

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLAT ÉS SZERKEZETI INTEGRITÁS NON-DESTRUCTIVE EVALUATION AND STRUCTURAL INTEGRITY

TRAMPUS PÉTER

Kulcsszavak:

Keywords:

ABSZTRAKT

A szerző áttekinti a roncsolásmentes vizsgálat fejlődését a minőség-ellenőrző típusú vizsgálatról a kvantitatív roncsolásmentes értékelésig, bemutatja a fejlődés mozgatórugóit és ismerteti mindkét típus jellegzetességeit. Ezt követően definiálja a roncsolásmentes vizsgálat megbízhatóságának alapvető elemeit: az alkalmazhatóságot, a reprodukálhatóságot, a megismételhetőséget és a teljesítőképességet. Végül a roncsolásmentes értékelés szerepét mutatja be a szerkezeti integritás elemzésében.

Abstract

The author provides an overview on the development from quality control type non-destructive testing (NDT) to quantitative non-destructive evaluation (NDE) describing also the drivers and the characteristics of both NDT/NDE types. Then, basic elements of NDE reliability are defined. These are: applicability, reproducibility, repeatability and capability. Finally, the role of NDE in structural integrity assessment is presented.

1. BEVEZETÉS

Napjainkra a roncsolásmentes vizsgálatok a gépészeti gyártó rendszerek integráns részévé váltak, és alkalmazásuk nélkülözhetetlen a mérnöki szerkezetek és a komplex létesítmények üzemeltetésének az időszakában is. Szerepük és jelentőségük növekedése több okra vezethető vissza. Egyre nagyobb az igény a berendezések teljesítményének minél jobb kihasználására, ami együtt jár a berendezések tervező által megalapozott üzemidőn túli használatával is. A roncsolásmentes vizsgálatok jelentőségének növekedéséhez hozzájárul a biztonsági követelményeknek a biztonsággal kapcsolatos viszonyunk megváltozása eredményeként bekövetkező fokozatos szigorodása. A vizsgálati eljárások többsége esetében közvetett módon, azaz a vizsgálandó darabba jutatott közeg vagy energia és a hiány kölcsönhatása eredményeként létrejövő válaszból, vonjuk le a következtetéseket. A választ soha nem

egy tényező határozza meg, hanem az több, általában nem pontosan ismert paraméter kölcsönhatásának az eredője. Ebből következik, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok eredménye – a vizsgálatok természetéből eredően – bizonytalanságokat tartalmaz. A vizsgálatok eredménye a törésmechanika elterjedése és a tervezési, gyártási és üzemeltetési folyamatba történő beépülése óta a szerkezeti integritás elemzésének egyik fontos bemenő adata. A bizonytalanságok csökkentése a vizsgálat minden elemének, valamint az egyes elemek közötti összefüggéseknek az ismeretét igényli. Az előadás a roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának elemeivel, azok befolyásoló tényezőivel és ezeknek a szerkezeti integritásra gyakorolt hatásával foglalkozik.

2. A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOKRÓL

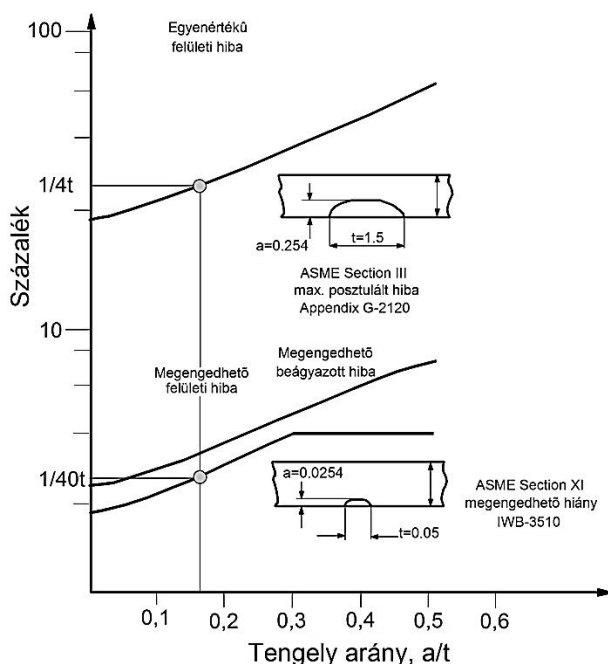
2.1 VISSZATEKINTÉS

A roncsolásmentes vizsgálatot (non-destructive testing, NDT) az ipar kezdetben a minőség-ellenőrzés (quality control, QC) eszközeként használta (QC-NDT). A különböző vizsgálatok végrehajtásának részleteit többnyire szabványokban írták elő; az eljárások teljesítőképessége lényegében ismeretlen volt. Ezzel együtt a különböző NDT eljárások elfogadottá váltak, mert a gyakorlatban igazolták azt a képességüket, amelylyel a folytonossági hiányokat (zárványokat, gázhólyagokat, üregeket, hegesztési kötészhibákat, repedéseket) detektálták. A sikerhez (elfogadottsághoz) feltehetően az is hozzájárult, hogy a tervezők sokáig jelentős biztonsági tartalékokat alkalmaztak. Az eredmények, amelyek általában „megfelel/nem felel meg” jellegűek voltak, erősen függtek a vizsgálatot végző személytől.

Később az ipari létesítmények potenciális meghibásodásának kockázata ráirányította a figyelmet a minőség általános javítására, a technológia fejlesztésére és az ipari területek szabályozásának összehangolására. A fejlődési folyamatban a repülés, az űrhajózás és a nukleáris ipar járt az élen. Új szerkezeti anyagokat kezdtek alkalmazni, új módszereket vezettek be a tervezésbe a fáradás- és a törésmélelet fejlődése következtében, megjelent a kockázatelemzés, az állapotellenőrzés, az élettartam gazdálkodás, stb. A biztonságos élettartamra (safe life) történő méretezést felváltotta hibatűrő (damage tolerance) tervezési koncepció [1], lásd példaként az 1. ábrán az atomerőmű-

Dr. Trampus Péter
Dunaújvárosi Főiskola, 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u.
1/A
trampus@mail.duf.hu

vek tervezésében történő alkalmazást. Az 1. ábra az ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) III. kötetének G függelékében ajánlott, posztulált felületi hibát mutatja, amelynek mélysége (102 és 305 mm közötti falvastagság esetén) a falvastagság negyede. Ezt tekintették a legnagyobb folytonossági hiánynak, amiről – a kód megírása időszakában alkalmazott technikát figyelembe véve – feltételezték, hogy az ultrahangos vizsgálat nem detektálja. Az ábrában látható az üzemeltetés közbeni vizsgálat során megengedett folytonossági hiány mérete is (biztonsági tényező=10), amelyet az ASME kód XI. kötete tartalmaz.



1. ábra. Posztulált maximális méretű hiba ridegtörés elkerülésére (ASME BPVC III App. G) [2]

Ezek a változások forradalmi jellegűek voltak a mérnöki gyakorlatban és hasonlóképpen forradalmi hatásuk volt a roncsolásmentes vizsgálatokra is. A folytonossági hiányok kvantitatív detektálására irányuló új követelmények a QC-NDT gyakorlatot a megbízható detektálás számszerűsített követelményeinek új világa felé mozdították el. Úgy az akadémiai kutatást, mint az ipari gyakorlatot felgyorsította az NDT módszerek tudományos igényű megismerésének és fejlesztésének igénye. Megszületett a kvantitatív roncsolásmentes értékelés (quantitative non-destructive evaluation, QNDE) fogalma. A hagyományos és a hibátűrő tervezési elvek és a roncsolásmentes vizsgálat/értékeléssel való kapcsolatuk közti különbségeket mutatja be az 1. táblázat [3].

A QNDE koncepció alkalmazása szükségessé teszi a „hiba” fogalmának a pontos meghatározását. A roncsolásmentes vizsgálat folyamán a vizsgáló először értelmezi az indikációt, azaz a folytonossági hiányról származó, az alkalmazott roncsolásmentes vizsgálatra jellemző formájú kijelzést. Ennek eredményeként eldönti, hogy a vizsgálat szempontjából lényeges-e az indikáció, valamint hogy nem hamis indikációról van-e szó. Miután a vizsgáló megállapította, hogy valós folytonossági hiányról van szó, elvégzi annak az értékelését. Az értékelés során a hiány valamilyen jellemzőjét vagy tényleges méretét hasonlítja össze a megfelelő szabvány vagy előírás elfogadási szintjével. Azt a folytonossági hiányt nevezik hibának, amelyik nem felel meg az elfogadási szintnek. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a folytonossági hiány műszaki, a hiba jogi kategória.

Szempont	Biztonságos élettartamra tervezés	Hibatűrő tervezés
Anyagválasztás	Tapasztalat	Hibatűrő anyagtulajdonságok (pl. repedésterjedéssel szembeni ellenállás) és tapasztalat
Terhelés, fáradás-elemzés, környezeti hatások	Berendezés tulajdonságai és tapasztalat	Számszerűsített hibátűrő képesség elemzés, élettartam elemzés és tapasztalat
Szerkezeti integritás	Hibamentesség feltételezése, a gyártási és minőség-ellenőrző (QC-NDT) tapasztalatok alapján	Kalkulált „kritikus kezdeti hiba” feltételezése és növekedése
NDT/NDE elfogadási szint	Hibamentesség	Folytonossági hiány típusa, mérete, helyzete, orientációja, legközelebbi szomszédja
NDT/NDE technológia	Korábbi ipari gyakorlat által validált előírások. Új alkalmazás esetén mérnöki becslés.	Validált technológia, amelynek követelményei: alkalmazhatóság, reprodukálhatóság, megismételhetőség, teljesítőképesség

1. táblázat. Hagyományos és hibátűrő tervezés és roncsolásmentes vizsgálat összehasonlítása [3]

2.2 A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK CSOPORTOSÍTÁSA

Céljuk szerint megkülönböztetjük egymástól a termék megfelelőségének tanúsítására szolgáló, a minőség-ellenőrzés kategóriájába tartozó (QC-NDT), és az üzemelő berendezések üzemeltetésre való alkalmasság (fitness for service, FFS) eldöntését szolgáló roncsolásmentes vizsgálatokat. Az utóbbi jelentősége az elmúlt évtizedekben egyre jobban nő. Az alkalmazott vizsgálati eljárások általában mindkét esetben azonosak, de a vizsgáló személy gondolkodásmódjában, felkészültségében, kommunikációs készségében és az adatszolgáltatásban jelentősen eltérhet egymástól a két terület.

A QC-NDT vizsgálatokkal szembeni elvárás az előírt követelményeknek való megfelelés, vagy meg nem felelés eldöntése. Itt többnyire megelégszünk az eltéréseknek analóg (vonatkoztatási) jelek formájában történő kifejezésével és értékelésével, mivel a követelményeket is többnyire ezek adják meg. Kivételt képez a látható felületek szemrevételezéses vizsgálata, ahol mód van a folytonossági hiányok tényleges méretének a megadására. Természetesen ebben az esetben a követelmények is a valós méretükkel adják meg a hiányokat. Ultrahangos vizsgálat esetében a követelményt egy mesterséges reflektor méretével adják meg, és a hiányról érkező jelet összehasonlítják a mesterséges reflektorról érkező jellel. Az összehasonlítás (analóg kapcsolat) szorossága attól függ, hogy a folytonossági hiány, mint reflektáló felület minősége mennyiben különbözik a mesterséges reflektorétól. A hiány típusára a reflektált jelek alakja alapján lehet következtetni.

Az értékelési szint (regisztrálási határ) értéke függ a vizsgálati módszertől. Folyadékbehatolásos, illetve mágneses vizsgálat esetében az értékelési szintet a behatoló folyadék szemcseszerkezete, illetve a mágnesezhető por szemcsemérete határozhatja meg. Radiográfiai vizsgálat esetében az értékelési szint megválasztható a röntgen film érzékenységének a függvényében, ultrahangos és örvényáramos vizsgálat esetén pedig önkényesen beállítható. A megengedett eltérés (folytonossági hiány), azaz az elfogadási szint értékét a termék jelentőségének és az NDT eljárásnak a függvényében határozzák meg. Az értékelési és az elfogadási szint közötti különbséget úgy kell megválasztani, hogy az ne vezessen indokolatlanul sok (zavaró) jel regisztrálásához, illetve elég nagy legyen ahhoz, hogy az elfogadási szinthez közel eső, esetleg azt meghaladó jelet regisztráljuk.

Az üzemelő szerkezetek állapotellenőrzésekor (FFS típusú vizsgálat), maradó élettartamuk meg-

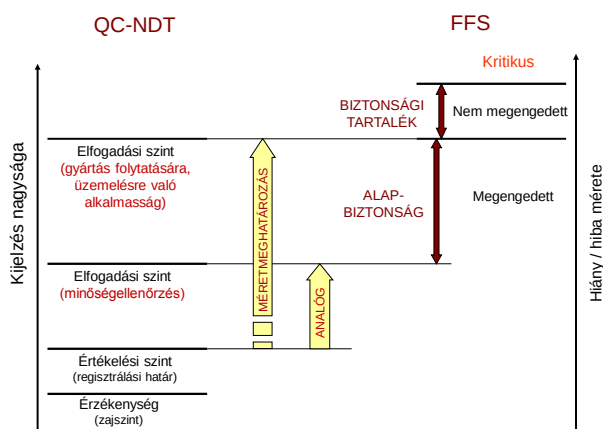
határozásakor az egyik legfontosabb bemenő adat a szerkezetben található folytonossági hiányok befoglaló mérete és pozíciója. Amennyiben a szerkezeti integritás elemzése valószínűségi alapon történik, akkor a hiányok méretének és elhelyezkedésének az eloszlás függvényeit kell ismerni. A szerkezet tervezésekor az anyagmegválasztás korrelációs összefüggések használatával, vagy törésmechanikai méretezés eredménye alapján történik, lásd 1. táblázat. Méretezéskor feltételeznek egy kedvezőtlen elhelyezkedésű hibát, ami általában a felületről kiinduló, a falvastagság (t) 25%-ával egyező mélységű, a fél kistengely (a) hatszorosát kitevő nagytengelyű (l) fél ellipszis alakú repedés ($a/l=1/6$), lásd 1. ábra. A roncsolásmentes vizsgáló rendszer minősítése lehetővé teszi a feltételezett hiba méretének a csökkentését, ami egyúttal a berendezés súlyát és így a gyártási költségét is csökkenti; a minősítés részleteit lásd később.

A feltételezett hiba mérete és a regisztrálási határ közötti tartomány két területre osztható. A regisztrálási határhoz közel eső tartományban megengedik az analóg jelek értékelését, a minőség-ellenőrzéshez hasonlóan. Ezt a hosszabb lappangási időt igénylő károsodási folyamatok (pl. kúszás) feltételezése esetén választják. Ez a tartomány nullára csökken le, ha a lappangási idő kicsi, a károsodás rövid idő elteltével megindul (pl. korrózió, gyorsan változó hőmérséklettel együtt változó mechanikai igénybevétel). Az analóg jelek értékelésének tartományát abban az esetben is lecsökkentik, ha az esetlegesen keletkező folytonossági hiányok jelentős mértékben járulnak hozzá a berendezés (katasztrofális) tönkremenetelének a kockázatához (pl. felületre merőleges repedések).

A második szakaszban a hiányok befoglaló méretét kell meghatározni és összehasonlítani törésmechanikai számítással meghatározott mérettel. A megengedhető folytonossági hiányok méretét a szabványok (pl. ASME BPVC XI vagy annak megfelelője: MSZ 27011) általában az a/t , a/l és Y viszonyszámok függvényében adják meg, ahol a = hiány falvastagság irányú mérete, l = hiány hossza, t = falvastagság, Y = hiány felülettel való kölcsönhatását kifejező tényező. Amennyiben a roncsolásmentes vizsgálattal meghatározott hiány mérete kisebb, mint a szabvány által megengedett méret, akkor a berendezés további üzemelésre megfelel; amennyiben nem (hiba!), akkor azt egyedi törésmechanikai számítással kell ellenőrizni, az igénybevételtől függő biztonsági tényezők figyelembe vételével. Az előzőekben leírtakat szemlélteti a 2. ábra.

3. A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK MEGBÍZHATÓSÁGA

A nagy kockázatú berendezések, amelyek meghibásodása jelentős környezeti, egészségi és anyagi következményekkel jár, roncsolásmentes vizsgálataitól az átlagosnál magasabb megbízhatóságot követelünk. Ezekről a biztonság szempontjából kritikus vizsgálatoktól elvárjuk, hogy képesek legyenek detektálni azokat a károsodásokat, amelyek kifejlődésük és kritikus méretűvé növekedésük esetén emberek sérülését vagy halálát okozó meghibásodáshoz vezethetnek. Elvárjuk továbbá, hogy a vizsgálatok nagy megbízhatósággal jellemezzék a folytonossági hiányokat a javító intézkedésekkel kapcsolatos helyes döntéshozatal érdekében. Végül azt is elvárjuk, hogy maga a vizsgálat, különösen, ha ki akarjuk aknázni a hatékonyságát, jelentős kockázat csökkentést tegyen lehetővé. Minél nagyobb a kockázat csökkentésének az igénye a vizsgálat által, annál nagyobb az igény a vizsgáló rendszer megbízhatóságára és a megbízhatóság (teljesítmőképesség) igazolására nézve. Az egészségi és biztonsági kockázatok elemzése alapján létrehozható egy elfogadható kockázati profil, lásd pl. [4].



2. ábra. QC-NDT és FFS típusú vizsgálatok értékelésének különbözősége

A roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának a következő összetevői vannak:

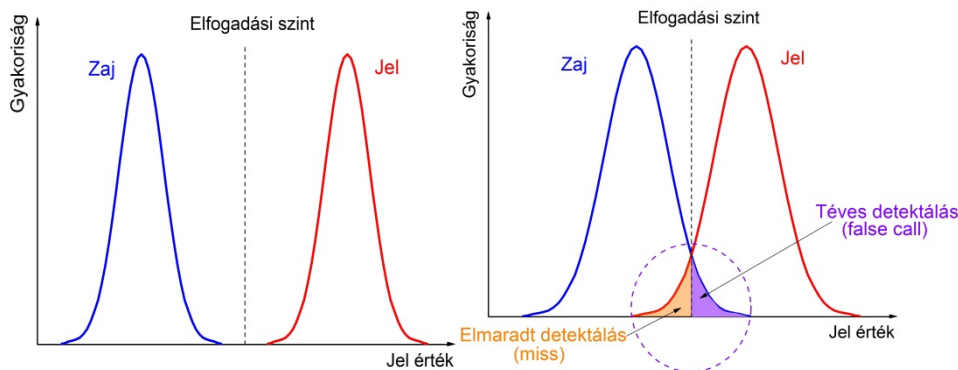
- alkalmazhatóság – megfelelő jel/zaj viszony,
- reprodukálhatóság – helyes kalibrálás,
- megismételhetőség – vizsgáló rendszer stabilitása,
- teljesítmőképesség – detektálás valószínűsége.

A detektálás valószínűsége (probability of detection, POD) a roncsolásmentes vizsgálat teljesítmőképességének egy lehetséges mértéke. A POD meghatározásához reprodukálható kalibrálásra és megfelelő elfogadási szintre van szükség. A megismételhető roncsolásmentes vizsgálati eljárás kidolgozásához hasznosak a POD módszerek, de az alkalmazás feltétele a stabil vizsgálati technológia [5].

3.1 ALKALMAZHATÓSÁG

A roncsolásmentes vizsgálatok kimenete a folytonossági hiánytól származó és az alkalmazott módszerre jellemző formájú kijelzés, indikáció. Az indikáció megjelenése, formája, intenzitása és egyéb tulajdonságai elsősorban a roncsolásmentes vizsgálati módszertől, a vizsgált darab tulajdonságaitól és a vizsgálati technológiától függenek. Egy vizsgálati eljárást akkor tekintünk alkalmazhatónak, ha az adott folytonossági hiány tartományában megbízhatóan el tudja választani az indikációt az egyidejűleg jelen lévő zavaroktól, azaz a jel/zaj viszony elegendően nagy.

A 3. ábra a jel és a zaj értékek gyakoriságának az eloszlását és az eloszlásgörbék egymáshoz, valamint az elfogadási szinthez való viszonyát mutatja. A 3. ábra bal oldala egy „alkalmas” eljárásra jellemző, mert a két eloszlásgörbe elegendően távol van egymástól. E mellett az elfogadási szintként meghatározott érték is mindkét görbén kívül esik. Az ábra jobb oldala egy olyan vizsgáló rendszerre jellemző, ahol a jel/zaj viszony kicsi, a két eloszlásgörbe egymásba csúszik. Ennek téves detektálás (false call) és elmaradt detektálás (miss) lesz az eredménye.

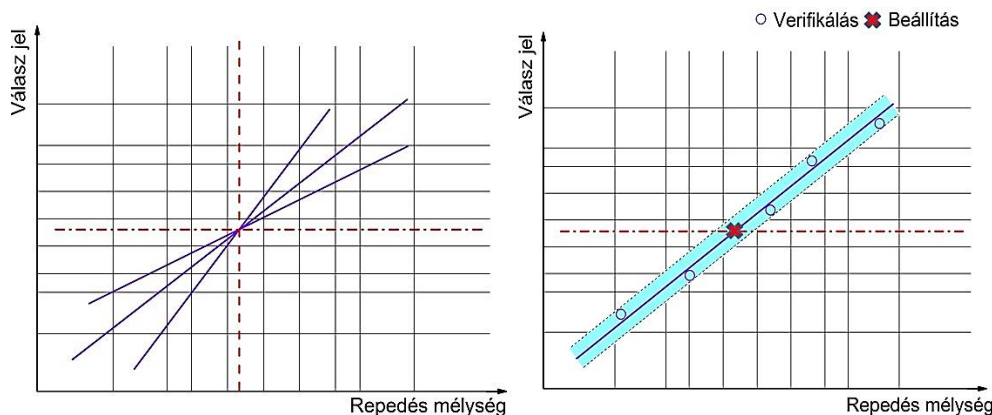


3. ábra. Jel, zaj és elfogadási szint viszonya egymáshoz, alkalmazható és nem alkalmazható vizsgáló rendszer esetén

3.2 REPRODUKÁLHATÓSÁG

Egy roncsolásmentes vizsgáló eljárásra akkor mondjuk, hogy reprodukálható, ha biztosítani tudjuk, hogy bárhol és bármikor végzik el a vizsgálatot, ugyanazt az eredményt fogjuk kapni. A reprodukálhatóság kulcsa a vizsgáló rendszer megfelelő beállítása és kalibrálása. Ehhez nem

elegendő az „egyponτος” kalibrálás, hanem több pontra kell illeszteni a kalibrációs görbét, 4. ábra. A 4. ábra bal oldalán látható, hogy egy pont esetén ugyanaz a repedés (vagy horony) méret esetén különböző lehet a jelnagyság, míg a jobb oldalon a több pontra illesztett kalibrációs görbe biztosítja a reprodukálhatóságot.



4. ábra. Egy pontra és több pontra illesztett kalibrációs görbe

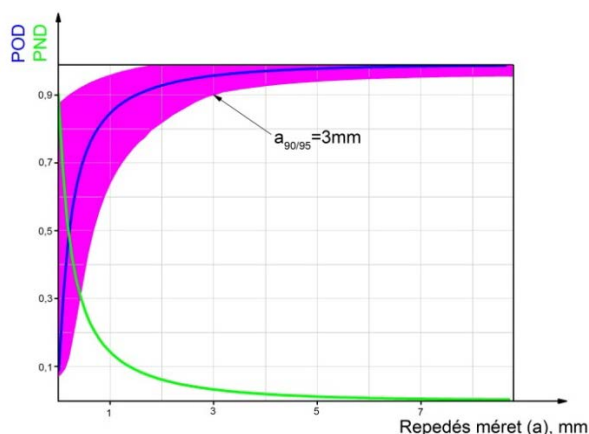
3.3 MEGISMÉTELHETŐSÉG

Egy eljárás megismételhetőségét az igazolja, ha a mesterséges folytonossági hiányokról, a szándékolt alkalmazási környezetben megismételt vizsgálatok esetén következetesen azonos mérési eredményeket kapunk. Ez a vizsgálati (mérési) folyamat valamennyi összetevőjének az ismeretét és rögzítését feltételezi. Mélni és dokumentálni kell például a zajszintet a kritikus helyeken és a jel/zaj viszonyt a várható folytonossági hiány mérettartományában, továbbá meg kell határozni a feljegyzési / elfogadási szint helyzetét, stb.

3.4 TELJESÍTŐKÉPESSÉG

A roncsolásmentes vizsgálat teljesítőképességét mérhetjük a detektálás valószínűségével (POD). A POD a detektált és az összes folytonossági hiány hányadosa a hiány nagyságának (mélység-

irányú kiterjedésének) a függvényében. A POD a NASA által az 1970-es években végrehajtott program eredményeként honosodott meg és vált a QNDE alapvető fogalmává [5]. Mára a POD koncepció szerves részévé vált a mérnöki tervezésnek, a kockázat, illetve élettartam elemzésnek és előrejelzésnek. Az 5. ábra a NASA űrprogram egyik POD görbét mutatja, ahol egy speciális szimulációs eljárás az eredeti mérési pontokból újakat generált és így felrajzolhatóvá vált a görbe konfidencia intervalluma is a hibamélység függvényében [6].



5. ábra. POD görbe a hibamélység függvényében, konfidencia intervallummal ($a=3\text{mm}$ repedés mélység esetén $\text{POD} = 90\%$, konfidencia szint = 95%) [5]

A nukleáris iparban a teljesítkéesség formalizált igazolásának az alapjait a 80-as években, Európában és az USA-ban közel egy időben rakták le (Európában: inspection validation, majd inspection qualification; USA-ban: performance demonstration). A vizsgálatminősítés célja az elnevezéstől függetlenül ugyanaz: szisztematikus elemzéssel bizonyítani, hogy a roncsolásmentes vizsgáló rendszer (vizsgálati technológia, vizsgáló készülék és személyzet) képes az adott vizsgálati feladat elvégzésére, elvárt megbízhatósággal az adott üzemi körülmények között. Az azonos célkitűzés ellenére eltérések tapasztalhatók a megvalósításban, amelyek lényegét a 2. táblázat mutatja be [7].

USA metodika	Európai metodika
Általános teljesítkéesség igazolás	Specifikus (vizsgálat célja, minősítési hibaméret, megbízhatóság elvárt értéke)
Próbatesteken elvégzett vizsgálatokra épít	Műszaki bizonyításra épít
Folytonossági hiány méretét nem határozzák meg előre	Próbatest megfelel a ténylegesen vizsgálandó darabnak
Nincs „legrosszabb” (worse case) folytonossági hiány, ami optimista eredményre vezethet	Minősítési hibaméret = „worse case” hiba

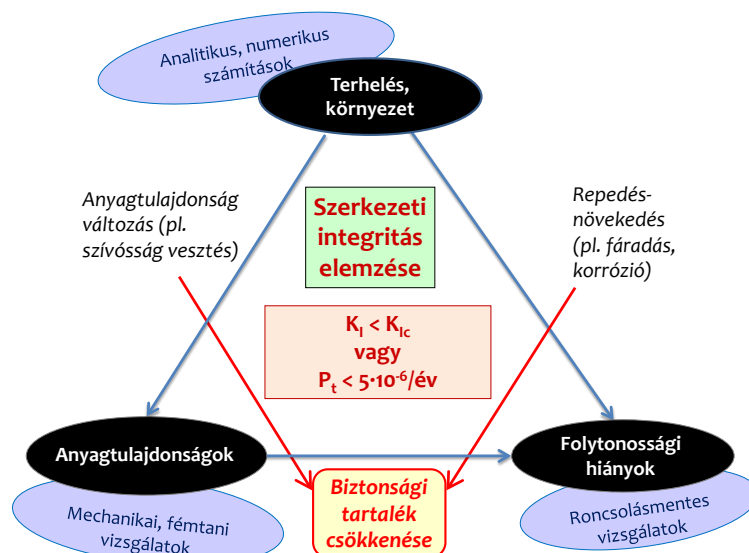
2. táblázat. Az USA és az európai vizsgálatminősítés főbb jellemzői [7]

4. SZERKEZETI INTEGRITÁS

Egy berendezés szerkezeti integritásának elemzése a szilárdságának, illetve a töréssel szembeni ellenállásának az elemzését jelenti. A mérnöki szerkezeteket alapvetően úgy tervezik, gyártják és üzemeltetik, hogy üzemidejük alatt ne sérüljenek meg. Az üzemeltetés körülményeit és korlátait úgy választják meg, hogy az alkalmazott szerkezeti anyag ne kerüljön az eredetileg szívós állapotból rideg állapotba. Így a tervezés és üzemeltetés során ki lehet aknázni az anyagnak azt a tulajdonságát, miszerint egy szívós törés létrejöttének energiaszükséglete lényegesen nagyobb, mint amennyi energiát a ridegtörés felemészt. Ebből következik, hogy a szerkezeti integritás elemzése során alapvetően a ridegtöréssel szembeni ellenállásra kell koncentrálni. Az elemzés alapvető eszköze ennek megfelelően a törésmechanika, a mértékadó anyagjellemző a törési szívósság (lineárisan rugalmas törésmechanikai koncepció alkalmazása esetén), amelynek meghatározásához az anyagtudomány szolgáltatja az adatokat. A szerkezeti integritás elemzése végezhető determinisztikus módon vagy valószínűségi alapon. Az összefüggéseket a 6. ábra mutatja.

A 6. ábrából világosan látható, hogy a folytonossági hiányok jelenlétének és helyzetének ismerete, továbbá jellemzésük (méret, orientáció, egyéb tulajdonságok) az elemzés egyik nélkülözhetetlen összetevője. Ilyen módon természetesen a roncsolásmentes értékelés (QNDE) is a szerkezeti integritás elemzésének integráns részévé válik. Ahogy korábban, a 2.1 pontban utaltunk rá, ezt a helyzetet a nagy kockázatú iparágak tervezési és üzemeltetési gyakorlatában bekövetkezett változások teremtették meg.

A 6. ábra érvényes a hegesztett szerkezetek integritásának elemzésére is. Ilyenkor a három alappillért ki lehet egészíteni a hegesztés specifikumaival. A „Terhelés, környezet” pillérben például figyelembe kell venni a hegesztés által előidézett maradó feszültségeket, az „Anyagtulajdonságok” esetében a varrat öntött és a hőhatás övezet heterogén struktúráját. Külön figyelmet igényelnek az átmeneti (dissimilar) hegesztési varratok. A „Folytonossági hiányok” minden olyan hiányt tartalmazhatnak, amelyek a hegesztés technológia velejárói (kötéshiba, zárványosság, melegrepedés, hidegrepedés).



6. ábra. A szerkezeti integritás elemzésének összetevői és kapcsolatok

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Bemutattuk a roncsolásmentes vizsgálat fejlődését és azt az utat, ahogy a QC-NDT mellett kialakult a QNDE. Ismertettük mindkét típus jellegzetességeit, továbbá definiáltuk az FFS típusú roncsolásmentes vizsgálatok fogalmát. Tárgyaltuk a roncsolásmentes vizsgálat megbízhatóságának alapvető elemeit, azaz az alkalmazhatóságot, a reprodukálhatóságot, a megismételhetőséget és a teljesítőképességet. Végül bemutattuk, hogy a roncsolásmentes értékelés milyen szerepet játszik a mérnöki szerkezetek (ezen belül a hegesztett szerkezetek) szerkezeti integritásának az elemzésében.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Karl-Heinz Schwalbe, Uwe Zerbst: Damage tolerance: fracture mechanics in design, Int. J. Materials Research, 97, 10, 2006, pp.1441-1452
- [2] Timothy J. Griesbach: PWR reactor vessel integrity and internals aging management, Chapter 43. In: Companion Guide to the ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Volume 3 (ed.: K. R. Rao), ASME Press, New York, NY, USA, 2009, pp. 43-61
- [3] Ward D. Rummel: Nondestructive evaluation – A critical part of structural integrity, Proc. 1st Int. Conf. Structural Integrity (ICONS-2014), Kalpakkam, India, 2014
- [4] Michael Turnbow, John Thompson: Reliability of NDE – The Criticality of Procedures and Personnel, Proc. 4th European-American Workshop on Reliability of NDE, DGZfP, Berlin, 2009, pp. 327-334
- [5] Ward D. Rummel: Nondestructive inspection reliability – History, status and future path, Proc. 18th WCNDT, Durban, 2012
- [6] Gerd Dobmann, D Cioclov, J. Kurz: The role of probabilistic approach in defect-detection, -classification, and -sizing, Welding in the world, 51, 5/6, 2007
- [7] John M. Whittle: A review of worldwide practice and experience in the qualification of ultrasonic inspections of nuclear components over the past two decades, Insight, 51, March, 2009, pp. 140-150

MSR HŐCSERÉLŐ LYUKAS CSÖVEINEK MEGKERESÉSE HÉLIUMOS TÖMÖRSÉGVIZSGÁLATTAL FINDING OF HOLES OF MSR TUBES BY HE LEAKING TEST

GILLEMOT LÁSZLÓ¹ – WEISZ ISTVÁN²

Kulcsszavak: MSR csöveken, He-os tömörség vizsgálat

Keywords: holes of MSR tubes, He leaking test

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ALSTOM Hungária Zrt-nél készült, kb. 70 t súlyú 3850 csövet tartalmazó MSR 6 órás fokozatosan emelkedő vizes nyomáspróbáját követően 3 vízfoltot találtunk a szerkezet alatt. A földre lejutó összes vízmennyiség nem haladta meg az 1 dl-t. A megismételt nyomáspróba során kb. 40 bar nyomás elérése után észleltük, 4 legalsó sorban lévő csövön az első vízcsepp megjelenését. A feladat az volt, hogy találjuk meg a „lyukas” csöveket. A „hagyományos” papír nedvesítésén alapuló módszer nem volt alkalmazható a problémás csövek behatárolására, mert a 3 oldalon burkolat volt a szerkezet körül, és nagyon kicsi volt a távolság a mikro bordás csövek között.

A héliumos szívragás vizsgálat több változatát alkalmazva, 3 hétig tartó, összességében 700 munkaórát igénylő és 1,5 millió forintnyi anyagfelhasználással sikerült megtalálni a 2 hibás csövet és bizonyítani azt, hogy nincs több lyukas cső a rendszerben. A 2 cső ledugózását követően a nyomáspróba sikeres volt.

SUMMARY

ALSTOM Hungary joint-stock company produced 70 t heavy MSR containing 3850 tubes. After 6 hours pressure test can be found 3 water puddles under the construction. The their total quantity was roughly 1 dl. Repeating the pressure test at 40 bar could be discovered the first water drops on the lower tubes. Two versions of He leaking test were tried for finding the leaking tubes. During 3 weeks, after examining about 700 tubes with 700 working hours two leaking tubes were found. Applying the He methods for the complete construction it was proved that only two tubes contained micro holes. Excluding these tubes by plugging the repeated pressure test was successful.

BEVEZETÉS

Az atomerőművekben alkalmazott cseplevél-

Anyagvizsgálók Lapja, Magyar Anyagvizsgálók
Egyesülete
ÁEF Laboratórium

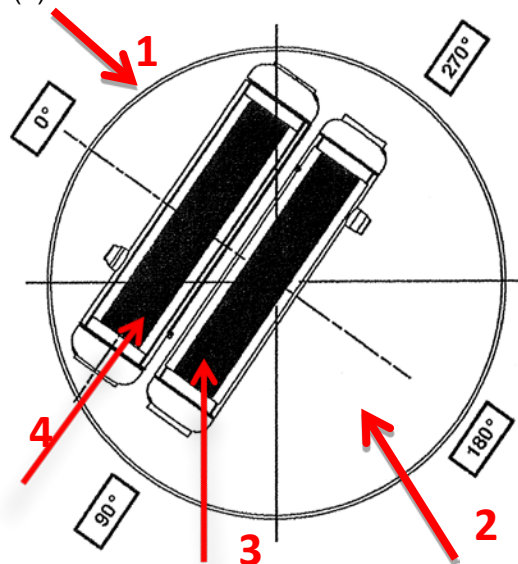
lasztó és újrahevítő (Moisture Separator and Reheater /MSR/) a nagynyomású fokozatból kilépő gőz nedvességét csökkenti és megemeli a gőz hőmérsékletét. Egy – egy ilyen egység fő alkotó elemei: egy kis- és egy nagynyomású hőcserélőből, valamint egy köpenyből áll. A köpenyt Franciaországban, míg a hőcserélőket (szakzsargonban fűtőpatronokat) hazánkban gyártották.

A SZERKEZET ISMERTETÉSE

HŐCSERÉLŐ

A 16 m hosszúságot éppen meghaladó, 3850 darab mikro bordás ferrites acélcsövet tartalmazó fűtőpatron súlya meghaladta a 70 t-át.

Az 1. ábra mutatja a fűtőpatronok elhelyezkedését a köpenyben. Az 1. számmal jelölt köpenyben az üzemi friss gőz nyomása 17 bar (2), míg az első fokozat (3) 50 bar és a nagynyomású fokozat 100 bar (4). Az üzemi hőmérséklet 310 °C.



1 ábra. A fűtőpatronok elhelyezkedése a köpenyben

1. köpeny, 2. friss gőz (17 bar), 3. kisnyomású fűtőpatron (50 bar), 4. nagynyomású fűtőpatron (100 bar).

Maga a fűtőpatron fényképe a 2. ábra, míg a „robbantott” képe a 3. ábra.

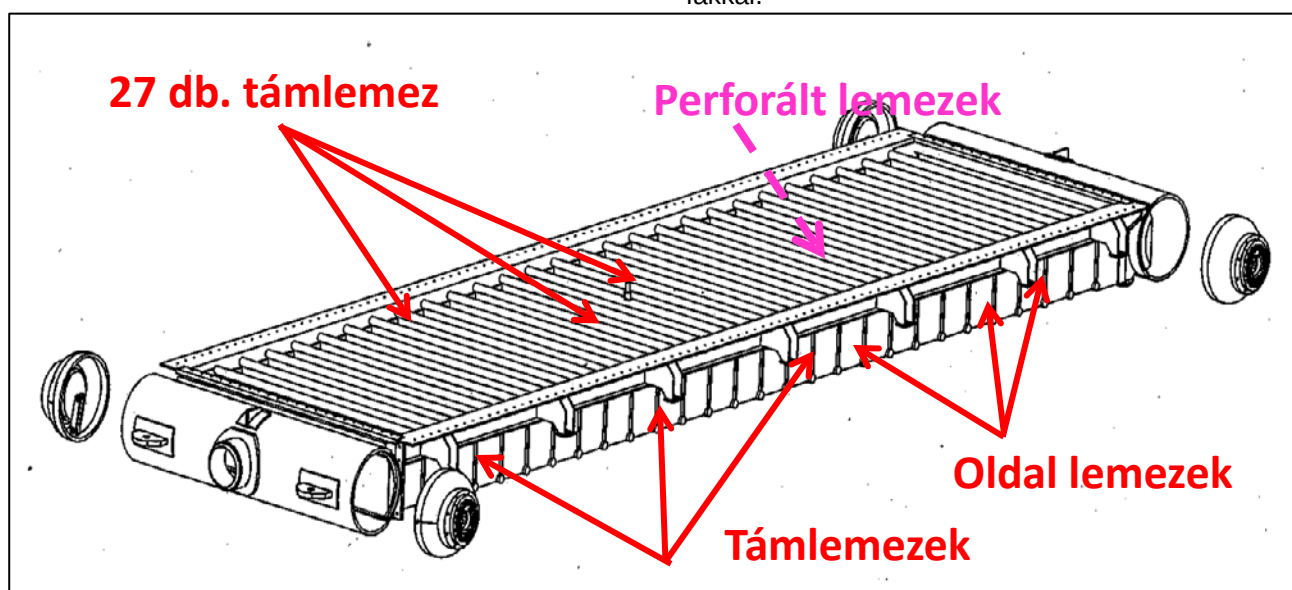


2. ábra Fűtőpatron. A tetején a perforált lemez nem látható a fóliatakaró miatt.

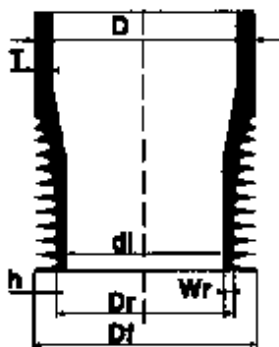
BEÉPÍTETT CSÖVEK

A csövek geometriai méretét mutatja 4. ábra. A hosszvarratos csövek külső átmérője $D=19$ mm, falvastagsága 1.75 mm. A bordák behengerlése után a maradó falvastagság min. 0.9 mm, a bordák kb. $h=1,3$ mm magasak, kicsit kúposak, átlagos vastagságuk 1.2 mm és távolságuk egymástól 0.9 mm. az átlagos távolságuk. A bordák behengerlése következtében a belső átmérő $d_i=14$ mm körül szóródik. Anyaguk X2CrTi18.

A csöveket a hosszvarrat hegesztését követően folyamatos örvényáramos vizsgálattal ellenőrzik, majd a mángorlás után minden egyes csövet 204.5 bar nyomással, félperces nyomáson tartási idővel ellenőrzik. Természetesen rögzítik a hegesztési paramétereket is. Természetesen számos más vizsgálatot is végeznek a gyártás során, de ezek azok nem hozhatók kapcsolatba az egyedi csőszálakkal.



3. ábra. A fűtőpatron „robbantott” vázlata, a perforált lemez nincs feltüntetve.



4. ábra A mikro bordás csövek vázlata

CSŐKÖTEG

A csőköteg a vállalat termelő részlegének utolsó munkadarabja volt a bezárást megelőzően. Addigra a forgácsoló üzem teljesen leállt, a hegesztő üzemben is már csak azok dolgoztak, akik az előzőleg elkészített szállító doboz végső varrainak elkészítése miatt nem szűnt meg a munkaviszonyuk. Ez a helyzet nagyban megnehezítette és korlátozta a vizsgálati lehetőségeket.

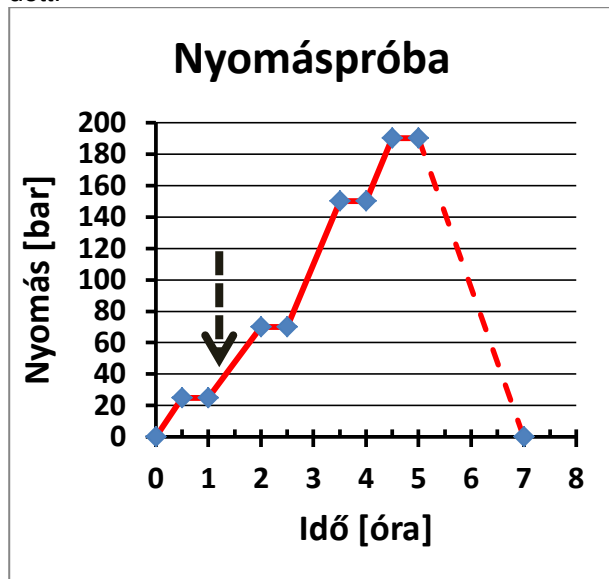
A 3850 cső 285 oszlopban és 14 sorban helyezkedett el, amint az 5. ábrán is látható. A csövek között a fénysugár a 60° -os szög alatt, megközelítően 5 mm-es sávban tud áthaladni, a víz természetesen a gravitáció következtében függőlegesen lefelé is haladhat az alatt lévő csőre, ahol azon irányt változtatva tudja folytatni az útját. A

A 4. készülék is jól bírta a terhelést és csak a nyomás leengedése közben a végső ellenőrzése során fedeztünk fel vízfoltokat a készülék alatt. Ekkor 4 „tócsát” találtunk, amelyek éppen csak nedvesítették a betont.



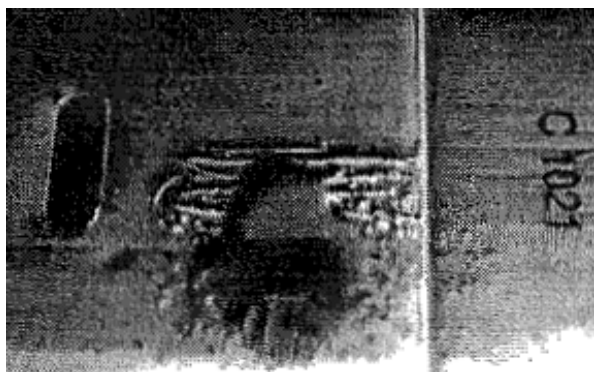
Az 1 és 2 számmal jelölt pontokban folyamatos csöpögés alakult ki és a szomszédos csövek is

elkezdtek nedvesedni. Ugyanakkor a 3. és 4. számú helyeken a szomszédos csövek alig-alig nedvesedtek, majd hirtelen a két szélső csőközött nagyobb mennyiségű víz „zúdult” le. Ezt követően a csepegés főként a két szélső csőre korlátozódott.



7. ábra A nyomáspróba végrehajtása

A víztőcsa képe a 8. ábra.



8. ábra. A hullámpapírra lecsepegett víz képe

A nyomáspróba teljes időtartama alatt körülbelül 1 deciliter víz került a padozatra, de semmiképpen nem érte el a 2 dl-t., A teljes időtartammal visszaszámolva ez kevesebb, mint 0.5 ml/sec. Ebből a nem is vízszugár lépett ki a csövekből, hanem csak vízpermet.

A feladat adott volt: ezeket a lyukakat tartalmazó csöveket megkeresni és ledugózni.

A LEHETSÉGES VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

PAPÍRLAPOS KERESÉS

A kondenzátorok nyomáspróbájakor az oldalfalak még nincsenek a helyükön, így oldalról a csőköteg többé-kevésbé hozzáférhető. A relatíve nagy átmérőjű csövek közé itatóspapír bedugható,

és annak nedvesítése alapján a lyukas cső helyezte nagyjából behatárolható. Így az egyedi nyomáspróbával megvizsgálandó csövek száma jelentősen csökkenthető. Ez módszer esetünkben nem volt alkalmazható, mert az oldalfalak zártak voltak és bordás csövek miatt nagy lett volna a veszélye a szennyeződések leválásának, ami megengedhetetlen.

ÜZEMELTETÉS KÖZBENI CSŐLYUKADÁS MEGKERESÉSE

Az üzemeltetés során képződő lyukakat az atomerőműben leálláskor keresik meg, a köpeny feltöltésével és a lyukas cső végén megjelenik a víz. Természetesen ez a módszer csak a nagyobb átlukadásokat találja meg. Az ilyen kis lyukakat üzem közben nem is érzékeli.

Másik gyártmányunknál ezt a vizsgálati technikát sikerrel alkalmaztuk.

CSŐLYUKADÁS KERESÉSE VÍZNYOMÁSSAL

Az egyik lehetséges megoldás, hogy a csöveket egyenként nyomás alá helyezzük és az a cső hibás, amelynél nyomáscsökkenést lehet észlelni. Adott esetben ez a módszer több szempontból sem volt megvalósítható.

A nyomáspróba tapasztalata alapján legalább 40 bár nyomást kell létrehozni, ami 75 kp záróerőt igényel. Ezt a cső belső fala és a lezáró dugó között lévő tömítés sem képes biztosítani. A vizsgálat elvégzéséhez valamilyen készülékre lett volna szükség. Az egyik megoldás szerint a vízbevezető és záró dugót is ki kellett volna támasztani a kamra falához. Ez pedig olyan kitámasztó szerkezetet igényel, amely állítható. Becsléseink szerint a vizsgálati idő legalább 10 perc, mert a 30 másodperces 204.5 báros nyomással sem sikerült indikálni a lyukakat. Ehhez jön még a 15 perces szerelési idő, amelyhez a kamra buvónyílásán keresztül be- és ki kell jutni. Természetesen ez legalább 2 fő munkáját igényli (gőz és kondenz kamra). Az már csak a hab tortán, hogy csőben maradó kb. 2.5 l vizet is el kellett volna távolítani.

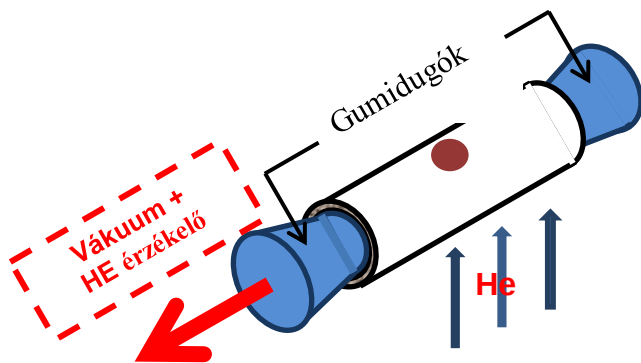
A másik szerkezeti megoldás szerint olyan készülékre lett volna szükség, amely a szomszédos 6 csőben is rögzítést is biztosít. ennél a készülék megoldásnál ugyanazok a problémák léptek volna fel, amit az előzőekben ismertettük.

HÉLIUMOS SZIVÁRGÁS VIZSGÁLAT

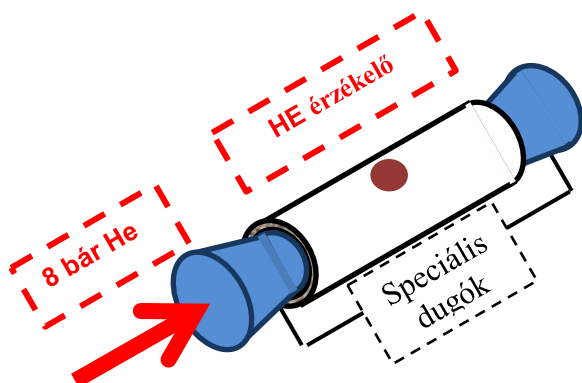
A héliumos vizsgálat két lehetséges megoldását – az esetünkre alkalmazva – a 9. és 10. ábra mutatja.

Az első esetben a csőben a He érzékelő készülék vákuumot hoz létre a csőben és egyidejűleg a vizsgálat helyére He befúvás biztosítja a kon-

centráció különbséget. A módszer egyrészt könnyen végrehajtható, mert a dugókat a vákuum tartja a helyén.



9. ábra. Vákuumos szivárgás vizsgálat



10. ábra. Túlnyomásos szivárgás vizsgálat

A második esetben, abból kiindulva, hogy a vízcsepegés 40 bárnál kezdődött – figyelembe véve, hogy a gáz kb. 10-szer könnyebben hatol át a lyukon - minimum 5, de inkább 10 bár nyomás szükséges a vizsgálathoz. Ezt pedig csak speciális dugókkal lehetett biztosítani.

NYOMÁSPRÓBÁBÓL LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

A nyomáspróbából levont következtetések alapján alakítottuk ki a vizsgálat stratégiáját. Sajnos néhány esetben – mint utólag rájöttünk – téves feltevések alapján dolgoztunk. A következtetések az alábbiak voltak:

- 40 bar nyomásnál **4 csövön** jelent meg a vízcsepp, végül **3 tócsa** képződött
- Az 5. – 28. csövek tócsaképződése, eltért a 139. – 157. csövek között kialakultól
- Az 5. és 28. csövek alatti vízfoltok hosszirányú pozíciója jelentősen eltért.
- A víztócsák közötti távolság alapján 4 hibás csövet kell keresni.
- 1 dl víz 6 óra alatt
- Az összes szivárgó felületnek kisebbnek kell lennie, mint 1 mm^2
- 0,4 % annak a valószínűsége, hogy 4 hibás cső egy készülékbe kerül

- 0,2 %-nál kisebb a valószínűsége, hogy 2-2 hibás cső ugyanabba a támlamez közbe esik

A fentiek alapján 4 lyukas cső keresésére építettük fel a keresési stratégiánkat, mert nem vettük kellő súllyal figyelembe, hogy ennek valószínűsége nagyon kicsi. Ugyancsak figyelmen kívül hagytuk, hogy a tócsaképződés is eltérő volt. Ezen tévedések a végső eredményt nem befolyásolták, legfeljebb meghosszabbították az odavezető utat.

HE-OS TÖMÖRSÉG VIZSGÁLATOK VÉGREHAJTÁSA

VÁKUUMOS PRÓBÁLKOZÁS

Éppen a csővégek lezárása szempontjából a legegyszerűbbnek és a leggyorsabban megkezdhetőnek a vákuumos megoldás bizonyult.

Az egyes mérések végrehajtása legalább 4 fő részvételét igényelte. 1 – 1 fő a két kamrában a dugók behelyezését végezte, 1 fő a készüléket kezelte és az eredményt olvasta le. Tekintettel arra, hogy a vákuum biztonságosan rögzítette a dugókat, a vizsgálat időtartama alatt a személyzet a kamrában maradhatott, még akkor is, ha a hely meglehetősen szűkös, kényelmetlen. A He befűvást végző személynek a csőköteg alatt fekvéssel kellett végezni a munkáját. A fűtőpatron tetején lévő perforált lemez fóliával borítottuk, ezzel is növelve a vizsgált cső környezetében a He koncentráció növelését. A módszer egyik nagy problémája, hogy nagyon nagy a He fogyasztás.

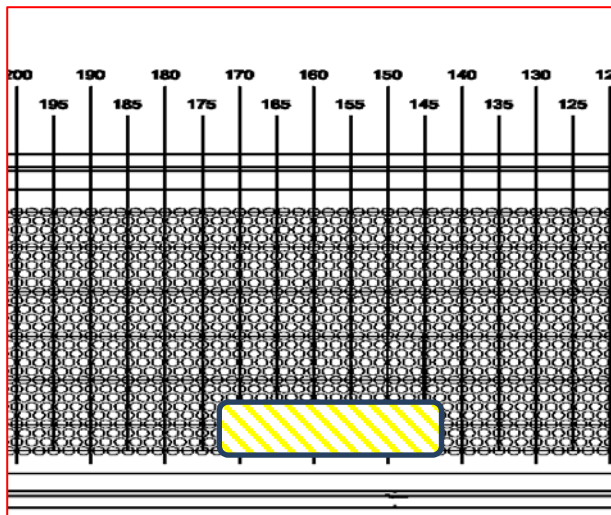
A dugók áthelyezése, a vákuum felállítása, a mérés elvégzése kb. 10 percet igényelt 4 fő közreműködésével.

Kb. 20 cső eredménytelen átvizsgálása után a kondenz kamrában befűjt He-mal teszteltük a módszer érzékenységét. A gumidugós zárás mellett a He pillanatokon belül bejutott a csőbe és a készülék jelzett. Ennek tudatában folytattuk a vizsgálatokat. A 11. ábrán az átvizsgált területet tüntettük fel.

90 cső átvizsgálása után, 2 nyújtott műszak után azt a döntést hoztuk, hogy módszert váltunk. Felmerült az a gondolat is, hogy szivárgást egy repedés jellegű hiba okozza, ez pedig a belső nyomás hatására nyílik, a vákuum pedig zárja.

Mint utóbb kiderült, ha még két sort megvizsgáltunk volna, valószínűleg megtaláltuk volna az X149, Y20 koordinátájú csövet. Az továbbra is nyitott kérdés, hogy a másik cső esetében hány további vizsgálatra lett volna szükség.

A vákuumos módszer további hátránya, hogy nem nyújt biztosítékot arra, hogy az összes hibás csövet kiszűrjük.



11. ábra. Vákuumos módszerrel átvizsgált terület

NYOMÁSOS VIZSGÁLAT

A vákuumos vizsgálat ideje alatt elkészítésre került a speciális dugópár. Ez a 12. ábrán látható. A két dugó közül a kondenz kamrába kerülő dugó egyszerű csavarral rögzíthető, míg a gőz kamrába kerülő (alsó) dugónak a He bevezetést is biztosítania kell. Ez is kamrából húzható meg. Nagyon hamar bebizonyosodott, hogy egy – egy dugó csak két tömítéssel működik. A két „O”-gyűrűs dugó nem biztosított megfelelő záróerőt. Csak a „O”-gyűrű + lapos tömítés hozott megfelelő eredményt. Az előbbi a tömítés szempontjából, az utóbbi pedig az erőfelvétel szempontjából hozott jobb eredményt.



12. ábra. Nyomásos vizsgálat speciális dugói

A módszert egy a csőbe fűrt $\varnothing 1$ mm lyukkal teszteltük. A csőköteg aláhelyezet műhiba néhány másodpercen belül jelzést adott. A furatból a kiáramlást teflon- és szigetelő szalagos betekeréssel csökkentettük, de ekkor is fél percen belül megszólalt a jelző hang.

A háttér He szinthez (2.6×10^{-5} Pa m^3/sec) képest 2 nagyságrenddel nagyobbra állítottuk a riasztási szintet.

A NYOMÁSOS MÓDSZER „VALIDÁLÁSA”

Lezárva a kamrákat, 8 bár nyomású 25 %-ot He-ot és 75 % Ni-t tartalmazó gázkeverékkel töltöttük fel a rendszert (kb. 3 m^3 térfogatot). A takaró fólián átvezetve az érzékelő szondát abban a két támlamez között és csakis ott a készülék jelezte a He-ot, tehát a módszer a vizsgálatokra alkalmasnak bizonyult. A szivárgáskülönbség keresztirányban is érzékelhető volt, a támlamez közön belül a tényleges helytől távolodva kisebb értékeket mértünk, de nagyon nagyok voltak az ingadozások a távolság függvényében, jelezve, hogy He nem csak függőleges felfelé áramlott, de a fólia alatt „vízszintes” síkban is terjedt.

Ezen két teszt eredményeinek ismeretében megkezdtük a csövek átvizsgálását.

A CSÖVEK ÁTVIZSGÁLÁSA

A vizsgált során egy feltöltő szelepen keresztül 8 bár nyomás alá helyeztük csöveket, amelyben így kb. 85 % He volt. A nyomást 2 percig tartottuk, majd a leeresztő szelepen a szabadba vezettük. A feltöltéssel, leeresztéssel együtt 3 perces időtartamhoz egy 12 – 15 perces szerelés tartozott. Így óránként 3 – 4 cső vizsgálati sebességet értünk el. A vizsgálat kényelmetlenségéhez tartozott, hogy minden egyes cső tesztelésekor a búvónyíláson át be- illetve ki kellett mászni a kamrából. A módszer egy további problémája volt, hogy a fenn állt a veszélye, hogy a valamelyik dugó kicsúszik a csőből (ezért is kellett kijönni a kamrákból) vagy a bilincses tömlő csatlakozások szétcsúsznak. Ilyen események bekövetkezése hátráltatta a vizsgálatokat, mert a megfelelő környezeti állapot (He szint) elérése csak kb. 1 órás szellőztetés után volt elérhető.

A hosszú ciklusidő rövidítésére egy elosztón keresztül egyszerre több cső vizsgálatát tettük lehetővé. Ez kezdetben 4, majd 7 dugópárral és hozzátartozó tömlőkkel oldottuk meg. A 7-es szám onnét eredt, hogy 14 cső helyezkedik el egymás felett, tehát egy cső oszlop két lépésben vált vizsgálhatóvá. A az alkalmazott berendezés, a He palack és tömlők fényképe a 13. ábra.

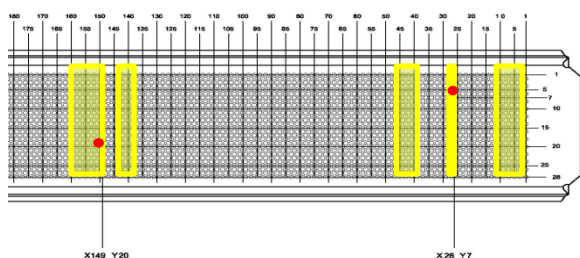
Azoktól a csövektől kiindulva, amelyeken a csepegést megindulását észleltük, jobbra-balra haladva oszloponként vizsgáltuk át a csöveket. Az átvizsgált területeket a 14. ábrában sárgával jelöltük.

A vizsgálatok során egy alkalommal kaptunk hamis riasztást, ami a megismételt vizsgálat során egyértelműen kiderült.



13. ábra. A vizsgálathoz használt készülék

A 149 sor alsó felének (7 cső) tesztelésekor a rendszer riasztott. A teszt megismétlésekor ugyanezt az eredményt kaptuk. Ez után a 7 csövet egyenként vizsgáltuk meg és megtaláltuk a x149/y20 koordinátájú lyukas csövet.



14. ábra A He-os módszerrel ellenőrzött csövek.

Abból a gondolatból, hogy ez azon két cső között, amelyeken először jelent meg a vízcsepp, középen jelent meg, valakinek az az ötlete volt, hogy a másik helynél is ezt az elvet alkalmazzuk. Bár nem nagyon bízunk ennek sikerében, többek között, azért sem mert jelentős hosszirányú eltérés volt a vízfoltok között (1. táblázat). Ennek ellenére az oszlop átvizsgálása eredményt hozott: az x26/y7 pozícióban lévő cső bizonyult lyukasnak.

A lyukas csövek ledugózásra kerültek. A rozsdamentes acélból készült peremes dugókat a csőfalhoz hegesztették, majd folyadék-behatolásos vizsgálatot végeztek a varrat tömörségét.

„NINCS TÖBB LYUKAS CSŐ” BIZONYÍTÁSA

A vizsgálatot teljesen azonos módon hajtottuk végre, mint amit a „A nyomásos módszer „validálása” részben leírtunk, azzal a kiegészítéssel, hogy az összes támlamez közt ellenőriztük. Mivel a legkisebb szivárgást sem észleltünk, megkezdődhetett a nyomás próba, amely sikeresen zárult.

VIDEOENDOSZKÓPOS VIZSGÁLATOK

A csőgyártó cég (Valtmet) képviselői a He-os vizsgálatok idején Budapestre repültek és endoszkópos vizsgálattal próbálták megtalálni a hibás csöveket, természetesen sikertelenül. Ugyanakkor megmutatták a jó és a „kevésbé jó” hegesztési szakaszokat. Ezek a varratszakaszok a hegesztési ív instabilitásának a következménye.

Ekkor már bebizonyosodott, hogy a 10 mm átmérőjű videokábel túl vastag a jó képalkotáshoz.

A megtalált hibás csöveket a 6 mm átmérőjű videokábel segítségével vizsgáltuk meg, ez azonban a 7.5 m-es hossza – figyelembe véve a készülék és csőfal belépési pontja közötti távolságot is – csak az egyik hibahelyet tudtuk elérni. Magát a lyukat (amely 0.1 mm-nél kisebbre becsültük) nem sikerült megtalálni, de a környezetében varrat instabilitása kimutatható volt.

NÉHÁNY TANUSÁG

Ma már tudjuk, hogy 2 cső volt hibás, és valószínűleg összesen 3 (esetleg 4 lyuk) volt. Amennyiben a statisztikai elemzésnél a cső helyett a lyuk kifejezést használtuk volna, és nem legalább 3 vagy 4 csövet keresünk, akkor talán kevesebb lépésben megtalálhattuk volna a hibás csöveket.

Jobban kellett volna bízni a statisztikai elemzésben is tovább kellett volna keresni az ellentmondás feloldását.

Természetesen utólag mindig könnyebb okosnak lenni.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ALSTOM Hunária Zrt-nél készült, kb. 70 t súlyú 3850 csövet tartalmazó MSR 6 órás fokozatosan emelkedő vizes nyomáspróbáját követően 3 vízfoltot találtunk a szerkezet alatt. A földre lejutó összes vízmennyiség nem haladta meg az 1 dl-t. A megismételt nyomáspróba során kb. 40 bar nyomás elérése után észleltük, 4 legalsó sorban lévő csövön az első vízcsepp megjelenését. A feladat az volt, hogy találjuk meg a „lyukas” csöveket. A „hagyományos” papír nedvesítésén alapuló módszer nem volt alkalmazható a problémás csövek behatárolására, mert a 3 oldalon burkolat volt a

szerkezet körül, és nagyon kicsi volt a távolság a mikro bordás csövek között.

A héliumos szívrágás vizsgálat több változatát alkalmazva, 3 hétig tartó, összességében 700

munkaórát igénylő és 1,5 millió forintnyi anyagfelhasználással sikerült megtalálni a 2 hibás csövet és bizonyítani azt, hogy nincs több lyukas cső a rendszerben. A 2 cső ledugózását követően a nyomáspróba sikeres volt.

ROBBANTÁSSAL PLATTÍROZOTT LEMEZEK ANYAGVIZSGÁLATA INVESTIGATION OF EXPLOSIVE CLADDED PLATES

KOVÁCS-COSKUN TÜNDE

Kulcsszavak: robbantásos plattírozás, hegesztett kötések, anyagvizsgálat

Keywords: explosive welded joints, cladding, material testing

ÖSSZEFOGLALÁS

A hegesztett kötések vizsgálatának számos módja ismert. A kötés megfelelőségének ellenőrzésére a robbantással plattírozott lemezek esetében is roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok is alkalmazhatóak. A hegesztett kötések ellenőrzésére széles körben alkalmazott ultrahangos vizsgálat azonban csak az azonos rugalmassági modulusú anyagok plattírozása esetében használható. Sajnos jelenleg sem az európai, sem a magyar szabványokban nem található ajánlás a robbantással plattírozott lemezek anyagvizsgálatára.

ABSTRACT

Many tests of the welded joint were carried out. Explosive cladded joints are also welded joints due to the cohesion bonding between the plates. Usually in case of welded joint testing very useful process is the ultrasonic test, but it needs metals with the same Young Modulus. If it is necessary to test joints of different metals has to be find other investigation methods. In the industrial practice destructive tests are used to check these cladded plates. Unfortunately, there is no any instruction in the European or Hungarian Standards for cladded plate quality control.

1. BEVEZETÉS

A hegesztett szerkezetek kötéseinek vizsgálatai általában közismertek, a gyakorlatban széleskörűen alkalmazottak. A robbantásos plattírozással összekapcsolt lemezek anyagvizsgálatai során ezek a módszerek ugyanúgy eredményesek lehetnek. Számos esetben azonban speciális egyedi vizsgálati technikákat, technológiai próbákat kell végezni a munkadarab minőségi követelményei szerint. A magyar és az európai szabvány kimondottan a nagysebességű alakításokra előírt vizsgálatokról nem rendelkezik (az amerikai ASTM szabványokban található vizsgálatok), így azokat a tervezőnek kell előírnia. A gyakorlatban a robbantásos plattírozással összekapcsolt lemezek közötti kötés ellenőrzésére ultrahangos vizsgálatot alkalmaznak. Meg kell jegyezni, hogy ez a vizsgálat amennyiben eltérő anyagcsoportba tartozó

ötvezetek (eltérő akusztikai tulajdonságú anyagok) plattírozásáról van szó (pl. alumínium-acél) nem ad kielégítő eredményt.

2. PLATTÍROZOTT LEMEZEK RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATAI

A robbantásos plattírozás a sajtoló hegesztési eljárásokhoz sorolható, mivel a létrejövő kötést nagysebességű és nagyenergiájú sajtolással hozzuk létre, a kohéziós kapcsolat vizsgálatára alkalmasak a hagyományos hegesztett varratok ellenőrzésére előírt és alkalmazott eljárások. Mivel ezek a vizsgálati eljárások a szabványban és szakirodalmi művekben is részletesen megtalálhatóak, ezek részletes ismertetésétől itt eltekintek.

2.1 SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLAT (VT)

A felületi hibák, a felületre kijövő repedések észlelhetők. Segédeszközként kézi nagyító, üregek vizsgálatához endoszkóp, esetleg video endoszkóp alkalmazható. A felületet gondosan elő kell készíteni. Ez a legtöbb esetben a tisztítást, esetleg maratást jelent, de nagyon fontos a megfelelő megvilágítás is. Video kamerák és TV segítségével - amelyek néhány másodperc alatt leképezik a darabot - a szállítószalagon mozgó alkatrészek is ellenőrizhetők. A vizsgálat elvégzését az MSZ EN 1330-10:1999 szabvány részletezi. [1]

2.2 ULTRAHANGOS VIZSGÁLAT (UT)

A vizsgálat elve a nagyfrekvenciájú hanghullámok terjedésének fizikája szerint, az ultrahang a fémekben alig gyengülve, mint irányított sugarak haladnak, azonban határfelülethez érve visszaverődnek. Határfelületnek minősül minden akusztikailag más keménységű közeg, pl. a darab belsejében lévő hibák és a darab hátlapja. Az ultrahangos vizsgálatot elvégzésének módjáról és a hibák kiértékeléséről szabvány rendelkezik (MSZ EN 583, ASTM A 578). [1]

2.3 FOLYADÉKBEHATOLÁSOS VIZSGÁLAT (PT)

Felületi hibák kimutatására alkalmas, gyors vizsgálat, mely porózus anyagok kivételével minden anyag esetében alkalmazható. A felületre kinyúló szemmel nem látható folytonossági hiányok, repedések stb. kimutatására alkalmas igen érzékeny vizsgálati módszer. A nagysebességű alakítás hatására mikropredések alakulhatnak ki,

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar Budapest 1081 Népszínház u. 8
kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

melyek szabad szemmel nem láthatóak. A kész munkadarab felületi minőségének ellenőrzésére alkalmas gyors, módszer (MSZ EN ISO 12706:2001). [1]

2.4 HELYSZÍNI KEMÉNYSÉGMÉRÉS (HT)

Célszerű a Vickers-módszert választani, mivel ez a különböző anyagok esetében is alkalmazható. A szabvány a hegesztett kötések keménységmérése esetében csökkentett, 10 kp-os terhelést javasol (HV10). A vizsgálatnál alkalmazott szűrőszerszám 136°-os csúcsszögű négyzet alapú gyémántgúla, mellyel a létrehozott lenyomat felületére már arányosnak tekinthető az anyag keménységével. A felület előkészítésére igen nagy gondot kell fordítani, mert a keménységet sokszor aránylag kis terhelés mellett, csekély benyomódásból kell megállapítani. Amennyiben a megmunkálást barázdák a leolvasást zavarnák, úgy a felületet polírozni, esetleg tükrösíteni kell.

A terhelés szabványosan előírt időtartama vas-ötvözetekre és színesfémekre 10...15 s, könnyűfémeknél 30 s, igen lágy anyagokra 180 s is lehet. A vizsgálandó darab vastagsága nem lehet kevesebb, mint a lenyomat átlóinak 1,5-szerese. A hátlaapon a vizsgálat után semmiféle alakváltozási nyomnak nem szabad látszania. A lenyomatot úgy kell elhelyezni, hogy annak középpontja a munkadarab szélétől vagy a két lenyomat közepe egymástól legalább 2,5-szerese legyen a lenyomat átlóinak. [1]

2.5 ÖRVÉNYÁRAMOS VIZSGÁLAT

Az örvényáramos vizsgálat esetén, egy tekercsen váltóáram halad keresztül és ez egy változó mágneses mezőt hoz létre, mely a vezető anyagban elektromos áramot indukál. Ez az indukált áram zárt hurkokban kering, ezt hívják örvényáramnak. A létrehozott örvényáram mérhető saját mágneses mezőt gerjeszt. A darab felületén illetve felületéhez közeli hibák a mágneses permeabilitás mérése alapján meghatározhatók.

3. PLATTÍROZOTT LEMEZEK RONCSOLÁSOS ANYAGVIZSGÁLATAI

A roncsolásos vizsgálatok tekintetében azonban számos eltérést találunk. Meglehetősen a szakító-, a hajlító-, és más roncsolásos vizsgálat is használatos a hegesztett kötések ellenőrzésére, plattírozott lemezek esetében a kiértékelés bizonyos mértékig eltérő.

3.1 SZAKÍTÓ VIZSGÁLAT

A szakítóvizsgálattal (egytengelyű húzóvizsgálat) az anyagok húzó igénybevétellel szembeni ellenálló képességét vizsgálják. A 1-3. ábrákon

nikkel-bronz szénacél anyagpárosítású plattírozott lemez szakítóvizsgálata látható.



1. ábra A próbatest szakítás után [5]

A 1. ábrán jól látható, hogy a próbatest nem a plattírozott kötésben szakadt így elmondható, hogy erős fémes kapcsolat jött létre. A vizsgálat eredményének értékeléséről plattírozott lemezek esetében a szabvány nem rendelkezik, célszerű tehát a plattírozásban felhasznált anyagpárból készített próbatesteket is elszakítani a szilárdsági értékeket összehasonlítani. [3,4] Méretezéskor természetesen az alacsonyabb szilárdsági értéket kell figyelembe venni.



2. ábra Plattírozott lemezből kimunkált szakító próbatest vizsgálata [5]



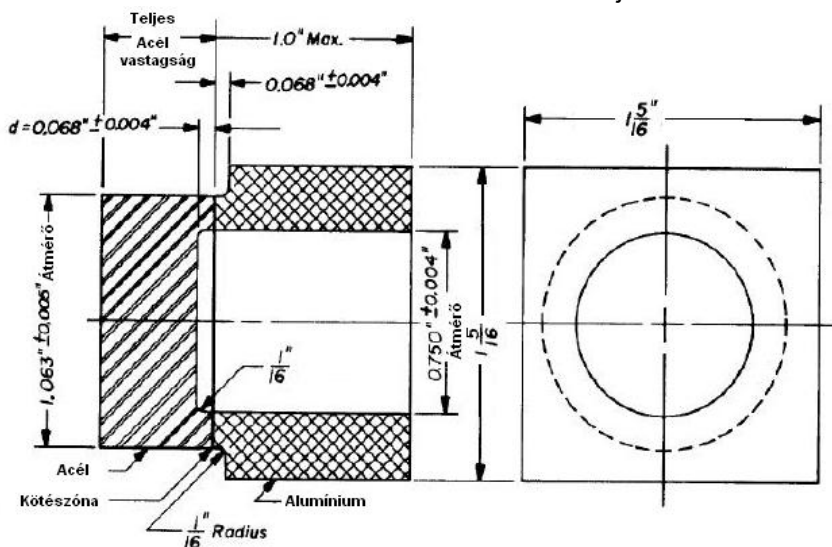
3. ábra A szakító próbatest méretei [5]

3.2 KORONASZAKÍTÓ VIZSGÁLAT

A plattírozással létrehozott kötés szilárdságának ellenőrzésére alkalmas roncsolásos vizsgálat

(melyről az amerikai ASTM szabvány rendelkezik, ezért a méretek inch-ben értelmezettek 4. ábra).

A próbatestet a platírozott lemezből kell kimunkálni a 4. ábra szerint. A vizsgálat elrendezését a 6. ábra mutatja. A szakítás előtti és utáni próbatest



4. ábra Koronaszakító próbatest műhelyrajza [5]

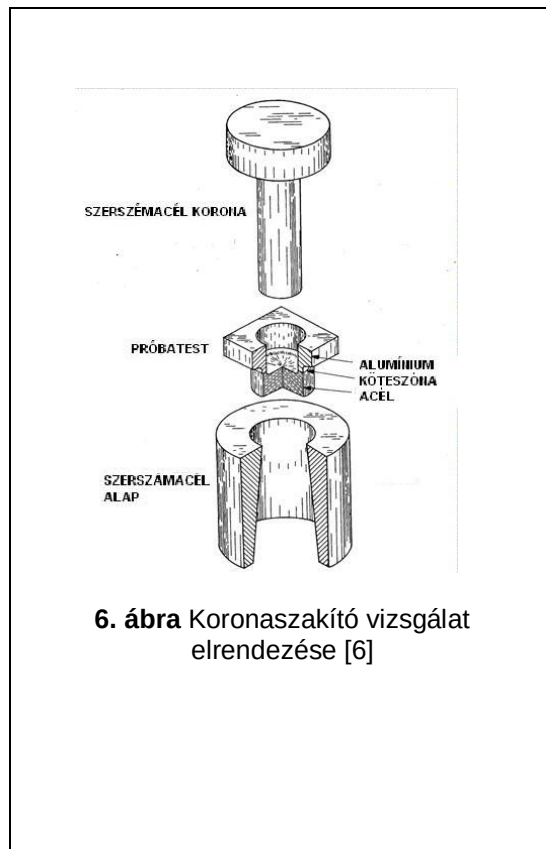
a 5. és 7. ábrán látható.



5. ábra Koronaszakító vizsgálat próbatest [6]



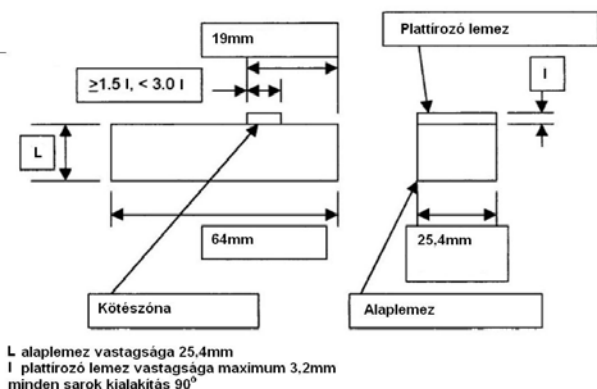
7. ábra Elszakadt próbatest [6]



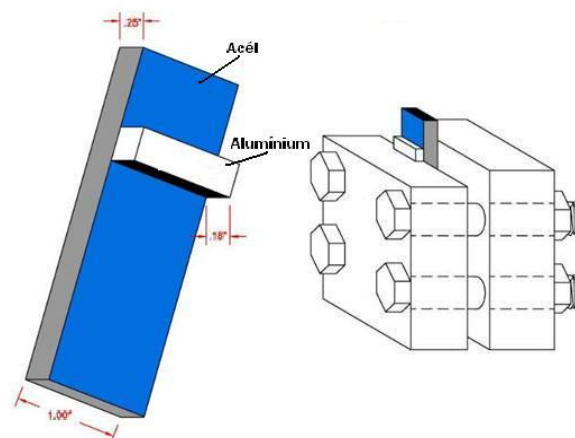
6. ábra Koronaszakító vizsgálat elrendezése [6]

3.3 LEFEJTŐ VIZSGÁLAT

Plattírozott lemezek kötési szilárdságának ellenőrzésére (ASTM A 264 szerint) alkalmazott másik eljárás a lefejtő vizsgálat. A megfelelően (8. ábra szerint) kialakított próbatestet nyíró igénybevételnek teszik ki. A vizsgálat elrendezését a 9. ábra mutatja. A plattírozott réteget nyíró feszültséggel kell terhelni, és a darabnak minimálisan 140 MPa terhelést el kell viselnie.



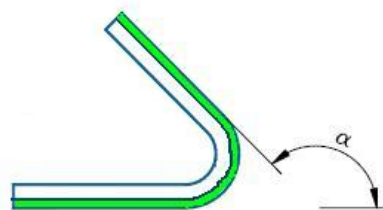
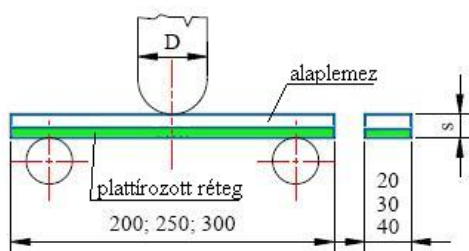
8. ábra Lefejtő vizsgálat próbatest méretei (ASTM B898 szerint) [5]



9. ábra Lefejtő vizsgálat elrendezése [6]

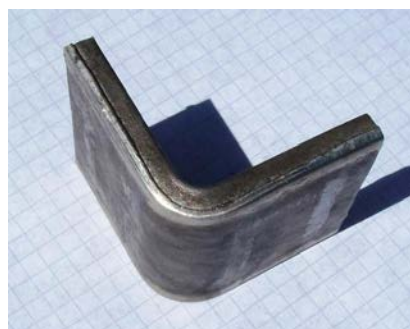
3.4 HAJLÍTÓ VIZSGÁLAT

Hajlító vizsgálatot végzünk hegesztett varratok valamint plattírozott lemezek ellenőrző vizsgálatként. A repedés keletkezése nélküli vagy plattírozott lemezek esetén a szétválás nélküli hajlítási szög jellemzi a vizsgált anyagot. A kívánt hajlítási szög elérése esetén megfelel, repedés, törés esetén a minősítés eredménye: nem felel meg.



10. ábra Hajlító vizsgálat

A 11. ábrán látható a S235J2/X6CrNiTi18-10 (kis szilárdságú szerkezeti acél/korrózióálló acél) lemezpár hajlítás után, burkolólemezzel a húzott oldalon. A lemezvastagsággal megegyező sugarú hajlítás történt. Szemrevételezéssel semmilyen sérülést, deformációt nem lehet látni a próbatesten. A 12. ábrán pedig egy S235J2/AlMgSi1 (kis szilárdságú szerkezeti acél/alumínium ötvözet EN-AW-6082) anyagpár, a húzott oldalon az acél alaplemezzel. Szemrevételezéssel ezen a hajlított darabon sem láthatók repedések.



11. ábra S235J2 / 1.4541 lemezpár, a burkolólemezzel a húzott oldalon [7]



12. ábra S235J2 / EN-AW-6082 lemezpár, az alaplemezzel a húzott oldalon [7]

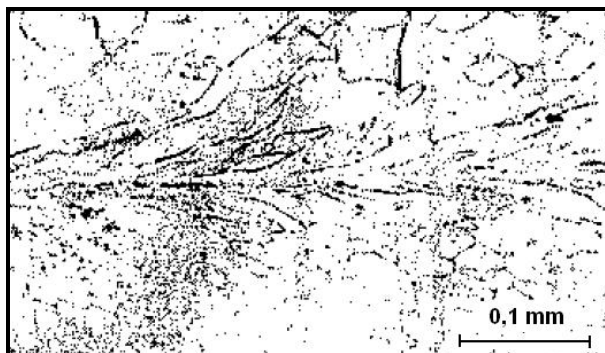
3.5 MIKROSZKÓPOS VIZSGÁLAT

A vizsgálatokhoz fémmikroszkópot alkalmazunk, ennek megfelelően a mintákat a metallográfiai előkészítés módszereivel kell előkészíteni. A darabokhoz alkalmazott marószerszám megválasztásánál figyelembe kell venni az alaplemez és a borítólemez kémiai összetételét is. Vizsgálatokhoz használhatunk fémmikroszkópot, de a kötés mikroszerkezetét vizsgálhatjuk pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM), vagy transzmissziós elektronmikroszkóppal (TEM) is.

Számos kutató szerint, a kötés alakjának kialakulását a robbantás paraméterei, főként az összecsapódás szöge határozza meg.



13. ábra: Az S235J2 / 1.4541 lemezpár közti kötés részlete balról jobbra 80x-os, 250x-es és 800x-os nagyításban. Megfigyelhető a jellemző hullámalak, maratás Nitallal [7]



14. ábra Legyező alakú kötés [8]

A szakirodalomban és a gyakorlatban is leginkább a hullámalak jellemző a kialakult plattírozott kötésre. Ezzel szemben előfordulhat legyező alakú kötés is. Gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a kötés alakja nem csak a robbantás paramétereitől és az összekapcsolandó anyagok kémiai összetételétől függenek, hanem az alap és burkoló lemezek mechanikai tulajdonságaitól, főként alakíthatóságuktól.

3.6 HEGESZTHETŐSÉG

A plattírozott lemezek hegesztését a szabványban előírt módon kell végezni. Vastag alaplemez és borító lemez esetén lehet kétoldali vagy egyoldali hegesztést alkalmazni, általában a lemezpár anyagának megfelelő hozaganyagokkal. Olyan esetben, ha a két anyag nem olvad össze párnaréteg felvitele szükséges [1]. A 15. ábrán a (alaplemez szénacél/borító lemez korrózióálló acél) lemezpárt egymáshoz a hosszanti élük mentén egy oldalról V-varrattal hegesztették. A gyökoldali és a töltővarratok szénacél hozaganyaggal, a korrózióálló acél bevonat hegesztése (316-os) porbeles hegesztőhuzallal történt. Védőgázként Corgon 18-at használtak. A kötés esztétikus, metszetén hibák, repedések zárványok nem találhatók.



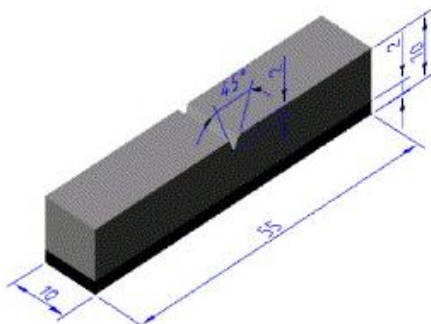
15. ábra S235J2 / 1.4541 Plattírozott lemezek összehegesztése [1,9]

A hegesztett kötés mechanikai tulajdonságait hajlító illetve szakító vizsgálattal lehet ellenőrizni.

3.7 A CHARPY ÜTVEHAJLÍTÓ VIZSGÁLAT

A Charpy-féle ütvehajlító vizsgálat állandó állapotváltozók (igénybevételi sebesség, feszültségállapot, hőmérséklet) melletti összehasonlító vizsgálat a próbadarab eltöréséhez szükséges energia alapján. A vizsgálatról az EN 10045/DIN 50115, ASTM E 23, MSZ EN 1320 szabványok rendelkeznek. Ez a vizsgálat a leggyorsabb és legegyszerűbb módja az anyagok ridegtörési hajlamának (törési érzékenységének) kimutatására a hőmérséklet függvényében. Plattírozott lemezekből kialakított próbatesteket

mutatnak a 16. és 17. ábrák. A próbatestek geometriai méretei megegyeznek a Charpy vizsgálatnál általánosan használt értékekkel, a „V” alakú bemetszés az alaplemez oldalán található.



16.ábra Charpy próbatest kialakítása plattírozott lemezből [7]

3.8 HŐFÁRADÁSI VIZSGÁLAT

Mivel a plattírozás során gyakori, hogy különböző hőtágulású és hővezetőképességű anyagokat kötünk össze, változó hőmérséklettartományban dolgozó alkatrészek hőfáradási vizsgálata szükséges. Plattírozott lemezek hőfárasztása azt jelenti, hogy a próbatestet nagyszámú hevítési és hűtési ciklusnak vetjük alá. A vizsgálat során a plattírozott darab felületét 454-538°C hőmérséklettartományra hevítik, majd vízzel hűtik 38°C-ig. Ezeket az összesen 3 perces hevítési hűtési ciklusokat (168 másodperc hevítés és 12 másodperc hűtés) folyamatosan végzik, majd szilárdság ellenőrzést végeznek.

Másik fontos vizsgálat az időszilárdság meghatározása, pl. titánnal plattírozott lemezek esetén. A próbatesteket 316°C-ra hevítik 10 000 órán keresztül, majd szobahőmérsékleten ellenőrzik a kötés szilárdságát. A kötőszilárdság a vizsgálatok során nem változhat. [8]

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A robbantásos hegesztés, meglehet nem a legjellemzőbb eljárás, mégis a létrejövő kohéziós kapcsolat miatt a hegesztett kötésekhez hasonlóan kell vizsgálni. Természetesen azokat a korlátokat, melyeket a különböző anyagok sajátosságai jelentenek (pl. különböző mágnesezhetőség, különböző rugalmassági modulus, különböző akusztikai tulajdonságok, stb.) a vizsgálati technika kiválasztásánál figyelembe kell venni. Annak ellenére, hogy az európai és a magyar szabványok a robbantásosan plattírozott kötések vizsgálatáról hasonlóan más hegesztett kötésekhez nem rendelkeznek, minősítésük szükséges. A roncsolásmentes vizsgálatok tekintetében megállapíthatjuk, hogy azok mindegyike az európai és

magyar szabvány által is ismertetett eljárással megegyező. A roncsolásos vizsgálatoknál azonban találunk speciális, kimondottan plattírozott lemezek kötőszilárdságának ellenőrzésére alkalmas módszereket, amelyek alkalmasak a minőségellenőrzésre.

A bemutatott roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok alkalmasak lehetnek a plattírozott lemezek minőségének ellenőrzésére a kötések szilárdságának vizsgálatára.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Lukács László, Rácz Pál (szerk.): Nagyenergiájú fémmegmunkálás, Egyetemi jegyzet, Budapest, 2013. 144-162. o.
- [2] Matthews, W.T., 'The Role of Impact Testing in Characterising the Toughness of Materials', Impact Testing of metals, ASTM STP 466, American Society for Testing and Materials, 1970, pp. 3-20.
- [3] Pinke P., Kovács-Coskun T.: Mérnöki anyagtudomány példatár I. OE Egyetemi jegyzet 2011. Budapest, 62-76. o.
- [4] Kovács-Coskun T., Völgyi B., Sikari-Nágl I.: Robbantásos plattírozású fémlamezek szerkezetének vizsgálati lehetőségei; A „Fűrés-robbantástechnika 2012” c. konferencia előadásai, Balatonkenese, 2012, 149-152. o.
- [5] http://www.dynamicmaterials.com/jdownloads/White%20Papers/comparitive_tensile_strength_and_shear_strength_of_de_taclad_.pdf (2013.11.05.)
- [6] <http://www.explosionbonding.com/Mechanics%20Testing.htm> (2013.11.05.)
- [7] Dr. Kovács-Coskun T., Völgyi B., Sikari-Nágl I.: Examination of aluminium/low carbon steel joints formed by explosive welding, ICMT'13, University of Defence, Brno, 2013. ISBN:978-80-7231-917-6, pp. 301-306
- [8] Pocalyko Andrew: Explosion clad plate for corrosion service, North Central Region Conference, National Association of Corrosion Engineers, Minneapolis 1964. pp. 2-6.
- [9] Sikari Nágl István: A robbantásos fémalakítás alkalmazásának lehetőségei a járműtervezésben, Szakdolgozat OE 2013.

TÖRÉSMECHANIKA

FRACTURE MECHANICS

A RIDEG TÖRÉS NÉHÁNY KÉRDÉSE A VÁSÁROSNAMÉNYI TISZA-HÍDDAL KAPCSOLATOS TAPASZTALATOKKAL ÖSSZEFÜGGÉSBEN EXPERIENCES OF THE TISZA-BRIDGE AT VÁSÁROSNAMÉNY

DOMANOVSKY SÁNDOR

Kulcsszavak:

Keywords:

ABSZTRAKT

Az 1948-49-ben épült vásárosnaményi Tisza-híd gyári kapcsolatai hegesztéssel készültek. A híd tervezett rekonstrukciója során megvizsgálták a rideg törési veszély kérdését. Az előadás áttekinti a témakör fontosabb tudnivalóit, valamint bemutatja a hídon ezzel kapcsolatosan elvégzett vizsgálatokat és azok következményeit (új híd épült).

Abstract

The welded connections of the Tisza Bridge at Vásárosnamény (H), built in 1948-49, had been examined due to the danger of the brittle fracture. The most common issues in connection with the topic will be discussed within the presentation, which will demonstrate the test results and its consequences as well (referring to a new bridge).

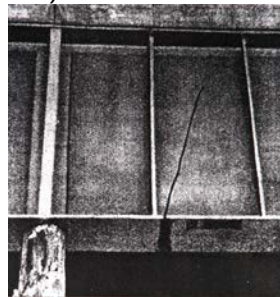
1. BEVEZETÉS

Az acélszerkezet építésben használatos szögecselt kapcsolatokról a hegesztettekre történő áttérés kezdetén (a múlt század huszas éveinek második felében) hamarosan kiderült, hogy az új eljárás jelentős, átfogó változtatásokat követel a tervezés és kivitel minden területén. Módosítani kellett a számítási eljárásokat, a konstrukciós kialakításokat, fejleszteni kellett a hegesztéstechnológiát és – nem utolsósorban – az alapanyagokat. Ezeknél és a hegesztett kötéseknel, a mechanikai tulajdonságok sorában, a szilárdság mellett, fontos szerepet kapott a képlékenység és főként a szívósság. A továbbiakban – egy a közelmúltban történt hazai eset kapcsán – röviden áttekintjük a mögöttünk lévő nyolcvan év során e területen bekövetkezett fejlődést és ismeretjük ennek a tárgyalt híd életére gyakorolt hatását.

2. RIDEG TÖRÉSI ESETEK ÉS AZOK KÖVETKEZMÉNYEI

A hegesztés bevezetésével a hídepítésben (is) a 37-es (S235) acélokkal szerzett kezdeti sikerek hamarosan továbblépésre sarkalltak. Az anyagmegtakarítás növelése céljából áttértek a nagyobb

szilárdságú 52-es (S355) acélok alkalmazására. Ez pedig magával hozta az addig ismeretlen, rendkívüli károkat okozó rideg törés jelenségét. 1936-ban a berlini Állatkert melletti 50m támaszközü vasúti felüljárón („Zoobrücke”) varratból kiinduló repedéseket észleltek, a hidat szögecseltre cserélték. A német birodalmi autópálya Rüdersdorf közelében épült 340+ 400m hosszú hídján 1938. január 2-án – 12 °C hőmérsékleten, terheletlen állapotban, nagy robajjal, egymás után – két (közel 3m magas) főtartón az alsó öv nyakvarratából kiinduló és a felső öv közeléig terjedő repedés keletkezett (1. ábra).



1 ábra. Repedés a rüdersdorfi autópálya-híd főtartóján (1938)

Két hónap múlva a belgiumi Albert csatorna feletti egyik Vierendeel-rendszerű, 75m támaszközü híd hegesztett, szekrényes keresztmetszetű alsó övei egymás után átszakadtak, majd a híd (forgalom alatt) összeomlott.

A fentiekben vázolt és más, hasonló esetek okainak kivizsgálására széleskörű kutatómunka indult. Kiderítették, hogy a törések minden esetben a korábban – feltehetően hegesztéskor – keletkezett repedésekből indultak ki. Megállapították továbbá, hogy a kb. 0,25% C tartalmú, durva szemcsés anyag a hőhatás-övezetben 600HV-re is felkeményedett, de ha normalizálták, ez az érték már nem lépte túl 400HV értéket. Húsz évet meghaladó kutatómunka eredményeként kristályosodott ki a napjainkban is elfogadott magyarázat. A rideg törés két szakaszra bontható, ezek:

- a repedés képződése (nagy valószínűséggel hegesztéskor), mely megelőzhető a hőhatás övezet túlzott (300-350HV feletti) fedeződésének elkerülésével;

Dr.-techn. Domanovszky Sándor
Széchenyi-díjas mérnök, nemzetközi hegesztőmérnök
(IWE)
domanovszkys@gmail.com

- a repedés terjedése, mely megfelelően szívós acél alkalmazása esetén nem következik be.

A szerkezeti acélok szobahőmérsékleten (általában) képlékeny állapotban vannak. Rideggé az úgynevezett állapottenyezők valamelyikének, illetőleg többük együttes hatására válnak. Ezek az állapottenyezők: a feszültség (egy-, két-, vagy háromtengelyű), a terhelésváltozás sebessége (dinamikus igénybevétel) és a hőmérséklet (súly-

lyedésével az anyag egyre ridegebbé válik). Az acél szívósságának, azaz minőségének mérőszámaként a Charpy/ISO-V próbával megállapított, a gyakorlatban műbizonylattal szavatolt átmeneti hőmérsékletét (melynél a valódi sokkal alacsonyabb is lehet!) választották. Ugyanis ez a próba modellezi a legegyszerűbben mindhárom állapottenyező hatását (három próba átlagának minimumát 27/40J-ban állapították meg).

STAHLBAU

KÖLN 1961 • STAHLBAU-VERLAGS-GMBH

EIN HANDBUCH FÜR STUDIUM UND PRAXIS

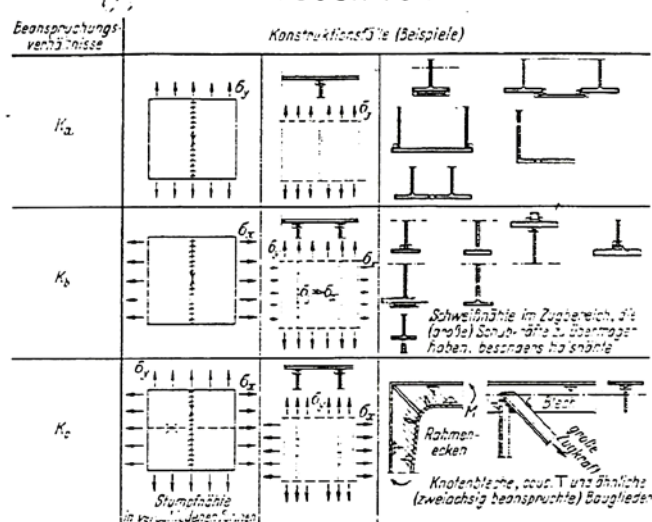


Bild 3 Typenbeispiele für die verschiedenen Konstruktionsfälle

Beanspruchungsverhältnisse:
„normal“ $K_D = 1$
„schwierig“ $K_D = 1,4$
„besonders schwierig“ $K_D = 2$

Zugbeanspruchung	Temperaturbereiche				Materialdicke bis										Stufe
	1	2	3	4											
	niedrigste Betriebstemperaturen ≥ 15° 0 bis -10° bis -30° < -50°														
K · S · (A)				2,0										I	
			2,0	1,4										II	
	2,0	1,4	1,0	0,7	1R									III	
	2,0	1,4	1,0	0,7		oder			2R				3RR	IV	
	1,4	1,0	0,7	0,5	1U			2U						V	
	0,5	0,7	1,0	0,5										VI	
Zugbeanspruchung und Kaltverformung	mäßige Kaltverformung R: t ≥ 19; δ ≤ 2,5 %				0		6	10	16	20	25	30	35 mm		
	stärkere Kaltverformung R: t ≥ 10; δ ≤ 5 %								10	20			35 mm		
Druckbeanspruchung							15	20	30	40	50	60 mm			
							1U		1R oder 2U		2R	3RR			

2. ábra. Bierett professzor anyag kiválasztási táblázata (1961)

Az átmeneti hőmérséklet birtokában egy úgynevezett korrelációs rendszer segítségével kiválaszthatjuk az adott üzemi körülményekre kellő

biztonságot nyújtó acélminőséget. A legjobban elterjedt ilyen rendszert a német Bierett professzor javasolta (2. ábra). Ezt irányelveként (DAST

Richtlinie 009) Németországban 1960-ban, majd 1973-ban (3. ábra), utoljára 2002-ben (4. ábra) adták ki (a változtatásokat mindenkor érvényes alapanyag szabványokkal történő harmonizáció tette szükségessé). A módszer a feszültség állapot (konstrukciós kialakítás), a szerkezeti elem jelentősége és az üzemi hőmérséklet figyelembe vételével kijelöli egy adott falvastagsághoz választandó anyagminőséget.

Az igen jól bevált (tapasztalati) rendszert végül az – Eurocode részét képező – EN 1993-1-10:2003 (törésmechanikai számításokon alapuló) szabvány váltotta fel (5. ábra). A *hídepítésre vonatkozóan* a németek az EN előírást 2003-ban, majd 2009-ben szigorítással alkalmazták. Kiemeendő, hogy *hazánkban a hídepítés területére* (kötelező ágazati szabványként) a Bierett-féle rendszert már 1968-ban bevezették, továbbá, hogy 2009-ben az Eurocode előírásait is jelentősen (de nem indokolatlanul!) szigorították (6. ábra).

A felsorolt előírások (melyekhez tartozó bemutatott táblázatok önmagukban csak tájékoztatásra alkalmasak) tanulmányozása révén fontos következtetések vonhatók le. Először is kitűnik, hogy – noha az alapelv fél évszázada nem változott – a (hídepítéshez) megengedett legnagyobb falvastagság 50mm-ről 100mm-re növekedett. Ennek oka az acélok minőségében bekövetkezett szignifikáns javulás (lásd a 7. ábrát). A legutóbbi időkig (2003) „R” (+20°C szavatolt átmeneti hőmérséklet) minőséget nem, vagy csak maximum 20mm vastagságig engedtek beépíteni. Ebből világosan következik, hogy a vásárosnaményi hídhöz alkalmazott 70mm falvastagság messze felette van minden idők előírásaiban megengedettnek!

3. AZ ALAPANYAGOK MINŐSÉGÉNEK FEJLŐDÉSE

A fentiekből kitűnik, hogy a rideg törés elkerüléséhez edződésre nem hajlamos, szívós acél szükséges. A megoldás az *alacsony C/CE és szennyező elem (S, P, N, H) tartalmú, finomszemcsés anyagban rejlik*. Ennek előállítása óriási kihívás a kohászat számára. A napjainkra elért eredmények félévszázados munka gyümölcsét jelentik.

Ezt a – szinte hihetetlen – fejlődést a 7. ábra szemlélteti a legjobban: *egy 52-es acél átmeneti hőmérséklete 1936-ban +80°C volt, 1989-ben már -40°C, a termomechanikusan hengerelt (TM) változat pedig néhány évvel később teljesítette a -80°C-t* (Karlsruhe Egyetem).

A szerkezeti acélok gyártásának fejlődését a 8, a szennyezők csökkenését a 9-10., a hengerlési módszerek változását a 11, a normalizált (N) és a

termomechanikusan hengerelt (TM) acélok szemcseméretei közötti különbséget a 12., a termomechanikusan hengerelt felületre merőleges kontrakcióját (átlag 70%!) a 13. ábra szemlélteti (Dillinger Hütte/DH). A Voest Alpine (VA) Acélműve termékeinek az ezredfordulóra – különösen a termomechanikus hengerlési eljárással gyártott változatnál – elért kitűnő tulajdonságait a 14-15. ábrákon lehet tanulmányozni..

April 1973

DEUTSCHER
AUSSCHUSS FÜR
STAHLBAU

Empfehlungen zur Wahl der Stahlgüte-
gruppen für geschweißte Stahlbauten

DASt-
Richtlinie
009

Spannungszustand: niedrig

Ferner: Aussteifungen, Schotte, Verbände und spannungsarmgeglühte Bauteile des Spannungszustandes „mittel“

Spannungszustand: mittel

Ferner: Knotenbleche an Zuggurten und spannungsarmgeglühte Bauteile des Spannungszustandes „hoch“.

Spannungszustand: hoch

Ferner: Bauteile im Bereich von scharfen Querschnittübergängen, Spannungsspitzen, konzentrierten Kräfteinleitungen und räumlichen Zugspannungszuständen.

Tafel 1 Bestimmung der Klassifizierungsstufen

Spannungszustand (s. Ziff. 3.2)	Bedeutung des Bauteils (s. Ziff. 3.3)	Beanspruchung bei Gebrauchslast			
		Druck		Zug	
		Temperatur (s. Ziff. 3.4)			
		bis -10°	von -10° bis -30°	bis -10°	von -10° bis -30°
hoch	1. Ordnung	IV	III	II	I
	2. Ordnung	V	IV	III	II
mittel	1. Ordnung	V	IV	III	II
	2. Ordnung	V	V	IV	III
niedrig	1. Ordnung	V	V	IV	III
	2. Ordnung	V	V	V	IV

Tafel 2 Bestimmung der Stahlgütegruppe (s. Ziff. 4)

Klassifizierungs- stufen (s. Tafel 1)	Zulässige Materialdicke t in mm bis einschließlich			
	10°	20°	30°	40°
I	3 RA			
II	1 R/2 U			
III	2 R			
IV	1 U			
V	1 R			

*) Nur wenn die Gefahr besteht, daß Seigerungszone angeschlossen werden, ist die Güte 1 R der Güte 2 U vorzuziehen.

3. ábra. A DASt Richtlinie 009 anyag kiválasztási táblázata (1973)

Tabelle A: Wahl der Stahlgütegruppen für Stähle nach DIN EN 10025

Klassifizierungs- stufe nach DAST Ri 009 Ausgabe 04/1973	Grenzwanddicken t_{max} in mm für geschweißte Bauteile aus unlegierten Baustählen S235..., S275... und S355... nach DIN EN 10025						
	10	20	30	40	50	60	70
I							
II							
III	...JR, ...JRG1		...JRG2		...J0		...J2
IV							
V							

Tabelle B: Wahl der Stahlgütegruppen für Stähle nach DIN EN 10113

Klassifizierungs- stufe nach DAST Ri 009 Ausgabe 04/1973	Grenzwanddicken t_{max} in mm für geschweißte Bauteile aus Feinkornbaustählen			
	60	70	80	90
I				
II				
III	S460M/N	S355M/N S275M/N	S460ML/NL	S355ML/NL S275ML/NL ³⁾
IV				
V				

³⁾ Diese Grenzwanddicken gelten nur für Flacherzeugnisse aus S355ML/NL bzw. S275ML/NL. Für Langerzeugnisse aus diesen Stahlsorten gelten die Grenzwanddicken für S460ML/NL.

4. ábra. A DAST Richtlinie 009 anyagkiválasztási táblázata (2002)

Tabelle 2. Maximal zulässige Erzeugnisdicken t_z [mm]

Stahlsorte			Kerb- schlag- arbeit		Referenztemperatur T _{Ed} [°C]																						
			10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50				
Stahl- sorte	Güte- gruppe	bei T [°C]	KV [J _{min}]	σ _{Ed} = 0,75 · f _y (t)								σ _{Ed} = 0,50 · f _y (t)								σ _{Ed} = 0,25 · f _y (t)							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	180	155	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45			
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
S460	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	210	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45			
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50			
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60			
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75			
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85			
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100			

Anmerkung: Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Extrapolationen in Bereiche außerhalb der angegebenen Grenzen sind nicht zulässig.

Für Bauteile, die ausschließlich Druckspannungen ausgesetzt sind, ist das Spannungsniveau $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ anzuwenden.

Die in Spalte 4 angegebenen Kerbschlagarbeitswerte KV beziehen sich auf Längsproben mit V-Kerbe. Werden die in den Technischen Lieferbedingungen (Prod.ktnormen) spezifizierten Werte an V-gekerbten Querproben erfüllt, ist dies als gleichwertig anzusehen.

5. ábra. A DAST Richtlinie anyag-kiválasztási táblázata (2005), mely egyezik az Eurocode EN 1993-1-10:2003-al

1. táblázat (MSZ EN 1993-1-10 alapján)

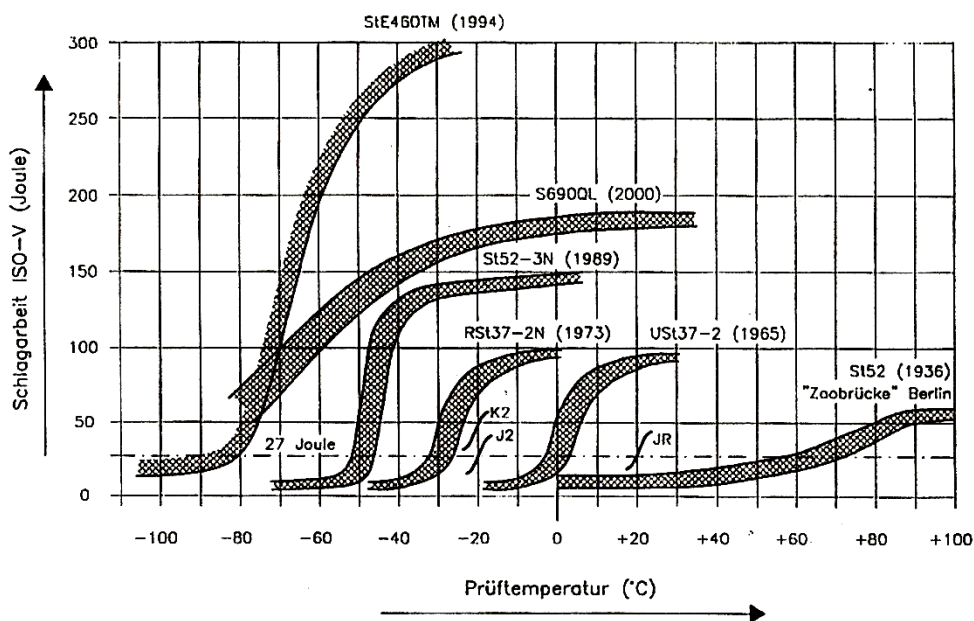
Maximálisan alkalmazható lemezvastagságok t [mm]

Acél szil. csoport	minőségi fokozat	Charpy ütőmunka CVN T [°C]	J_{min}	Referencia hőmérséklet T_{Ed} [°C]								
				-30			-40			-50		
				$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$			$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$			$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$		
S235	JR	20	27	30	25	20	45	40	35	75	65	60
	J0	0	27	40	35	30	65	55	45	100	85	75
	J2	-20	27	60	50	40	90	75	65	135	115	100
S275	JR	20	27	25	20	15	40	35	30	70	60	55
	J0	0	27	35	30	25	55	50	40	95	80	70
	J2	-20	27	55	45	35	80	70	55	125	110	95
	M,N	-20	40	65	55	45	95	80	70	145	125	110
	ML,NL	-50	27	95	75	65	130	115	95	190	165	145
S355	JR	20	27	15	15	10	30	25	25	60	55	45
	J0	0	27	25	20	15	45	40	30	80	70	60
	J2	-20	27	40	35	25	65	55	45	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	50	40	35	80	65	55	130	110	95
	ML,NL	-50	27	75	60	50	110	95	80	175	150	130
S420	M,N	-20	40	45	35	30	70	60	50	120	100	85
	ML,NL	-50	27	65	55	45	100	85	70	160	140	120
S460	Q	-20	30	30	25	20	55	45	35	95	80	70
	M,N	-20	40	40	30	25	65	55	45	115	95	80
	QL	-40	30	60	40	30	75	65	55	130	115	95
	ML,NL	-50	27	60	50	40	95	75	65	155	130	115
	QL1	-60	30	70	60	50	110	95	75	175	155	130

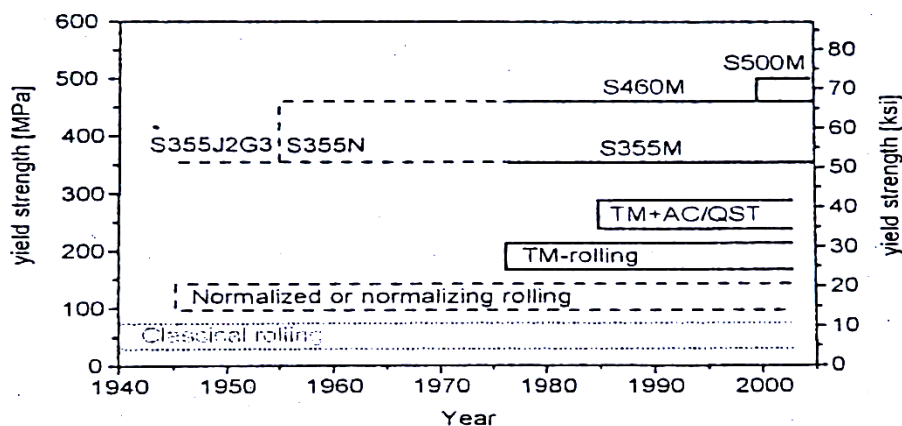
60 Nem járatos határértékek, csak jelen előírás egyéb feltételeinek betartásával alkalmazhatóak

60 Hídépítésben alkalmazható vastagsági határértékek

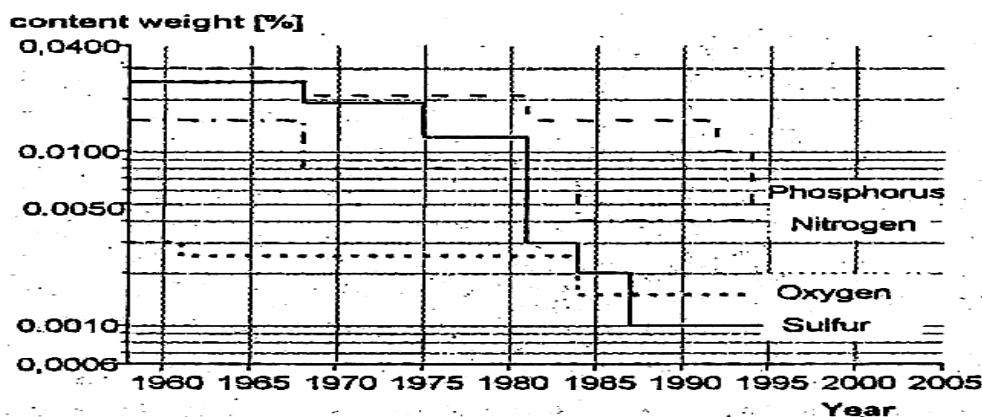
6. ábra. A magyar Közúti Hídszabályzat (ÚT 2-3.413:2009) anyagkiválasztási táblázata (2009)



7. ábra A szerkezeti acélok átmeneti hőmérsékleteinek változása 1936-2000 között (DH)



8. ábra. Az acélgártás fejlődése 1940-2005 között (DH)



9. ábra. Az acél szennyezőinek (P, N, O, S) csökkentése 1960-2005 között (DH)

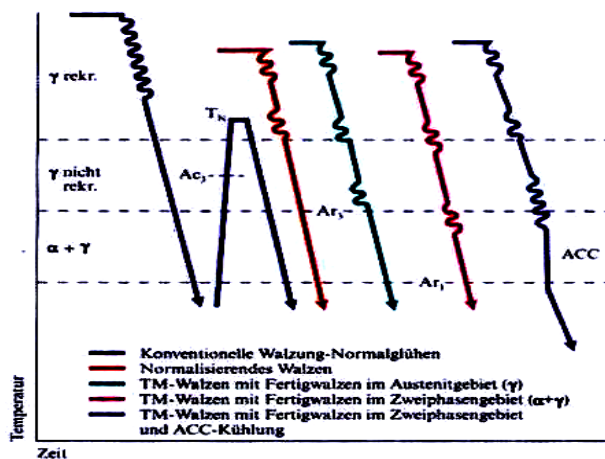
ALFORM

Massenanteile in %

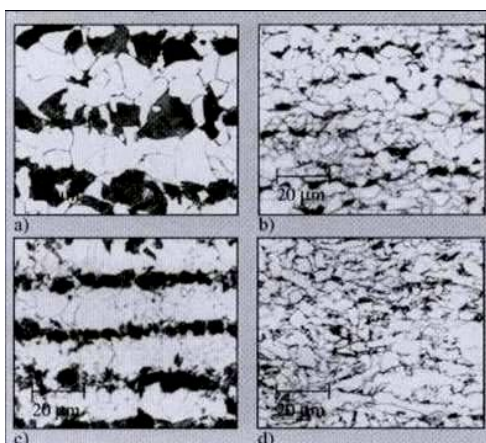
Stahlsorten		C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ni	Mo	Cu	Ti	CEV	CET
ALFORM 355M	TM	0,09	0,20	1,40	0,015	0,005	0,030	0,020	-	-	-	-	-	0,34	0,24
ALFORM 380M	TM	0,09	0,20	1,40	0,015	0,005	0,030	0,020	-	-	-	-	-	0,34	0,24
ALFORM 420M	TM	0,09	0,35	1,40	0,015	0,005	0,030	0,020	-	-	-	-	-	0,34	0,24
ALFORM 460M	TM	0,09	0,35	1,50	0,015	0,005	0,030	0,030	-	-	-	-	-	0,36	0,25
ALFORM 500M	TMBA	0,09	0,35	1,55	0,015	0,005	0,030	0,035	-	-	-	-	-	0,37	0,26
ALFORM 550M	TMBA	0,09	0,35	1,65	0,015	0,005	0,030	0,040	0,05	-	-	-	-	0,39	0,27

10. ábra. A Voest-Alpine növelt folyáshatárú acéljainak rendkívül kedvező kémiai összetétele

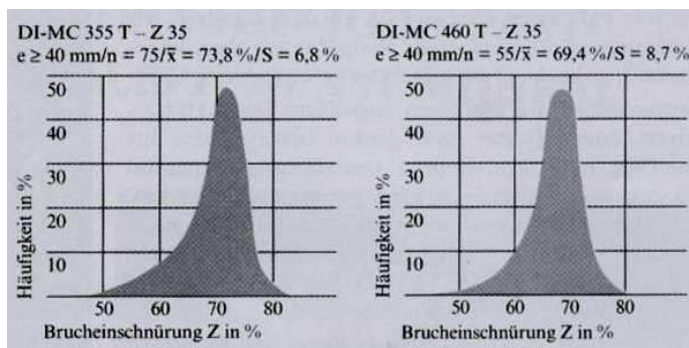
A bemutatott ábrák egyértelműen rávilágítanak arra is, hogy adott esetben (nagyobb falvastagság, alacsony üzemi hőmérséklet) a *TM acélok* – rendkívül kedvező vegyi összetételük és finom szövet-szerkezetük alapján – *jelentős gazdasági előnyökkel* járnak. Ezeket növeli, hogy felületükön csak elhanyagolható, úgynevezett fátyolreva képződik, az tökéletesen sima, így az előrevétlenítés költséges, időt rabló műveletére nincs szükség.



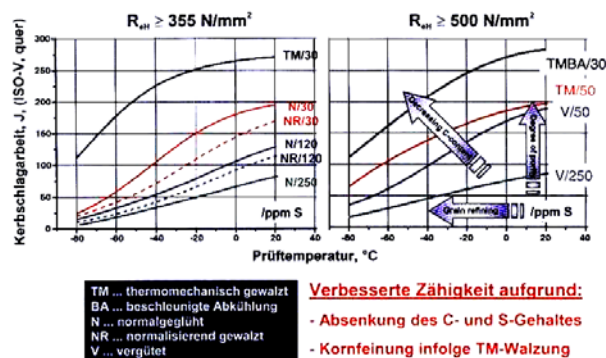
11. ábra. A különböző hengerlési eljárások összehasonlító diagramjai (DH)



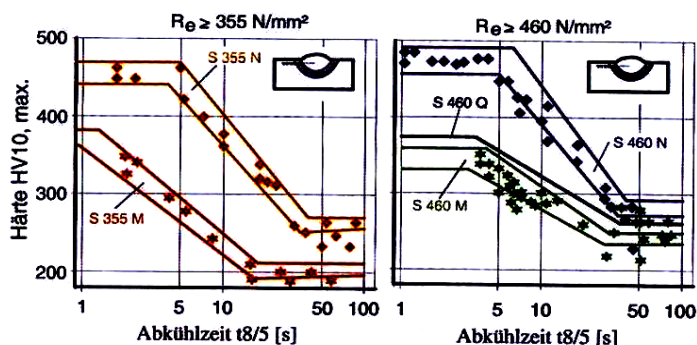
12. ábra. A normalizált N (a, c) és a termomechanikusan hengerelt TM (b, d) S355 és S460 acélok szövetszerkezete közötti különbség (DH)



13. ábra. A hagyományos acélok 5 %-os Z-irányú kontrakciójával szemben a TM acéloké 50-80 % között mozog (DH)



14. ábra. A különböző S tartalmú N és a TM acélok átmeneti hőmérsékleti diagramjai



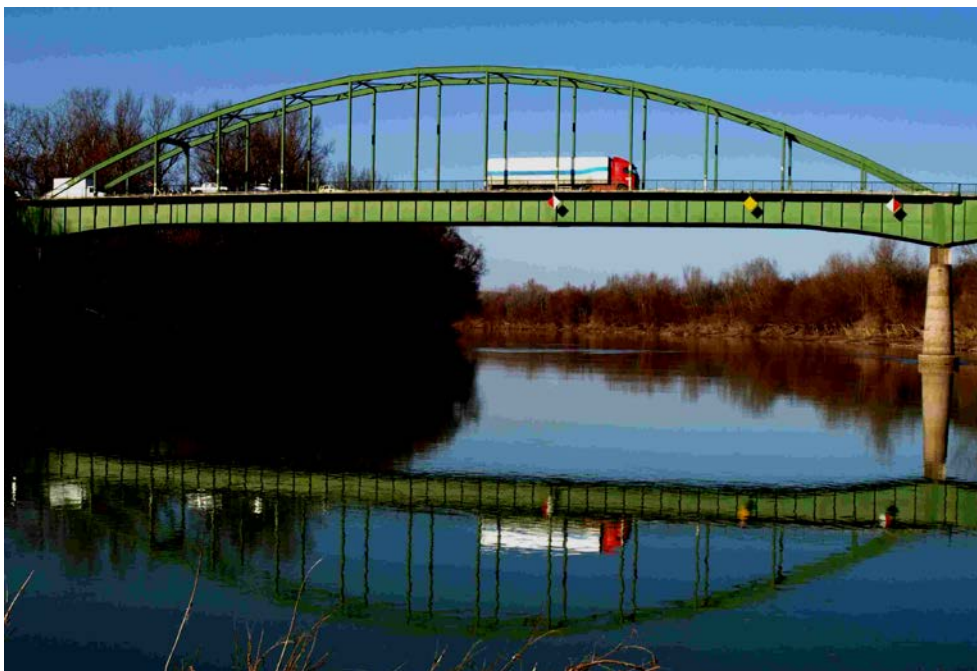
15. ábra. Az N és TM acélok edződési hajlama közötti különbség (az utóbbié kb. nyolcszor kedvezőbb)

4. A RIDEG TÖRÉS ÉS A RÉGI VÁSÁROSNAMENYI TISZA-HÍD KAPCSOLATA

Az 1949-ben elkészült, 210m hosszú, folyatóságos gerenda híd 101m támaszközü, Langer tartós, modernizálásának (16. ábra), merevítőtartójánál (helyenként) 70mm vastag övlemezeket alkalmaztak, hegesztett gyári illesztésekkel. Ez akkor a világon egyedülálló „merészségnek” számított!! Az előzőekben röviden foglalkoztunk a múlt század harmincas éveiben bekövetkezett ridegtörési esetekkel, az ezek okainak felderítésére szolgáló kutatásokkal, melyek eredményeként kikristályosodott, hogy a jelenség elkerülése megfelelő vegyi összetételű és szívósacélok és az azokkal egyenértékű kötések biztosító hegesztéstechnológia révén lehetséges. Az 1933-ban kiadott első, egyetlen oldalból álló MOSz 112 alapanyag szabvány a kémiai összetételre semminemű előírást nem tartalmazott (természetesen normalizálva sem volt) és a tárgyalt híd anyagát 1946-ban e szerint gyártották! Ismertettük az elmúlt időszakban a szerkezeti acélok gyártásában végrehajtott fejlesztésekkel (üstmetallurgia, különleges hengerlési eljárások) elért bámulatra méltó eredményeket. Hangsúlyoztuk, hogy a ridegtöréssel szembeni biztonság záloga a finomszemcsés, homogén szövetszerkezetű, edződésre nem hajlamos, szívós alapanyag és hegesztett kötés.

Említettük azt is, hogy a szerkezeti acélok szívósságának mérőszámául, egyben minőségi fokozatának megállapítására a Charpy/ISOV próbával

megállapított, a gyakorlatban műbizonylattal szavatolt átmeneti hőmérséklete szolgál (mely általában a tényleges felett van!)



16. ábra. A régi vásárosnaményi közúti Tisza-híd modernizálásának látképe 2009-ben

A 2. fejezetben tömören bemutatottuk az elmúlt fél évszázadban alkalmazott korreláció (a rideg törést befolyásoló tényezőket figyelembe vevő) anyagkiválasztási módszereket, melyek javaslatot tesznek az - adott feszültség-állapot, üzemi hőmérséklet és falvastagság esetén - alkalmazandó anyag minőségére (lásd a 2-6. ábrákat). Hangsúlyoztuk, hogy a kezdeti időszakban 50mm-ben korlátozták az alkalmazható falvastagságot (de csak különlegesen csillapított, normalizált acélokra). Az acélgégyártás fejlődésével ezt később 70, majd, a finomszemcsés anyagok belépésével, 100 mm-re növelték. Szükséges hangsúlyozni, hogy a vastagság növekedése több szempontból is kedvezőtlen hatású: erőteljesen csökken a hengerléskor végrehajtott mechanikai kezelés, emiatt durvaszemcsés és - különösen normalizálatlan állapotban - soros szövétű, inhomogén marad az anyag, ami csökkenti a szívósságot, de növeli az edződési hajlamot és a kötés környezetében fokozza a térbeli feszültségállapotot, azaz a repedés és a ridegtörés veszélyét.

A fentiek rávilágítanak arra, hogy a vásárosnaményi híd építésekor még nem léteztek előírások sem az alapanyag (ütőmunka vizsgálattal megállapított) minőségére, sem pedig az alkalmazható legnagyobb falvastagságra (a minőség alapján). Ennek (és a külföldi gyakorlat, a vonatkozó -

házánkban is ismert - irodalom) alapján nem lett volna szabad 70mm-es lemezeket hegesztett szerkezetbe beépíteni. Megemlítendő azonban, hogy az akkori, kiváló szakemberek igen alapos vizsgálatokat végeztek, de módszereik - a későbbiekben meghatározott és fél évszázad gyakorlati tapasztalataival igazolt elvek szerint - nem voltak alkalmasak. Arra azonban már nehezebb mentséget találni, hogy napjainkban - megfelelő ismeretek és kötelező hazai (!) előírások birtokában - milyen alapon gondolhatták a nagyszámú illetékesek, hogy a vásárosnaményi hidat egy (az előbbiekben leírt övlemezhez hegesztett) ortotróp pályaszerkezettel történő cserével még évtizedeken át üzemeltethetik! Szerencsére ez nem történt meg, mert a hatóság szakértői vizsgálatot rendelt el. Ennek elvégzésére Szerző kapott megbízást. A vizsgálat sok érdekes és hasznos tanulsággal szolgált, melyek lényegét tömören ismertetjük.

Az elsőrendű feladat a szóban forgó vastag övlemez és tompakötése minőségének megállapítása volt. Ehhez abból egy a varratot is tartalmazó 80x800mm méretű darabot vágtak ki, melyet rögtön egy másik (az adott esetkor éppen rendelkezésre álló, 70mm vastag, S355NL minőségű) anyag behegesztésével pótolnak (17-18. ábrák).



17. ábra. A főtartó felső övlemezének 45°-os gyári hegesztett illesztése (a próbavétel céljából kivágandó rész bejelölésével)

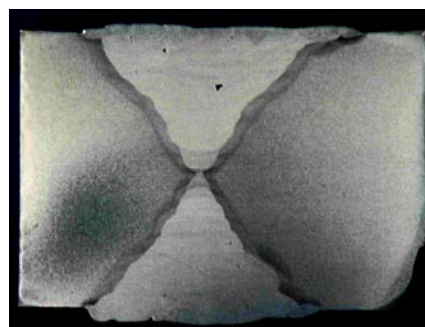


18. ábra A kivágott rész helyére beillesztett 70mm vastag pótlemez (a tompavarrat hegesztésének kezdetekor)

A kivágott próbadarab varratot tartalmazó felét az AGMI Zrt., a másikat a KÖZGÉP Zrt. telephelyére szállították, ahol abból (utólagosan, a WPQR számára) eljárásvizsgálatot hegesztettek. Az AGMI – gondosan kidolgozott terv alapján, a lehető legtöbb próbatest kivételével – ültömunka-, keménység- továbbá szövetszerkezeti (100-1000x-es nagyítással) vizsgálatokat végzett és vegyelemzést készített. Ezek eredményeiről 35 oldal terjedelmű Vizsgálati jegyzőkönyvet készített, aminek lényegét (erősen tömörítve) az alábbiakban ismertetjük:

- az eredeti varrat (19. ábra) és hőhatás övezetének átmeneti hőmérséklete + 20°C (20. ábra);

- az alapanyag szövetszerkezete rendkívül durvaszemcsés és egyben erősen salakos;
- a varrat makro-képén is látható zárványokat repedések kötik össze;
- a hőhatás övezet az alapanyagéhoz képest finomabb, a varratéhoz képest durvább szövetű;
- a WPQR makro-képén (21. ábra) baloldalt a 70mm vastag S355NL anyag, jobboldalt a60mm vastag, A 36.24. 12 minőségű, eredeti anyag látható (a kötés egy oldalról, kerámia fűrdőmeztámasztással, 6-7mm gyökhézaggal, 2x12°-os varratél előkészítéssel, MAG eljárással, porbeles huzalelektrodával (136 jelű eljárás), 40 sorral készült).



19. ábra. Az eredeti tompavarrat makro-csiszolata



21. ábra. Az eljárásvizsgálathoz készült próbadarab makro-csiszolata

Vizsgált hely	KV _{+20°C} J			KV _{0°C} J		
	min.	max.	átlag	min.	max.	átlag
Varrat	24	40	31	10	31	22
Hőhatásövezet	-	-	-	14	130	50

20. ábra. Az eredeti varratból és hőhatás-övezetéből kimunkált próbatestek min., max. és átlagos ültömunka értékei

Anyagcsoport	C	Si	Mn	S	P	Cu	Cr	Ni	Nb	V	Ti	Mo	Al	CEV
A 36.24.12	0,15	0,13	0,54	0,028	0,036	0,25	0,05	0,04	-	-	-	0,01	-	0,27
S355NL	0,16	0,36	1,55	0,001	0,011	0,33	0,03	0,05	0,02	-	0,02	0,01	0,034	0,43

22. ábra. Az alapanyagok kémiai összetétele (nincs szignifikáns különbség, a régi anyag gyenge szívósságának oka főként a durvaszemcsés szövetszerkezetben és a salakosságban keresendő!)

Alapanyagok	KV _{+20 °C} J			KV _{-50 °C} J		
	min.	max.	átlag	min.	max.	átlag
A.36.24.12	35	65	42	-	-	-
S355NL	-	-	-	117	209	163

23. ábra. Az alapanyagok min., max. és átlagos ütmunka értékei

Hegesztett kötés	KV _{+20 °C} J			KV _{-50 °C} J		
	min.	max.	átlag	min.	max.	átlag
Hőhatásövezet az S355NL anyag oldalán	-	-	-	69	>290	186
Varrat	-	-	-	41	120	81
Hőhatásövezet az A 36.24.12 anyag oldalán	39	58	44	-	-	-

24. ábra. A hegesztett kötés min., max. és átlagos ütmunka értékei

- a 22. ábra a két alapanyag kémiai összetételét mutatja;
- a 23. ábra a két alapanyag ütmunka értékeit hasonlítja össze (az eredeti átlaga +20°-on 42J, a másiké -50°-on 163J!);
- a 24. ábra a kötés ütmunka vizsgálati eredményeit szemlélteti (a két – egymáshoz közel fekvő – hőhatás övezet szívóssága közötti különbség szinte hihetetlen !!!).

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A fentiekből (de főként a Vizsgálati Jegyzőkönyv teljes anyagának tanulmányozásából) az alábbi következtetések vonhatók le:

- az eredeti alapanyag kémiai összetételét tekintve (az akkori – nem létező – szabványelőírásokhoz képest) kedvező, félig csillapított, alacsony C és CEV értékű, tehát edződésre nem hajlamos, azonban nagy vastagsága és normalizálatlansága miatt szövetszerkezete rendkívül durvaszemcsés, erősen salakos, következtésképpen szívóssága igen gyenge, átmeneti hőmérséklete +20°C körüli;
- ugyanazzal a hegesztés technológiával készült varrat hőhatásövezetének szívóssága mintegy négy nagyságrenddel kisebb

(+20° C-on átlag 50J, szemben az S355NL -50° C-on mért 120J értékével);

- az elvégzett vizsgálatok mindenben igazolták az alapanyag hegesztett szerkezetekben betöltött szerepének meghatározó jelentőségére, továbbá minőségének az utóbbi évtizedekben bekövetkezett endkívüli javulására vonatkozóan a fentiekben tett megállapításainkat.

Szakértői végkövetkeztetésem: mivel a hídhoz jelentős mennyiségben (80% tömegarány) alkalmaztak a korabeli és a legújabb anyag-kiválasztási előírásokban meghatározott maximumot (kb. 20mm) messze túllépő (45-70mm falvastagságú) anyagokat, a tervezett rekonstrukció nem hajtható végre! Ezt a véleményt később egy külföldi és három hazai szakintézményben lefolytatott korszerű, alapos vizsgálatok, állásfoglalások is alátámasztották. Következésképpen a tervezett rekonstrukciót lefűjták, 2012 végére új híd épült (25. ábra) és a régit 2013 nyarára lebontották! (Időközben a hídon javíthatatlan korróziós károkat tártak fel, kiderült, hogy a közel 130 éves pillérek állapota kritikus, a csupán 6m széles útpálya messze nem alkalmas az Ukrajna felé irányuló kamion és egyéb, jelentősen megnövekedett forgalom átvezetésére.)



25. ábra. Az új vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc közúti Tisza-híd látképe (2013)

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Úgy gondolom, hogy a fentiekben bemutatott – hazai viszonylatban jelentős és példa nélküli, a közel múltban történt eset igen tanulságos és kellően alátámasztja a tárgyalt témakör aktualitását.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MOSz 112 – 1933: Hengerelt folytacél. Alakvas, rúdvas, szélesvas. Szerkezeti acélok (922/1934. K. M. számú rendelettel közszállítókban kötelezővé téve, pp.1)
- [2] Dr. Bardócz Árpád: Ötvözött szerkezeti acélok hegeszthetőségéről (Rimagil Közlemények, Salgótarján, 1941. Május, pp. 47-63)
- [3] Prof. Dr.-Ing. K. Klöppel: Schweißtechnik im Stahlbau (Stahlbau-Handbuch 1948 VII., Bremen-Horn, pp. 269-335)
- [4] Széchy Károly: Hegesztett hídszerkezetek alkalmazása közúti hídjaink újjáépítése során (MTA ülésen elhangzott előadás kiadványa, Budapest, 1952., pp: 203-229 + Hozzászólások pp. 1-4)
- [5] Prof. Dr.-Ing. G. Bierett. Werkstofffrage und Werkstoffwahl bei geschweissten Konstruktionen (Stahlbau Handbuch, Köln, 1961., pp. 94-109)
- [6] Közúti Hídszabályzat Bizottság: Közúti Hídszabályzat II. Rész. Az acélminőség kiválasztása (KPM Közúti Főosztály, Budapest, 1967., pp. 12-19)
- [7] DAST-Richtlinie 009: Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten (DAST, Köln, 1973., pp. 1-3)
- [8] R. Hubo, F.E. Hanus: Thermomechanisch gewälzte Grobbleche für den Stahlbau (Stahlbau Berlin-März 1994., pp. 84-89)
- [9] Prof. Dr. Thomas Varga: Safety of welded modern high strength steel construction, in particular welded Bridges (GTE IIW Éves Közgyűlés előadásgyűjteménye, Budapest, 1996., pp. 9-30)
- [10] F. Wallner, R. Schiböck, R. Rauch: Verbesserte und neue TM Stähle für geschweißte Konstruktionen (VOEST-ALPINE STAHL AG, 1998., pp. 1-26)
- [11] M. Hever, F. Schröter: Modern steel – high performance material for high performance bridges (5th International Symposium on steel bridges Barcelona, 2003., pp. 80-91)
- [12] H. Saal, M. Volz, S. Holzer: Dicke Bauteile - Spröde Brüche – Stahlgütewahl (Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, 2004., pp. 1-13)
- [13] Dr. Domanovszky S.: A vas/acél anyagok fejlődésének története a hídépítés tükrében (KMSZ 2004. 11. szám pp. 13-22)
- [14] F. Voormann, M Pfeifer, M. Trautz: Die ersten geschweißten Stahlbrücken in Deutschland (Stahlbau 2006/4, Berlin, pp. 287-297)
- [15] AGMI ZRt.: Vizsgálati Jegyzőkönyv, a Vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd mintadarabjainak roncsolásos vizsgálata (2009. május, pp. 1-35)
- [16] Hajós Bence: Miért épül Vásárosnaményban új Tisza-híd? (MAGÉSZ ACÉLSZERKEZETEK 2012/2 szám, pp. 32-37)
- [17] Dr. Domanovszky S.: A hegesztéstechnológia bevezetésének kezdetei és fejlődése a hazai acélszerkezet építésben I. Rész (MAGÉSZ ACÉLSZERKEZETEK 2013/2 szám, pp. 10-24)
- [18] Dr. Domanovszky S.: A hegesztéstechnológia bevezetésének kezdetei és fejlődése a hazai acélszerkezet építésben IV. Rész (MAGÉSZ ACÉLSZERKEZETEK 2014/1 szám, pp. 22-44)

MŰSZERES ANALITIKA

ANALYSIS WITH INSTRUMENT

ÉTELMARADÉKOK KIGÁZOSÍTÁSÁHOZ KIEGÉSZÍTŐ ALAPANYAG VÁLASZTÁSA TERMOANALITIKAI VIZSGÁLATOK ALAPJÁN

CHOOSING BASE MATERIAL FOR CANTEEN WASTE GASIFICATION BASED ON THERMOANALYTICAL EXPERIMENTS

NAGY GÁBOR^{1*}, KOÓS TAMÁS¹, WOPERÁNÉ SERÉDI ÁGNES¹, SZEMMELVEISZ TAMÁS¹

Kulcsszavak: termoanalitikai vizsgálatok, szintézisgáz előállítás, élelmiszer hulladék

Keywords: thermoanalytical experiments, syngas production, food waste

ÖSSZEFOGLALÁS

A Miskolci Egyetem Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszékén évek óta folynak szintézisgáz előállítással kapcsolatos kutatások különböző anyagok felhasználásával. A cikkben ételmaradékok kigázosításához keresünk olyan kiegészítő alapanyagot, amellyel gazdaságosan megvalósítható a folyamatos üzem. Ehhez a termoanalitikai vizsgálataink eredményeit vesszük alapul.

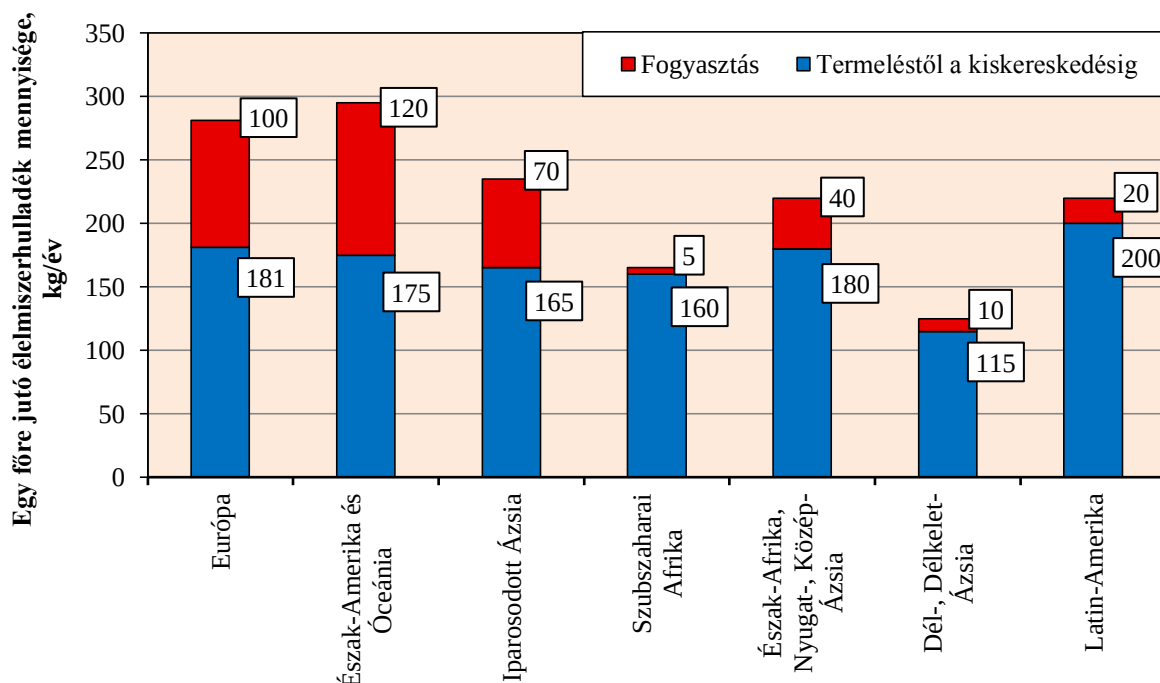
ABSTRACT

Experiments on producing synthesis gas from various materials have been carried out in the Department of Combustion Technology and Thermal Energy of the University of Miskolc for several

years. This article contains data on how different supplementary base materials behave during their gasification with food waste. The results of our thermoanalytical experiments served as a base to choose the most appropriate material to create the most economical technology.

BEVEZETÉS

Az élelmiszerhulladékok körébe az élelmiszerek előállítása és feldolgozása során keletkező, emberi fogyasztásra vagy további feldolgozásra alkalmatlan hulladékok, illetve a lejárt szavatosságú, romlott élelmiszerek tartoznak. A keletkező élelmiszerhulladékok eloszlása az 1. ábrán látható [1].



1. ábra. Éves szinten az egy főre jutó élelmiszerhulladék mennyisége különböző régiókban [1]

Figure 1. Annual amount of canteen waste per capita in different regions

Az 1. ábrán szereplő oszlopdiagram alapján a

1 Miskolci Egyetem, Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros
*nagy.gabii86@gmail.com

világ fejlettebb régióiban a keletkező élelmiszerhulladékok 30-45%-a a fogyasztás során, míg a fennmaradó rész az előállítás, szállítás és értékesítés közben keletkezik.

Magyarországon közel 2 millió tonna/év mennyiségben keletkeznek ezek a hulladékok, mely-

nek 11%-a a vendéglátóiparral hozható kapcsolatba [2].

Világviszonylatban az élelmiszer hulladékokat részben kommunális hulladékként kezelik, részben hasznosítják (pl. állateledel előállítására), a maradék részt pedig ártalmatlanítják. A hasznosításnak és ártalmatlanításnak egyik lehetséges módszere az energetikai hasznosítás, ide sorolható a szintézisgáz előállítása is, amelyet termokémiai eljárások során, például kigázosítással vagy elgázosítással valósítanak meg.

A szintézisgáz előállítási kísérleteinkhez alapanyagként az étkezdei hulladékokat választottuk, amelyek főként az ételmaradékokból, kisebb részben pedig az ételek előkészítése során keletkező hulladékokból tevődnek össze.

ELŐZETES VIZSGÁLATOK

Reprezentatív mintavételt követően a nedvességtartalom meghatározásához Mettler Toledo HB43-S típusú nedvesség-meghatározó készülék

ket használtunk, melyben 105°C-on történt a szárítás tömegállandóságig.

A kiszáritott mintákat dörzstálban porítottuk, majd ezt követően a száraz minták elemi összetételének meghatározását Carlo Erba EA 1108 elemanalizátorral végeztük. A beadagolt minta pillanatszerű tökéletes elégetése után képződő füstgázt elemzi a készülék, majd az egyes füstgázalkotók mennyiségéből lehet következtetni a beadagolt minta elemi összetételére.

A hamutartalom meghatározásához a porított mintákat izzítókemencében 820°C-ra hevítettük, majd ezt hőntartás követte 3 órán keresztül. A kiégetett minták tömegcsökkenése exsikkátorban történő hűtés után számítható.

Vizsgáltunk 20 készített (köretek, főtt és sült húsok, főzelékek, stb.) és 15 olyan növényi eredetű hulladékot (zöldségek és gyümölcsök fel nem használható részei), amelyek az ételek elkészítése során keletkeznek. Az elvégzett vizsgálatok átlagos eredményei tekinthetők meg az 1. táblázatban.

Table 1. Average properties of the samples examined

1. táblázat. A vizsgált minták átlagos tulajdonságai

Alapanyag	Kiszáritott minták elemi összetétele, w%					Hamutartalom (száraz mintára vonatkoztatva), w%	Nedvességtartalom, w%
	Nitrogén	Karbon	Hidrogén	Kén	Oxigén		
Ételmaradékok	5,07	45,84	7,89	2,17	35,90	3,13	59,6
Növényi eredetű hulladékok	2,14	42,26	5,66	0,34	43,17	6,43	74,5

Az 1. táblázat alapján ezek az anyagok alkalmasak a szintézisgáz előállítására, ugyanis a karbon- és a hidrogéntartalom megfelelő, a kén-tartalom pedig nagyon alacsony, viszont a nagy nedvességtartalom miatt és azért, mert ezek a hulladékok nem keletkeznek olyan nagy mennyiségben, hogy önállóan gazdaságos legyen a hasznosításuk, valamilyen kis nedvességtartalmú anyaggal történő keverése vezethet eredményre. Ahhoz hogy meghatározzuk a lehetséges kiegészítő alapanyagok körét, az ételmaradékok mellett további kigázosítható energiahordozók termoanalitikai vizsgálatát is elvégeztük.

DERIVATOGRÁFOS VIZSGÁLATOK

A termikus elemzési módszerek a vegyületekben, illetve a több komponensű rendszerek esetén a vegyületek között végbemenő kémiai reakciók és fizikai átalakulások felderítésére, egyes esetekben az anyagok mechanikai vizsgálatára szolgálnak emelt hőmérsékleten, vagy a hőmérséklet folyamatos növelése mellett.

A derivatográfus vizsgálat az összetett termikus elemzési módszerek közé tartozik. Az Erdey-Paulik féle *Derivatograph-Q* készülékkel (2. ábra) végzett mérés lehetővé teszi a termogravimetriás (TG) és differenciál-termoanalízis (DTA) vizsgálatok szimultán elvégzését. A mérés alatt rögzített görbék-ből (derivatogram) nyomon követhetjük a hőmérséklet növelése hatására lezajló (dehidratációs, illó kiválási, égési, stb.) folyamatokat.



2. ábra. Erdey-Paulik féle Derivatograph-Q készülék

Figure 2. Erdey-Paulik Derivatograph-Q device

A termikus folyamatok, akár kémiai reakcióról, akár állapot-, vagy halmazállapot változsról legyen szó, mindig a rendszer belső hőtartalmának megváltozásával járnak. Ezeket a hőhatásokat a differenciál termikus elemzéssel nagy érzékenységgel és pontossággal lehet kimutatni. A legtöbb esetben az átalakulásokat tömegváltozás kíséri, e jelenségek különböző tényezőit a termogravimetria módszereivel lehet meghatározni [3, 4].

A *Derivatograph-Q* készülék a vizsgálati eredményeket alapvetően két görbével ábrázolja:

- Termogravimetria (TG): a görbe a hőmérséklet emelkedésének hatására a mintában bekövetkező tömegváltozást mutatja. Ez a tömegváltozás egyszerű függvénye.
- Differenciál termikus analízis (DTA): a DTA-görbe felvételéhez a kemencében a vizsgálandó anyag mellett egy másik téglében inert anyag (Al_2O_3) van elhelyezve. A mérés alatt a készülék a minta és az inert anyag hőmérsékletét méri differenciál termoelemmel. Ez a vizsgálati módszer azt a hőmennyiséget határozza meg, amely a vizsgálandó anyag hevítésekor a hőtartalom-változással járó fizikai és kémiai folyamatok miatt felszabadul, illetve elnyelődik a vizsgálati rendszerben. A kapott görbe a minimuma felé endoterm, míg a maximuma felé haladva exoterm folyamatokra utal.

A két görbe deriválásával további két értékes adatsorhoz juthatunk, melyek a következők:

- Differenciál termogravimetria (DTG): a TG görbék kiértékelésnek nehézségei miatt szükséges a DTG görbe felvétele. Ahol a TG görbének inflexiós pontja van, ott a DTG görbén csúcs jelentkezik, ezáltal a DTG görbe alakjából a tömegcsökkenés sebességére lehet következtetni. A vízszintes szakaszon egyenletes tömegcsökkenés játszódik le, ahol csúcs jelentkezik a görbén, ott a tömegcsökkenés előbb gyorsul, majd idővel lelassul.
- Derivált hőmérsékletkülönbség (dDTA): a dDTA görbe a kemencébe helyezett inert anyag és a minta hőmérsékletkülönbségének időbeli változását mutatja, minél nagyobb egy csúcs a dDTA görbén, annál gyorsabban nő vagy csökken a hőmérsékletkülönbség a minta és a referenciaanyag között. Éghető anyagok levegő jelenlétében történő vizsgálata során a pozitív irányú csúcsok bizonyos komponensek be-

gyulladására utalnak (ezeken a helyeken a DTA görbe meredeksége nő), a negatív irányú csúcsok pedig a hőtermelő folyamatok végét jelölik.

A derivatográfus vizsgálatokhoz 150-200 mg alapanyagot használtunk, a kemence fűtése $5^\circ\text{C}/\text{perc}$ sebességgel történt, a minta pedig levegő atmoszférában helyezkedett el. A TG és DTA görbéket számítógépes szoftverrel (Origin Pro 9.0) deriválva kaptuk a DTG és dDTA görbéket. A mért jelek detektálása elektronikus úton, a mérési adatok kiértékelése számítógépen történt WinderC és Origin Pro 9.0 programokkal.

EREDMÉNYEK

A termoanalitikai vizsgálatokhoz kiválasztottuk az étkezdékben előforduló 4 leggyakoribb főételt, amelyek a következők: rizs, sültburgonya, sült csirkemell, rántott sertésszelet. Elkészítettük ezek 1:1 tömegarányú keverékét, melynek derivatográfus végzett termoanalitikai vizsgálata eredményeként kapott derivatogramot a 3. ábrán lehet megtekinteni, a derivatogramon feltüntetett jellemző pontokat pedig a 2. táblázat tartalmazza.

Az *ételkeverék* minta derivatogramjának szöveges értékelése a 3. ábra és a 2. táblázat alapján a következő:

SZÁRADÁSI FOLYAMATOK

- A minta nedvességtartalmának eltávoztása 3 lépcsőben valósul meg (a DTG görbén a 2., 4. és 5. pontok), legintenzívebben a 2. és 4. pontokon, erre utal a DTA görbén látható endoterm jelleg a 3. pont környékén.
- Mivel a 6. pont környékén nincs határozott egyenes szakasz a DTG görbén, a száradás vége és az illó kiválás kezdete nem különül el egymástól, így a száradás csak valamivel a 6. pont után, 225°C felett fejeződik be. Ez az átfedés abból adódik, hogy a minta 4 különböző anyagból tevődik össze, amelyek eltérő módon száradnak. Amelyik anyag gyorsabban kiszárad, abból hamarabb megindulhat az illó kiválás.

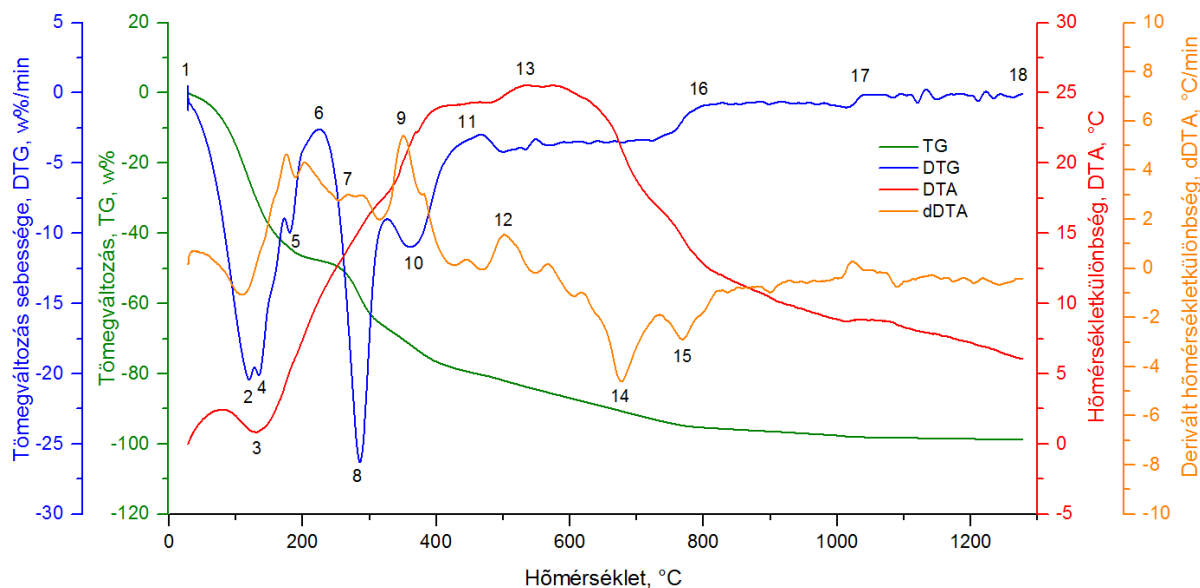
ILLÓKIVÁLÁS ÉS GYULLADÁS

- Az előbb említett okból az illó kiválás már a 6. pont előtt megkezdődik, és a 11. pont eléréséig két lépcsőben valósul meg (legintenzívebben a 8. és 10. pontban).
- Az illók első begyulladása a 7. pont környékére tehető, ugyanis a dDTA görbén ez az első csúcs a száradás befejeződése után. Ezen a helyen a DTA görbe felfutása is meredekebb. A dDTA görbe legjelentő-

sebb pozitív csúcsa a 9. pontban látható, ez tekinthető az intenzív égés kezdetének.

- A dDTA görbén a 12. ponton látható egy újabb pozitív csúcs, ezen a hőmérsékleten történik a fix karbon begyulladás, ugyanis a DTA görbén ezen a helyen további nö-

vekedés látható, viszont a DTG görbe a következő szakaszon közel vízszintes, ami egy lassú, egyenletes égési folyamatot feltételez.



3. ábra. Ételkeverék minta derivatogramja (rizs, sültburgonya, sült csirkemell, rántott sertésszelet 1:1 tömegarányú keveréke)

Figure 3. Derivatogram of food mixture samples (rice, fried potatoes, fried chicken and fried pork chops mixed in a 1:1 weight ratio)

Table 2. Properties of the numbered locations in the derivatogram of the food mixture sample (rice, fried potatoes, fried chicken and fried pork chops mixed in a 1:1 weight ratio)

2. táblázat. Az ételkeverék minta derivatogramjának jellemző pontjaihoz tartozó értékek (rizs, sültburgonya, sült csirkemell, rántott sertésszelet 1:1 tömegarányú keveréke)

Jellemző pont	Hőmérséklet, T, °C	Tömegváltozás, TG, w%	Tömegváltozás sebessége, DTG, w%/min	Hőmérséklet különbség, DTA, °C	Derivált hőmérséklet különbség, dDTA, °C/min
1	28,1	0,04	-0,795	0,002	0,184
2	119,9	-25,07	-20,426	1,005	-0,760
3	129,2	-29,52	-19,594	0,834	0,024
4	134,6	-32,00	-20,092	0,904	0,569
5	182,3	-44,46	-9,805	5,439	4,125
6	224,7	-47,72	-2,582	10,317	3,610
7	276,3	-54,61	-23,381	14,597	2,937
8	284,7	-57,69	-26,260	15,235	2,965
9	351,3	-70,37	-10,741	20,264	5,398
10	360,9	-71,72	-10,961	21,386	4,479
11	467,4	-80,27	-2,963	24,334	-0,026
12	502,2	-81,98	-4,1887	24,451	1,371
13	537,4	-83,88	-3,883	25,524	0,011
14	676,8	-90,63	-3,535	21,077	-4,593
15	789,7	-95,18	-1,105	13,342	-1,993
16	800,1	-95,28	-0,940	13,000	-1,864
17	1040,1	-98,48	-0,132	8,858	-0,060
18	1277,3	-98,79	-0,077	6,087	-0,408

ÉGÉS

- Az égés kezdete a 7. pontra tehető, itt gyulladnak be először az illó komponensek, ezt mutatja egy kettős csúcs a dDTA görbén. Ezt követően az értékek csökkenése arra utal, hogy a láng kialudt, viszont a 8. ponttól kezdve az égés stabil, erre enged következtetni a DTA görbe intenzív növekedése.
- A fix karbon kiégése a DTG görbén a 11. és 16. pont közötti szakaszra tehető. Ez egy lassú, egyenletes folyamat, amit a DTG görbe vízszintes jellege mutat.
- A 14. ponton látható a dDTA görbe legnagyobb negatív csúcsa, ezen a ponton elfogytak bizonyos égést tápláló komponensek – valószínűsíthető, hogy az egyik összetevő fix karbontartalmának kiégése bekövetkezett, így az égés intenzitása lecsökkent.
- A 15. ponton újabb jelentős negatív csúcs jelentkezik a dDTA görbén, ez az intenzív égés vége.
- A 16. - 18. pontok közötti tartományban a tömegcsökkenés minimális (ezen a szakaszon a kiégés után visszamaradt salakból még távoznak komponensek).
- A 16. pont elérésére a minta tömegcsökkenése nagyobb, mint 95%, a DTA görbe értékei folyamatosan csökkennek, a DTG görbén pedig nem történik jelentős változás, így ettől a ponttól beszélhetünk a hamutartalmáról.
- A 17. pontban egy lépcső látható, ami valószínűleg egy, a salakban lezajló átalakulási folyamat.
- A 17. és 18. pontok között a TG görbe kiegyenesedik, ezzel megszűnik a tömegcsökkenés.

Meg kell jegyezni, hogy a vizsgálat végén visszamaradt anyagmennyiség 1,52w%, ez az összeolvadt szilárd égési maradék tekinthető a folyamatban keletkező salaknak, viszont az „MSZ ISO 1171 Szilárd ásványi tüzelőanyagok. A hamu meghatározása” és az „MSZ EN 14775:2010 Szilárd bio-tüzelőanyagok. A hamutartalom meghatározása” című szabványokkal összhangban a minta hamutartalma a fix karbon kiégése után a 16. ponttól számítandó (az ételkeverék minta esetén ez 4,72w%). A tömegkülönbség abból adódik, hogy a felsorolt szabványok 815±10°C-ot írnak elő a hamutartalom meghatározásához, ezzel szemben a derivatográfus vizsgálatok során a véghőmérséklet sokkal magasabb is lehet (az ételmaradék minta esetén ez 1300°C volt). Magasabb hőmérsékleten a hamuban összetételtől függően különböző reakciók játszódhatnak le, amelyek további tömegcsökkenéssel járhatnak, ilyen például egyes kloridok vagy karbonátok bomlása [5].

A derivatogram szolgáltatja adatokból számítható a minta szerkezeti összetétele, és meghatározható a száradás, az illó kiválás, a fix karbon kiégés és az intenzív égés hőmérséklettartománya, melyeket a 3. és 4. táblázat valamint a 4. ábra foglal össze. Azokban az esetekben, ahol a nedvesség- és illótartalom átfedi egymást (mint ahogy az ételkeverék minta esetén is), a nedvesség- és illótartalom meghatározásához a köztük található csúcsot vettük alapul (az ételkeverék derivatogramon ez a 6. pontot).

Table 3. Calculated structural composition based on the thermoanalytical experiments

3. táblázat. A termoanalitikai vizsgálat eredményeként számított szerkezeti összetétel

Minta neve	Összetétel, w%			
	Nedvesség	Illó	Fix karbon	Hamu
Ételkeverék	47,72	32,55	15,01	4,72

Table 4. Temperature ranges of the processes taking place in the samples because of temperature rise
4. táblázat. A mintában hőmérséklet növekedés hatására végbemenő folyamatok hőmérséklettartományai

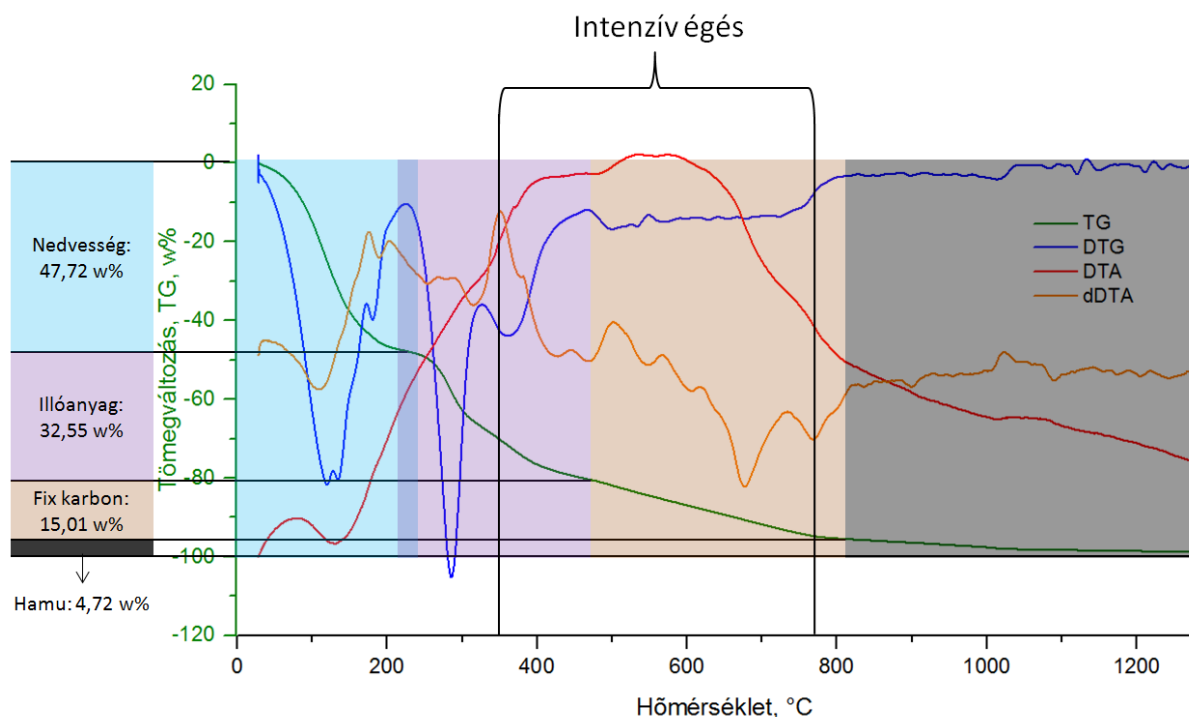
Minta neve	Hőmérséklet, °C			
	Nedvesség eltávozás	Illó kiválás	Fix karbon kiégés	Intenzív égés
Ételkeverék	20 - 230	220 - 470	470 - 790	350 - 790

A további termoanalitikai vizsgálatokhoz két olyan anyagcsoportot választottunk, amelyek fontos alapanyagok a már ismert ki- és elgázosítási technológiáknak, ezek a szén és a fa. Az 5. - 9. ábrák a vizsgált fenyőfa, bükkfa, lignit, barnaszén és feketeszén minták derivatogramjait tartalmazzák.

AZ EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

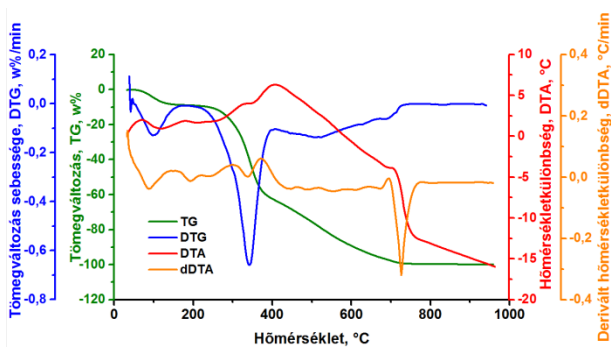
A bemutatott derivatogramok alapján meghatározható a minták szerkezeti összetétele (5. táblázat és 10. ábra) és a hőmérséklet növekedés hatására a mintákban lejátszódó folyamatok hőmérséklettartományai is (6. táblázat és 11. ábra).

A vizsgált anyagok hőmérséklet hatására bekövetkező tömegcsökkenése egy közös diagramon bemutatva a 12. ábrán szerepel.

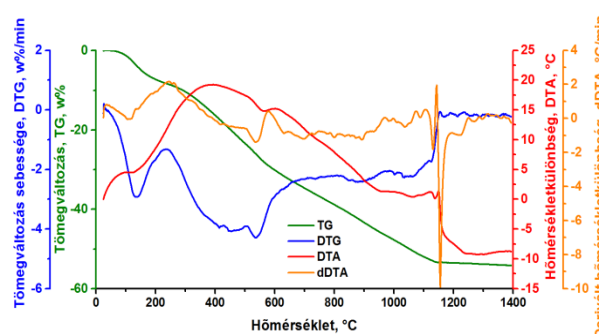


4. ábra. Az ételkeverék minta szerkezeti összetétele és az intenzív égés tartománya (rizs, sültburgonya, sült csirkemell és rántott sertésszelet 1:1 tömegarányú keveréke)

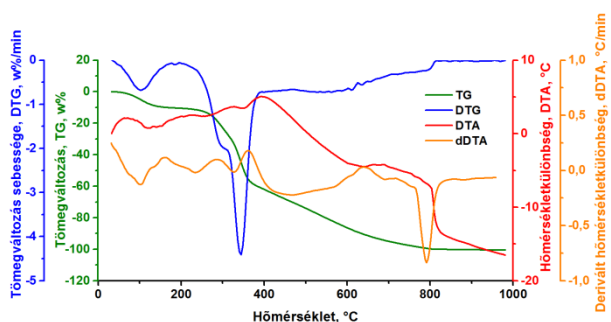
Figure 4. Structural composition of the food mixture samples and the range of intensive burning (rice, fried potatoes, fried chicken and fried pork chops mixed in a 1:1 weight ratio)



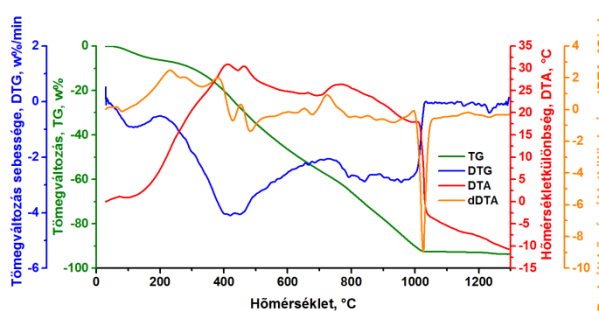
5. ábra. Fenyőfa minta derivatogramja
Figure 5. Derivatogram of pine sample



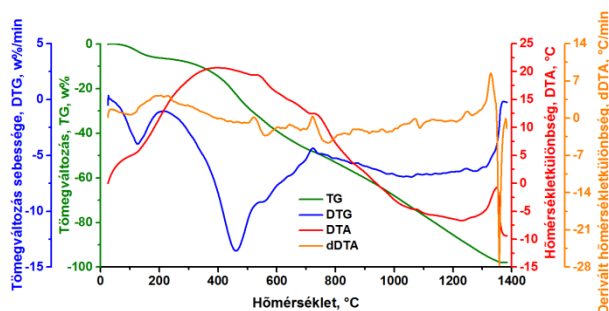
7. ábra. Lignite minta derivatogramja
Figure 7. Derivatogram of lignite sample



6. ábra. Bükkfa minta derivatogramja
Figure 6. Derivatogram of beech sample



8. ábra. Barnaszén minta derivatogramja
Figure 8. Derivatogram of brown coal sample



9. ábra. Feketeszén minta derivatogramja
Figure 9. Derivatogram of hard coal sample

Table 5. Calculated compositions based on thermoanalytical experiments

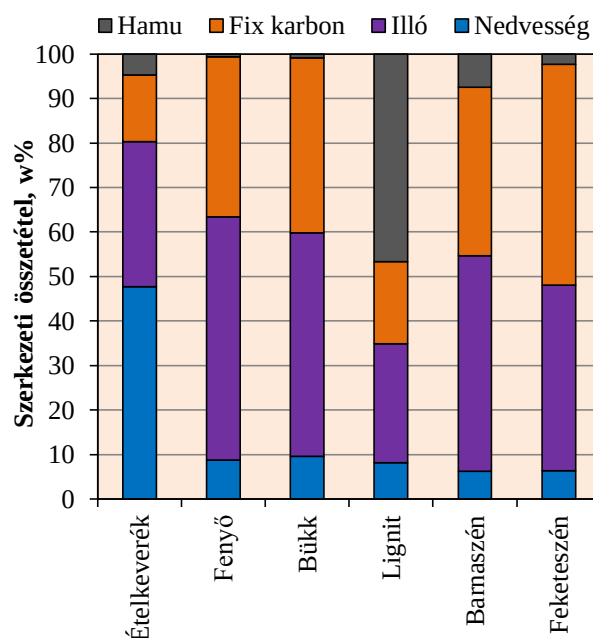
5. táblázat. A termoanalitikai vizsgálatok eredményeként számított összetételek

Minta neve	Összetétel, w%			
	Nedves-ség	Illó	Fix karbon	Hamu
Ételkeverék	47,72	32,55	15,01	4,72
Fenyő	8,77	54,69	35,88	0,66
Bükk	9,56	50,27	39,33	0,84
Lignit	8,14	26,75	18,44	46,67
Barnaszén	6,22	48,45	37,84	7,49
Feketeszén	6,32	41,75	49,62	2,31

A 10. ábrán megfigyelhető, hogy az ételkeverék nedvességtartalma közel 50w%, ezzel szemben a többi öt minta 10w% alatti nedvességtartalommal rendelkezik. Ez alapján mindkét anyagcsoport megfelelhet az ételmaradékokkal közös hasznosításra. A diagramot tovább elemezve megállapítható, hogy a két eltérő minőségű faanyag szerkezeti összetétele nagyon hasonló egymáshoz, viszont a három minőségben különböző szénminta összetétele igen eltérő.

A 11. ábrán feltüntetett hőmérsékleti zónák összehasonlításával megállapítható, hogy a fa minták száradása fejeződik be leghamarabb. Az illó kiválás kezdete a fa minták és az ételkeverék minta esetén megegyezik, illetve a fix karbon kiegészésének befejeződése is közel esik egymáshoz mindhárom minta esetén. A szén mintákból az illó kiválás és a fix karbon kiegészése is jóval magasabb hőmérsékleten fejeződik be, így mire az ételkeverék és a fa minták kiegészése befejeződik, a szén esetében éppen csak megindul ez a folyamat.

A hőmérséklet növekedés hatására bekövetkező tömegcsökkenés látható a 12. ábrán. A három szénminta tömegcsökkenése egymástól eltérő módon és lassabban megy végbe, mint a faminták és az ételkeverék minta esetén, amelyek közel azonos mértékű tömegváltozást szenvednek el ugyanazon a hőmérsékleten.



10. ábra. A vizsgált minták szerkezeti összetétele
Figure 10. Structural composition of the samples examined

Table 6. Temperature ranges of the processes taking place in the samples because of temperature rise

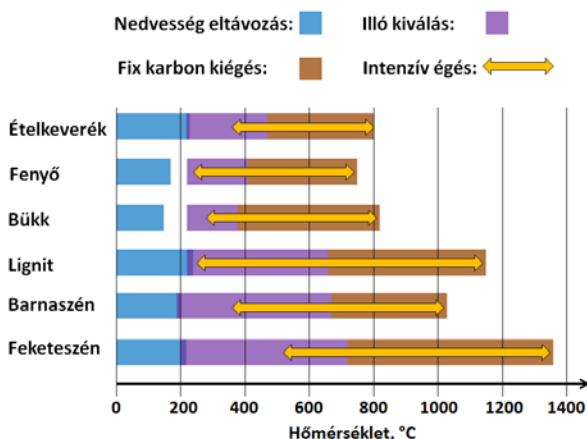
6. táblázat. A mintákban a hőmérséklet növekedés hatására végbemenő folyamatok hőmérséklettartományai

Minta neve	Hőmérséklet, °C			
	Nedvesség eltávozás	Illó kiválás	Fix karbon kiegészés	Intenzív égés
Ételkeverék	20 - 230	220 - 470	470 - 790	350 - 790
Fenyő	20 - 170	220 - 410	410 - 730	230 - 730
Bükk	20 - 150	220 - 380	380 - 815	290 - 815
Lignit	20 - 240	220 - 660	660 - 1150	260 - 1150
Barnaszén	20 - 200	190 - 670	685 - 1025	380 - 1025
Feketeszén	20 - 215	205 - 720	720 - 1360	230 - 1060

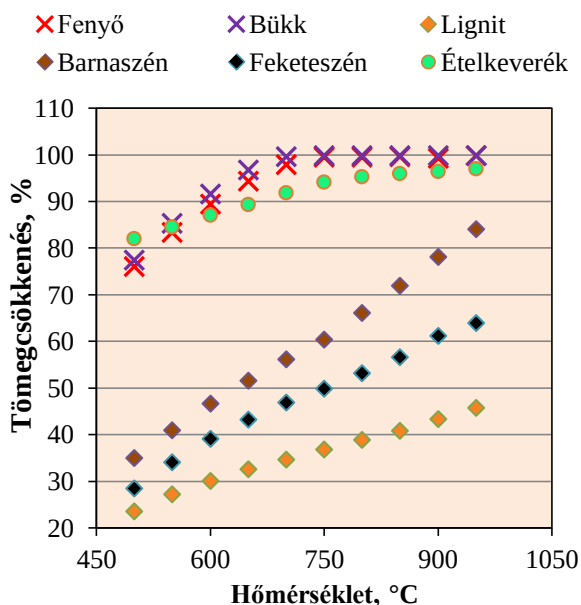
ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy az ételmaradékokkal történő „együtt-gázosításra” a két anyag típus (fa és szén) közül a faanyagok sokkal alkalmasabbak. Az előnyök a fa alapanyagokkal kapcsolatban a következők:

- alacsonyabb a nedvességtartalmuk, ezáltal a keverék nedvességtartalma kisebb lesz, mint az ételmaradékok esetén;



11. ábra. A hőmérséklet növekedés hatására végbemenő folyamatok hőmérséklettartományai
Figure 11. Temperature range of processes influenced by temperature raise



12. ábra. Különböző anyagok hőmérséklet hatására bekövetkező tömegcsökkenése
Figure 12. The impact of temperature in the weight loss of different materials

- a nagyobb illó- és fix karbontartalom önmagában is megfelelő alapanyaggá teszi a szintézisgáz előállítására, így várhatóan a keverék kigázosítása során javulnak a szintézisgáz paraméterei az ételmaradékokból előállított szintézisgáz tulajdonságaihoz képest;
- az illók eltávozása illetve az intenzív égés befejeződése is hasonló hőmérsékleti tartományban ment végbe, mint az ételkeverék minta esetén, ezért az étkezési hulladékok kigázosításához választott hőmérséklet megfelelő a fa kigázosításához is;
- mikorra a derivatográf kemencéjének térhőmérséklete elérte a 700°C-ot, az ételkeverék minta tömegvesztése nagyobb volt, mint

92%, a faminták esetén ez 95-98% volt, ezért ez a hőmérséklet alkalmas lehet mindkét anyag hőkezelésére. Ez a hőmérséklet a faelgázosításhoz használt legelterjedtebb technológiai rendszerek 650-800°C-os üzemi hőmérsékletéhez jól illeszkedik. [6, 7, 8].

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ keretében készült.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Up to half of all food is wasted: agri-industry and supermarkets are culpable. People and Nature
<http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e.pdf> (Megtekintve: 2014. 08. 17.)
- [2] Preparatory Study on Food Waste across EU 27
http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/bio_foodwaste_report.pdf (Megtekintve: 2014. 09. 05.)
- [3] Paulik Ferenc, Paulik Jenő: Termoanalízis. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1963.
- [4] Erdei László, Paulik Jenő: Thermoanalízis. Tankönyvkiadó, Budapest. 1965.
- [5] K. Szemmelveisz, I. Szűcs, Á.B. Palotás, L. Winkler, E.G. Eddings: Examination of the combustion conditions of herbaceous biomass. Fuel Processing Technology, Volume 90, Issue 6, June 2009, Pages 839-847.
- [6] Weerachanchai, Masayuki Horio, Chaiyot Tangsathitkulchai: Effects of gasifying conditions and bed materials on fluidized bed steam gasification of wood biomass. Bioresource Technology, Volume 126, December 2012, Pages 224-232
- [7] Javier Gil, José Corella, María P. Aznar, Miguel A. Caballero: Biomass gasification in atmospheric and bubbling fluidized bed: Effect of the type of gasifying agent on the product distribution. Biomass and Bioenergy, Volume 17, Issue 5, November 1999, Pages 389-403
- [8] Sanna Tuomi, Esa Kurkela, Pekka Simell, Matti Reinikainen: Behaviour of tars on the filter in high temperature filtration of biomass-based gasification gas. Fuel, Volume 139, 1 January 2015, Pages 220-231

BEMUTATJUK A...

... IS INTRODUCED

A MAROVISZ ÚTJA A SZEMÉLYTANÚSÍTÁSI AKKREDITÁCIÓ MEGSZERZÉSÉIG

TRAMPUS PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

2014 augusztusában a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) odaítélte a roncsolásmentes anyagvizsgáló személyek tanúsítására szóló akkreditált státuszt a MAROVISZ-nak. Ebben az írásban összefoglaljuk az akkreditált státusz megszerzéséhez vezető utat. Írásunk célja, hogy tárgyyszerűen rögzítsük az eseményeket az utókor számára és egyúttal megemlékezzünk azokról a személyekről, akik részt vettek ebben a folyamatban és hozzájárultak az eredmény eléréséhez.

A KEZDETEK

Az 1990-es években az országban zajló politikai és gazdasági átalakulás az egyesületi élet leépüléséhez vezetett. A Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) Anyagvizsgáló Szakosztálya keretében korábban virágzó roncsolásmentes szakbizottsági munka kiüresedett. A megváltozott helyzetben új igények és elképzelések fogalmazódtak meg a hazai roncsolásmentes vizsgáló közösség tagjaiban, amelyeknek megvalósítására már nem érezték alkalmasnak a GTE-t. Ezért a hazai roncsolásmentes vizsgálók egy csoportja 1997-ben megalapította a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Társaságot (MaRoViT-et), majd azt a hivatalos bejegyzés során fellépett jogi problémák miatt Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetségre (MAROVISZ-ra) keresztelte át. A MAROVISZ alapító elnöke Tarnai György volt.

A MaRoViT (és értelemszerűen később a MAROVISZ) programja és alapszabálya már induláskor a legfontosabb feladatai közé sorolta a vizsgálószemélyzet képzése és vizsgáztatása szakmai színvonalának az emeléséhez való hozzájárulást. A feladat fontossága nem kérdéses, mert mind a vizsgáló személyek képzése, mind minősítése és tanúsítása kulcsfontosságú a roncsolásmentes vizsgáló szakma színvonalára és ezzel elfogadottságára nézve. Ezeket a tevékenységeket vagy teljes egészében vagy a tanúsításra szűkítve, a világban általában a nemzeti roncsolásmentes vizsgáló szervezetek végzik. A MAROVISZ idézett programjának a megfogalmazásából nyilvánvaló, hogy a korábban a GTE által koordinált és végzett oktatási és tanúsítási tevé-

kenységet ebben az időben mások végezték. A vizsgáló személyek tanúsítását 1996-tól a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés (MHtE) végezte. Ha néhány évvel korábban jött volna létre a szakma érdekképviselői szövetsége, akkor talán megteremthetők lettek volna a feltételek a tanúsítási tevékenység folytatásához már a kezdetektől. Az a tény, hogy már volt személytanúsító szervezet (MHtE), és ez a tanúsító szervezet alapításakor támogatta (mentorálta) a MAROVISZ-t, akkor nem tette lehetővé a kérdés ilyen irányú felvetését.

A JÖVŐKÉP KIALAKÍTÁSA

A MAROVISZ vezetése 2000 és 2005 között egyre tudatosabban foglalkozott a Szövetség jövőképevel és stratégiai célokkal, valamint azok megvalósításának módjával. E munka végrehajtásához egy ad-hoc bizottságot hoztak létre abból a célból, hogy az gyűjtse össze és értékelje a tagok ötleteit és javaslatait. 2005 októberében tisztújítás volt, aminek eredményeként változott a vezetőség összetétele. Az elnöki funkcióban dr. Trampus Péter követte Tarnai Györgyöt. Az új vezetőség az első vezetőségi ülésén felkérte dr. Gillemot Lászlót, aki részt vett az ad-hoc bizottság munkájában, hogy dolgozza fel, értékelje ki és rangsorolja az összegyűjtött javaslatokat és terjessze az értékelését a vezetőség elé, aki ezt Fodor Olivérrel együttműködve megtette. Az újonnan megválasztott vezetőség mindezt a Szövetség középtávú stratégiájának a kidolgozásához szándékozott felhasználni.

A MAROVISZ jövőképe és célkitűzései címet viselő dokumentumot a Szövetség 2005 decemberében hozta nyilvánosságra a honlapján. Ebben a dokumentumban a küldetések között a következő szerepelt: „A MAROVISZ az elkövetkező években váljék olyan társadalmi szervezetté, amely...előmozdítja a roncsolásmentes anyagvizsgálók színvonalas képzését és minősítését, és részt vesz a képzés és minősítés megvalósításában,...” (itt a minősítés kifejezés nyilvánvalóan a tanúsítást is takarja). A szóhasználat egyértelmű: részt vesz a megvalósításban.

2006 áprilisában, a GTE Hegesztési Szakosztály tagjaival kibővített vezetőségi ülésen dr. Rittinger János egy előadás keretében áttekintette a hazai roncsolásmentes vizsgálat helyzetét az ötvenes évektől napjainkig. Az előadás kihangsúlyozta, hogy Magyarországon sem a

Prof. Dr. Trampus Péter, MAROVISZ elnöke
marovisz@marovisz.hu

roncsolásmentes vizsgáló szakemberképzés színvonala, sem a roncsolásmentes anyagvizsgálatnak az egyetemi oktatásban betöltött szerepe nem éri el a kívánt színvonalat. A jelenlévők egyetértettek azzal, hogy mindkét oktatási terület erősítésre szorul, és az erősítésben a MAROVISZ jelentős szerepet játszhat. 2006 szeptemberében, a XII. Országos Hegesztési Tanácskozáson a MAROVISZ elnöke felkért előadóként ismertette a Szövetség célkitűzéseit, ahol lényegében először hangzott el a hegesztő és roncsolásmentes vizsgáló szakma képviselői előtt explicit módon az a célkitűzés, hogy a MAROVISZ részt kíván vállalni a tanúsításból.

A MAROVISZ GAZDASÁGFEJLESZTÉSI PROGRAMJA

2007 végére tudatosult a Szövetség vezetésében, hogy a szinte kizárólag a tagdíjakból és a két évente megrendezett Roncsolásmentes Anyagvizsgálói Konferencia és Kiállítás nyereségéből származó bevétel csak a működés elemi szintjének a fenntartásához elegendő. Ezzel párhuzamosan folyamatos és egyre feszítőbb igény jelentkezett a szakmai szövetségektől elvárható funkciók ellátására, amelyek fedezete nem állt rendelkezésre. E funkciók legfontosabbika a minősítés és tanúsítás. Az ebből a helyzetből való kiútra dr. Somogyi György tett javaslatot egy gazdaságfejlesztési program keretében. Ez a program egy akciótervet javasolt a Szövetség anyagi bázisának növelésére annak érdekében, hogy megfelelő fedezet jöjjön létre a szakmai, érdekvédelmi és egyéb, a célkitűzésben rögzített feladatok végrehajtásához.

Az akciótervbe egyrészt konkrét, operatív feladatok, másrészt a feladatok megvalósításához szükséges szervezeti és személyi kérdések tartoztak. A vezetőség 2008 januárjában elfogadta a gazdaságfejlesztési programot. Ennek eredményeként történt meg a MAROVISZ irodafejlesztése, a pályázatfigyelés rendszerének bevezetése, továbbképző rendezvények és tanfolyamok szervezése, a körvizsgálatok rendszerének kialakítása és körvizsgálatok szervezése, stb. Az előkészítendő projektek egyike a következő volt: felkészülés az anyagvizsgáló személyzet tanúsítására az adott helyzet figyelembevételével. Ezzel a korábban csak a Szövetség küldetéseként megfogalmazott célkitűzés helyébe egy konkrétan megvalósítandó feladat lépett.

Nem igazából a MAROVISZ tanúsítással kapcsolatos célkitűzését érinti, de a témakörhöz tartozik a következő epizód. 2008 júniusában, a 4. Anyagvizsgálat a Gyakorlatban (AGY) Szakmai Szeminárium előestéjén hagyományosan megbeszervezésre kerülő kerekasztal beszélgetés a

személytanúsítás aktuális kérdéseit választotta témájául. A legaktuálisabb kérdés az Országos Képzési Jegyzék (OKJ) és az MSZ EN 473 szerinti roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés és tanúsítás ellentmondásának feloldása volt. A gondot az jelentette, hogy egy miniszteri rendelet előírta, hogy a vizsgáló tevékenységet csak OKJ képesítéssel lehet végezni, ami nem felelt meg az Európai Unióban alkalmazott gyakorlatnak, sőt a hazai akkreditációs követelményeknek sem, mivel mindenhol az EN 473 szabvány előírásainak kielégítése volt a követelmény. A kerekasztal megbeszélésen képviseltették magukat a vizsgáló laboratóriumok, az oktatóhelyek, a tanúsító szervezet, szakmai szervezetek és a nukleáris hatóság. A kialakított egységes álláspontból a MAROVISZ tájékoztatta a jogalkotót, aki igényeinknek megfelelően módosította a rendeletet.

AZ IGÉNY ERŐSÖDÉSE, A FELKÉSZÜLÉS MEGINDULÁSA

Az MHTe Anyagvizsgáló Tanúsítást-irányító Bizottság munkájában való részvételünk hozadéaként, továbbá tagjainktól folyamatosan kapott információk alapján erősödött a MAROVISZ vezetőségének az a véleménye, hogy a személyzetképzéssel és tanúsítással kapcsolatban nincs érzékelhető fejlődés az országban. Ez alátámasztotta a tanúsítással kapcsolatos célkitűzésünk helyességét és elindította Szövetséget a képzés fejlesztésének az útján is. A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy a MAROVISZ 2006-ban elindította egy roncsolásmentes vizsgálati kézikönyv hazai szerzők általi megírását, aminek legfontosabb célja a képzés támogatása lett volna. A kézikönyv végül nem készült el, ami több okra is visszavezethető, de ez az írás nem ennek az elemzéséről szól. Ugyanebben az időszakban kapcsolódott be a Szövetség az ICNDT (International Committee for Non-destructive Testing) és a CEN (Comité Européen de Normalisation) munkájába. A két nemzetközi szervezet az ISO 9712 és az EN 473 közötti összhang megteremtése érdekében közös európai munkacsoportot hozott létre. A munkacsoport munkájában Skopál István vett részt.

A Szövetség 2009 évi munkatervébe bekerült a következő feladat: felkészülés folytatása az anyagvizsgáló személyzet tanúsítására; a feladat gondozásával a vezetőség Szűcs Pált bízta meg. Előrelépés sem 2009-ben, sem 2010-ben nem történt. 2011 májusában a vezetőség előkészítő munkabizottságot hozott létre Skopál István vezetésével. A bizottság tagjai Fücsök Ferenc és Szűcs Pál voltak. Az év második felében a Szövetség vezetése úgy gondolta, hogy 2012 derekán benyújtható lesz az akkreditációs anyag a NAT felé.

A munkabizottság egy elemző tanulmányt terjesztett a MAROVISZ vezetősége elé, amelyben elemezték a hazai tanúsítási igényeket, a felkészüléshez szükséges ráfordítást, és becslést adtak a tevékenység gazdaságosságával kapcsolatosan. Arra a következtetésre jutottak, hogy a személytanúsításra való felkészülés leghatékonyabb módja az lenne, ha a MAROVISZ és az MHTe vezetősége megállapodna az MHTe vizsgakérdései, a gyakorlati vizsgák alkalmazandó próbatestek, valamint a teljes dokumentáció megvételéről. A megállapodással kiküszöbölhető lenne a fölösleges és káros versengés, csökkenne a beruházás költsége és rövidülne az idő akkreditáció megszerzéséig. Az előterjesztés koncepciója nem találkozott a vezetőség véleményével, és egy átdolgozott, a felkészülés lépéseit is tartalmazó újabb előterjesztés elkészítését kérte a bizottságtól. Mindezek ellenére, 2012 augusztusában megbeszélést kezdeményeztünk az MHTe vezetőjével. A megbeszélésen az MHTe részéről dr. Szabó Béla és Gayer Béla, a MAROVISZ részéről dr. Trampus Péter és Kecskés Péter vett részt. A megbeszélésen tájékoztattuk az MHTe illetékeseit a MAROVISZ tanúsítási szándékáról, amit ők köszönettel tudomásul vettek. Nem vetettük fel nyíltan az MHTe tanúsítási infrastruktúrájához való hozzáférés kérdését, de nem is éreztük a tárgyaló partner erre való hajlandóságát.

A munkabizottság módosított feladattervét 2011 novemberében tárgyalta a MAROVISZ kibővített vezetősége. A vitában elhangzottak eredményeként Skopál István, a munkabizottság vezetője, és Szalay Károly irodavezető összeállított egy felkészülési feladattervet. A tanúsításnak a következő területekre kell kiterjednie: 1-es és 2-es szintű MT, PT, VT, UT és RT, legalább kovácsolt termékek, alakított termékek és hegesztett kötések, az utóbbi két eljárásnál negyedikként öntvények termékterületen. A feladattervben a következő legfontosabb rövidtávú feladatok szerepeltek (határidőkkel és költség vonzatukkal):

- Minőségügyi Kézikönyv elkészítése,
- a tanúsító testület adminisztrációs személyzetének biztosítása,
- vizsgakérdések elkészítése (az induló vizsgakérdés-bankot az EFNDT-től és/vagy más forrásból (DGZfP) megkapott, illetve megvásárolt tesztkérdések lefordításával kell létrehozni, de valószínű, hogy további kérdéseket is kell készíteni),
- a gyakorlati vizsgák feltételeinek megteremtése (megállapodás az oktató szervezetekkel, illetve laboratóriumokkal),
- vizsgáztatók szerződése.

A feladatterv középtávú feladatokat is tartalmazott, úgymint

- a vizsgafeltételek bővítése (a vizsgáztatás és tanúsítás kiterjesztése AT, ET és LT eljárásra, illetve a csövek termékterületre, továbbá minden eljárás és termékterület esetében a 3-as szintre; a vizsgadarabok számának növelése; a vizsgadarabok kezeléséhez szükséges alapvető eszközök beszerzése; a tanúsítási tevékenység PED-es kiterjesztése),
- informatikai rendszer kiépítése (dokumentálás, nyilvántartás, vizsgák lebonyolítása megfelelő szoftverre alapozott informatikai rendszer segítségével, ami on-line kapcsolatot tesz lehetővé a Tanúsító Testület és az érdekelt felek között a tanúsításra történő jelentkezéstől, a vizsgán keresztül egészen a tanúsítvány kiadásáig).

Időközben – 2011 végén – elindult a már kb. 2 éve előkészítés alatt álló „Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítése – Európai Képzési Program Továbbadása” (TRANSFER PROQUALINDT) elnevezésű Leonardo-projekt. Ebben a MAROVISZ a portugál, a cseh és a horvát szövetség társaságában pályázott eredményesen a részvételre. A projekt öt eljárásra (ET, PT, MT, RT és UT) dolgozott ki didaktikai útmutatót, tanfolyami kézikönyvet (az elméleti tananyagot) és tanári útmutatót. A Leonardo-projekt eredménye több ponton érintkezik a MAROVISZ tervezett tanúsítási tevékenységével (pl. vizsgakérdések, képzési helyek elismerése).

A Szövetség 2012 évi munkatervébe a következő feladat került be: Roncsolásmentes vizsgáló személyzet tanúsítása (NAT akkreditáció megszerzése, tanúsítási tevékenység folytatása). A májusi elnökségi ülés (alapszabály módosítást követően a vezetőség elnökség lett) megállapította, hogy a felkészülés az elvártnál lassúbb és szervezetlenebb.

AZ ELŐKÉSZÜLETEK FELGYORSULÁSA

2012 derekán megkezdődött a vizsgadarabok összegyűjtése, aminek bázisát a KE-TECH Kft. tulajdonában lévő hibás, illetve hibátlan kovácsolt, öntött, hegesztett, forgácsolt, stb. alkatrészek képezték. Ugyancsak megkezdődött az alkalmasnak minősített darabok törzskönyveinek az elkészítése. Ezt Bartos Zoltán irányítása alatt egy 3 fős team végezte (tagok: Orentsák Géza, Mészáros István és Tóth Péter). A kiválasztott és törzskönyvvel ellátott vizsgadarabokat a KE-TECH Kft. díjtalanul bocsátja a MAROVISZ rendelkezésére.

Mivel ezek a tevékenységek már olyan kiadásokat jelentettek, amelyek erőteljesen igénybe

vették a MAROVISZ tartalékait, a Szövetség az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-hez fordult támogatásért. A támogatást kérő levélben úgy a roncsolásmentes vizsgáló személyek képzésének korszerűsítése (Leonardo-projekt önrésze), mint a tanúsításra való felkészülés szerepelt. Az atomerőmű átérezve a két tevékenység jelentőségét mind az üzemelő blokkok üzemidő hosszabbítása, mind a tervezett új blokkok építése szempontjából, anyagi támogatást nyújtott a Szövetségnek.

Ebben az időszakban vált biztossá, hogy közel az MSZ EN 473:2008 szabványt helyettesítő MSZ EN ISO 9712 szabvány megjelenése. Miután hatályba lépése után már csak az új szabvány szerint lehet személytanúsítási akkreditációt kezdeményezni, a főleg kiadások és munkák elkerülése érdekében az akkreditáció kezdeményezésével célszerű volt megvárni az új szabvány hatálybalépését. Az új szabvány angol nyelvű változata 2012. 12. 01-én lépett hatályba, majd ezt követően (2013-ban) kiadásra került a magyar változat is.

2013 májusában már a felkészülés eredményeiről is be lehetett számolni. Folyamatosan készültek a vizsgadarabok törzsdokumentációi (mindegyik vizsgadarab MT, VT, PT, UT és RT eljárás szerinti vizsgáztatásra alkalmas), de ennél lassabb ütemben haladt a vizsgakérdések készítése. Az EFNDT kérdés-bankja csak magas áron lett volna megvásárolható és még le kellett volna fordítani magyar nyelvre, míg a DGZfP-től ugyan kaptunk német nyelvű tananyagokat, de a kérdésgyűjteményhez nem jutottunk hozzá. Ezért a törzsdokumentációt készítő, a kiválasztott vizsgabiztosok és az elnökség tagjai vállalták az induláshoz szükséges vizsgakérdések elkészítését. Aktualizálásra került a korábbi feladatterv, amely már az MSZ EN ISO 9712:2013 követelményeit vette figyelembe. Az elnökség bevonta a munkába Csollák Zoltánt, mint az akkreditálás területén nagy gyakorlattal rendelkező szakembert az akkreditációs kérelem összeállításába. A dokumentáció struktúrájának a kialakításához és összeállításához meghatározó módon járult hozzá Szalay Károly és Bendász Ernő.

2014 januárjában mutatkozott be Bartos Zoltán, a létrehozandó személytanúsító testület kiválasztott vezetője az elnökségnek. Ismertette az ötéves üzleti tervet és bemutatta a már működő számítógépes vizsgáztató rendszert.

AZ AKKREDITÁLÁS FOLYAMATA

A teljes akkreditációs dokumentum csomag átdolgozását követően a kérelem 2013 novemberében került ismételt benyújtásra. A NAT a kérelmet megvizsgálta és megállapította, hogy az nem

felelt meg a formai követelményeknek, amiért hiánypótlásra szólította fel a MAROVISZ-t. A hiányokat a Szövetség a kért határidőre pótolta. A NAT 2014 januárjában kijelölte az értékelő csoport tagjait, akiknek a személye ellen a MAROVISZ nem tett kizárási indítványt. Egyidejűleg befizetésre került az eljárási díj.

A tanúsítási tevékenységet március elején indítottuk el. Ekkorra rendelkezésre álltak a szükséges iroda- és vizsgahelyiségek, a vizsgadarabok, működött az informatikai rendszer és fogadta a jelentkezéseket, és adott volt a tevékenységhez szükséges emberi erőforrás.

A NAT értékelő csoportja két helyszíni értékelést folytatott. Az egyiket a MAROVISZ székhelyén (2014. május), amelyen a dokumentációval, majd a tanúsítási rendszerrel és a tanúsítási folyamattal kapcsolatos kérdéseket tekintették át. Itt több nem-megfelelőséget állapítottak meg, amelyek pótlására a MAROVISZ felszólítást kapott. A hiányokat pótoltuk. A második helyszíni értékelés (2014. június) a MAROVISZ vizsgaközpontjában zajlott. Ennek programján az előző helyszíni szemle helyesbítő intézkedéseinek tisztázása, a vizsgaközpont biztonsággal kapcsolatos követelményeinek a vizsgálata, majd MSZ EN ISO 9712:2013 szerinti VT, MT, PT és UT vizsgák megtekintése szerepelt.

A két helyszíni szemle tapasztalatai alapján a NAT meggyőződött arról, hogy a MAROVISZ a roncsolásmentes vizsgáló személyek tanúsítását az MSZ EN ISO/IEC 17024:2013 szabványnak megfelelően végzi, ezért 2014 augusztusában odaítélte a Szövetségnek az akkreditált státuszt.

ZÁRSZÓ

Az akkreditációval a roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet tanúsítása szakmailag a helyére került és ez megteremtette annak a lehetőségét, hogy a tanúsítás minősége a megfelelő színvonalra emelkedjen. Ez a történelmi feladata a tanúsítási rendszer fejlesztésén keresztül, a szakemberek gondolkodásmódjának alakításával hozzá fog járulni szakmánk elismertségének a növeléséhez.

A cikkben név szerint megemlített személyek kitűntek ebből a munkából, de rajtuk kívül természetesen mások is voltak, akik valamilyen módon segítettek vagy támogatták ennek az eredménynek az elérését. E helyen is kifejezem köszönetemet mindazoknak, akik hozzájárultak ehhez az eredményhez.

OKTATÁS

TRAINING

ÚJ UTAKON A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLÓK KÉPZÉSE ÉS TANÚSÍTÁSA

BARTOS ZOLTÁN, SKOPÁL ISTVÁN

BEVEZETÉS

A roncsolásmentes vizsgálat minőségi rendszerében talán a legfontosabb elem (más megfogalmazásban: a leggyengébb láncszem) a vizsgáló személy. A vizsgáló személy felkészültsége (tudása), vizsgálói gyakorlata és általános magatartása, különös tekintettel az etikus viselkedésre, a megbízható vizsgálati eredmény egyik legfontosabb feltétele. A megfelelő minőségű vizsgálati tevékenység megköveteli még a vizsgáló labor tulajdonosának és üzemeltetőjének az elkötelezettségét, ami a szükséges források biztosításában és a személyzet motiválásában nyilvánul meg.

NÉHÁNY GONDOLAT A MÚLTRÓL

Sokunknak, akik először, mint tanulók, később, mint oktatók részt vettünk és a mai napig részt veszünk benne, ismerős a roncsolásmentes vizsgálatot végző személyek oktatása és vizsgáztatása a 90-es években. Emlékezzünk vissza, hogy milyen is volt. Mielőtt iskolapadba ültünk, hosszú hónapokat töltöttünk el szakképzett anyagvizsgálók mellett, mint anyagvizsgáló segítők és csak ezek után kerülhetett sor az 1-es szintű tanfolyamon való részvételre. Ezek a tanfolyamok lényegesen hosszabbak voltak a mostaniaknál és egységes tankönyvekből tanultunk. Minden tantárgynak külön oktatója volt, hasonlóképpen külön vizsgáztatója is a vizsgáknál. Nyugodtan kijelent-

hetjük, hogy a vizsgák is komolyabbak voltak a maiaknál.

A JELEN

Ma jellemzően alig van ideje a tanulónak az előképzettség megszerzésére. A tanfolyamokon résztvevők néha még a kötelezően előírt gyakorlati időt is alig tudják teljesíteni. Az oktatók sokszor úgy találkoznak tanulókkal, hogy a tanfolyam kezdetekor derül ki, hogy azok a vizsgáló készüléket még csak a polcon látták. Az a feltételezés, hogy a gyakorlatot majd a munkáltatójuknál megszerzik, sokszor hibás. Ahogy megvan a tanúsítvány, általában azonnal mehetnek vizsgálni, sőt, 2-es szint megszerzése esetén felelősségteljesen dönteni. Nemet mondani nem szokás, mert fontos a munkahely.

Az oktatók tapasztalata az, hogy a képzési idő rövideje miatt nagyon nehéz teljes egészében leoktatni a tananyagot. A képzéshez szükséges minimum óraszámokat (az MSZ EN ISO 9712:2012 szerint) az 1. táblázat foglalja össze. A táblázatban látható óraszámok azt feltételezik, hogy a tanulók rendelkeznek a szükséges matematikai tudással és az előzetes anyag- és eljárásismerettel. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor a tanúsító testület kiegészítő szakképzést követelhet meg. Sajnos ez jellemzően nem valósul meg.

1. táblázat. A roncsolásmentes vizsgáló képzés minimális óraszámjai

Roncsolásmentes vizsgálati eljárás		1. szint (óraszám)	2. szint (óraszám)	3. szint (óraszám)
AT		40	64	48
ET		40	48	48
LT	B - Nyomáskülönbségen alapuló	24	32	32
	C – Jelzőgáz	24	40	40
MT		16	24	32
PT		16	24	24
ST		16	24	20
TT		40	80	40
RT		40	80	40
UT		40	80	40
VT		16	24	24

Bartos Zoltán, MAROVISZ,
bartos.zoltan@szemelytanusitas.hu
Skopál István, MAOVISZ, skopal.i@marovisz.hu

A tapasztalat azt mutatja, hogy több esetben a megkövetelt ipari roncsolásmentes vizsgálati

jártassággal sem rendelkeznek a tanulók. A beiskolázó cégek „természetesen” leigazolják a jártasságot, de annak hiányát csak az oktatáson lehet észrevenni. Ez sajnos nagyon hátráltatja az oktatást, mert az egyébként is szűkös időtartam miatt igen nehéz az ilyen tanulók felzárkóztatása.

Egy másik komoly probléma, hogy egy adott oktatáson belül, az 1-es és 2-es szintre jelentkezettek egyszerre vesznek részt. Ehhez hasonló problémával nézünk szembe akkor, amikor az a tanuló, aki idevágó tárgyban végzett, vagy legalább két évet teljesített szakirányú mérnöki vagy tudományos tanulmányokból műszaki főiskolán vagy egyetemen, az 1-es szint kihagyásával rögtön a 2-es szintre jelentkezik.

Összegezve az előzőekben leírtakat, kijelenthető, hogy a roncsolásmentes vizsgáló szakemberek oktatásának és vizsgáztatásának minősége ma nem éri el a kívánt szintet.

A JÖVŐ ÚTJA

A MAROVISZ megalakulásától fogva küldetésének tekinti annak elősegítését, hogy a hazai roncsolásmentes vizsgálat színvonala közeledjen az európai színvonalhoz és ezzel hozzájáruljon a magyar gazdaság teljesítőképességének a javulásához. Ezzel teljes összhangban van a Szövetség azon célkitűzése, hogy lehetőségei keretén belül magasabb színvonalra emeli mind a képzést mind a minősítést (vizsgáztatást). E célok teljesítése érdekében a MAROVISZ a következőket tette az elmúlt időszakban:

- Részt vett az Európai Bizottság által szponzorált Leonardo projektben, melynek célja, hogy korszerű, átfogó, magyar nyelvű tananyagok kerüljenek a képzőkhöz és rajtuk keresztül a tanulókhöz.
- Létrehozta személytanúsítási rendszerét és megszerezte a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) akkreditációját.

A LEONARDO PROJEKT

Az ICNDT, a roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozók világszervezete harminc évvel ezelőtt javaslatot tett közzé, ami alapját képezte a néhány évvel később megjelent, a személyzet minősítésére és a minősítés tanúsítására vonatkozó ISO 9712 jelű szabványnak, valamint a húsz év múltán kiadott, a minősítésre felkészítő tanfolyamok ajánlott tematikáit tartalmazó ISO/TR 25107 jelű műszaki irányelvnek. Európa is követte a trendet: a CEN, az Európai Szabványosítási Bizottság kidolgozta az EN 473 szabványt és változtatás nélkül átvette a tematikai irányelvet. A minősítés és tanúsítás szabályozása terén a harmonizáció 2012-ben lett teljes, ekkorra született meg – több

érdekelt fél, elsősorban az ipari szereplők szorgalmazása nyomán – az egyesített EN ISO 9712, ami 2013 végétől magyar szabványként is érvénybe lépett.

Az EN ISO 9712 szabvány részletesen szabályozza magát a tanúsítási folyamatot és tartalmaz néhány formális előírást a szükséges képzésekkel, valamint a minősítő vizsgákkal kapcsolatban. A képzések és a vizsgák szakmai tartalmát és színvonalát azonban nem határozza meg kellő mélységgel. Márpedig világos, hogy a vizsgáló személyzet kompetenciái mindaddig jelentősen eltérőek lehetnek országról-országra, amíg legalább a képzések szakmai minimumát nemzetközileg elfogadott módon nem rögzítik. A kép teljességéhez természetesen hozzátartozik a többi feltétel teljesülése is (a vizsgálók jártassága, a vizsgák szintje, a tanúsítások komolysága, stb.). Nagy előre lépés volt a tematikai irányelvek megjelenése, amelyek támpontot nyújtanak mind az oktatóknak és a tanulóknak, mind a tanúsító testületeknek. Különösen az utóbbiak számára fontos ez, mert az ő felelősségük, hogy milyen szakmai tartalmú tanfolyam (igazolt) elvégzését fogadják el a tanúsításra jelentkezőktől.

Az európai szinten harmonizált képzések irányába tett igen fontos lépésnek ítéelhetjük meg azt a kezdeményezést, ami azzal a célkitűzéssel született – az irányelveket is megelőzve – hogy az Európában tanúsított anyagvizsgálók kompetenciái gyakorlatilag azonos szintűek legyenek. Ennek jegyében négy EU tagállam – Spanyolország, Franciaország, Németország és az Egyesült Királyság – szakemberei didaktikai útmutatókat, tanfolyami kézikönyveket és egy tanári segédletet állítottak össze a roncsolásmentes vizsgálókat a minősítő vizsgákra felkészítő oktatáshoz. Mivel ez – mint a szakemberek akadálymentes mozgását is elősegítő program – jól illeszkedett az egységes európai piacként megfogalmazott, átfogóbb célhoz, a tananyagfejlesztés a „Európai Képzési Program Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítéséhez” (angol rövidítéssel „PROQUALINDT”) nevű Leonardo da Vinci projekt keretében zajlott le.

Ennek a sikeresen lezárult projektnek a logikus folytatásaként 2011 őszén kezdetét vette egy második, „Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítése – Európai Képzési Program Továbbadása” (röviden: „TRANSFER PROQUALINDT”) elnevezésű Leonardo projekt. A cél az Unió szemszögéből nézve az volt, hogy az első projekt eredményeit további európai országoknak adják át. A pályázó országok – pontosabban azok roncsolásmentes vizsgálati szövetségei – szempontjából pedig az, hogy csatlakozhassanak a közös képzési programhoz és honosíthassák

annak dokumentumait. A MAROVISZ a portugál, a cseh és a horvát szövetség társaságában vett részt a munkában, amelyben a fő szerepet a két projekt szakmai kapcsolatát biztosító és a dokumentumok frissítésért felelős spanyol szövetség játszotta.

A projekt sikeres, hazai lebonyolítása érdekében a MAROVISZ egy ötfős munkacsoportot alakított ki, amely nagy tudású és széles látókörű hazai anyagvizsgálókból állt, akik hosszú évek tapasztalatával rendelkeznek a személyzet képzése és tanúsítása területén is. Az ő feladatuk volt egyes, meglévő dokumentumok véleményezése és a megújított verziók felülvizsgálata, valamint az együttműködés a nemzetközi partnerekkel. A „TRANSFER PROQUALINDT” projekt, ami egyébként – csakúgy, mint az előző – öt vizsgálati eljárásra (ET, MT, PT, RT és UT) terjedt ki, 2013 végén zárult le.

A Leonardo projekt eredményeként a következő oktatási anyagok állnak ma rendelkezésünkre. Mind az öt vizsgálati eljárás oktatásához készült egy-egy *didaktikai (módszertani) útmutató*. Az útmutatók meghatározzák az anyagvizsgáló képző tanfolyam általános és az adott eljárásra vonatkozó céljait, a tanulókkal szembeni előzetes elvárásokat, megadják az úgynevezett didaktikai egységeket, azaz a tantárgyakat, az oktatáshoz javasolt segédeszközöket, beleértve a szakirodalmat is és a tanfolyam eredményességét értékelő eljárásokat.

A *tanfolyami kézikönyvek* 12, radiográfia esetében 14 fejezetben foglalják össze az egyes vizsgálati eljárásokkal kapcsolatos, elméleti tananyagot. Minden fejezet egy-egy didaktikai egységnek, azaz egy-egy tantárgynak felel meg, tehát a kézikönyvek is összhangban vannak a műszaki irányelvvel. A kézikönyveknek vannak olyan fejezeteik, amelyek mind címükben, mind tartalmukban eljárásfüggetlenek, ilyenek az 1., a 6. és a 10. fejezetek. Ki kell emelni a több mint 200 oldalas terjedelménél fogva külön kiadványként kezelt 6. fejezetet, ami szintén fontos hozadéka a második Leonardo projektnek. Sok ábra kíséretében ismerteti a vaskohászat és a fémek mechanikai viselkedésének alapjait, a különféle gyártási folyamatokat és az azok során jellemzően keletkező folytonossági hiányokat, továbbá az üzemelő berendezések tipikus károsodásait. Foglalkozik a kompozit anyagokkal és azok hibáival is, ami újdonság lesz a hazai képzésben.

A tananyagok korszerűségét olyan technikák tárgyalása fémjelzi, mint a fázisvezérelt, a szóródó hullámok futásidejének mérésén alapuló (TOFD, Time-Of-Flight Diffraction) és a nagy hatótávolságú (LRUT, Long-Range Ultrasonic Testing) ultrahangos vizsgálat, a digitális radiográfia, az elektron-

gyorsítóval előállított röntgensugárzás, a (térérzékelő szonda alkalmazásával végzett) szórt fluxusú mágneses vizsgálat, a frekvencia-szkenneléssel vagy az impulzus üzemi gerjesztéssel végzett örvényáramú vizsgálat. De említésre érdemesek olyan, kisebb horderejű témák is, mint például a LED-es lámpák használata vagy a mágnesezhető poros indikáció hosszának és észlelési valószínűségének a kapcsolata. Az egyes minősítési szintekhez rendelt tananyagokat bekezdésenként eltérő oldalszegélyek különítik el egymástól, kivéve a 3-as szintű radiográfiai képzést, melyhez önálló kézikönyv készült. Az 1. ábra példaként egy didaktikai útmutató és egy tanfolyami kézikönyv fedőlapját mutatja.

A didaktikai útmutatókon és a tanfolyami kézikönyveken túl *tanári útmutató* segíti az oktatókat az elméleti és gyakorlati képzések megtartásában, mint például a különböző szinten lévő tanulók képzése, a tanfolyam során naponta elvégzendő értékelések lefolytatása. A tanári útmutató segíti az oktatókat abban is, hogy azonos stílusban tartsák meg a képzéseket, a megszokott vagy annál is jobb minőségben. Az útmutató tanácsokat ad a képzési központok felszerelésére, valamint a didaktikai útmutatók és a többi képzési anyag használatára vonatkozóan. Az, hogy a jövőben az oktatók egy ilyen segédletet is kézbe vehetnek, már önmagában is elősegítheti a hazai anyagvizsgáló képzés színvonalának emelkedését.

Az új képzési anyagok tulajdonosa a MAROVISZ. Ezeket be kell vezetni a napi használatba, ami nem zökkenőmentes. Elmondhatjuk azonban, hogy az oktatóhelyek többsége megértette és magáévá tette a Szövetség célkitűzését, és oktatását a jövőben a Leonardo tananyagok alapján fogja végezni.

A SZEMÉLYTANÚSÍTÁSI RENDSZER KIÉPÍTÉSE

A vizsgáló személyek képzését, minősítését és tanúsítását vagy teljes egészében vagy a minősítésre és tanúsításra szűkítve, a világban általában a nemzeti roncsolásmentes vizsgáló szervezetek végzik. Ezzel szemben Magyarországon 1996-tól a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés (MHtE) volt gyakorlatilag az egyetlen tanúsító szervezet. A MAROVISZ döntése ezt a *status quo*-t változtatta meg.

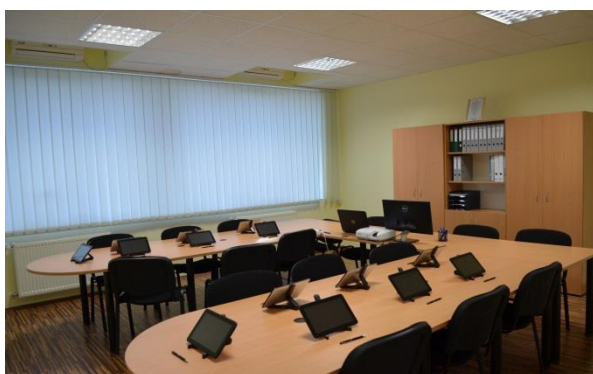
Több éves előkészítő munka eredményeként kialakítottuk a szükséges személyi, tárgyi és adminisztratív feltételeket, majd 2014 elején elkezdtük a minősítő és tanúsító rendszerünk működtetését. A MAROVISZ Személytanúsító Testületet (iroda és vizsgaközpont) nem tudtuk a jelenlegi székhelyünk épületében elhelyezni, ezért egy erre alkalmas és nagyon jól megközelíthető iroda-

házban (Budapest, Üllői út 206) alakítottuk ki. Itt lehetőség van egy időben akár 24 fő gyakorlati vizsgájának a lebonyolítására. Az elméleti vizsgázató termék akár 100 főt is alkalmasak egy időben fogadni. A gyakorlati vizsgákhoz biztosítottak a vizsgadarabok, valamint a kalibrált vizsgáló eszközök. Természetesen ezek köre folyamatosan

bővül. Sikerült olyan számítástechnikai rendszert kiépíteni, amely a vizsgára jelentkező regisztrációjától a tanúsítvány kiállításáig kezeli az adatokat. A 2. ábra az elméleti vizsga lebonyolítására berendezett termet és a gyakorlati vizsga termet mutatja.



1. ábra. Leonardo didaktikai útmutató és tanfolyami kézikönyv fedőlapja



2. ábra. A MAROVISZ vizsgaközpont elméleti (baloldali kép) és gyakorlati vizsgaterme (jobboldali kép)



3. ábra. A MAROVISZ akkreditációs okirata roncsolásmentes vizsgáló személyek tanúsítására

A működő rendszer megfelelőségét a NAT megvizsgálta és megfelelőnek minősítette. Ennek eredményeként a MAROVISZ 2014 augusztusában akkreditált státuszt szerzett a roncsolásmentes vizsgálatot végző személyek tanúsítására. A 3. ábrán az akkreditációs okirat másolata látható.

Az új képzési anyag miatt új vizsgáztatási rendszerre volt szükség, amely rendszer természetesen illeszkedik az ISO/TR 25107 műszaki irányelvhez, csak úgy, mint a képzési anyag. Itt első sorban a Leonardo tankönyvek alapján készített szóbeli és tesztkérdésekre gondolunk.

Az volt a koncepciónk, hogy ha már új rendszert építünk, akkor az legyen a kor követelménye-

inek megfelelő modern számítástechnikai rendszer, amely képes komoly adatbázis létrehozására és kezelésére. A MAROVISZ Személytanúsítási Testület számítástechnikai rendszerének a használata regisztráció köteles. A regisztráció után mindenki egyedi azonosító számot (ID) kap. Ameddig a rendszer üzemel, addig a kiadott ID senki más számára nem adható ki még egyszer. Ezzel a regisztrációval minden regisztrált tárhelyet kap, ahol a tanúsításhoz szükséges dokumentumokat tárolhatja és frissítheti. A regisztráció nem kötelező vizsgára. A rendszert a Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság adatvédelmi nyilvántartásba vette és felügyeli.

A regisztráció után, a vizsgára jelentkezés alkalmával kerül sor a még hiányzó adatok és do-

kumentumok megadására, illetve a rendszerbe való feltöltésére. A rendszer a jelentkezési lapot automatikusan kitölti. Természetesen abban az esetben, ha a jelentkező nem rendelkezik számítástechnikai eszközökkel (ez ritka, de még előfordulhat), az iroda elvégzi a regisztrálást a jelentkező helyett. A vizsgák során egy ún. QR kód azonosítja a vizsgázót és rendeli hozzá a rendszerhez. Ez a kód csak a vizsga indításától a vizsga lezárásáig aktív.

Alaphelyzetben a vizsga táblagépen történik, de lehetőséget biztosítunk papír alapon történő teszt vizsga kitöltésre. Eddigi tapasztalatunk az, hogy azok, akik idegenkedtek a táblagép használatától, de megpróbálták így a vizsgát, igen hamar megszokták. A teljes vizsga zárt és beavatkozás mentes. Ez azt jelenti, hogy a vizsgára való jelentkezések lezárásával a rendszer automatikusan legenerálja a vizsga dokumentációt, kiosztja a véletlenszerű teszteket (nincs ismétlődés, mindenki más kérdést kap) és a gyakorlati vizsgadarabokat. A számítástechnikai rendszer azonnal értékeli is, ahogy a vizsgázó úgy dönt, hogy befejezte a vizsgát. Az automatikus értékelés a gyakorlati vizsgára nem vonatkozik. Az adatbázis lehetővé teszi az archiválást, lekérdezéseket, statisztikák készítését. A rendszer figyeli a tanúsítványokkal kapcsolatos lejáratú időpontokat és értesítést küld a tulajdonosnak.

A rendszer egyéb előnyökkel is jár. Ilyenek például a következők:

- A jelöltek szabadon megválaszthatják a vizsgájuk időpontját, ugyanis a vizsgáztatás nem eljárás függő. A felkészülésre mindenki annyi időt szánhat, amennyire szüksége van.
- Lehetősége van a vizsgázónak, hogy egy nap alatt letegye a gyakorlati és az elméleti vizsgát.
- Az elméleti vizsgáztatás nem létszám függő, akár száz jelölt is vizsgázhat egy időpontban.
- Lehetőség van kihelyezett tanfolyam esetén helyszíni vizsgáztatásra.
- Lehetőséget biztosítunk tudásszint felmérésre a tanfolyam megkezdése előtt, főként azoknak, akik 1-es szint kihagyásával rögtön 2-es szintű tanfolyamra jelentkeznek.
- Sávós vizsgáztatási rendszerrel dolgozunk, ami azt jelenti, hogy az ipari és termékterületek számától függ a vizsgadíj. Ez remélhetőleg arra ösztönzi a beiskolázókat, hogy csak a szükséges területekre szereztessék meg a tanúsítványt az általuk küldött tanulókkal, ami annál is inkább fon-

tos, mert ha nem tudják hitelesen igazolni, hogy alkalmazottjuk az adott területen dolgozik, akkor a tanúsítvány az adott területe érvénytelenné válik.

Személytanúsító szervezetként történt akkreditálását követően a MAROVISZ jelezte az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Föderáció (EFNDT) felé csatlakozási szándékát a „Roncsolásmentes vizsgáló személyzet tanúsítási rendszerek többoldalú elismerésének megállapodásához” (Agreement for EFNDT Multilateral Recognition of NDT Personnel Certification Schemes, röviden MRA). Az EFNDT illetékes bizottsága megvizsgálta a kérdést és pozitívan bírálta el. Az MRA-hoz való csatlakozás előnye, hogy az általunk kibocsátott tanúsítványokat minden további nélkül elfogadják azokban az európai országokban, amelyeknek szövetségei aláírták a megállapodást.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekben bemutattuk azokat a tevékenységeket, amelyeket a MAROVISZ az elmúlt évek során végzett, és amelyekkel a hazai roncsolásmentes vizsgálat színvonalának emeléséhez kíván hozzájárulni. Ez a folyamat a vizsgálatot végző személyek képzésére és minősítésére koncentrált.

Meggyőződésünk, hogy a Leonardo projekt eredményeként elkészült oktatási anyagok alkalmazása és az ezzel összhangban felépített, ezt kiszolgáló minősítési rendszer emelni fogja a vizsgálók tudásszintjét és ezzel hozzájárul a szakma általános színvonalának is az emeléséhez.

Mind a képzéssel, mind a vizsgáztatással (beleértve annak technikai megvalósítását is) olyan szintet értünk el, amivel nem vallunk szégyent európai összehasonlításban sem. Mindkét rendszert folyamatosan karbantartjuk és fejlesztjük.

A MAROVISZ által kibocsátott tanúsítványokat minden további nélkül elfogadják azokban az európai országokban, amelyeknek szövetségei aláírták az MRA megállapodást

Bízunk abban, hogy a hazai szakma egésze megérti törekvéseinket és támogatja a Szövetség e munka folytatásában.

OKTATÁS

TRAINING

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓK EURÓPAI KÉPZÉSI PROGRAMJA EUROPEAN TRAINING PROGRAM FOR NDT PERSONNEL

SKOPÁL ISTVÁN, DÓCZI MIKLÓS, FÜCSÖK FERENC, LUKOVITS LÁSZLÓ, MÉHÉSZ ISTVÁN, TRAMPUS PÉTER

Kulcsszavak:

Keywords:

ÖSSZEFOGLALÁS

A tavalyi év végén lezárult a „Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítése – Európai Képzési Program Továbbadása” című Leonardo- projekt, amelynek munkájában a MAROVISZ is részt vett – a cseh, a horvát, a portugál és a spanyol nemzeti roncsolásmentes vizsgálati szövetséggel együtt. A projekt eredményeként a résztvevők megújították és honosították az angol, francia, német és spanyol szakemberek által egy évtizeddel ezelőtt – folyadékbehatolásos, mágnesezhető poros, örvényáramos, ultrahangos és radiográfiai képzésekhez – kifejlesztett tananyagokat és didaktikai útmutatókat. A frissített képzési programok tartalmazzák a legutóbbi években egyre szélesebb körben napi gyakorlattá vált új vizsgálati technikákat is, mint például a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat vagy a digitális radiográfia. Az új tananyagokat várhatóan ez év szeptemberétől kezdve alkalmazzák majd a képző intézmények.

ABSTRACT

At the end of the last year, the Leonardo project named „Transferring European Training Programme for the Qualification of NDT Personnel” has been finished. MAROVISZ, together with the Czech, the Croatian, the Portugal and the Spanish national NDT societies, participated in this project. As the result of the project, the study manuals and didactic guides developed by English, French, German and Spanish experts for penetrant, magnetic particle, eddy-current, ultrasonic and radiographic testing training courses a decade ago have been renewed and translated to partner's languages. All the training programmes updated comprise the new testing techniques became part of the every day practice during the last ten years, such as phased-array ultrasonic testing and digital radiography. As it is planned, the new training materials will be applied at the training centres from September of 2014.

MAROVISZ Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség :skopal.i@marovisz.hu; doczimiklos@tolna.nat; ffucsook@mailbox.hu; luko@t-online.hu; meheszistvan1958@gmail.com; trampusp@trampus.axelero.net

1. BEVEZETÉS

A roncsolásmentes vizsgálatok minőségének, megbízhatóságának – végezzék azokat akár termékgyártás, akár üzemelő berendezések ellenőrzése során – igen komoly gazdasági és környezeti következményei lehetnek. Gondoljunk csak, például, egy vasúti sín törésére vagy egy nyomástartó edény felszakadására. Ráadásul, a mára már egész életünket átható világgazdasági jelenség, a globalizáció eredményeként ezek a következmények a vizsgálat helyétől távol, határon és kontinenseken túl is jelentkezhetnek. Elvárható, sőt hosszabb távon gazdaságilag szükségszerű tehát, hogy a termékek minőségét és a különféle veszélyes üzemek biztonságát szerte a világon megbízható roncsolásmentes vizsgálatokkal szavatolják. Fontos az is, hogy a vizsgálatok eredményét széles körben kölcsönösen elfogadják.

A problémát már évtizedekkel ezelőtt felismerték, és a (természetesen a kor technikai színvonalának megfelelő) jó gyakorlatok nemzetközi meghonosítását és elterjesztését szabványosítással (ISO = International Organization for Standardization) és ajánlások megfogalmazásával (ICNDT = International Committee for Non-destructive Testing) igyekeztek elérni. Ezen belül a kezdetektől fogva külön figyeltek az emberi tényezőre, belátva, hogy megbízható vizsgálatokat csak jól képzett, gyakorlott és – tegyük hozzá, mert lényeges – elkötelezett személyzet végezhet. Ahhoz pedig, hogy a világ valamely pontján elvégzett vizsgálat eredményében sehol másutt ne kételkedjenek, ne legyen állandó igény a vizsgálatok megismétlésére, szükségesnek találták a vizsgáló személyzet nemzetközileg harmonizált szabályok szerinti minősítését és tanúsítását. Mi több, a képzés – legalább is a képzés minimális tartalmának – harmonizálására is gondoltak.

Az ICNDT, a roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozók világsszervezete harminc évvel ezelőtt tette közzé az ezekre vonatkozó, WH-85 jelű javaslatát [1], ami alapját képezte a néhány évvel később megjelent, a személyzet minősítésére és a minősítés tanúsítására vonatkozó ISO 9712 jelű szabványnak [2], valamint a húsz év múltán kiadott, a minősítésre felkészítő tanfolyamok ajánlott tematikáit tartalmazó ISO/TR 25107 jelű műszaki

irányelvnek [3]. Európa, az Európai Unió is követte a trendet: a CEN (Comité Européen de Normalisation) kidolgozta az EN 473-as szabványt [4] és változtatás nélkül átvette a tematikai irányelvi irányelvet [5]. A minősítés és tanúsítás szabályozása terén a harmonizáció 2012-ben lett teljes, ekkorra született meg – több érdekelt fél, elsősorban az ipari szereplők szorgalmazása nyomán – az egyesített EN ISO 9712 [6], ami az év végétől magyar szabványként is érvénybe lépett.

2. A „PROQUALINDT” PROJEKTEK

A roncsolásmentes vizsgálók minősítésére és tanúsítására vonatkozó EN ISO 9712 (az elődjeihez hasonlóan) részletesen szabályozza magát a tanúsítási folyamatot és tartalmaz néhány formális előírást a szükséges képzésekkel, valamint a minősítő vizsgákkal kapcsolatban. A képzések és a vizsgák szakmai tartalmát és színvonalát azonban nem határozza meg kellő mélységgel. Márpedig világos, hogy a vizsgáló személyzet kompetenciái mindaddig jelentősen eltérőek lesznek/lehetnek országról-országra, amíg legalább a képzések szakmai minimumát nemzetközileg elfogadott módon nem rögzítik. (Természetesen nem feledkezhetünk meg a többi feltételről – a vizsgálók jártassága, a vizsgák szintje, a tanúsítások komolysága, stb. – sem, de ezek a témák messze túlmutatnak a mostani előadás keretein.)

Nagy előre lépés volt az említett irányelvek megjelenése, melyek – bár az egyes vizsgálati eljárásokhoz és minősítési szintekhez tartozó tematikákat nem dolgozták ki az elvárható részletességgel – támpontot nyújthatnak mind az oktatóknak és hallgatóknak, mind a tanúsító testületeknek. Különösen az utóbbiak számára fontos ez, mert az ő felelősségük, hogy milyen szakmai tartalmú tanfolyam (igazolt) elvégzését fogadják el a tanúsításra jelentkezőktől.

Talán még nagyobb, a harmonizált képzések irányába tett lépésnek ítélnék meg azt a kezdeményezést, ami azzal a célkitűzéssel született – az irányelveket is megelőzve – hogy az Európában tanúsított anyagvizsgálók kompetenciái gyakorlatilag azonos szintűek legyenek. Ennek jegyében négy EU tagállam – Spanyolország, Franciaország, Németország és az Egyesült Királyság – szakemberei didaktikai útmutatókat, tanfolyami kézikönyveket és egy tanári segédletet állítottak össze azon tanfolyamokhoz, amelyek roncsolásmentes anyagvizsgálókat a minősítő vizsgákra hivatottak felkészíteni. Mivel ez – mint a szakemberek akadálymentes mozgását is elősegítő program – jól illeszkedett az egységes európai piacként megfogalmazott, átfogóbb célhoz,

a tananyagfejlesztés a *„Európai Képzési Program Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítéséhez”* (angol rövidítéssel *„PROQUALINDT”*) nevű Leonardo-projekt keretében zajlott le.

Ennek logikus folytatásaként 2011 őszén kezdetét vette egy második, *„Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítése – Európai Képzési Program Továbbadása”* (röviden: *„TRANSFER PROQUALINDT”*) elnevezésű Leonardo-projekt. A cél az Unió szemszögéből nézve az volt, hogy az első projekt eredményeit további európai országoknak adják át. A pályázó országok – pontosabban azok roncsolásmentes vizsgálati szövetségei – szempontjából pedig az, hogy csatlakozhassanak a közös képzési programhoz és honosíthassák annak dokumentumait. A MAROVISZ a portugál, a cseh és a horvát szövetség társaságában vett részt a munkában, amelyben a fő szerepet a két projekt szakmai kapcsolatát biztosító és a dokumentumok frissítésért felelős spanyol szövetség (AEND) játszotta.

A projekt sikeres, hazai lebonyolítása érdekében a MAROVISZ egy ötfős munkacsoportot alakított ki, amely nagy tudású és széles látókörű hazai anyagvizsgálókból állt, akik hosszú évek tapasztalatával rendelkeznek a személyzet képzése és tanúsítása területén is. Az ő feladatuk volt egyes, meglévő dokumentumok véleményezése és a megújított verziók felülvizsgálata, valamint az együttműködés a nemzetközi partnerekkel. Mivel a magyar nyelvű képzési anyagok előállításának elengedhetetlen kelléke a szakmai, szaknyelvi lektorálás, ezért kiválasztásuk során angol nyelvismeretük is fontos szempont volt.

A *„TRANSFER PROQUALINDT”* projekt, ami egyébként – csakúgy, mint az előző – öt vizsgálati eljárásra (ET, MT, PT, RT és UT) korlátozódott, 2013 végén zárult le. Jelenleg a magyar nyelvű tananyagok további szakmai ellenőrzése folyik, az öt eljárás aktív oktatóinak bevonásával.

3. AZ EURÓPAI KÉPZÉSI PROGRAM DOKUMENTUMAI

3.1.1 DIDAKTIKAI ÚTMUTATÓK

Mind az öt vizsgálati eljárás oktatásához készült egy-egy didaktikai útmutató. Amint az a tartalomjegyzékből (lásd következő oldal) kiolvasható, az útmutatók meghatározzák az anyagvizsgáló képző tanfolyam általános és az adott eljárásra vonatkozó céljait, a tanúsításra aspiráló hallgatókkal szembeni előzetes elvárásokat, megadják az úgynevezett didaktikai egységeket, azaz a tantárgyakat, az oktatáshoz javasolt segédeszközöket, beleértve a

szakirodalmat is és a tanfolyam eredményességét értékelő eljárásokat. Végül, a 7.-9. fejezetben, részletesen ismertetik, milyen kompetenciákat kell megszerzniük a hallgatóknak az egyes tantárgyak oktatása során, és ehhez milyen eszközöket célszerű igénybe venniük a tanároknak. Mindezt minősítési szintenkénti bontásban tartalmazzák ezek a dokumentumok.

Az 1-es, 2-es, 3-as és 6-os fejezet összhangban van az EN ISO 9712-es szabvánnyal, helyenként szó szerint ismétlik annak megfelelő pontjait.

A 4-es fejezet pedig – és ezt a projekt egyik lényeges eredményének tekinthetjük – követi az ISO/TR 25107-es műszaki irányelvben az adott eljáráshoz ajánlott tematikát. Ezzel egységesen a már évek óta sokak által használt silabuszokhoz igazítottuk a didaktikai útmutatókat és velük együtt természetesen a tanfolyami kézikönyvek – a tananyagok – tartalmát is. Bár a projekt keretében a résztvevők nem állapodtak meg javasolt óraszámokról, fontosnak tartjuk, hogy a honosított útmutatókban feltüntessük a műszaki irányelvben szereplő időtartamokat.

A következőekben az örvényáramú vizsgálathoz tartozó útmutató fedlapja, a projekt és a résztvevő roncsolásmentes vizsgálati szövetségek logóival, valamint az útmutatók tartalomjegyzéke látható.

1. BEVEZETÉS A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOKBA
 - 1.1 1-ES SZINT
 - 1.2 2-ES SZINT
 - 1.3 3-AS SZINT
- 2 CÉLKITŰZÉS
 - 2.1 1-ES SZINT
 - 2.2 2-ES SZINT
 - 2.3 3-AS SZINT
- 3 A HALLGATÓKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK
 - 3.1 FIZIKAI ÁLLAPOT
 - 3.2 ELŐISMERETEK
- 4 DIDAKTIKAI EGYSÉGEK
- 5 FELSZERELÉSEK
 - 5.1 ESZKÖZÖK ÉS ANYAGOK
 - 5.2 OKTATÁSI SEGÉDESZKÖZÖK
 - 5.3 BIBLIOGRÁFIA

6 VÉGSŐ ÉRTÉKELES

- 6.1 1-ES SZINT
- 6.2 2-ES SZINT
- 6.3 3-AS SZINT
- 6.4 ELÉGEDETTSÉG-MÉRÉS

7 DIDAKTIKAI EGYSÉGEK - 1-ES SZINT

8 DIDAKTIKAI EGYSÉGEK - 2-ES SZINT1.....

9 DIDAKTIKAI EGYSÉGEK - 3-AS SZINT



3.2 TANFOLYAMI KÉZIKÖNYVEK

A tanfolyami kézikönyvek 12, radiográfia esetében 14 fejezetben foglalják össze az egyes vizsgálati eljárásokkal kapcsolatos, elméleti tananyagot. Minden fejezet egy-egy didaktikai egységnek, azaz egy-egy tantárgynak felel meg, tehát a kézikönyvek is összhangban vannak a műszaki irányelvvel.

Az alábbiakban a mágnesezhető poros vizsgálat kézikönyvének fedlapja és tartalomjegyzéke látható.



1. BEVEZETÉS A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOKBA
2. BEVEZETÉS, A MÁGNESEZHETŐ POROS VIZSGÁLATOK TÖRTÉNETE ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETE
3. FIZIKAI ELVEK
4. MÁGNESES TEREK KELTÉSE
5. A MÁGNESEZHETŐ POROS VIZSGÁLATOK RENDSZERE
6. TERMÉKISMERET ÉS TIPIKUS FOLYTONOSSÁGI HIÁNYOK
7. AZ INDIKÁCIÓK MINŐSÍTÉSE ÉS ÉRTELMEZÉSE
8. REFERENCIA DOKUMENTUMOK ÉS VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYVEK
9. ÉRTÉKELÉS
10. MINŐSÉGI SZEMPONTOK
11. KÖRNYEZETI ÉS BIZTONSÁGI FELTÉTELEK
12. FEJLESZTÉSEK

A kézikönyveknek vannak olyan fejezeteik, amelyek mind címükben, mind tartalmukban eljárás-függetlenek, ilyenek az 1., a 6. és a 10. fejezetek. Természetesen vannak azonos témájú, tehát azonos című, de eljárás-specifikus tartalmú fejezetek is, például a 3., a 8. a 11. és a 12.

Ki kell emelni a több, mint 200 oldalas terjedelménél fogva külön kiadványként kezelt 6. fejezetet, ami szintén fontos hozzáadéka a második

Leonardo-projektnek. Sok ábra kíséretében ismerteti a vaskohászat és a fémek mechanikai viselkedésének alapjait, a különféle gyártási folyamatokat és az azok során jellemzően keletkező folytonossági hiányokat, továbbá az üzemelő berendezések tipikus károsodásait. Foglalkozik a kompozit anyagokkal és azok hibáival is, ami újdonság lesz a magyarországi képzésben. A 6. fejezet tartalomjegyzéke a következő:

- 6.1. METALLURGIAI ALAPISÉMRETEK
- 6.2. A VIZSGÁLATOK TÍPUSAI
- 6.3. A FÉMEK SZERKEZETE ÉS RÁCSHIBÁK
- 6.4. AZ ANYAGOK MECHANIKAI JELLEMZŐI
- 6.5. VASÖTVÖZETEK
- 6.6. GYÁRTÁSI FOLYAMATOK ÉS JÁRULÉKOS HIBÁK
 - 6.6.1. ÖNTÉS
 - 6.6.2. ÖNTÉS SORÁN KELETKEZŐ HIBÁK
 - 6.6.3. ALAKÍTÁS
 - 6.6.4. ALAKÍTÁS SORÁN KELETKEZŐ HIBÁK
 - 6.6.5. GÉPI MEGMUNKÁLÁSOK
 - 6.6.6. GÉPI MEGMUNKÁLÁS SORÁN JELENTKEZŐ HIBÁK
 - 6.6.7. HEGESZTÉSI ELJÁRÁSOK
 - 6.6.8. HEGESZTÉS SORÁN KELETKEZŐ HIBÁK
 - 6.6.9. KORROZIÓS FOLYAMATOK
 - 6.6.10. ÜZEMELES
 - 6.6.11. ÜZEMELES KÖZBEN KIALAKULÓ FOLYTONOSSÁGI HIÁNYOK
 - 6.6.12. SZÉNSZÁLAS KOMPOZIT ANYAGOK VIZSGÁLATA
 - 6.6.13. KOMPOZIT ANYAGOK HIBÁI

A tananyagok korszerűségét olyan technikák tárgyalása fémjelzi, mint a fázisvezérelt, a szóródó hullámok futásidejének mérésén alapuló (TOFD = Time-Of-Flight Diffraction) és a nagy hatótávolságú (LRUT = Long-Range Ultrasonic Technique) ultrahangos vizsgálat, a digitális radiográfia, az elektrongyorsítóval előállított röntgensugárzás, a (térérzékelő szonda alkalmazásával végzett) szórt fluxusú mágneses vizsgálat, a frekvencia-szkenneléssel vagy az impulzus üzemi gerjesztéssel végzett örvényáramú vizsgálat. De említésre érdemesek olyan, kisebb horderejű témák is, mint például a LED-es lámpák használata vagy a mágnesezhető poros indikáció hosszának és észlelési valószínűségének a kapcsolata.

Az egyes minősítési szintekhez rendelt tananyagokat – bekezdésként – eltérő oldalszegélyek különítik el egymástól, kivéve a 3-as szintű radiográfiai képzést, melyhez önálló kézikönyv készült.

3.3 TANÁRI ÚTMUTATÓ

Ez az útmutató segíti az oktatókat az elméleti és gyakorlati képzések megtartásában, a különböző előképzettségű és az ismereteket különböző sebességgel elsajátító hallgatók kezelésében, valamint a tanfolyam során naponta elvégzendő értékelések lefolytatásában. Segíti az oktatókat abban is, hogy azonos stílusban tartsák meg a képzéseket, a megszokott vagy annál is jobb minőségben. Az útmutató tanácsokat ad a képzési központok felszerelésére, valamint a didaktikai útmutatók és a többi képzési anyag használatára vonatkozóan.

Az, hogy a jövőben az oktatók egy ilyen segédletet is kézbe vehetnek, már önmagában is elősegítheti a hazai anyagvizsgáló képzés színvonalának emelkedését.

4. ÖSSZEFOGLALÓ

A MAROVISZ – annak a célkitűzésnek a jegyében, hogy előmozdítja a vizsgáló személyzet képzésének és minősítésének magasabb szakmai színvonalra emelését – részt vett az előbbieken vázolt Leonardo-projektben és annak keretében a kor igényeinek megfelelő képzési módszertani útmutatókat, tanári segédletet és tanfolyami kézikönyveket honosított. Amit eddig elértünk, annak a legnagyobb haszna alighanem az, hogy hosszú idő után végre ismét a teljes tananyagot felölelő, magyar nyelvű kézikönyvekkel (jegyzetekkel) támogathatjuk a tanfolyamok hallgatóságának felkészülését.

Tudatában vagyunk ugyanakkor annak, hogy törekvéseink csak akkor vezetnek eredményre, ha azokat az anyagvizsgálókat képző intézmények is támogatják. Ezért előkészítettünk egy velük kötendő megállapodást a képzési dokumentumok átadásának kölcsönösen előnyös feltételeiről. Ezzel kívánjuk biztosítani, hogy a roncsolásmentes vizsgáló személyzet képzése a jövőben – már ez év szeptemberétől – ezeknek az anyagoknak a felhasználásával folyjék.

A megállapodás keretében a MAROVISZ vállalja a dokumentumok karbantartását, az új vizsgálati technikáknak, szabványoknak és releváns jogi szabályozásoknak megfelelő, rendszeres frissítését.

A MAROVISZ egyúttal, a elmúlt két évben kialakította a személytanúsítás feltételrendszerét, és az MSZ EN ISO/IEC 17024-es szabvány szerinti, NAT általi akkreditáció küszöbön áll. A tanúsítás adminisztrációja és a tesztvizsga teljes mértékben internet alapú lesz, de megtartva a hagyományos tesztvizsga lehetőségét is. A tesztvizsga-kérdések a Leonardo-projekt keretében megszületett tananyagokra épülnek.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] ICNDT WH-85; The complete recommendation on international harmonization of training, qualification and certification of NDT personnel (ICNDT, Bécs, 1985)
- [2] ISO 9712:1992; Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel – General principles
- [3] ISO/TR 25107:2006; Non-destructive testing – Guidelines for NDT training syllabuses
- [4] EN 473:1993; Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel – General principles
- [5] CEN ISO/TR 25107:2006; Non-destructive testing – Guidelines for NDT training syllabuses
- [6] EN ISO 9712:2012; Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel

Az Európai Bizottság támogatást nyújtott ennek a projektnek a költségeihez.

Ez a közlemény a szerzők nézeteit tükrözi, és az Európai Bizottság nem tehető felelőssé az abban foglaltak bármilyen felhasználásáért.



Oktatásügyi és Kulturális Főigazgatóság

Az egész életen át tartó tanulás programja

BESZÁMOLÓK

ACCOUNTS

ESIS KONFERENCIA, MISKOLC, 2014. 11. 07

Az ESIS (European Structural Integrity Society), azaz az Európai Szerkezeti Integritás Társaság évtizedek óta aktívan működik, nagyjából 500 tagja van. Adminisztratív tevékenységét a közgyűlés irányítja, amelynek szavazó tagjai a nemzeti bizottságok képviselői (a nemzeti bizottságok minimális létszáma 10 fő). A szakmai munka műszaki bizottságokban (Technical Committee, TC) folyik. Műszaki bizottság működik például a következő területeken: rugalmas-képlékeny törésmechanika, mikro-mechanismusok, mérnöki anyagok kifáradása, polimerek és polimer kompozitok, keramikus anyagok, dinamikus törés és numerikus módszerek).

Hazánk érintett és érdeklődést mutató szakemberei 1980-ban alakították meg a Magyar Nemzeti Bizottságot (MNB-t) Czoboly Ernő vezetésével. Őt Tóth László váltotta 1994-ben. Az MNB (Tóth László) irányítása alatt működött sikeresen az oktatással és képzéssel foglalkozó műszaki bizottság (TC 13).



Az elmúlt időszakban személyi és egyéb okok miatt erodálódott a hazai bizottsági munka (az MNB létszáma 10 fő alá esett), ami egyúttal azt is jelentette, hogy az ESIS közgyűlés munkájában csak, mint megfigyelők vehettünk részt, szavunkat nem hallathattuk. Ennek a helyzetnek a tarthatatlanságát ismerte fel néhány érintett és határozta el az ESIS MNB újraélesztését és egyáltalán a szerkezeti integritás elemzésével kapcsolatos hazai tevékenység felpozícióját és – amennyiben erre megvan az igény, akkor – a jövőbeni koordinálását. Gondolkodásukat támogatta, hogy az országban három helyen és egyben a szakmai, tudományos élet három különböző pólusában jött létre szerkezeti integritással foglalkozó „intézmény”, úgymint a Bay-LOGI Szerkezeti Integritási Osztálya, a Miskolci Egyetem Szerkezeti Integritási

Tanszéke és az MTA egyik tudományos bizottságának Szerkezeti Integritási Albizottsága.



Ennek jegyében „ESIS konferencia” címmel tartotta közös rendezvényét az MTA Anyagtudományi és Technológiai Tudományos Bizottságának Szerkezeti Integritási Albizottsága és a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. A konferenciát a TÁMOP-4.2.3.-12/1/ konv-2012-058 jelű projekt szponzorálta. A konferencián nyolc előadás hangzott el. Egy-egy előadás tekintette át az ESIS tevékenységét általában és a Magyarországon történeteket (Tóth László), valamint vázolt fel egy hazai jövőképet (Trampus Péter). Három előadás járta körül a szerkezeti integritás fogalmakörét, beleértve annak az oktatásban elfoglalt helyét is (Tóth László, Lukács János és Trampus Péter). A konferencia második részét tudományos előadások tették ki (Szávai Szabolcs, Fekete Balázs, Rózsahegyi Péter és Krállics György), amelyek többsége szerkezeti anyagok fáradásával foglalkozott.

A konferencia zárásaként „kerekasztal” beszélgetésen vitatták meg a résztvevők az MNB újraélesztésének kérdését. Egyöntetű vélemény alakult ki arra vonatkozóan, hogy szükség van az MNB munkájára, és a jelenlévők támogatásukról biztosították Tóth Lászlót, az MNB vezetőjét (gyakorlatban ez azt jelenti, hogy befizetik az ESIS tagdíjat és így az MNB legálisan is működőképesnek vélik). Tóth László az MNB vezetésének tisztességét átadta Trampus Péternek, aki egyhangú támogatást kapott a jelenlévőktől. Trampus Péter azt vállalta, hogy újjászervezi az MNB munkáját, amihez jó alapot adhatnak a jelenlegi gazdasági környezet támasztotta igények (pl. új atomerőművi blokkok létesítése és más beruházások, felsőoktatás fejlesztése).

Tóth László, Trampus Péter

BÚCSÚZUNK NÁDAS ISTVÁNTÓL (1930 – 2014)

Búcsúzni jöttem Nádas Istvántól, a szakembertől, pályatárstól és baráttól. Búcsúzom szeretett szakmájának, a hegesztésnek művelői nevében, akik tisztelték szerettek, és élvezhették jóindulatát, segítő-készségét.

1963-ban találkoztam vele először, amikor Miskolcon beiratkoztunk a - Zorkóczy professzor úr által 1962-ben indított - Hegesztő szakmérnök képzésre. Az előadásokra és gyakorlatokra többnyire együtt utaztunk vele és Rittinger Jánossal, akiről az idei Hegesztési konferencián vettünk végső, fájdalmas búcsút. A vonat akkoriban öt és fél óra alatt ért Miskolcra, így bőven jutott idő megismerni egymást. Mi – János és én – frissen végzett mérnökök voltunk és némi respektussal néztünk a tapasztalt szakemberre aki egyéniségével mindenkit elvarázsol.

Nádas István ifjúkora Budafokon telt. Itt született 1930-ban, majd járt a Premontrei Szerzetesek gimnáziumába 1940 és 1949 között. Szakmai élete 1949-től harminc éven át a Röck Gépgyárhoz kötődött. Szakmunkásként kezdett, majd a minőségügyért dolgozott különböző beosztásokban. 1950-ben selejt statisztikus, 1954-ben csoportvezető, 1954-ben osztályvezető lett. 1968 és 1978 között a Műszaki Ellenőrzési Főosztályt vezette. Munkája során alaposan megismerkedett a nyomástartó berendezések gyártásánál elkövethető hibákkal és azok okaival. 1960-tól hivatásos szakértőként is tevékenykedett.

Közben folyamatosan képezte magát. A Budapesti Műszaki Egyetem (BME) Műszaki Főiskolai Karán 1951-54 között gépészmérnöki végzettséget, 1958-ban a BME Gépészmérnöki Karán gépészmérnöki oklevelet szerzett. 1963-66 között a Nehézipari Műszaki Egyetemen (Miskolc) végezte el szakmérnöki tanulmányait, és szerezte meg hegesztő szakmérnöki oklevelét.

1978-1990 között a Magyar Szabványügyi Hivatal főtanácsosa volt. Égisze alatt született meg az MSZ 13800-as szabványsorozat, amelyet hosszú időn át a nyomástartó edények gyártásá-

nak, üzemeltetésének és vizsgálatának biblijaként használtak.

1991-től a Mérnökakadémia tagja, 1994-től a Nemzetközi Akkreditáló Testület (NAT) szakértőjeként tanúsító szervezetek és laboratóriumok akkreditálásában vett részt. 1990-től a TÜV minőségügyi auditoraként is dolgozott. A minőségügy elkötelezett híveként több tanulmányt is készített.



Hivatali és szakértői munkájával párhuzamosan sokat tett a társadalmi egyesületért, amelynek küldetése a hegesztő szakemberek összefogása és az ehhez szükséges rendezvények megszervezése volt. 1964-től volt tagja a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) Hegesztési Szakosztályának, amelyben fontos tisztségeket töltött be. Alapító tagja volt a GTE legaktívabb szervezetének, a Nyomástartó Edények Szakbizottságának, és a Szakbizottság által szervezett Balatoni Anketoknak, amelyek hasznosak voltak mindannyiunk számára, és persze meglehetősen kellemesek.

Tevékenységet a szakma kitüntetésekkel is jutalmazta. Több alkalommal megkapta a GTE Egyesületi Érmét. 1995-ben Pattantyús Emlékérmét, 1998-ban Zorkóczy Béla emlékérmet, 2003-ban Bánki Donát díjat kapott. 2001-ben a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (MAROVISZ) tiszteletbeli örökös tagjává választotta.

Kedves Pista!

Szinte látom, ahogy fentről lenézel ránk, mosolyogsz azon, amit mondok, és várod, mikor hagyom már abba.

Most elköszönök tőled, de hiszem, hogy oda fenn van egy fehér asztal, amelynél újra találkozunk, hogy felidézhezzük emlékeinket, egész evilági életünket.

A viszontlátásig Pista, Isten legyen veled!

Fehérvári Attila

MÉRFÖLDKÖVEK

MILESTONE

GODA GYULA JÁNOS
1955- 2014

Goda Gyula János 1955-ben született Budapesten.

A Landler Jenő Gép- és Híradásipari Technikum gépész szakának elvégzése után 1973-ban a Magyar Hajó és Darugár anyagvizsgáló laboratóriumában kezdett dolgozni ultrahangos anyagvizsgálóként. Mindjárt az elején bekapcsolódott az akkori időszak egyik nagyberuházásának munkáiba, a TVK olefin 1 üzem szerelésébe. Ezt követően fél évet pedig az NDK-ban a Bitterfeldi kazán-szerelésen töltött.

1975-ben az Erőmű Javító és Karbantartó Vállalathoz (ERŐKAR) került a roncsolásmentes laboratóriumba, mint ultrahangos anyagvizsgáló. Az első időszakban a szénés erőművek karbantartási munkáiban vett részt. 1979-től a Paksi Atomerőmű szerelésén dolgozott az ERŐKAR paksi kirendeltségén, roncsolásmentes csoportvezető beosztásban. Ebben a munkakörben az atomerőműbe beérkező illetve a már beépített berendezések roncsolásmentes állapotellenőrzését végezte és irányította.

1987-ben került a Paksi Atomerőmű Vállalat átlományába, ahol az Anyagvizsgálati osztály roncsolásmentes vizsgáló laboratóriumában dolgozott, mint vezető anyagvizsgáló. Az említett beosztásban ultrahangos, radiográfiai, behatoló folyadékos és mágnesezhető poros vizsgálatokkal, illetve tömörségvizsgálatokkal foglalkozott. Részt vett több atomerőművi időszakos anyagvizsgáló program kidolgozásában majd ezen programok végrehajtásának szakmai irányítását is végezte amely feladatot kimagaslóan látott el. Az idők során hat roncsolásmentes eljárásból szerzett 3-as szintű tanúsítást. Kiemelt szakmai területe az ultrahangos vizsgálat volt, ehhez kapcsolódóan számos vizsgálattechnológia kidolgozása fűződik a nevéhez.

Rendszeresen vett részt szakmai bemutatókon illetve konferenciákon, ahol több alkalommal is tartott előadást, de szakmai folyóiratokban is jelentek meg publikációi.

1986-ban részt vett egy tömörségvizsgáló jegyzet kidolgozásában, a tanfolyamon pedig gyakorlati oktatóként tevékenykedett. Ezt követően rendszeresen oktatott anyagvizsgáló tanfolyamokon és részt vett a tanúsításban, mint az MHTÉ vizsgáztató szakértője. Fő területe az ultrahang volt, de oktatott radiológus és tömörségvizsgáló tanfolyamokon is.



A paksi atomerőmű üzemidő hosszabbítási programjának keretében, tevékeny részt vállalt az atomerőműben alkalmazott roncsolásmentes anyagvizsgáló technológiák ASME előírások szerinti átdolgozásában is.

2008-tól bekapcsolódott az MHTÉ által működtetett Vizsgálat Minősítő Testület munkájába, ami a Paksi Atomerőműben alkalmazott roncsolásmentes vizsgálati technológiák minősítését végzi.

Nyugdíjazása után ugyanolyan energiával, szakmai alázattal és magas színvonalon folytatta szakmai tevékenységét, mint azt nyugdíjazása előtt tette. Az

atomerőművi anyagvizsgálatokban közreműködő cégeknél a paksi munkákba bekapcsolódó fiatal kollégák oktatását, betanítását illetve a tapasztaltabb anyagvizsgálók szinten tartó képzését is ő végezte. Tőle nemcsak azt lehetett megtudni, hogy egy atomerőművi berendezést hogyan kell megvizsgálni, hanem azt is, hogy az a berendezés hol van, mi a feladata, hogyan működik milyen anyagból készült és hogyan lehet megközelíteni. Személyében fáradhatatlan, kimagasló szaktudású, mindig segítőkész kollégát veszítettünk el.

Aki közelebbről ismerte, csodálta türelmét és kitartását a távirányítós modellek, több négyzetméteres kirakók és a méretarányos hajómodellek összeállítása során.

Sugárzó optimizmusával, jó humorával mindig derűsebbé, fényesebbé tette környezetének hétköznapjait. Ezután emléke fog ragyogni azoknak, akik ismerték és szerették.

Nyugodjon Békében.

MÉRFÖLDKÖVEK

MILESTONE

STOJAN SEDMAK
(1929. NOVEMBER 9. – 2014. NOVEMBER 2.).

Az ESIS Magyar Nemzeti Bizottság újjászervezéséhez kötődő ülésre (2014. november 7.) készlődővén ért a lesújtó hír, a nemzetközileg ismert, elismert Stojan SEDMAK örökre elhagyott bennünket e földi létben. Jómagam igen sokat írhatnék személyes találkozásainkról, azok tartalmáról, a kiemelkedő szakember bölcsességéről, a délkelet Európa egyik szakmai vezéregyéniségének ars poétikájáról, a Belgrádban, Miskolcon vagy a Szögi pincében, Sheffieldben folytatott hosszas beszélgetéseinkről, az European Congress on Fracture (ECF) rendezvényeken szerzett közös benyomásainkról, munkatársaink közös tevékenységeiről, a legalább 30 évre visszatekintő személyes kapcsolatunkról. A visszavonhatatlan tényről kedves munkatársa, Ljubica Milovic 2014. november 3.-án, 9:30-kor küldött e-mailjében a következő módon tájékoztatott néhányunkat:

„Dear Friends,

It is with deep personal regret that I inform you that my dearest professor Stojan SEDMAK passed away yesterday morning. Stojan died after a long struggle with cancer, the funeral will be held on Wednesday, November 5, and commemoration on Saturday, November 8, just one day before his 85. birthday.

Ljubica”

Egy ilyen hír mindig apróbb-nagyobb mozaik-képek, emlékek sorozatát vetíti végig az ember agyában. Így vagyok én is ezzel, amely a legutóbbi tervekből startolt visszafele az időben. 2014. szeptember 15-18 között munkatársammal Dr. Szávai Szabolccsal Belgrádban az NT2F14, Belgrade¹ konferencián való részvételünk során a konferenciasorozat meghatározó tagjaival teljes egyetértésben még azt terveztük, hogy a jövőben minden egyes rendezvényt egy-egy meghatározó egyéniség életművét bemutató, megörökítő és annak méltó emléket állító eseményként szervezzük meg. Teljesen kézenfekvő volt és minden résztvevő egyetértésével találkozott az a javaslat,

hogy az első, és egyben az „alapkövet” jelentő kiadvány Prof. Stojan SEDMAK nevéhez kapcsolódjon, aki a 85. születésnapját 2014. november 9.-én ünnepeli (ünnepelte volna). Az 50-150 oldalasra tervezett kiadvány szerkesztő bizottságának tagjai megválasztásra kerültek és hozzákezdtek munkájukhoz. Sedmak professzor hullámzó egészségi állapotának nyugtalanító hírei ellenére még az is felmerült, hogy november elején, Kecskeméten személyes találkozásra is sor kerülhet. Sajnos mindez elmaradt. Így az emlékfóklányokra hagyatkozva tekinthetünk vissza a múltba, a találkozásainkra, ill. annak lehetőségeire.

Stojan SEDMAK professzor, a korábbi Jugoszlávia meghatározó szakmai egyénisége a törésmec-

hanika tudományterületén, rendszeres résztvevője volt az Európai Szerkezetintegritási Társaság (European Structural Integrity Society) által két-évenként szervezett nemzetközi szakmai konferenciáknak. E rendezvények a következők voltak:

- ECF1-1976 Compiegne, Franciaország, 1. Európai Törési Konferencia
- ECF2-1978 Darmstadt, Október 9-11., Németország, 2. Európai Törési Konferencia
- ECF3-1980 London, Szeptember 8-10, Anglia. Kifáradás és Törés
- ECF4-1982 Leoben, Szeptember 22-24, Ausztria Törés, a mikroszerkezet szerepe
- ECF5-1984 Liszabon, Szeptember 17-21, Portugália. Élettartambecslés dinamikus terhelésű anyagok és szerkezetek esetén.
- ECF6-1986 Amszterdam, Június 15-20, Hollandia. Mérnöki szerkezetek törési ellenőrzése.
- ECF7-1988 Budapest, Szeptember 19-23, Magyarország. Kárelemzés, - Elmélet és gyakorlat
- ECF8-1990 Torino, Október 1-5, Olaszország. Anyagok és szerkezetek viselkedése és tervezése.
- ECF9-1992 Várna, Szeptember 21-25, Bulgária. Korszerű anyagok megbízhatósága és szerkezeti integritása.
- ECF10-1994 Berlin, Szeptember 20-23, Németország. Szerkezetintegritás: Vizsgálatok, modellek és alkalmazások.

¹ New Trend sin Fatigue and Fracture NT2F14, <http://irc.inovacionicentar.rs/nt2f14>

- ECF11-1996 Poitiers, Szeptember 3-6. Franciaország. Mézői anyagok és szerkezetek károsodásának mechanizmusai és mechanikája
- ECF12-1998 Sheffield, Szeptember 14-18, Anglia. Hibákból kiinduló törés.
- ECF13-2000 San Sebastian, Szeptember 6-9, Spanyolország. Törésmechanika: Alkalmazások és kihívások.
- ECF14-2002 Krakó, Szeptember 8-13, Törésmechanika 2000 után
- ECF15-2004 Stockholm, Augusztus 11-13. Korszerű törésmechanika élettartam és biztonság becslésére.
- ECF16-2006 Alexandroupolis, Július 3-7. Görögország. Nano- és mézői anyagok, komponensek és szerkezetek kárelemzése
- ECF17-2008 Brno, Szeptember 2-5. Csehszlovákia. Anyagok, komponensek és szerkezetek többszintű töréselemzése.
- ECF18-2010 Drezda, Augusztus 29-Szeptember 3, Németország. Anyagok és szerkezetek törése a mikro skálától a makroskáláig.
- ECF19-2012 Kazan, Augusztus 26-31, Oroszország. Törésmechanika az élettartam, megbízhatóság és biztonság szolgálatában.
- ECF20-2014 Trondheim, Június 30-Július 4, Norvégia. Törés minden skálán.

A felsorolásban dőlt betűvel JELÖLTEM ki azokat, amelyeken jómagam is részt vettem, így e rendezvényeken biztosan találkoztunk. A történelmi hűség diktálja azt a megjegyzést, hogy az ECF-9 rendezési jogát Stojan SEDMAK professzor kapta meg, de a sajnálatos „Jugoszláv események” miatt Várnában lett lebonyolítva, amelyben Stefan VODENICAROV professzor vállalkozott a „házigazda” szerepére, akivel éppen akkor együtt voltunk Brüsszelben, az első kelet-nyugati K+F projektek nemzetközi értékelőinek paneljében (PECO). Ugyancsak rendszeres találkozási helyként szolgált mindkettőnk számára az általam szervezett nemzetközi rendezvények, Ezek a következők:

- International Colloquium on Mechanical Fatigue of Metals
 - Mályi, 1983
 - Miskolc, 1994
- Teaching and Education in Fatigue and Fracture
 - Bécs, 1993
 - Miskolc, 1994, vagy a már említett NT2F konferenciasorozat.

Ezek egyes elemei, helyei:

NT2F1	Metz (France) - April 2001
NT2F2	Hammamet (Tunisia) - May 2003
NT2F3	Ningbo (China) - November 2003
NT2F4	Aleppo (Syria) - May 2004
NT2F5	Bari (Italy) - May 2005
NT2F6	Kranj (Slovenia) - May 2006
NT2F7	Miskolc (Hungary) - May 2007
NT2F8	Ankaran (Slovenia) - October 2008
NT2F9	Belgrade (Serbia) - October 2009
NT2F10	Metz (France) - August 2010
NT2F11	Polignano a Mare, Bari (Italy) - July 2011
NT2F12	Brasov (Romania) - May 2012
NT2F13	Moscow (Russia) - May 2013

Stojan Sedmak professzor kiváló pedagógusként hamar felismerte a szerkezetek üzemeltethetőségi feltételeinek kijelölésében a törésmechanika jelentőségét, így már 1980-ban nemzetközi részvétel lehetőségét biztosító „Nyári Iskola” sorozatát indította el Michael Wnuk² (1936-2014) professzorral közösen. E rendezvények anyaga 1987-től folyamatosan megjelent³ IFMASS (International Fracture Mechanics Summer Schools) rövidítéssel, vagy a GOSA Intézet, vagy pedig az ugyancsak

Szedmal Profeszor által kezdeményezett és alapított „Structural Integrity and Life” (DIVK) egyesület kiadásában. Ez utóbbi 2001. március 6.-án került megalapításra és jelenlegi elnöke Prof. Aleksander SEDMAK. Az IFMASS rendezvények letölthető tartalomjegyzékeinek áttekintésével is hű képet kaphatunk arról, hogy



² Nekrológiát lásd:

<http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/ivk14/057-IVK1-2014-News%201.pdf>

³ <http://irc.inovacionicentar.rs/book-shop>

milyen szerteágazó és hatalmas munkát végzett Sedmak professzor a törésmechanikai elvek gyakorlati alkalmazásának elterjesztésében. Talán az INTERNET-es találatok száma (19.500), vagy a Milos D. kollégának a „Linked in” közösségi oldalon található méltatása⁴ kapcsán írt megjegyzések, hozzászólások, ill. fiának az ESIS alelnökének, a DIVK jelenlegi elnökének méltató szavai⁵ érzékel-tethetik mindazt, amihez szervesen kötődik egy szorgalmasan eltöltött élet és annak szakmai tartalma.

A búcsúzás mindig nehéz és gyötrelmes, mert tevékenységünk kapcsán mindig a „ma” motoszkál fejünkben és sohasem a „volt”. Egyszer azonban szembekerülünk mindnyájan azzal, hogy a „ma” átcsap a „volt”-ba mind földi létünk, mind pedig szakmai tevékenységünk eredményeiben.

Kedves Professzor SEDMAK, kedves Stojan! Engedd meg, hogy a magyar szakemberek nevében az egyik olyan fényképpel búcsúzzak Tőled, amely az egyik IFMASS rendezvényen készült, és amelyen minden résztvevő csak a „mára” gondolt!

Nyugodj békében!

Prof. Dr. Tóth László

⁴ <https://www.linkedin.com/groups/In-Memori-am-Prof-Stojan-Sedmak-4991909.S.5937495340360957956>

⁵ <http://www.structuralintegrity.eu/esis/component/content/article?id=84>