látható. A lila buborékokban alul az egyes varratok száma, felül a beosztás szerinti csoportjának a jele olvasható. A hozzáférés kérdése mindig szorosan összefügg azzal, hogy az adott varratnak és hőhatásövezetének melyik és mekkora kiterjedésű tartományát kell megvizsgálni. Ezt atomerőművi szerkezeti elemeknél az ASME kód XI. kötet elő-



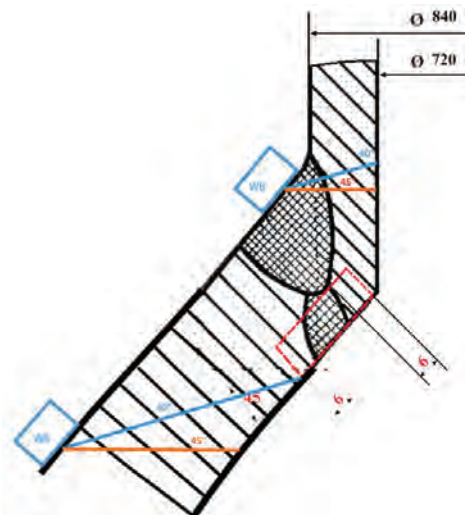
4.1. ábra A gőzfejlesztő tartály és a vizsgálandó varratok.

írásai alapján lehet és kell meghatározni. A kritikus tartományokat – a többi alapadattal együtt – természetesen tartalmazta a minősítés kiinduló dokumentuma, a Műszaki Specifikáció. E tekintetben is számottevő különbség volt a vizsgálandó varratok között. A megfelelő besugárzás lehetőségét és az esetleges korlátokat minden konkrét esetben külön-külön bemutatták az atomerőmű munkatár-



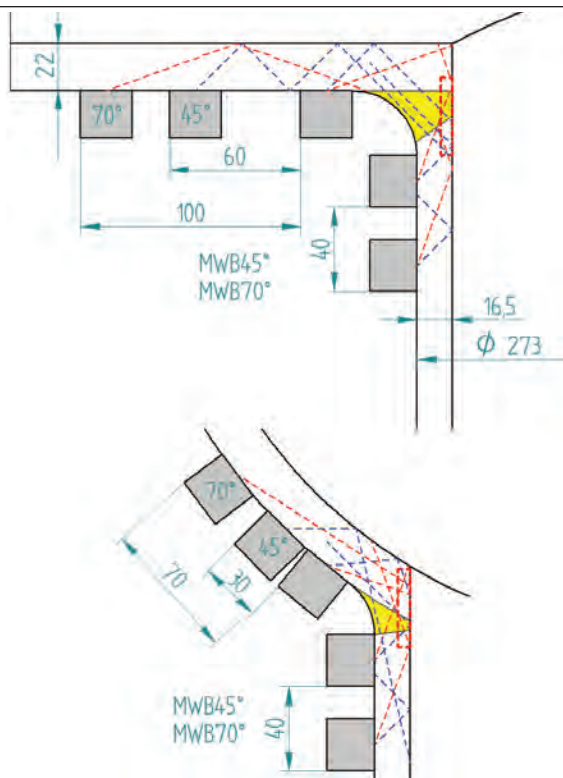
4.2. ábra A gőzfejlesztő köpeny középső szegmensén lévő hosszvarrat lehetséges besugárzása /a)/, valamint a szélső és középső szegmens, illetve a szélső szegmens és a fenékmező közti körvarrat lehetséges besugárzása /b)/.

A sraffozott tartomány a vizsgálandó keresztmetszet.

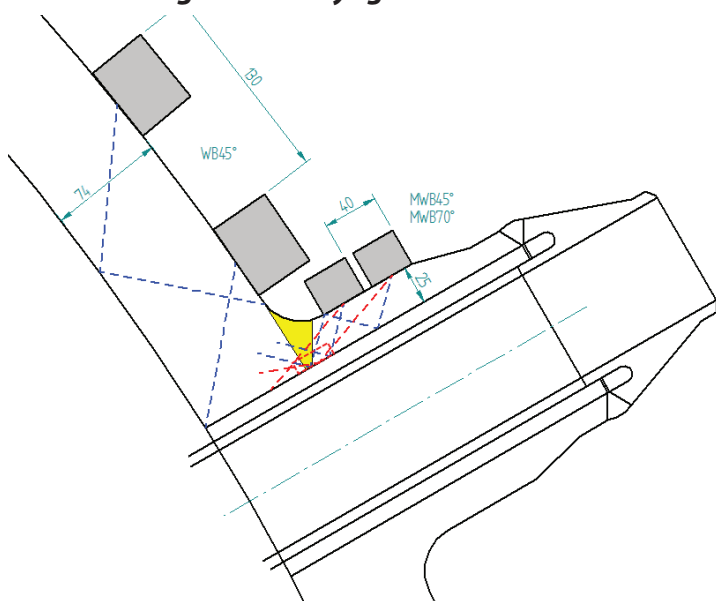


4.3. ábra A szekunder kollektortest és a középső köpenyszegmens közti felső varrat lehetséges besugárzása. A piros szaggatott vonallal határolt téglalap a vizsgálandó keresztmetszet.

sai – megszerkesztve legalább kétféle besugárzási szögnel az elérhető lefedettséget. A vizsgálati tartományokból és azok lehetséges besugárzásaiból mutat be ízelítőt a 4.2. - 4.5. ábra. [10].



4.4. ábra A gőzkelektor gerincvezeték és a hozzá alulról csatlakozó gőzgyűjtő csomak sarokvarratainak lehetséges besugárzásai (felső ábra: a gerincvezeték hossztengetyével párhuzamos metszet; alsó ábra: a gerincvezeték hossztengetyére merőleges metszet). A piros szaggatott vonallal határolt téglalap a vizsgálándó anyag-keresztmetszet.



4.5. ábra Az üzemzavari tápvízcsomak és a gőzfejlesztő köpeny közötti sarokvarrat lehetséges besugárzásai. A piros szaggatott vonallal határolt téglalap a vizsgálándó anyag-keresztmetszet.

4.2. Csoportosítás

Törésmechanikai szempontból – azaz a repedésterjedést, illetve a kritikus repedésméreteket tekintve – a szerkezeti elemek falvastagsága és átmérője szerint lehetett a vizsgálándó varratokat csoportosítani [11]:

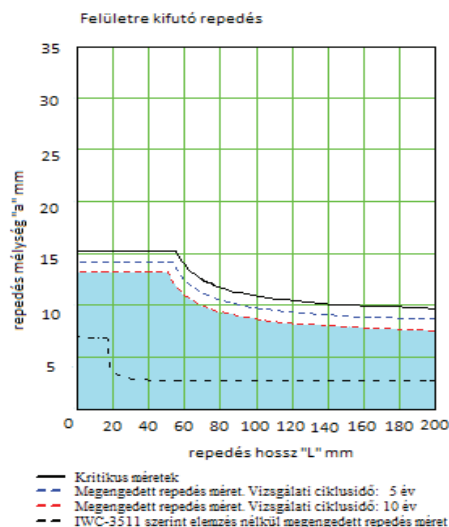
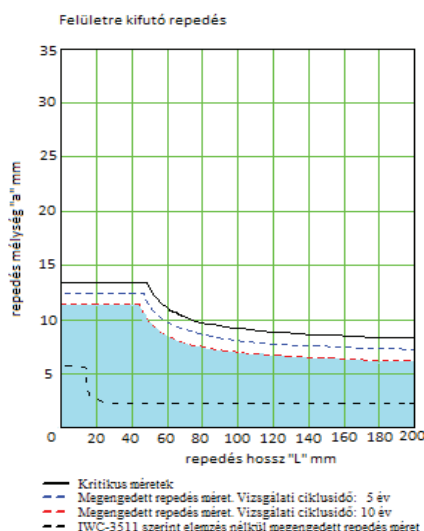
4.1. táblázat A vizsgálándó varratok törésmechanikai csoportosítása

Rövid megnevezés [Minősítési hiba kritériumokat tartalmazó dokumentum hivatkozási száma]	Fő méretek mm		Minősítési hiba kritérium		
	Belső átmérő	Fal- vastagság	Mélység mm	Hossz mm	Hiba elhelyezkedése
GF nyomástartó köpeny hossz és körvarratok [6]	3210	75 - 134	7	40	Belső felületi és beágyazott
GF kelektor és bivonnyílás varratok [7]	470 - 1105	80 - 135	6	35	Belső felületi
			12	70	Beágyazott
GF gőzgyűjtő kelektor varratok [8]	„A” csoport	16 - 22	3	15	Belső felületi
			6	35	Beágyazott
	„B” csoport	24 - 36	4	20	Belső felületi
			8	40	Beágyazott
	„C” csoport	45 - 62	6	35	Belső felületi
			13	70	Beágyazott

(Egyébként erre a csoportosításra az adott lehetőséget, hogy a gőzfejlesztő köpenyterében és a csatlakozó csomakokban, valamint a szekunder kelektorokban azonos nyomás uralkodik, tehát azonos vagy közel azonos anyagminőségű szerkezeti elemekben ébredő mechanikai feszültségek csak azok eltérő geometriai paraméterei miatt különböznek.)

A 4.1. táblázatban megadott, úgynevezett minősítési hibakritériumok olyan jellemző anyagfolytonossági hiányok, amilyen méretű folytonossági hiányokat már nagy (100%-os) biztonsággal kell detektálni az adott varratban. Ez a paraméter központi szerepet játszik a vizsgálatminősítésben, melynek keretében éppen azt kell igazolni, hogy a minősítendő vizsgálati technológiával (beleértve a vizsgálóeszközöket is) teljesíthető a nagy biztonságú detektálás az ilyen és ennél nagyobb méretű folytonossági hiányok esetében, az előírt vizsgálati tartományban. Az itt megadott méretpárok az egyes csoportokon belüli varratoknál egységesen használható, „közepes” folytonossági hiányok.

A törésmechanikai számításokból azonban megkapjuk az összes kritikus folytonossági hiány méret-párt, illetve azt a mérettartományt, amelyen belül lévő folytonossági hiányok a rendszeres üzemi vizsgálatok ciklusideje alatt nem érik el a már



4.6. ábra A kritikus (még megengedett maximális) repedésméretek 10 éves vizsgálati ciklusidő mellett (piros szaggatott vonal) a bűvönnyílás csomak és a fenék (balra), illetve a kollektortest és a köpeny (jobbra) közötti varratban. A méreteik alapján a kék színű tartományba eső repedések értelemszerűen megengedettek.

töréshez vezető kritikus méretet (ld. 4.6. ábra). Ha pontosabban akarunk tájékozódni és minősítési hibaméreteket meghatározni, akkor a táblázatbeli csoportokat szét kell bontani. Ezt bizonyítja az itt példaként bemutatott 4.6. ábra két diagramja.

(Megjegyzés: A diagramok felületi folytonossági hiányokra érvényesek, a beágyazottak mélység irányú mérete sokkal nagyobb lehet.)

Az előzőekből kiindulva a Műszaki Specifikációban [12] hat varratcsoport szerepelt:

Mindezen túl azonban, a bevezetőben felsorolt

4.2. táblázat A vizsgálandó varratok pontosabb csoportosítása

Csoportosításban részt vevő szerkezeti elemek	Fő méretek [mm]	
	Külső átmérő	Falvastagság
I. GF nyomástartó köpeny hossz- és kör-varratok	3360	75 - 134
II. GF bűvönnyílás-köpeny varrat	3480	134
III. GF kollektor-köpeny varratok	840/3840	60/134
	1263/3840	77,5/134
IV. GF gőzgyűjtő kollektor és tápvízcsomak varratok	„A” csoport 509/273	16 – 22
	„B” csoport 160-314 /3360-3480	24 – 36
	„C” csoport 367-381 /3360-3480	45 – 62

különbözőségeik miatt – vizsgálattechnikai szempontból – végül tíz varratcsoportot képeztek az atomerőmű szakemberei és az egyes csoportokra kisebb-nagyobb mértékben eltérő vizsgálati technológiát (ld. vizsgálati terjedeleme, vizsgálati típusok, besugárzási szögek, mérési tartományok, letapogatási paraméterek, értékelési kritériumok) dolgoztak ki [13]:

1. a gőzfejlesztő köpeny hosszvarratai (1a, 1b, 3a,3b; 5a, 5b, 6a, 6b)
2. a gőzfejlesztő köpeny körvarratai (9,14 11,12, 15)
3. a gőzfejlesztő fenéklemmezek hosszvarratai (7, 8)
4. a gőzfejlesztő fenék és a bűvönnyílás csomak sarokvarrata (24)
5. a gőzfejlesztő köpeny és a szekunder kollektorok közötti sarokvarratok (38, 46, 41, 45)
6. a gőzgyűjtő csomak és a gőzgyűjtő gerincvezeték körvarratai (56-60, 55, 55Z)
7. a gőzfejlesztő köpeny és a középső kivételével a gőzgyűjtő csomak közötti sarokvarratok (19, 20, 22, 23)
8. a gőzgyűjtő csomak és a gőzgyűjtő gerincvezeték közötti sarokvarratok (66-70)
9. a gőzfejlesztő köpeny és a középső gőzgyűjtő csomak közötti sarokvarrat (21)
10. a gőzfejlesztő köpeny és az üzemi, illetve üzemzavari tápvízcsomak közötti sarokvarrat (10, 44).

Megjegyzés: A listában a 4.1. ábrán feltüntetett varratszámok láthatók, azzal a pontosítással, hogy itt már „a” és „b” betűvel megkülönböztetjük a köpeny bal és jobb felén lévő, de azonos számozású hosszvarratokat.

Mindent összevetve tehát, fontos kiemelni, hogy azonos jellegű, de különféle objektumokon végzendő vizsgálatok minősítése vagy validálása (ld. például MSZ EN ISO/IEC 17025) esetében körültekintően kell meghatározni az együtt – összevontan – minősíthető, validálható technológiákat. Különösen érvényes ez az ultrahangos eljárásra, mert ennek alkalmazásakor nem elég az objektumok, illetve a vizsgálandó térfogatelemek hasonlóságára ügyelni, de azok szélesebb környezetének geometriai viszonyait is figyelembe kell venni a vizsgálófejek mozgatása, a megfelelő besugárzás megvalósítása miatt. Ez mind a kézi, mind a gépi vizsgálatokra érvényes persze. (Hozzá kell azonban tenni, hogy az utóbbiakat – ma még – eleve egyszerűbb geometriájú objektumoknál használják, így ezek esetében kevesebb vizsgálattechnikai probléma vetődik fel.)

4.3. Minősítő próbatestek

Bár a minősítő próbatestek általában kulcsszerepet játszanak a műszaki bizonyítás megalapozásában, tervezésüket és gyártásukat vagy (bérleti díj fejében történő) esetleges kölcsönzésüket a technikai lehetőségek, a határidők és a pénzügyi keretek háromszögében kell optimalizálni. Magától értetődő törekvés az, hogy házon belül vagy partner cégek-nél meglévő próbatesteket alkalmazzanak, ha van rá mód, hiszen ez idő- és pénztakarékos megoldás. Ennél a projektnél is, a gőzfejlesztő köpeny és fenéklemez hossz- és körvarratainak vizsgálatával kapcsolatban, kézenfekvő volt egy olyan próbatest kölcsönzése, amely hosszanti tompavarattal készült síklemez, továbbá megfelelő méretű, pozíciójú és orientációjú mesterséges folytonossági hiányokat tartalmaz a varratban. (A köpeny és a fenéklemez görbületi sugara olyan nagy, hogy egy síklemezzel is jól modellezhetők.) Kiderült azonban, hogy a próbatest vastagsága (40 mm) és szélessége (2x150 mm) nem elég nagy a teljes körű bizonyításhoz. Amint az a 4.2. ábrán is látható, az említett varratoknál a teljes anyagkeresztmetszetet meg kell vizsgálni, azaz a 75, 84 és 134 mm vastag szerkezeti elemekben a 0,5 ugrásból (direkt besugárzással) és az 1 ugrásból reflexiót adó anyaghianyokat is biztonság-gal ki kell mutatni. Tehát egy 40 mm falvastagságú

próbatesten végzett vizsgálatok csak akkor szolgáltatnak kellően erős bizonyítékot, ha – tekintettel a nyaláb széttartására és a hanggyengülésre – a benne lévő folytonossági hiányokat 2 és 3 ugrásból is egyértelműen detektálni lehet. Ez azt jelenti, hogy 45°-os vizsgálófejjel legalább 160, illetve 240 mm-re el kell távolodni a varrat szélétől, 60°-os fejjel pedig 280, illetve 420 mm-re. A próbatest 150 mm-es fél-szélessége ezt nyilvánvalóan nem teszi lehetővé. Ebből következően, s mert további próbatestek bevonására vagy kiegészítő modellszámításokra már nem volt mód, a Vizsgálatminősítő Testület kénytelen volt a Tanúsítványt az említett varratok vizsgálatára vonatkozóan a 0,5 ugrásból indikációt adó repedések detektálására korlátozódva kiadni.

5. Ausztenites és vegyes varratok kézi ultrahangos vizsgálatának minősítési tapasztalatai

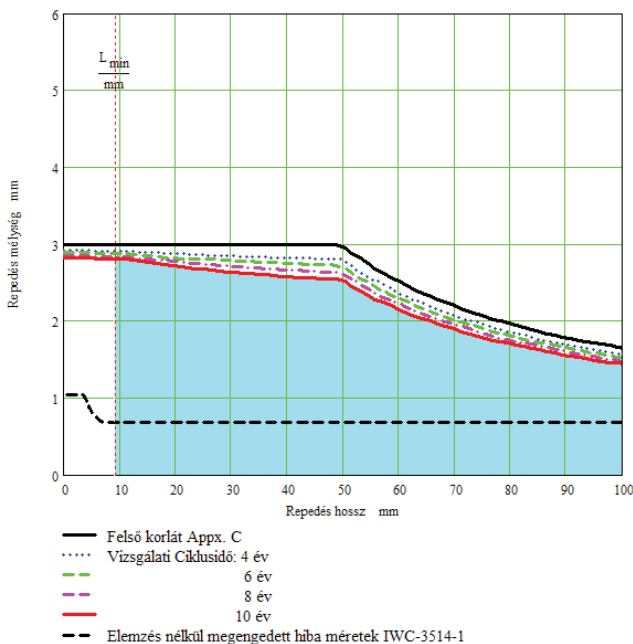
5.1. Bevezetés

Az ultrahangos vizsgálatok végzése során a gyakorlatban számtalan nehézség jelentkezhet. Ezek jelentős része a vizsgálandó anyagok szövetszerkezetével, a varratok geometriai kialakításával és hozzáférhetőségével kapcsolatos. Ezek a nehézségek, illetve ezek kiküszöbölési lehetőségei döntően befolyásolják egy adott vizsgálat teljesítőképességét. Az ausztenites és főleg az átmeneti varratok ultrahangos vizsgálata mindig is komoly kihívást jelentett az anyagvizsgálók számára. A nem túl kedvező, adott esetben a vizsgált térfogaton belül is változó, szemcseszerkezet már önmagában is megnehezíti a vizsgálatot, azonban ha ehhez még párosul egy nem túl vizsgálatbarát varratgeometria, vagy korlátozott hozzáférés, esetleg kedvezőtlen külső geometriai kialakítás, akkor a vizsgálat valós teljesítőképességének megítélése egyre nagyobb jelentőséggel bír. Emiatt különösen érdekes volt az ausztenites és vegyes varratok kézi ultrahangos vizsgálatának minősítése, melynek során majdnem az összes fent említett nehézség jelen volt.

Az eljárás során a Gőzfejlesztő (GF) üzemzavari tápvízcsonk első szerelési varratának és a Térfogatkompenzátor (TK) vízbefecskendező csonk három körvarratának kézi ultrahangos vizsgálatát kellett minősíteni. A minősítés során, a vizsgálattal szembeni követelményeket a Műszaki Specifikáció (MS) tartalmazta, mely jelen esetben a 100%-os meg-

bízhatóságú detektálás igazolását írta elő a 10 éves ciklusidőre számolt hibamélység 50%-át meghaladó mélységi méretű és az értelmezhető legkisebb hosszánál nagyobb hosszúságú, belső felületről kiinduló, a varratengellyel párhuzamos irányultságú, a felületre merőleges vagy a leélezés síkjába eső reflektorok esetére. Az 5.1.ábrán – példaként – a GF üzembiztossági tápvízcsatlakozás első szerelési varratára vonatkozó diagram látható. A MS követelményeinek való megfelelést Műszaki Bizonyítás (MB) készítésével és Nyílt Gyakorlati Vizsgálattal kellett igazolni. A minősítés a vizsgálati technológiára és a vizsgálóeszközökre vonatkozott, a személyzet minősítésére nem terjedt ki. A minősítésből sok olyan tapasztalat is leszűrhető volt, ami minden ultrahangos vizsgálatot végző számára érdekes lehet. Jelen cikkben ezeket az általánosan hasznosítható tapasztalatokat igyekeztünk összegyűjteni. A cikk azokra a mérésekre, mérési eredményekre támaszkodik, amit a minősítés során az MVM PA Zrt. szakemberei a saját maguk által kidolgozott vizsgálati technológia alapján végeztek és a Műszaki Bizonyítás keretében mutattak be. Ugyancsak az Ő munkájuk eredményei – az MB részeként – azok a mérésekből levont következtetések és megállapítások is, melyek közül - a fenti szempontok figyelembe vételével - több is beemelésre került a cikkbe.

Névleges Falvastagság: $t = 6 \text{ mm}$ Legkisebb értelmezett hossz: $L_{\min} = 9.2 \text{ mm}$
Legnagyobb kritikus hiba mélység: $a_{\max} = 3 \text{ mm}$

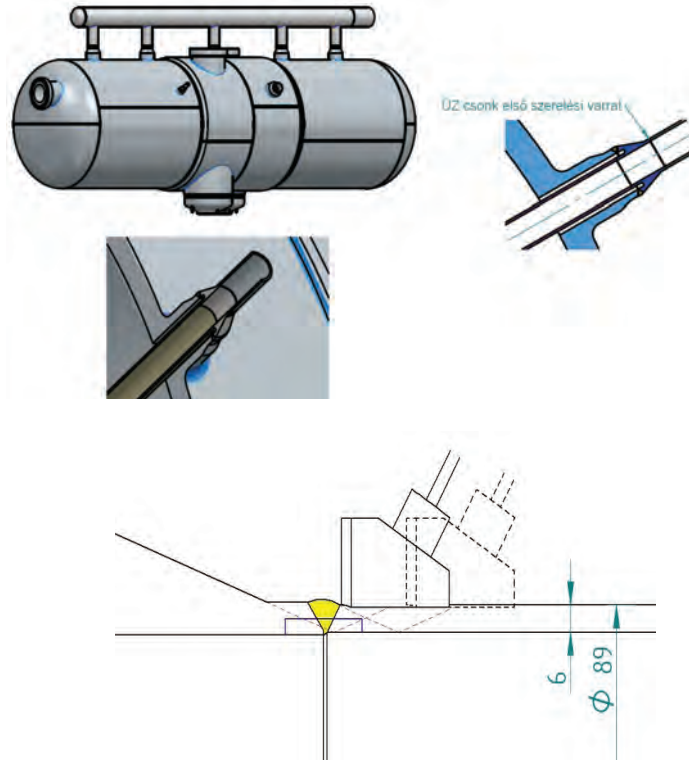


5.1. ábra

**GF üzembiztossági tápvízcsatlakozás első szerelési varrat.
Felületi hiba.**

5.2. A vizsgált varratok bemutatása

5.2.1. A GF üzembiztossági tápvízcsatlakozás első szerelési varrata



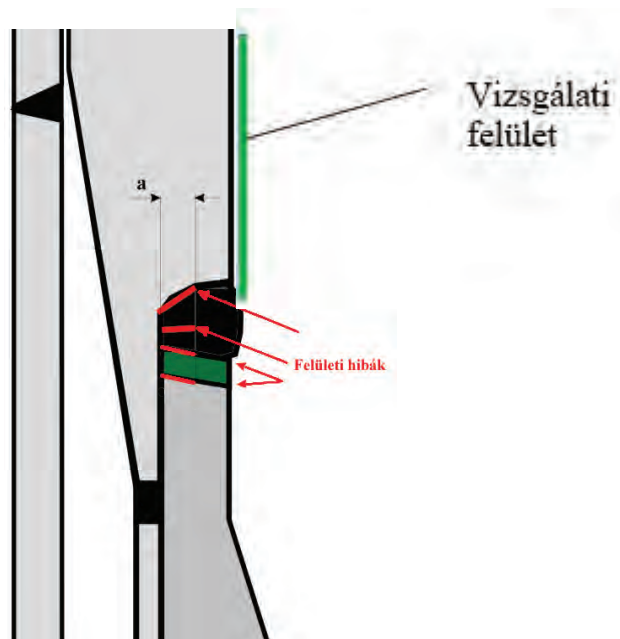
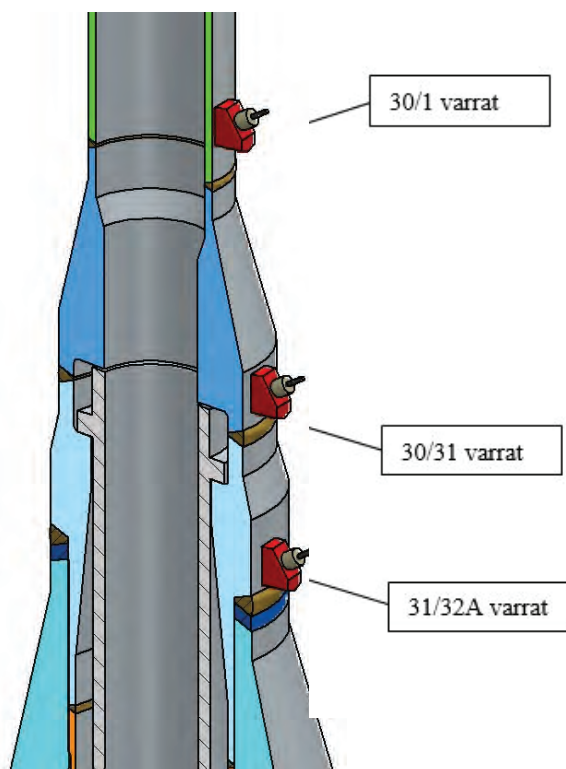
5.2. ábra

**GF üzembiztossági tápvízcsatlakozás első szerelési varrat
elhelyezkedése és kialakítása**

A GF üzembiztossági tápvízcsatlakozás első szerelési varrata jellemzően ausztenites kialakítású (anyagminőség: 08H18N10T), azonban egyes esetekben átmeneti varratos kialakítás is előfordulhat, amikor a csatlakozáshoz ferit-perlites alapanyagú csővezeték csatlakozik. A hegesztési varrat csak egy oldalról vizsgálható. A vizsgálat elvégzését nehezíti a viszonylag kis falvastagság és a kis átmérő is.

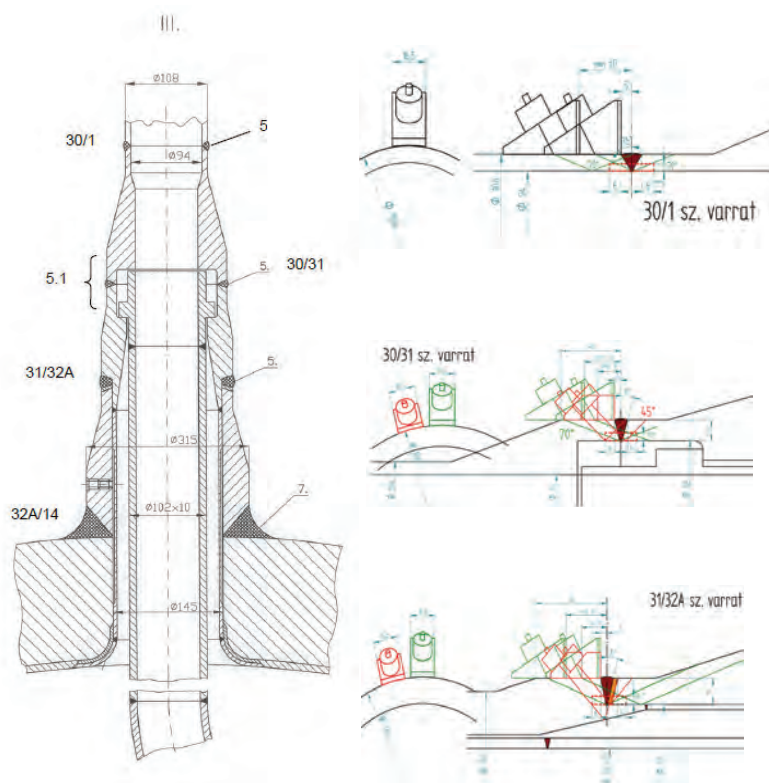
5.2.2. A TK vízbefecskendező csatlakozás körvarratai

A TK vízbefecskendező csatlakozás 30/1 és 30/31 sz. varratai ausztenites kialakításúak (anyagminőség: 08H18N10T), míg a 31/32A sz. varrata átmeneti kialakítású (anyagminőség: 08H18N10T / 22K). Mindhárom körvarrat a hozzáférhetőség miatt csak egy oldalról vizsgálható. A 30/1 sz. varrat kivételével a szkenelési felület rövidege további korlátot jelent. A vizsgálat elvégzését tovább nehezíti a viszonylag kis falvastagság, a kis átmérő, valamint a 31/32



5.4. ábra

A TK vízbefecskendező csonek 31/32A sz. átmeneti varratának kialakítása a feltételezett hibákkal és a besugárzási felülettel.



5.3. ábra

A TK vízbefecskendező csonek 3 vizsgált körvarratának elhelyezkedése és kialakítása

A varrat esetében a varrat geometriai kialakítása is (5.4. ábra).

Az 5.4. ábrán látható a 31/32A sz. varrat nem szokványos geometriai kialakítása, mely azt eredményezi, hogy az egyébként felületről kiinduló hibák egy részénél nagy valószínűség szerint nem alakul ki szög-tükrös.

5.3. A vizsgálatok tapasztalatai

A Műszaki Bizonyítást megalapozó mérések elvégzésére a vizsgálat minősítés céljaira kialakított próbatesteken került sor. Az MVM PA Zrt szakemberei a mérések során folyamatosan finomították a technológiát is.

5.3.1. Az anyagminőségből eredő nehézségek

Auszténites és átmeneti varratok esetén a megfelelő vizsgálati frekvencia és a hullámtípus kiválasztása rendkívül fontos. Az elővizsgálatok alapján a szakemberek választása a különböző besugárzási szög biztosító előtétekkel szerelhető, Ø10 mm rezgő méretű, 2,25 MHz frekvenciájú, transzverzális hullámot biztosító vizsgálófejre esett. A kis anyagvastagságok miatt további frekvencia csökkentésnek már nem volt értelme, a választott frekvencia optimális felbontást és megfelelő érzékenységet biztosított. A vizsgált auszténites anyagminőség (08H18N10T) és a kialakuló ömledék szerencsére nem túl durva

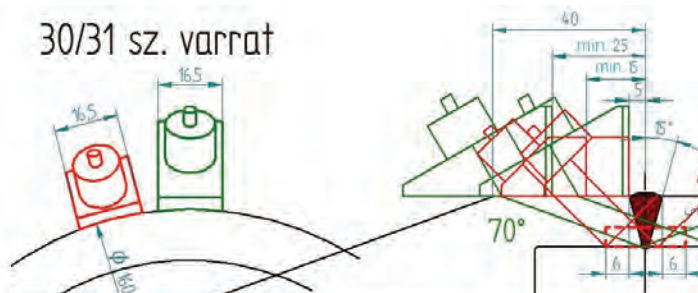
szemcseszervekkel rendelkezik, így ultrahanggal még jól vizsgálható. Mivel mind a négy hegesztési varrat csak egy oldalról vizsgálható, így a technológia alapján mindig a besugárzás oldali anyagminőség került figyelembe vételre mind a hanggyengülés, mind pedig a hang terjedési sebesség alkalmazása esetén. A korábbi mérések tapasztalatai alapján az ausztenites szövetszerkezet esetében 14 dB/m hanggyengülés és 3120 m/s terjedési sebesség, míg ferrit-perlites anyag esetén (a GF üzemzavari tápvíz-csonk első szerelési varrata esetén, ha átmeneti varratos a kialakítás) 10 dB/m hanggyengülés és 3250 m/s terjedési sebesség került alkalmazásra.

Az átmeneti varratoknál a ferrit-perlites alapanyag felé eső párnaréteg nem rontotta érzékelhetően a detektálást. Ez annak is köszönhető volt, hogy a detektálás feltételeként nem egy abszolút modell-reflektor nagyság került meghatározásra. Az atomerőmű szakemberei – a kidolgozott technológia alapján – azt a reflektort tekintették detektálnak, aminek a jelmaximума legalább 6dB-el meghaladta a zaj értékét, azaz a jel/zaj viszonya legalább 6dB volt. Az alap erősítés beállítása természetesen egy ellenőrzőtestben kialakított modell reflektorhoz képest történt (Ø2mm KHF, 4/5 SKM).

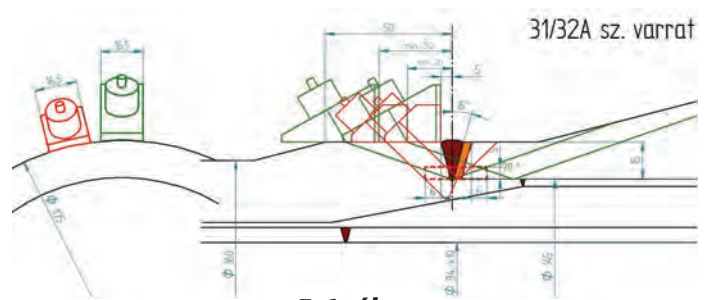
5.3.2. Korlátozott hozzáférésből eredő nehézségek

A négy varrat közül kettő esetében (a TK vízbefecskendező csonk 30/31 és 31/32A számú varratai) korlátozott a szkennelési felület hossza. A 30/31 sz. varratnál mindössze 40 mm, míg a 31/32A sz. varratnál 50 mm annak a felületnek a hossza, ahonnan a besugárzást el lehet végezni (5.5. és 5.6. ábra). A távolságok a varratközéptől a letörés széléig kerültek megadásra.

Mindkét varrat esetében a vizsgált térfogat (az ábrákon piros szaggatott vonallal jelölt terület) csak



5.5. ábra
30/31 sz. varrat



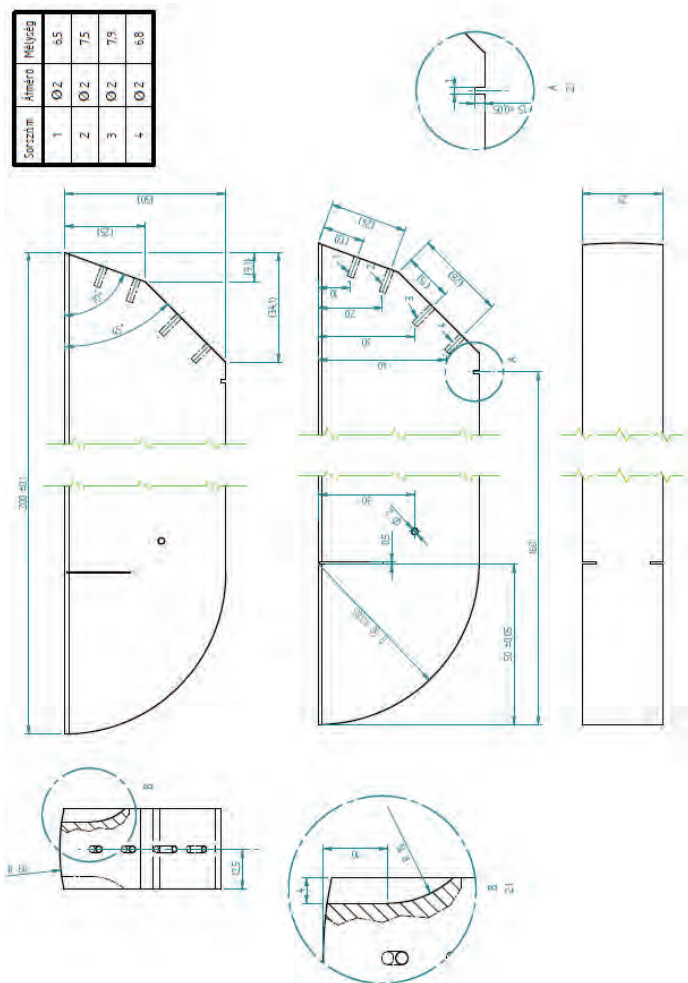
5.6. ábra
31/32A sz. varrat

több besugárzási szög (70° , 45°) alkalmazásával volt lefedhető, a szkennelési felület teljes kihasználása mellett.

5.3.3. Kedvezőtlen külső geometriából adódó nehézségek

Mind a négy varrat esetében a külső átmérő viszonylag kicsi. A GF üzemzavari tápvízvezeték első szerelési varrata Ø90 x 7 mm-es, a TK vízbefecskendező csonk 30/1 számú varrata Ø108 x 7 mm-es, a 30/31 sz. varrata Ø160 x 13 mm-es, míg a 31/32A sz. varrata Ø175 x 15 mm-es méretű. A vizsgálófejek becsiszolásának szükségességét a MSZ EN ISO 16811:2014 szabvány előírásai alapján lehetett eldönteni. Mind a négy varrat esetében a vizsgálófejek megfelelő becsiszolásával volt elvégezhető a vizsgálat. A vizsgálófejek becsiszolásának szükségessége természetesen kihatott a geometriai és az érzékenység beállításra is. A hagyományos ET1-es és ET2-es ellenőrzőtestek a becsiszolás miatt nem voltak alkalmazhatók. Az atomerőmű szakemberei a beállításokhoz speciális – külön erre a célra gyártott – ellenőrzőtestet használtak (5.7.ábra)

Az ellenőrzőtest ausztenites anyagból készült (anyagminőség: 1.4541) a becsiszolt vizsgálófejekhez megfelelő görbülettel (R 60) rendelkező besugárzási felülettel. A kialakított 50 mm-es körszektorra és a felülettől 30 mm-re található Ø2 mm-es KHF furat mind a geometriai, mind pedig az érzékenység beállítás (alaperősítés felvétele) elvégzéséhez alkalmassá teszi. Mivel a minősítési cél csak a reflektorok detektálása volt, így a méret-meghatározás nem volt feladat (jelen minősítés keretében). A becsiszolással kapcsolatban azonban érdemes megemlíteni, hogy amennyiben a reflektorok mélység irányú méretét is meg kellene határozni, úgy kizárólag csak az ÖRG módszer jöhetne számításba, mivel a MSZ EN ISO 16811:2014 szabvány előírásai alapján, becsiszolt vizsgálófejek használata során a TEN módszer nem alkalmazható a hibanaqyság meghatározására.



5.7. ábra 17/1008 sz. ellenőrzőtest

5.3.4. A kedvezőtlen varratgeometriából adódó nehézségek

Egy kedvezőtlen, nem kifejezetten vizsgálatbarát varratgeometria jelentősen meg tudja nehezíteni a vizsgálat elvégzését. A négy vizsgált varrat közül a TK vízbefecskendező csonk 31/32A sz. varratának kialakítása is sok gondot okozott az atomerőmű szakembereinek. Az 5.4. és az 5.6. ábrákon jól látható a varrat kialakítása. A varrat szigorúan nézve egy olyan V leélezésű átmeneti varrat, amely egy esztergált peremre került ráültetésre. Ennek az eredménye többek között az is, hogy az egyébként belső felületről kiinduló reflektorok egy része, vizsgálattechnikai szempontból nem felületi, hanem beágyazott reflektorként fog viselkedni, mivel a varrat gyökrésze összeolvad az alatta levő peremmel. A perem hátfalának ferde (az alap cső palástjával nem párhuzamos) kialakítása tovább rontja a vizsgálhatóságot

és a detektálhatóságot. Közismert az a tény, hogy detektálás szempontjából azok a felületi reflektorok a legkedvezőbbek, ahol megfelelő szögtükör alakul ki. A beágyazott reflektorok detektálását nehezíti, hogy sokkal könnyebben „elverik” az ultrahangot és így kedvezőtlen irányultság esetén sok esetben nem lehet őket biztonsággal detektálni.

Jelen minősítés során a detektálási biztonság igazolásához különböző mesterséges reflektorokat tartalmazó próbatestek kerültek felhasználásra, azonban a 31/32A varrat bonyolult geometriáját pontosan modellező próbatest nem állt rendelkezésre. Megfelelő próbatest hiányában elvileg a modellezés is felhasználható lett volna (CIVA szoftver alkalmazása), azonban a varrat átmeneti jellegéből adódó rendkívül változékony szövetszerkezet nem lett volna kezelhető a modellben. Így a 31/32A sz. varratban a feltételezett elhelyezkedésű és orientációjú hibák kimutathatóságának igazolására, jelen esetben, csak az egyszerűsített varratgeometriával rendelkező próbatestek vizsgálatainak eredményeit lehetett felhasználni. Ennek megfelelően a detektálást erre a varratra vonatkozóan csak a próbatest kialakításából adódó korlátozással lehetett igazolni.

6. Összefoglalás

Mindig tisztában kell lennünk azzal, hogy egy adott roncsolásmentes vizsgálatról mit várhatunk, hol húzódik meg a vizsgálat teljesítőképességének határa. Mint láttuk, a hibadetektálás eredményességét számtalan körülmény befolyásolja, melyek tételes és részletes föltérképezése elengedhetetlen. A cikk foglalkozik többféle anyag együttes hanggyengülésének kérdésével, „bonyolult” vizsgálati felületek hatásaival, a határfelület túloldalán lévő víz által okozott reflexió változással, valamint sík vagy nem sík felületek reflexiók képességének elemzésével.

Arra világít rá, hogy kellő odafigyeléssel, szakmai fölkészültséggel sok mindenre lehet megoldást találni, de ha ez mégsem lehetséges, akkor az anyagvizsgáló feladata (és érdeke), hogy precízen körülírja, milyen korlátokkal végezhető el a vizsgálat.

Cikkünkben arra is fény derül, hogy a vizsgálatminősítési tevékenység következtében az atomerőműben komoly hagyománya van a roncsolásmentes vizsgálatok minél megbízhatóbb megtervezésének és végrehajtásának.

7. Hivatkozások

- [1] IAEA-EBP-WWER-11, Methodology for qualification of in-service inspection systems for WWER nuclear power plants, IAEA 1998.
- [2] EUR 17299 EN, European Methodology for Qualification of Non-destructive Testing (Second issue), ENIQ 1997
- [3] EUR 22906 EN, EEuropean Methodology for Qualification of Non-destructive Testing (Third issue), ENIQ 2007
- [4] MEr-01, Minősítési Eljárásrend, Általános Szabályozás, MHTÉ 2012.11.15.
- [5] MM-01, A Vizsgálat Minősítő Testület Munkamódszere, MHTÉ 2012.11.15.
- [6] 118/2011.(VII.11.) Korm. Rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről. 4. melléklet: Atomerőművek üzemeltetése.
- [7] Koncepció a roncsolásmentes vizsgálatok minősítésére 2012-2018, MVM PA Zrt. AVO 2012. július 12.
- [8] UT-VU-011/AVO, Ferrit-perlites acélból készült szerkezetek alapfémeinek és hegesztett kötéseinek ultrahangos vizsgálata 465 mm-nél nagyobb átmérőjű és 15 mm-nél nagyobb falvastagságú szerkezeteknél. Anyagvizsgálati technológia, MVM PA Zrt. AVO
- [9] UT-VU-012/AVO, Ferrit-perlites acélból készült szerkezetek alapfémeinek és hegesztett kötéseinek ultrahangos vizsgálata 25 mm-nél nagyobb átmérőjű és 6-50 mm-es falvastagságú szerkezeteknél. Anyagvizsgálati technológia, MVM PA Zrt. AVO
- [10] MŰSZAKI BIZONYÍTÁS – A gőzfejlesztő ferrites köpeny, kollektor és gőzgyűjtő csomagtartók kézi ultrahangos vizsgálatának minősítése (MB-30); MVM Paksi Atomerőmű Zrt. BIG MINFO Anyagvizsgálati Osztály, 2017.
- [11] Pammer Zoltán (PaB Kft.): Javaslat ABOS-1,2 nyomástartó berendezés szerkezeti elemek ultrahangos vizsgálatának összevont minősítésére (dokumentum azonosító: PA-2/2015-002), 2015.
- [12] MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓ – A gőzfejlesztő ferrites köpeny, kollektor és gőzgyűjtő csomagtartók kézi ultrahangos vizsgálatának minősítése (MS-30); MVM Paksi Atomerőmű Zrt. BIG MINFO Anyagvizsgálati Osztály, 2016.
- [13] UT-VU-059/AVO: 2017 – ANYAGVIZSGÁLATI TECHNOLÓGIA – A gőzfejlesztő ferrites köpeny, kollektor és gőzgyűjtő csomagtartók kézi ultrahangos vizsgálata; MVM Paksi Atomerőmű Zrt. BIG MINFO Anyagvizsgálati Osztály, 2017.

FOUNDRI-MASTER
PRO2

HITACHI
Inspire the Next

Megnövelt pontosságú CCD spektrométer kritikus elemek, szennyezők vizsgálatára is.



Egyszerű és megbízható. **FM-Pro2.**

VÉGSŐ MINŐSÉGELLENŐRZÉS KOMPROMISSZUMOK NÉLKÜL

- | MAXIMÁLIS RENDELKEZÉSRE ÁLLÁS
- | MINIMÁLIS ÁLLÁSIDŐ
- | ALACSONY FENNTARTÁSI KÖLTSÉGEK
- | ALACSONY ÉSZLELÉSI HATÁR



A CIVA modellező program szerepe a roncsolásmentes vizsgálatok előkészítésének segítésében

Erdei Réka, Takács Csaba, Bézi Zoltán

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

1. A szimulációk célja

A szerkezetek meghibásodása jelentős problémákat okozhat, ezért nagyon fontos az esetleges törések, káresetek megelőzése. Emiatt a meghibásodások okait, bekövetkezésének lehetőségeit fel kell tárni, amelyhez a tudományok fejlődése egyre több lehetőséget ad. Az esetleges meghibásodások a tervezés, gyártás, valamint az üzemeltetés során keletkezhetnek. A törések mindig a repedés keletkezésével, majd ennek terjedésével következnek be. A repedésterjedés megindulását, terjedésének sebességét mechanikailag és anyagszerkezetileg is vizsgálni kell. A műszaki gyakorlatban a repedésjellegű hibák kiszűrésére számos roncsolásmentes vizsgálatot alkalmaznak, azonban ezen módszerek eredményességét sokféle tényező befolyásolja, mint például az anyagminőség, geometria, a hiba mérete, elhelyezkedése, jellege. Ilyen roncsolásmentes vizsgálatok a vizuális-, penetrációs-, mágneses repedésvizsgálat, valamint a röntgen-, az örvényáramos- és az ultrahangos vizsgálat. A hiba feltárásához először is meg kell határozni a legmegfelelőbb vizsgálati módszert, amelyhez ismerni kell az egyes vizsgálati módszerek korlátait, majd a módszer kiválasztása után jön a vizsgálatok előkészítése. Az ultrahangos, radiográfiai és az örvényáramos vizsgálatok helyszíni kivitelezését hosszúságú vizsgálattervezés előzi meg a helyszíni mérés könnyebb lebonyolítása érdekében. A vizsgálat tárgyát képező szerkezet geometriájából adódóan nehézségek léphetnek fel például a hozzáférhetőség szempontjából, vagy olyan vizsgálati módszert igényel, amellyel a teljes falvastagságban lehet vizsgálni. A helyszíni vizsgálat gyakran olyan környezetben történik, ahol nem lehetséges a mérést hosszabb ideig végezni, vagy többször megismételni a vizsgálat során előforduló esetlegesen még a tervezési szakaszban előre nem látható körülmények miatt. Ahogy az előző néhány ok is szemlélteti, a vizsgálat előkészítése rendkívül fontos a kivitelezés



1. ábra A CIVA szimulációk előnyei a vizsgálat különböző szakaszaiban [1]

szempontjából, elvégzése precíz munkát igényel, amelyhez a CIVA roncsolásmentes vizsgálatok tervezését segítő szimuláló program adhat segítséget. A CIVA többértékű segítsége a tervezésben, a vizsgálatban és a fejlesztésben is szerepet játszik, amely szakaszokban jelentkező előnyeit az 1. ábra mutatja.

2. A CIVA rövid bemutatása

A CIVA a CEA LIST által kifejlesztett szoftver, amely alkalmas ultrahangos, örvényáramos és radiográfiai vizsgálatok tervezésére és szimulálására. A szoftver a 90-es évek eleje óta fejlesztik, és 2010 óta világszerte forgalmazza az EXTENDE. További moduljai „Guided Wave”, (a radiográfiai modulhoz szükséges), „Ahtena2D”, amely egy végeselemes, ultrahangos modul, valamint a „Fidel2D”, amely véges differenciákon alapuló ultrahangos modul. A felhasználói felület minden modulban hasonló az NDT elemekhez és azok felhasználásához (mintadarabok, hibák, vizsgálatófejek, források, anyagok, beállítható paraméterek). [1] A szimuláció jelentős költségcsökkentő eszköz. Az ellenőrzés paramétereinek változtatására való képesség (az ellenőrzés alatt) lehetővé teszi az

alkatrész tervezési szakaszába történő mérlege-
lést, vagy az ellenőrzés bemutatásához szükséges
minták számának minimalizálását. A CIVA továb-
bá alkalmas POD (Probability Of Detection) gör-
bék számítására, amely figyelembe veszi a bi-
zonytalan bemeneti paraméterek hatását, ezáltal
növelik a megbízhatóságot és csökkentik a költ-
ségeket. Továbbá az átalakító tervezési folyama-
ta szimulációs módszerekkel vezérelhető, különö-
sen a fázisvezérelt és az EMAT technológiáknál. [1]
A legújabb vizsgálati módszerek tervezésével, az in-
novatív megoldások bevezetése miatt, mint példá-
ul a fázisvezérelt átalakítók, a teljesítmény demonst-
ráció vagy a minősítési folyamat, a CIVA használata
kulcsfontosságú a vizsgálatok optimalizálásához és
a költségcsökkentéshez. A rendelkezésre álló anya-
gadattáza, a változatos előre beépített geometri-
ák, az átalakítók és egyéb eszközök jelentős skálája
lehetővé teszi az ellenőrző tervezők és mérnökök
számára, hogy gyorsan és pontosan végezhessek el
a vizsgálat tervezését és magát a vizsgálatot is. [1]

3. Esettanulmányok

3.1. Gőzfejlesztő heterogén kötésének vizsgálata

(A szimulációt készítette: Bézi Zoltán)

A gőzfejlesztők felülvizsgálatával kapcsolatban eddig
már több tanulmány készült. Ezekben beszámolnak
arról, hogy a gőzfejlesztő kollektorok alsó tranziens
varrata több esetben jelentős károsodást szenved-
ett még jóval a tervezett üzemidő letelte előtt. A
károsodás jellegét tekintve kristályközi korrózió, ami
a varrat belső oldala felől indul ki. A tranziens var-
rat egy tipikus heterogén kötés, ahol szénacélt he-
gesztenek össze egy ausztenites korrózióálló acéllal.
A tranziens hegesztési varratok UT vizsgálata igen
bonyolult és speciális technikát igényel, mivel a két
acéltípus (ferrites és ausztenites) szemcsesterke-
zete közötti különbség nagy lesz a hegesztés után.
A szemcsesterkezetnek ez az alapvető különbsége
határozza meg az ultrahang haladását a varratban.
Az ultrahang terjedési sebessége függ a kristály-
rácsához viszonyított irányától. A ferrites anyagok-
nál az ultrahang hullámhosszához viszonyított kis
szemcseméret és a szemcsék random orientációja az

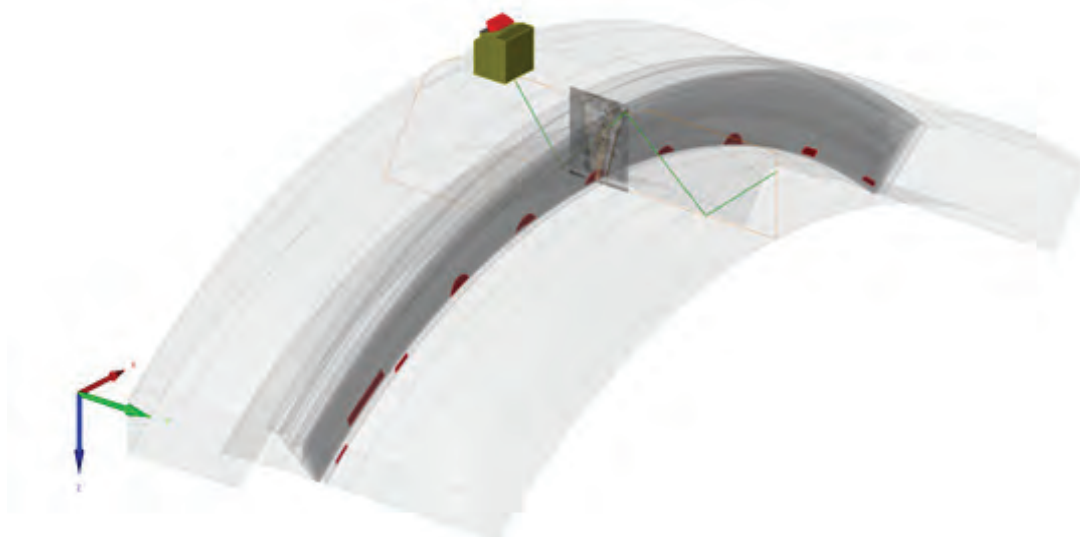
említett hatást átlagolja és a hangsebesség minden
irányban közel azonos, így modellezési szempont-
ból a ferrites (bénit, martenzit) rész izotrópnak te-
kinthető. Ausztenites varratanyag esetében a szem-
csék több hullámhossz nagyságot is elérnek. Emiatt
a hangsebesség a kristálytengelyhez viszonyított
orientáció függvényében erősen változó lehet, így
az ausztenites varratfém részt modellezési szem-
pontból a szakirodalom anizotrópnak tekinti. Az ani-
zotrópia hullámelhajlást, valamint a hangenergia
igen jelentős csillapodását és szóródását idézi elő.
Az ultrahangos vizsgálat szimulációja nagy segítség-
re lehet a hangnyaláb viselkedésének megértésé-
ben, ezáltal a vizsgálat tervezésében. Napjainkban, a
szakirodalomban több módszer fellelhető a hangter-
jedés modellezésére, úgymint különböző végesele-
mes, véges differenciál és fél analitikus sugárkövető.

3.1.1. Vizsgált geometria

A gőzfejlesztő csomakjának külső átmérője 1247 mm,
falvastagsága 71 mm. A próbatest rajzdokumen-
tációja alapján elkészítettük a geometriai három-
dimenziós modellt, mely tartalmazta a bemunkált
mesterséges hibákat, amelyet a 2. ábra szemléltet.

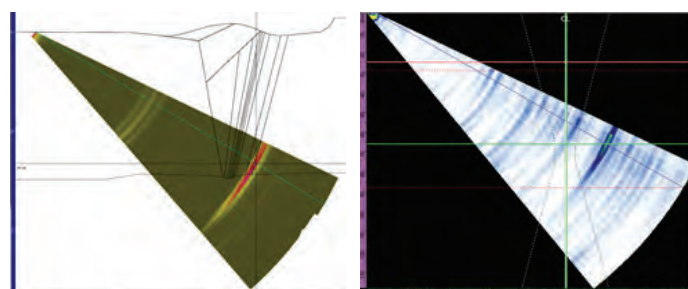
3.1.2. Beállítások

A modellezéshez szükséges anyagjellemzőket rész-
ben az elvégzett hangterjedési sebesség mérések-
ből, részben a szakirodalom által használtakból ál-
lítottuk be. Az anizotrópia definiálására felépítettük
az anyag merevségi mátrixát, az elvégzett hang-
terjedési sebesség mérések alapján. Az anyag csil-
lapítását irodalmi értékek felhasználásával defi-
niáltuk 2.25 MHz-re a három fő irányban.[2][3]
Az ausztenites korrózióálló acélt homogén izot-
rópnak feltételeztük, a sűrűségét $\rho=8,03 \text{ g/(cm}^3\text{)}$
a longitudinális hullámok terjedési sebességét
 $v_l=5660 \text{ m/s}$, míg a transzverzális hullámokét
 $v_t=3120 \text{ m/s}$ -ra tételeztük fel. A ferrites acél ese-
tén $\rho=7,8 \text{ g/(cm}^3\text{)}$, $v_l=5900 \text{ m/s}$, $v_t=3230 \text{ m/s}$ volt.
Az analízisekben használt homogén doméneket a
2. ábrán látható módon vettük fel a kristallitok ori-
entációi alapján. A kristályszerkezet irányultságát
a zöld színnel jelzett y-tengely szemlélteti.[2][3][4]
A vizsgálatainkhoz 32 rezgős fázisvezérelt



2. ábra A felépített 3D modell a mesterséges hibákkal

vizsgálófejet használtunk (225L32-A5). Minden esetben 16 rezgőt használtunk a 17-32 csoportban. Elvégeztük a modellezést szektorális (40-65°) és lineáris szkennelésre 46-55-60° is. A szektorális szkenneléses vizsgálatainknál azt az ideális besugárzási pozíciót kerestük, amelynél a hibák a legjobban látszanak. Ehhez 2D-s sorozatszámításokat végeztünk longitudinális hullámokkal. Az így meghatározott pozícióban új 3D-s számításokat végeztünk, amelyeket összevetettünk a mérésekkel, valamint az adott pozícióból elvégeztük a transzverzális hullámmal történő szkennelést is.

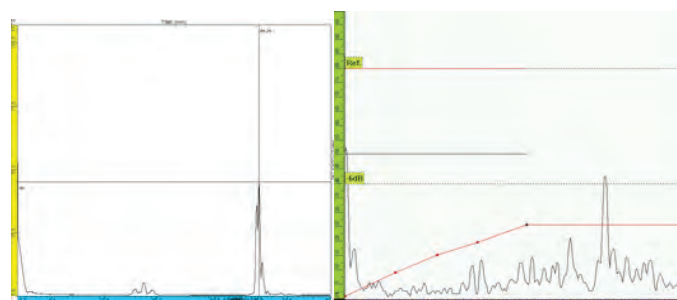


a, Szimuláció

B, Vizsgálat

3. ábra A mért és szimulált S-képek

középvonalához mértük. A mesterséges hiba orientációjából fakadóan a csak longitudinális hangnyalábok fősugara egyik besugárzási szögnél sem érkezik vissza közvetlenül a hibáról, a hangnyaláb elhajlás a varratban nem jelentős. Az első hibáról 92 mm indextávolságból végeztünk vizsgálatokat és szimulációt mindkét hullámtípussal. Az alábbiakban a longitudinális hullámmal történő vizsgálat és szimuláció eredményei láthatóak.



a, Szimuláció

B, Vizsgálat

4. ábra A mért és szimulált A-képek

2. ábra A homogén domének pozíciója

3.1.3. Eredmények, következtetések

Itt szemléltetjük az egyik hiba szektorális szkennelését. A modellben szimuláltuk a próbatest homlok és hátfalviszhangját, valamint két fél ugrást vetünk figyelembe. A vizsgálófej pozícióját a varrat

A munkánk során a VVER-440 típusú gőzfejlesztő kollektorok alsó tranziens varrat egy előre bemunkált mesterséges hibájának a fázisvezérelt ultrahangos modellezését végeztük el. A szimulációk segítségével sikerült megállapítani az adott orientációjú mesterséges hiba vizsgálatára legalkalmasabb indextávolságokat és besugárzási szögeket longitudinális és transzverzális vizsgálatához. A szektorális szkennelésre történő vizsgálat szimulációi jó egyezést mutatnak az elvégzett vizsgálatokkal. Elmondhatjuk, hogy a szimuláció és a valós vizsgálat eredményei nagy hasonlóságot mutatnak. Természetesen, egy szimuláció nem tud minden apró eltérést figyelembe venni, csak azt, aminek a vizsgálatára felkészítették.

3.2. Ammónia konverter körvarratainak vizsgálata

(Szimulációt készítette: Erdei Réka, közreműködött:
Bézi Zoltán, a helyszíni vizsgálatoknál
közreműködött: Takács Csaba)

A vizsgálat tárgyát egy 1968-ban készült, 10 m magas, 1400 mm külső átmérőjű, 100 mm falvastagságú ammónia konverter képezi. A nyomástartó edényen előírt vizsgálatokat rendszeresen végezték, azonban ezek ellentmondása alapján szükségessé vált a tartály tényleges állapotának felmérése. A edényen az évek során vizuális, penetrációs-, valamint a belső hibákat is kimutatni képes repedésvizsgálatokat végeztek, amelyek eredményei alapján az eddigi üzemelés során nem tapasztaltak sem felületi sem belső szerkezeti folytonossági hibát. Mivel a tartály belső hozzáférhetősége

korlátozott volt, ezért szükségessé vált olyan vizsgálati módszer alkalmazása, amely a 100 mm falvastagságnál is megbízható a nyomástartó edény megbontása nélkül. A vizsgálat tervezésének elősegítésére szintén a CIVAModellező programot használtuk.

3.2.1. Vizsgált geometria

A megbízótól kapott jegyzőkönyvek alapján a hegesztési varratok adatai rendelkezésre álltak. Az edény falvastagsága 100 mm, a varrat méreteit a programba beépített geometriák közül választottuk, amely méreteit a 2. ábra alapján adtuk meg.

3.2.2. Beállítások

A varrat vizsgálatakor síkvarratot definiáltunk, melynek oka a tartály nagy átmérője, így a görbület elhanyagolható a vizsgáló fejhez képest, így a probléma 2D-s feladatként kezelhető, mely nagyban gyorsította a szimulációk elvégzését. A varrat anyaga nem különbözött az alapanyagtól, így mindkettőnek erre az anyagra (24CrMo10) jellemző ultrahang terjedési sebességeket adtuk meg. Így a longitudinális hullám terjedési sebessége az anyagban $v_l = 5390$ m/s, a transzverzális $v_t = 3000$ m/s. Az anyag sűrűsége $\rho = 7,67$ g/cm³ is megadásra került. A program segítségével beállítható a vizsgálófej, amelyet a rendelkezésre álló fejek közül választottunk, így ez egy 32 rezgőből álló fázisvezérelt vizsgálófej, amelyhez a vizsgálati frekvencia 2,25 MHz, valamint csatolóközegként vizet alkalmaztunk. A vizsgálatnál minden esetben ezekből 16 rezgőt használtunk. Az ultrahangos hullám típusa esetünkben transzverzális, a modellezést



5. ábra A vizsgált hegesztési varrat méretei

szektoriális szkennelésre végeztük el, amelynek vizsgálati szögtartományát 40-60°-ra állítottuk be.

3.2.3. Cél

A megbízó tájékoztatása szerint az ammónia konverter tartály megbontását az elkövetkező 15 évben nem tervezik, ezért a legkritikusabb résznek tekinthető felső és alsó övvarrat és környezetének repedéskereső vizsgálatát a tartály külső oldaláról kell megoldani. Hagyományos ultrahangos vizsgálattal, a 100 mm falvastagság miatt, a feladat nem oldható meg megfelelő megbízhatósággal. A feladatra, a jelenleg legmodernebb és legmegbízhatóbb vizsgálati módszert, a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati módszert (PAUT) választottuk. A megfelelő vizsgálófej és vizsgálati paraméterek meghatározása érdekében módszerfejlesztést hajtottunk végre, amely munkában, az intézetünk munkatársain kívül részt vettek a vizsgálattal megbízott cég szakemberei, illetve a vizsgálóberendezés gyártó cég megbízottja is. A hegesztési varrat geometria és falvastagság alapján modellt készítettünk és a CIVA ultrahangos modellező szoftver segítségével meghatároztuk a vizsgálati paramétereket úgy, hogy a belső oldalon az esetlegesen meglévő, felületre merőleges repedés kimutatható legyen. A szimuláció elsődleges célja a vizsgálófej elhelyezkedésének meghatározása volt, hogy a vizsgálatainknál megtaláljuk azt az ideális besugárzási pozíciót, amelynél a hiba a legjobban látszik valamint a szimuláció eredményei egy összehasonlítási alapot nyújthatnak a mérés elvégzéséhez.

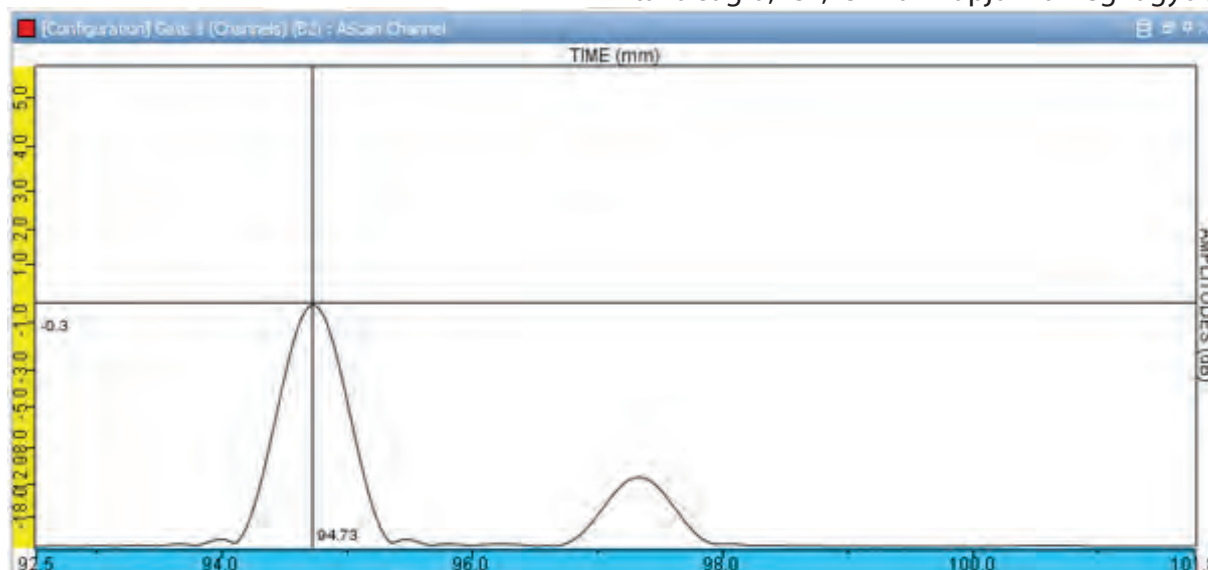


7. ábra Az etalon szimulációjának eredménye (S-kép)

Az elemzések azt mutatták, hogy 3 mm-es repedés a módszerrel nagy megbízhatósággal kimutatható. Ezt követően vizsgálati etalont terveztünk és gyártottunk le, amelyen a laboratóriumi vizsgálatokat és beállításokat elvégeztük, a modellezés során meghatározott vizsgálati paraméterek figyelembe vételével. Az etalonokon végzett vizsgálatok után a helyszíni vizsgálatokat is elvégeztük, a helyszínen elvégzett PAUT vizsgálatok nem mutatnak indikációt a vizsgált két varrat gyökében és a varratgyök környezetében az alapanyagban.

3.2.4. Szimuláció során kapott eredmények, következtetések

A vizsgálófej indextávolságának (a varrat középvonalától számított távolságának) meghatározásához paraméteres szimulációt (sorozatszámítást) végeztük, amely alapján megállapítottuk, hogy a varrat gyökénél lévő hibáról 110 mm-es indextávolságra, 51,43°-nál kapjuk a legnagyobb jelet.

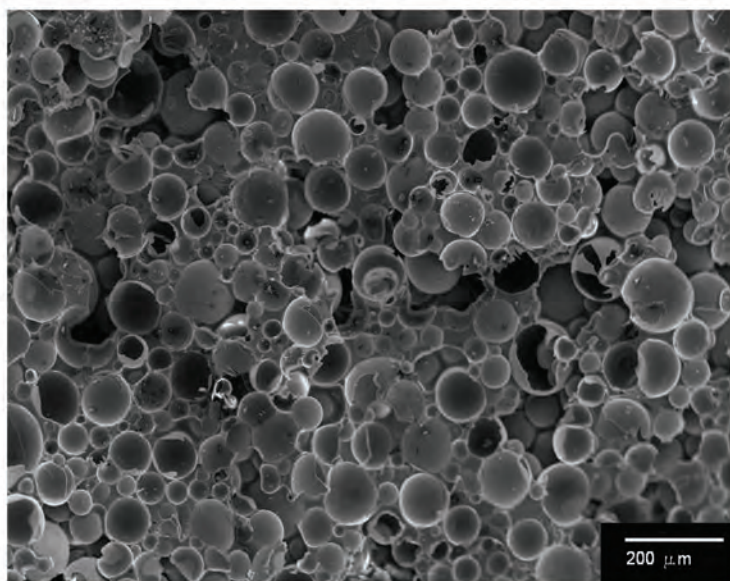
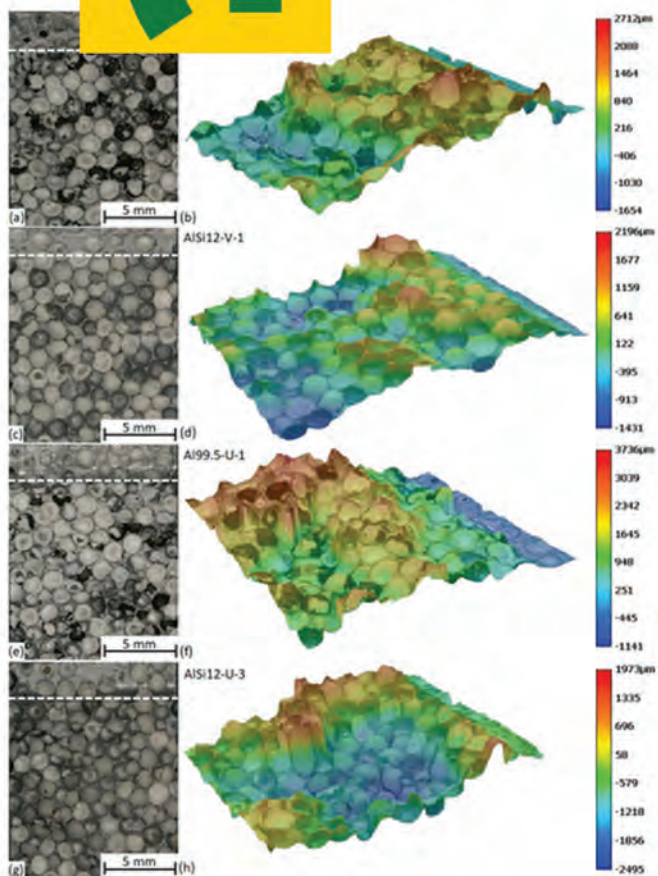


6. ábra Az etalon szimulációjának eredménye (A-kép)



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu 2019/II. lapszám

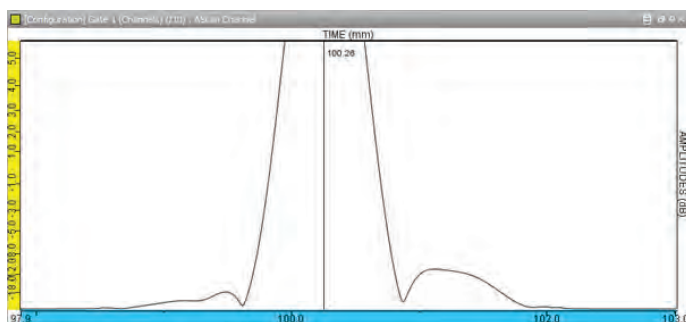


*Szintaktikus fémhabok
gyártása és vizsgálata*

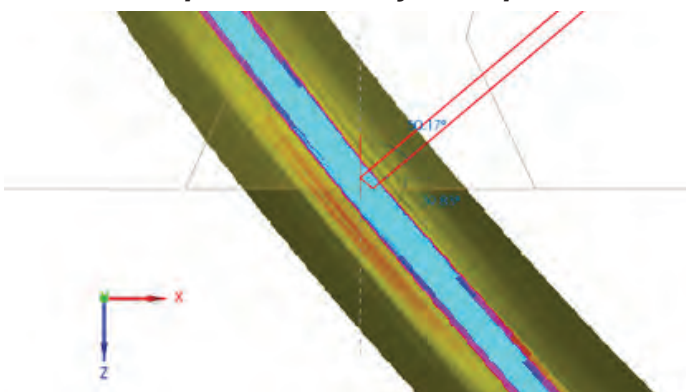
ELŐZETES

- *RAKK beszámoló*
- *MAROVISZ hírek*
- *Vizsgálati módszerek*
- *Képzési információk*
- *Könyvajánló*



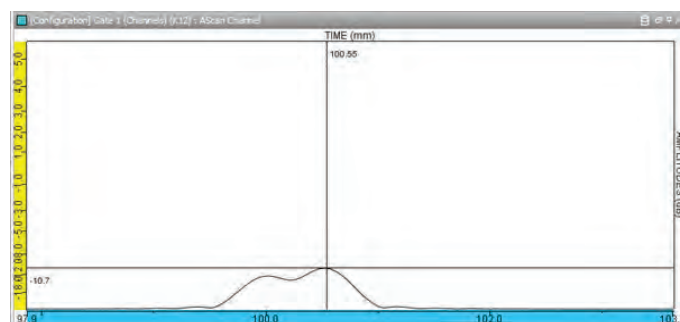


8. ábra 3 mm-es téglalap keresztmetszetű repedés indikációja (A-kép)

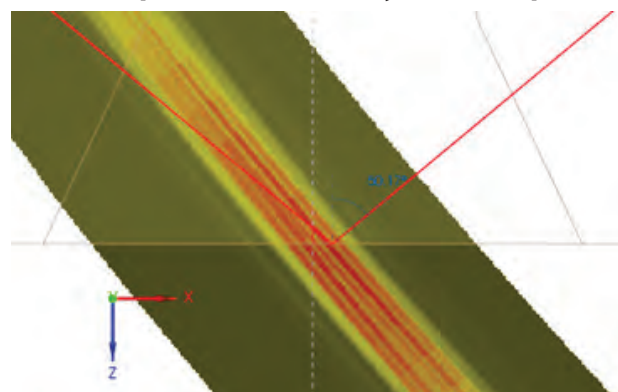


9. ábra 3 mm-es téglalap keresztmetszetű repedés indikációja (S-kép)

Az etalonnak először egy 3 mm-es körhengeres furatot, mint reflektort választottunk. A szimulációban a reflektort egy homogén tömbben helyeztük el, ennek segítségével határoztuk meg, hogy arról milyen jel érkezik ideális körülmények esetén. A szimuláció eredményét (A-kép) a 3. ábra és (S-kép) a 4. ábra szemlélteti. Az etalonon szimulációja alapján a referencia amplitúdó értéke $23.709E-3$ pts-ra adódott, amely értéket, mint referenciát a további szimulációknál használtunk fel. Ez alapján vizsgáltunk különböző méretű, téglalap alakú repedéseket (3mm-től 0,5 mm-ig). A szimulációk azt mutatták, hogy a 3 mm-es repedés nagy biztonsággal kimutatható, hiszen ennek indikációja igen kiugró értéket mutat a referencia amplitúdóhoz képest. Ezt a 8. ábra és a 9. ábra szemlélteti. A szimulációk azt mutatták, hogy még a 0,5 mm-es repedés is kimutatható lenne, azonban a vizsgálatok elvégzése közben az ilyen kis méretű hibáról érkező jel nem okoz akkorai jelszint változást, hogy azt hibaként azonosítsuk. A 0,5 mm-es repedés indikációját a referencia amplitúdóhoz viszonyítva mutatja a 10. ábra (A-kép) és a 11. ábra (S-kép). Az előzetesen elvégzett szimulációk segítségével megállapítottuk a vizsgálófej indextávolságát, az etalon darab modellezésével a referencia amplitúdó



10. ábra 0,5 mm-es hiba indikációja a referencia amplitúdóhoz viszonyítva (A-kép)



11. ábra 0,5 mm-es hiba indikációja a referencia amplitúdóhoz viszonyítva (S-kép)

értékét is felvettük, amelyeket a későbbi szimulációk során felhasználtunk. A vizsgálattervezés során a 3 mm-es téglalap alakú repedéstől egészen a 0,5 mm-es repedésig megfigyeltük a kapott eredményeket, amelyek alapján megállapítottuk, hogy a 3 mm-es repedés igen nagy biztonsággal kimutatható. A vizsgálat kivitelezése előtt szintén felvételre került a referencia amplitúdó értéke, majd a helyszínen is elvégezték a PAUT vizsgálatokat a két övvaraton. Ezek alapján a hegesztési varrat gyökében és gyökének környezetében nem mutatott ki a vizsgálat indikációt.

3.3. Plattírozott tömb plattírréteg leválásának külső oldalról való vizsgálatfejlesztése

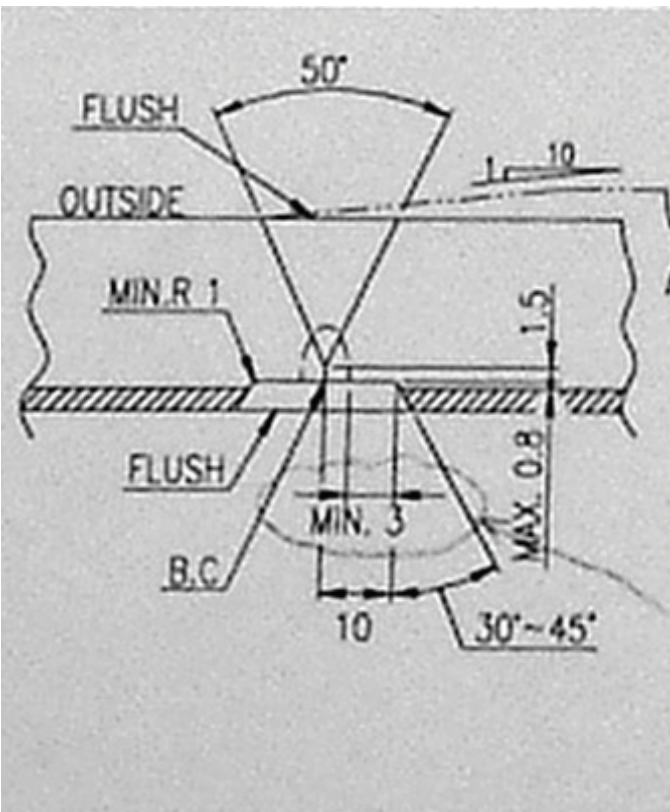
(A szimulációt készítette: Erdei Réka, közreműködött: Bézi Zoltán, a helyszíni vizsgálatoknál közreműködött: Takács Csaba)

A vizsgált koszkamrák alsó karimájának körvarata a belső oldalról plattírozott. A vizsgálat célja annak ellenőrzése volt, hogy a plattírréteg levált-e a varrat belső felületéről. A plattírréteg leválása csak a külső oldalról vizsgálható, kizárólag leállások ideje alatt, mivel a kokszkamra üzemi

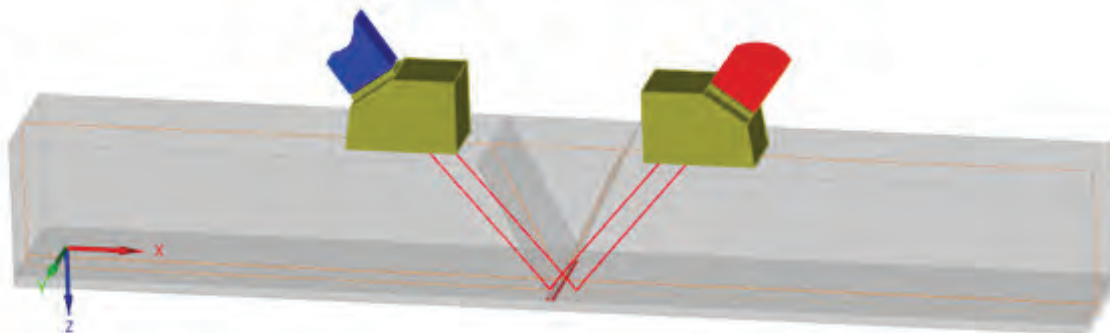
hőmérséklete 300 °C fölötti hőmérséklet. A plattírréteg leválásának vizsgálatára falvastagság mérésével csak a varratdudor lecsiszolása után lett volna lehetőség, valamint egyéb roncsolásmentes vizsgálatokkal sem lett volna lehetőség a leválások kimutatására a kokszkamra külső oldaláról, ezért a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálatra esett a választás.

3.3.1. Geometria

A varrat geometriáját a 12. ábra szemlélteti, amely méreteket a szimuláció során megalkotott geometriánál is alkalmaztunk (13. ábra). A vizsgált tömb



12. ábra A kokszkamrák alsó karima körvarratának geometriája



13. ábra A szimuláció során alkalmazott geometria és a vizsgálófejek elhelyezése

vastagsága 51 mm, amelyet 4 mm vastagságú plattírréteg borít a hegesztési varrat gyök oldalán.

3.3.2. Cél

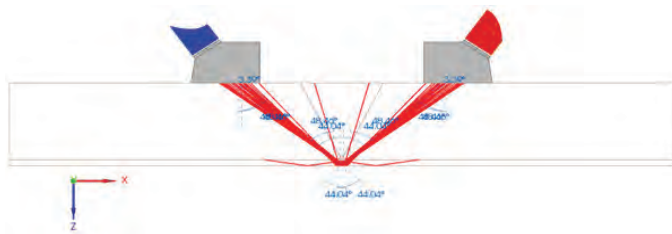
Összetett geometriájú, heterogén hegesztési varratok esetében előfordulhat, hogy egy fázisvezérelt ultrahangos vizsgálófejet alkalmazva, a varrat geometriája miatt, nem érkezik vissza ultrahangos válaszjel a varrathibákról. Ilyen, összetett geometriájú hegesztési varratok esetében célszerű a vizsgálatot megelőzően modellezéssel meghatározni a hangnyaláb útját az anyagban, így a legcélszerűbb besugárzási szögtartomány és a vizsgálófej optimális távolsága a varrat középvonalától kiválasztható. A mai modern fázisvezérelt ultrahangos vizsgáló berendezések lehetővé teszik továbbá egy időben több fázisvezérelt vizsgálófej használatát, így lehetőség van a varratot két fázisvezérelt vizsgálófejjel vizsgálni, a varrat két oldaláról, az egyik fejjel adó, a másik fejjel vevő módban. Ilyen módon azoknak az összetett geometriájú varratoknak a hibái is kimutathatóak, amelyek esetében impulzus-visszhang módszerrel erre nem lenne lehetőség.

Az optimális vizsgálati paraméterek meghatározása érdekében modellezést végeztünk, valamint 2 db, egy hegesztési varrat nélküli és egy hegesztési varrattal is rendelkező etalon került legyártásra. Mindkét etalon 280x100x51 mm méretű ferrites acél tömb 4 mm plattírréteggel. A plattírréteg leválásának szimulálásához egy 3 mm átmérőjű, 30 mm mélységű hengeres furat került az etalonokban ki-munkálásra a ferrites acél és a plattírréteg határán.

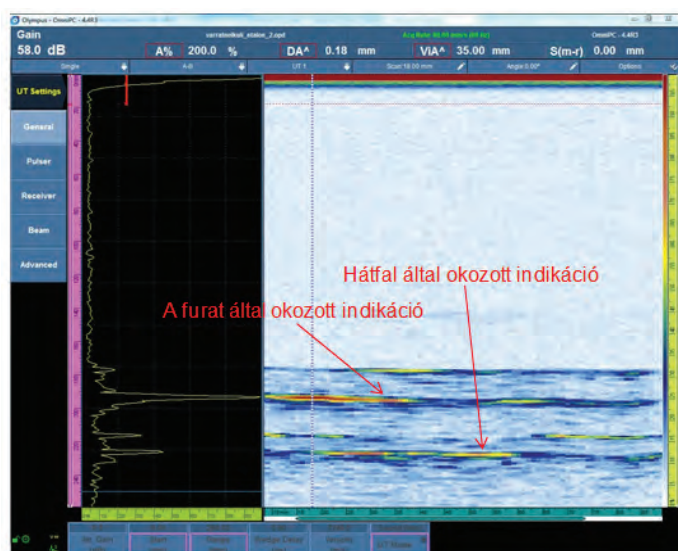
3.3.3. A szimuláció beállításai

A geometriai adatok beállítása után megadtuk az ultrahang terjedési sebességét az alapanyagban, a varratanyagban és a plattírrétegben is. A ferrites anyagban a longitudinális hullám terjedési sebessége $v_l=5900 \text{ m/s}$, a transzverzális hullám terjedési sebessége $v_t=3230 \text{ m/s}$, míg a plattírrétegben $v_l=5390 \text{ m/s}$ és $v_t=3000 \text{ m/s}$. Az anyagok sűrűsége is különbözőként lett definiálva. A szimuláció során 32 rezgős vizsgálófejet alkalmaztunk,

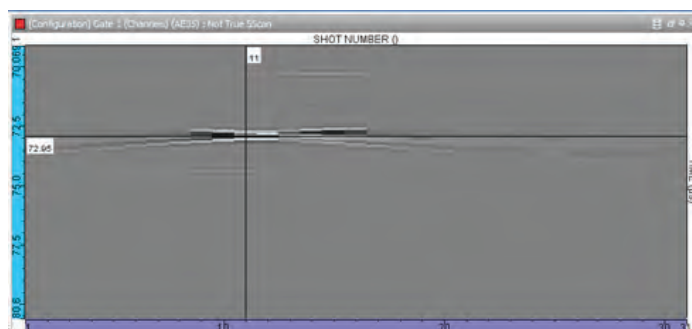
szimulációk alapján a vizsgálófejek optimális elhelyezkedését és a referencia amplitúdó értékét. Az indextávolság meghatározásához sorozatszámításokat végeztünk, amely alapján a vizsgálófejeket a varratközepptől 35-35 mm-re helyeztük. (16. ábra) A modellezés során meghatározott paraméterek segítségével az etalonokon elvégzett vizsgál-



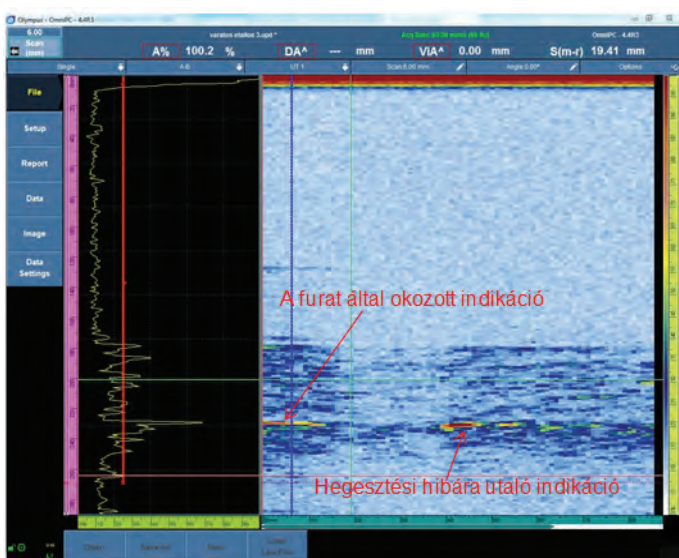
16. ábra A varrat közép vonalától 70 mm-re elhelyezett vizsgálófejek



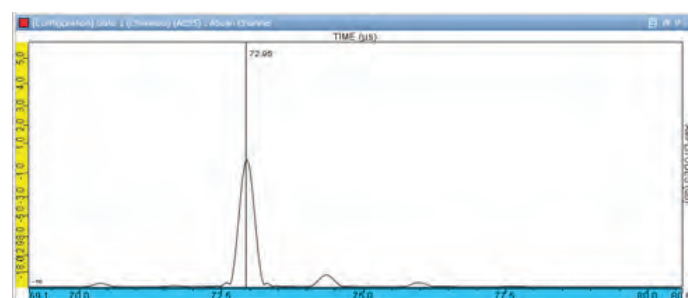
14. ábra A varrat nélküli etalon vizsgálatának vizsgálati eredménye



17. ábra 70 mm távolságnál kapott S-kép



15. ábra. A varrattal rendelkező etalon vizsgálatának vizsgálati eredménye



18. ábra A hiba indikációjáról kapott A-kép a referencia jelhez viszonyítva

a vizsgálati frekvenciának 5MHz-et definiáltunk. Először meghatároztuk az etalon darabon végzett

lat eredményét a 14. ábra és a 15. ábra szemlélteti. A modellezés elvégzése és az etalonokon végzett vizsgálatok után elvégeztük a helyszíni vizsgálatokat is. A modellezés során meghatározott vizsgálati elrendezést a 16. ábra és modellezési eredményeket a 17. ábra (S-kép) és a 18. ábra (A-kép) szemlélteti, a helyszíni vizsgálati elrendezést a 19. ábra mutatja.



19. ábra A vizsgálati elrendezés a kokszkamra alsó karima varratának esetében

3.3.4. A szimulációk alapján és a helyszíni vizsgálatból levonható következtetések

A vizsgálati eredmények alapján a plattírréteg leválására és egyéb varrathibára utaló indikáció nem volt kimutatható a kokszkamrák alsó karima varratain a vizsgált szakaszokon. A vizsgálat alkalmazása olyan heterogén varratok esetében ajánlott, amely varratoknál más roncsolásmentes vizsgálattal a hibák kimutatása nem lehetséges. Ilyen a jelenlegi eset is, a varrat mögötti plattírréteg leválás kívülről történő ellenőrzése.

Köszönetnyilvánítás

A dokumentum elkészülése Paks, Borsodchem és a Mol támogatásával valósult meg.

Hivatkozások

- [1] EXTENDE-CIVA: What CIVA brings to NDT – online ismertető: <http://www.extende.com/what-civa-brings-to-ndt>
Letöltés: 2018.03.24.
- [2] Audrey GARDAHAUT, Hugues LOURME, Frédéric JENSON, Shan LIN, Masaki NAGAI: Ultrasonic Wave Propagation in Dissimilar Metal Welds – Application of a Ray-Based Model and Comparison with Experimental Results, 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014), October 6-10, 2014, Prague, Czech Republic

- [3] I. Aizpurua, I. Ayesta, I. Castro: Characterization of anisotropic weld structure for nuclear industry, 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014), October 6-10, 2014, Prague, Czech Republic
- [4] Zuzana Skoumalová, Eliška Keilová: Investigation of

SONATEST D 50 ULTRAHANGOS VIZSGÁLÓKÉSZÜLÉK

**Hibakeresésre • Varratvizsgálatra
Falvastagságmérésre • Korróziós vizsgálatokra**

- 60 éve a piacon lévő angol gyártó terméke
- Egykezes készülékkezelés könnyíti meg a munkát
- Szoftver opciók: DAC, DGS, Split DAC, TCG, API, AWS, BEA, IFT



A jártassági vizsgálatok tapasztalatai a MAROVISZ -ban

Eur. Ing. Fücsök Ferenc

MAROVISZ

ffucsok@gmail.com

1. Bevezetés

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetségben (MAROVISZ) 2008-óta szervezünk az érdeklődők részére jártassági vizsgálatokat. A vizsgálatokat mindig a vonatkozó szabvány [1] előírásainak szigorú betartásával rendezzük. A szabvány meghatározása szerint a jártassági vizsgálat a résztvevők teljesítő képességének előre meghatározott követelmények szerinti értékelése, laboratóriumok közti összehasonlítás segítségével. A laboratóriumok közti összehasonlítás azt jelenti, hogy a méréseket vagy észleléseket azonos vagy hasonló próbatesteken kell elvégezni, és az eredmények értékelését két vagy több laboratórium számára, azonos módon kell végrehajtani.

A minőségirányítási követelményeknek megfelelően a laboratóriumoknak rendelkezniük kell eljárásokkal a végzett vizsgálatok eredményeinek figyelemmel kísérésére. E feladat teljesítésének egyik módja, ha részt vesznek laboratóriumok közötti összehasonlításban vagy felkészültség vizsgáló programokban.

Az ellenőrzési követelmények kielégítésére a MAROVISZ vizsgálatain való részvétel megfelelő, mert az értékelések a matematikai statisztika eszközeivel bemutatják a résztvevők sikeres méréseit, és esetleges hibáik kijavítási lehetőségeikre is felhívják a figyelmet.

A vizsgálatokat a Szövetség a Jártassági vizsgálatok című minőségirányítási eljárásban [2] leírtak szerint rendezi. Ez az eljárás nyilvános, a

http://marovisz.hu/jartassagi-vizsgalatok/altalanos-anyagok/item/minoseg-iranyitasi-eljaras-5-3?category_id=25

címről letölthető, és tartalmazza a szervezett jártassági vizsgálatok előkészítésének, végrehajtásának és értékelésének követelményeit. A Szövetség el kívánja érni, hogy a tagjai és más résztvevők részére szervezett jártassági vizsgálatokat az akkreditáló szervezetek valamint a megrendelők elfogadják, mint a vizsgálatok végrehajtásának képességéről szóló bizonyítékot. Ennek megfelelően az említett minőségirányítási eljárás rögzíti a jártassági vizsgálatok célját: a rutinszerűen végzett vizsgálatok

teljesítményének jelzése, ezzel segítség a szolgáltatások minőségének javításában és az akkreditálási feltételek teljesítésében.

A következőkben ismertetjük az eljárás fontosabb részleteit, melyek az érdeklődők számára bemutatják a jártassági vizsgálatot.

2. A jártassági vizsgálatok szervezése

Mint az a szabvány címéből is látszik, [1] a laboratóriumok összehasonlító vizsgálatának pontos megnevezése a „jártassági vizsgálat”. De elterjedten használjuk a „körvizsgálat” kifejezést is, ami a vizsgálandó munkadarabok szállítási útvonalára utal. A MAROVISZ eddigi vizsgálatainak túlnyomó részében a munkadarabokat a szervezők a laborokba küldték, és onnan a szervezőhöz érkezett vissza. Kivétel a KV-4 jelű vizsgálat volt, ahol a résztvevők egyidejűleg azonos munkadarab akusztikus emisszióját vizsgálták. A cikk további részében a „jártassági vizsgálat” és a „körvizsgálat” kifejezést szinonimaként, azonos értelemben használjuk.

A vizsgálatok szervezésének minden részlete feltehetőleg nem érdekli a résztvevőket. Most csak a legfontosabbnak tartott szabályt említjük meg, amivel már a jelentkezés után találkozhatnak a résztvevők: a szervezetek azonosításának titkosítása.

Mivel egy laboratórium kedvezőtlen eredményének nyilvánosságra kerülése piaci hátrányt jelenthet, a Szövetség nagy gondot fordít a résztvevők eredményeinek titkosítására. A résztvevők jelentkezés után kódszámot kapnak, és ezt az információt a szervezők bizalmasan kezelik, és páncélszekrényben elzárva tartják. A napi szervezési munkákhoz szükséges listák nem tartalmazhatják egy lapon a jártassági vizsgálatban résztvevők nevét és kódszámát. Továbbá minden lehetséges alkalommal felhívjuk a laboratóriumok vezetőinek, és a jártassági vizsgálatokkal foglalkozó munkatársaik figyelmét arra, hogy gondoljanak a kódszámuk bizalmas kezelésére.

A titkos ügykezelés jól működik, az eddig lezajlott vizsgálatoknál sem a laboratóriumokból sem

a Szövetségből nem került nyilvánosságra a kód-számokhoz tartozó résztvevő neve. Az összefoglaló jelentésekben az eredményeket csak a kódszámmal azonosítjuk. Így minden résztvevő csak a saját eredményét választhatja ki a táblázatokból vagy diagramokból.

3. Az eredmények értékelése

A roncsolásmentes vizsgálatok eredményei két csoportra oszthatóak: számszerű (skalár) eredmények és az észlelések. A skaláris eredményekre jó példa a vastagságmérések eredménye. Az észlelés alatt a folytonossági hiányok megtalálását és azonosítását értjük. Az észlelések értékelésénél meghatározzuk, hogy a vizsgáló milyen megbízhatósággal detektálja a folytonossági hiányokat. Nyilvánvaló, hogy a mérések pontosságát és az észlelés – nem észlelés tényét másképpen kell statisztikailag értékelni. Ha a jártassági vizsgálat feladata hiányok észlelését írja elő, akkor a résztvevők értékelését a helyes észlelés valószínűségének és a téves detektálás valószínűségének meghatározásával, valamint ezen adatokból a vizsgálat teljesítőképességének számításával kell elvégezni

A számszerű eredmények és az észlelések értékelések legelső kérdése, hogy a résztvevők eredményeit mihez hasonlítjuk, mit tekintünk a mérendő mennyiség vagy a hiány valódi értékeinek. A metrológia meghatározása szerint a **valódi** értékek természetüknél fogva meghatározatlanok. Ezért az eredményeket a **kijelölt értékhez** hasonlítjuk. A hivatkozott szabvány [1] meghatározása szerint a kijelölt érték a jártassági vizsgálat próbatestének tulajdonított sajátos tulajdonság. A kijelölt érték meghatározásához gyakran több mérési eredmény szükséges.

A kijelölt érték meghatározása a vizsgált próbatest-től függ. Ha például a próbatestbe mesterségesen munkálunk reflektorokat, azok adatait a gyártás végén megmérhetjük. Ezek a mérési eredmények lesznek a próbatest sajátos tulajdonságai, azaz a kijelölt értékek. De ha a mérendő mennyiség mechanikus mérőeszközzel nem ellenőrizhető, (például korrodált cső falvastagsága) akkor a kijelölt érték meghatározásához az összes résztvevő mérési eredményét lehet felhasználni.

A kijelölt érték lehet:

- * Referencia érték (pl. etalon).
- * Szakértői laboratóriumban nyert mérési eredményekből képzett érték.
- * Más pontosabb módszerrel meghatározott érték.
- * Mérőrendszer specifikus konszenzus érték (a laboratóriumok által beküldött adatok középértéke).

Az eddig szervezett jártassági vizsgálatok értékelésénél a fenti módszerek mindegyikét már használtuk.

Statisztikai értékelés számszerű eredményeket tartalmazó jártassági vizsgálatokhoz

A jártassági vizsgálatok eredményeinek értékelésére leggyakrabban használt módszereket az ME 5.3 eljárás 1 melléklete [2] írja le. Egy összefoglaló jelentés értelmezéséhez ajánljuk tanulmányozását. A számszerű eredmények értékeléséhez eddig leggyakrabban a Z szám módszert alkalmaztuk.

A Z számot a differenciából és a szórásból határozzuk meg. A differencia:

$$D = (x - AC)$$

ahol x a labor mérési eredménye,
AC a kijelölt érték. (Konszenzusos esetben $AC = M$ (medián), egyébként pedig az előre kijelölt érték.)

A Z szám meghatározása:

$$z = \frac{D}{s_r}$$

ahol s_r az eredmények halmazának szórása. Mivel a jártassági vizsgálat laboratóriumok közti összehasonlítást jelent, ez a halmaz az adott méret összes mérési eredményét jelenti, a kiugró eredmények elhagyásával.

A Z szám esetében általánosan elfogadott gyakorlat, hogy

- $|z| \leq 2$ a mérés megfelelő,
- $2 < |z| \leq 3$ a mérés kérdéses,
- $|z| > 3$ a mérés nem megfelelő.

Ezekkel a követelményekkel minősíthető a mérés eredménye.

Statisztikai értékelés észlelési feladatot tartalmazó jártassági vizsgálatokhoz

Ha a jártassági vizsgálat feladata hiányok észlelését írja elő, akkor a résztvevők értékelését a helyes észlelés valószínűségének és a téves detektálás valószínűségének meghatározásával, valamint ezen adatokból a vizsgálat teljesítőképességének számításával végeztük el.

A valószínűségek meghatározásához a jártassági vizsgálat munkadarabját, a vizsgálati módszernek és a feltételezett hibajavítás lehetséges megoldásának figyelembe vételével, meghatározott méretű cellákra kell osztani. A cellákat az alább felsorolt csoportokba kell besorolni:

Pozitív Igaz cella: hiányt mutattak ki ott, ahol valóban volt hiány, jele: PI

Negatív Igaz cella: nem mutattak ki hiányt ott, ahol valóban nem volt hiány, jele: NI

Pozitív Hamis cella: hiányt mutattak ki ott, ahol a valóságban nem volt hiány, jele: PH

Negatív Hamis cella: nem mutattak ki hiányt ott, ahol a valóságban volt hiány, jele: NH

Az összes hiányt tartalmazó cella száma:

$$N1 = PI + NH$$

Az összes hiányt nem tartalmazó cella száma:

$$N2 = PH + NI$$

A besorolás után elvégzendő számítások:

Az észlelés valószínűségének (POD) számítása:

$$POD = \frac{PI}{N1} = \frac{PI}{PI+NH}$$

A téves detektálás valószínűségének (PFC) számítása:

$$PFC = \frac{PH}{N2} = \frac{PH}{PH+NI}$$

Az észlelés valószínűségének (POD) és a téves detektálás valószínűségének (PFC) értékeléséhez jelenleg még nincsenek a Z szám esetében általánosan elfogadott gyakorlathoz hasonló követelmények. Természetes, hogy ha minél nagyobb az észlelés valószínűsége, és minél kisebb a hozzá tartozó téves detektálás valószínűsége, akkor a mérést végző személy teljesítménye jobbnak minősíthető.

4. Az eddig elvégzett jártassági vizsgálatok

A MAROVISZ 2008 óta a 11. jártassági vizsgálatot szervezi. Az eddigi vizsgálatok jelzése és témájuk a következő: (A felsorolásban olvasható dátumok az összefoglaló jelentések kiadásának keltét mutatják.)

KV1-2009 Ultrahangos vastagságmérés

2010. március 2.

KV2-2010 Hegesztési varratokról készült radiográfiai filmek értékelése

2011. március 28.

KV3-2011 Keménységmérés hordozható mérőberendezéssel

2011. december 9.

KV4-2011 Akusztikus emissziós jelforrás helymeghatározása

2012. január 25.

KV1-2012 Ultrahangos vastagságmérés 2.

2012. június 25.

JVT 05-2012 Hegesztési varratokról készült radiográfiai filmek értékelése

2013. február 26.

JV 06 - 2014 Folyadékbehatolós vizsgálat értékelése

2014. július 30.

JV 07 - 2015 Hegesztési varrat ultrahangos vizsgálata

2015. szeptember 30.

JV 08 - 2015 Ultrahangos vastagságmérés korrodált munkadarabokon

2016. május 18.

JV 09 - 2017 Keménységmérés hordozható mérőberendezéssel

2017. október 16.

JV 10 - 2018 Szemrevételezéses vizsgálat vékony lemezek tompa- és sarokvarratain.

A vizsgálat értékelése jelenleg folyik.

JV 11 Hegesztési varratokról készült radiográfiai filmek értékelése

A vizsgálat jelenleg folyik. Az eddig elvégzett 10 darab jártassági vizsgálatból bemutatásra tetszőlegesen a következő hármat emeljük ki:

- * KV1-2009 Ultrahangos vastagságmérés
- * KV3-2011 Keménységmérés hordozható mérőberendezéssel
- * JV 06 - 2014 Folyadékbehatolós vizsgálat
- * értékelése

A kiválasztott körvizsgálatok bemutatásán kívül röviden összefoglalásra kerülnek a vizsgálatok körülményei, résztvevői, eredményeinek minimális áttekintése és ezekből levonható leglényegesebb megjegyzések. Szeretném kihangsúlyozni, hogy az egyes programok részletes ismertetése, tapasztalatai megtalálhatók a megfelelő „Összefoglaló Jelentés”-ekben. Az első és a harmadik jártassági vizsgálat meghirdetésének idején még nem volt hatályos a vonatkozó szabvány [1], ezért ezeket körvizsgálatoknak neveztük.

4.1. KV1-2009 Ultrahangos vastagságmérés

4.1.1. A körvizsgálat próbatestjei

A körvizsgálathoz három, különböző alakú, ötvözetlen acélból készült próbatestet alkalmaztunk, melyeket A, B, és C betűvel jelöltünk. A próbatesteken ráhegesztett borítások akadályozták meg a mechanikai mérőeszközök alkalmazását.

A körvizsgálat adatainak összehasonlíthatósága szempontjából fontos, hogy minden résztvevő azonos tulajdonságú (homogén) próbatestet vizsgáljon. Ezért kell a próbatestek homogenitását figyelemmel kísérni. A falvastagság mérés szempontjából a próbatesteket homogéneknek tekintjük, ha a körvizsgálat idején nem éri őket durva mechanikus- vagy hőhatás. Mivel a körvizsgálat befejezése után a próbatestek állapota, szemrevételezéssel vizsgálva, azonos volt a kezdeti állapottal, a vizsgálat tárgyának homogenitását biztosítottak tekintjük.

A jelű próbatest

A próbatest egy 100 x 60 x 25 mm befoglaló méretű



1. ábra A jelű próbatest képe

hasáb, melybe 40 x 30 mm –es területen 6 mm mély bemarást készítettünk. A bemarás oldalán az egész darabot 1 mm vastag lemez takarta. Az A1 jelű mérési helyen a teljes vastagságot kellett meghatározni,



2. ábra B jelű próbatest képe

az A2 mérési helyen a bemarás felett kellett elvégezni a vastagságmérést. A mérési eredmények összehasonlíthatósága érdekében mindkét mérési területet gravírozással jelöltük ki. A mérési felület köszörült. A próbatest képe, a kijelölt mérési területekkel, az 1. ábrán látható.

B jelű próbatest

A próbatest egy Ø 89 x 3 mm méretű egyenes csőből levágott 100 mm hosszú darab, a gravírozással kijelölt mérési hely jelzése B1. Ezen a területen kellett a cső falvastagságát mérni. A mérési felület köszörült. A próbatest képe, a mérési területtel, a 2. ábrán látható.



3. ábra C jelű próbatest képe

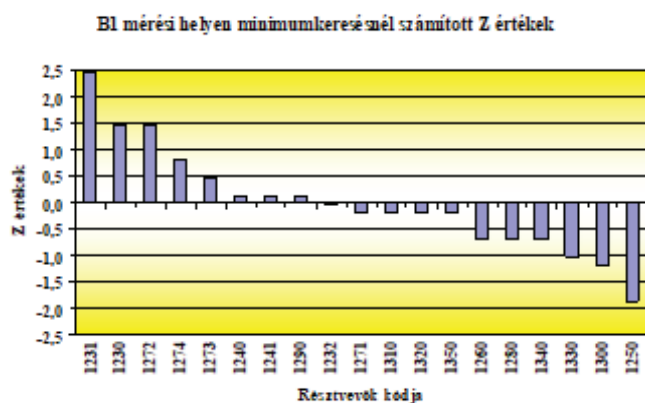
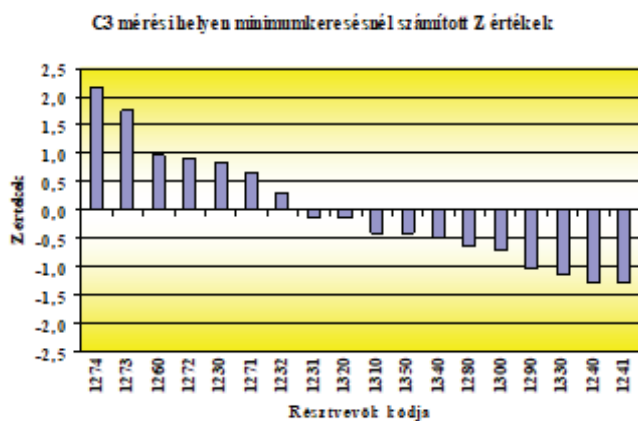
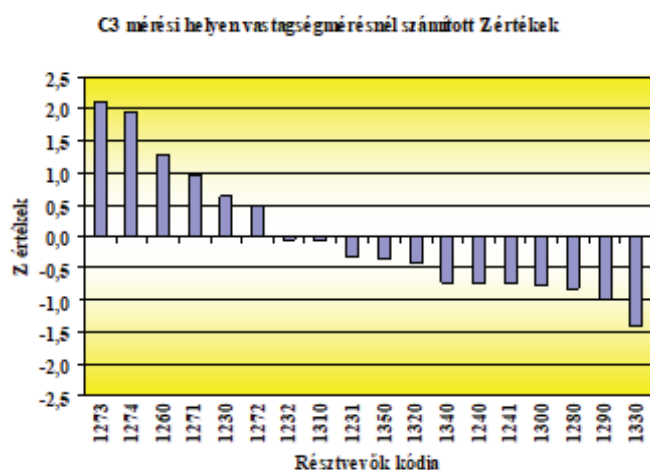
C jelű próbatest

A próbatest egy Ø 56 x 3 mm méretű csőből készült, 90°-os ív, a gravírozással kijelölt mérési helyek jelzése C1, C2 és C3. A C1 jelű mérési területen a húzott

szálon, a C2 jelű területen, a semleges szálon, a C3 jelű területen a nyomott szálon kialakult falvastagságot kellett meghatározni. A mérési felületeket sima hengerlési reve borítja. A próbatest képe a kijelölt mérési területekkel, a 3. ábrán látható.

4.1.2. A körvizsgálat résztvevői

A körvizsgálatban 13 laboratórium vett részt, közülük 3 résztvevőtől még további 6 db, összesen 19 db mérési eredmény érkezett. Ez a 3 labor kihasználta azt a lehetőséget, hogy a szervezők egy helyről érkező több adat értékelését is vállalták.



4. ábra Mérési helyeken értékelt Z számok

A résztvevő laboratóriumok: AEF Kft., AGMI ZRt. Alberta '97 Kft., BorsodChem ZRt., Csőszer Lab. Kft., GIB Aktivitás Kft., ISD-Dunaferr ZRt., MINELL Kft., OLVEK Kft., Paksi Atomerőmű ZRt., POWERTEST Kft., R.U.M. Testing Kft., Tiszai Vegyi Kombinát NyRt.

4.1.3. A körvizsgálat legfontosabb eredményei

A résztvevők a mérési feladatokat jól végezték el, mert nem megfelelő minősítést, azaz a $|Z| \geq 3$ értéket senki sem kapott. A kérdéses kategóriát jelentő $2 < |Z| < 3$ tartományba is csak 3 résztvevő egy-egy mérése csúszott bele. E méréseket szemléltetik a 4. ábrán látható oszlopdiagramok.

4.2. KV3-201 Keménységmérés hordozható mérőberendezéssel

A körvizsgálat célja: Megvizsgálni a nem hagyományos elven működő, és egyre több laborban használt hordozható keménységmérő eszközökkel végzett mérések összehasonlíthatóságát, a keménységmérés mérési bizonytalanságát, továbbá az értékmutatási képességét a szűrő mérési módszerrel mért értékkel összevetve. Ebben a körvizsgálatban hordozható keménységmérő eszközön értettük a nem szűrő mérési módszereket alkalmazó készülékeket, melyekkel gyors helyszíni vizsgálatok végezhetők. Ezek a berendezések általában a visszapattanáson alapuló (pl.: Proceq gyártmányú) és a nagyfrekvenciás rezgések csillapodásán alapuló (pl.: Krautkrämer gyártmányú) mérési módszereket alkalmazzák.

4.2.1. A körvizsgálat próbatestjei

Egy próbatest készletbe három, különböző keménységű darab tartozott, az acél hegesztések környezetében előforduló keménységi tartományok modellezésére. A próbatestek keménységét mindkét sík felületéről HV10 módszerrel megmértük.

A próbatestek méretei és hőkezelési állapotuk:

1. feladat: Ø 80x50 mm, hengerelt, nem hőkezelt;
2. feladat: Ø 100x50 mm, nemesített;
3. feladat: Ø 85x50 mm, nemesített.

Minden próbatest mindkét mérési felületén 10 – 10 szúrással határoztuk meg a Vickers keménységet. A mért adatok átlagát, szélső értékeit és szórásait az 1. táblázat tartalmazza.

Mivel a szűrő módszerrel mért eredmények relatív

1. táblázat A próbatestek HV 10 keménység értékei

A próbatest jele	Átlag [HV 10]	min [HV 10]	max [HV 10]	szórás [HV 10]	Relatív szórás [%]
1/1	144	131	158	8,3	5,8
2/1	353	333	387	15,6	4,4
3/1	425	417	437	6,6	1,6
1/3	143	129	154	8,4	5,9
2/3	311	297	327	9,7	3,1
3/3	430	421	437	5,3	1,2

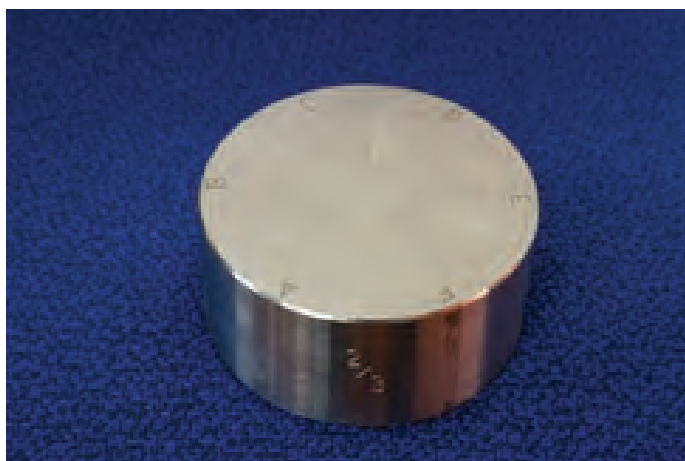
szórása 10% alatt maradt, kijelenthetjük, hogy a próbatestek megfelelően homogének voltak körvizsgálat céljára.

A résztvevők mérési eredmények homogenitása érdekében kijelöltük azt a tartományt, ahol a mérést elvégezheték. Mindegyik próbatest sík felületén karcollással 6 – 6 körcikk területet jelöltünk ki. A mérési helyeket az egyik lapon A – F betűkkel, másik lapon G – L betűkkel azonosítottuk. Továbbá az útmutatóban előírtuk a keménységmérések legkisebb egymástól mért távolságát és az elvégezhető mini-

mindegyik próbatesten finom csiszolásúak.

A 6. ábra a szállításra előkészített próbatest készletet mutatja be.

A körvizsgálat adatainak összehasonlíthatósága szempontjából fontos, hogy minden résztvevő azonos tulajdonságú (homogén) próbatestet vizsgáljon. Ezért a próbatestek homogenitását figyelemmel kísértük. A keménységmérés szempontjából a próbatestek homogének, ha a körvizsgálat idején nem éri



5. ábra Az 2/3 jelű próbatest képe

mális mérési számot.

Amikor az 1/1, 2/1, 3/1 jelű próbatestek mindkét oldala betelt mérési helyekkel, akkor a készletet a körvizsgálatból kivontuk. A következő résztvevők az 1/3, 2/3 és 3/3 jelű készleten mértek. Mivel összesen 16 résztvevő jelentkezett a körvizsgálatra, a második próbatest csoport keménységét csak négyen mérték meg. Ez az eloszlás az értékelésnél nehézséget okozott.

Példaképpen a 2/3 jelű próbatest képe, a kijelölt mérési területekkel, az 5. ábrán látható. A másik két test, az átmérőjétől eltekintve, hasonló. A mérési felületek



6. ábra Egy próbatest készlet fadobozban

őket durva mechanikus, vagy legalább futtatási szint okozó hőhatás. Mivel a körvizsgálat befejezése után a próbatestek állapota, szemrevételezéssel vizsgálva, azonos volt a kezdeti állapottal, a vizsgálat tárgyának homogenitását biztosítottak tekintjük.

4.2.2. A körvizsgálat résztvevői

A körvizsgálatban 14 laboratórium vett részt, közülük 2 résztvevőtől még további 2 db, összesen 16 db mérési eredmény érkezett. Két labor kihasználta azt a lehetőséget, hogy a szervezők egy helyről érkező több adat értékelését is vállalták.

A résztvevő laboratóriumok: AEF Kft., AIB-VINCOTTE HUNGARY Kft., ASG Vizsgáló Laboratórium, BIS

Hungary Anyagvizsgáló Laboratórium, BorsodChem ZRt., Csőszer Lab. Kft., Kőolajvezetéképítő ZRt., LECCE Műszaki és Kereskedelmi Kft., MINELL Kft., OLVEK Kft., Paksi Atomerőmű ZRt., POWERTEST Kft., R.U.M. Testing Kft., Tiszai Vegyi Kombinát NyRt.

4.2.3. A körvizsgálat legfontosabb eredményei:

Az összes beküldött mérési eredmény értékelhető volt.

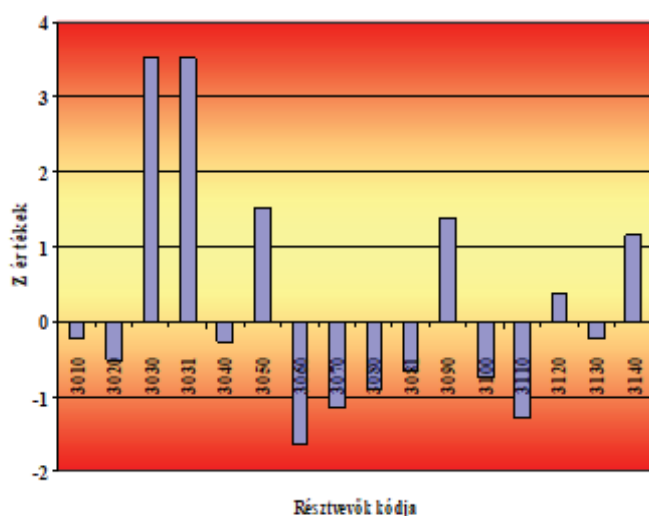
A mérési adatok elemzése alapján kijelenthetjük, hogy a résztvevők a mérési feladatok egy részét jelentős eltérésekkel végezték el. Ezt szemlélteti a 7. ábra. A homogén adatállomány eléréséhez két eredménycsoportból adatokat kellett törölni.

Az értékelés adatait elemezve megállapíthattuk, hogy a résztvevők méréseinek 4,2 %-a nem felel meg a nemzetközileg elfogadott követelménynek, és nincs olyan résztvevő, aki kérdéses eredményt ért volna el. Az adatok szerint majdnem az összes résztvevő megfelelő pontossággal határozta meg mindhárom próbatest keménységét.

4.3. JV 06 – 2014 Folyadékbehatolási jártassági vizsgálat

A jártassági vizsgálat célja: laboratóriumok jártasságának összehasonlító vizsgálata a folyadékbehatolási vizsgálat MSZ EN 571-1:2001 [3] szerinti

Az 1/1 és 1/3 próbatesten mért adatokból számított Z értékek



7. ábra A Z értékek alakulása a különböző mérési helyeken használt eszközökkel végzett keménységmérések során

elvégzésében, értékelésében.

A jártassági vizsgálat további tájékoztató jellegű információkat is adott a laboratóriumok számára a folyadékbehatolási vizsgálat dokumentálásakor készített vizsgálati jegyzőkönyvek szabvány szerinti tartalmi követelményeinek teljesülésére, és a kiegészítő dokumentációként készülő fotók minőségére vonatkozóan.

4.3.1. A jártassági vizsgálat próbatestjei

Vizsgálni kellett az A, B, C, D, E, F, betűkkel jelzett 100 x 35 mm méretű lemezeket, melyeket a könnyebb kezelés érdekében páronként egy 175 x 120 mm méretű lemezre ragasztottunk. A C és D jelű próbatest nem tartalmazott indikációt. Az A, B, E, F próbatestet a szabvány szerinti [4] 1 típusú ellenőrző test készletből választottuk:

- * A jelű próbatest: plattírozás vastagsága: 10 μ m
- * B jelű próbatest: plattírozás vastagsága: 30 μ m
- * E jelű próbatest: plattírozás vastagsága: 20 μ m
- * F jelű próbatest: plattírozás vastagsága: 50 μ m

További vizsgálandó próbatestek: 2 db kovácsolt (107, 200), és egy darab csőszerű (150) alkatrész. A nem vizsgálandó felületek le voltak festve.

A próbatesteken mért eredmények összehasonlíthatósága érdekében minden résztvevő ultrahangos mosóban tisztított próbatestet kapott. A próbatestek homogenitása biztosított, ha az ultrahangos mosásuk után nem éri őket durva mechanikus-, vagy erős hőhatás. A vizsgálat végén ismételt elvégzett teszt szerint a próbatestek nem változtak és nem károsodtak, vizsgálhatóságuk változatlan volt.

4.3.2. A jártassági vizsgálat résztvevői

A jártassági vizsgálatban 22 laboratórium 23 vizsgálati eredménnyel vett részt. A résztvevő laboratóriumok: ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft., ALBERA 97' Kft., BorsodChem MDO Anyagvizsgáló Laboratórium, CSŐSZERLABOR Kft., GAMMA-CONTROL Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Kft., GIB AKTIVITÁS Kft., GS-PIPE Kft., ISD Dunafer Zrt. Anyagvizsgáló és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatósága, KER-SZER Mérnökiroda Kft., KÖZGÉP Építő- és Fémszerkezetgyártó Zrt., LECCE Műszaki és Kereskedelmi Kft., Mátra-Diagnosztika Kft., Mélyépítő Labor Kft., MINELL Anyagvizsgáló és

Minőségellenőrző Kft., MVM Paksi Atomerőmű ZRt., Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológia Tanszék, Anyagvizsgáló Laboratórium, OLVEK Olajipari-Vegyipari Karbantartó Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Anyagvizsgáló Laboratórium, POWERTEST Kft., R.U.M. Testing Kft., Széchenyi István Egyetem, TVK NyRt. Műszaki Felügyelet Műszaki Vizsgáló Laboratórium, VABEKO Kft.

4.3.3. A jártassági vizsgálat legfontosabb eredményei

A jártassági vizsgálat ebben az esetben több szempont figyelembevételére terjedt ki. Ezek a következők voltak:

- * az indikációk száma az A – F lemezeken,
- * az indikációk száma és mérete a 107, 150, 200 jelű munkadarabokon,
- * a 107, 150, 200 jelű próbatestek minőségi osztályba sorolása,
- * a jegyzőkönyvek értékelése,
- * a mellékelt fotók értékelése.

A kapott eredmények igen sokrétű elemzésének és értékelésének részleteit nem bemutatván az előző öt szemponthoz tartozó tapasztalatok a következőkben összegezhetők:

- * A jártassági vizsgálatban ellenőrizni kellett az A, B, C, D, E, F, betűkkel jelzett 100 x 35 mm méretű lemezeket, melyeket a könnyebb kezelés érdekében páronként egy 175 x 120 mm-es lemezre ragasztottunk. A lemezeken lévő **indikációk számát** a résztvevők **nagy bizonytalansággal állapították meg**, ami a vizsgálóanyag termékcsalád véletlenszerű megválasztásának következménye.
- * További vizsgálandó próbatestek voltak a 107, 150, 200 jelű kovácsolt, és csőszerű alkatrész, melyek természetes hibákat tartalmaztak. A beküldött adatokból értékelt jellemzők adatsora szélsőséges változékonyságú (relatív szórás > 30 %), amit az alkalmazott eltérő érzékenységgű termékcsalád magyaráz. Ezért a jellemzőket a **Z pontszám segítségével nem lehetett értékelni**.
- * A kijelölt értékek hiánya miatt az osztályba sorolást a laboratóriumok saját mérési eredményei alapján ellenőriztük. **Súlyos hibának**

tekintjük, hogy három **laboratórium nem végezte el a minőségi osztályba** sorolást egy, két, vagy mindhárom munkadarabon. További hiányosság, hogy a 107 jelű darabon 5, a 150 jelű darabon 6, és a 200 jelű munkadarabon **10 laboratórium rosszul végezte el a megrendelők szempontjából legfontosabb értékelést**.

- * A **jegyzőkönyvek** kielégítették azt a követelményt, hogy a feljegyzett adatok alapján a vizsgálat reprodukálható legyen, de a **szabvány követelményeit nem teljesítették**. Az adatok értékeléséhez feltétlenül szükséges termékcsaládot a résztvevők közül csak 4 laboratórium adta meg hiánytalanul. Javasoltuk a résztvevőknek a jegyzőkönyvek szabványos követelményeinek pótlását.
- * A mellékelt fotókon messze **nem érvényesül az egységes piacorientált szemlélet**, azaz előfordult, hogy egy mérce hiányzik a képről, és a munkadarab jelzése vagy hiányzik, vagy gyenge minőségű. A képek élessége általában jó, de életlen képek is előfordultak. Ez azért is érthetetlen, mert a digitális képek ellenőrzése és újra fotózása csak egy kis időráfordítást igényelne. Több képen zavaros háttérrel, vagy felesleges részeket találtunk, melyek levágásával javítható lenne a jegyzőkönyvek összehatása.

5. Összefoglalás

A bemutatott példákat alapul véve a következő megállapítások tehetők:

1. Az anyagvizsgálat piacán az eladandó „termék” a vizsgálati eredmény. Ennek – mint minden más terméknek – vannak **tartalmi és formai követelményei**, amelyeket ki kell elégíteni.
2. A legfontosabb **tartalmi követelmény** a vizsgálati eredmények pontossága és reprodukálhatósága, a szabványok diktálta követelmények szigorú betartásával.
3. A vizsgálati eredményeket összefoglaló jegyzőkönyveknek, jelentéseknek **formai követelményeit** a vonatkozó szabványok részletesen előírják. Betartásuk nem csupán fontos,

hanem számottevően hozzájárulhat a vizsgálatok reprodukálhatóságához, és a saját piac bővüléséhez is.

4. A MAROVISZ és a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) egyeztetett módszerekkel élére állt annak a törekvésnek, hogy az anyagvizsgálattal foglalkozó **hazai szervezetek** egyre jobb és megbízhatóbb eredményeket szolgáltatassanak az anyagvizsgálat piacán. Ezt jártassági vizsgálatok szervezésével, egy-egy, jól kidolgozott módszerekkel és szigorú titoktartással végzik.
5. A jártassági vizsgálatok eredményeként a résztvevők pontosan fel tudják mérni pozíciójukat, helyüket az adott szakmai közösségben, következésképpen költséghatékonyan fókuszálni tudnak a fejlődésük, fejlesztésük témaköreire.
6. Ha egy laboratórium jól használja a jártassági vizsgálatok eredményeit, akkor hatékonyan tudja ellenőrizni és fejleszteni vizsgálói tudását, valamint megalapozottan jelölheti ki minőségirányítási fejlesztéseinek területeit.
7. A MAROVISZ és MAE eddigi tapasztalatainak birtokában kecsegtető eredménnyel indulhat el nemzetközi (első lépésben KÖZÉP - EURÓPÁRA kiterjedő) hasonló akciók szervezésében. Ennek előkészítésében hasznos az eddigi tapasztalatok idegen nyelven történő publikálása, és speciális, e témakörrel foglalkozó, periodikus nemzetközi rendezvénysorozat szervezése.

Hivatkozások:

- [1] MSZ EN ISO/IEC 17043:2010 Megfelelőségértékelés. Jártassági vizsgálatok általános követelményei
 - [2] MAROVISZ ME 5.3 Jártassági vizsgálatok minőségirányítási eljárásleírás 4. kiadás. 2017. július 12.
 - [3] MSZ EN 571-1:2001 Roncsolásmentes vizsgálatok. Folyadékbehatolásos vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek
 - [4] MSZ EN ISO 3452-3:2000 Roncsolásmentes vizsgálat. Folyadékbehatolásos vizsgálat 3. rész: Ellenőrző testek
- (A jártassági vizsgálat ideje alatt a folyadékbehatolásos vizsgálat szabványait a Magyar szabványügyi Testület visszavonta, és a MSZ EN ISO 3452-1:2013, valamint a MSZ EN ISO 3452-3:2014 szabvánnyal helyettesítette.)

2019/I. Lapszám



Az **Envirotis Holding Zrt.** budapesti székhelyű cégcsoport, amely 30 éve foglalkozik ipari hulladékkezeléssel, újrahasznosítással és kármentesítéssel. Tevékenysége az egész ország területére kiterjed, így mára vezető szerepet tölt be a magyar környezetvédelmi piacon. Tevékenységünk központjában a környezet védelme, a fenntartható gazdaság elősegítése és az életminőség javítása áll.

Tevékenységeink címszavakban:

- korszerű hulladékkezelés
- újrahasznosítás
- kármentesítés
- hulladékkereskedelem

WWW.ENVIROTIS.HU

envirotis
H O L D I N G

envirotrade
ENVIROTIS HULLADÉKKERESKEDELEM

SZÉKHELY 1124 BUDAPEST, BÜRÖK UTCA 34-36.
HONLAP WWW.ENVIROTIS.HU
E-MAIL INFO@ENVIROTIS.HU
TELEFON +36 1 796 1370

KERESKEDELMi KÉPVISELET 2890 TATA, BAJI ÚT 9.
HONLAP WWW.ENVIROTRADE.HU
E-MAIL KERESKEDELEM@ENVIROTRADE.HU
TELEFON +36 34 586 127

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete által rendezett Vickers-keménységmérési körvizsgálat

Dobránszky János, DSc. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

1. Bevezetés

Az 1897-ben alapított és 1948-ban betiltott Magyar Anyagvizsgálók Egyesületét 2012-ben szervezte újjá néhány, a hazai anyagvizsgálói szakma fejlődéséért elkötelezett kolléga. Az egyesület egyik fontos célja és feladata a jártassági vizsgálatok rendezése. A Vickers-keménységmérési (HV 5 és HV 10) jártassági vizsgálat megrendezését a 2014 novembere végén megválasztott elnökség a 2016. évi feladattervébe vette be. Az előkészítéshez kapcsolódó egyeztetések, az új körvizsgálati szabályzat kidolgozása és a teljes tagságra kiterjesztett megvitatása, valamint a végleges körvizsgálati tervben szereplő feltételek biztosítása hosszú hónapokat vett igénybe, de végül 2017. augusztus 30-án az egyesület meghirdette az újjászervezése utáni harmadik jártassági vizsgálatát (a körvizsgálati felhívás az egyesület honlapján megtekinthető).

A Vickers-keménységmérési jártassági vizsgálatra 18 résztvevő jelentkezett; ez a létszám magyarországi viszonylatban kifejezetten jelentősnek tekinthető. Teljesen új megoldásként a vizsgálatra kiküldött vizsgálati minták között közönséges, a kereskedelmi forgalomban beszerzett (de azért tudatosan kiválasztott) acéltermékekből durva felületűre kimunkált vizsgálati minták is voltak, amelyek homogenitása nyilvánvalóan nem volt ideális. Végeredményben a résztvevők hat mérési eredményt küldhettek be, és mind a hatra külön értékelést kaptak. A beküldött eredmények értékelése fordulatos és tanulságos események sorát hozta, pl. banális szervezői hibákra derült fény és reklamációk is érkeztek. Mindezeket a szervezők és az egyesület elnöksége kijavította, kezelte, és a március elején tartott szakmai fórumon – további fontos kérdésekkel együtt – megvitatta. A tapasztalatok és a tanulságok fontos adalékul szolgálnak a soron következő jártassági vizsgálatok rendezéséhez.

A Vickers-keménységmérési jártassági vizsgálat részleteit a továbbiakban a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete elnöksége által elfogadott zárójelentés alapján ismertetem.

2. A körvizsgálat előkészítése

Az egyesület elnöksége a 2016. év végére előkészítette az egyesület 2012-ben történt újraalapítása utáni időszak harmadik, MAE-rendezte körvizsgálatát, amelynek témája a HV 5 és HV 10 Vickers-keménységmérés. A 2017. év elején megkeresés érkezett a DUNAFERR LABOR Nonprofit Kft. vezetőitől a körvizsgálat közös megrendezésére. Velük végül nem sikerült megállapodni, de az egyeztetési folyamat hasznosan telt, ugyanis az egyesület teljes tagsága körében lefolytatott vita eredményeként egy új körvizsgálati szabályzat és egy új körvizsgálati terv alapján indult el a körvizsgálat, amelynek szervezőjének az elnökség e cikk szerzőjén kívül dr. Gillemot Lászlót és Tolnainé Naszádi Anikót bízta meg. A 2017 augusztusában elfogadott, új körvizsgálati szabályzat az egyesület honlapján nyilvános dokumentumként elérhető.

A HV 5 és HV 10 Vickers-keménységmérés témájú körvizsgálatban új megoldások is megjelentek a vizsgálati minták anyagának homogenitása kapcsán. Az egyik az, hogy közönséges, a kereskedelmi forgalomban beszerzett – tehát ismeretlen homogenitású – köracélok anyagának vizsgálata is bekerült a körvizsgálati programba. A másik új megoldás az, hogy az ismert homogenitású keménységösszehasonlító lapok feldarabolása után, kis etalondarabokat kaptak a résztvevők. Az pedig végképp nem szokványos megoldás volt (hanem egy banális szervezői hiba következménye), hogy a HV5 méréseket a HV10-es etalonon (és fordítva) végeztették el a szervezők a résztvevőkkel. Tehát minden résztvevő hatféle mérést végezhetett el, és hat különböző, külön-külön értékelt eredményt küldhetett be. Ez a módszertan tehát felfogható akár hat önálló jártassági vizsgálatnak is.

3. A körvizsgálat résztvevői

A körvizsgálati felhívás széles szakmai körhöz jutott el, így 18 résztvevő jelentkezett, fizette be részvételi díjat, és küldte be az eredményt. Hazai viszonylatban ez a részvételi szám kimagaslónak számít. Az 1. táblázat tartalmazza a résztvevőket abc-sorrendben.

1. táblázat A jártassági vizsgálat résztvevői

ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.	METALCONTROL Kft.
AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Zrt.	MOL Petrolkémia Zrt. Műszaki Felügyelet Műszaki Vizsgáló Laboratórium
ASG Gépgyártó Kft.	MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék	Nyíregyházi Egyetem MAI Anyagvizsgáló Labor
BorsodChem Zrt.	OT Industries-KVV Zrt.
CSŐSZERLABOR K.F.T.	RÖNTGEN KANIZSA Kft.
Dunaújvárosi Egyetem	Széchenyi István Egyetem
Farkas Bt.	Techniques Surfaces Magyarország Kft.
MÁTRA-DIAGNOSZTIKA Kft.	TÜV Rheinland InterCert Kft.

4. A körvizsgálati terv teljesülésének értékelése

A körvizsgálatot a szervezők az elnökség által véglegesített és 2017. augusztus 17-én elfogadott körvizsgálati terv (KÖRV 3/2017-04_2) alapján szervezték. Ez a fejezet a körvizsgálati terv egyes pontjainak teljesüléséről ad számot.

- a) A költségterv teljesülésének részletes értékelését, vagyis a végleges pénzügyi beszámolót, a szervezők – a körvizsgálati szabályzatnak megfelelően – a teljes pénzügyi lezárás után, az elnökség közgyűlési beszámolójának mellékleteként készítik el. Az eredeti költségtervet érintő, lényegesebb eltérések a következők voltak:
- a.1) A tervezett 20 résztvevő helyett csak 18 résztvevővel zajlott le a körvizsgálat.
- a.2) Az etalonok darabolásáért fizetni kellett, de ezt fedezte az általános tartalék.
- a.3) A friss szabványok beszerzése összességében érdemleges tétel volt.
- b) A határidők vonatkozásában minden olyan határidőt, illetve időtartamot sikerült tartani, amely csak a szervezők munkájával függött össze, azonban a jelentkezésre, a részvételi díj befizetésére és az eredmények beküldésére néhány résztvevőnek a szervezők haladékot adtak, elfogadva azokat a különleges körülményeket, amelyek miatt egyes résztvevők ezt kérték. Emiatt végül az utolsó eredményközlési adatlap 2017. november 15-én érkezett be.
- c) A szervezők január 8-án jóváhagyásra előterjesztették a javított szervezői jelentést, és aláírásra előkészítették az egyéni értékelőlapokat.
- d) A jelentés elfogadásáról az elnökség internetes szavazással határozott, és a január közepén megtörtént az értékelőlapok postázása.
- e) A METALCONTROL Kft. részéről reklamáció érkezett, amelyet az egyesület elnöke kivizsgált és megválaszolt. A reklamáció jogosan kifogásolt két diagramot, amelyeket kijavítva január 29-én postáztunk minden résztvevőnek.

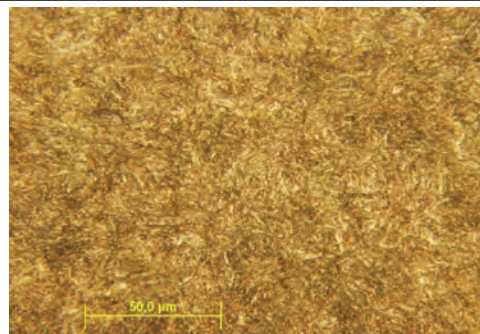
5. A köracélból származó vizsgálati minták

Két vizsgálati minta anyagát kereskedelmi áruként vásároltuk. Az 1.2312 (40CrMnMoS8-6) anyagminőségű, 20,5 mm átmérőjű köracél kémiai összetétele a 2. táblázatban, ferrit–vas-karbid elegyből álló, a nemesített állapotra jellemző, szövet-szerkezete pedig az 1. ábrán látható. Az 1.1191 (Ck45) anyagminőségű, normalizált állapotú, 25 mm átmérőjű köracél kémiai összetétele a 3. táblázatban, ferrit-perlites szövetszerkezete a 2. ábrán látható.

A másik két vizsgálati minta keménységmérési etalonokból készült, azok szikra-forgácsolással végzett darabolásával. A kiküldésre előkészített vizsgálati mintákat a 3. ábra mutatja.

2. táblázat Az 1.2312 (40CrMnMoS8-6) anyagminőségű, 20,5 mm átmérőjű köracél tömegszázalékban mért összetétele

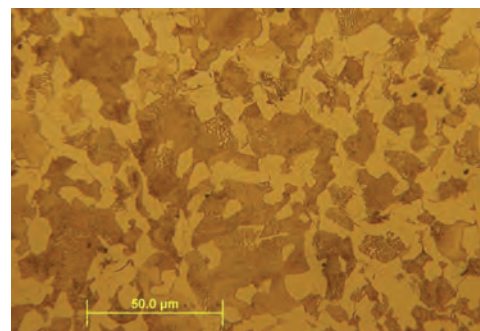
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Névleges	0,35–0,45	0,30–0,50	1,40–1,60	< 0,03	0,05–0,10	1,80–2,0	0,15–0,25
Bizonylatolt	0,390	0,360	1,500	0,012	0,060	1,830	0,150



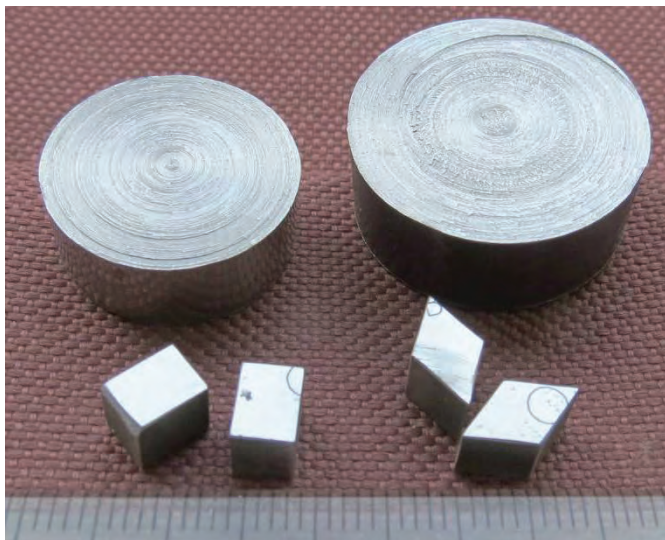
1. ábra Az 1.2312 (40CrMnMoS8-6) anyagminőségű, 20,5 mm átmérőjű köracél szövetszerkezete

3. táblázat Az 1.1191 (Ck45, C45R) anyagminőségű, 25 mm átmérőjű köracél tömegszázalékban mért összetétele

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cr + Mo + Ni
Névleges	0,42–0,50	< 0,40	0,50–0,80	< 0,030	< 0,035	< 0,40	< 0,10	< 0,4	0,63
Bizonylatolt	0,44	0,28	0,80	0,016	0,026	0,08	0,018	0,09	0,17



2. ábra Az 1.1191 (Ck45, C45R) anyagminőségű, 25 mm átmérőjű köracél szövetszerkezete



3. ábra A durva felületűre darabolt köracél vizsgálati minták és a szikraforgács-lással feldarabolt etalondarabok

A résztvevőknek kiküldött vizsgálati minták lényeges jellemzőit és a mérési eredmények feldolgozása során használt vizsgálatiminta-megnevezéseket a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat A vizsgálati minták leírása és jelölése

A vizsgálati minták leírása	Megnevezés
1 db, D20×8 mm méretű köracél-darab, amely 2 db vizsgálati mintaként volt felhasználható. Felülete durvára esztergált. Ez a vizsgálati minta próbatestként szolgált mind HV 5, mind pedig HV 10 Vickers-keménység-méréshez	D20×8+HV10 D20×8+HV5
1 db, D25×10 mm méretű köracél-darab, amely 2 db vizsgálati mintaként volt felhasználható. Felülete durvára esztergált. Ez a vizsgálati minta próbatestként szolgált mind HV 5, mind pedig HV 10 Vickers-keménység-méréshez	D25×10+HV10 D25×10+HV5
Téglalap alakú etalondarab, mérete 4×7×6 mm (vastagsága 6 mm). A fényesre polírozott felületén kellett mérni HV 10 keménységet. A feldarabolt etalonok eredetileg HV 5 mérésére szolgáltak: 737 HV5.	HV10etalon
Rombusz alakú etalondarab, mérete 5×8×6 mm (vastagsága 6 mm). A fényesre polírozott felületén kellett mérni HV 5 keménységet. A feldarabolt etalonok eredetileg HV 10 mérésére szolgáltak: 642 HV10.	HV5etalon

6. A résztvevők által beküldött mérési eredmények jegyzőkönyvezési módjának értékelése

A résztvevőknek a szervezők által kiküldött kódolási levél egyértelműen jelezte, hogy a vizsgálatot és a mérési eredmények közlését is az MSZ EN ISO 6507-1 szabvány alapján kell elvégezni. A beküldött mérési eredmények között azonban csak egyetlenegy volt olyan, amely a szabványban foglalt jegyzőkönyvezési előírásoknak teljes mértékben eleget tett, így pl. a mérési bizonytalanságot is meghatározta. Ezzel el-lentétben főleg olyan eredményközlési lapok érkeztek be, amelyekre csak 3–5 egyedi értéket írtak fel. Sok esetben viszont, vizsgálati mintaként csak egyetlen értéket közöltek, és semmilyen információ

nem utalt arra, hogy ez egyetlen mérési érték, vagy több mérés átlaga, vagy maga – a szabványos terminológia szerinti – mérési eredmény. Ha csupán egyetlen mérés egyedi értékét közölték, akkor ez súlyos hiányosság már az „egy mérés nem mérés” bölcsesség alapján is. Volt olyan eredményközlés is, amelyen még az azonosító kódszám sem szerepelt, erre csak a fájl nevéből lehetett következtetni.

Tekintettel arra, hogy a „jegyzőkönyvek” kidolgozása nem képezte a körvizsgálat tárgyát, az eredményközlés módjának részletesebb értékelésére nem került sor, de meg kell jegyezni, hogy „vevőként” számos jegyzőkönyvet nem ismertünk volna el szabványos teljesítésnek.

Természetesen kifogásolható az a módszer, hogy a szervezők nem közlik hajszálpontosan az eredményközlés minden részletét; ebben a vonatkozásban még a szervezők között sincs teljes egyetértés. A magam részéről úgy vélem, hogy a „jártasság” nem csak arra kell, hogy kiterjedjen, hogy egy kotta alapján minden utasítást végrehajtsunk, hanem inkább arra is, hogy a gyakorlatban előálló, adott esetben nem a napi rutin kategóriájába tartozó feladatokat is megoldjunk.

Végül is 18 résztvevő küldte meg a mérési eredményeit. Egy-egy résztvevő 6 mérési sorozatban vehetett részt: 2 db etalon (HV 5 és HV 10) és 2 db köracél vizsgálati minta HV 5 és HV 10 mérésével. Volt olyan résztvevő, amely csak a HV 10 méréseket hajtott végre, más résztvevő az etalondarab vizsgálati minták túl kis mérete miatt nem végzett mérést, illetve egyesek a felületminőséget kifogásolták. A D20×8 és a D25×10 vizsgálati minta darabolása szándékosan történt úgy, hogy a durva felület miatt a vizsgálat elvégzése előtt felületelőkészítés (vagyis próbatestkészítés) legyen szükséges. Ennek elvégzését egyébként egyik résztvevő sem említette, de bizonyára minden résztvevő elvégezte.

A kereskedelmi acéltermékeken végzendő mérés beemelése a körvizsgálatba kifejezetten azt a célt szolgálta, hogy a résztvevők ne csak az etalonok által biztosított ideális feltételek között bizonyíthassák jártasságukat. Ezért kaptak tökéletesen homogennek egyáltalán nem tekinthető vizsgálati mintákat. Ami a felület állapotát illeti, itt pedig tudatosan kaptak a résztvevők durvára forgácsolt felületű vizsgálati mintákat. Viszont minden résztvevő figyelmét többszörösen is felhívták a szervezők által küldött dokumentumok arra, hogy a mérést a vizsgálati szabvány előírásainak megfelelően kell végrehajtani; a szóban forgó szabvány 6. fejezete pedig – öt alpontra szedve – írja le a próbatesttel szembeni kö-

vetelményeket. Az igazán gondos méréshez tehát a vizsgálati mintából próbatestet kellett készítenie a résztvevőnek, a szabványos követelményeknek megfelelően. Azt azonban az eredmények értékelésekor a szervezők nem vizsgálták, hogy a szabvány egyáltalán a résztvevő birtokában van-e.

7. A mérési eredmények értékelésének módszere

A mérési eredmények értékelését vizsgálati mintánként és terhelésenként csoportosítva végeztük az MSZ EN ISO 6507-1, az MSZ EN ISO/IEC 17043 és az ISO 13528 szabvány alapján. Az etalondarabokon mért eredményeket kétféle minősítési módszerrel is kiértékeljük.

Amely résztvevő nem mérési eredményt közölt, hanem egyedi értékeket, annak esetében a szervezők képezték az egyedi értékek átlagát és szórását.

Az eredményközlési adatlapokon érkezett mérési eredmények egy-egy csoportjába 15–18 résztvevő mérési eredménye került; ha a résztvevő egyedi értékeket közölt, akkor mérési eredményként ezek átlagát vettük figyelembe.

Az ún. robusztus statisztikai módszerrel meghatároztuk az egyes csoportok mediánját, az első és a harmadik kvartilist, valamint az robusztus szórását. Ezek az átlaghoz hasonlóan a Gauss-eloszlás jellemzői, de ez a számítás módszer kevésbé érzékeny az egyes kiugró értékre (jellemzően ezek lesznek később az ún. kiszóróértékek). A három kvartilis négy olyan részre osztja fel a résztvevők mérési eredményeiből képzett halmazt, amelyek egyenlők, azaz 25–25 %-ot képviselnek. Az s_0 robusztus szórás meghatározása:

$$s_0 = 0,74131 \cdot (Q_3 - Q_1) \quad (1)$$

ahol Q_1 és Q_3 az első és a harmadik kvartilis.

Ezt a kiértékelési módszer a vizsgálati minta keménységét tehát az összes a résztvevő mérési eredményének figyelembevételével – azaz konszenzussal – határozza meg.

A csoport mediánja és robusztus szórása ismeretében kijelölhetők az úgynevezett kiszóróértékek. A Gauss-eloszlás esetében a mediántól $\pm 3s_0$ távolságon belül helyezkedik el a mért adatok 99,7 %-a, így az ennél jobban eltérő adat valószínűleg nem tartozik az eloszláshoz, tehát kiszóróérték. Ezek elhagyását követően a további értékelés számára megmaradó mérési eredmények mediánja kismértékben változik, míg a robusztus szórása általában jelentősen csökken.

Az így "megtisztított" adatokra már jól alkalmazható a z-pontszám (a szabványban angolul z score) meghatározásának módszere. A z-pontszámok az alábbiak szerint számíthatók:

$$z = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad z^* = \frac{x_i^* - x_{pt}^*}{\sigma_{pt}^*} \quad z_0 = \frac{x_i - M}{s_0} \quad z_0^* = \frac{x_i^* - M^*}{s_0^*} \quad (3a), \quad (3b), \quad (3c), \quad (3d),$$

$$z_0 = \frac{x_i - M^*}{s_0^*} \quad (3e).$$

A (3a–3e)-ben x_i a résztvevő eredménye, x_{pt} a kijelölt érték, σ_{pt} a mérési eredmények szórása, M azok mediánja, s_0 a mérési eredmények robusztus szórása. A * felső index arra utal, hogy a számítás a kiszóróértékek kihagyásával történik, a 0 alsó index arra, hogy a robusztus módszerből eredő szórással; z_0^* a végső z-pontszám. Ebből a végső z-pontszámból adódóan a lehetséges minősítéseket az 5. táblázat összegezi.

5. táblázat A z-pontszámok és a mérési eredmények megfelelőségi kapcsolatának magyarázata

A z-pontszám tartománya	A mérési eredmény megfelelőségének minősítése	A minősítés jelölése
$ -z_0 < 2$	Megfelelő	Zöld háttér
$2 \leq -z_0 < 3$	Kérdéses	Sárga háttér
$3 \leq -z_0 $	Nem megfelelő	Piros háttér

A mérési eredmény minősítése szempontjából döntő jelentőségű a vizsgálati minta kijelölt értéke, amely lehet „konszenzusos”, illetve „előre meghatározott”. Amennyiben a kijelölt értéket a résztvevők mérési eredményeinek az átlagából (vagy mediánjából) határozzák meg, abban az esetben konszenzusos kijelölt értékről beszélünk. Ennek a kijelölt értéknek a megengedett mérési bizonytalansága általában jelentősen nagyobb, mint az előre meghatározott kijelölt értéké.

Jelen körvizsgálatban – a vizsgálati minták eltérő eredete és homogenitása miatt – mindkét eset előfordul; a köracél próbatesteket konszenzusos, míg az etalondarabokon mért eredményeket mind a konszenzusos, mind pedig az előre meghatározott kijelölt értékkel értékeltük ki.

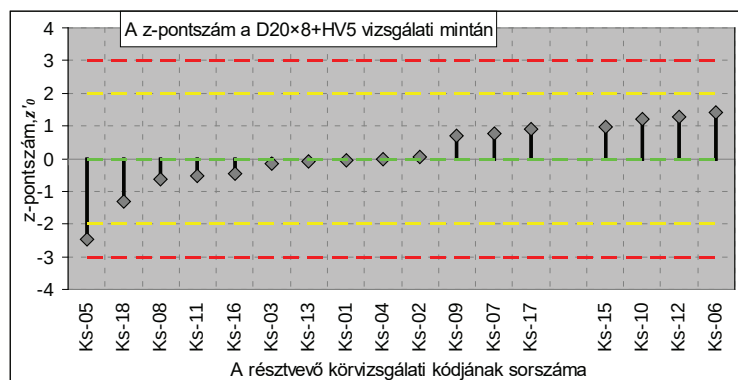
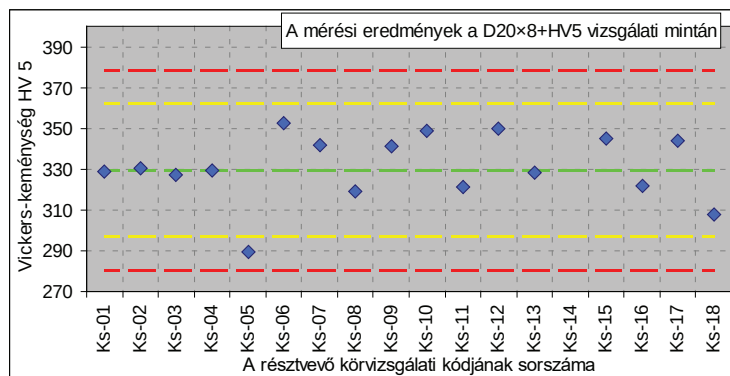
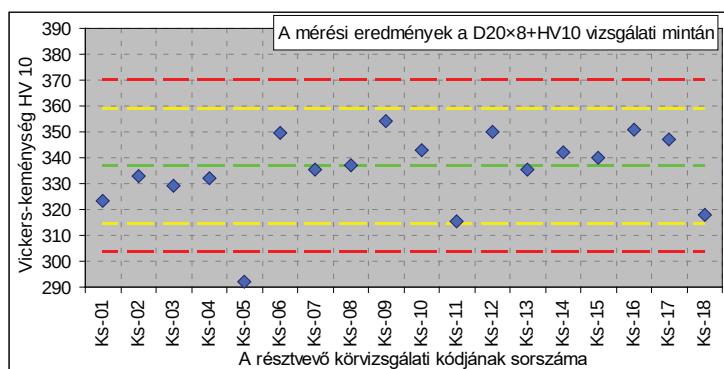
8. Csoportonkénti értékelés konszenzusos kijelölt érték alapján: a köracélból forgácsolt vizsgálati minták mérési eredményeinek értékelése

8.1. A D20×8+HV10 vizsgálati mintákon (1.2312 acél) HV 10 méréssel mért eredmények értékelése

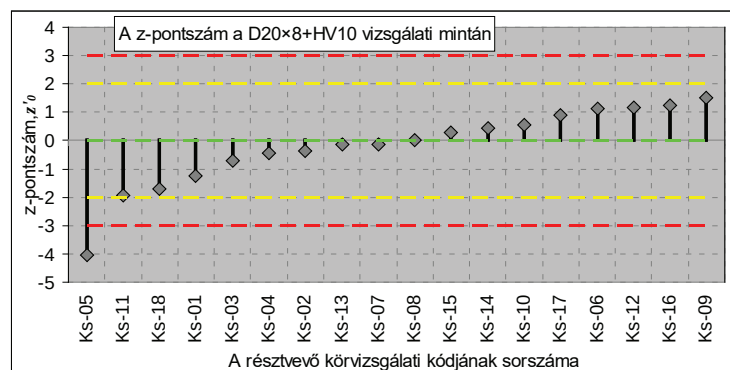
A mérési eredményeket és azok megfelelőségének minősítését a **4. ábra** mutatja. A 18 mérési eredményből 17 „megfelelő”, egy pedig „nem megfelelő”.

8.2. A D20×8+HV5 vizsgálati mintákon (1.2312 acél) HV 5 méréssel mért eredmények értékelése

A mérési eredményeket és azok megfelelőségének minősítését a z'_0 pontszám alapján az **5. ábra** mutatja. A 18 elemű csoportban nem volt kiszoróérték, nincs „nem megfelelő” minősítés, egy mérési ered-



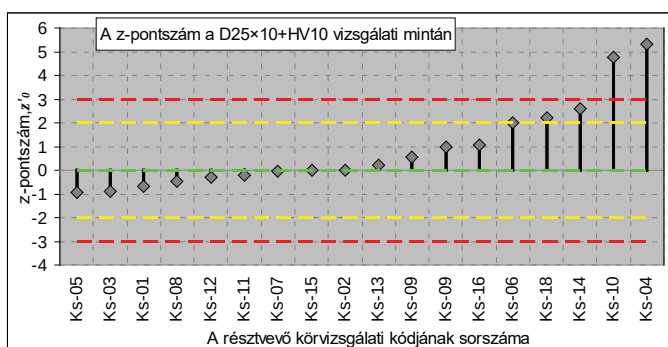
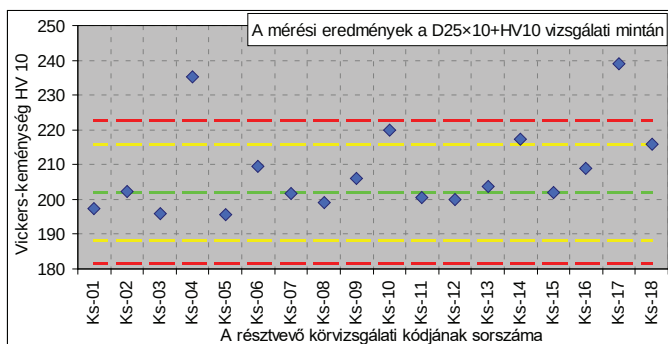
5. ábra A D20×8+HV5 vizsgálati minták mérési eredményeinek értékelése diagramokon



4. ábra A D20×8+HV10 vizsgálati minták HV 10 mérési eredményeinek értékelése diagramokon

8.3. A D25×10+HV10 vizsgálati mintákon (1.1191 acél) HV 10 méréssel mért eredmények értékelése

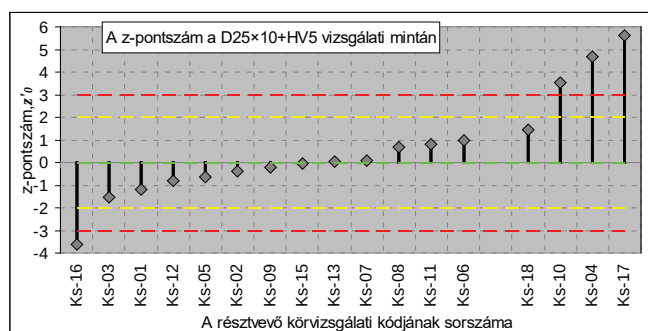
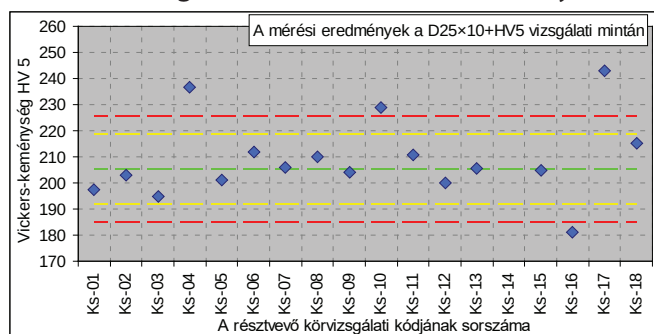
A 18 mérési eredményt magába foglaló csoportban két „kiszoróérték” után két „nem megfelelő” és három „kérdéses” megfelelőségű mérési eredmény volt, a többi 13 mérési eredmény „megfelelő”. A mérési eredményeket és azok megfelelőségének minősítését a z'_0 pontszám alapján a **6. ábra** mutatja.



6. ábra A D25×10+HV10 vizsgálati minták mérési eredményeinek értékelése diagramokon

8.4. A D25×10+HV5 vizsgálati mintákon (1.1191 acél) HV 5 méréssel mért eredmények értékelése

A 17 elemű csoportban 3 db „kiszoróérték” volt; ez a három, valamint egy további mérési eredmény „nem megfelelő”. A többi 13 mérési eredmény minősítése: „megfelelő”. A mérési eredményeket és



7. ábra A D25×10+HV5 vizsgálati minták mérési eredményeinek értékelése diagramokon

azok megfelelőségének minősítését a z' pontszám alapján a **7. ábra** mutatja.

8.5. A köracélokból származó vizsgálati mintákon konszenzusos kijelölt érték alapján minősített mérési eredmények összesítő értékelése

6. táblázat A négy mérési eredmény-csoport statisztikai jellemzői és megfelelőségi határértékei

	Medián	s_0^*	s_0^*/M (%)	$M - 3s_0^*$	$M - 2s_0^*$	M	$M + 2s_0^*$	$M + 3s_0^*$
D20×8+HV10	337,00	11,12	3,30	303,64	314,76	337,00	359,24	370,36
D20×8+HV5	329,40	16,31	4,95	280,47	296,78	329,40	362,02	378,33
D25×10+HV10	202,10	6,93	3,43	181,31	188,24	202,10	215,96	222,89
D25×10+HV5	205,30	6,71	3,27	185,17	191,88	205,30	218,72	225,43

A **6. táblázatban** összesített kiértékelési adatokat és határértékeket együttesen nézve célszerű rámutatni néhány szembeötlő összefüggésre:

- A D25×10 vizsgálati minták esetében a „megfelelő” tartomány szélessége (a kiszoróértékek kizárása után) ~40 HV, míg az egyértelműen elfogadható mérési tartomány szélessége is közel 30 HV. A szervezők által külön elvégzett mérések alapján a vizsgálati mintára meghatározott keménység $\pm 17,7$ tartományban szór, mivel a minta közepének és szélének a keménysége jelentősen eltérő.
- A D20×8 vizsgálati minták esetében a szórás még nagyobb, és jelentős különbség adódik a HV 5 és HV 10 mérések átlagai között is. Ennek okát abban kereshető, hogy a vizsgálati minta keménysége már viszonylag nagy, és a HV5-ös mérésnél keletkező kisebb lenyomat méretének leolvasása bizonyára pontatlanabb.
- A D25×10 vizsgálati minták keménysége, mindkét terhelés esetén, 203 ± 15 HV értékkel vagy $M \pm 7$ %-ként, míg a D20×8 vizsgálati minták keménysége 329 ± 33 HV 5, illetve 337 ± 24 HV 10 értékkel írható le.

9. Az etalondarab vizsgálati mintákon mért mérési eredmények értékelése konszenzusos érték, valamint kijelölt érték alapján

Az etalondarab vizsgálati minták esetében a konszenzusos kijelölt értékkel való értékelés teljesen azonos a köracéldarab vizsgálati mintáknál alkalmazott eljárással. A konszenzusos kijelölt érték tehát a résztvevők beküldött vizsgálati eredményeinek mediánja (M). A másik kiértékelési módszernél a kijelölt érték (x_{pt}) az etalon műbizonylata alapján adott volt. A kétféle kiértékelés hasznos, mivel megmutatja,

hogy a kétféle kiértékelési eljárás milyen mértékű eltérést eredményez. A végső minősítés mindkétféle kijelölt érték alapján meghatároztuk, és a körvizsgálat résztvevői és kettő értékelést kaptak rá.

Az előre meghatározott kijelölt érték használatakor a résztvevő saját mérési eredményeinek szórását és az etalon szórását kell figyelembe venni; itt hasznos lett volna, ha minden résztvevő közli vagy az egyedi mérési értékeit, vagy a szabványnak megfelelően a mérési bizonytalanságot.

$$s_R = \sqrt{s_L^2 + s_E^2} \quad s_L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (3)$$

Ezzel a z-pontszámok az alábbi alakokat veszik fel:

$$z_R = \frac{x_i - x_p}{s_R} \quad (4)$$

ahol S_R a hibaterjedéssel számolt szórás, S_L a résztvevők egyedi értékei szórásainak átlaga, S_E az etalon szórása (a két db etalonra együttesen megállapítva). A Z_R a végső z-pontszám.

Az értékelés a továbbiakban azonos a z-pontszám alapján, fentebb leírt eljárással.

9.1. A HV10etalon vizsgálati mintákra közölt mérési eredmények értékelése

A vizsgálati mintákat 2 db etalon feldarabolásával állítottuk elő; a darabolás szikraforgácsolással történt. A csatolt bizonylatok szerint az etalonok keménysége $736 \pm 7,4$ HV 5, illetve $737 \pm 7,4$ HV 5. Tehát az etalonok HV 5 méréssel vannak kalibrálva, de ezt az értéket vettük alapul a HV 10 méréshez. Tekintettel a kis darabszámokra és a vizsgálati minták véletlenszerű szétosztására, az etalonokat egyenértékűnek tekintettük: a kijelölt érték 737, az S_E szórását pedig az etalon bizonylatán közölt egyedi mérési értékekből lehet kiszámítani. A megfelelőségi határértékeket a **7. táblázat** és a **8. táblázat** összegzi.

7. táblázat A HV10etalon vizsgálati minták mérési eredményeinek megfelelőségi határértékei konszenzusos kijelölt érték alapján

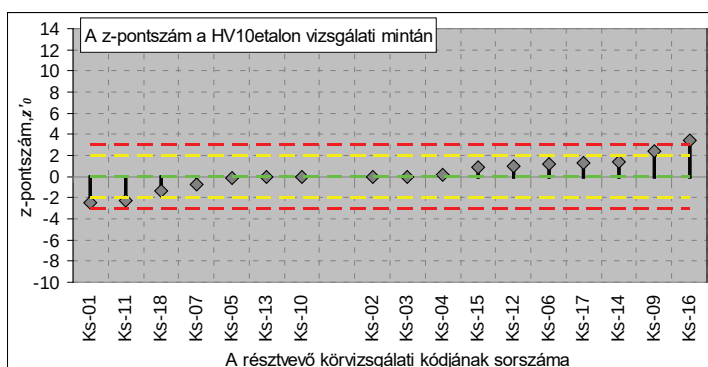
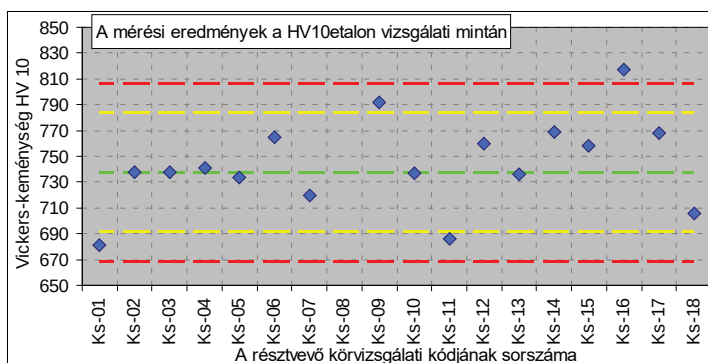
Medián	Szórás	$M - 3s_0^*$	$M - 2s_0^*$	M	$M + 2s_0^*$	$M + 3s_0^*$
737,80	22,98	668,86	691,84	737,80	783,76	806,74

8. táblázat A HV10etalon vizsgálati minták mérési eredményeinek megfelelőségi határértékei az előre meghatározott kijelölt érték alapján

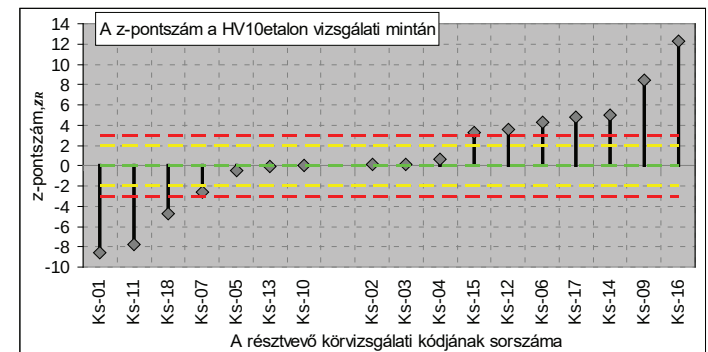
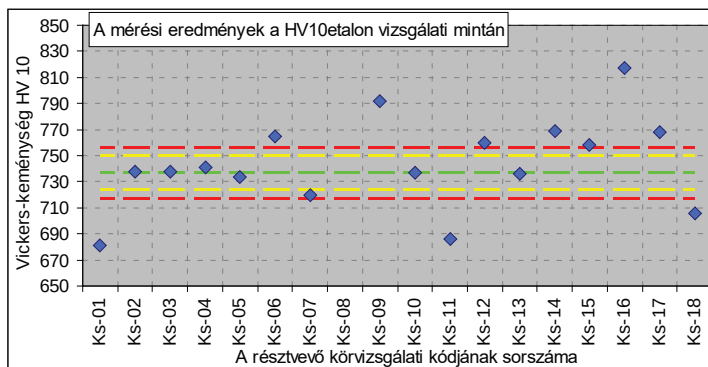
s_E	s_L	s_R	$x_{pt} - 3s_R$	$x_{pt} - 2s_R$	x_{pt}	$x_{pt} + 2s_R$	$x_{pt} + 3s_R$
2,28	6,10	6,52	717,45	723,97	737,00	750,03	756,55

Ebben a mérésieredménycsoportban a **konszenzusos kijelölt érték alapján** mindössze 1 db ki-szóróérték van, 1 mérési eredmény nem megfelelő,

Konszenzusos kijelölt érték alapján



Előre meghatározott kijelölt érték alapján



8. ábra A HV10etalon vizsgálati minták mérési eredményeinek értékelése diagramokon

3 kétséges és 13 megfelelő. Jelentősen különbözik az eredmények minősítése akkor, ha **meghatározott kijelölt értékként** (x_{pt}) az etalonnak a (HV5-méréssel) bizonylatolt keménységét vesszük alapul. Ekkor a 17 mérési eredményből 10 nem megfelelő, 1 kétséges és csak 6 megfelelő. A mérési eredményeket, a minősítési határértékeket a **8. ábra** jeleníti meg grafikus formában: a **8.a** és a **8.b** ábra a konszenzusos kiértékelés z'_0 pontszámai alapján, a **8.c** és a **8.d ábra** pedig a meghatározott kijelölt értékes kiértékelés Z_R pontszámai alapján való minősítéssel.

9.2. A HV5etalon vizsgálati mintákon mért eredmények értékelése

A vizsgálati mintákat ebben az esetben is 2 db etalon feldarabolásával állítottuk elő. A bizonylatok szerint ezek keménysége 642 ± 7 HV 10, illetve 646 ± 7 HV 10 (tehát az etalonok HV 10 méréssel vannak kalibrálva). A kijelölt érték 644, az etalon S_E szórása pedig a két etalon bizonylatolt egyedi értékei alapján volt számítható. A megfelelőségi határértékeket a **9. táblázat** és a **10. táblázat** összegzi.

9. táblázat A HV5etalon vizsgálati minták mérési eredményeinek megfelelőségi határértékei konszenzusos kijelölt érték alapján

Medián	Szórás	$M - 3s_0^*$	$M - 2s_0^*$	M	$M + 2s_0^*$	$M + 3s_0^*$
653,60	11,12	620,24	631,36	653,60	675,84	686,96

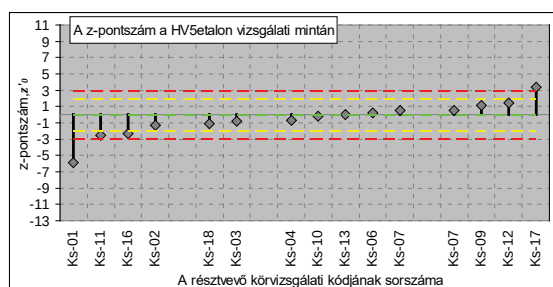
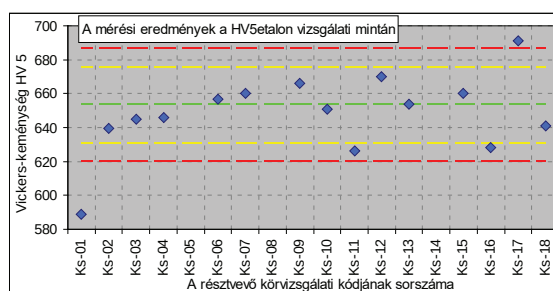
10. táblázat A HV5etalon vizsgálati minták mérési eredményeinek megfelelőségi határértékei az előre meghatározott kijelölt érték alapján

s_E	s_L	s_R	$x_{pt} - 3s_R$	$x_{pt} - 2s_R$	x_{pt}	$x_{pt} + 2s_R$	$x_{pt} + 3s_R$
2,91	3,72	4,72	629,84	634,56	644,00	653,44	658,16

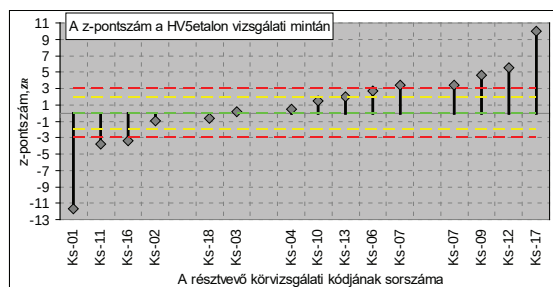
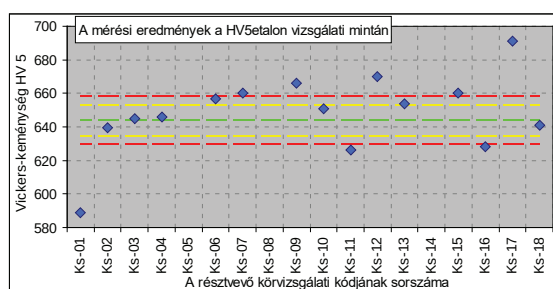
Ebbe a mérési eredménycsoportba 15 mérési eredmény került, amelyek közül a **konszenzusos kijelölt érték alapján** mindössze 1 db lett kiszoróérték. Végül 2 mérési eredmény nem megfelelő, 2 mérési eredmény kétséges, 11 pedig megfelelő.

Jelentősen más az eredmények minősítése akkor, ha **meghatározott kijelölt értékként** (x_{pt}) az etalonnak a (HV10-méréssel) bizonylatolt keménységét vesszük alapul. Ekkor a 15 mérési eredményből 8 nem megfelelő, 1 kétséges és csak 6 megfelelő. A mérési eredményeket, a minősítési határértékeket a **9. ábra** jeleníti meg grafikus formában: a **9.a** és a **9.b ábra** a konszenzusos kiértékelés z'_0 pontszámai alapján, a **9.c** és a **9.d ábra** pedig a meghatározott kijelölt értékes kiértékelés Z_R pontszámai alapján való minősítéssel.

Konszenzusos kijelölt érték alapján



Előre meghatározott kijelölt érték alapján



9. ábra A HV5etalon vizsgálati minták mérési eredményeinek értékelése diagramokon

9.3. Az etalondarab vizsgálati minták vizsgálati eredményeinek összesítő értékelése

a) A konszenzusos kijelölt értékek esetén a megfelelőségi tartomány sokkal szélesebb, mint az előre meghatározott kijelölt értékkel végzett értékelésé. Például a HV10etalon vizsgálati minta konszenzusos kijelölt értéke alapján a 737 ± 8 HV 5 keménységű próbatesten még a 737 ± 70 mérési eredmény is csak „kétséges”, míg a meghatározott kijelölt érték alkalmazásakor a megfelelőség felső határa ± 20 -ra csökken.

b) A meghatározott kijelölt értékkel való minősítéskor – amit egyébként a szigorúsága ellenére szakmailag nagyon is indokoltnak tartunk – a szűk megfelelőségi tartomány következményei oda vezettek, hogy a „nem megfelelő” minősítésű mérési eredmények aránya az etalonokból származó vizsgálati minták esetében nagyobb 50 %-nál. Ez feltehetően két körülménnyel függ össze:

- * Az etalonok keménysége nagy, s emiatt még kis leolvasási pontatlanság is jelentős eltérést okoz a mérési eredményben.
- * A résztvevőknek valószínűleg lényegesen kisebb gyakorlatuk van a nagy keménységű anyagok mérésében, mint a lágy alapanyagok és hegesztett kötések keménységének vizsgálatában.

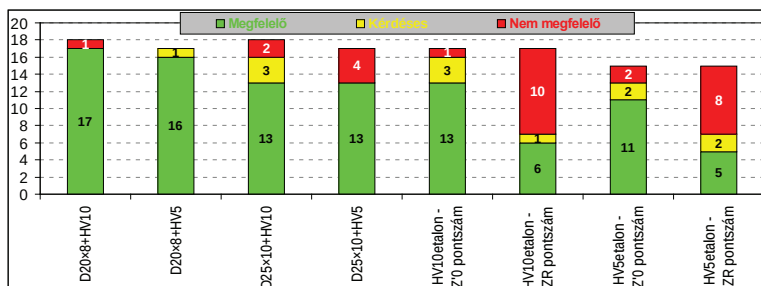
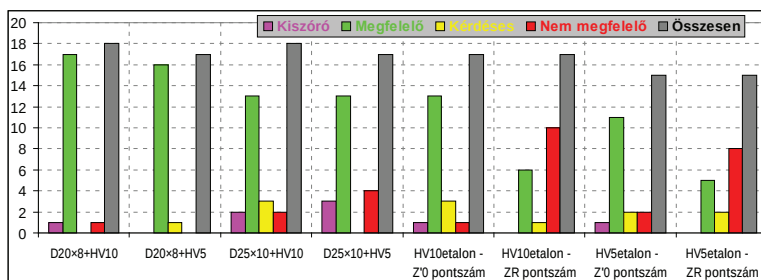
c) Az etalon vizsgálati minták értékelésekor különösen hasznos lett volna, ha a résztvevők a mérési eredmények megadásakor a vizsgálati szabvány szerint meghatározott mérési eredményt közlik – illet mindössze egy résztvevő küldött be a kódolási levélben hangsúlyozottak ellenére –, avagy megadják az egyedi mérési értékeket is.

10. Összefoglaló statisztikai értékelés

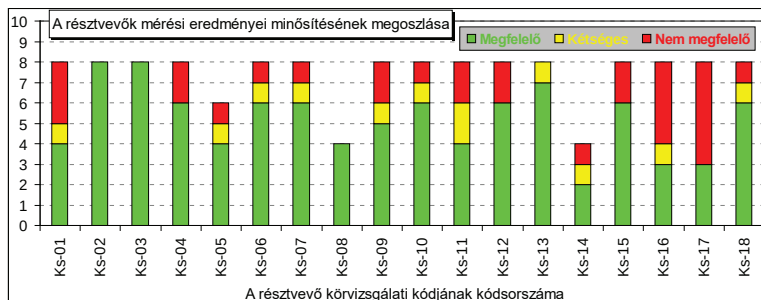
A 11. táblázat összegezi a különféle minősítésű mérési eredmények darabszámát. A különféle minősítések megoszlását a 10. ábra két diagramja szemlélteti, az egyes résztvevők által elért minősítések darabszámát pedig a 11. ábra. Az összefoglaló adatok számos tanulságot hordoznak, amelyeket célszerű lenne a hazai szakembereknek elemezni és megvitatni. A résztvevők részéről az önértékelés fontos, mert ez alapján tudnak javító intézkedéseket kidolgozni. Jó jelnek tartom, hogy a március 3-i szakmai fórumon az egyik résztvevő elmondta, hogy ők már ezt meg is tették.

11. táblázat A mérési eredmények megoszlása minősítési kategóriánként

	Kiszóró	Megfelelő	Kérdéses	Nem megfelelő	Összesen
D20×8+HV10	1	17	0	1	18
D20×8+HV5	0	16	1	0	17
D25×10+HV10	2	13	3	2	18
D25×10+HV5	3	13	0	4	17
HV10etalon / ± 0 pontszám	1	13	3	1	17
HV10etalon / $\pm R$ pontszám		6	1	10	17
HV5etalon / ± 0 pontszám	1	11	2	2	15
HV5etalon / $\pm R$ pontszám		5	2	8	15
Összesen	8	94	12	28	134



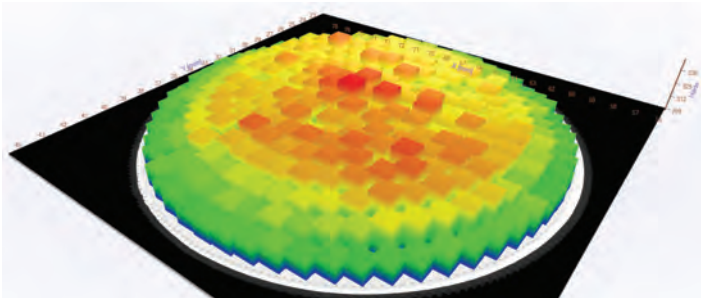
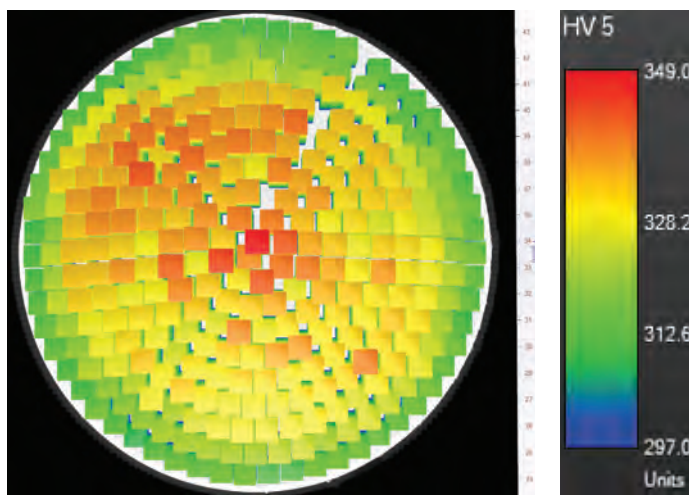
10. ábra A vizsgálati mintákra közölt mérési eredményei minősítéseinek megoszlása



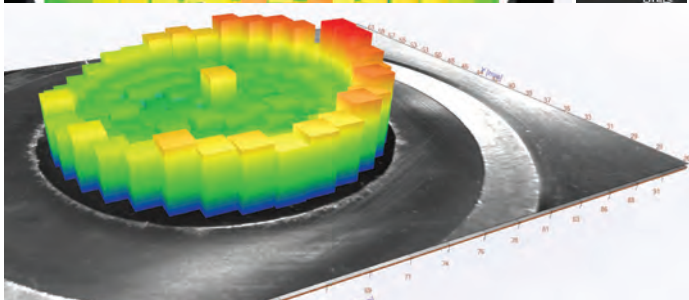
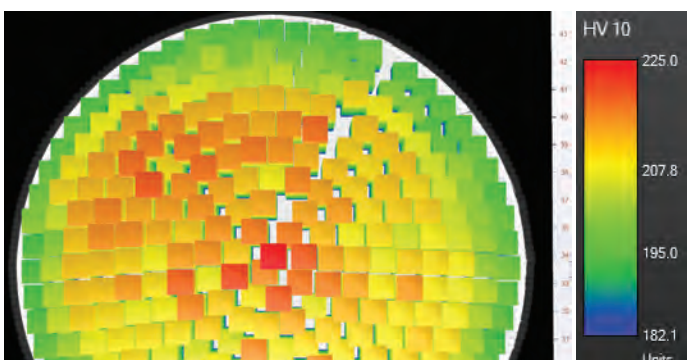
11. ábra A vizsgálati mintákra közölt mérési eredményei minősítéseinek megoszlása a 18 résztvevőre nézve

11. Zárógondolatok

1. Kisebbségi vita bontakozott ki arról, hogy volt-e értelme, illetve szabad-e egyáltalán jártassági vizsgálatra közönséges kereskedelmi áruból származó vizsgálati mintát kibocsátani. Homogén mintára van szükség, avagy a hagyjuk érvényesülni a valós állapotokat? Azért, hogy a köracél vizsgálati mintákról legalább utólag legyen egy pontosabb képünk, elkészítettünk egy keménységtérképet; köszönet a nagy munkáért Kelenföldi Brigittának és a Grimas Kft.-nek. A 12. ábrán bemutatjuk a 20 mm átmérőjű, a 13. ábrán pedig a 25 mm átmérőjű vizsgálati minta – polírozásig menően gondos előkészítés után felvett – keménységtérképét.
2. Érdekes ügyelni arra, hogy az ISO 2018 januárjában kiadta a Vickers-keménységmérési szabványsorozat új, 4. kiadását, amely hamarosan



12. ábra A 20 mm átmérőjű vizsgálati minta 2D-s keménységtérképe és 3D-s keménységtopogramja



13. ábra – A 25 mm átmérőjű vizsgálati minta 2D-s keménységtérképe és 3D-s keménységtopogramja

európai és így magyar szabvány is lesz. A MAE elnöksége tervbe vette az 1-es kötet magyar nyelvű kiadásának megrendelését, amelyhez pénzügyi támogatás gyűjtésébe kezdek. A magyar nyelvű kiadás oldalanként kb. 30

ezer Ft-ba kerül, a szabvány pedig 30 oldalas. Fel fogjuk mérni az igényt és a szponzorálási hajlandóságot, és ha ezek elégségesek, akkor elindítjuk a magyar kiadás megrendelését.

3. A MAE elnökségének értékelése szerint a 2017. évi, Vickers-keménységmérési körvizsgálat a hibáival együtt is hasznos és fontos esemény volt a hazai szakma számára. A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete 2018-ban is folytatni fogja a körvizsgálatok rendezését, mivel ez a vállalt feladata. Ez olyan munkával jár, amelyben minden segítség elkél; az Öné is, Tisztelt Olvasó ...

12. A körvizsgálat szervezéséhez kapcsolódó szakirodalom

1. MSZ EN ISO 6507-1:2006; Fémek. Vickers-keménységmérés 1. rész: Mérési eljárás (ISO 6507-1:2005)
2. MSZ EN ISO/IEC 17043:2010; Megfelelőségértékelés. Jártassági vizsgálatok általános követelményei (ISO/IEC 17043:2010)
3. ISO 13528:2015; Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison
4. MSZ EN ISO 6507-2:2006 Fémek. Vickers-keménységmérés. 2. rész: A keménységmérő gépek ellenőrzése és kalibrálása (ISO 6507-2:2005)
5. MSZ EN ISO 6507-3:2006 Fémek. Vickers-keménységmérés. 3. rész: A keménységösszehasonlító lapok kalibrálása (ISO 6507-3:2005)
6. MSZ EN ISO 6507-4:2006 Fémek. Vickers-keménységmérés. 4. rész: A keménységértékek táblázata (ISO 6507-4:2005)
7. ISO 6507-1:2018 Metallic materials -- Vickers hardness test -- Part 1: Test method
8. ISO 6507-2:2018 Metallic materials -- Vickers hardness test -- Part 2: Verification and calibration of testing machines
9. ISO 6507-3:2018 Metallic materials -- Vickers hardness test -- Part 3: Calibration of reference blocks
10. ISO 6507-4:2018 Metallic materials -- Vickers hardness test -- Part 4: Tables of hardness values
11. Rosario P, Martinez JL, Silván JM: Evaluation of proficiency test data by different statistical methods comparison. The First International Proficiency Testing Conference, Sinaia, 11–13 October 2007, pp95–104.
12. Mann I, Brookman B (eds.): Selection, Use and Interpretation of Proficiency Testing (PT) Schemes. EURACHEM, 2011.

13. Szabályzat a jártassági vizsgálat és a laboratóriumok közötti összehasonlítás alkalmazásához az akkreditálási és a felügyeleti vizsgálati eljárásokban; NAR-03. Nemzeti Akkreditáló Hatóság, 2016. január 15.
14. General Protocol; Proficiency Testing Schemes. LGC Standards Proficiency Test-ing, Bury, UK, 2016.
15. Szegény Zsigmond: Laboratóriumi jártassági vizsgálatok jelentősége, szervezése. Wessling, 2013.
16. z-Scores and other scores in chemical proficiency testing – their meanings, and some common misconceptions. Anal. Methods, 2016, 8, 5553; DOI: 10.1039/c6ay90078j
17. Guide to proficiency testing Australia. Proficiency Testing Australia, Silverwater, 2016.



Hatékony ellenőrzés,
akár napfényben is a
FLIR® T840
kamera segítségével!

GRIMAS

Grimas Ipari Kereskedelmi Kft.



1214 Budapest, Puli stny. 2-4.



1 420 5883



www.grimas.hu



info@grimas.hu

Keményység lenyomat olvasása képfeldolgozással

Kelenföldi Brigitta, Jeszenszky Szabolcs
GRIMAS Kft.

A keménységmérés alapvető vizsgálat az alkatrészek mechanikai tulajdonságainak meghatározására. A keménység értéke – mely fontos és kritikus anyagjellemző – számos módszerrel vizsgálható.

Néhány keménységvizsgálat, – mint a Rockwell – gyorsan elvégezhető, eredményei a benyomódás mélységének mérésén alapszanak. Más vizsgálati eljárások – mint a Vickers, Knoop és Brinell – a lenyomat átmérőjének vagy átlóinak mérésén alapulnak. Előnyei, hogy vékony rétegek, bevonatok és kis vastagságú anyagok, lemezek keménysége is meghatározhatóvá válik, valamint a vizsgálati eredmény kisebb mértékben függ a terhelő erőtől. Ezek a módszerek azonban sok időt vehetnek igénybe, a Rockwell eljáráshoz képest rosszabb hatásfokúak, és több hibalehetőséget rejtenek magukban. Ezért felmerül az igény a produktivitás növelésére, melynek egyik lehetősége az automatizálás.

Az elmúlt néhány évben nagymértékben fejlődött a számítástechnika mind az elektronika és hardverek, mind a szoftverek és az éldetektáló algoritmusok területén. Ez a technológiai fejlődés lehetővé teszi a hatékonyság, gyorsaság és pontosság egy korábban elképzelhetetlen szintre való emelését.

1. Automatikus keménységmérés

A hazánkban legelterjedtebb keménységmérési eljárást – a Vickers-t – általánosságban mikro és makro mérési tartományban alkalmazzák. Ezeknél az eljárásoknál a gyémánt gúla adott terheléssel történő benyomásával a felületen szabályos lenyomat marad, mely átlóinak lemérésével határozható meg a keménység. A mérés természetéből következően legtöbbször kis erőt alkalmaznak, mely kis lenyomatot eredményez, így mikronos tartományban zajlik a vizsgálat.

A régi gépeket a mai napig széles körben használják, és az eredmények kiértékelése mikroszkópon keresztül történik. A mai felgyorsult világban ez az eljárás nem hatékony, mivel elvégzése sok időt vesz igénybe, ami elfogadhatatlan.

A technikus számára is fárasztó naponta akár több száz lenyomatot lemérni mikroszkóppal, ez növeli a hiba lehetőségét. Így nyilvánvalóvá válik az automatizálás fontossága. A gyártóknak lépést kell tartaniuk a technológiai fejlődéssel. Cél, hogy a vizs-

gálatok minden szakaszát automatikussá tegyék, elérve az önálló, emberi felügyelet nélküli mérést.

Az újabb technológiáknak köszönhetően megszűnt a munkaterület zsúfoltsága, ugyanis néhány hardverelem használata feleslegessé vált, lecsökkentve az üzemeltetési kihívásokat is.

Az asztalmazó algoritmusok és a mechanikai tervezés fejlődésével lehetőség nyílt XY koordináta rendszerben irányítani a mintatartó asztalt, így pontossá és megismételhetővé téve a vizsgálatokat, valamint növelve az automatizálás lehetőségét. Ennek köszönhetően akár olyan jellemzők automatikus meghatározására is lehetőség nyílt a keménységméréssel, mint az edzett réteg mélysége keménység-lefutással.

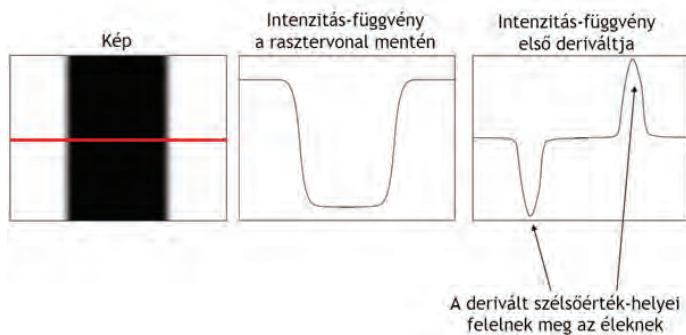
2. Képfeldolgozás

A kép analízis a mesterséges intelligencia tárgykörébe tartozik. A technológia nem új, már az 1900-as évek elején foglalkoztatta a tudósokat az emberben végbemenő folyamatok logikája. A gépi alakzat-felismerés napjaink egyik legjobban kutatott területe. A keresett alakzat megadásának módja történhet egy korábban készült felvétel alapján, melyen ismert az objektum helyzete, vagy előzetes tudás bevitelével, mely leírja a keresendő alak jellemzőit.

Általánosságban véve a feladat nehézsége, hogy a nézőpont és az objektum elhelyezkedése igen változatos lehet, az alakzatot befolyásolhatja a megvilágítás és a környezet fényei. Keménységmérés tekintetében a felismerendő két-dimenziós alakzatok viszonylag egyszerűek. Azonban a nem megfelelő felületi előkészítés, emellett a nem megfelelő megvilágítás nehezíti az alakzat felismerését, ezért az automatizált keménységmérők legtöbbször automatikus fénybeállítással felszereltek, mely segítségével az 5 Megapixeles kamera élesebb képet tud készíteni.

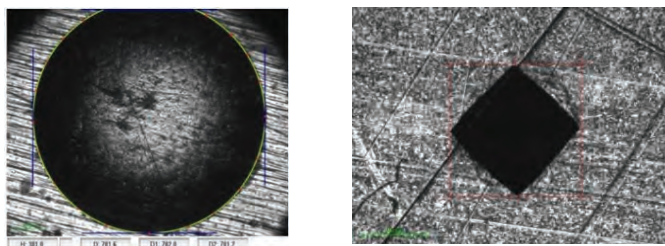
Orbán Gergely publikációja alapján az éldetektáló algoritmusokról elmondható, hogy:

„Az élek az intenzitás hirtelen változásai egy görbe mentén a kétdimenziós képen. Okozói általában az objektumhatárok, a mélységi változások, a felületek megtörése, a felület anyagának, textúrájának megváltozása vagy a megvilágítás különbsége. Előbbiek miatt az élek hasznos információt szolgáltatnak a struktúra meghatározásakor.



3. Éldetektáló algoritmusok működése

Az élék keresése gyakran a nagy abszolútértékű gradiensük alapján történik. Alapvető elvárás, hogy a végeredményként előálló képen egy él legyen nagymértékben összefüggő. A kapott pontatlan eredményeket ennek alapján javítani lehet előzetes információ felhasználásával, például érdemes lehet összefüggővé tenni a hiányos éleket, illetve simítani az eredményt."



Éldetektáló algoritmusok működése

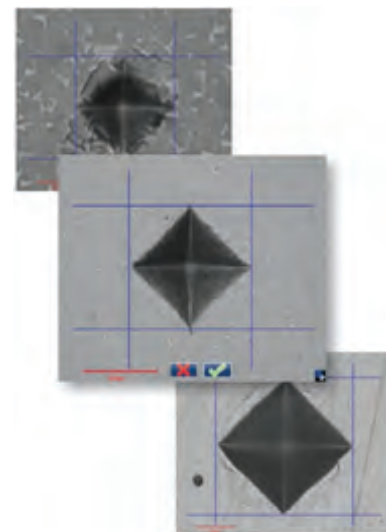
A keménységmérésben is nagy jövője van a mesterséges intelligenciának, hiszen a lenyomatok éleinek detektálása után már csak egy lépés választ el attól, hogy a pontos keménység meghatározható legyen. Az automatikus jegyzőkönyvkészítés a géphez megvásárolható szoftverben már alapfunkciónak számít.



Auto-megvilágítás



Auto-fókusz



Auto-mérés

A sorozatgyártás megköveteli a hatékonyságot, a folyamatok párhuzamosítását, és a hibázási lehetőségek kizárását. A hagyományos gépeknek mindig lesz helye az iparban, de a világ egyértelműen az automatizáltság és a digitalizálás felé halad, nincs ez másként a keménységmérés esetében sem.

Természetesen kínálatunkban szerepelnek olyan gépek, amelyekkel a cikkben szereplő feladatok megoldhatók. Amennyiben cikkünk felkeltette érdeklődését, további információért keressen minket elérhetőségeinken.

Forrás:

BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék - Éldetektáló algoritmusok

https://mialmanach.mit.bme.hu/erdekesssegek/eldektectoalor_algoritmusok

A MAROVISZ és MAE Akkreditált laboratóriumai

Zsoldos Zsuzsanna
 ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium
<http://www.aef.hu/munkatarsak>

A szerkesztőbizottság elhatározásának megfelelően, készítettünk egy összeállítást azokról az anyagvizsgálattal foglalkozó laboratóriumokról, cégekről, akik jogi tagjai (cégeként) vagy a Magyar Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetségének (MAROVISZ), vagy a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének (MAE), és egyúttal a Nemzeti Akkreditáló Hatóság (NAH) által, valamely anyagvizsgáló területre, akkreditáltak. Azokat a laboratóriumokat szerepeltettük, akik az anyagvizsgálatban ismert, különböző vizsgálati eljárások gyakorlati alkalmazásával végzik szolgáltatásaikat, így több olyan akkreditálással rendelkező cég is kimaradt ebből a felsorolásból, akik ugyan az anyagvizsgálathoz szorosan kötődnek (készülékek ellenőrzése, személytanúsítás, stb.) és tagjai is valamely szakmai szervezetnek, de ilyen jellegű szolgáltatást nem nyújtanak. Ez nyilvánvalóan nem jelenti, hogy munkájuk az anyagvizsgálat területén ne lenne éppen annyira szükséges és fontos.

Az alábbi táblázat közzétételének célja többek között az, hogy segítsen eligazodni azok között a cégek között,

akik akkreditációjukhoz kapcsolódva képviselnek egy meghatározott, nagyjából egységes szakmai színvonalat, valamint igyekeznek az anyagvizsgálat vérkeringésben is jelen lenni, a fenti szervezetek tagjaként. Természetesen nem állítható, hogy ezen kritériumok teljesítésének hiányában ne lehetne komoly, értékes munkát végezni. Mindazonáltal elismerést érdemel az az energia, idő, és nem utolsósorban anyagi ráfordítás, amivel akár az akkreditáció megszerzése, akár a szakmai szervezetek, és ezáltal a magyar anyagvizsgálat, ilyen módon történő támogatása jelent. Mi ennek az elismerésnek szeretnénk a lenti adatok megjelentetésével teret adni.

A táblázatban közölt adatok 2018 márciusi állapotot tükröznek és a vizsgáló laboratóriumok hozzájárulásával jelennek meg. Az egyes laboratóriumok akkreditációjára vonatkozóan további részleteket a NAH honlapján, a www.nah.gov.hu címen, az egyes laboratóriumok adatai között megjelenő „Részletező Okirat”-ok letöltésével találhatunk.

MAE tag	MAROVISZ tag	Cég	Irsz	Város	Cím	Kapcsolattartó személy	Telefonszám	e-mail cím
1	x	ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.	1112	Budapest	Budaörsi út 45.	Fodor Olivér	+36-20-288-6164	labor@aef.hu
2	x	AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Intézet	1211	Budapest	Központi út 24-26.	Klausz Gábor	+36-1-276-8945	agmiviz@agmi.hu
3	x	ALBERA '97 Ipari és Szolgáltató Kft.	3532	Miskolc	Böngér utca 3/a	István Zoltán	+36-30-326-1058	labor@albera97.hu
4	x	Csöszlabor Kft.	2220	Vecses	Dózsa György út 86.	Gerzsenyi Ferenc Tamás	+36-30-308-0473 +36-29-351-950	csoszlabor@upcmail.hu
5	x	DUNAFERR LABOR Munkaerőkölcsonőző és Műszaki Szolgáltató Nonprofit Kft.	2400	Dunaújváros	Vasmű tér 1-3.	Bocz András	+36-25-584-111	labor@dlabor.hu
6	x	Farkas Anyagvizsgáló Bt.	2760	Nagykátá	Jókai utca 33.	Vámos Attila/Farkas Péter	+36-30-941-5830 vagy +36-30-665-6931	iroda@farkasanyagvizsgalat.hu
7	x	GIB Aktivitás Kft.	1213	Budapest	Borz út 7.	Horváth Ákos	+36-70-398-3244	gib.aktivitas@t-online.hu
8	x	GLOBAL NDT	2092	Budakeszi	Rozsnyó utca 21.	Gembolya Gábor	+36-20-267-8870	info@globalndt.hu
9	x	GS-PIPE Kft.	2045	Törökbálint	Jókai Mór utca 3.	Bércs Richárd	+36-20-966-4038	info@gspipe.hu
10	x	KER-SZER Mérnökiroda Kft.	2440	Százhalombatta	Dózsa György u. 2.	Füzesséry Erik	+36 30 743-7753	efuzessery@kerszer.hu
11	x	Mélyépítő Labor Kft.	1144	Budapest	Füredi u 74-76	Morvay Zoltán	+36-30-940-6707	info@melvepitolabor.hu
12	x	METALCONTROL Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Központ Kft.	3533	Miskolc	Vasgyári út 43.	Szémán László	+36-30-229-2587	iszeman@metalcontrol.hu
13	x	MH Légitármű Javítóüzem	6000	Kecskemét	Reptéri út 4.	Kárkecs János	+36-70-335-2434	leju.vizsgalat@mil.hu
14	x	MINELL Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Kft.	2440	Százhalombatta	Műszerész köz 6.	Dr. Gémes György András	+36-30-791-4484 +36-23-397 112	minell.gemesgy@minell.hu
15	x	MOL Petrolkémia Zrt Tiszaújváros Termelés Műszaki Felügyelet Műszaki Vizsgáló Laboratórium	3581	Tiszaújváros	TVK-Ipartelep, Gyári út	Jóó Gyula	+36-49-522-169 +36-70-373-9130	evioo@mol.hu
16	x	MVM Paks Atomerőmű Zrt. Anyagvizsgáló	7031	Paks	Hrsz. 8803/17	Szabó Dénes	+36-75-507-989	szabod@npp.hu
17	x	OlveX Kft.	2141	Százhalombatta	Pf. 221	Molnár Bertalan	+36-23-358-951	olvex@olvex.hu
18	x	OT Industries-KVV Zrt. Minőségirányítási Osztály Anyagvizsgáló Laboratórium	8600	Siófok	Bajcsy-Zsilinszky utca 207.	Gáthy Péter	+36 84 505 461/+36-20-984-5709	gathyp@otindustries.hu
19	x	R.U.M. Testing Kft.	1163	Budapest	Batsányi János utca 55.	Nagy Zsolt	+36-1-405-8934 +36-20-9672810	iroda@rumtesting.hu
20	x	Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszék Anyagvizsgáló Laboratórium	9026	Győr	Egyetem tér 1.	Dr. Hargitai Hajnalka	+36-30-315-4030 +36-96-613-572	anyaglab.sze@gmail.com
21	x	TUV Rheinland InterCert Kft. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium	1132	Budapest	Váci út 48/A-B	Dr. Gémes György András	+36-1-288-8456 +36-30-791-4484	gyorgy.gemes@hu.tuv.com
22	x	Volivid Zrt	2440	Százhalombatta	Olajmunkás utca 2. 1.sz. telep 11. ép.	Lutor Attila	+36-30-619-1106	office@volivid.hu

* az akkreditált területek részletezéséhez ld. az adott vizsgáló laboratóriumnak NAH által kiadott részletező okiratát

DR. GILLEMOT LÁSZLÓ

1944. január 30.- 2018. május 22.

Hazánk életében generációkon át jelentős szerepet játszó Gillemot család egyik tagja lépett át a végtelenség országútvárára 2018. május 22.-nek hajnalán. Nagypapa, a fiatalon elhunyt Gillemot Ferenc (1875-1916) kiváló sportember, az 1901-ben alakult Magyar Labdarugó Szövetség elnöke, majd főtitkára, a magyar labdarugó válogatott első szövetségi kapitánya^{1,2}. Édesapja a gépészmérnök generációk rajongott oktatója, a Budapesti Műszaki Egyetem rektora (1954-57), a Mechanikai Technológia Tanszék, később Mechanikai Technológiai és Anyagszerkezet-tani Intézet vezetője, igazgatója 1944-től az 1977-ben bekövetkezett haláláig. A keresztnév folytonosságának letéteményese akkor született, amikor az apa ideiglenes megbízást kapott a tanszék vezetésére. A részben azonos területet művelő kortársról megemlékezést írni nagyon nehéz, mert egyrészt életünknek, tevékenységünknek számos találkozási pontjai voltak, másrészt pedig önkéntelenül is felmerül a kérdés, *„Miért Ő sietetett előre és miért nem én?”* Tudomásul véve, hogy ennek eldöntésébe nem szólhatunk bele nekrológomat előbb a tényekre támaszkodva próbálom összeállítani, majd a szubjektív érzéseknek is utat engedek.

A nagypapa életében, 1912-ben alapított Ciszterci Rend Szent Imre Főgimnázium jogutódában, az Újbudai József Attila Gimnáziumban végezte középiskolai tanulmányait. Az egyházi indíttatású színvonalas képzés abban az időszakban, amikor a fiatal agy még „szivacs-ként szívja magába az új ismereteket” mindenképpen meghatározza a továbblépést is. Latinál, fiúként, ez – természetesen – a Budapesti Műszaki Egyetemet jelentette. Itt szerzett gépészmérnöki diplomát 1967-ben. Első munkahelye a Fémipari Kutató Intézet (FKI), amelynek alapításában édesapja ugyancsak meghatározó szerepet játszott. Ugyanis az 1948-ban létrehozott Vas- és Fémipari Kutató Intézet alapító igazgatója, majd ezek 1952-ben történt szétválása után az FKI első igazgatója. Laci szakmai pályafutása egyenesen ívelt felfelé. 1971-ben képlékenyalakító szakmérnöki diplomát vehet át a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd 1973-ban e szakterületen (forgatott kőtartós huzalhúzás témában) Dr. tech. fokozatot szerzett. Az FKI-ban



végigjárta mindazon lépcsőket, amelyek képessé tették arra, hogy az iparági tanácsadó központ (AL-TAK) megbízható vezetője legyen. Mindez az FKI és az Aluterv összevonását követően az 1980-as évek elején történt, az Aluterv-FKI égisze alatt. Itt az UNIDO által támogatott nemzetközi kutatási projektek vezetésében is jártasságot szerzett. A politikai rendszerváltás egyik veszteseként a kutatási struktúra is átalakult, így az Aluterv-FKI is megszűnt és munkáját 1998-ig a KFKI Atomenergia Kutató Intézetben folytatta, ahol a neutronnal besugárzott fémek öregedésének problémakörével foglalkozott. Innen egyenes út vezetett az ABB Power Generation Ltd. (később ALSTOM) gyártásközi ellenőrzésének vezetéséhez. E cég megszűnését követően, már nyugdíjasként ifjonti energiával kapcsolódott be a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének ujjaszervezésébe. Az első alakuló ülés történéseit az eredeti jegyzőkönyv rögzíti³. Gillemot Lászlót a MAE elnökké választja. E tisztséget 2014. november 27.-ig töltötte be⁴. 2015. január 1.-től a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség irodavezetőjeként támogatja, szervezi a

1 Gillemot Katalin: Az első, 2016.

2 https://hu.wikipedia.org/wiki/Gillemot_Ferenc

3 <http://mae2012.hu/iratok/alakulo-ules-jegyzokonyve/>

4 <http://mae2012.hu/wp-content/uploads/2018/03/Taggyűlés-2014-jegyzőkönyv.pdf>

Az első

Szubjektív életrajz Gillemot Ferencről (1875-1916)
a magyar sport polihisztoráról
halálának 100. évfordulója alkalmából

„Az ő nagy és nemes sportemlékéhez ez is hozzátartozik.”

Toth László Darabonics
Szegedre

Dr. 2019. 01. 08. Vraty el Laci

Írta és összeállította: Gillemot Katalin
Lektorálta: Prof. dr. Hencsei Pál

szakmai közösséget, miközben elvállalja az Anyagvizsgálók Lapjának felelős szerkesztői feladatait is. A 2017-ben megjelent utolsó számot még közösen jegyeztük, miközben nagy segítséget nyújtott ennek összeállításához.

Aki Gillemot Lászlót egy kicsit is jobban ismerte, egyéniségének jellemzése kapcsán biztosan említené a következő szavak nagy többségét: megbízhatóság, precizitás, segítőkészség, szarkasztikus humor, jellegzetes mosoly, tenisz, kenu, vitorlázás, a víz szeretete. Akik utolsó útjára kísérték 2018. június 18.-án, azok bizonyára nem csupán az Európa hajógyászoló közösségének egységes szomorú búcsúja töltötte ki gondolatait, hanem fejükben kavargtak a Lacival eltöltött időszakokban szerzett kellemes tapasztalatok is.

Gillemot László életének 27.141 napján előbb szülei örömeinek megtestesítője volt, majd a nevelendő kamasz, aki végül sikeres mérnöki, kutatói pályát futott be a hazai alumíniumipar egyik szegmensében. Valódi emberi életet élt, örömmel-bánatokkal, vidám egészségekben és gyötrődő betegségekkel küzdve. A természet könyörtelen törvényét, a születés és halál összetartozásának tényét ő sem tudta áthágni, sőt testvéreit Ferencet (1939) és Katalint (1954) megelőzve, nagyapja nyomdokán „Az első”, aki átlépte a véges és végtelen határmezsgyéjét mintegy 2,3 milliárd szívdobbanást követően. Csendesen fejet hajtva búcsúzik Tőled mind a szakmai társadalom, mind a barátok, ismerősök, mind pedig jómagam nevében. Nyugodj békében!

Tóth László

Falvastagságmérő és digitális hibakereső készülék külön-külön vagy akár egyben is. Egykezes kezelhetőség, 2D-s hegesztési varratszimuláció.



Általános műszaki információk:

Műszaki adatok

Kijelző mérete	5,7" magas fény erejű TFT LCD, 640x480 pixel
Mérés mértékegysége	Inch/mm
Bemeneti portok	USB, SD kártya (16 GB) VGA portok
Nyelv	Angol/Német/Orosz/Lengyel/Magyar/Török
Áramellátás	DC 12V (Hálózatról), 7,4V (Akkumulátoros használat esetén)
Akkumulátor működési ideje	≥ 8 óra
Működési hőmérséklet	-10°C ~ +45°C
Tárolási hőmérséklet	-20°C ~ +60°C
IP védelem	IP66
Súly	Kb. 0,9 kg (a 0,24 kg akkumulátorral együtt)
Méret (Sz x M x H)	198mm x 128mm x 520mm

Csatlakoztatási lehetőségek:



Prof. Horst BLUMENAUER

(1935. február 7. - 2018. május 15.)

A természet kegyetlen törvénye, az elmúlás szomorúsága egyre gyakrabban teszi le névjegyét környezetemben. Szinte kapkodva nézek körül, hogy már megint búcsúznom kell egy jó baráttól, egy olyan neves szakembertől, aki életem egy periódusában igen közel került hozzám, közvetlenül hatott szakmai, magán életemre, vagy mindkettőre. 2018 májusában kaptam szomorú hírt, hogy véglegesen búcsúznom kell Horst Blumenauer professzortól, aki 1971-2000 között vezette a főként anyagvizsgálattal foglalkozó tanszéket Magdeburgban. Három évvel korábban a 80. születésnapjára írt köszöntéseket olvashattam a Német Anyagtudományi Társaság (DGM eV) lapjában Holm Altenbach, Thorsten Halle, Helimaler és Michael Scheffler tollából.

(Horst Blumenauer a Magdeburg és Lipcse közötti Kreisfeld-en, a Hartz hegység déli részén fekvő született 1935-ben.) A közeli Eisleben-ben érettségizett 1953-ban. E mindössze kb. 25.000 lakosú város Luther Márton szülő- és nyughelye, így 1946-tól a „Lutherstadt” előnevet kapta¹. Szakmai gyakorlatát a környék rézkohászattal foglalkozó üzemében folytatta. Egyetemi tanulmányait Magdeburgban az akkor nevén „Nehézipari Műszaki Főiskolán, TH Magdeburg (1953-1961) folytatta 1953-1959 között. Az egyetemi struktúra folyamatosan változott, előbb Technische Universität Otto von Guericke (1961-1993), majd 1993-tól a több kart magában foglaló Magdeburgi Egyetem címszóval keresve ismerkedhetünk meg széleskörű, világszerte elismert tevékenységét². 1959-ben szerzett diplomát anyagtudomány és anyagvizsgálat témakörben, elsőként az E. Schiebold alapította szakmai területen³. A továbbiakban csupán címszavakban és felsorolásszerűen folytatva szakmai életrajzát:

- * 1959-1964 Tanársegéd az „Anyagtudományi és Anyagvizsgálat” Tanszéken
- * 1962 Dr. tech. cím megszerzése az egyetemen nitridált acélok ütővizsgálata területén. A disszertáció bírálói: E. Schiebold és a hegesz-



tés területén elismert szakember M. Beckert⁴

- * 1964-1968 Ipari gyakorlat az Armaturenwerkenben ahol az anyagvizsgálati részleg vezetője
- * 1968 Habilitáció, egyetemi tanár anyagtudomány, anyagvizsgálat területén
- * 1969 kinevezett egyetemi tanár
- * 1971-1990 intézeti igazgató az anyagtudományi tématerületen
- * 1968-1988 különböző funkciók az egyetemi struktúrában (dékán, rektorhelyettes 1976-81, szenátus tagja)
- * 1983 Az NDK tudományos Akadémia tagjává választja és 1988-92 között az anyagtudományi osztályt vezeti
- * 1976-1990 Az NDK anyagtudományi kutatásainak felelős vezetője
- * 1968-1989 Az NDK Kohászati - Bányászati Egyesület anyagvizsgálati témakörének vezetője
- * 1971-1990 Az NDK Oktatási Minisztérium anyagtudományi és gépészmérnökképzés tanácsadói testületének tagja
- * 1968-1991 Az „Alakváltozás és törés” nemzet-

4 Számos könyve magyarul is megjelent és jelenleg is még megtalálhatók az antikváriumok polcain.

1 https://hu.wikipedia.org/wiki/Lutherstadt_Eisleben

2 <https://www.uni-magdeburg.de/>

3 E. Schiebold alapvetően az anyag és röntgensugár kölcsönhatásával foglalkozott, de nevét sokszor kapcsolatba hozták a harmadik birodalom „halálsugár” témakörével is. Lásd pl. az alábbi könyvet és annak 65-104 oldalait. <https://books.google.hu/books?id=dxkKk2wtyGIC&printsec=frontcover&hl=hu#v=onepage&q&f=false>

közi konferencia sorozat szervezője H. Stroppe és J. Altenbach professzorokkal közösen

- * 1990 A Freibergi Bányászati Akadémia díszdoktora az intézmény alaptásának 225. évfordulóján,
- * 1990 a Miskolci Egyetem „Signum Aureum Aureum” kitüntetése
- * 1990-1993 a szenátus tagjaként aktív résztvevője a Magdeburgi Egyetem struktúráváltását előkészítő bizottságnak
- * 1994 a rendszerváltozást követő „professzori újraminősítés” folyamatának részvevője az anyagvizsgálat témakörében
- * 1993-1998 az egyetemi szenátus tagja a kutatás területén
- * 1992-2000 a DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) „Folyási törésmechanika” és „Építőanyagok újrahasznosítási” bizottságainak munkatársa, valamint az anyagtudományi, anyagismereti és anyagvizsgálati disszertációinak hivatalos bírálója
- * 1995-2010 A DIN szabványok anyagvizsgálati témakörrel foglalkozó csoportjában való részvétel
- * 1994-1998 a DGM (Deutsche Gesellschaft für Metallkunde) vezetőségének tagja,
- * 2001 a DGM tiszteletbeli tagja
- * 2000-től nyugdíjas.

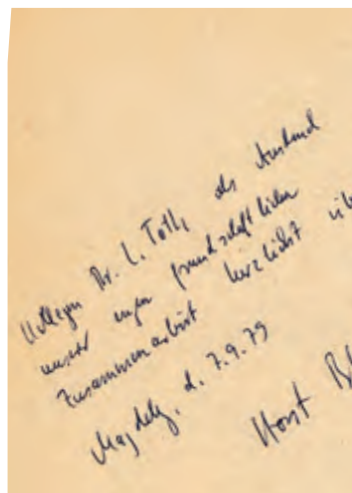
A felsorolás még kiegészíthető azzal, hogy 5 szakkönyve jelent meg, közöttük Gerhard Pusch professzorral írt „Technische Bruchmechanik” is. Természetesen mindegyik könyvének dedikált példányai könyvtáram becses darabjai. Most e nekrológ íráskor a könyvszekrényemhez lépve szerettem volna

kivenni a Romvári Pál professzor által kezdeményezett és menedzselte, az 1987-ben kiadott – eddig hazánkban egyetlen – magyar nyelvű törésmechanika könyvet. El kell ismernem, kudarcot vallottam. Úgy tűnik, hogy munkatársaim valamelyike „átvette őrzésbe” a néhai Michelberger Pál és Mihályi Erika kiváló fordítása alapján készült könyvet. Álljon itt a német nyelvű legelső (1973) és legutolsó (1993) kiadásainak személyes vonatkozású része. A magyar nyelvű változat az 1981-es kiadás alapján készült.



A kezdetek, amikor még én is fiatal voltam (Magdeburg)

A rendszeres szakmai kapcsolat nem csupán személyes jellegű volt, hanem ennél lényegesen tágabb, amelybe a munkatársak is folyamatosan részt vettek. Így a mai napig is Prof. Gerhard Pusch (aki Freibergbe, a Berkadémiára igazolt át), Dr. Gert Dehne, Dr. Marlen Haynemann a levelezőtársaim. A Miskolci Egyetem részéről ebbe a „hálóba” kapcsolódott Lukács János is, akivel közösen vehettünk részt Blumauer professzor nyugdíjba vonulásával kapcsolatos igazán élmény gazdag rendezvényen, 2000. február



Technische Bruchmechanik

3., stark überarbeitete Auflage
Mit 209 Abbildungen und 44 Tabellen

dem Herrn Prof. Dr. Illés
Bruchmechanik - Experten
in der Technik
Miskolc, im März 1993
H. F. Miskolc



A Miskolci Egyetemen, Dudás Illés professzorral

8.-án Magdeburgban. (Hiába, a német precizitás! – nézd a születésnapot!). Sok-sok emlékképet megörökítő fényképet vehetnék elő az ifjúkortól indulva, a balatoni szalonnasütésen keresztül, az említett „Verformung und Bruch” (amelynek csupán a legelső, 1968-ban szervezett rendezvényén nem vettek részt, hiszen akkor még utolsó diákévetem életem) sorozatból, avagy a miskolci konferenciákról.



A kedvelt szalonnasütés Balatonalmádi-Sóstón felségével, Waltraud asszonnyal és a gyermekekkel.

Aktív életem képsorozata futott át agyamon miközben e sorokat vettem papírra. Ebben rengetegszer felvillant két jellegzetes arc, Horst és Waltraud. Mindketten kiváló emberek, mindkettő a szó nemes értelmében „egyéniség”, nyitott és kedves emberek. Sajnálattal kell tudomásul venni, hogy ha az „élet rohanásában elbukunk” olyan útra tévedünk, amelyből nem nyílik visszaút. Aki még ezen oldalon bandukol, az elgondolkodik és emlékezik. Kedves Horst, most nekem jutott ez a szerep. Búcsúzom Tőled a magyar ismerősök, szakemberek és jómagam nevében. Nyugodj Békében!

Tóth László

„AZ ANYAGVIZSGÁLAT A BERUHÁZÁSOK SZOLGÁLATÁBAN”



HELYSZÍN: Hotel Eger & Park****
3300 Eger, Szálloda u. 1-3.

A
MAROVISZ – Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség
rendezvénye

KAPCSOLAT: Éles-Etele Nóra
Tel.: 06 1 225 0209
Mobil: +36 70 9438 543
E-mail: elesetele@diamond-congress.com



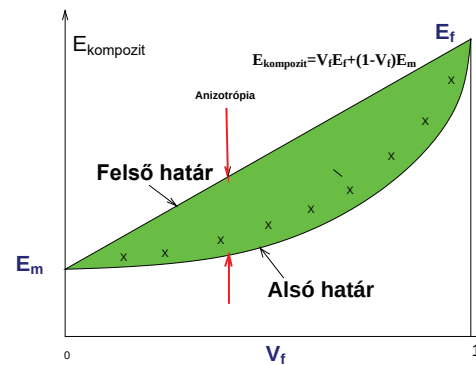
<https://2019.marovisz-rakk.hu/>

Interface Fracture and Delaminations in Composite Materials

Felületi törések és határfelületi felszakadások kompozit anyagokban

Leslie Banks-Sills

A Springer kiadó 2017-ben a „Springer Briefs in Applied Sciences and Technologies” sorozatának Szerkezeti Mechanika sorozatában jelentette meg az Európai Szerkezetintegritási Társaság (ESIS) elnök asszonyának ragyogó könyvét egy olyan témában, amely valóban a tudományterület egyik kulcskérdésével (hot-point) foglalkozik. A miértre meglehetősen könnyű válaszolni, hiszen a kompozit anyagok térhódítása meglehetősen drasztikus a legkülönbözőbb alkalmazási területeken. Az okok egyszerűek és kézenfekvők: kis súly, szabályozható anizotrópia, igen széles tartományban befolyásolható rugalmassági jellemző, relatíve olcsó ár, stb. A legnagyobb gond ezen anyagoknál az elemek megbízhatósága, a gyártás minőségellenőrzése, ill. ezt megelőzően a tervezési eljárások bizonytalansága, avagy végső fokon a teherbírás kérdése a legkülönbözőbb üzemeltetési feltételek között. Mivel a kompozit anyagokból készült szerkezeti elemek a rugalmas alakváltozások tartományában üzemelnek, maga a méretezés alapjául szolgáló rugalmassági modulus is széles tartományban változatható. Az erősítő réteg (szál) és terhelés iránya közötti szög két határesetét véve (párhuzamos és merőleges, lásd az ábrát) a kompozit anyag rugalmassági modulusa széles tartományban befolyásolható a mátrix (E_m), az erősítő réteg (szál) (E_f) rugalmassági modulusaival és az erősítő réteg (szál) mennyiségével, azaz térfogathányadával (V_f). Az elvi modell viszont csak abban az esetben lehet igaz, ha az erősítő réteg (szál) és az alapmátrix „együttdolgozása” tökéletes, azaz a két anyagot elválasztó felületen nincsenek repedések,

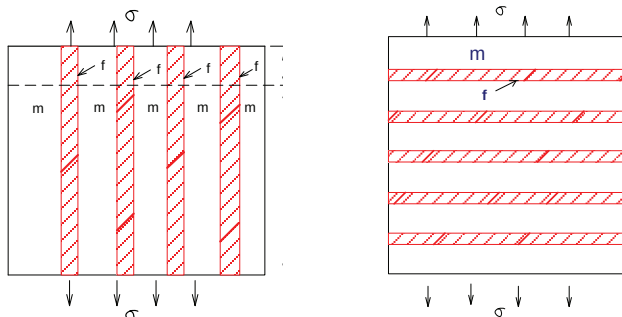


anyagfolytonossági hiányok. Amennyiben ilyen szálerősítéses anyagokból rétegelt kompozitokat készítenek, akkor a mechanikai probléma tovább bonyolódik azzal, hogy a lehetséges anyagfolytonossági hiányok, repedések két oldalán anizotrop anyagok találhatók. Ha viszont vannak ilyen anyagfolytonossági hiányok (repedések) a határfelületeken, akkor azzal az alapvető kérdéssel állunk szemben, hogy milyen feltételek mellett növekedhetnek? E kérdéskörrel foglalkozik Leslie Banks-Sills professzor és munkatársainak, PhD hallgatóinak könyve összesen 120 oldal terjedelemben 3 mellékletet magába foglalva. Az **első fejezetben**, a bevezetés 5 oldalnyi terjedelmében és 25 irodalmi hivatkozás felsorolásában a törésmechanika, a repedésterjedés mechanikai modelljei kerülnek összefoglalásra.

A **második fejezetben**, alig több mint 6 oldalon két különböző lineárisan rugalmas, homogén, izotóp anyag határfelületén (érintkezési) levő anyagfolytonossági (interfészén) hiány, mint repedéscsúcs környezetének mechanikai modelljeit tekinti át lineáris viselkedés feltételezésével 33 db. irodalmi hivatkozásra alapozva.

A **3. fejezet** alapvetően a határfelületi repedések csúcsában kialakuló feszültségintenzitási tényezők számításának módszereivel, eljárásaival foglalkozik döntően a numerikus eljárások alkalmazásával egy-, két- és háromdimenziós esetekben. Kitér a termikus maradó feszültségek hatásának figyelembevételére is. E részt 40 db. irodalmi hivatkozás egészíti ki.

A **4. fejezet** mindössze alig több mint 4 oldal terjedelmű rész, a határfelületi repedésekkel rendelkező



testek törésmechanikai vizsgálatával foglalkozik, alapvetően a „Brazil-tárcsa” bemutatásával, az eredmények értékelésével. Ezt 17 irodalmi hivatkozás eredményeinek összefoglalásával teszi.

Az **5. fejezet** a kompozit anyagok határfelületein levő repedések környezetének viselkedését elemzi. Ennek első lépése olyan matematikai modell megalkotása, amely képes a határfelületi repedés-csúcs feszültségintenzitási tényezőjének számítására a két oldal periodikus anizotrópiájának figyelembevételével. A modell lényeges eleme az, hogy kettős szingularitás lép fel. Az egyik a repedéscsúcs környezetéhez, a másik pedig az anyag periodikus struktúrájából adódik. A matematikai megoldásokat közli a határfelület két oldalán levő szálerősítéses kompozit anyagok $0^\circ//90^\circ$, $+45^\circ// -45^\circ$, $+30^\circ// -60^\circ$ és $-30^\circ// +60^\circ$ orientációs viszonyai esetén. A két szálból álló, egymásra merőlegesen „szőtt” anyagok határfelületi repedéseire vonatkozó feszültségintenzitási tényező számításának általános összefüggéseit is közli e fejezet.

A **6. fejezet** 9 oldalnyi terjedelemben, 6 db. irodalmi hivatkozásra támaszkodva az 5. fejezetben bemutatott matematikai modell numerikus megoldásainak sémáját foglalja össze.

Az ismertetett könyv „lelke” a **7. fejezet**, ahol 13 oldalnyi terjedelemben kerülnek bemutatásra egyrészt a saját vizsgálatok módszerei (Brazil tárcsákon, és excentrikusan terhelt tartókon, amelyek határfelületeinek két oldalán különböző orientáltságú szálerősítéses anyagok vannak) és a saját vizsgálatok eredményei, ill., a szakirodalomban (38 db. irodalmi hivatkozásban) található vizsgálati eredmények feldolgozása. Mindezek alátámasztják az anizotrop kompozit anyagok határfelületén levő repedések hatásának elemzésére kidolgozott mechanikai modell és matematikai megoldás korrektségét.

A mintegy 26 oldal terjedelmű 3 db. melléklet a könyv gerinc részében közölt végeredményeket, megállapításokat, azok részleteit támasztják alá.

Összefoglalva az mondható, hogy a relatíve kis terjedelmű könyvben a szerző és csoportja a napjainkban már igen széles körben alkalmazott szélerősítéses kompozit anyagok rétegeinek határfelületein levő anyagfolytonossági hiányok környezetét elemzi matematikai, kontinuummechanikai modellek felállításával. Ismertetésre kerülnek a numerikus megoldási

módszerek, és ezzel eljuthatunk a kísérleti, mérési eredmények megalapozott értékeléséhez. A különböző kísérleti technikákkal végrehajtott mérések, azok eredményei, valamint a szakirodalomban található adatok kiértékelése validálja az elméleti modellek és a numerikus eljárások megalapozottságát. A könyv egyben kiváló példája annak, hogy alapos kontinuummechanikai ismeretek birtokában, kreatív gondolkodással miképpen oldhatók meg olyan kifejezetten gyakorlati jelentőségű problémák, amelyek a szálerősítése laminált kompozit anyagokból készült szerkezeti elemek biztonságának megítéléséhez kötődnek.

Tóth László
egyetemi tanár



tripladuplav.hu
VELÜNK HÁROMSZOR JOBBAN JÁR



Triplán megbízható társ a webes világban

- ☒ Domain név regisztráció
- ☒ Tárhely szolgáltatás
- ☒ Internetes alkalmazás fejlesztés
- ☒ Honlap készítés
- ☒ On-line marketing
- ☒ IT biztonság
- ☒ Kreatív design

www.tripladuplav.hu **webstúdió**

RONCSOLÁSOS ANYAGVIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK BERENDEZÉSEI, ESZKÖZEI ÉS ANYAGAI

Metallográfia

Mintaelőkészítő berendezések: vágás • hideg -és melegbeágyazás
• csiszolás és polírozás

Fogyóanyagok és kiegészítő eszközök: vágás • hideg- és melegbeágyazás
• csiszolás és polírozás

Mintaelőkészítő berendezések speciális területekre: petrográfia,
élettudomány, biomechanika

Labortechnika és maratás: elszívófülkék, laborbútorzat • maratószerek
és laboreszközök

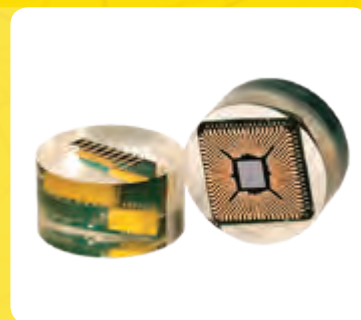
Ipari sztereomikroszkópok • opto-digitális mikroszkópok • normál és inverz
fémmikroszkópok

Mikroszkópkamerák

Képfeldolgozó és képelemző szoftverek

Nagysebességű kamerák

Tisztaságvizsgáló rendszer



Keménységmérés

Nano-, Mikro- és MakroVickers, Rockwell, Brinell és univerzális
telepített keménységmérők

Dinamikus (leeb), ultrahangos, műanyag- és speciális hordozható
keménységmérők

Kiegészítők: keménységösszehasonlító lapok • befogók • golyók • gyémántok



Szakítóvizsgálat

Mechanikus és hidraulikus szakítógépek

Különleges anyagvizsgáló gépek

Nyúlásmérő eszközök

Erőmérő cellák • befogófejek

Hő- és klímakamrák • kiegészítők

Érintésmentes nyúlás- és repedésterjedés-mérés és -kiértékelés

Modernizálás és digitalizálás • mérő-, vezérlő- és kiértékelő szoftverek

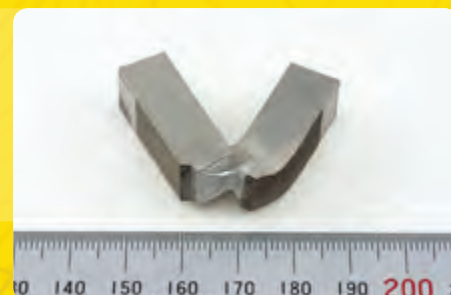


Ütővizsgálat

Hagyományos ingás ütőgépek

• digitálisan vezérelt ingás ütőgépek

• Charpy kiegészítők



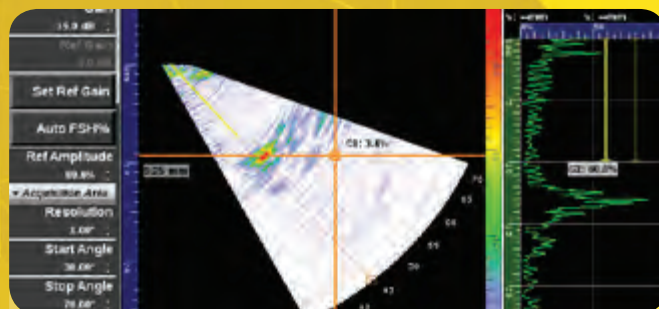
RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK BERENDEZÉSEI, ESZKÖZEI ÉS ANYAGAI



Folyadékbehatolásos és mágnesezhető poros felületi repedésvizsgálat

Repedésvizsgáló anyagok • Ellenőrző eszközök
• UV és UV LED lámpák

Repedésvizsgáló berendezések: penetráló sorok, mágneses vizsgálópapok



Ultrahangos vizsgálatok

Fázisvezérelt és hagyományos hibakeresők
• Falvastagságmérők • rétegvastagságmérők

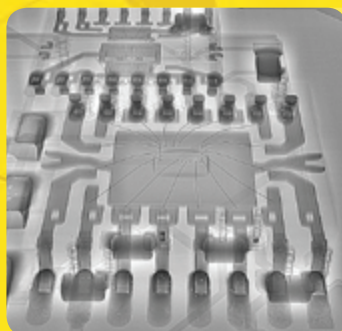
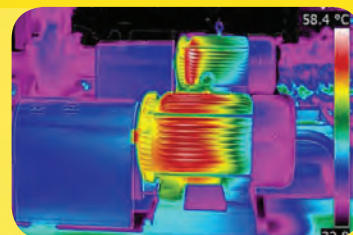
Tömörségvizsgálat

Szivárgáskereső anyagok
• Ultrahangos eszközök
Vákuumkeretes eszközök



Termográfia

Hőkamerák • Speciális infrakamerák • Optikai gázkép alkotók



Radiográfiai vizsgálatok

Analog radiográfiai eszközök: röntgenfilmek • felvételtechnikai eszközök
• filmelőhívó automaták, vegyszerek • filmkiértékelő eszközök, lámpák

Sugárforrások: hordozható röntgenberendezések • izotópok és izotóptartók

Digitális radiográfia: röntgenkabinok • CR berendezések, szoftverek
• képlemezek • flat panelek

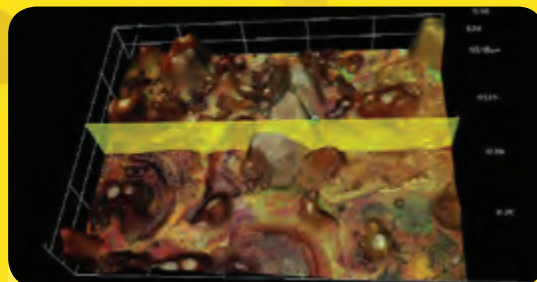
Komputertomográfia: ipari CT berendezések és CT adatfeldolgozó szoftverek • detektorok
Sugárvédelmi eszközök, dózismérők



Örvényáramos és mágneses indukciós vizsgálatok

Gyártósorba integrálható felületi repedésvizsgáló és alkatrész ellenőrző berendezések

- Korróziós diagnosztikai szkenner
- Rétegvastagság- és vezetőképességmérő készülékek
- Mágneses indukciós rétegvastagságmérő készülékek



Vizuális vizsgálatok

Ipari mikroszkópok, mikroszkópkamerák, képfeldolgozó szoftverek • Endoszkópok
3D videomikroszkópok • Digitális nagyítók
• Nagysebességű kamerák • Jelölőanyagok

OES, GDOES, XRF és lézeres anyagvizsgálatok

OES alapanyagösszetétel elemzők • GDOES alapanyag- és rétegösszetétel vizsgáló berendezések • XRF bevonat- és rétegvastagságmérő készülékek, anyaganalizátorok • Lézeres anyaganalizátorok

