



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu 2021/I. lapszám

SZAKMAI KÉPZÉSEK

Roncsolásmentes vizsgáló módszerek és minősítések



Fémes és nem fémes anyagok,
hegesztett, forrasztott kötések,
öntvények, tartályok és
egyéb szerkezetek anyagvizsgálata

A lap kiemelt ipari partnere a
Volvid Zrt.

Nagy Zsolt
portré



Misángyi Vilmos
MAE-elnök



Gyulai József
1933-2021
nekrológ



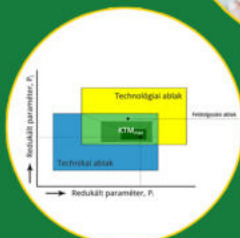
Péter Attila
1940-2021
nekrológ



Oktatás



Vitaforum



Doktori Iskolák
közleményei





Vizsgálati eljárásaink

- radiográfia (RT-F)
- digitális radiográfia (RT-D)
- ultrahangos vizsgálat (UT)
- folyadékbehatolások vizsgálat (PT)
- mágnesezhetőporos vizsgálat (MT)
- szemrevételezéses vizsgálat (VT)
- endoszkópos vizsgálat (VT)
- tömörségi vizsgálat (LT)
- hélium jelzőgázos tömörségvizsgálat (LT)
- fémek felületibevonatainak átütéses szigetelésének vizsgálata
- helyszíni keménységmérés (HT)
- helyszíni pozitív anyagazonosítás (PMI)

Ezek kombinációjaként tartályvizsgálatok, minőségellenőrzés és műszaki átvétel.

Tanúsítás

A Volvid Zrt. a NAH (Nemzeti Akkreditáló Hivatal) által az MSZ EN ISO/IEEC 17025:2018 szabvány szerint a NAH-1-1825/2017 számon bejegyzett akkreditált vizsgáló laboratórium.

Volvid Zrt.

Anyagvizsgálatok - Minőségellenőrzés

Elérhetőségeink

Simon Szabolcs vezérigazgató +36-20-394-4800

Geröcs Péter műszaki vezető +36-20-479-6353

e-mail: info@volvid.hu

Székhely: 2443 Százhalombatta, Olajmunkás utca 2., 1-es telep 11. épület

Telephely: 3527 Miskolc, Besenyői út 8. (a Zsigmondy Vilmos utca 30. felől)

Laboratórium: 3700 Kazincbarcika, BorsodChem, 2-es gyár - öltöző épület

Laboratórium: 3580 Tiszaújváros, Vegyészek útja 8.

Fióktelep: D-38122 Braunschweig, Frankfurter Str. 288.

Telephely: A-2100 Korneuburg, Schubertstraße 3.

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

A Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség Lapja
MAROVISZ

Az ország vezető szaklapja.
Alapítva: 1991-ben.

Negyedévente elektronikusan megjelenő folyóirat.
Országos, iparágakat átfogó, szakmai folyóirat a
minőségért és biztonságunkért.

Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztősége a
kiadó, a **MAROVISZ**, a Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség címén érhető el:

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

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

fax: (36-1) 278-0633;

e-mail: info@anyagvizsgaloklapja.hu

web: www.anyagvizsgaloklapja.hu
www.avilap.hu

Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztőbizottsága:

Dr. Dívós Ferenc

Dr. Dudra Judit

Kecskés Péter

Lutor Attila

Dr. Mankovits Tamás

Skopál István

Szűcs Pál

Zsoldos Zsuzsanna

Dr. Tóth László, felelős szerkesztő

Dr. Trampus Péter, felelős kiadó

Berki Gábor, főszerkesztő

Erdei Réka, digitális szerkesztő



tripladuplav.hu
webstudio

Az elektronikus folyóirat szerver háttérét a

tripladuplav.hu
webstúdió biztosítja.



ISSN: 1215-8410

JEGYZET

Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy a Felelős Szerkesztő első mondata a 2021 első számában a jókívánságokat fejezze ki. Teszem ezt azzal a szomorúsággal is, hogy még mindig a COVID-19 uralja a világ híreinek legfelső dobogóját. A 7,84 milliárd népességből 112 millió ember érintett a pandémiában, az elhunytak száma a 2,6 milliót közelíti. Amikor Ön kezébe veszi e lapszámot, a tényleges adatokról tájékozódhat a Johns Hopkins Egyetem speciális honlapján (<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>). „Öröm az örömben” az, hogy az elmúlt hetekben olyan vakcinák kerültek kidolgozásra, amelyek 90% fölötti biztonsággal nyújtanak védelmet. Ide az időtartamot kellett volna írnom, azaz hány hónapra, évre, egész életre nyújtja a védeltséget a kapott oltás?!? Sajnos ezt még nem tudjuk. Biztosan eljön majd az idő, amikor már erre is választ adhatnak a világ szakemberei. A fejlődés iránya természetesen ez, hiszen észlelni kell egy új hatást, megérteni annak okozóját és okát, megismerni természetét, majd kidolgozni visszaszorításának eljárásait. Röviden fogalmazva: tudásra és az ismeretek hasznosítására van szükség. Így van ez a Lapunkhoz kötődő szakmában, az anyagvizsgálat témakörében is. A mikroelektronika döbbenetes fejlődése a vizsgáló eszközök számának sokszorozódását eredményezi – a piaci verseny által felszítva – de a különböző eszközök csoportjai mögött ugyanazon ismerethalmaz, tudás, fizikai jelenség húzódik meg. Ebből adódóan elévülhetetlen a széleskörű tudás biztos ismeretének megléte. Ennek kiinduló pontja, terepe pedig az OKTATÁS. Jelen lapszám ezt a témakört igyekszik körbejárni, bemutatva azt, hogy hazánk hol áll a mérnöki szerkezetek biztonságának megítéléséhez elengedhetetlenül szükséges ismeretek oktatása területén. Aki tüzetesen átrágja magát a kiváló szakemberek által összeállított közleményeken feltehetően arra a következtetésre jut, hogy vannak olyan elhanyagolt területek, amelyekben helyzetünk, általános tömegszerű tudásunk perifériális helyet foglal el a „szakmai világ színpadán”, de vannak olyan törekvéseink, amelyekre világviszonylatban is büszkék lehetünk.

Ámbár nem csupán tartalmi, hanem formai megújulással is szembesülhet a Tisztelt Olvasó. Folyamatosan törekszünk a lap „olvashatóbbá” tételére az INTERNET adta lehetőségek kihasználásával. A lábjegyzetekben, az irodalmi forrásokban gyakran találkozhatnak olyan hivatkozásokkal, amelyekre csupán „kattintani” kell és máris számos olyan adathoz, ismerethez juthatunk, amely a leírtakat támasztják alá. E lépések „motorja” a digitális szerkesztőnk. A lapszámok sorozatának olvasása kapcsán az is nyilvánvalóvá válik, hogy a közlemények „olvashatósága” egyre gördülékenyebb, a hibák mennyisége csökkenő tendenciájú (hiba nélküli kiadvány csak a „mesében” létezik!). Mindezt Szerkesztő Bizottságunknak köszönhetjük. Elindult továbbá egy korábbi gondolat, a Doktori Iskolák tevékenységének szakmai közlemények formájában történő bemutatása. Ebben úttörő szerepet vállalt a Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolája. Bízom abban, hogy törekvéseink támogatásra találnak és önkéntesen befektetett energiánk, szabadidőnk a lap olvasottsági mutatóinak növekedésében is megjelennek.

Tóth László

TARTALOMJEGYZÉK

HÍREK – NEWS

Trampus P.: A roncsolásmentes vizsgálók képzése – kitekintés a világba P. Trampus: NDT personnel training – outlook into the world	6
Tóth L.: Mi a helyzet a hazai egyetemeinken a roncsolásos- és roncsolásmentes anyagvizsgálat oktatásával? L. Tóth: What about the education in the fields of NDT and material testings at the domestic universities?	12
Dobránszky J.: Anyagvizsgáló szakmérnökök képzése a Budapesti Műszaki Egyetemen J. Dobránszky: Postgraduate course in Material Testing Engineers at Budapest University of Technology and Economics	15
Tóth L., Trampus P.: Szerkezetintegritási és roncsolásmentes vizsgáló szakmérnöki képzés (célok, tanterv, tematika, előadók) L. Tóth, P. Trampus: Postgraduate Course on „Structural Integrity and NDE” (goals, curricula, lecturers)	17
Mankovits T., Tóth L., Trampus P.: Hogyan tovább a roncsolásmentes vizsgálatokhoz kötődő ismeretek egyetemi szintű oktatásában? T. Mankovits, L. Tóth, P. Trampus: The future of teaching NDT at university level	21
Szűcs P.: Roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés Magyarországon P. Szűcs: Educational training for NDT personnel in Hungary	24
Skopál I.: A kerekasztaltól a tudásfelmérő vizsgáig – A nem érettségizett személyek képzésének és tanúsításának új rendje I. Skopál: From the round-table discussion to the survey of prior knowledge – New regulation of training and certification for individuals without high-school graduation	27
Bartos Z.: Tanúsítások helyzete hazánkban, avagy egy anyagvizsgáló fiú igaz meséje Z. Bartos: Status of NDT certification in Hungary – True story of an NDT guy	30
Skopál I.: Szabványügyi tájékoztató - 2020 I. Skopál: Information on standardization - 2020	32

PORTRÉ – PORTRAIT

Tóth L., Erdei R.: A Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének elnökei – Misángyi Vilmos (1942-1944) L. Tóth, R. Erdei: Presidents of the Hungarian Association for Material Testing – Vilmos Misángyi (1942-1944)	37
Skopál I.: Nagy Zsolt portréja I. Skopál: Portrait of Zsolt Nagy	40

TARTALOMJEGYZÉK

FÓRUM – FORUM

- Verő B., Trampus P.: A láncmodell – A teljesítőkéesség fogalmától az anyag fogalmán keresztül a feldolgozásig 45
B. Verő, P. Trampus: The chain model – From the concept of performance through the concept of material to the processing

DOKTORI ISKOLÁK KÖZLEMÉNYEI – ANNOUNCEMENTS OF DOCTORAL SCHOOLS

- Harangozó D., Szalai Sz., Kozma I., Czinege I., Dogossy G.: Szakítóvizsgálat kontrakciós szakaszának kísérleti vizsgálata (Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola) 65
D. Harangozó, Sz. Szalai, I. Kozma, I. Czinege, G. Dogossy: Experimental study of the post-necking phase of tensile test. (Doctoral School of Multidisciplinary Engineering Sciences)

NEKROLÓG – NECROLOGY

- Tóth L.: Gyulai József (1933-2021) 79
L.Tóth: József Gyulai (1933-2021)
- Fehérvári A.: Péter Attila (1940-2021) 82
A. Fehérvári: Attila Péter (1940-2021)

A roncsolásmentes vizsgálók képzése – kitekintés a világba

Trampus Péter

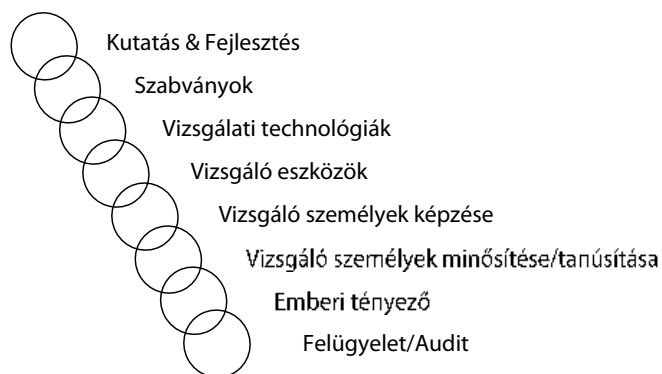
Professor emeritus, Dunaújvárosi Egyetem, TRAMPUS@uniduna.hu

1. Bevezetés

A roncsolásmentes vizsgálatok jelentős mértékben járulnak hozzá a társadalom biztonságához és gazdasági jólétéhez. Elvart minőségű és megbízható roncsolásmentes vizsgálati eredményhez a következőknek kell teljesülniük:

- Igény oldalon: a (tervező, üzemeltető) mérnöknek egyértelműen meg kell határoznia a vizsgálati követelményeket, azaz a berendezés/szerkezet vizsgálandó tartományát, a detektálendő eltérés (folytonossági hiány) típusát és az elfogadási szintet.
- Válasz oldalon: az adott vizsgálati feladat elvégzésére alkalmas roncsolásmentes vizsgáló rendszert (eljárás, vizsgáló eszköz és vizsgáló személy) kell alkalmazni; és a vizsgáló személynek egyrészt követnie kell a validált vizsgálati technológiában foglaltakat, másrészt külső befolyástól mentesen kell meghoznia a vizsgálattal kapcsolatos döntéseit.

A vizsgálat végrehajtásának és az eredményének a minősége egy sor, egymással szorosabb-lazább kapcsolatban lévő tevékenység és/vagy tényező függvénye. Ezek sorát a kutatás és fejlesztés nyitja, majd a sor folytatódik a szabványokkal és a vizsgálati technológiákkal, a vizsgáló eszközökkel, a vizsgáló személyek képzésével és minősítésével/tanúsításával, az emberi tényezővel, különös tekintettel az etikus magatartásra és egészen a felügyeletig/auditig tart. Az 1. ábra ezeket a tevékenységeket/tényezőket egy lánc szemeiként mutatja be, amit a roncsolásmentes vizsgálat minőségi láncának is nevezhetünk.



1. ábra: A roncsolásmentes vizsgálat minőségi lánc [1]

Mint minden lánc, ez is olyan erős, mint amilyen a leggyengébb láncszeme. Hiába fektetünk nagy energiát egy elem minőségébe, az nem kompenzálja egy másik elem esetében a figyelem elmaradását – mint ahogy az erős láncszem sem tudja a gyengét kompenzálni. Nemzetközi tapasztalat azt mutatja, hogy az 1. ábrán bemutatott minőségi lánc egyik, ha nem a leggyengébb láncszeme a vizsgálat elvégzéséért és az eredmény jegyzőkönyvezéséért felelős személy. Nyilvánvaló, hogy ez a tény szoros összefüggésben van a képzéssel, a minősítéssel és tanúsítással, valamint egyéb emberi tényezőkkel, mint például az etikus magatartás.

Lényegében ezek a vizsgáló személy kompetenciájának a legfontosabb elemei. A kompetencia – az általam használt definíció szerint – a tudás, a képesség és az attitűd (Knowledge, Skill, Attitude, KSA) ötvöze.

Jelen cikk a roncsolásmentes vizsgáló személyek képzésének világméretű helyzetét, illetve az odavezető utat tekinti át. A cikkben a vizsgálatok tényleges végzőinek a képzésére koncentrálunk, és nem foglalkozunk a roncsolásmentes vizsgáló mérnökök képzésével. Miután a képzés és a minősítés/tanúsítás szoros összefüggésben van egymással, és kialakulásuk, fejlődésük is párhuzamosan történt, ezért több esetben nem lehet elkerülni a képzés mellett a minősítés és tanúsítás kérdésének a megemlítését.

2. A képzés és a minősítés / tanúsítás jelentősége

Hangsúlyoztuk a vizsgáló személy felelősségét, nézzük most a kompetenciája elemeinek a fontosságát. A vizsgáló az elméleti és gyakorlati képzésen elsajátított ismeretek alapján tervezi meg, majd végzi a vizsgálatot és végül értékeli annak eredményét. Ezzel hozzájárul a vizsgált berendezés sorsáról hozott döntéshez, azaz ahhoz, hogy a berendezés az adott fázisban (gyártás, üzemelés) elfogadható vagy visszautasítandó. A vizsgáló képes meghamisítani az eredményt: egyrészt, ha nem kellőképpen képzett és/vagy tapasztalt, akkor tévesen értékelheti a detektált hiányt és visszautasít elfogadható berendezést; másrészt – fordított esetben – nem elfogadható darabot minősíthet elfogadhatónak. A két eset következményei ellentétesek, de egyaránt

súlyosak lehetnek. Az első eset anyagi veszteséget jelent a gyártónak vagy üzemeltetőnek, a másodikban pedig egy váratlan meghibásodás vezethet jelentős anyagi kárhoz vagy akár emberéletek elvesztéséhez. Legalább ilyen súlyú az eredmény meghamisításának az az esete, amikor azt a vizsgáló tudatosan teszi.

3. Képzési programok

Az ipar más szegmenseihez hasonlóan, a roncsolásmentes vizsgálat is, mint üzlet, napjainkra globalizálódott. Következésképpen a szabályozó dokumentumai, útmutatói és szabványai – ahogy maga az üzleti tevékenység is – átnyúlnak az országhatáron. Ezek a dokumentumok lehetnek:

- európai szintűek, pl. a Nyomástartó Edények Irányelve (Pressure Equipment Directive, PED),
- adott ipari szektorra vonatkozóak, pl. a Nemzeti Légi és Védelmi Vállalkozók Akkreditációs Programja (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program, NADCAP), és
- az egész világra vonatkozóak, pl. a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Organization for Standardization, ISO), a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (International Atomic Energy Agency, IAEA), vagy a Nemzetközi Akkreditációs Fórum (International Accreditation Forum, IAF) vonatkozó dokumentumai.

A globalizáció folyamatának természetzerű következménye lett a képzési programok globálissá válása is.

3.1 A kezdetek – a globalizáció előtti időszak

Talán nem véletlen, hogy egységes képzés igénye elsőként a fejlett ipari országok egyikében, az Amerikai Egyesült Államokban jelent meg az 1950-es és 1960-as évek fordulóján, főleg a hadiipar által vezérelve, és ugyanitt született meg erre az első válasz is. Különböző cégek, főiskolák és egyetemek kínáltak már korábban képzéseket, de ezek között nem volt összhang, és az alkalmazók között sem volt egyetértés, hogy milyen képzésre van szüksége egy roncsolásmentes vizsgálónak egy adott vizsgálat elvégzéséhez, és hogyan kell a képzés eredményességét lemérni. Összességében elmondható, hogy nem volt rend ezen a területen. Ezért ipari és kormányzati szereplők, valamint különböző szakmai szövetségek egyre nagyobb nyomást gyakoroltak az amerikai roncsolásmentes

vizsgálók közösségére, hogy az hozzon létre egységes koncepciót, ami alapja lehet egy (munkáltató által irányított) koherens képzési és minősítési gyakorlatnak. A vizsgáló közösséget ekkor az 1941-ben Amerikai Ipari Rádium és Röntgen Társaság (The American Industrial Radium and X-Ray Society) néven alakult, majd 1947-ben Roncsolásmentes Vizsgálati Társaság (Society for Nondestructive Testing, SNT) névre átkeresztelt társaság képviselte¹. Az SNT 1961-ben létrehozta a kérdéssel foglalkozó belső szervezetét és megkezdte a szisztematikus munkát [2].

Ennek eredményeként, 1963-ra megszületett az SNT-TC-1 jelű, öt vizsgálati eljárásra (RT, MT, UT, LT és ET) kidolgozott, útmutató jellegű dokumentum. Ezt, több finomítás után, végül 1966-ban fogadta el (SNT-TC-1A jelzéssel) az SNT döntéshozó szerve és tekintette a kérdéskör alapító dokumentumának (parent document). Az alapító dokumentumnak, ami a Javasolt gyakorlat címet viseli, van néhány pontja, amelyeket érdemes felidézni. Ezek a következők:

- a dokumentum nyitott további vizsgálati eljárások befogadására,
- a dokumentum nem említi, hogy milyen területeken szükséges háttértudás a 3. szint eléréséhez és nem igényel jártasságot a roncsolásmentes vizsgálat „gazdasági” vonatkozásai terén,
- a dokumentum rögzíti, hogy az elfogadás szintje a 80%-os vizsgateljesítmény,
- a dokumentum a tudás és gyakorlat általános kombinációja helyett előnyben részesíti az egyes eljárásokra vonatkozó specifikus tudást és gyakorlatot,
- a dokumentum megengedi a cégeknek, hogy pusztán a vizsgák adminisztratív teljesítése céljából igénybe vegyenek 3. szintű vizsgálót.

Az SNT-TC-1A dokumentum megújított verzióját négyévente adják ki, legutóbbi kiadása 2020-ban jelent meg [3].

3.2 A harmonizáció folyamata

Az igény a képzési programok harmonizációjára természetesen máshol és tágabb kitekintésben is megjelent. Az 1970-es évektől a kérdés a szakma szinte minden nemzetközi összejövetelén téma volt. 1973-ban Varsóban, a Roncsolásmentes Vizsgálók Nemzetközi Bizottsága (International Committee for Non-Destructive Testing, ICNDT) által rendezett világkonferencián munkabizottság alakult a

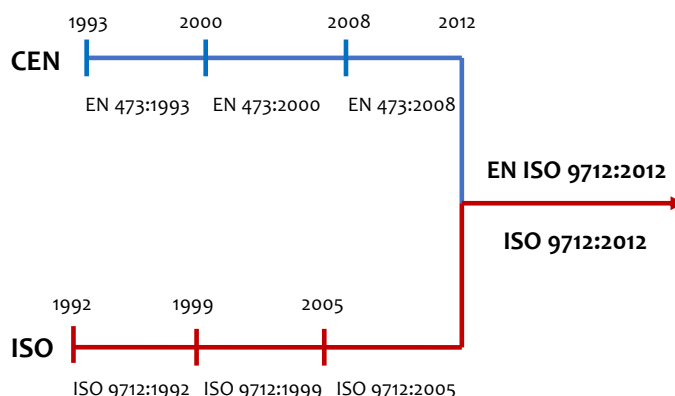
¹ Az SNT a mai nevét – Amerikai Roncsolásmentes Vizsgálati Társaság (The American Society for Nondestructive Testing, ASNT) – 1967-ben vette fel.

harmonizációs javaslat kidolgozására. A munkabizottság részletesen tanulmányozta, elemezte és összehasonlította a nemzeti képzési rendszereket, majd a munka eredményeként az 1979. évi világkonferencián, Melbourne-ben megegyezés született a részletes képzési programok alapját képező koncepcióról. Ennek a lefontosabb pontjai a következők voltak:

- mind a képzésnek, mind a minősítésnek az adott vizsgálati eljárásra kell vonatkoznia,
- mind a képzést, mind a minősítést három szintre osztva kell végezni,
- tanúsítvány megszerzését a tudás és a jártasság elfogadható szintjéhez köthették, amit meghatároztak,
- a minősítő vizsgát semleges, független testület előtt kell letenni.

Az 1982-ben Moszkvában megrendezett világkonferencián az ICNDT munkabizottsága bemutatta az ultrahangos vizsgálat javasolt képzési anyagát. Ugyanitt, az időközben megalakult és működő Európai Harmonizációs Munkabizottsággal együtt megerősítették a korábban rögzített alapelveket, továbbá kiegészítették azt egy állásfoglalással, miszerint a minősítések céljának kölcsönös elismerése a nemzetközi együttműködés hatékony eszköze.

Megkezdődött a minimum követelmények kidolgozása a nemzeti személyzetminősítő és tanúsító rendszerekhez, amelyeket az ICNDT 1985. évi konferenciáján fogadtak el, Las Vegasban. Ebben az időben lépett be a folyamatba az ISO, amelynek az ISO/TC 135/SC 7 albizottsága foglalkozott a roncsolásmentes vizsgáló személyek minősítésének szabványosításával. Az albizottság – az ICNDT, az IAEA és más nemzetközi szervezetek addigi munkáját is figyelembe véve – megkezdte egy nemzetközi szabvány kidolgozását, aminek eredményeként 1992-ben kiadták az ISO 9712 szabványt [4]. Miután az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (European Federation for Non-Destructive Testing, EFNDT) kezdettől élharcosa volt a független harmadik fél által végzett minősítésnek, ezért – párhuzamosan az ISO tevékenységével – az EFNDT kezdeményezésére az Európai Szabványosító Bizottság (European Committee for Standardization, CEN) is elindított egy szabványalkotó tevékenységet, amelynek eredménye az 1993-ban megjelent EN 473 lett [5]. A sok tekintetben azonos két szabvány párhuzamos története 2012-ig tartott, amikor megtörtént összeolvadásuk, 2. ábra. Ezzel lényegében befejezettnek tekinthető

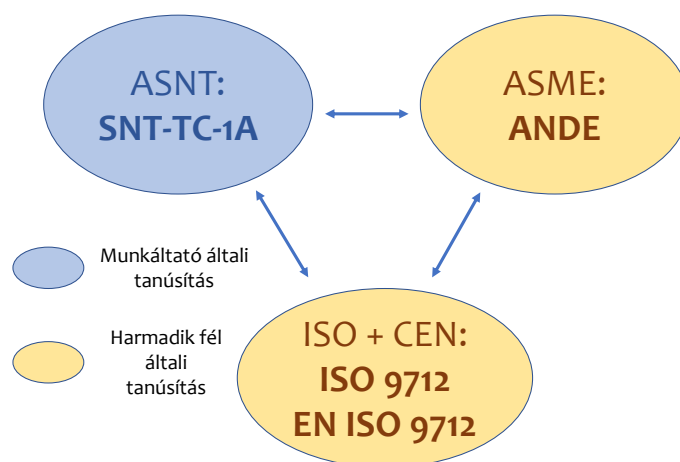


2. ábra: Az EN 473 és az ISO 9712 szabvány története [6]

a világméretű harmonizáció.

Az európai és a nemzetközi szabvány egyaránt kihangsúlyozta a részletes képzési anyagok szükségességét, induláskor hat eljárásra (az SNT-TC-1A öt eljárása kiegészült PT-vel), majd a lista folyamatosan bővült az idők során.

Megjegyezzük, hogy ezzel a munkáltató általi minősítés nem szűnt meg. Az Amerikai Egyesült Államokban és a világ néhány más országában továbbra is az SNT-TC-1A jelű Javasolt gyakorlatban foglalt rendszert követik. Néhány évvel ezelőtt azonban megjelent, elsősorban az amerikai nukleáris ipar igényének a kielégítése céljából egy új, harmadik fél által végzett minősítési eljárás. Ezt az Amerikai Gépészmérnökök Egyesülete (The American Society of Mechanical Engineers, ASME) dolgozta ki, elnevezése ennek megfelelően: ANDE (ASME Non-destructive Examination), és dokumentumai megfelelnek a nukleáris ipar minőségbiztosítási előírásainak [7]. A 3. ábra a világban járatos és szabályozott minősítési és tanúsítási rendszereket foglalja össze.



3. ábra: A vizsgáló személyek minősítési és tanúsítási rendszerei [6]

A saját tevékenységi területén, elsősorban a fejlődő országokkal folytatott műszaki együttműködés keretében, az IAEA is kidolgozott egy képzési útmutatót a roncsolásmentes vizsgálatokhoz, aminek első kiadása több változtatást, frissítést követően a TECDOC-628 dokumentumban kristályosodott ki [8]. Azzal együtt, hogy a [8] dokumentum egy részletes és figyelemre méltó útmutató, és ezért elterjedten használják a világban, az IAEA – mandátumából következően – ezt azokban az országokban ajánlja, ahová a műszaki együttműködési programja (akár nemzeti, akár regionális projektek formájában) irányul.

A roncsolásmentes vizsgáló személyzet képzése és minősítése harmonizációjának jelentős lépése volt a CEN és az ISO közös munkacsoportjának a tevékenysége. Ennek eredménye 2006-ban két dokumentum – műszaki jelentés (Technical Report, TR) – kiadása volt. Ezek a következők: CEN ISO/TR 25107 [9] és CEN ISO/TR 25108 [10]. Mindkét útmutatót a közelmúltban magasabb szintre emelték: legújabb kiadásuk műszaki jelentés helyett műszaki specifikáció (Technical Specification, TS) formában jelent meg [11, 12]. A [9], illetve [11] útmutató, amely a vizsgálatól elvárt minimális műszaki tudás elemeit tartalmazza, elsősorban a képző intézményeket szolgálja azzal, hogy az abban írottak követésével egységes szintű képzési anyagokat készíthessenek, és így a vizsgáló személyek kompetenciája is egységes szintű legyen. Az EN ISO 9712 szabvány a következő vizsgálati eljárásokkal foglalkozik: AT, ET, LT, MT, PT, RT, ST, TT, UT és VT. A következő táblázat az egyes eljárásokra előírt minimális óraszámokat mutatja az amerikai, a (volt) európai és a nemzetközi rendszerben [6].

1. táblázat: A különböző eljárásokra előírt minimális óraszámok az amerikai, a (volt) európai és a nemzetközi rendszerben [6]

Eljárás	1. szint			2. szint			3. szint		
	EN 473	SNT-TC-1A	ISO 9712	EN 473	SNT-TC-1A	ISO 9712	EN 473	SNT-TC-1A	ISO 9712
AT	64	40	40	64	40	64	48		48
ET	40	40	40	40	40	48	40		48
LT*	16	24	24	24	16	32	24		32
MT	16		16	24		24	32		32
PT	16	4	16	24	8	24	24		24
RT	72	40	40	80	40	80	72		40
UT	64	40	40	80	40	80	72		40
VT	16	8	16	24	16	24	24		24

* Nyomáskülönbségen alapuló eljárás.

Megfigyelhető a táblázat óraszámából, hogy – elsősorban a mélyebb elméleti felkészültséget és nagyobb gyakorlatot igénylő eljárások, mint AT, RT és UT, esetében – az európai követelmények szigorúbbak voltak. Az óraszámok minimum követelmények, amiktől a képző intézmények felfelé eltérhetnek. Az amerikai és európai rendszerben hasonló eltérések máshol is megmutatkoztak. Ezek egyike a roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának kérdése. Ennek harmonizálásra például a két fél egy közös workshop sorozatot indított, amelynek a rendezvényei 1997 és 2017 között hét alkalommal kerültek megtartásra.

4. A Leonardo projektek

Az ISO 9712 szabvány (ami egyben európai és magyar szabvány is) részletesen szabályozza a minősítési folyamatot és tartalmaz néhány előírást a képzéssel, valamint a minősítő vizsgával kapcsolatban. A képzések és a vizsgák szakmai tartalmát és színvonalát azonban nem határozza meg kellő mélységben. Márpedig világos, hogy a vizsgáló személyzet kompetenciája mindaddig jelentősen eltérő lehet országról-országra, amíg legalább a képzések szakmai minimumát nemzetközileg elfogadott módon nem rögzítik. Nagy előrelépés volt a tematikai irányelvek megjelenése [9, 11], 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 elvégzését fogadják el a tanúsításra jelentkezőktől.

Az európai szinten harmonizált képzések irányába tett igen fontos lépés volt az a kezdeményezés, ami – 2004 és 2006 között, tehát még az irányelvek kiadását megelőzve – azzal a célkitűzéssel született, hogy az Európában tanúsított anyagvizsgálók kompetenciája gyakorlatilag azonos szintű legyen. Ennek jegyében négy EU tagállam – Spanyolország, Franciaország, Németország és az Egyesült Királyság – roncsolásmentes vizsgáló társaságainak (AEND, COFREND, BINDT és DGZfP) szakemberei didaktikai útmutatókat, tanfolyami kézikönyveket és tanári segédletet állítottak össze ET, MT, PT, RT és UT eljárásra a roncsolásmentes vizsgálatokat a minősítő vizsgákra felkészítő oktatáshoz. A tananyagokat a kidolgozó országok a saját nyelvükön, az ország sajátosságait is figyelembe véve jelentették meg és használják.

A projekt kezdeményezője és koordinátora egy spanyol szakképző intézmény (Centro Nacional de Formación Profesional Ocupacional (CNFPO) del Servicio Regional de Empleo y Formación (S.E.F.) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia) volt, finanszírozója pedig – egy Leonardo da Vinci program keretében – az Európai Bizottság. A projekt elnevezése a következő volt: „Európai Képzési Program Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Minősítéséhez” (angol rövidítéssel „PROQUALINDT”).

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 da Vinci II program, szintén az Európai Bizottság szponzorálásában [13]. Ennek a célja az volt, hogy az első projekt eredményeit további európai országoknak adják át. A résztvevő országok roncsolásmentes vizsgálati társaságai szempontjából pedig az, hogy csatlakozhassanak a közös képzési programhoz és honosíthassák annak

dokumentumait. Ebben a projektben a cseh, a horvát, a magyar és a portugál roncsolásmentes vizsgálati társaság vett részt, koordinátora – a folytonosság biztosítása céljából is – ugyanaz a spanyol intézmény volt, amelyik az első projektet is koordinálta. A projekt munkája 2013 végén sikerrel zárult. Az elkészült tananyagok nem egyszerűen az előző fázisban elkészültek fordításai voltak, hanem azok korszerűbb és kiegészített változatai, tartalmukban és szerkezetükben illeszkedtek az időközben megjelent [8] útmutatóhoz. Korszerűségüket olyan vizsgálati technikák tárgyalása fémjelzi, mint a fázisvezérelt (Phased Array UT, PAUT), a szórt hullámok futásidejének mérésén alapuló (Time-Of-Flight Diffraction, TOFD) és a nagy hatótávolságú (Long-Range UT, LRUT) ultrahangos vizsgálat, a digitális radiográfia, az elektrongyorsítóval előállított röntgensugárzás, a (térérzékelő szonda alkalmazásával végzett) szórt fluxusú mágneses vizsgálat, a frekvencia-szkenneléssel vagy az impulzus üzemű gerjesztéssel végzett örvényáramú vizsgálat. A 4. ábra példaként egy-egy magyar nyelvű didaktikai útmutató és tanfolyami kézikönyv fedőlapját mutatja.



4. ábra: „Leonardo” didaktikai útmutató és tanfolyami kézikönyv fedőlapja

5. Összefoglalás

A roncsolásmentes vizsgálat minőségi láncának fontos része a vizsgáló személy kompetenciáját fejlesztő képzés, az azt igazoló minősítés és tanúsítás, továbbá több, más emberi tényező, pl. az etikus magatartás. A globális világban, amelyben a vizsgálati tevékenység átnyúlik az országhatárokon, elengedhetetlen, hogy a vizsgálók kompetenciájának minimális szintje a tevékenység végzésének és a tanúsítvány megszerzésének a helyétől független, mindenhol és mindenkor azonos legyen. Ennek a valós igénynek a kielégítése érdekében a következők történtek az elmúlt évtizedek során.

- A világ roncsolásmentes vizsgáló közössége, a nemzetközi szervezetei (ICNDT, EFNDT, IAEA) vezetésével és a szabványosítási szervezetekkel (ISO, CEN) karöltve, a múlt század végére kidolgozta az egységes képzés, valamint a minősítés/tanúsítás koncepcióját.
- Szabványok és irányelvek születtek az egységes képzés és minősítés/tanúsítás minimális követelményeire (képzési óraszámok, képzési tartalmak, jártassági időtartamok).
- A szabványokból kiindulva – Európában – egységes képzési anyagokat dolgoztak ki a roncsolásmentes vizsgáló társaságok szakemberei (Leonardo tananyagok).
- A minősítés és tanúsítás egységes színvonalát alapját képezi az ICNDT és az EFNDT által működtetett, a tanúsítványok kölcsönös elismerésén nyugvó mechanizmusnak.

Hivatkozások

- [1] Overall NDT Quality System, EFNDT Guidelines, Issue 2, EFNDT, October 2014.
- [2] From vision to mission: ASNT 1941 to 2016 (ed. T. E. Jones), The American Society for Nondestructive Testing, Columbus, OH, 2016.
- [3] Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing, Recommended Practice No SNT-TC-1A, ASNT, 2020.
- [4] Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel, ISO 9712: 1992.
- [5] Non-destructive testing. Qualification and certification of NDT personnel. General principles, EN 473:1993.
- [6] Literature concerning ISO 9712:2012, ISO/TC 135, December 2015.
- [7] Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications, NQA-1, ASME, 2015.
- [8] Training Guidelines in Non-Destructive Testing Techniques, IAEA-TECDOC-628, Revision 2, 2008.
- [9] Non-destructive testing – Guidelines for NDT training syllabuses, CEN ISO/TR 25107:2006.
- [10] Non-destructive testing – Guidelines for NDT personnel training organizations, CEN ISO/TR 25108:2006.
- [11] Non-destructive testing – NDT training syllabuses, CEN ISO/TS 25107:2019.
- [12] Non-destructive testing – NDT personnel training organizations, CEN ISO/TS 25108:2018.
- [13] Bartos Z., Skopál I.: Új utakon a roncsolásmentes vizsgálók képzése és tanúsítása, Anyagvizsgálók Lapja, Célszám 2015

RAKK & AGY 2021

XII. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás (RAKK) és 10. Anyagvizsgálat a Gyakorlatban (AGY) Konferencia

Az anyagvizsgálat elméleti és gyakorlati szakértőinek fóruma, figyelmet fordítva a fiatal szakemberek eredményeire és a fejlődési irányok áttekintésére.

A konferencia **online** formában kerül megrendezésre!

2021. március 17-18.

<https://e-vent.space/rakk-agy/>



MAE



MI A HELYZET A HAZAI EGYETEMEINKEN A RONCSOLÁSOS- ÉS RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT OKTATÁSÁVAL?

1. Bevezetés

A mérnöki gondolkodásmód alappillére a BIZTONSÁG, mind a szerkezetek **tervezésénél**, mind pedig azok **üzemeltetésénél**. Ezt a tervezés periódusában a gyakorlat által validált biztonsági tényezők alkalmazásával, a gyártás periódusában minőségbiztosítási rendszerekkel, az üzemeltetés folyamatában pedig időszakos felülvizsgálatokkal és karbantartások végzésével érik, érhetik el. A BIZTONSÁG garantálásához DIREKT módon kötődnek a roncsolásos- és roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások, technológiák, technikai eszközrendszerek. Az ok egyszerű; a szerkezetek valamilyen anyagból készülnek, bennük üzemeltetés körülményei között valamilyen mezők ébrednek és hibák (geometriai-anyagfolytonossági) keletkez(het)nek, vagy növekedhetnek. A tervezés periódusában szükség van a tervezés szempontjából kiválasztott **anyagjellemző(k)re**, a gyártás során a **technológiai folyamat** és a kiválasztott anyagjellemző **kölcsönhatásának ismeretére**, a hatás kísérleti ellenőrzésére, míg üzemeltetés során az aktuális anyagjellemzőre (az anyag károsodási folyamatának követésére) geometriai, valamint az anyagfolytonossági hibák detektálására, elhelyezkedésük, méreteik meghatározására.

A fenti gondolatsor minden mérnöki tevékenység alapja, azaz független attól, hogy milyen ipari szektorról beszélünk: nukleáris- vagy építő-, papír-, textil-, avagy gépiparról. Minden iparágban szükség van roncsolásos- és roncsolásmentes anyagvizsgálatokra. Az viszont kétségtelen, hogy még az egyes iparágokon belül is eltérő technikákat, eszközöket használnak a BIZTONSÁG garantálásához. Ezen eszközök fizikai alapelvei szinte változatlanok, piaci termékként viszont igen változatosak, éppen a mikroelektronika robbanásszerű fejlődésétől hajtvva. Az ismeretek alapforrása döntő módon az oktatás, praktizáló mérnökeinknél az egyetemi oktatás. Ennek tematikájában szerepeltetni kell az alapelveket és a jelenlegi technikai szintet is. Primitív példával érzékeltetve: Ha a fa hasításáról beszélünk, akkor nem csupán a hasítás mechanikai hátterét kell tudni, hanem látni (láttatni) is kell a kőbalta és fiskars balta különbségét is. Egy kiválasztott roncsolásmentes vizsgálati technika kapcsán pedig pl. nem csupán az ultrahangvizsgálat alapjait, hanem ennek

jelenlegi technikai szintjéről is kell bizonyos áttekin-téssel rendelkezni az adott iparág mérnökeinek.

2. Hazai körkép a roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatok témakörében az egyetemi tantervekben

Több, mint fél évszázadot eltöltve a gépészmérnökök egyetemi szintű képzésében, azt kell mondan, hogy a helyzet siralmas. Félreértés ne essék, a felsőoktatás minden szintjén megjelennek a tantervekben a témakörhöz tartozó ismeretek oktatása. Igaz ez meglehetősen heterogén óraszámot képvisel.

Ha a **roncsolásos anyagvizsgálatot** tekintjük, akkor a gépészmérnöki tantervek mindegyikében szerepelnek az ún. alapvizsgálatok. Ezek a következők: keménységmérések, szakítóvizsgálatok, szívósság vizsgálata (általánosan a Charpy-féle ütvehajlító vizsgálat), fárasztóvizsgálat, kúszásvizsgálat. Egyes oktatási intézményekben nagyon röviden kitérnek még esetleg a technológiai vizsgálatokra, azok szerepére, és/vagy jelleggel a korrózióra és a korróziós hajlam vizsgálatára is. Szinte általánosnak tekinthető az, hogy a gyakorlati órákon bemutató jelleggel kerülnek ismertetésre a vizsgálati módszerek. Viszont igazán jó és didaktikusan felépített magyar nyelvű VIDEO-kurzusok még az INTERNET-en sem találhatók!

A **roncsolásmentes vizsgálatok** tekintetében pedig még szomorúbb az „akadémiai” helyzet. Hét felsőoktatási intézmény ismert oktatói körében tettük fel a következő kérdéseket:

1. Milyen szinten (BSc vagy MSc) folynak a roncsolásmentes vizsgálatok?
2. Önálló tárgy keretében vagy más tantárgy részeként?
3. Milyen heti óraszámban?
4. Milyen vizsgálati eljárásokat oktatnak (VT, UT, RT, ET, MT, egyéb vizsgálati technikák)?
5. Személyzetminősítésre kitérnek-e külön?
6. Javasolná-e a témakör oktatásának bővítését? Ha IGEN, akkor milyen formában?
 - a. Szakmérnöki tanfolyam keretében?
 - b. Önálló tantárgyként a felsőoktatásban?
 - c. Továbbképző tanfolyamok keretében?
 - d. Tágabb ismerethalmazba beépítve?

A kapott válaszok alapján tehető megállapítások:

1. A roncsolásmentes vizsgálatok döntően a BSc szintű képzésekben jelennek meg, de meghatározó módon nem önálló tantárgyként.
2. Következésképpen szinte definiálhatatlan az oktatás heti óraszám, különösen a gyakorlati óraszám tekintetében.
3. A vizsgálati technikák, módszerek közül az alapeljárásokkal szinte minden intézmény az alapok szintjén foglalkozik (VT, UT, RT, ET, MT).
4. A vizsgálószemélyzet minősítésének kérdésköre csupán kivételként jelenik meg az oktatásban.
5. A jelenleg oktatott ismeretek bővítését minden bevont intézmény egyértelműen és egyetértésben javasolja.
6. Az oktatás formáját tekintve a szakmérnöki képzést javasolják legtöbbször úgy, hogy az egy tágabb ismerethalmazba legyen beépítve.

Az oktatás korszerűsítésében jól körülhatárolt, de relatíve szűk a mozgástér. A nappali képzés alakításában az egyetemek önállósága a meghatározó. A kétszintű képzésre (BSc és MSc) történő átállás ugyanis nagyon „megrázta” a hosszú idő alatt stabilizálódott és egyre inkább kikristályosodott tananyagokat. A változás pedig többnyire úgy következett be, hogy „mit húzzunk az eddigi tantervekből a BSc szintű tantervek kialakítása kapcsán és mi maradjon az esetleges MSc szintre”? Ebben a lépésben még talán azt is mondhatjuk, hogy a „roncsolásmentes vizsgálatok” témakörének oktatása – a felmérések szerint – szerencsésnek (is) mondható, mivel a BSc szinten megvalósult. Igaz a csökkenő óraszámok miatt az amúgy sem jelentős korábbi óraszám tovább csökkent. A tananyag szűkült, maradt az alapok oktatása. Az is tény, hogy tantervek formálásában az egyetemek és a szakmai szervezetek (MAROVISZ és MAE) között nem alakult ki semmilyen párbeszéd. Ez azért is sajnálatos, mert az egyetemi oktatók döntő részének nincs megfelelő ipari gyakorlata, tapasztalata.

A szakmai tanfolyamok szervezése, meghirdetése eleve csupán korlátozott fejlődési lehetőséget nyújthat, mivel nem ad olyan újabb előnyöket, amelyeket a munkaerőpiac egységesen elismer.

Maradt a szakmérnöki képzések megszervezésének lehetősége. E forma egyben igen hasznos terepet nyújt az egyetemek és szakmai szervezetek együttműködésére is. Az azonban tény, hogy a szakok létesítéséhez és a képzés beindításához a megfelelő adminisztratív munkát az egyetemi oktatóknak

kell elvégezni. Eddigi tapasztalatok szerint erre csak azon egyetemi csoportok vállalkoznak szívesen, amelyek ezt befektetésnek is tekintik. Ilyen típusú együttműködés alakult ki egyrészt a BME és MAE+MAROVISZ között a roncsolásos-, másrészt a Debreceni Egyetem (DE) Műszaki Kara és a MAROVISZ közt a roncsolásmentes anyagvizsgálat területéhez kötődően. Ez utóbbi akár példaértékű is lehet, hiszen a 2020 elején közösen kialakított koncepció alapján a szak létesítésének és a képzés indításának engedélyezési dokumentumai már a nyár végére elfogadásra kerültek és a képzés az év második felében több mint 15 fő részvételével beindult! A roncsolásmentes vizsgálatok oktatása egy bővebb gondolatkörbe került beillesztésre. Ezt a tágabb ismerethalmazt jelen esetben a szerkezetek integritásának megítéléséhez kötődő tudáshalmaz képviseli. Ez igaz még akkor is, ha a roncsolásmentes vizsgálatok a kurzus óraszámainak 45%-át, a szerkezeti anyagok károsodása és a hibák értékelési módszerei csupán az óraszám 35%-át.

Az első szemeszterben szerzett tapasztalatok megalapozott bizakodásra adnak okot egyrészt a képzés további fenntartásának lehetőségeire, másrészt a roncsolásos vizsgálatok témakörére fókuszáló szakmérnöki képzés tekintetében. Ennek tanterve a BME és a MAE+MAROVISZ együttműködésében kerül kialakításra. E képzésnél még nyitottnak tekinthető a „beágyazó ismerethalmaz”, hiszen évtizedekkel ezelőtt „Anyagvizsgáló Szakmérnöki Szak”-ként lett meghirdetve és két alkalommal is sikeresen lett lebonyolítva. Az első évfolyam pedig kezdeményezte az AGY (Anyagvizsgálat a Gyakorlatban) konferenciasorozatot.

A sikeres oktatás fenntartásának elengedhetetlen eszközrendszere a szakmai anyagok megléte (könyvek, oktatási segédletek, napjainkban már a VIDEO filmek stb.). E téren a hazai helyzet rosszabb, mint ahogyan azt a „siralmas” kifejezés jellemzi. Azt is el kell azonban ismerni, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok területén a nemzetközi együttműködés, a Leonardo projekt keretében készített tananyagok magyar nyelvű változatai évtizedes lemaradásokat hoztak be. Ezek egy szintetizált „kézikönyv szerű” változatának szakkönyvként történő megjelentetése akár a hazai BSc és MSc képzés alaptankönyve is lehetne. Igaz nem pótolná az ASM 17. kötetét, amely 1989-ben „Nondestructive Evaluation and Quality Control” címmel jelent meg 795 oldal terjedelemben, és 2018-ban „Nondestructive Evaluation of Materials” közel hasonló oldalszámban. A két különböző cím már tükrözi a stratégiai célok változását

is. A roncsolásos anyagvizsgálat témakört érintő magyar nyelvű szakkönyvek területén helyzetünk egyszerűen „tragikus” és „fényévnyi távolságra vagyunk az ASM 8. kötetében „Mechanical Testing and Evaluation” mintegy 1000 oldalon összefoglalt ismerethalmaz bemutatásától. Mondom ezt a különböző felsőoktatási intézmények kiadványainak ismeretében is.

Megítélésem szerint szakmai szervezeteink (MAE és MAROVISZ) koordinációs szerepére igen nagy szükség lenne egy-egy olyan kézikönyv összeállításában, mint ahogyan az a GTE keretében a „Hegesztés és rokon technológiák” témakörben megvalósult. Ezek összeállításába bizonynyal értelemszerűen a vizsgáló berendezéseket, eszközeit forgalmazó hazai cégek is bevonhatók a kölcsönös érdekek alapján.

4. Összefoglalás

A roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatok oktatásának hazai helyzetét a felsőoktatási intézményeinkben felmérve – kissé sarkosan fogalmazva – a következő megállapítások tehetők:

1. Mérnöki szerkezeteink biztonságának garatálásához a roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatok elengedhetetlenül szükséges ismeretek, mind a tervezés, mind a gyártás, mind pedig az üzemeltetés periódusában.

2. E témakörökhöz tartozó ismeretek oktatása a felsőoktatási intézmények tanterveiben – ha nem is kellő súllyal, de – megjelennek.
3. Az anyagvizsgálathoz kötődő ismeretek történelmileg kialakult részarányai, súlya a két-szintű (BSc és MSc) képzés kapcsán változott. A témakörök általában csökkentett óraszámban a BSc szinten jelennek meg.
4. A jelenleg oktatott ismeretek bővítését a helyzet felmérésébe bevont minden intézmény egyértelműen és egyetértésben javasolja.
5. Az oktatás formáját tekintve a szakmérnöki képzést javasolják legtöbbször úgy, hogy az egy tágabb ismerethalmazba legyen beépítve.
6. Az anyagvizsgálathoz kötődő szakmai szervezetek koordinációs tevékenységének további erősítése mindenképpen indokolt. Elsődlegesen a szakmérnöki képzések tematikáinak összeállításában, másodlagosan pedig az oktatási anyagok, könyvek megjelentetésében a berendezéseket, eszközöket forgalmazó szakemberek, cégek bevonásával.
7. A MAROVISZ és a MAE bekapcsolódása a DE Műszaki Karán megindult és BME-n tervezett szakmérnöki szintű képzésekbe mindenképpen követendőnek ítéltető.

Tóth László
ny. egyetemi tanár

Szerkezetintegritási és Roncsolásmentes Vizsgáló Szakmérnöki Képzés a Debreceni Egyetemen

A Debreceni Egyetem Műszaki Kara ismét elindítja a Szerkezetintegritási és Roncsolásmentes Vizsgáló Szakmérnöki Képzését a 2021/2022 tanévben.

A 180 óra terjedelmű 2 féléves képzés 13 tantárgyában 20%-ot képviselnek a matematikai, 35%-ot az anyagokra vonatkozó és 45%-ot a roncsolásmentes vizsgálati módszerek. A képzést sikeresen befejező hallgatók a MAROVISZ harmadik szintű roncsolásmentes anyagvizsgáló tanúsítását is megkaphatják.



Bővebb információ a [Kar honlapján!](#)

Továbbá érdeklődhet Dr. Mankovits Tamás, tanszékvezetőtől: tamas.mankovits@eng.unideb.hu

ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKMÉRNÖKÖK KÉPZÉSE A BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEMEN

Az 1960-as évek elején hatalmas fejlődés indult be a felsőoktatásban, a legkülönbözőbb mérnöki szakokon, a szakmérnöki képzések feltalálásával és beindításával. Ez a műfaj olyan sikeres lett, hogy a kétéves képzések és diplomamunka-készítés után megszerezhető szakmérnöki oklevél villámgyorsan a szakmák elitjének belépőkártyájává vált. Az 1962-től kétfévente szervezett hegesztő szakmérnöki képzést a BME-n máig kb. 850 fő végezte el. Az ugyancsak a Gillemot-tanszék által gondozott alakítástechnikai szakmérnöki képzésnek az 1960-as évek három kurzusában összesen 90 végzettje volt. Az anyagvizsgálati szakmában is határozott igény formálódott erre, ezért a Gillemot László professzor vezette Mechanikai Technológiai Tanszék gondozásával a BME Gépészmérnöki Karán beindult az első, anyagvizsgáló szakmérnöki képzés. Ennek éppen ötven éve, ugyanis 1971 februárjában kezdődött. Az 1. táblázat sorolja fel betűrendben a képzésben oklevelet szerzett szakmérnököket.

A második csapat, amelyik a BME-n anyagvizsgáló szakmérnöki oklevelet szerzett, 1980 februárjában kezdte a képzést. Az ő névsorukat tartalmazza a 2. táblázat. Róluk ismert a születési év is, de a személyiségi jogok mai fejlettségi szintjén csak annyit merek ebből elárulni, hogy köztük a legidősebb ma 82 éves, és a legfiatalabb (kettő) is 67. Az első csapatról nem állnak rendelkezésre ilyen adatok.

1. táblázat: A BME-n, 1971 februárjában kezdődött képzésben anyagvizsgáló szakmérnöki oklevelet szerzettek névsora:

Baka István	Kuty Ákos
Buray Zoltánné	Lőrincz László
Derkovits György	Madarász Ferenc
Domonkos Lajos	Mihálovits István
Egresi István	Milotay György
Erdélyi Mihály	Nagy József
Farkas Péter	Ollé Tibor
Gaál István	Pettenkoffer Sándor
Horváth Csabáné	Pélyi Bertalan
Horváth Kornél	Remete János
Huber István	Szabados Mátyás
Károssy András	Szöllősy Kálmán
Keébe György	Villányi Ferenc
Kézdy Pálné	Vizy György
Kóródy László	Zsolnai László
Kruppa Gyuláné	

1. ábra: Államvizsga bejegyzés Antal Ágnes 1982-es indexében. Az államvizsga tantárgyai: Fémten és fémtechnológiai vizsgálatok, Mechanikai anyagvizsgálatok, Fémtechnológia

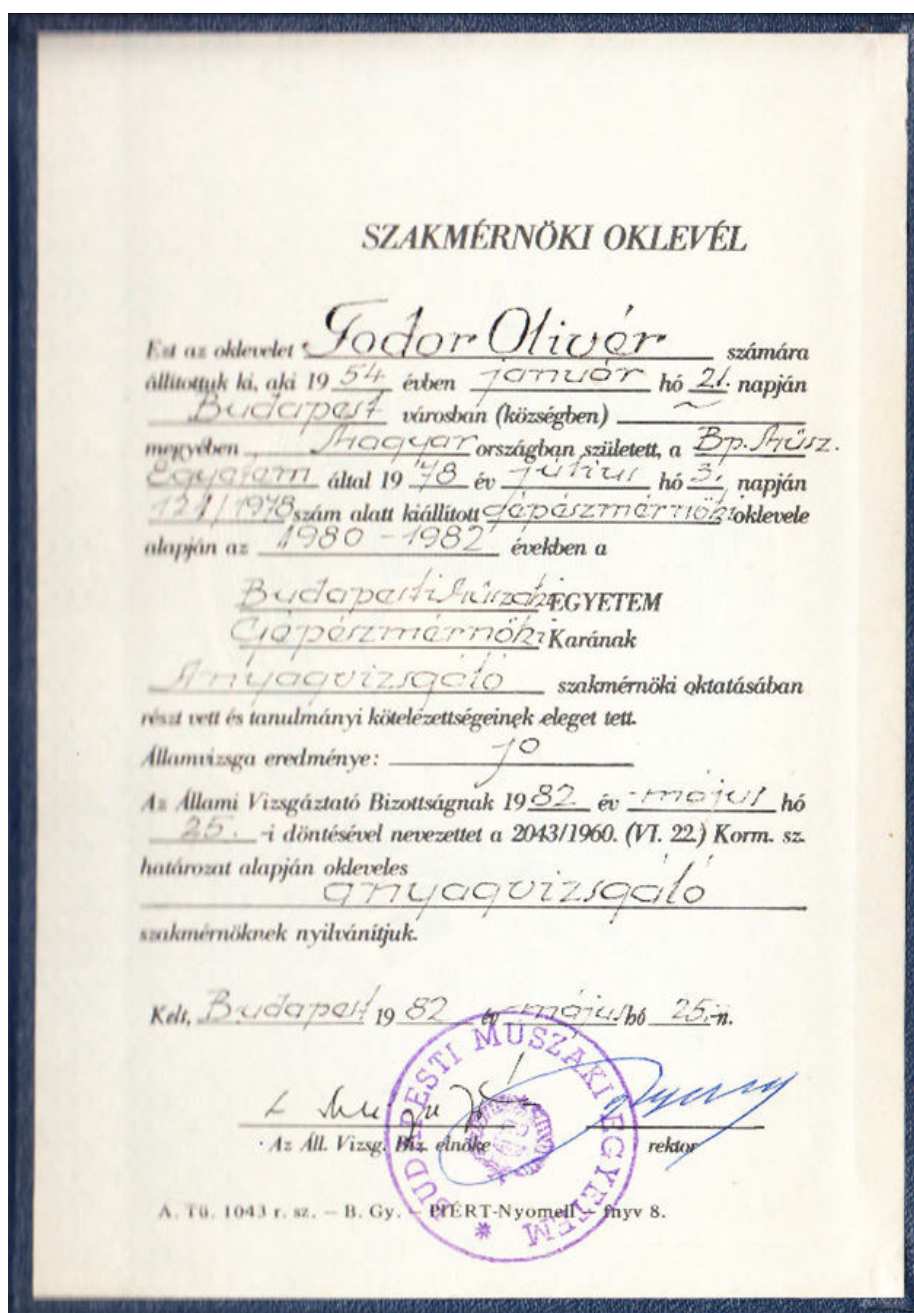
2. táblázat: A BME-n, 1980 februárjában kezdődött képzésben anyagvizsgáló szakmérnöki oklevelet szerzettek névsora:

Albrecht Lajos	Jex Judit
Bakacsi Judit	Kirchfeld Mária
Bakallár György	Kissné Gorgovaja Ludmilla
Békési András	Mórocz Imre
Csizmazia Ferencné Antal Ágnes	Pajor Pál
Demeter Ányos	Pilc Erzsébet
Dér Gyula	Réthy Mária
Fehér Lajos	Somogyi György
Fodor Olivér	Szöllősi Géza
Harnisch József	Takács Sándor
Hoffmann Éva	Talián Lászlóné Mikó Ludmilla
Horváthné Lenhardt Márta	Vejteyné Mojzes Erzsébet

Az anyagvizsgáló szakmérnöki képzés újraindítására több kísérlet is volt, ám ezeket elsodorta a rendszerváltás előtt, alatt és után végbement turbulenciasorozat.

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének 2012-ben történt újraalapítása után nagyon hamar napirendre került a szakmérnöki képzés gondolata. Látszólag minden simának tűnt: Dévényi László tanszékvezető és MAE-elnökségi tag is volt, és a MAE első elnöke, Gillemot László, valamint a MAROVISZ elnöke, Trampus Péter gyakorlatilag megállapodtak vele az újraindításról. A 36. Balatoni Ankéton (2015-ben) már részletekbe menő előadást tartott Orbulov Imre, aki akkor a gondozó tanszéken tanszékvezető-helyettes, a karon dékánhelyettes, a MAE-ban pedig választott tisztségviselő volt. Amikor kb. két év szinte észrevétlenül eltelt, a MAE elnöke, Czinege Imre felkereste a gépészmérnöki kar dékánját, Czigány Tibort, aki határozottan az ügy mellé állt. Még abban az évben benyújtotta a kar az Oktatási Hivatalnak a szakindítási kérelmet, amely azt jóváhagyta, elkezdődött a tanterv kidolgozása, és már csak egy feladat maradt hátra: a tanterv elfogadtatása a gépészmérnöki kar tanácsülésén.

Ennek érdekében az utolsó, érdemi esemény 2020. március 4-én történt, amikor egy személyes tanácskozásra ült össze minden érdekelt fél: a BME Gépészmérnöki Karának aktuális dékánja (Orbulov Imre), az ő elődje (Czigány Tibor), az Anyagtudomány és Technológia Tanszék vezetője (Szabó Péter János), a képzésért kinevezett, felelős professzora (Mészáros István), a BME Mérnöktovábbképző Intézetének igazgatója (Zarka Dénes), az ő helyettese (Mészárosné Merbler Éva), a Polimertechnika Tanszék vezetője (Bárány Tamás), a MAROVISZ elnökségének képviselője (Fodor Olivér), valamint a MAE elnöke



2. ábra: A BME anyagvizsgáló szakmérnöki képzésén 1982-ben végzett egyik diák (Fodor Olivér) oklevele

(Biró Gyöngyvér), elnökségi tagja (Harnisch József) és alelnöke (e cikk szerzője). A tanácskozáson sikerült minden alapelvben, egy sor részletkérdésben, de még az ütemezésben is megállapodni. Pár nap múlva azonban jött a koronavírus, azóta ez ügyben nem történt előrelépés. A magam részéről mégis optimista vagyok.

Dobránszky János

tudományos tanácsadó;

Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, MTA-BME
Kompozittechnológiai Kutatócsoport

Szerkezetintegritási és roncsolásmentes vizsgáló szakmérnöki képzés

Tóth László¹, Trampus Péter²

¹nyugalmazott egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, laszlo.toth@bayzoltan.hu

²Professor emeritus, Dunaújvárosi Egyetem, TRAMPUS@uniduna.hu

1. Bevezetés

A roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatok oktatásának hazai helyzetét a felsőoktatási intézményeinkben felmérve, a leggyorsabban megvalósítható lépések a következők voltak:

1. A jelenleg oktatott ismeretek bővítését a helyzet felmérésébe bevont minden intézmény egyértelműen és egyetértésben javasolja.
2. Az oktatás formáját tekintve a **szakmérnöki képzést** javasolják legtöbbször úgy, hogy az egy **tágabb ismerethalmazba** legyen beépítve.
3. Az anyagvizsgálathoz kötődő szakmai szervezetek koordinációs tevékenységének további erősítése mindenképpen indokolt. Elsődlegesen a szakmérnöki képzések tematikáinak összeállításban, másodlagosan pedig az oktatási anyagok, könyvek megjelentetésében, a berendezéseket, eszközöket forgalmazó szakemberek, cégek bevonásával.

Ha a kiemelt megállapításokat csupán szavak sorozatával szeretnénk visszaadni, akkor így lehetne összefoglalni: *szükség van rá, részben kötött egyetemi oktatás keretében, továbbképzésként, szélesebb ismerethalmaz keretében, szakmai szervezetek bevonásával.*

A képzés megindításának alfája és omegája, hogy legyen egy egyetemi adminisztráció, egy tanszéki csoport, egy munkatárs, aki akarja, valamint képes a nyakába venni és segíteni a képzés adminisztratív előkészítését. Ebben a közegben eltöltött több fél évszázad tapasztalatai alapján joggal állítható, hogy egyre kevesebb számmal burjánzanak olyan közösségek felsőoktatási intézményeinkben, amelyek vállalják a „szakirányú továbbképzési szak indítására” a megfelelő dokumentáció tartalmi és formai elkészítését (általában 50 oldal terjedelemben), az egyetemi adminisztráción való átvezetését a rektori aláírás és pecsét eléréséig. El kell ismerni, hogy ez nagy munka, az intézmény jövőjébe, hírnevének megalapozásába önkéntesen befektetett egyéni tevékenység. Sajnos a felsőoktatásban egyre kevesebb ilyen

személy található mind vezetői, mind pedig végrehajtói szinten.

Oázis-szerű, üde színfoltnak tekinthető a Debreceni Egyetem Műszaki Kara, amelynek munkatársai nyitottak egyrészt az adminisztratív feladatok szakszerű elvégzésére, másrészt a profiljukba tartozó témakörökhöz tartozó képzések szervezésébe és lebonyolításában úgy, hogy munkatársaikat is „beiszkolázzák” a közösség szakmai ismereteinek céltudatos bővítésére. E mentalitás hosszú távú pozitív eredménye megkérdőjelezhetetlen.

Ezen az egyetemi háttéren, a MAROVISZ teljes szakmai bázisának bevonásával indult be 2020 szeptemberében (17 fővel) egy újszerű szakmérnöki képzés, amelynek

- az előkészítése (tantervének, tematikájának összeállítása) 2020 januárjában, februárjában kezdődött,
- a szélesebb ismerethalmazát a „szerkezetek integritása” témakör szolgáltatja,
- a struktúrájában a roncsolásmentes vizsgálatok témaköre a meghatározó (45%),
- a „beágyazó – a szerkezetek integritása – témakör” a tematika 35%-át képviseli,
- az általános gépészmérnöki gyakorlatban is jól hasznosítható ismeretek teszik ki a maradék 25%-át a 180 órás képzésben,
- nemzetközi elismertsége kiváló, mind az európai szakmai szervezetekben (ESIS, EFNDT, EWF), mind pedig a környező országokban (Szerbia, Románia, Horvátország, Fehéroroszország stb.). A képzés szükségességét az Academia NDT International (NDT Integrity Engineering elnevezéssel) világszerte hangoztatja. Ha úgy vesszük, akkor a debreceni szakmérnöki képzés, amelyről az Academia tud és melegen üdvözl, a koncepció első megvalósítása.

Jelen közlemény alapvető célja az, hogy röviden összefoglalja a képzés tartami részeit is annak dacára, hogy részletes tanterv a Debreceni Egyetem Műszaki Karának honlapján¹ megtalálható.

¹ <https://mecheng.unideb.hu/hu/szerkezetintegritasi-es-roncsolasmentes-vizsgalo-szakmernok> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)

2. **Tanternv, tantárgyak főbb tartalmi elemei, előadói**

Még mielőtt bárki is részletes leírásokat várna, szeretnénk kihangsúlyozni, hogy ezt e rövid összefoglalásban nem fogja megtalálni. Ezekről tájékozódhat az említett honlapon. Itt inkább a „mit-miért és kivel?” kérdésekre igyekszünk választ adni.

Kezdjük az alapozó tárgyakkal:

Statisztikai módszerek (10 óra). Nem lehet kérdés az, hogy a méréseket, elemzéseket végző mérnököknek alapvetően szüksége van ilyen ismeretek alapjaira még akkor is, ha Churchill mondása jut is eszünkbe: „Csak abban a statisztikában hiszem, amelyt én hamisítottam!” De vehetünk legendaként emlegetett Gillemot László professzornak tulajdonított hazai példát is: „Fordított korreláció van a Duna vízállása és az előadóban ülő hallgatók száma között” A kijelentés igaz, de a valódi ok a nyár, a meleg idő. Ami az előadót illeti; egyetemi tanár, a DE Műszaki Karának tanszékvezetője.

Problémamegoldás gépi tanulással (6 óra). A mesterséges intelligencia módszereinek alapszintű megismerése egy olyan szakmai területen, ahol **nagymennyiségű adat** keletkezik – márpedig a roncsolásmentes vizsgálatok ilyenek – nem lehet kétséges. Igaz, hogy a témakör alapvetően matematikusi feladat, de az alapismeretek elengedhetetlenek ahhoz, hogy értelmes beszélgetések indulhassanak meg a matematikusok és mérnökök között. Az előadó megegyezik az előző tárgy oktatójával.

Végelem-módszer alapjai (8 óra) és Szerkezetintegritás elemzés végelelemes alkalmazásai (12 óra). Az összességében 20 órás tárgy döntő célja, hogy azt a szemléletet sulykolja a képzés résztvevőibe, hogy a szerkezetekben üzemi terhelésre kialakuló mezők numerikus módszerekkel szimulálhatók és a „mi van akkor, ha ...” kérdések megválaszolhatók könnyedén. Ezt segítik azok az önálló feladatok megoldásai is, amelyeket a képzés résztvevőinek kell elkészíteniük. Félreértés ugyancsak ne essék! Nem „profi alkalmazók kinevelése” a cél, hanem a szerkezetintegritás és roncsolásmentes vizsgáló *értelmes párbeszédének formálói* szintje alakulhat ki ezen ismeretek birtokában. E tárgy már az „alapozó” és a „beágyazó – a szerkezetintegritás – ismerethalmaz „folyosójának” is tekinthető. Az előadó a Kar docense megfelelő gyakorlattal és tudásszinttel.

A képzés tágabb, a „beágyazó ismerethalmazának” a „szerkezetintegritás” tantárgyai:

Biztonság – megbízhatóság – kockázat (13 óra) terjedelemben foglalja azon ismereteket, gondolkodási módot, amely a mérnöki tevékenység és a gazdasági szemlélet szerves egységét adja. Előadója e közlemény egyik szerzője, az első olyan hazai szervezeti egység létrehozója, amelynek a „szerkezetintegritás” kifejezés a szervezeti egység elnevezésében szerepel. A tárgy tematikájához közvetlenül csatlakozó első hazai egyetemi jegyzet megjelenése 2021-ben várható.

Üzemeltethetőség megállapításának mérnöki módszerei (13 óra) címszó alatt az Európai Közöség által finanszírozott FITNET hálózat által 2002-2006 között, több mint 40 szakember által kidolgozott mérnöki módszerek kerülnek ismertetésre, amelyek a repedésszerű hibákat tartalmazó berendezések biztonságának megítélésére használhatók. Az eljárások a törés, kifáradás, kúszás és korróziós károsodások értékelésére használhatók. A tárgy előadója a FITNET projekt hazai képviselője, aktív résztvevője.

Üzemeltetési körülmények. Anyagok károsodása (27 óra). Az adott feleltételekkel üzemelő szerkezetek mindenkor biztonságát a bennük kialakuló mezők (hőmérsékleti, alakváltozási és feszültségi stb.), hibák és a méretezés szempontjából lényeges anyagi tulajdonságok határozzák meg. Ez utóbbiak az üzemeltetés során változhatnak, úgy is mondhatnánk, hogy – mint a szervezetünk – „a szerkezetek is öregednek”. Az ipari gyakorlatban előforduló károsodási folyamatok kerülnek áttekintésre a felhasznált anyagok és az üzemi paraméterek függvényében. A tárgy előadója e közlemény egyik szerzője.

Törésmechanikai alapelvek, anyagjellemzők (10 óra). A repedésszerű anyagfolytonossági hibáknak az üzemeltetés biztonságára gyakorolt hatásának különböző modelljei kerülnek áttekintésre a legkonzervatívabbaktól a FITNET meggondolásokig. A szemlélet gyakorlati alkalmazását olyan egyéni feladatok megoldása segíti, amelyben az integrálás, deriválás, függvényábrázolások általános matematikai szoftvereit (MathCad, MAPLE stb.) kell használni. E tárgy egyben a roncsolásmentes vizsgálati blokk „átvezető folyosója is” mivel a roncsolásmentes vizsgálatok célja nem a legkisebb hibák detektálása, hanem a kimutatandó hibák „üzembiztos detektálása”.

A roncsolásmentes vizsgálatok blokkja 81 óra terjedelmű. A tárgyak a következők:

Korszerű állapotellenőrzés (13 óra). A tárgy a károsodások proaktív kezelése koncepciónak az alapjait tárgyalja, aminek lényege, hogy nem a folytonossági hiányt (hibát) keressük, mérjük, jellemezzük és értékeljük (ez a reaktív módszer), hanem a szerkezet azon pontjait, ahol ezek, mármint szélsőséges esetben a repedések keletkezni fognak. Megismerik a hallgatók a roncsolásmentes vizsgálat egy másik változatát, egyesek szerint a fejlődése következő fokozatát, azaz a szerkezeti „egészség” monitorozását (Structural Health Monitoring). Speciális roncsolásmentes vizsgálati technikák, mint példák segítik a megértést. A tárgy előadója e cikk másik szerzője és a területen jártas ipari szakember.

Ipar 4.0 és roncsolásmentes vizsgálat (12 óra). Az Ipar 4.0 teljesen új alapra helyezi a folyamatokat, és természetesen új utat jelöl ki a roncsolásmentes vizsgálat számára is. Az új út nem lehetőség, hanem a helyzetből adódó szükségszerűség. Az NDE 4.0 (a világban terjedő elnevezés) nem más, mint a negyedik technológiai forradalom vívmányainak az alkalmazása a roncsolásmentes vizsgálat/értékelés területén, aminek eredményeként a roncsolásmentes vizsgálat szimbiózisba kerül az Ipar 4.0 technológiájával. A tárgy ennek a folyamatnak az elemeit mutatja be. Előadója e cikk másik szerzője.

Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága (14 óra). Itt tárgyalásra kerülnek a vizsgálat megbízhatóságának elemei, úgymint az alkalmazhatóság, a reprodukálhatóság, a megismételhetőség és a

teljesítőképesség. Külön figyelmet kapnak a következő fogalmak: POD (Probability of Detection), ROC (Reliability Operating Characteristic), PFC (Probability of Fals Call) és a POD görbe felvétele hagyományos módon, szimulációval. Tárgyalásra kerül még a roncsolásmentes vizsgáló rendszer (technológia, vizsgáló eszköz, vizsgáló személy) minősítésének kérdése, és a hallgatók megismerik a vizsgálatminősítési folyamat elemeit. A tárgyat jeles ipari szakemberek oktatják.

Roncsolásmentes vizsgálatok modellezése és szimuláció (12 óra). Ismertetésre kerül a mikroelektronika és az információs technológia fejlődése kínálta modellezés és szimuláció a roncsolásmentes vizsgálatban. Konkrétan bemutatásra kerül az egész világon elterjedten alkalmazott CIVA roncsolásmentes szimulációs szoftver, amellyel a hallgatók egyszerű példafeladatokat is megoldanak. A tárgy oktatója a szimuláció elismert művelője.

Roncsolásmentes vizsgálati eljárások és alkalmazások (30 óra). A tárgy az ipari gyakorlatban használt, hibakereső és anyagtulajdonság meghatározó roncsolásmentes vizsgálati eljárások fizikai alapelveit (kapillaritás, mágneses szórt fluxus, örvényáramok, elektromágneses hullám intenzitás-gyengülés, akusztikai törvényszerűségek), az eljárások csoportosítását, valamint a roncsolásmentes vizsgálati eljárások evolúcióját mutatja be. Tárgyalásra kerülnek az egyes eljárások előnyei és korlátjai és az eljárások összehasonlítása, valamint a jellemző alkalmazási területek ipari példákkal. A tárgy jelentős hányada gyakorlati laboratóriumi bemutató. A tárgyat hazai szakember gárda vezető szakértői adják elő.



1. ábra: Roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés tanfolyami könyvei

Ha a témaköröket összefoglaló elnevezésekre pillantunk az utolsó kivételével olyan címeket olvashatunk, amelyek hazai egyetemi képzésekben eddig nem láthattunk. Nyugodtan kijelenthető tehát az, hogy minőségi lépést jelentenek a tárgyak mögött meghúzódó fejlesztés, hazai fejlődés, amely joggal szolgálhat a vizsgálatminősítés és személytanúsítás fontos megalapozójaként. A tárgyak oktatói garnitúrájának (Bodolai Tamás, Benedek Béla, Fücsök Ferenc, Klausz Gábor, Ladányi Péter, Skopál István, Szűcs Pál), megszervezője a MAROVISZ elnöke, e közlemény egyik szerzője, aki egyben az EFNDT szervezet elnöki feladatait is ellátta 2015 és 2018 között, és elvülhetetlen érdemeket szerzett a magyar nyelvű szakirodalom megteremtésében.

3. Összefoglalás

A közlemény célkitűzését és a röviden ismertetett gondolatokat, tapasztalatokat tekintve az az alábbi összefoglaló megállapítások tehetők:

3.1. A Debreceni Egyetem Műszaki Kara és a MAROVISZ sikeresen megszervezett egy olyan újszerű szakmai továbbképzést,

amelyben a roncsolásmentes vizsgálatok a tananyag 45%-át szolgáltatták.

3.2. A „Szerkezetintegritás” témaköre – amely a tananyagban 35%-kal szerepel – szolgáltatta azt a tágabb, beágyazó ismerethalmazt, amelyben vizsgálati technikaként a roncsolásmentes vizsgálatok megjelentek.

3.3. A kiegészítő ismerethalmaz alapvetően a matematikai statisztikai módszerekre és a gépi tanulás lényegi elemeinek megismerésére koncentrálódhatott, mivel napjainkban már elhagyhatók a korábbi „politikai és gazdasági töltetű” kötelező tantárgyak.

3.4. A képzés igen rövid idő alatt történt megszervezése egyben mintapéldája az egyetemek és szakmai szervezetek hathatós együttműködésének. Bízunk abban, hogy a példa egyben „ragadós” is, azaz folytatása is várható, például olyan formában, hogy a „beágyazó” ismerethalmaz változtatásával az anyagvizsgálati eljárások köre változik. Ilyen lehet a „kárelemzés – kár megelőzés” területe is.



2. ábra: A Szerkezetintegritási és Roncsolásmentes Vizsgáló Szakmérnök Képzés megnyitója.
A képen balról jobbra: Tóth László, Mankovits Tamás, Trampus Péter

Hogyan tovább a roncsolásmentes vizsgálatokhoz kötődő ismeretek egyetemi szintű oktatásában?

Mankovits Tamás¹, Tóth László², Trampus Péter³

¹ tanszékvezető, egyetemi docens, Gépészmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, tamas.mankovits@eng.unideb.hu

² nyugalmazott egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, laszlo.toth@bayzoltan.hu

³ Professor emeritus, Dunaújvárosi Egyetem, TRAMPUS@uniduna.hu

1. Bevezetés

Magyarországon a roncsolásmentes vizsgálatokat végző szakemberek képzése a világban elfogadott egységes elvek alapján folyik, aminek alapja a képzési programokat tartalmazó CEN ISO/TS 25107:2019 útmutató, amely a vizsgálatól elvárt minimális műszaki tudás elemeit tartalmazza. Az útmutató elsősorban a képző intézményeket szolgálja azzal, hogy az abban írottak követésével egységes szintű képzési anyagokat készíthessenek, és így a vizsgáló személyek kompetenciája is egységes szintű legyen. A hazai képzés megvalósításban nyilvánvaló különbségek tapasztalhatók, ami összefügg a képző intézmények, pontosabban az instruktorok felkészültségével, az alkalmazott képzési anyagok színvonalával és egyéb tényezőkkel. A vizsgáztatást és a tanúsítványok kibocsátását az akkreditált vizsgaközpontok, illetve tanúsító testületek az MSZ EN ISO 9712:2012 szerint végzik. Tapasztalatunk, hogy az egyetemi BSc képzésben a roncsolásmentes vizsgálatok oktatása visszaszorult a korábbiakhoz képest, és viszonylag „merev oktatási struktúra” alakult ki e téren.

Nézzük mit is lehetne tenni, mivel állunk szemben? Tények, lehetőségek, feladatok:

- A roncsolásmentes vizsgálatokat végző cégek döntő hányada kisvállalkozás, következésképpen nem tökéletes nagyvállalat, foglalkoztatottjaik száma nem jelentős.
- Elméletileg a nagyvállalatok, jellemzően multinacionális cégek is igénylik a roncsolásmentes vizsgálatokkal kapcsolatos tágabb mérnöki szintű tudást. Ezek a cégek – sajnálatos módon azonban – ritkán építik ki a saját kompetenciájukat, inkább bíznak az anyavállalat központjának ilyen irányú kapacitásában, aminek igénybevétele értelemszerűen akadályokba ütközhet.
- A roncsolásmentes vizsgálatokat végző cégek általában nem szívesen vállalnak hosszú távú befektetéseket szakembereik képzésébe, következésképpen ilyen-olyan előképzettséggű munkatársakat a „munkaerő-piacról” szerzi be és

csupán annyit investál a szakmai képzésébe, amennyi éppen elég ahhoz, hogy piaci részese-dését megtartsa.

- A roncsolásmentes vizsgálatot végző cég jelenleg nem kaphat, nem is remélhet az egyetemi oktatásból kijövő, felkészült munkatársakat.

Azt már láttuk és tapasztaltuk, hogy a felsőszintű szakmai továbbképzés mintaszerűen megoldható olyan „**egyetemi – szakmai szervezet**” együttműködésével, amelybe mindkét fél hajlandó investálni úgy, hogy a jövőbe tekint, nem pedig a pillanatnyi érdekeit érvényesíti. Ennek mintapéldája a „Debreceni Egyetem Műszaki Kar – MAROVISZ” kapcsolat keretében megindított szakmérnöki képzés. E közlemény alapvető célja annak áttekintése, hogy a közelmúltban beindított „duális-képzés” hogyan és miképpen segítheti a roncsolásmentes vizsgálat-foglalkozó szakmai réteg mennyiségi és minőségi bővülését.

2. Duális képzés lényege, eddigi eredményei

A duális képzés alapvető lényege, hogy az abban résztvevő hallgató a hagyományos egyetemi ismereteket az egyetemen, az ezt kiegészítő gyakorlati képzést pedig a duális képzésben résztvevő partnervállalatnál kapja meg. A cél pedig olyan gyakorlati ismeretekkel rendelkező szakemberek képzése, amely a vállalatnál eltöltött gyakorlati idő eredményeként a képzés befejezésével versenyképes tudással rendelkezik és az oklevéllel a kezében rögtön el tud helyezkedni a munkaerőpiacon.

A hallgató számára ez számos előnnyel jár, hiszen a képzési idő alatt (**alapképzés 7 félév, mesterképzés 4 félév**) gyakorlati tapasztalatra tesz szert, ezáltal sokkal értékesebbé válik a munkaerőpiacon, továbbá a képzés teljes időtartama alatt díjazást kap, amely jelenleg minimum **a mindenkori minimálbér 65%-a** (ezt pedig további vállalati juttatások növelhetik, pl. cafeteria, lakhatási és utazási támogatás). Természetesen a duális képzést biztosító vállalat számára is hasznos a képzési forma, mert a hallgatót

már egészen fiatalon megismerheti, a vállalati kultúrára nevelheti és már a képzés ideje alatt hasznos tagja lehet a szervezetnek.

Az elmúlt években a duális képzéshez számos magyarországi egyetem csatlakozott és nemcsak a mérnöki területen, hanem az agrár, az informatika, a gazdaságtudományok, a társadalomtudományok és a természettudományok területén is. Ennek megfelelően a duális partnervállalatok profilja is meglehetősen szerteágazó képet mutat. E képzésben való részvétel feltételeit az egyetem és az adott vállalat együttműködési megállapodásban, illetve Egyeztetett Duális Képzési Programban (röviden EDKP) rögzíti. Azon fiataloknak, akik a képzésben szeretnének részt venni, a hagyományos egyetemi jelentkezés mellett a vállalathoz is külön kell jelentkezni. A két felvételi folyamat zárásaként akkor válik duális hallgatóvá a jelentkező, amennyiben az egyetem adott szakára és a vállalathoz is felvételt nyer, az egyetemre beiratkozik, illetve a vállalattal a szerződést aláírja.

A Debreceni Egyetemen 2015-től van lehetősége a hallgatóknak duális képzésre. Pilot projekt részeként a mezőgazdasági mérnöki és a gépészmérnöki területeken került kialakításra, de mára már számos karon és szakon elérhető a képzési forma és azokon több száz hallgató vett, vagy vesz részt.

A Debreceni Egyetem egyik legnépszerűbb szakja a gépészmérnöki alapképzés. A képzésnek helyet adó Műszaki Karon kb. 1000 gépészmérnök hallgató van az egyetemi rendszerben különböző szinteken és évfolyamokon.

A mérnökképzésre általában jellemző, hogy számos iparvállalat van a közvetlen környezetében és több felületen működnek együtt a képzés sikeressége érdekében. Nincs ez máshogy Debrecenben sem. A duális képzés kidolgozását 2014-ben kezdtük el a már meglévő partnerségekre alapozva. A terveink bemutatásánál mindenhol támogatásra találtunk, így több meghatározó vállalattal kötöttünk együttműködési megállapodást a duális képzésre.

A duális gépészmérnöki alapképzés időbeosztását a „kecskeméti” modell szerint határoztuk meg, amely alapján az egyetemi oktatás és a vállalati gyakorlati rész időben elkülönül egymástól (1. ábra).



1. ábra: A duális gépészmérnök alapképzés időbeosztása

A modellnek köszönhetően nemcsak Hajdú-Bihar megyei vállalatokkal tudtuk a képzést megvalósítani, hanem a környező megyék meghatározó vállalataival is. A tapasztalatunk az, hogy a duális képzést csak egy bizonyos vállalati méret felett lehet a képzés céljainak megfelelően sikeresen megvalósítani, így a partneri körünk is ennek megfelelően alakult ki (2. ábra).



2. ábra: A debreceni duális gépészmérnök képzés vállalati partnerei (forrás: unideb.hu)

Szerencsére a tapasztalatok nagyon kedvezők. A gépészmérnöki duális képzésben már több, mint 100 hallgató vett, vagy vesz részt (3. ábra) és a képzésnek helyt adó vállalatokkal is szorosabb lett a partneri kapcsolat egyéb területeken is. Ennek talán legjobb példája három olyan laboratórium (4. ábra), amelyet partnervállalataink támogatásával alapítottunk meg a Gépészmérnöki Tanszéken (Robert Bosch Automotive Steering Mérnöki Oktató és Fejlesztő Laboratórium, Diehl Aviation Gépészeti Tervező Laboratórium, Emerson Automation FCP Pneumatika Laboratórium).

A duális képzési lehetőséget azóta kibővítettük a gépészmérnöki mesterszakra, valamint a más tanszékek által gondozott környezetmérnöki és műszaki menedzser mesterszakokra is.



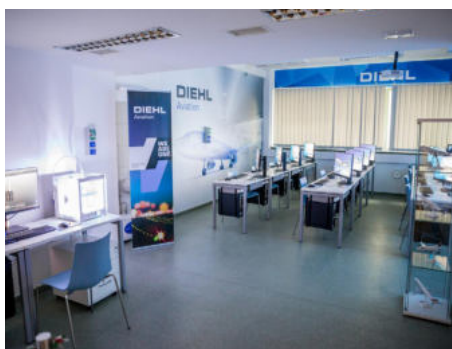
3. ábra: Duális gépészmérnök hallgatók a Debreceni Egyetem Műszaki Karán (forrás: unideb.hu)

További részletek:

Duális képzésről általánosan: www.dualisdiploma.hu
 Debreceni Egyetem duális képzései: www.unideb.hu
 Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszék duális gépészmérnöki képzése: www.mecheng.unideb.hu

a család kisebb nagyobb környezetéhez, avagy székhelyéhez szorosan kötődő szakemberekkel. A Debreceni Egyetem gépészmérnöki képzésében az anyagvizsgálathoz kötődő elméleti oktatás témaköre szerepel. Így a „partnervállalat” státusz megfelelő feltételekkel elnyerhető.

Jogosan merül fel a kérdés, hogy a szakmai szervezet, pl. a MAROVISZ hogyan vonható be e rendszerbe annak érdekében, hogy a képzés szakmai területe és színvonala bővüljön? Mindjárt egyszerűbb a helyzet, ha a szakmai szervezetek „alapfeladatait”, az érdek- és szakma képviselőit nézzük. Egyrészt érdekképviselő „címszó alatt” szakmai besorolásokat érhet el a különböző területeken, másrészt a különböző duális képzőhelyeken folyó gyakorlati oktatásokhoz olyan kiegészítő – de részben homogénizáló – oktatásokat is ajánlhat, szervezhet, amelyek a szakmai színvonalat emelik már az adott szinten is (BSc, MSc). A szakmérnöki szinten ennek igen jó példája valósult meg.



4. ábra: Duális vállalati partnerek által alapított laboratóriumok a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszékén (forrás: unideb.hu)

3. A duális képzésben rejlő lehetőségek a roncsolásmentes vizsgálat területén

A 2. ábrán feltüntetett együttműködések egyértelműen jelzik, hogy a duális képzés döntően a tőkeerős nagyobb vállalatok körében aratott sikert, hiszen a cégeknek BSc szintű képzésnél 3,5 éven keresztül biztosítani kell a hallgató számára a mindenkori minimálbér 65%-át, ill. MSc szinten ugyanezen ellátmányt 2 éven át. A jelenlegi bérszínvonalon ez minimálisan 2-2,5 mFt/év/hallgató. Hogy ez kinek és mit jelent? Megfontolás kérdése (!), de még inkább gondolatokat „ébresztő” az, ha megtekinti a Tisztelt Olvasó a <https://mecheng.unideb.hu/hu/node/283> honlapon felsorolt együttműködő cégek részletes listáját. Mindjárt máshogy jár az esze annak a cégtulajdonosnak, aki – a meghatározó módon – a családi vállalkozását kívánja megbízhatóan fejleszteni

4. Összefoglalás

A közlemény célkitűzését és a röviden kifejtett gondolatmenetet tekintve az alábbi megállapítások tehetők:

- 4.1. Célszerűnek tűnik a duális felsőfokú képzés kiterjesztési lehetőségének elemzése, esetleg „pilot projekt” indítása a roncsolásmentes vizsgálatok területén.
- 4.2. E lépés megvalósításával már gyakorlattal rendelkező roncsolásmentes anyagvizsgáló kerülhet ki a felsőoktatásból is.
- 4.3. A hazánkban e területen működő kis- és középvállalatok struktúráját, tőkeerejét, valamint tevékenységi körét tekintve az érdek- és szakmai színvonal képviselőt ellátó MAROVISZ „közvetett bevonása” a partnervállalatoknál megvalósuló duális képzésbe mindenképpen indokolt.

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ KÉPZÉS MAGYARORSZÁGON

Hazánkban a roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés a két világháború között vállalati keretekben, majd a GTE (Gépipari Tudományos Egyesület) szervezésében tanfolyami formában indult. Először radiológusokat, majd ultrahangos anyagvizsgálókat, később MPV (Vizuál-Mágnes-Penetra) összevont tanfolyamon felületi anyagvizsgálókat képeztek. Ezt az időszakot jól foglalja össze Karsai István és Réti Pál cikke [1]. Amikor hatályba lépett az MSZ EN 473 tanúsítási szabvány, már 9 eljárás 2 szintjére volt kidolgozott tematika, és lehetett tanúsítványt és OKJ-s bizonyítványt szerezni párhuzamosan.

Sajnos az OKJ rendszeres felülvizsgálatának fő vezérelve a szakmák számának szűkítése volt, ezért utoljára az OKJ 2000-es listáján szerepel az „53 5401 01 Anyagvizsgáló” szakma [2], tehát az MSZ EN ISO 9712 tanúsítási szabvány alapján állami- elismert bizonyítványok nem adhatók ki. De ne búslakodjunk a múlton, nézzük a jelent! Ma hazánkban nagyjából hat Képző indít roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamokat több-kevesebb rendszerességgel. A négy rendszeresen tanfolyamot indító Képző 2019-es adatait az 1. táblázat tartalmazza. Látható, hogy 8 féle eljárás 3 szintjére képeznek

1. táblázat: Roncsolásmentes tanfolyamok és a rajtuk részt vett kollégák száma 2019-ben

ELJÁRÁS & SZINT	AGMI		AGMÜSZK		HIDRA		ORSZAK		Σ^{**}	
	Tanfolyam	Hallgató	Tanfolyam	Hallgató	Tanfolyam	Hallgató	Tanfolyam	Hallgató	Tanfolyam	Hallgató
AT2	-	-	-	-			1	4	1	4
AT3	-	-	-	-			-	-	-	-
ET1	2	12	-	-			-	-	2	13
ET2	1	2	-	-			-	-	1	2
ET3	-	-	-	-			-	-	-	-
LT1	-	-	-	-			1	3	1	7
LT2	-	-	-	-			3	16	3	17
LT3	-	-	-	-			*	2	*	2
MT1	3	9	1	3			3	7	10	70
MT2	2	7	3	9			4	12	9	62
MT3	-	-	-	-			*	5	*	5
PT1	3	18	2	13			6	24	11	127
PT2	3	18	2	14			6	40	11	129
PT3	-	-	-	-			*	3	*	4
RT1	1	3	1	3			1	4	3	29
RT2	1	1	1	8			2	6	4	33
RT3	-	-	-	-			*	3	*	3
UT1	2	6	2	7			1	5	5	60
UT2	3	12	2	7			2	16	7	53
UT3	-	-	-	-			*	3	*	6
VT1	6	58	3	8			5	20	14	192
VT2	5	29	3	9			6	45	14	156
VT3	-	-	-	-			*	4	*	4
Σ	22	175	18	78	(?)	(?)	42	222	96	975

* egy 3-as szintű felkészítés volt

(?) nem adott adatokat

** kiadott tanúsítványok alapján becsült adat

anyagvizsgálókat, és közel ezer új tanúsítvány kerül kiadásra évente. Az is kiolvasható az 1. táblázatból, hogy bizonyos eljárásokból (ET, LT, AT) ritkán indulnak tanfolyamok, és nem is minden Képző vállalkozik ezek megtartására. Ez aránytalan terhet ró azokra a képzőkre, akik vállalják, hogy ezekből az eljárásokból is rendelkeznek eszközökkel és oktató gárdával. Vannak olyan eljárások (hőfénypézés-TT, felületi feszültség mérés-ST), amikből jelenleg nincs kidolgozott vizsgakövetelmény, és van olyan eljárás (keménység mérés-HT), amire lenne igény, de a szabványban tételesen nem szerepel.

Jelenleg két Tanúsító jogosult MSZ EN ISO 9712 szabvány szerinti tanúsítványok kiállítására. A 2. táblázatban feltüntettük, hogy 2019-ben hány új tanúsítvány került kiadásra. Itt is látható, hogy az évi közel ezer új tanúsítvány zöme a felületi vizsgálatok

2. táblázat: 2019-ben kiadott új tanúsítványok

ELJÁRÁS & SZINT	KIADOTT TANÚSÍTVÁNYOK 2019		
	MAROVISZ	MHtE	Σ
AT2	-	3	3
AT3	-	-	-
ET1	11	-	11
ET2	2	-	2
ET3	-	1	1
LT1	4	3	7
LT2	7	10	17
LT3	-	-	-
MT1	13	57	70
MT2	11	52	63
MT3	-	1	1
PT1	43	84	127
PT2	34	95	129
PT3	-	4	4
RT1	4	25	29
RT2 *	18	15	33
RT3	-	-	-
UT1	6	54	60
UT2 *	15	38	53
UT3	-	6	6
VT1	43	149	192
VT2	33	123	156
VT3	-	2	2
Σ	244	722	966

* a digitális eljárásokra kiadott tanúsítványokkal együtt

területére vonatkozik, és látványosan csökken az érdeklődés a klasszikus térfogati vizsgálat, a radiológia iránt. Ezzel kapcsolatban arra érdemes felhívni a figyelmet, hogy mennyi a pályaelhagyás. Addig, amíg csak egy tanúsító működött az országban, rendszeresen hozzáférhető volt az évente kiadott új tanúsítványok, az 5 év utáni meghosszabbítások és a 10 év utáni újratanúsítások száma. Így könnyen nyomon lehetett követni, hogy az első és a második öt év után a tanúsítványok hány százaléka tűnik el, azaz mekkora a fluktuáció egy olyan szakmában, ahol a gyakorlat és a tapasztalat meghatározó a megbízhatóság szempontjából. De ez elsősorban a munkáltatói hozzáállás problémája.

2021. év jelentős változást hozott a szakképzésben. Megszűnt az „OKJ” [3] és hatályba lépett a „Szakmajegyzék” [4]. Ez azt is jelenti, hogy az OKJ kb. 700 szakmája 175 alapszakmára szűkült, amelyeket csak iskolarendszeren belül lehet oktatni. A szakképzők tanúsítványt adnak, amellyel a később kialakítandó 50 vizsgaközpont egyikébe kell bejelentkezni, ahol a bizonyítvánnyal „államilag elismert végzettséget és szakképesítést” lehet szerezni. Az most még nem látszik, hogy a MAROVISZ Személytanúsítási Iroda és az MHtE lesz-e és milyen kapcsolatban lehet ezekkel a vizsgaközpontokkal. A felnőtt képzők az iskolarendszeren kívüli oktatás végén tanúsítványt állítanak ki. Mind a Szakképzés, mind a Felnőttképzés bejelentés köteles. Kivétel a „céges belső képzés”, amit szigorítottak, tehát nem haladhatja meg a 6 órát az időtartama, és nem lehet „kereskedelmi célú”. Számunkra a két alap törvény továbbra is a Szakképzési törvény [5], aminek végrehajtási utasítása [6] tartalmazza a program követelményeket [7] és a Felnőttképzési törvény [8]. Ha azt szeretnénk, hogy a roncsolásmentes anyagvizsgáló tanúsítványokat az állam elismerje és megszerzésüket (esetleg) támogassa, a „Program Követelmények” közé fel kell venni az „ANYAGVIZSGÁLAT”-ot. A roncsolásmentes eljárások esetében a CEN ISO/TR 25107 szabvány és az MSZ EN ISO 9712 szabvány segít a Program Követelmény összeállításában, amit az Innovatív Képzéstámogató Központba [7] kell beadni. A követelmény jegyzéket rendszeresen bővítik.

De söpörjünk kicsit a saját portánk előtt is!

A jelentkezők minősége

Amikor elkezdtem ezt a szakmát, a vállalat, a laboratórium, ha felvett valakit leendő anyagvizsgálónak, legalább egy évig „anyagvizsgáló segítő”-ként alkalmazta, amely idő alatt kiderült, alkalmas-e az

illető, érdekl-e őt ez a szakma és rengeteg tapasztalatot, ismeretet szerzett a szakmáról. Ha mindkét félnek megfelelt, akkor küldték tanfolyamra, s akkor választották ki az eljárást, ahol továbbiakban alkalmazni kívánták. Most ez rendszeresen elmarad, és az egy – három hetes tanfolyamtól várják el, hogy gyakorlatot is adjon a jelölteknek. Ez képtelenség. A másik jelenség, hogy egyből az összes termékrületet kéri, függetlenül attól, hogy adott területen van-e tapasztalata a jelöltnak. Ez a munkáltató és a jártasságot igazoló anyagvizsgáló felelőssége. A rendszer a munkáltatóval szemben tehetetlen, itt talán a Kamarák segíthetnének. De a megalapozatlan jártasságot igazoló anyagvizsgálókkal szemben a tanúsítók indíthatnának etikai eljárást – eddig ezzel nem élt egyik sem!

Az oktatók felkészültsége

A szakképző intézmények esetében rendeletek szabályozzák az oktatók végzettségét és képzettségét, valamint gyakorlatát. A felnőttképzők esetében ez sokkal kevésbé egyértelmű. Húsz évvel ezelőtt az oktatók nagyobbik fele diplomával rendelkezett, és e mellett volt a szakmában 10-15 év gyakorlata. Jelenleg a diplomások fogynak, és a gyakorlat is egyre egységesebb, egyre kevésbé sokrétű. Aki csak az oktatásban szeretné a 3-as szintű tanúsítást hasznosítani, az alig kap segítséget a tanúsítás megszerzéséhez.

A Képzők felszereltsége

A [9], [10] és [11] szabványok egyértelműen meghatározzák, hogy adott eljárás esetén milyen felszerelés és milyen gyakorló próbatest garnitúra szükséges az oktatáshoz. Mivel a képzés „kimenet vezérelt”, a képzők felkészültségét, eredményességét a tanúsító vizsga eredményessége méri. Ha ez nem eredményez kellő visszacsatolást, akkor senki sem ellenőrzi az elméleti és gyakorlati felkészítés minőségét. Az új vizsgálóeszközök valóban drágák. A tanfolyam létszámához illő mennyiséget beszerezni és készleten tartani gazdaságtalan, de valakinek ellenőrizni kellene, hogy csak akkor indítsanak tanfolyamot, ha megfelelő választékú és darabszámú eszköz áll rendelkezésre. Az nem képzés, hogy az oktató megmutatja, a hallgatók meg nézik. Az elméleti órákon elképzelhető 20 tanuló egy tanárra, de a gyakorlati foglalkozásokon egy oktató nem tud 6-8 tanulóval többel foglalkozni. A megoldást az jelenthetné, ha minden képző elfogadná a szakmai szervezet, a MAROVISZ ellenőrző és szakmai irányító szerepét.

Tanúsítások egyenértékűsége

Alapvető elvárás, hogy a két Tanúsító azonos követelményrendszert támasszon a jelöltekkel szemben. Mind a két Tanúsítót a Nemzeti Akkreditáló Hatóság (NAH) akkreditálta, és ez az eljárás biztosítékot kell(lene) hogy jelentsen. Úgy látom, a NAH-nak még sok tennivalója van ezen a téren.

Mi lehet a tanulság, mi lehet a követendő ebben az átmeneti helyzetben? Az embereknek, akik anyagvizsgálatból élnek, a vállalatoknak, akik alkalmazzák az anyagvizsgálatot össze kellene állniuk a szakmai szervezet, a MAROVISZ vezetésével, hogy közös fellépésük a szakmára vonja az állam figyelmét és kizorítsa a piacról a nem megfelelő felkészültségű jelentkezőket.

Irodalomjegyzék

- [1] Karsai István, Réti Pál: A magyar roncsolásmentes anyagvizsgáló szervezet rövid története. Anyagvizsgálók Lapja 1996/2. 66. oldal
- [2] Országos Képzési Jegyzék 1993-2019.
https://www.nive.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=297 (Letöltés dátuma: 2021.01.26.)
- [3] 229/2019 (IX.30.) Korm. rendelet: A KORMÁNY 229/2019. (IX. 30.) KORM. RENDELETE AZ ORSZÁGOS KÉPZÉSI JEGYZÉKRŐL ÉS AZ ORSZÁGOS KÉPZÉSI JEGYZÉK MÓDOSÍTÁSÁNAK ELJÁRÁSRENDJÉRŐL SZÓLÓ 150/2012. (VII. 6.) KORM. RENDELET MÓDOSÍTÁSÁRÓL
- [4] Szakmajegyzék: www.szakmajegyzek.hu (Letöltés dátuma: 2021.01.26.)
- [5] 2019. évi LXXX. törvény a szakképzésről
- [6] 12/2020. (II. 7.) Korm. rendelet a szakképzésről szóló törvény végrehajtásáról
- [7] Innovatív Képzéstámogató Központ: <http://szakkepites.ikk.hu> (Letöltés dátuma: 2021.01.26.)
- [8] 2013. évi LXXVII. törvény a felnőttképzésről
- [9] MSZ EN ISO 9712:2013 Roncsolásmentes vizsgálat. Roncsolásmentes vizsgálatot végző személyzet minősítése és tanúsítása (ISO 9712:2012)
- [10] ISO/TR 25107:2006 Non-destructive testing – Guidelines for NDT training syllabuses
- [11] MSZ CEN/TS 15053:2006 Roncsolásmentes vizsgálatok. Előírások a vizsgadarabok folytonossági hiányainak típusaira

Szűcs Pál

okl. anyagtudományi szakfizikus

A KEREKASZTALTÓL A TUDÁSFELMÉRŐ VIZSGÁIG

A nem érettségizett személyek képzésének és tanúsításának új rendje

A 2019. évi egri konferencia (XI. RAKK) záróakkordjaként, képzés és tanúsítás témakörben megtartott kerekasztal megbeszélésen sok érdekes vélemény, fontos gondolat hangzott el, melyek összegzésére ott helyben nem volt mód. Logikus és a témák jelentősége miatt sürgető volt a döntés: folytassuk! Három héttel később sikerült egy szűkebb körű találkozóra sort keríteni, ami eredményes vita után egy Szakmai Bizottság megalakításával fejeződött be (ld. Anyagvizsgálók Lapja 2019/III. lapszám, 53-55. oldal).

A MAROVISZ által megszervezett Bizottság a két Tanúsító Testület és a képző intézmények képviselőiből, valamint a Szövetségünk delegáltjából áll:

- Kőrösi Józsefné és Nagy Zsolt (MHE)
- Bartos Zoltán (MAROVISZ Személytanúsító Testület)
- Bánki Ede (AGMÜSZK Bt.)
- Bodolai Tamás (MAROVISZ Oktatási Kft.)
- Klausz Gábor (AGMI ZRt)
- Lantos Krisztina (Hidra Felnőttképző Kft.)
- Szűcs Pál (ORSZAK-NOVUM Kft.)
- Skopál István (MAROVISZ Elnökség).

A Szakmai Bizottság három ülést tartott, melyek során egy kérdéskörre – a nem érettségizett személyek képzésének és tanúsításának rendjére – koncentrált, és arra vonatkozóan 2019. decemberében elküldte javaslatát a Tanúsító Testületek részére. Ezeket 2020. februárjában mindkét Tanúsító Testület változtatás nélkül elfogadta.

Külön említést érdemel a javaslatcsomag első eleme, melyben a Bizottság pontosította az anyagvizsgáló képzésre való jelentkezés általános feltételét. Erre azért volt szükség, mert az első tanúsítási szabvány (MSZ EN 473:1994) megjelenése óta lényegesen megváltozott a korábban feltételül szabott „középfokú végzettség” jelentése a magyarországi közoktatásban. A pontosított feltétellel összhangban módosítani kell az MSZ EN ISO 9712 jelzetű szabvány nemzeti előszavát is, amit a két Tanúsító Testület hivatott kezdeményezni a Magyar Szabványügyi Testületnél.

A jelentkezés új általános feltétele és a nem érettségizett személyek képzésének és tanúsításának új rendje a következő:

A képzésre történő jelentkezés feltétele

Az 1-es szintű képzésre jelentkezés feltétele az alapkörű (általános iskolai) végzettség után – befejezett középfokú tanulmányokkal, iskolarendszerben és/vagy felnőttképzés keretében – megszerzett képesítés. Ez a feltétel független a középfokú végzettség megszerzésének időpontjától.

A nem érettségizett személyek képzésének és tanúsításának rendje

Azok az 1-es szintű képzésre jelentkezők, akik az előző feltételnek eleget tesznek, de nem szereztek érettségi bizonyítványt, a tanúsításhoz szükséges anyagvizsgáló képző tanfolyamra jelentkezés előtt kötelesek előzetes tudásfelmérő vizsgát tenni a Tanúsító Testületek egyikénél. A tanfolyamra való jelentkezés feltétele az előzetes tudásfelmérő vizsga sikeres teljesítése.

A vizsga tematikája nyilvános, a Tanúsító Testületek honlapján elérhető. A tematika egységes, azaz független attól, hogy a jelentkező mely eljárásból kíván tanúsítványt szerezni.

A vizsga bármelyik Tanúsító Testületnél teljesíthető. Az aktuális tesztkérdések a két Tanúsító Testület által közösen használt kérdéshalmazból – egységes elvek alkalmazásával – kerülnek kiválasztásra. A két Tanúsító Testület egységes követelményrendszert alkalmaz a vizsgák értékeléséhez.

A tudásfelmérő vizsgát a Tanúsító Testületek által előre meghirdetett időpontokban és helyszíneken, személyesen kell letenni. Szükség esetén a vizsga későbbi időpontban megismételhető, az ismétlések száma nem korlátozott.

A vizsgára való felkészülés módjára nincs semmilyen megkötés.

A korlátozott érvényességű tanúsítványokra vonatkozó szabályok

Attól kezdve, hogy az 1-es szintre való belépési feltételek szabályozása a fentiek szerint érvénybe lép, megszűnik az a gyakorlat, hogy az érettségivel nem rendelkező személyek korlátozottan használható – csak az aktuális munkáltatójuk felügyelete mellett végzett anyagvizsgálatokra érvényes – 1-es szintű tanúsítványt kapnak.

A már meglévő, korlátozott érvényességű tanúsítványok a nem érettségizett jelentkezőkre vonatkozó új szabályok életbe lépése után is érvényben maradnak, illetve a szokásos rend szerint újra érvényessé tehetők.

Ugyanakkor, korlátozott érvényességű tanúsítvánnyal rendelkező személyek – saját vagy munkáltatói kezdeményezésre – bármikor jelentkezhetnek tudásfelmérő vizsgára, és annak eredményes letétele után az illetékes Tanúsító Testület törli a tanúsítványaik korlátozását vagy új, korlátozás nélküli tanúsítványt ad ki a részükre.

A sikeres tudásfelmérő vizsga egyben szükséges és elégséges feltétele annak, hogy érettségivel nem rendelkező, 1-es szintre tanúsított személyek 2-es szintű tanfolyamra jelentkezhesse.

Az előzetes tudásfelmérés tartalmát illetően a Szakmai Bizottság egyöntetűen úgy ítélte meg, hogy

- a tudásmérést azokra a témákra kell korlátozni, amelyek kiindulásként feltétlenül szükségesek az egyes eljárások fizikai alapjainak az oktatásához és nem szerepelnek a tanfolyamok tananyagában (pl. a fénytán kihagyható, mert amelyik vizsgálati eljáráshoz szükséges az ismerete, annak az eljárásnak a tananyaga részletesen tárgyalja);
- szükség van a szövegértés és a fogalmazás-készség felmérésére is, ezért erre alkalmas teszt-feladatokat is kell készíteni (pl. szöveges matematikai feladatok).

A tudásfelmérő vizsga tematikájának tervezetét – a Bizottság többi tagja jóváhagyásával – Szűcs Pál és Skopál István dolgozta ki.

A Tanúsító Testületek 2020. tavaszán elfogadták a benyújtott tervezetet, ami az alábbi témaköröket öleli fel:

1. rész: Matematika

Algebra

- számolás törtekkel, százalékszámítás
tört mint arány, tizedestört
törtek szorzása, osztása
közös nevező, törtek összeadása, kivonása
arányosítás 100-hoz, százalékként és százalékalap számolása
- hatványozás, gyökvonás
hatvány mint többszörös szorzás, hatványérték számolása, hatványok szorzása-osztása
hatványalap visszaszámolása (adott, egész kitevővel)
- logaritmus
hatványkitevő visszaszámolása (adott hatványértékből és -alapból)
10-es alapú logaritmus, decibel-skála használata, természetes logaritmus
- számtani átlag
kettő vagy több szám átlaga, súlyozott átlag
- relációk (egyenlőség, egyenlőtlenség)
különböző számok (egészek, törtek, tizedestörtek) összehasonlítása
- egyenletek (elsőfokú)
elsőfokú, tetszőleges együtthatójú egyenlet megoldása
- egyenletrendszerek
kétismeretlenes, elsőfokú egyenlet megoldása

Geometria

- pontok, egyenesek, síkok (értelmezés, relatív helyzetük, vetületek)
pontok, egyenes szakaszok, egyenesek, síkok kiterjedése
párhuzamos, merőleges és kitérő egyenesek
párhuzamos és merőleges síkok
egymással párhuzamos, ill. egymásra merőleges egyenes és sík
pont vetülete egyenesen és síkon, egyenes és sík vetülete síkon
- síkbeli és térbeli szögek, párhuzamos és merőleges szárú szögek
két egyenes, egyenes és sík, ill. két sík által bezárt szög

- párhuzamos és merőleges szárú szögek egyenlősége
- hosszúság, terület, térfogat, egyszerű síkidomok
területe és testek felülete, térfogata
egyenes szakaszok hosszúsága
négyyszögek és háromszögek területe, kör területe, gömb felülete
kocka és téglalap test térfogata
- Pitagorasz-tétel
derékszögű háromszög oldalai, a tétel alkalmazása
- hasonlóság (síkban)
háromszög szögei és az oldalak arányai
hasonló háromszögek, hasonló sokszögek
hasonló háromszögek területei

Ábrázolás

- nézetek
tárgyak elől-, hátul-, felül- és alulnézete
metszetek
- axonomikus vetületek
tárgyak merőleges vetületei a térbeli derékszögű koordináta-rendszer fősíkjai
tárgyak egyértelmű ábrázolása vetületekkel
- műszaki rajzok értelmezése
különböző vonalak jelentése
különböző rajzjelek jelentése

Trigonometria

- szögfüggvények (definíciók, kiterjesztés)
definíciók derékszögű háromszöggel
definíciók az egységkörön futó pont vetületeivel, periodicitás
negatív szögek szögfüggvényei
 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ szinusza és koszinusa
- szögfüggvények kapcsolatai
 $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$, $\operatorname{ctg} \alpha = \cos \alpha / \sin \alpha$
 $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$, $\sin \alpha = \cos(90^\circ - \alpha)$, $\cos \alpha = \sin(90^\circ - \alpha)$

Analitikus geometria és vektorok

- síkbeli és térbeli koordináta-rendszer (Descartes-féle)
koordináta-tengelyek, origó, pontok koordinátái síkon és térben
- helyvektor, vektor (definíció, komponensek)
adott pont helyvektora, helyvektor vetületei/komponensei
tetszőleges síkbeli és térbeli vektorok koordinátái
- vektorok összeadása és kivonása (síkban)
paralelogramma-szabály alkalmazása, vektor és ellentétes értelmű vektor
összeadás és kivonás komponensenként, illetve koordinátákkal

Analízis

- elemi függvények ábrázolása
 $y = ax + b$, $y = a \cdot x^2$, $y = 1/x$ függvény
 $y = a^x$, $y = \lg x$, $y = \sin x$, $y = \cos x$ függvény
- függvények menete, szélsőértékek
monoton vagy szakaszonként növekvő, ill. csökkenő függvények
alulról domború, ill. homorú görbék, inflexiós pont
maximumok és minimumok
függvénygörbék érintői

2. rész: Fizika

Fizikai mennyiségek, mérés

mennyiségek, mérés (általában): viszonyítás, hasonlítás
mértékegységek, többszörösök és tört részek
(prefixumok), SI mértékrendszer

mérőeszközök, ellenőrző testek (etalonok), ezek kezelése

Mechanika

- egyszerű mozgások jellemzői
egyenestest, egyenletes mozgás, sebesség, út-idő függvény
egyenestest, egyenletesen gyorsuló mozgás, gyorsulás, út-idő függvény
egyenletes körmozgás (forgómozgás), szögsebesség, kerületi sebesség
rezgőmozgás, hullámmozgás
- mechanikai erők és mozgások
Newton-axiómák
erő és gyorsulás kapcsolata (egyenestest mozgás)
forgatónyomaték
súrlódás (tapadó és csúszó), súrlódási együttható, csillapodás
- mechanikai erők és alakváltozások
nyomás, feszültség
nyújtás, összenyomás, csavarás, nyírás
rugalmas és képlékeny deformáció
- mechanikai munka és energia
mozgási energia
helyzeti energia
mozgási és helyzeti energia egymásba alakulása, energiamegmaradás
munka, teljesítmény
- mechanikai anyagjellemzők
sűrűség, fajsúly

Hőtan

- hőmérséklet, hőmérséklet-mérés, alapjelenségek
hőérzet, hőmérséklet
hőmérsékletek kiegyenlítődése, hővezetés
hőtágulás (lineáris, köbös)
halmazállapotok, halmazállapot-változások (fagyás, olvadás, párolgás, lecsapódás, forrás)
Celsius- és Kelvin-skála, hőmérők
- a hő mint energia
hőmennyiség, anyagok melegítése, hűtése, fajhő
olvadáshő, párolgáshő, forráshő
súrlódási hő, energiamegmaradás (mechanikai energia és hőenergia viszonya)

Elektromos és mágneses alapjelenségek, fogalmak

- elektromosság
elektromos töltés, töltés-szétválasztás, feszültség
elektromos áram, egyenáram, váltakozó áram
ellenállás, fajlagos ellenállás
elektromos áram hőhatása, elektromos energia, teljesítmény
elektromos mennyiségek mértékegységei
- mágneses alapjelenségek
állandó mágnesek közti erőhatások (vonzás és taszítás, forgatónyomaték)
a Föld mint mágnes, iránytű
elektromos áram mágneses tere (képletek nélkül)

A tudásfelmérő vizsga részletes szabályait a két Tanúsító Testület szakemberei 2020. szeptemberében tisztázták. Egyetértettek abban, hogy a szövegértésen és a fogalmazás-készségen túl a jelentkezők általános, alapszintű műszaki tájékozottságáról és logikai készségéről is képet kell kapni, és ehhez kifejtendő válaszok (esszé) kérdésekre is szükség van.

A közösen megalkotott vizsgaszabályzat a következő:

A tudásfelmérő vizsga – egy kérdés/témakör alapon – 22 matematika és 10 fizika, azaz összesen 32 feleletválasztós kérdésből, továbbá 2 kifejtendő válaszok kérdésből áll.

A feleletválasztós kérdéseknél 4 lehetséges válaszából kell kiválasztani az 1 helyeset.

A kifejtendő válaszok kérdések egyike matematikai vagy fizikai témájú, a másik általános jellegű és az anyagvizsgálati gyakorlathoz kapcsolódó. Megfogalmazásuk alapján a válaszok százalékosan értékelhetők.

A 22 matematika, a 10 fizika és az 1-1 kifejtendő válaszok kérdések egy-egy vizsgarészt képez. Az felel meg a vizsgán, aki mind a négy vizsgarészben külön-külön legalább 70%-os teljesítményt ér el.

A vizsga időtartama 90 perc.

Megállapodás született a tekintetben is, hogy

- a vizsga lebonyolítható hagyományos módon (papírral és tollal) vagy számítástechnikai eszköz segítségével, illetve ezek kombinációjával;
- megfelelő dokumentálás és nyomon követhetőség esetén a Tanúsító Testületek kölcsönösen elfogadják egymás vizsgáit;
- a feleletválasztós matematika kérdéseket az MHTÉ dolgoztatja ki, a fizika és a kifejtendő válaszok kérdéseket a MAROVISZ, majd azokat kölcsönösen lektoráltatják;
- a vizsgadíjat a Tanúsító Testületek önállóan állapítják meg és azt a honlapjukon folyamatosan megjelenítik.

Mindezek eredményeként 2020. végére elkészült három tudásfelmérő vizsgára elegendő kérdés-csomag. Mi több: a Tanúsító Testületek honlapján megjelent az új eljárásrend, a vizsga szabályaival és tematikájával együtt, ami 2021. január 4-étől életbe is lépett.

Szövetségünk nevében köszönetet mondok mindenkinek, aki munkájával, gondolataival hozzájárult ahhoz, hogy konszenzusos megoldás születessen a magyarországi anyagvizsgáló szakma egyik fontos problémájára – mégpedig teljes mértékben a tanúsítási szabványunk szellemében.

Vannak azonban még megoldásra váró problémák! Ezért a Szakmai Bizottságnak rövidesen újból össze kell ülnie, hogy kidolgozza javaslatait a felsőfokú tanulmányok beszámítására, valamint a 'vasúti karbantartás' ipari szakterület hazai képzésének és vizsgáztatásának rendjére vonatkozóan is. Ehhez természetesen szüksége lesz az anyagvizsgálatot is ismerő egyetemi oktatók, illetve a vasúti vizsgálatok és szabályozások területén jártas szakemberek segítségére. Bízom benne, hogy jövőre újabb eredményekről tájékoztathatom a Tisztelt Olvasókat.

Skopál István
MAROVISZ elnökségi tag

Tanúsítások helyzete hazánkban, avagy egy anyagvizsgáló fiú igaz meséje

Az előzetesen tervezett cikk, mint ahogyan a címből is kiderül, a hazai anyagvizsgálók tanúsításáról szólt volna. Szerettem volna bemutatni a kezdetektől a mai napig a vizsgák alakulását, valós adatok felhasználásával. Ehhez adatokat kértem az MHTÉ-től, de sajnos egy 2019-es adatsoron kívül nem kaptam mást.

Ezért inkább következzen egy igaz mese:

Egyszer volt, hol nem volt, de igaz volt, volt egyszer egy fiú. Ezt a fiút közvetlenül a középiskolai érettségi után behívatta magához az iskola igazgatója, hogy megérdeklődjön tőle milyen tervei vannak a későbbiekben. A fiú „nem tudom”-mal válaszolt. A következő kérdés ez volt: „Szeretnél sokat utazni? Mert ha igen, akkor tudok számodra egy szép szakmát. Legyél radiológus!” Átadott egy névjegykártyát és mondta a fiúnak, ha érdeklő, hívja fel a kártyán szereplő számot. Az érettségi 1988. június 14-én volt. A fiú hazament és komolyan elgondolkodott a lehetőségen. „De mi az, hogy radiológus? Lehet, hogy orvos lesz belőlem? Milyen kár, hogy még nem létezik internet!” Gondolt egyet és feltárcsázta vezetékes telefonról a kapott számot. Miután elmondta a vonal túloldalán lévő bácsinak, hogy mit szeretne, másnapra behívták elbeszélgetésre. A bácsi nagyon kedves volt és elmondta, hogy nem lesz orvos, nem embereket fog vizsgálni, hanem anyagot. - Anyagvizsgálat, ez tetszik! - gondolta. Nagyon sok fiatal fiúval találkozott és mindenki nagyon kedves volt. „Itt a helyem!”

„Vajon ez csak véletlen volt, vagy a sors keze, esetleg a szakma találja meg a művelőjét? Nagy rejtély.” Túl sokat nem gondolkodott 1988. július 4-én elkezdett dolgozni. Hogy mi szerepelt a munkakönyvében? „Radiológus seg.” Hát ezzel nem dicsekszünk.

Telt-múlt az idő, utazgatott és próbálta megtanulni, ellesni a vizsgálatok elvégzésének fortélyait. Még nem igazán értette, mi hogyan működik,

és mit miért kell csinálni, de rengeteg segítség mellett tanulhatott. Mivel volt idő mindenre, felügyelet mellett voltak feladatok, amiket önállóan végezhetett.

Eltelt jó egy év és közölték vele, hogy iskolába kell mennie. „Hurrá! MPV, jelentsen ez bármit is.” Újra munka, újra iskola. Röntgen. „Végre, már nem csak radiológus seg leszek.” Újra munka, újra iskola. Ultrahang. Alig várta a fiú. Soha nem értett belőle semmit, de okosan tudott bólogatni. - Na, talán most megértem. - gondolta. Hát nem! Hosszú, több hónapos iskolák, gyakorlás, újra csak gyakorlás és rengeteg segítség. Türelem a tanároktól és a kollegáktól. Mindez együttesen meghozta a sikert a vizsgákon. Öltöny és hihetetlen vizsgadrukk. Magolás, mert minden tanár vissza akarta hallani az Ő általa nem csak leadott, hanem megtanított anyagot is.

Ez után jött, hogy mondta egy kolléga: „Levizsgáztál, R1 fiam dolgozni! Vár rád egy kis hegesztő iskola, radiográfiai vizsgálat.”

Eltelt egy újabb év és közölték vele ismét, hogy iskolába kell mennie.

- Hurrá! Nem elég az 1. szint, szükség van a 2. szintre is. Most már mindent tudok, ide nekem az oroszánt! - gondolta.

Majd jöttek a vizsgák. Sugárfizika. Tételhúzás: „Maghasadás, láncreakció”. A fiú dadog valamit. Második tétel sugárvédelem. „Védelmi távolságok”. Ezzel nincs gond, ezt tudja. Sikerült ez a vizsga is. Ahogy mondanám „szódával elmegy”.

Sorolhatná az eljárásokhoz köthető vizsgák részletezését, de a lényeg, hogy nem adták ingyen a bizonyítványt.

Ekkor kellett rájönnie, hogy a 2. szint már milyen felelősséggel jár. Nem lesz, aki utána ellenőriz. Neki kell vállalnia a felelősséget a döntéseiért. Ennek ellenére nyugodtan fordulhatott tapasztaltabb kollegáihoz és érezte, hogy ha kérdez, akkor megfelelő döntéseket tud hozni.

Nézzük csak! **Eltelt négy év. Mostantól vállalhat felelősséget az elvégzett munkákért.**

Újabb évek telnek el és felkérlik a fiút, hogy volna-e kedve oktatásokon tanítani. A válasz: „Igen!” Ahogy kimondja, már bánja is. Nem érzi magát felkészültnek. De mentora, tanára erősködik, hogy menni fog. Belevágott és az ezt követő 15 évben a mentora támogatásával együtt tanítottak.

De itt még nem ér véget a mese!

A fiú vizsgál, oktat, és ekkor jön, hogy vizsgáztasson is. A válasz: „Igen!” - Mi kellhet még?! - gondolja.

Telnek az évek meseszerűen.

Elérkezünk 2013 évéhez. A MAROVISZ felkérte a fiút, hogy segítsen vizsgáztatási rendszerének a kiépítésében. A válasz ismét: „Igen!”

Mondhatnánk, hogy a mesének itt van vége, ha csak a következő 7 évet vennénk figyelembe. A döntés miatt mind a mentora, mind az addig barátoknak hitt kollegák támadásnak vélték a döntést. De a fiú érezte, hogy a szeretett szakmáért ezzel tehet a legtöbbet. Befejezte az oktatást, mert összeférhetetlennek érezte, hogy esetleg befolyásolhatja a tanulókat a szabad tanúsító választásnál. Kialakított és bevezetett egy online vizsgáztatási rendszert és törekedett arra, hogy a képzőkről levegye azt a terhet, hogy a gyakorlati vizsgát ők biztosítsák. A MAROVISZ biztosított minden infrastruktúrát, hogy profi módon lehessen a vizsgákat lebonyolítani.

Ahhoz, hogy elismert módon végezhesse tevékenységét a Szövetség, újabb megmérettetés várt a fiúra. Akkreditáció. Itt már nem várható segítséget senkitől, mert – leszámítva a MAROVISZ-t – mindenki elpártolt mellőle. Nagy teher hárult rá. De sikerült, mint anno az első MPV vizsgája.

Elkezdte a munkát, de jött a következő kihívás. A MAROVISZ belépett az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (EFNDT), valamint a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Bizottság (ICNDT) által működtetett MRA-ba, melyek kölcsönös elfogadást biztosítanak azon vizsgaszervezetek tanúsítványainak, akik megfelelnek az egységes elvárásoknak. Ezért a Német Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (DGZFP) auditot tartott, mely pozitív eredménnyel zárult. Az MRA előnye, hogy például

Ausztráliában honosították a MAROVISZ által kiadott tanúsítványokat. Igaz, hogy a kollégának újra kellett vizsgáznia a MAROVISZ-nál, mert nem elfogadottak az MHTÉ által kiadott tanúsítványok. A MAROVISZ többször kezdeményezte a szakmát előre mozdító közös munkát a másik vizsgaszervezettel. A megbeszélések eredménytelenül zárultak.

A MAROVISZ megállapodásokat kötött az oktató bázisokkal, hogy a honosított, egész Európában elfogadott tankönyveket használják. A megállapodást minden képző aláírta, de az egyik másként értelmezi a benne foglaltakat és nem biztosítja a tankönyveket a tanulóknak. Az egyetlen szerencse, hogy ettől a képzőtől nem érkezik vizsgázó a vizsgaközpontba.

A fiú néha úgy érzi, hogy feleslegesen küzd a szakma színvonalának emelésén.

Na, itt a mese vége!

Minden mesének van tanulsága. Ennek csak annyi, hogy hinni és bízni kell magunkban, nem szabad feladni és ne féljünk kérdezni.

Végezetül: A mai napig folynak képzések és vizsgáztatások. De talán a meséből kiderül, hogy közel sem azonos színvonalon. Ezen mindaddig nem is lehet változtatni, amíg tömegcikk az oktatás. Évente 800-1000 fő kap tanúsítványt. Pontos adatok nélkül csak tippelni tudom az újra tanúsítások számát, melyre a megszerzés után 10 évvel kerül sor. Szerintem ez a szám nem éri el a 30%-ot. De nem sokkal jobb a helyzet az 5. évet követő meghosszabbítás esetében sem. Nagyon sok a pályaelhagyó roncsolásmentes anyagvizsgáló. Rájöttek a gyártó cégek, hogy lényegesen olcsóbb saját emberből anyagvizsgálót faragni, mint külső laboratóriummal végeztetni a vizsgálatokat. A képzők ár versenye miatt egyre olcsóbbak és egyre rövidebbek az oktatások. Már nem számít az előírt gyakorlati idő. Senki sem ellenőrzi. Szerintem a pályaelhagyók jelentős száma a gyártók anyagvizsgálóiból tevődik össze.

Sajnos nem tudom a megoldást, de szívesen venném a megkereséseket, hogy visszaállítsuk a szakma színvonalát és elismertségét.

Bartos Zoltán

MAROVISZ

Személytanúsítási Iroda

SZABVÁNYÜGYI TÁJÉKOZTATÓ – 2020

E tájékoztató apropóját az adta, hogy a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) elküldte annak a két műszaki bizottságának a tavalyi tevékenységéről szóló jelentését, amelyeknek a MAROVISZ is tagja. Ezek a jelentések jól összefoglalják a roncsolásmentes anyagvizsgálók munkáit érintő, 2020-ban megjelent, illetve visszavont szabványok két csoportját.

Miután ez az első ilyen jellegű cikk az Anyagvizsgálók Lapjában, a szabványosításban kevésbé jártas olvasók számára egyúttal rövid betekintést adunk az MSZT működésébe.

A MSZT törvény alapján létrejött köztestület, melynek tagjai jogi személyek vagy jogi személyiséggel nem rendelkező gazdálkodó szervezetek. Az MSZT tagja a MAROVISZ is, sőt saját jogán Szövetségünk több tagja is (AEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft., ÉMI-TÜV Süd Kft., MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Olvex Kft., Paks II. Zrt. és TÜV Rheinland InterCert Kft.). A tagokat egy-egy delegált személy képviseli az MSZT-ben, a MAROVISZ-t e sorok írója.

Az MSZT legfőbb szerve a Közgyűlés, két közgyűlés között pedig a Szabványügyi Tanács. A Tanács tagjainak 2/3-át a Közgyűlés választja meg az MSZT tagjaiból 5 évre, míg 1/3-át az MSZT által felkért, a szabványosításban érdekelt központi közigazgatási szervek alkotják. A legutóbbi választáskor, 2019-ben Szövetségünket is beválasztották a Szabványügyi Tanácsba, amelynek hatáskörébe tartozik – többek között – az MSZT működésének elvi irányítása két közgyűlés között, a nemzeti szabványok jóváhagyása, módosítása és visszavonása, valamint a műszaki bizottságok tevékenységének felügyelete.

A hazai szabványosító tevékenység az MSZT

műszaki bizottságaiban (MB) folyik, ugyanúgy, mint a nemzetközi szabványügyi testületeknél (ld. pl. CEN/TC 138 és ISO/TC 135). Az MB-knek kell gondoskodniuk egy-egy szakterületen a nemzeti szabványok kidolgozásáról, jóváhagyásáról, módosításáról és visszavonásáról, a nemzetközi szabványok magyar szabványként való bevezetéséről és egy sor más feladat ellátásáról.

A MAROVISZ jelenleg három bizottság munkájában vesz részt, képviselője útján:

- MB 410 – Roncsolásmentes vizsgálatok,
- MCS 318 – Kazánok és nyomástartó edények,
- MCS 903 – Megfelelőségtanúsítás (2020. novemberétől).

Megjegyzések:

- Az MCS a „műszaki csoport” rövidítése. A csoport abban különbözik a bizottságtól, hogy a tagjai bizonyos formai követelményeknek – ülések tartása, vezetőség választása – nem tettek eleget.
- A megfelelőségtanúsítás körébe tartoznak a laboratóriumaink és a Szövetségünk számára fontos „17 000-es” szabványok, pl. MSZ EN ISO 17024 (Személyek tanúsítását végző testületek általános követelményei), MSZ EN ISO 17025 (Vizsgáló- és kalibráló laboratóriumok felkészültségének általános követelményei), MSZ EN ISO 17043 (Jártassági vizsgálatok általános követelményei).
- Hangsúlyozni kell, hogy a fentiekén túl más bizottságok is foglalkoznak roncsolásmentes vizsgálati szabványokkal, pl. MB 402 (Acélok), MB 412 (Hegesztés és rokon eljárásai), MB 912 (Atomenergetika).

Beszámoló jelentés MSZT/MB 410 Roncsolásmentes vizsgálatok

2020. évi tevékenység

1. táblázat: Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven bevezetett szabványok

MSZ EN 16090:2020	Réz és rézötvözetek. Az átlagos szemcseméret becslése ultrahanggal
MSZ EN 1971-1:2020	Réz és rézötvözetek. Varrat nélküli, rézből és rézötvözetből készült csövek hibáinak meghatározása örvényáramos módszerrel. 1. rész: A külső felület gyűrűszondás vizsgálata
MSZ EN 1971-2:2020	Réz és rézötvözetek. Varrat nélküli, rézből és rézötvözetből készült csövek hibáinak meghatározása örvényáramos módszerrel. 2. rész: A belső felület belső tapintószondás vizsgálata

MSZ EN ISO 12718:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. Örvényáramos vizsgálat. Szakszótár (ISO 12718:2019)
MSZ EN ISO 14096-1:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. A radiográfiai filmdigitalizáló rendszer minősítése. 1. rész: Meghatározások, a képminőségi paraméterek mennyiségi mérése, összehasonlító film és minőségi ellenőrzés (ISO 14096-1:2005)
MSZ EN ISO 14096-2:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. A radiográfiai filmdigitalizáló rendszer minősítése. 2. rész: Minimumkövetelmények (ISO 14096-2:2005)
MSZ EN ISO 16526-1:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgensőfeszültség mérése és értékelése. 1. rész: Feszültségelosztó eljárás (ISO 16526-1:2011)
MSZ EN ISO 16526-2:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgensőfeszültség mérése és értékelése. 2. rész: A változatlan ellenőrzése vastagszűrő-módszerrel (ISO 16526-2:2011)
MSZ EN ISO 16526-3:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgensőfeszültség mérése és értékelése. 3. rész: Spektrometriás módszer (ISO 16526-3:2011)
MSZ EN ISO 22232-1:2020	Roncsolásmentes vizsgálat. Az ultrahangos vizsgálóberendezés jellemzése és igazoló ellenőrzése. 1. rész: Készülékek (ISO 22232-1:2020)

2. táblázat: Magyar nyelven kiadott szabványok

Nem jelentkezett igény magyar nyelvű szabványok kiadására.

3. táblázat: Visszavont szabványok

MSZ CEN/TS 15053:2006	Roncsolásmentes vizsgálatok. Előírások a vizsgadarabok folytonossági hiányainak típusaira
MSZ CR 13935:2001	Roncsolásmentes vizsgálat. A roncsolásmentes vizsgálat általános adatformátumának modellje
MSZ EN 12544-1:2000	Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgenső feszültségének mérése és értékelése. 1. rész: Feszültségelosztó eljárás
MSZ EN 12544-2:2000	Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgenső feszültségének mérése és értékelése. 2. rész: A változatlan ellenőrzése vastagszűrő-módszerrel
MSZ EN 12544-3:2000	Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgenső feszültségének mérése és értékelése. 3. rész: Spektrometriás módszer
MSZ EN 12668-1:2010	Roncsolásmentes vizsgálatok. Az ultrahangos vizsgálóberendezés ellenőrzése és jellemzése. 1. rész: Eszközök
MSZ EN 14096-1:2003	Roncsolásmentes vizsgálat. A radiográfiai filmdigitalizáló rendszer minősítése. 1. rész: Meghatározások, a képminőségi paraméterek mennyiségi mérése, összehasonlító film és minőségi ellenőrzés
MSZ EN 14096-2:2003	Roncsolásmentes vizsgálat. A radiográfiai filmdigitalizáló rendszer minősítése. 2. rész: Minimumkövetelmények
MSZ EN 16090:2012	Réz és rézötvözetek. Az átlagos szemcseméret becslése ultrahanggal
MSZ EN 1971-1:2012	Réz és rézötvözetek. Varrat nélküli, rézből és rézötvözetből készült csövek hibáinak meghatározása örvényáramos módszerrel. 1. rész: A külső felület gyűrűszondás vizsgálata
MSZ EN 1971-2:2012	Réz és rézötvözetek. Varrat nélküli, rézből és rézötvözetből készült csövek hibáinak meghatározása örvényáramos módszerrel. 2. rész: A belső felület vizsgálata belső tapintószondával
MSZ EN ISO 10893-6:2011	Acélcsövek roncsolásmentes vizsgálata. 6. rész: Hegesztett acélcsövek varratának radiográfiai vizsgálata az anyagihiányok kimutatására (ISO 10893-6:2011)
MSZ EN ISO 10893-7:2011	Acélcsövek roncsolásmentes vizsgálata. 7. rész: Hegesztett acélcsövek varratának digitalizált radiográfiai vizsgálata az anyagihiányok kimutatására (ISO 10893-7:2011)
MSZ EN ISO 12718:2009	Roncsolásmentes vizsgálat. Örvényáramos vizsgálat. Szakszótár (ISO 12718:2008)

2020. évi ülések

Az MSZT/MB 410 2020-ban nem tartott ülést.

2020-ban tartott szakmai fórum

A műszaki bizottság nem tartott szakmai fórumot.

2021-ben várható tevékenység

4. táblázat: A következő szabványok magyar nyelvű kiadása várható

Az igények szerint.

5. táblázat: A következő szabványok angol nyelvű bevezetése várható

prEN ISO 3452-1	Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles (ISO/DIS 3452-1:2019)
prEN ISO 3452-2	Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 2: Testing of penetrant materials (ISO/DIS 3452-2:2019)
FprEN 17290	Non-destructive testing - Ultrasonic testing - Examination for loss of thickness due to erosion and/or corrosion using the TOFD technique
prEN 13477-2	Non-destructive testing - Acoustic emission testing - Equipment characterisation - Part 2: Verification of operating characteristics
FprEN 17391	Non-destructive testing - Acoustic emission testing - In-service acoustic emission monitoring of metallic pressure equipment and structures - General requirements
FprEN 12543-2	Non-destructive testing - Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing - Part 2: Pinhole camera radiographic method
prEN ISO 9712 rev	Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel
prEN 17501	Non-destructive testing - Thermographic testing - Active thermography with laser excitation

MSZT szakmai fórum rendezése (tervezet)

A magyar nyelven elkészülő szabványok alapján, a javaslatok szerint.

Beszámoló jelentés **MSZT/MCS 318 Kazánok és nyomástartó edények**

2020. évi tevékenység

1. táblázat: Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven bevezetett szabványok

MSZ EN 12953-5:2020	Nagy vízterű kazánok. 5. rész: Gyártásközi ellenőrzés, dokumentáció és a kazán nyomással terhelt részeinek megjelölése
MSZ EN 13487:2020	Hőcserélők. Mesterséges léghűtésű hűtőközeg-kondenzátorok és szárazhűtők. Zajsztímmérés
MSZ EN 15332:2020	Fűtőkazánok. Forróvíz-tároló tartályok energetikai értékelése
MSZ EN 303-6:2020	Fűtőkazánok. 6. rész: Blokkégős fűtőkazánok. A legfeljebb 70 kW névleges hőterhelésű, olajporlasztásos égőjű, használati meleg vizet előállító és kombinált üzemű kazánok egyedi követelményei és energiagazdálkodási teljesítménye
MSZ EN ISO 17268:2020	Hidrogéngáz-üzemű szárazföldi járművek feltöltővezetékei (ISO 17268:2020)
MSZ EN ISO 20088-2:2020	Hőszigetelő anyagok ellenállásának meghatározása kiömlő kriogén anyagokkal szemben. 2. rész: Gőzkitettség (ISO 20088-2:2020)
MSZ EN ISO 20088-3:2020	Hőszigetelő anyagok ellenállásának meghatározása kiömlő kriogén anyagokkal szemben. 3. rész: Kiömlés sugárban (ISO 20088-3:2018)
MSZ EN ISO 20257-1:2020	Cseppfolyósított földgázhoz használt szerelvények és berendezések. Az úszó LNG-szerelvények kialakítása. 1. rész: Általános követelmények (ISO 20257-1:2020, 2020. októberi helyesbített változat)
MSZ EN ISO 21593:2020	Hajók és tengeri szerkezetek. A cseppfolyósított földgáz tárolásának száraz leválasztó szerelvényeire/csatlakozó szerelvényeire vonatkozó műszaki követelmények (ISO 21593:2019)
MSZ EN ISO 23208:2019/A1:2020	Kriogén tartályok. Kriogén műveletek tisztasági előírásai. 1. módosítás (ISO 23208:2017/Amd 1:2020)

2. táblázat: Magyar nyelven kiadott szabványok

Nem jelentkezett igény magyar nyelvű szabványok kiadására.

3. táblázat: Visszavont szabványok

MSZ EN 12953-5:2002	Nagy vízterű kazánok. 5. rész: Gyártásközi ellenőrzés, dokumentáció és a kazán nyomással terhelt részeinek megjelölése
MSZ EN 13487:2004	Hőcserélők. Mesterséges léghűtésű hűtőközeg-kondenzátorok és szárazhűtők. Hangmérés
MSZ EN 15332:2008	Fűtőkazánok. Forróvíz-tároló rendszerek energetikai értékelése
MSZ EN 303-6:2000	Fűtőkazánok. 6. rész: Blokkégős fűtőkazánok. A legfeljebb 70 kW névleges hőterhelésű, olajporlasztásos égőjű, kombinált üzemű, háztartási meleg vizet előállító kazánok egyedi követelményei
MSZ EN ISO 17268:2017	Hidrogéngáz-üzemű szárazföldi járművek feltöltővezetékei (ISO 17268:2012)

2020. évi ülések

A műszaki bizottság 2020-ban nem tartott ülést.

2021-ben várható tevékenység**4. táblázat: A következő szabványok magyar nyelvű kiadása várható**

Az igények szerint.

Skopál István

MAROVISZ képviselő az MSZT-ben



A Volvid Zrt. alkalmazottai több évtizedes tapasztalattal rendelkeznek a külföldi anyagvizsgálatokban is.

Működésünk alatt folyamatosan dolgozunk külföldön, főleg olajfinomítóknak, erőműveknek, vegyipari üzemeknek, elsősorban német nyelvterületen. Németországban és Ausztriában képviselettel rendelkezünk. A külföldön dolgozó vizsgálóink nagy része beszél német és vagy angol nyelven. Sokan rendelkeznek német sugárvédelmi végzettséggel.

Újabb megrendelések teljesítéséhez keresünk megbízható, hegesztések vizsgálatában gyakorlott, több eljárásból is 2-es fokozattal rendelkezőanyagvizsgálókat. A német és vagy angol nyelv ismerete előnyt jelent.

Érdeklődni lehet Simon Szabolcsnál a +36-20-394-4800 telefonszámon vagy az info@volvid.hu e-mail címen.





ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu 2021/II. lapszám



PAKS II. Atomenergia a biztonságos áramellátás záloga

A tiszta energia forrása



A lap kiemelt ipari partnere a
Paks II. Zrt.



Radiográfia

Speciális
vizsgálatok

Amit az atomenergiáról
tudni lehet és érdemes

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) elnökeinek portréja

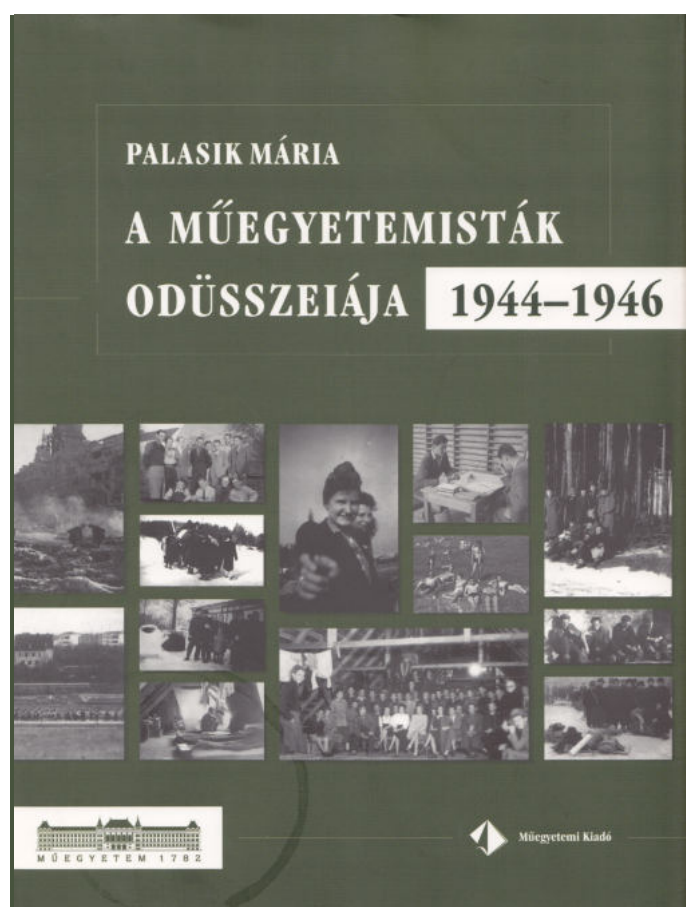
Tetmajer Lajos (vagy ahogyan a mérnöki tanulmányok során megismertük, Ludwig von Tetmajer) 126 éve, 1895. szeptember 9-11. között Zürichben életre hívta az Anyagvizsgálók Nemzetközi Szervezetét. A MAGYAR ANYAGVIZSGÁLÓK EGYESÜLETE második-ként, 1897. június 16-án alakult meg azzal az alapvető céllal, hogy hazánkat a nemzetközi rendezvényeken ez, és ne az osztrák-magyar egyesület képviselje. A II. Világháború végéig szervezetünk folyamatosan működött, majd az alapítás 100. évfordulóján, a Miskolctapolcán elindult kezdeményezés hosszas vajúrást követően (Anyagvizsgálók Lapja, 2013/3-4) végül 2012-ben beérett. Az eltelt – immáron történelmi – kor nem csupán lehetőséget biztosít a Felelős Szerkesztőnek a visszatekintésre, hanem fel is szólítja arra, hogy megemlékezzünk dicső elődeinkről. Az alapvető kérdés ebben a helyzetben: hogyan, milyen módon, miképpen? A történelem megismételhetetlen. Ami elmúlt, visszahozni nem lehet, még törekedni sem szabad erre, hiszen a kudarccal eleve adódott. Mégis kapaszkodóként szolgálhat az a tény, hogy mindig és mindenkor voltak

olyan emblemikus személyek, akik többet vállaltak a szakmáért, annak fennmaradásáért, a szakemberek összefogásáért, a tudás népszerűsítéséért.

Ezek voltak az Egyesület elnökei. Álljon itt a névsoruk:

1897-1904	Czigler Győző (műegy. tanár)
1904-1910	Nagy Dezső (műegy. tanár)
1910-1914	Czékus Aurél (min. tanácsos)
1914-1917	Rejtő Sándor (műegy. tanár)
1917-1924	Zielinski Szilárd (műegy. tanár)
1924-1927	Gállik István (alelnök, államtitkár)
1927-1930	Czakó Adolf (műegy. tanár)
1930-1934	Zorkóczy Samu (műsz. vezérig.)
1934-1939	Mihalich Győző (műegy. tanár)
1939-1942	Quirin Leo (műegy. tanár)
1942-1944	Misángyi Vilmos (műegy. tanár)
2012-2014	Gillemot László, Dr.
2014-2019	Czinege Imre (professzor emeritus)
2019 -	Bíró Gyöngyvér, Dr. habil

A 14 nevet felsorakoztató névsorból Dr. Bíró Gyöngyvér, Dr. Czinege Imre és ifj. Dr. Gillemot László tevékenységének rövid ismertetését olvashattuk lapunk korábbi számaiban. Most pedig az elmúlt évszázad egyik leginkább „vérzivataros” periódusában, az 1942-1944 közötti intervallumban a „karmester pálcát” forgató Misángyi Vilmos életével, szakmai tevékenységével ismerkedhet meg a Tisztelt Olvasó. Élettörténetét az „Új magyar életrajzi lexikon” is csupán 1945 tavaszáig követi azzal fejezve be, hogy ekkor „Németországba menekül, ahonnan többé nem tért vissza”. Ezt egészíti ki Palasik Mária kiváló könyve, amelyben részletesen feldolgozza „A Műegyetemisták Odüsszeiája 1944-1946” címmel azt a kálváriát, amelyet Misángyi Vilmos – mint az egyetem rektora – a Műegyetem Németországba való telepítése kapcsán kifejtett. Könyvének 255. oldalán ez olvasható [1]: „Ő nem jött haza a hallgatókkal, ott maradt a bajorországi Teisbachban, itt hunyt el 1948. április 19-én”. Talán véletlen, talán nem, hogy e település a BMW csoport Dingolfingban levő gyártó központjának közelében az Isar folyó áttelienes oldalán található néhány km-es távolságban.



1. ábra: Palasik Mária: A Műegyetemisták Odüsszeiája 1944-1946 c. könyvének borítója [1]

Misángyi Vilmos (1942-1944)

Misángyi Vilmos

1880. január 8-án született Pécsen. Egyetemi tanulmányait gépészmérnökként 1903-ban fejezte be a Budapesti Műegyetemen. Ezt követően a Mechanikai és Technológiai Tanszéken tanársegéd, majd adjunktus. A műszaki doktori oklevelét 1907-ben szerezte meg „A maradó alakváltozásokról” c. értekezésével. 1907-ben a Magyar Államvasutak (MÁV)



Misángyi Vilmos az Országos mérnökkongresszuson, a Műegyetem aulájában [6]

szolgálatába lépett és 1911-től már a MÁV Igazgatóságának mérnöke. A tanítás nem állt tőle messze, 1916 és 1920 között a Budapesti Kereskedelmi Iskola Tanárképző Intézetének tanára, majd 1921-től egyetemi tanár. 1924-ben a MÁV főfelügyelője lett, innen hívták meg 1924-ben – Rejtő Sándor utódként – a Műegyetem Mechanikai Technológiai Tanszékére tanszékvezetőnek. Titulusát itt 1945-ig töltötte be. Az 1944/45-ös tanévet a Magyar királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem rektoraként kezdte, ahol 1944 végén a Szálasi-kormány utasítására a Műegyetemet nyugatra akarta telepíteni. A tanári kar ellenállása miatt ez megghiúsult, azonban a diákok és a tanárok egy részével előbb Sopronba, majd Nyugat-Németországba távozott. A gépészség és vegyészmérnök hallgatókat Drezdába irányították, ahol átérték Drezda bombázását. Ezután Bajorországban - amennyire a háborús körülmények engedték - az oktatás folytatódott. Németországból már nem tért haza, 1948. április 19-én Teisbachban hunyt el [2].

További munkássága [2, 3]:

- 1925-44: a Felső Oktatásügyi Egyesület főtitkára,
- 1925-44: a Felső Oktatásügyi Egyesület Közleményének szerkesztője,
- 1927-33: az Anyagvizsgálók Közlönye szerkesztője,
- 1928-44: a Kúria szabadalmi ülnöke,
- 1929-31: a Gépészmérnöki Osztály dékánja,

- 1929-34: a MÁV Fogyasztási Szövetkezetének elnöke,
- 1934-től: a Magyar Textiltechnológusok Egyesületének elnöke, majd tiszteletbeli elnöke, a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet alelnöke, a Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a mechanikai technológia ny. r. tanára,
- Az Országos Közoktatási Tanács ipari oktatási szakosztályának elnöke,
- 1942-44: A Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének elnöke,
- 1944-45: A Széchenyi Tudományos Társaság (ma: MTA) főtitkára.

Cikkei, könyvei, előadásai (a teljesség igénye nélkül) [2-5]:

- Bánki Donát: Gyakorlati hydraulika és hydrogépek, Bánki Donát előadásai után jegyezték Misángyi Vilmos és Hoffmann Miklós (Fővárosi Ny., Budapest, 1901/1902)
- A maradó alakváltozásokról (Pátria Ny., Budapest, 1907)
- A maradó alakváltozások (Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közleménye, 1908/42/3-4, 70-98. o.)
- Rapport entre les déformationspermanentes produites par traction et par compression (Anyagvizsgálók Nemzetközi Szervezetének Kongresszusa, „Fifth Congress of the International Association for Testing Materials”, Koppenhága, szeptember 7., 1909)
- Ténacité et malléabilité (Anyagvizsgálók Nemzetközi Szervezetének Kongresszusa, „Fifth Congress of the International Association for Testing Materials”, Koppenhága, szeptember 7., 1909)
- Lisztfeldolgozó iparunk fejlesztésének tanulmányozása: útmutatás a pékipar, cukrászipar, mézeskalácsipar és tésztagyártás fellendítésére és bajainak orvoslására (Pátria Ny., Budapest, 1910)
- The differences between the deformations of tough and plastic materials (Anyagvizsgálók Nemzetközi Szervezetének Kongresszusa, Sixth Congress of the International Association for Testing Materials, New York, szeptember 3-7., 1912)

- A Magyar Királyi Államvasutak üzemében használt pótanyagok (Anyagvizsgálók Közlönye, 1917, 33-48. o. és 73-85. o.)
- A berlini Werkstofftagung 1927-ben (Anyagvizsgálók Közlönye, 1928, 14-18. o.)
- Rejtő Sándor (Anyagvizsgálók Közlönye, 1928, 38-40. o.)
- Sárgaréz megömlesztése (Természettudományi közlöny, 61. évfolyam, 897. sz., 1929)
- Rejtő Sándor emlékezete (Anyagvizsgálók Közlönye, 1929, 73-79. o.)
- Dr. Wittman Ferenc (Technika, „Hungária” Magyar Technikusok Egyesülete, Budapest, 1932-1933, XIII-XIV. évfolyam)
- A magyar mérnök hivatása (Technika, „Hungária” Magyar Technikusok Egyesülete, Budapest, 1932-1933, XIII-XIV. évfolyam)
- Visszapillantás az Anyagvizsgálók Közlönyének eddig megjelent tíz évfolyamára (Anyagvizsgálók Közlönye, 1933, 1-15. o.)
- A gazdaságos ipari termelés feltételei az anyag-gazdálkodás szempontjából (Anyagvizsgálók Közlönye, 1933, 173-178. o.)
- Közgyűlési beszédek április 29-én (Förster Gyula, Mihailich Győző, Söpkéz Sándor, Ilosvay Lajos, Misángyi Vilmos), (Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közleménye, 1933/67/27-34, 163-165. o.)
- Egyleti közlemények (beszámoló a M. Kir. Technológiai és Anyagvizsgáló Intézet fennállása 50 éves fordulóján rendezett június 30-i ünnepségről: Kelemen Móric, Ordódy János, Tóty Gergely, Medvey Lajos, Tolnay Kornél, Misángyi Vilmos, Pattantyús-Ábrahám Imre, Láng Gusztáv, Mihailich Győző, Dobsa László, Latinák Jenő, Feyér Gyula beszéde), (Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közleménye, 1933/67/41-42, 223-231. o.)
- A kontárkérdésről tartott előadások: jegyzőkönyv, a Magyar Értelmiségi Szervezet Bizottságának 1934 ápr. 7-én tartott üléséről: Misángyi Vilmos, Verebély Tibor, Tauffer Gábor, Schmitterer Jenő, Murányi László [előadásai]
- Természettudomány és Technika: „Az ipar fejlődése” c. fejezete, Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest, 1936, 425-453. o.)
- Közgyűlési előadás és beszédek április 21-22-én (Sigmund Elek „Alföldünk talajproblémáinak mérnöki vonatkozásai”; Wälder Gyula, Verebély László, Misángyi Vilmos, Frohner József. Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közleménye, 1936/70/21-22, 161-170. o.)
- A Szabványügyi Intézetek Nemzetközi Szövetségének Budapesten tartott értekezlete január 5-én (Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közleménye, 1937/71/51-52, 364-376. o.)
- Műegyetemi oktatás és külső gyakorlat (Egyetemi Ny., Budapest, 1937)
- Előszó Ereky Károly „A nagyüzemű selyemtenyészés” c. könyvéhez (Székely Ny., Budapest, 1938)
- Főtitkári beszámoló (Egyetemi Élet, 1938/1-2. 78. o., Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest, 1938)
- A Magyar Ipar: „A magyar bőripar története” és „A Magyar Bőriparosok Országos Szövetségének története” c. fejezete (Halász Pál Könyvkiadóvállalat, 1941, 322-336, 464-470. o.)
- Az ipar fejlődése (Egyetemi Ny., Budapest, 1942)

Irodalomjegyzék:

- [1] Palasik Mária: A Műegyetemisták Odüsszeiája 1944-1946, Budapest, 2006
- [2] Új magyar életrajzi lexikon IV (Főszerkesztő: Markó László)
- [3] Anyagvizsgálók Lapja Válogatás 2012 – Jubileumi szám, ISSN 1215-8410
- [4] A MAGYAR MÉRNÖK- ÉS ÉPÍTÉSZ-EGYLET KÖZLÖNYE (1872-1944) tartalomjegyzéke és névmutatója: <https://mek.oszk.hu/03300/03369/03369.htm#3> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)
- [5] Antikvárium keresője: <https://www.antikvarium.hu/> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)
- [6] MuseuMap: Misángyi Vilmosról készült kép: <https://www.museumap.hu/record/-/record/oai-aggregated-bib5799650> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)

Tóth László
ny. egyetemi tanár

Erdei Réka
tudományos munkatárs,
Bay Zoltán Nonprofit Kft.

Nagy Zsolt portréja

Az AVI Lap ez évi első számát a szerkesztőbizottság a képzés és tanúsítás örökzöld témakörének szentelte. Így gyorsan eldöntöttem, hogy Nagy Zsoltot kérem fel beszélgető partnernek, aki több szemszögből nézve is jól ismeri ezeknek a témáknak a színét és fonákját, és akit egyébként jómagam is egy SZTÁV-ERŐKAR közös rendezésű örvényáramú tanfolyam alkalmával ismertem meg, egy híján harminc éve.



Kezdjük a régmúltban: milyen tanulmányok után kerültél az anyagvizsgálat közelébe, és miért választottad ezt a területet?

Eredetileg – a családi hagyományokat követve – bányamérnöknek tanultam. 1988-ban végeztem Miskolcon az akkori Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán, bányagépész és bányavillamossági szakon. Akkoriban anyagvizsgálattal csak Tóth László tanár úr óráin találkoztam és álomban sem gondoltam, hogy végül ezzel fogok foglalkozni. Az egyetem elvégzését követően a kőbányászat területén helyezkedtem el, és így a Kőbányászati Vállalatok Budapesti Képviselőtere (BUKÉ) kerültem, mint műszaki fejlesztő. A képviselőtet az akkori négy nagy kőbányászati vállalat közösen üzemeltette. Sajnos ebben az időszakban már elkezdődött a bányáipar mélyrepülése és ez érintette a szénbányászat mellett ezt az ágazatot is, ezért egyre bizonytalanabbá vált a közös képviselő sorsa. Emiatt egyre inkább előtérbe került, hogy más munkahely után nézzek. Akkoriban udvaroltam a nejemnek, akinek az édesanyja az ERŐKAR-ban (ma: Siemens Gas and Power Budapesti Üzem) dolgozott. Ő szólta, hogy lenne felvétel az Anyagvizsgálati és Állapotellenőrzési Főosztályon. Így kerültem 1991-ben az ERŐKAR Anyagvizsgáló Laboratóriumába és ekkortól kezdtem anyagvizsgálattal foglalkozni.

Milyen roncsolásmentes és mechanikai vizsgálatokat végeztél az elmúlt három évtizedben? Volt-e köztük kiemelkedően érdekes, akár mások számára is tanulságos?

Először a VT, PT, MT eljárásokból szereztem tanúsítványt (és kezdetben még OKJ-s bizonyítványt is),

majd az RT és az UT következett. Jó pár évvel később pedig az akusztikus emissziós vizsgálatok terén is tanúsított lettem. Még ERŐKAR-os időszakomban autodidakta módon foglalkoztam valamennyit az örvényáramos vizsgálatokkal is (ezek közül jellemzően a kézi szondás vizsgálatokkal), de ebből nem szereztem tanúsítást.

Az anyagvizsgálati tevékenységeim között meghatározó volt az 1993-1998 közötti időszak, amikor ERŐKAR-os anyagvizsgálóként

a Paksi Atomerőműben dolgoztam. Jellemzően a blokkok leállításain az egyes keretprogramok szerinti anyagvizsgálatokat végeztem. Természetesen az eddigi pályafutásom során sok más – igen érdekes és egyébként tanulságos – anyagvizsgálati feladattal, helyzettel is találkoztam, de az igazán nagy – újságikkba való – esetek elkerültek. Azt azonban mindenképpen szeretném elmondani, hogy szerencsémre ez alatt a 30 év alatt számtalan olyan anyagvizsgálóval is együtt dolgozhattam, akiktől sokat tudtam tanulni. Csak egy pár név közülük, akik komoly hatással voltak a pályafutásomra: Szalay Feri, Hegedűs Sanyi, Szűcs Pali, Goda Gyuszi, természetesen a teljesség igénye nélkül!

Sokéves cégvezetői tapasztalatok birtokában milyennek értékeled a szakma magyarországi helyzetét és jövőjét?

1998 márciusától dolgozom főállásban saját vállalkozásomban. 2000 szeptemberétől pedig én lettem a R.U.M. Testing Kft. ügyvezetője is. Ez az elmúlt 20 év rendkívül mozgalmas volt: nagymértékben megváltoztak a vizsgálóhelyek, és más lett az anyagvizsgálati piac. Korábban a nagy létszámú és komoly felkészültségű (gyakran tudományos munkát, illetve kutatást is végző) laboratóriumok voltak jellemzőek (pl. ERŐKAR), amelyek a 90-es években – az akkori gazdasági folyamatoknak köszönhetően – széthullottak, megszűntek vagy átalakultak. A régi nagy laborok romjain megjelentek a kis létszámú – a pillanatnyi gazdasági helyzethez könnyebben alkalmazkodó – laboratóriumok, illetve a labornak nem nevezhető 1-2 fős „cégek”. Az évek során persze kialakultak újabb nagyobb laboratóriumok, és sokat tisztult is a szakma (főleg gazdasági

szempontból), de ezeknek az új cégeknek már teljesen más gazdasági környezethez kellett alkalmazkodniuk, mint régen. Sokkal élesebb lett a gazdasági verseny, ami – a régi vállalati rendszerrel összehasonlítva – erősen hatott az anyagvizsgáló cégek és az ott dolgozók életére. Én úgy látom, hogy ez a változás a szakma szempontjából összességében nem volt igazán kedvező.

Régen jóval nagyobb létszámtartalék volt a rendszerben, mint manapság, és az sokkal több lehetőséget teremtett egy-egy vizsgálat során tapasztalt jelenség tanulmányozására, új technológiák kidolgozására, a szakmai egyesületi tevékenység végzésére, kutatásokra, fejlesztésekre és nem utolsósorban az utánpótlás kinevelésére is. Az újonnan felvett munkatársaknak akár több évük is volt, amíg a gyakorlott szakemberek mellett elsajátíthatták a szakmát. Ma, egyrészt a laborok gazdálkodása egyszerűen nem bírja el, hogy valaki (esetleg több munkatárs) évekig csak „betanuljon”. Másrészt a mostani generáció legtöbb tagja nem fogadja el, hogy évekig csak „segítőként” működjék, alacsonyabb bérért. E mellé társul az is, hogy a különböző követelmények (akkreditáció, minőségirányítás, pályázati előírások stb.) abba az irányba tolják a laboratóriumokat, hogy egy munkatársból minél előbb 2-es tanúsítású anyagvizsgáló váljék. Sajnos viszonylag kevés az olyan munkahely, ahol az előzőekben felsorolt gazdasági nehézségek ellenére céltudatosan igyekeznek kinevelni az utánpótlást.

A helyzetet nehezíti, hogy a szakmán belül egyre erősebben vannak jelen a gyártói szegmensben dolgozó anyagvizsgálók, akik sokszor 1-2 fős „laboratóriumot” képeznek. A gyártók nagyon gyakran úgy gondolják, hogy elegendő egy tanfolyamot elvégeztetni és egy tanúsítványt megszereztetni egy munkatárssal, és azzal megoldották az anyagvizsgáló problémájukat – pedig ez messze nem igaz.

További gondot jelent, hogy sok megrendelő még ma sem a magas szakmai színvonalon elvégzett anyagvizsgálói munkában, hanem a legolcsóbb „megoldásban” érdekelt. Ez a hozzáállás ugyan már csökkenő tendenciát mutat, de még jól tapasztalhatóan jelen van: még mindig túl sokan gondolják azt, hogy a papír mindent elbír, és a vas meg úgyis türelmes... Meglátásom szerint a fenti folyamatok összességében a szakma színvonalának folyamatos csökkenéséhez vezettek. Sajnos ez a folyamat még ma is tart, és a jelen kiélezett gazdasági helyzetben általánosan nem látszódik a tartós javulás esélye. Ebben a tekintetben az sem vigasztaló, hogy sok

más szakma is hasonló „cipőben jár”. Az a véleményem, hogy ilyen állapotban fokozott a felelőssége a jelenlegi nagyobb laboratóriumoknak, hogy a folyamat legalább lassítható legyen, és legyenek olyan bázisok, ahol a szakmai szempontok hangsúlyosan megjelennek.

Nos, igen, a verseny letörheti az árakat, de a minőséget is! Erre lehetne példákat sorolni. Nem lenne jó, ha – két-, háromszori nekifutás után – végre megállapodna a „szakma”, vagy megállapodnának legalább a piaci alapon működő laborok az ajánlott (minimális) vizsgálati egységárakban, amiket persze nyilvánosságra is hoznának? Ez nem ördögtől való, lásd Mérnöki Kamara, és irányadó lehet a megrendelőknek, hogy a számottevően olcsóbb ajánlat már gyanús.

Valóban nagyon hasznos lenne egy ilyen megállapodás, főleg akkor, ha ehhez a szakma jelentős része csatlakozna, és kellő hatékonysággal eljutna az információ a lehetséges megrendelőkhez is. Jó pár évvel ezelőtt volt is egy ilyen kezdeményezés, még Somogyi Gyuri koordinálásával, a MAROVISZ keretében. Akkor csak pár nagyobb labor csatlakozott, és született is egy nagyon egyszerű minimális ár ajánlás az alapvizsgálatokra vonatkozóan. Azonban a megrendelőkhez ez már nem jutott el, és miután sokan nem csatlakoztak a kezdeményezéshez, a többség nem is tartotta magát hozzá. Így sajnos semmilyen gyakorlati hatása nem volt. Probléma, hogy a versenyjog sem könnyíti meg a helyzetünket, és csak nagyon óvatosan lehet ilyen irányú koordinált lépéseket tenni. Úgy tudom (bár lehet, hogy tévedek), hogy a Mérnöki Kamara esetében a kamarai státusz több lehetőséget biztosít ezen a téren a mérnökszakmai szervezeteknek. A megoldást az is nagyban nehezíti, hogy majdnem minden anyagvizsgáló feladat bizonyos értelemben egyedi, ami kihat(hat) az árazásra is. A tekintetben is erős kétségeim vannak, hogy például egy jelentősebb projekt ártárgyalásán valóban betartana-e minden pályázó egy ilyen – nem kötelező érvényű – minimális árkorlátot.

Továbbá, a megrendelők többsége ma még ott tart, hogy az ár a döntő szempont a vizsgálószervezet kiválasztásánál. Eddigi tapasztalataim szerint főleg azok a nagy megrendelők a „legrosszabbak”, amelyeknél a döntés az ún. „beszerzők” kezében van. Jobb esetben ugyan a műszakiak adják meg a minimális szakmai követelményeket, azonban a fő szempont a legalacsonyabb beszerzési ár elérése.

Mivel a beszerzésen dolgozók a legjobb beszerzési ár elérésére kapják a prémiumot, így számtalan igen lényeges és fontos szempontot mellőznek. Sok ilyen eljárás esetén a pályázat elbírálása során semmilyen előnyt nem jelent az addig éveken keresztül, magas szakmai színvonalon végzett anyagvizsgálati tevékenység, még akkor sem, ha az a pályázatot kiíró cégnél történt! Az olyan minimális szakmai szempontokat pedig, amelyeket ki lehet írni feltételként egy pályáztatás alkalmával, majdnem mindenki tudja teljesíteni... A megbízhatóságot, a tisztességes szakmai és üzleti magatartást, a becsületességet, a valóban magas szakmai színvonalat és még számos nagyon fontos, de papíron nehezen igazolható szempontot nem vesznek figyelembe.

Pedig az anyagvizsgáló cég kiválasztása nagyban hasonlít az orvosválasztásra. Senki nem úgy választ magánorvost, hogy bekéri a lehetséges orvosok diplomáját (mint műszaki feltételt...) és az általuk használt szike műbizonylatát, majd azzal méri meg magát, aki a legolcsóbb árajánlatot adja. Szeretném én látni azt a gazdasági döntéshozót, aki ilyen szempontok alapján választ orvost a saját szívűtőjéhez! Az teljesen magától értetődik mindenki számára, hogy ha lehetőségünk van orvost választani, akkor a döntésünkben a legfontosabb szempontok: a megbízhatóság, a magas szakmai színvonal, a korábbi pozitív tapasztalatok, és csak valahol a végén vesszük számításba, hogy az egyik doki 3000 Ft-tal olcsóbban végzi el a beavatkozást, mint a másik. Ezzel szemben, az anyagvizsgáló vállalkozók kiválasztásakor nem a valós minőséget mérik és díjaznak.

Ettől függetlenül, az mégiscsak segítene az anyagvizsgáló vállalkozásoknak, ha a lehetséges megrendelők legalább egy minimum árat látnának. (Más kérdés, hogy ezt hogyan lehetne összehozni...) Ha sikerülne kialakítani egy (a laborok fenntartásához és fejlődéséhez szükséges mértékű, kellően nagy) közös minimumot, akkor a következő kérdés, hogy ennek az alkalmazását miként lehet „kikényszeríteni” a piaci szereplőktől. És persze az egésznek csak akkor van értelme, ha erőteljesen felhívjuk rá a lehetséges megrendelők figyelmét. Sajnos túl sok a „ha”...

Egyébként hosszútávon az hozhat döntő javulást, ha a vizsgálati igények jelentősen meghaladják majd a kínálatot. Ennek egyes időszakokban már mutatkoznak a jelei, de még messze nem értük el azt a szintet, amit – mondjuk – az igényesebb szakipari (pl. villanyszerelő, burkoló stb.) munkák megrendelésénél a lakosság már erőteljesen megtapasztalt.

Azon a területen egyáltalán nem az az első kérdés, hogy mennyiért csinálja valaki, hanem az, hogy egyáltalán belátható időn belül elvállalja-e a munkát. Az persze már az „érem harmadik oldala”, hogy ez nem feltétlenül segíti elő a minőség javulását.

Van-e egyáltalán megfelelő utánpótlás, elég színvonalas-e az anyagvizsgáló képzés idehaza, mi a véleményed munkáltatói szemmel?

Az előző kérdésre adott válaszból is kiolvasható talán, hogy az utánpótlás messze nem megfelelő. Kevés az olyan fiatal, aki hajlandó elfogadni, hogy 2-3 év is eltelik, mire valakiből önálló munkára valóban képes, kellő tapasztalattal bíró anyagvizsgáló lesz. Sokan 1-2 év után feladják és más, az anyagvizsgálatnál lényegesen jobban fizető és kevesebb „macerával” járó állás után néznek. Az anyagiakon és a hosszú betanulási időszakon kívül sokuk számára problémát okoz a nehezen kiszámítható, változó munkarend, és taszítóak a gyakran zord helyszíni munkakörülmények is.

A 20-30 évvel ezelőtti rendszerhez képest csökkent a tanfolyami képzések színvonala is, ami meglátásom szerint egyrészt a tanfolyamok hosszának rövidülésére, másrészt pedig az igazán jó oktatók megfogyatkozására vezethető vissza. Paradox módon a tanfolyamok hosszának csökkenésére pont a tanúsításra vonatkozó szabványok bevezetése (MSZ EN 473, majd az azt követő MSZ EN ISO 9712) és az egyes képző cégek közötti gazdasági versenyhelyzet volt döntő hatással. Ez egy rendkívül jó példa arra, hogy a minőség szempontjából a versengés nem mindig hat a jó irányba. Az oktatói létszám fogyatkozása pedig a már említett, kiélezett létszámgazdálkodás következménye. Aktív, jó anyagvizsgáló szakemberek egyre kevésbé értek/érnek rá részt venni az oktatásban, illetve egyre kevésbé engedte/engedi el őket a munkahelyük. A nyugdíjba vonult régi szakemberek pedig életkoruknál fogva már kiléptek vagy lassan kilépnek az oktatásból. Sokuk sajnos már visszafordíthatatlanul véglegesen...

Igazságtalan lenne azonban az anyagvizsgáló szakma színvonalának csökkenését pusztán a tanfolyami képzés színvonalának csökkenésére fogni. Az igazság az szerintem, hogy az anyagvizsgálat kicsit olyan, mint az autózás. Autót vezetni sem a tanfolyamon tanul meg senki, ott csak a legelemibb alapokat lehet elsajátítani, és ráadásul azt sem készség szinten. Amikor valaki autózásból sikeres vizsgát tesz, akkor gyakorlatilag jogosítványt szerez arra, hogy forgalmi körülmények

között – élesben – tanulja meg az autóvezetést. El kell tennie 1-2 évnek, és le kell vezetni jó pár ezer kilométert ahhoz, hogy valaki elmondhassa magáról, már tud autót vezetni. Így van ez a mi szakmánkkal is.

Azonban ahogy már elmondtam, a mai gazdasági környezet – finoman szólva – nem kedvez a tanfolyam előtti és utáni ismeret-elmélyítő tanulási folyamatnak. E miatt számos anyagvizsgáló kerül olyan helyzetbe, hogy a tanfolyam előtt nem igazán fér hozzá vizsgálati munkákhoz, a tanfolyam elvégzését követően pedig nincs idő a tapasztalatszerzésre. Ráadásul sok helyen még lehetősége sincs tapasztaltabb kollégától kérdezni, tanulni. Így nem csoda, ha az „újoncok” egy része hosszú távon sem válik „jó” anyagvizsgálóvá és nem emeli a szakma színvonalát.

Az elmondottak alapján jogosan vetődik fel a kérdés, hogy milyen értéke van a kiadott tanúsítványoknak, amelyeknek fontos feltétele a szabvány által előírt ipari jártasság megszerzése. Arról nem beszélve, hogy a munkáltatók az alkalmazottaik képzését sem veszik komolyan (noha fizetnek érte). Alig van olyan tanfolyam, amelyen minden hallgató minden órán jelen van, sőt az sem ritka, hogy végül nem engedik el a tanfolyamra azt, akit már regisztráltattak. Nincs szükség a tanúsítás szigorítására?

Az anyagvizsgáló képzés és tanúsítás területén az előzetes jártasság kérdése valóban egy gyenge pont. A nehézséget egyrészt az jelenti, hogy nem igazán van lehetőség a munkáltató által kiadott igazolás tartalmi ellenőrzésére (sem az oktató cégnek, sem pedig a tanúsító szervezetnek). Másrészt ennél sokkal mélyebb okokra is visszavezethető az egész kérdés. Ma igen nagy problémát jelent a kihegyezett gazdasági környezet, a feszített létszámgazdálkodás és az adott feladatra valóban maradéktalanul alkalmas munkaerő hiánya. Sajnos a saját szakmánk vonatkozásában is ugyanazokat a jelenségeket látjuk, mint sok más szakma esetén, azaz csökken a szakmai színvonal.

Szerintem ez pont azt támasztja alá, hogy az okok sokkal mélyebben vannak gazdasági és társadalmi vonalon is, és nem lehet pusztán csak az adott szakma konkrét tanfolyami oktatására és a vizsgáztatásra leszükiteni azokat. Lehet, hogy 15-20 évvel ezelőtt „csuklóból” elutasították volna egy felvételi eljárás során azt a munkára jelentkezőt, aki után ma kapkodnak a munkáltatók. Ez párosul azzal, hogy változott a társadalomban a munkához való

hozzaállás, és sokat romlott az emberek önértékelése is. Ma nagyon gyakran az a hozzáállás (tisztelet a kivételnek!), hogy először kapjak magas bért, majd utána teljesítek, míg a mi generációnk ezt fordítva tartotta természetesnek! Ha az uralkodó gazdasági és társadalmi valóságból megpróbáljuk kiragadni az anyagvizsgálati képzést és tanúsítást, akkor hosszú távon nem lesz fenntartható a rendszer. Ez persze nem azt jelenti, hogy ne lehetne megpróbálni javítani a helyzeten, azonban önmagában a tanúsítás szigorítása nem fogja megoldani a kérdést, eredményt csak komplexebb megközelítéssel lehet elérni. Meglátásom szerint azzal javíthatunk a jelenlegi helyzeten, ha – a realitások talaján maradván – kis és egységes, versenysemleges lépéseket teszünk a szakmaiságot erősítő irányba. A realitások figyelembevétele azért fontos, mert e nélkül minden változás halálra van ítéelve. A versenysemlegesség is lényeges, mert a verseny sok esetben nem a minőség javítását eredményezi. Az egységesség biztosítja azt, hogy a javítást célzó változások szolgálják mind a vizsgálók, mind a munkáltatók, mind a képzők és természetesen a tanúsítók rövid és hosszú távú érdekeit is. Az egységes és versenysemleges szemléletű megközelítés az, ami biztosíthatja azt, hogy a szereplők minden oldalról támogassák a változásokat. Ennyi érdeket összeegyeztetni nem egyszerű feladat, de ebben az irányban már megtörténtek az első lépések (gondolok itt a nem érettségizettek oktatási és tanúsítási lehetőségének közös kidolgozására).

Régóta vizsgáztatsz és részt veszel az MHtE Tanúsító Testületének munkájában. Ilyen szempontból milyen kép rajzolódik ki a jövő (vagy csak a következő néhány év) anyagvizsgálóinak elhivatottságáról és a munkáltatóik hozzáállásáról? Mennyire megbecsült ez a szakma?

Vizsgáztatói oldalról nézve hasonló dolgokat tapasztalok, mint amilyenekről már korábban szoltam. Az anyagvizsgáló szakmában is egyre nagyobb a fluktuáció. Ennek oka egyrészt, főleg a gyártásba integráltan dolgozók esetében, hogy a munkáltatók „kijelölik”, hogy kiből akarnak valamilyen anyagvizsgálót képezni. A „kijelölt” dolgozó egyébként jellemzően valamilyen más munkakört is ellát (pl. lakatos, hegesztő, jobb esetben meós) és gyakran úgy tekint az anyagvizsgálatra, mint a feladatait növelő plusz tevékenységre. Nem elhivatott az anyagvizsgáló szakma iránt, nem is akarja azt a gyakorlatban végezni. Tipikus, hogy az ilyen

munkavállalók jönnek-mennek. A megnövekedett fluktuáció másik oka, hogy az új generációk tagjai között egyre kevesebb az olyan fiatal, aki hajlandó 2-3 évet rááldozni arra, hogy valóban szakemberré váljon. Gyakorta elborzadva hallom azokat a foglalkoztatással, pályaválasztással, fejedésszakkal foglalkozó „szakembereket”, akik úgy nyilatkoznak, hogy a mai világban az a jó, ha valaki 2-3 évente új kihívásokat, új munkahelyet, új szakmát keres. Nem akarok ismétlésekbe bocsátkozni, de olyan emberből, aki ezt a trendet követi, soha nem lesz jó anyagvizsgáló, mint ahogy más téren sem lesz jó szakember. Természetesen akadnak a szakma iránt komolyan érdeklődő fiatal szakemberek is, de sajnos nem ők vannak többségben. Mégis, ők jelentik a reményt a jövőre vonatkozóan.

A munkáltatókról már korábbi kérdésekre adott válaszaimban is szót ejtettem: a hozzáállásuk általában nem növeli annak az esélyét, hogy valakiből jó anyagvizsgáló legyen. A fentiek mellett sajnos a szakma megbecsülése is sokkal rosszabb, mint 20-30 évvel ezelőtt. Egyrészt a megrendelők irányából is csökkent a megbecsülés, másrészt a szakmában általánosan elérhető fizetések is alacsonyabbak az elvárhatónál. Ez utóbbi összefügg azzal, hogy az anyagvizsgálási árak még mindig sokkal alacsonyabbak, mint tőlünk nyugatabbra. Az árak lenyomásában sajnos a nagy (állami vagy részben állami) cégek is jelentős szerepet játszottak/játszanak. Hosszabb távon ezen csak az fog segíteni, ha egy-egy induló nagyberuházás esetén a megrendelők rádöbbennek, hogy nincs elegendő hazai anyagvizsgálási kapacitás, és a hazai árszint többszöröséért tudják majd megvásárolni a szolgáltatásokat. Azonban megélni ma kell.

Véleményem szerint egy dolog biztos: az anyagvizsgálat még évtizedekig lényeges szerepet fog betölteni az iparban és azon szakmák közé fog tartozni, amelyek egyelőre nem tűnnek el a robotizáció térnyerésével. Egyes területein minden bizonnyal várható jelentős átalakulás (főleg a gyártásba integrált vizsgálati tevékenységeknél) mind a technológia fejlődése, mind pedig az automatizálás előretörése miatt. De rengeteg olyan terület (pl.: helyszíni kézi anyagvizsgálatok) is marad, ahol a gépek még sokáig nem fogják tudni háttérbe szorítani a személyes közreműködésen alapuló tevékenységet. Ez eredményezheti előbb-utóbb a szakma erőteljesebb megbecsülését is.

Legyen ez a végszó!

Skopál István

A VOLVID ZRT. BEMUTATÁSA

Cégszerkezet:

A VOLVID Service Zártkörűen Működő Részvénytársaság (rövidítve: Volvid Zrt.) 100%-ban magyartulajdonú vállalkozás. A Társaság 2014 decemberében alakult, anyagvizsgálási tevékenységet gyakorlatilag 2017 februártól végez. Fő tevékenysége műszaki vizsgálat, elemzés, pontosabban roncsolásmentes anyagvizsgáló.

A Társaság többségi tulajdonosa sok éves bel- és külföldi tapasztalattal is rendelkező anyagvizsgáló.

Magyarországon 4 állandó (Százhalombatta, Miskolc, Kazincbarcika, Tiszaújváros), valamint több alkalmi, az aktuális megrendelések függvényében országszerte kialakítható ideiglenes bázissal rendelkezik. A Németországi és Ausztriai telephely 2017-benkerült kialakításra. Társaságunk az utóbbi évben mindhárom országban nyereséggel zárta az üzleti évet. Köztartozásunk egyik országban sincs. Büszkén, túlzásoktól mentesen mondhatjuk el magunkról, hogy független vizsgálati szervezetként állunk Megrendelőink rendelkezésére, amit ma már a kollégák egy részének közel négy évtizedes gyakorlati tapasztalata is táplál.

Célok:

Az alapító tagok alapvető célul tűzték ki, hogy az addig végzett magas színvonalú tevékenységet folytatva, alkalmazkodva a mindig változó gazdasági- és jogszabályi környezet támasztotta követelményekhez, mindig naprakészen álljanak a mindenkori Megrendelők szolgálatára. A függetlenség fenntartása, nap mint nap új kihívásokat támaszt velünk szemben, ezért igyekszünk –eszközparkunk folyamatos fejlesztésével, szakembereink folyamatos továbbképzésével és tevékenységi körünk bővítésével– mindig tovább fejlődni.

Tevékenység:

A Volvid Zrt. tevékenységi köre kiterjed fém és nem fém anyagok, hegesztett, forrasztott kötések, öntvények, tartályok és egyéb szerkezetek anyagvizsgálatára, minőség-, gyártásközi- és végellenőrzésre. Hazai tevékenységünk az egész országot lefedi. Meggyező tevékenységi körrel jelen vagyunk Németországban és Ausztriában egyaránt.

Akkreditált területeink tevékenységi hatálya:

Öntvények, kovácsolt darabok, alakított termékek, hegesztett termékek, csövek és csővezetékek, nyomástartó edények, műanyagok, kompozit anyagok, valamint hegesztett műanyag termékek roncsolásmentes anyagvizsgálata szemrevételezéses (VT), folyadékbehatalós (PT), mágneseshető poros (MT), radiográfiai (RT), ultrahangos (UT) szabványos vizsgálati módszerekkel, valamint tömörségvizsgálat (LT), anyagazonosítás (PMI) és keménységmérés (HT) szabványos módszerekkel.

Humán erőforrás

A Társaság vezetése és munkavállalóinak többsége korábbi években az ország legnagyobb anyagvizsgáló szolgáltató cégeinél is bizonyította magas fokú szakmai ismereteit.

A céget a vezérigazgató irányítja, aki támaszkodik 1 műszaki vezető, 2 kirendeltség vezető, 1 site menedzser, 1 irodavezető és 40 anyagvizsgáló segítségére.

A társaság 3 gépészmérnököt, 1 hegesztőmérnököt és 1 anyagmérnököt alkalmaz, összesen 8 fő adminisztratív személyzet segíti a napi tevékenységet.

Az anyagvizsgáló kollégák az MSZ EN ISO 9712szabvány szerinti 1-es, 2-es és 3-as szintű képzettséggel PED tanúsítvánnyal kibővítve, valamint csővezetékek varratvizsgálatára ASNT-SNT_TC_1Alevel 1 és Level 2 belső tanúsítvánnyal rendelkeznek RT, PT, VT, MT, LT és UT területeken.

A radiográfiai területen tevékenykedő kollégák magyar bővített és német sugárvédelmi vizsgával valamint ADR bizonyítvánnyal is rendelkeznek. A vizsgálók jelentős bel- és külföldi munkatapasztalattal, német és angol nyelvtudással felvértezve végzik a tevékenységüket.

Elérhetőség:

2440 Százhalombatta, Olajmunkás u. 2. 1. telep 11. épület

Szerződéses és gazdasági ügyekben:

Műszaki Igazgató:	Gerőcs Péter
Telefon:	+36-20-479-6353
E-mail:	info@volvid.hu
Levelezési cím:	2443 Százhalombatta, Pf 16.
Honlap:	www.volvid.hu

A láncmodell - A teljesítőképesség fogalmától az anyag fogalmán keresztül a feldolgozásig

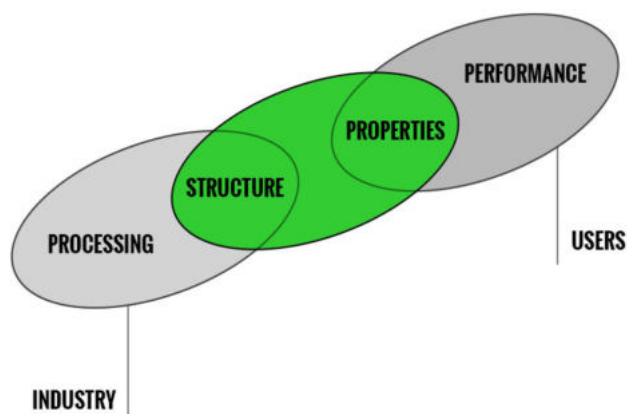
Verő Balázs¹, Trampus Péter²

¹ Professor emeritus, Dunaújvárosi Egyetem, eva@blabla.hu

² Professor emeritus, Dunaújvárosi Egyetem, TRAMPUS@uniduna.hu

1. Bevezetés

A teljesítőképesség fogalmától a feldolgozásig vezető út végigjárásához az 1. ábrán látható modellt hívjuk segítségül. Értelmezéséhez – szándékosan – az eredeti angol nyelvű változatot használjuk.



1. ábra: Az ipar és a felhasználó kapcsolatrendszerét bemutató, úgynevezett láncmodell

A modellel először a '90-es évek elején találkoztunk egy amerikai anyagtudományi folyóiratban. Ezzel kapcsolatban megemlíthjük, hogy a láncmodell az anyagtudomány és technológia (Materials Science and Engineering) lényegét és belső összefüggés rendszerét vizuálisan megjelenítő, 1989-ben javasolt, majd széles körben elterjedt tetraéder [1] egy változata. Nem tekinthető véletlennek, hogy a láncmodell talán a legfejlettebb piacgazdaságú országban született meg. Ennek a modellnek az értelmezése első rátekintésre kézenfekvőnek tűnik. Ahhoz azonban, hogy mélyebb jelentését is megértsük, minden elemét és ezek kapcsolatrendszerét is elemezni kell. Az 1. ábra három „láncszemből” áll, és ezekben négy fogalom szerepel angolul: nevezetesen a performance, a properties, a structure és a processing. Ezek közül a fogalmak közül egyértelmű magyar megfelelője csak a properties-nek, azaz a tulajdonságoknak van, míg a másik három fogalom magyar megfelelőjének megnevezése már bizonyos kérdéseket vet fel.

A **performance** magyar jelentésére vonatkozóan a szótárakban több kifejezés is szerepel, és ezek közül az ipar és a felhasználó kapcsolatrendszerének

leírásához véleményünk szerint a lehetséges változatok közül a **teljesítőképesség** felel meg leginkább. A **properties, tulajdonságok**: érdekes, hogy a láncmodellben szereplő négy fogalom közül csak ez szerepel többes számban. Ennek nyilván az az oka, hogy anyagainkat, alkatrészeinket és szerkezeteinket nem egyetlen tulajdonság, hanem azok összessége jellemzi. Talán az egyszerű többes számnál még kifejezőbb a tulajdonság-együttes fogalmának alkalmazása.

A **structure** fogalma nyilván az anyag **szerkezetére** vonatkozik. Nem elegendő azonban a vizsgált összefüggés-rendszerben csak a leggyakrabban használt szövetszerkezet fogalmára gondolni, hiszen anyagaink szerkezetének leírása magában foglalhatja az atomi szinttől egészen a makroszintig terjedő megközelítéseket. Ennek a fogalomnak az értelme a metaanyagok [2, 3] megjelenésével még tovább bővült, amelyeknek viselkedését már nem a szövetszerkezetük, hanem architektúrájuk határozza meg.

A **processing** fogalmához a szótár három jelentést ad meg: **feldolgozás, termelés** és **megmunkálás**. Ebből a három változatból is érzékelhető, hogy az angolszász nyelvterületen a processing fogalma mind a három tevékenységet magában foglalja. Ha magyar nyelvű szövegben a legmegfelelőbb kifejezést akarjuk használni, akkor talán a **feldolgozás** szóra esne a választásunk. Ezt a választást az is indokolja, hogy az ipar egyik ágazatát feldolgozóiparnak hívjuk.

Kézenfekvőnek látszana, hogy az eddig tárgyalt négy fogalmat magában foglaló, és az ipar és a felhasználó kapcsolatát jellemző modell négy láncszemből álljon. Amint azonban az 1. ábrán is látható, a láncmodell csak három láncszemből áll. Ennek okát világítjuk meg a következőkben anélkül, hogy az egyes fogalmak mélyebb értelmére most rátérnénk.

A bal oldali láncszemet a **processing**, vagyis a **feldolgozás** fogalom, míg a jobb oldalt a teljesítőképesség, performance fogalom jellemez. A középső láncszemnek a feldolgozás láncszemével való közös területében jelenik meg a szerkezet, a **structure** fogalom, míg a középső láncszem és a

teljesítőképesség kapcsolatát jelző közös terület-hez a tulajdonságok, a *properties* fogalom kötődik. Ennek megfelelően tehát a középső láncszemben két fogalom együttesen szerepel, nevezetesen a *szerkezet* és a *tulajdonságok* fogalma. A láncmodell megalkotói nyilvánvalóan ezzel a megközelítéssel kívánták szemléletesen érzékelteni és hangsúlyozni azt a tényt, hogy anyagaink tulajdonságait a szerkezet, pontosabban a szövetszerkezet határozza meg. Ez az összefüggés olyan mélyen gyökeredzik a fejlett ipari országok anyagtudósainak gondolatrendszerében, hogy akár tevékenységük filozófiai alapgondolatának, mottójának is tekintik. Hardy Mohrbacher [4] például előadásainak minden fóliáján mottóként a következő rövid mondatot vetíti ki: „*Microstructure makes the properties*”. Vegyük észre továbbá, hogy a három láncszem átfedése nemcsak az egymás mellett lévő láncszemek kapcsolatát jeleníti meg, hanem a processing és a performance közötti, a dolgok természetéből adódó kapcsolat is kifejezésre jut.

Meglepő ugyanakkor, hogy ebben a széles körben elfogadott modellben nem szerepel a *technology* angol kifejezés, továbbá sem az anyag, sem a kémiai összetétel angol megfelelője. Ennek okát a későbbiekben világítjuk meg.

A következőkben, ahogy azt már a bevezető mondatokban jeleztük, a láncmodellben szereplő fogalmak segítségével kíséreljük meg az ipartól a felhasználóig vezető utat végigjárni.

2. A teljesítőképesség, avagy a performance jelentése

Ahhoz, hogy a teljesítőképesség fogalmát a láncmodellben helyesen értelmezzük, célszerű ennek a fogalomnak a jelentését az emberi tevékenység több területén is megvizsgálni. A hasonlóságok és az eltérések elemzésével juthatunk közelebb a hazai műszaki irodalomban még csak ritkán használt fogalom helyes értelméhez. A továbbiakban ezért a művészetekben, a sportban és végül a felhasználói igényeket kielégítő műszaki tevékenységben játszott szerepét elemezzük.

2.1. A performance (teljesítőképesség) jelentése a művészetekben

Talán meglepő, hogy a performance-nak a művészteket érintő értelmezését egy ízig-vérig műszakinak tűnő fogalomnak, a technológia fogalmának definiálásával kezdjük. „A technológia az ember által készített olyan célszerű, az egyéni (emberi) képességeit

megnövelő eszközök (például gépek, anyagok és eljárások), valamint azok alkalmazásáról szóló ismeretek összefoglaló neve, amelyek segítségével az emberiség egyre többet tud megismerni, megváltoztatni, megőrizni stb. az őt körülvevő világból [5].” (Megjegyzés: A technológiának ezt a definícióját kellő kritikával kell fogadni. Erre a körülményre a Wikipédia szerkesztője is felhívta a figyelmet, amikor hangsúlyozta, hogy ez a szócikk szakértői felülvizsgálatra, korrekcióra szorul. Ha gondosan elemezzük ezt a definíciót, észrevehetjük, hogy a technológiába, mint a definiálandó fogalom egészébe beletartozónak tartják a mai fogalmaink szerinti technológia tartalmi elemeit, nevezetesen az eljárásokat és azok alkalmazását. Ez nyilván önellentmondást okoz, hiszen az egésznek egy része nem lehet maga az egész. Érdekes, hogy a definíció megfogalmazója nem vette észre ezt az ellentmondást, bár maga is megadja a technológia kifejezés görög nyelvből eredő feloldását, nevezetesen azt, hogy mesteriség + tan. A technológia kifejezés tehát hasonló felépítésű, mint a biológia, a geológia stb. kifejezések, amelyek lényegében egy-egy tudományterületet jelölnek meg. Ezt az ellentmondást a processing kifejezés értelmezésekor vettük észre, és majd ott teszünk javaslatot ennek feloldására.) Magukat a technológiai eszközöket, amelyek az embernek az élet különböző területein jelentkező problémái megoldását segítik, egyszerű szinten szerszámnak, fejlettebb szinten technikának nevezzük.

Technikája annak van, akinek, vagy aminek a megoldásai elég bonyolultak, pontosak vagy „műszakiak”, egyéniek és/vagy eszközigenyesek ahhoz, hogy elválasszuk attól a személytől vagy eszköztől, amely azt működteti vagy használja. Ha nem választjuk el a technikát az emberi testtől, vagy egyáltalán nem használunk eszközt, akkor a neve testtechnika, amelynek legfőbb „művészi” produkciója a performance [6]. Ebből a meghatározásból egyenesen következik, hogy a performer a saját testét, valamint személyiségét használja fel témaként, kifejezési eszközként a műveiben. A performance többféle művészeti ág kifejező eszközeit is alkalmazza, elsősorban a body art, a concept és a video art játszott szerepet a performance történetének alakulásába, lásd például a 2. ábrát.

A művészeti performance tehát előtérbe helyezi a méretlen és mérhetetlen megoldásokat, szemben a műszaki teljesítőképességgel, amit viszont mért és mérhető mennyiségekkel igyekszünk jellemezni.

A performance művészet világában játszott szerepének elemzéséből kitűnt, hogy ezt a művészeti

ágot az jellemzi, hogy a valóság megismerése, megváltoztatása és megőrzése érdekében elsősorban saját testének művészi alkotásba való szerves beépítésével és a performance látogatóiban keltett érzelmek révén vált ki hatást. Alapvető jellemzője tehát az, hogy a hatás fizikailag nem mérhető, és lényegében a meglepetésre, extrémításra épít.

2.2. A performance jelentése a sportban

A performance-nak a sportban való megjelenése már az ókorban is fellelhető, hiszen az olimpia részben az emberi test teljesítményének az ünnepe is volt. A résztvevők meztelenül versenyeztek, testüket alkalomadtán olívaolajjal kenték be, hogy minél vonzóbbak legyenek. Nyilván ez a vonás közös a művészeti performance-szal, de a sportra sokkal jellemzőbb – különösen a versenysportra – a



2. ábra: A body art egy tipikus megjelenése

teljesítőkéesség számszerűsíthetősége és számszerűsítése. Ezt tükrözi az újkori olimpia megalapítójának, Pierre de Coubertinnek [7] a jelmondata: „Citius, altius, fortius”, mely magyarul annyit jelent, hogy „gyorsabban, magasabbra, bátrabban”.

Végig gondolva a performance sportbéli értelmét, a legszemléletesebb példát a tízpróbázás jelenti, különösen akkor, ha a világcsúcsot elérő tízpróbázók teljesítményét az adott időpontban éppen érvényes egyéni világcsúcsokhoz, mint határértékekhez viszonyítjuk. Egy ilyen elemzés eredményét mutatja be az 1. táblázat.

A tízpróba világcsúcs részeredményei Ashton Eaton nevéhez fűződnek. A világcsúcs felállításakor az ő komplex teljesítőkéesség-mutatója 0,79, azaz 79% volt. Ez az átlagérték úgy adódott, hogy a tízpróba-ban elért eredményt osztottuk a megfelelő egyéni világcsúcs eredményével, majd ezek összegét a versenyágak számával. Mivel az egyes sportszámokra vonatkozó viszonzszámok minden esetben pozitív számok, ezért ezeknek nem csak számtani középértéke, vagy egyszerűbben szólva átlaga (matematikában ennek jele: A), hanem ezeknek a hányadosoknak a mértani középértéke (matematikában ennek jele: G vagy M) is számítható. A mértani középértéket úgy kell számítani, hogy a figyelembe vett nemnegatív számokat összeszorozzuk, és a szorzatból a figyelembe vett adatok számának megfelelő gyököt vonunk. A mértani középértéknek számos sajátos tulajdonsága van, egyrészt, ha a figyelembe vett számok közül bármelyik 0, akkor G értéke is 0. Emellett, a számtani középérték mindig nagyobb – legfeljebb egyenlő – mint a mértani középérték, és ha a nem egyenlő számok közül bármelyiket úgy választjuk meg, hogy a számtani

1. táblázat. A tízpróba világcsúcsát felállító atléta teljesítőkéessége [8]

Sorszám	Versenyszám megnevezése	Jelenlegi világcsúcs	A tízpróba világcsúcs-hoz tartozó eredmény	Jelenlegi világcsúcs/tízpróba világcsúcs-hoz tartozó eredmény
1	100 méteres futás	9,84 s	10,21 s	0,96
2	Távolugrás	895 cm	823 cm	0,92
3	Súlylökés	23,12 m	14,20 m	0,61
4	Magasugrás	245 cm	205 cm	0,83
5	400 méteres futás	43,29 s	46,80 s	0,92
6	110 méteres gátfutás	12,31 s	13,70 s	0,89
7	Díszkoszvetés	74,08 m	42,81 m	0,57
8	Rúdugrás	614 cm	530 cm	0,86
9	Gerelyhajítás	98,48 m	58,87 m	0,59
10	1500 méteres futás	3:27,37 perc	4:14,48 perc	0,81
Átlag				0,79
Szorzat				0,08577

középérték nem változik, akkor a mértani középérték mindig csökken. Ebből az is következik, hogy a mértani középértéken alapuló megítélés, értékelés mindig szigorúbb, mint a számtani középértéken alapuló.

A kétféle módon számított teljesítőképességet komplex teljesítőképesség mutatónak (KTM-nek) [9, 10] neveztük el, és az elmondottak szerint az (1a) és (1b) képlettel határozhatók meg.

$$KTM_A = m^{-1} \sum e_i \cdot E_i^{-1} \cdot 100 (\%), \quad (1a)$$

$$KTM_G = \sqrt[n]{\prod e_i \cdot E_i^{-1}} \cdot 100 (\%), \quad (1b)$$

ahol KTM_A – az egyes jellemzőkre vonatkozó százalékos mutatók átlagából származó jellemző, KTM_G – az egyes jellemzőkre vonatkozó százalékos mutatók mértani középértékéből adódó jellemző, e_i – a tízpróbázónak az i -edik versenyszámban elért eredményének számszerű értéke ($i=1$ -től n -ig), E_i – a tízpróba világcsúcsának felállításakor egy egyéni versenyző által tartott, az i -edik versenyszám aktuális világcsúcsának számszerű értéke.

(Megjegyzés: Az (1a) és (1b) képlet értelemszerűen csak akkor használható, ha az aktuális világcsúcs számszerű értéke nagyobb, mint a tízpróbázó eredménye. Ezt az esetet képviselik a dobó és az ügyességi számok. A futószámokban azonban fordított a helyzet, hiszen az aktuális világcsúcs számszerű értéke mindig kisebb, mint a tízpróbázóé. Ezért a versenyszámokat csoportosítani kell az elmondottak szerint, és ekkor a futószámokra nézve a tízpróbázó relatív teljesítménye ($e^{-1} \cdot E$). Ennek megfelelően két csoportra bontva kell összegeznünk. A futószámok esetében $n=4$, míg az ügyességi számokra nézve $n=6$.)

Mind a férfi tízpróbában, mind a női hétpróbában versenyszámként szerepel a magasugrás. A 3. ábrán látható versenyző az utóbbi évtizedek atlétikájában uralkodóvá vált Fosbury-stílust alkalmazza. Figyelemre méltó, hogy az eredeti képaláírásban is stílus, és nem technika kifejezés szerepel. A művészeti performance-szal foglalkozó fejezetben elmondottak szerint a technika szó használata csak akkor lenne indokolt, ha a teljesítmény elérésekor a sportoló tőle mereven elválasztható eszközt

alkalmazna, lásd például a rúdugrás esetét. Az ilyen fajta elemzés segítséget nyújthat a tízpróbázónak és edzőjének a megfelelő edzésterv kidolgozásához, hiszen az egyes sportágcsoportokban adódó átlagértékek egyértelműen kijelölik a fejlesztendő területeket.

A sportbéli performance-ra tehát már a mérhetőség az alapvető jellemző, még akkor is, ha egyes sportágakban – például a pontozásokban – ezt az értékelő szubjektivitása befolyásolhatja. Ugyanakkor, a művészeti performance-szal közös jellemzője, hogy versenysportban is a csúcsteljesítményre való törekvés, az extrémítás a jellemző. A teljesítőképességnek az ilyen fajta megközelítése – amint azt látni fogjuk – a műszaki gyakorlatban is kiindulópontot jelenthet.

2.3. A performance jelentése a műszaki gyakorlatban

A performance jelentéséhez közelebb juthatunk, ha szakmai szövegekben megkeressük, hogy ez a szó milyen szövegkörnyezetben jelenik meg. A Materials folyóirat egyik cikkében [12], amely az additív gyártás (additive manufacturing, AM) alkalmazási lehetőségeiről szól, „**perform**-mal” kezdődő igét és főnevet is találhatunk. Álljon itt két idézet:

„In order to reduce the amount of residual stress, while maintaining good dimensional and physical stability, stress relieving is commonly performed on the SLM parts after the AM process.”

„Nevertheless, metallurgical defects, such as gas entrapment porosities, oxide layers, and un-melted material can easily be generated during the process, and they reduce the performances of the final components.”

Az első mondatbana „performed” azt fejezi ki, hogy egy bizonyos műveletet végrehajtottunk vagy teljesítettünk, míg a másik mondatban a „performance”-nak a teljesítőképesség kifejezés felel meg legjobban. Az idézett mondatokban az állítás mindig a kész alkatrész egészére vonatkozik.

A műszaki gyakorlatban a **performance** fogalmának használata egy jelzős szerkezetben, a **high performance** kifejezésben terjedt el leginkább. Az ún. high performance anyagok az



3. ábra: Nicole Forrester kanadai magasugró Fosbury-stílusú ugrása [11]

adott anyagcsoporton belül extrém teljesítőképességet mutatnak, utalunk itt például az űrrepülőgép hővédelmét szolgáló kerámia kompozit lemezekre, ahogy az a 4. ábrán látható.



4. ábra: A NASA űrrepülőgépe útjára indult [13]

Az sem tekinthető véletlennek, hogy a műszaki kutatás-fejlesztési programokban is gyakran megjelenik a high performance fogalma. A Dunaújvárosi Főiskolán (ma Egyetem) 2012-2015 között futó projekt a következő volt: Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása [14], amelynek angol megfelelője értelemszerűen használta a high performance kifejezést, lásd az 5. ábrát.

Várható lenne, hogy a műszaki gyakorlatban a teljesítőképesség számszerű jellemzésére elfogadott módszerek létezzenek. Egy-egy mechanikai vagy fizikai jellemzőre nézve találunk is ilyen megközelítést, például az elektromos vezetőképességet – függetlenül attól, hogy milyen ötvözetről van szó – a nagytisztaságú réz vezetőképességéhez viszonyítjuk. Az International Association of Copper Standard (IACS) [15] még a 20. század elején az akkor legtisztábbnak tartott réz vezetőképességét tekintette

felső határértéknek, és ezt az értéket IACS 100-zal jelölte. Bármely elektromos vezető anyag vezetőképességét ennek az értéknek a százalékában adjuk meg, így például az IACS 80 azt jelenti, hogy a kérdéses ötvözet vezetőképessége 20%-kal rosszabb, mint a rézé. Ebből a megközelítésből azonban hiányzik a performance, a teljesítőképesség egyik kritériuma, a komplexitás.

A műszaki performance értelmének megközelítésekor úgy is eljárhatunk, ha arra a kérdésre keressünk választ, hogy egy adott anyag, alkatrész vagy konstrukció teljesítőképessége mire vonatkozik. Ez a kérdés így hangozhat: a felhasználó mit vár el az adott anyagtól, alkatrésztől, konstrukciótól? A mindennapi embernek feltéve ezt a kérdést például a golyóstoll esetében, a helyes válasz általában csak hosszas találgatás után születik meg. Nevezetesen az, hogy a golyóstolltól azt várjuk el, hogy azzal írni lehessen. A kérdésre adott válasz még nehezebben születik meg, ha egy bonyolultabb konstrukcióról, mint például a személygépkocsiról van szó. A személygépkocsival kapcsolatban feltett kérdésre adott válaszáadás során csak némi töprengés után szokott megszületni a helyes válasz: a személygépkocsitól azt várjuk el, hogy utasait képes legyen egyik helyről a másikra szállítani. A felhasználó a választá mindenkor műszaki ismereteinek szintjén fogalmazza meg, és a hétköznapi emberét csak közvetve érdekli az, hogy személygépkocsijának B oszlopa például milyen acélból készült. Ez a fajta megközelítés a műszaki teljesítőképesség, performance komplex voltát jól tükrözi, ugyanakkor azonban nehezen számszerűsíthető, lényegében csak igennel vagy nemmel lehet a megfogalmazott kérdésre válaszolni.

Amennyiben egy konkrét kérdés kapcsán igen a válasz, akkor joggal vetődik fel a további kérdés, vajon az adott anyag, alkatrész vagy konstrukció milyen szinten képes teljesíteni a felhasználó elvárását. Az elmondottak alapján érthető, hogy a piaci igények kielégítésére törekvő mérnökök keresik a műszaki teljesítőképesség számszerűsítésének lehetőségeit. A szakirodalomban erre nézve megfelelő módszert nem találtunk, és egy, AI ötvözetek fejlesztésével foglalkozó projekt [16] kapcsán tettünk kísérletet egy, a performance számszerű jellemzésére alkalmas módszer kidolgozására. Módszerünk alapgondolatát a teljesítőképesség sportbéli értelmezése kapcsán alkalmazott eljárásra alapoztuk, amelyhez minden egyes versenyszámnál határértékként az aktuális világcúcsot vettük felső határértéknek.



5. ábra: A kutatási projektről az Európai Bizottság ellenőreinek tartott előadás címlapja [14]

Amennyiben egy szabványos minőségű alumínium-ötvözet fejlesztési eredményeit egyértelműen értékelni akarjuk, akkor abból a tényből kell kiindulnunk, hogy az egyes jellemzők határértékeit a vegyi összetétel határértékeiből és a kérdéses jellemző határértékét biztosító műveleti útvonalból kiindulva kell kijelölni. Ez tehát azt jelenti, hogy a szabványos ötvözet összetételi határain belül ki kell választani azt az összetételt és műveleti útvonalat, amely például maximális keménységet eredményez, de a maximális nyúlású állapot eléréséhez minden bizonyosan más összetételt és más műveleti útvonalat kell választani. Ezeket a döntéseket anyagtudományi ismereteinkre, adatbázisokból és tulajdonságbecslő szoftverekből származó információkra alapozzuk. A vizsgálat tárgyát képező ötvözet határállapotainak eléréséhez speciális, extrém feltételeket biztosító technológiai lépéseket kell végrehajtani, mint például a gyors hűtés (rapid solidification), az SPD (severe plastic deformation) eljárás különböző változatai és az additív gyártás.

A fejlesztési eredmények értékelésének első lépéseként ki kell jelölni a fejlesztendő jellemzők körét, és a tágabb értelemben vett kísérleti munka során meg kell határozni a kérdéses jellemzők határértékét. Célszerűen a kiválasztott jellemzőket jellegük szerint csoportokra kell osztani.

A szélsőértékek vagy más szóval határértékek ismeretében a második lépésként azt kell vizsgálni, hogy a vonatkozó szabvány a kérdéses jellemzőkre nézve milyen tartományokat jelöl ki. Három esetet különböztethetünk meg. Az egyik esetben azt fogalmazzuk meg a szabvány, hogy a jellemzőnek bizonyos határok közé kell esnie, de esetenként csak azt írja elő, hogy mennyi legyen a jellemző maximális vagy minimális értéke. A vizsgálatba bevont jellemzőkre vonatkozó adatok értelemszerű figyelembe vételével meg lehet határozni a már vázolt eljárás szerint, lásd az (1a) és (1b) képletet, hogy a szabványos előírások határain belül a komplex teljesítőképesség-mutató milyen tartományt jelöl ki. Ha ezt az elemzést az egyes jellemzőkre és/vagy azok strukturális csoportjaira is elvégezzük, az is megállapítható lesz, hogy a szabvány melyik esetben fogalmaz meg szigorúbb vagy lazább követelményt, és egyben irányt is mutat a szabványok esetleges módosításához. Az értékelés harmadik, és egyben legfontosabb lépését a konkrét fejlesztő munka eredményeinek értékelése jelenti. Természetesen, először azt kell megállapítani, hogy a szabványos összetételnek megfelelő összetételű ötvözetből egy, a fejlesztési célnak megfelelő műveleti útvonalon előállított

termék tulajdonságai teljesítik-e a szabványos követelményeket, vagy sem. Amennyiben nem, a fejlesztés sikertelen, vagyis módosítani kell a kiinduló összetételt és/vagy a műveleti útvonalat. Ebben az értékelési fázisban ismételten támaszkodni lehet a már említett három információ-forrásra, hiszen a tulajdonság-együttes egyes elemei között az esetek többségében egyértelmű kapcsolat van. Ennek az az alapvető oka, hogy anyagaink tulajdonságait a szövetszerkezet határozza meg, amint azt már említettük.

Amennyiben a fejlesztés során elért adatok megfelelnek a szabványos követelményeknek és a fejlesztési célnak, akkor az (1a) és (1b) egyenletek szerinti komplex teljesítőképesség-mutató számítható és értelmezhető az összes jellemzőre vagy az egyes strukturális csoportokra nézve is. A határértéktől való távolság mértéke – hasonlóan a szabványokkal kapcsolatban elmondottakhoz – kijelöli a fejlesztés lehetséges irányát.

Az 1xxx és az 5xxx típusú Al ötvözetek mechanikai jellemzőinek fejlesztési eredményeit a [9, 10] publikációkban értékeltük az előzőekben vázoltak szerint. A mechanikai tulajdonságok fejlesztésének fentiek szerinti elemzéséhez hasonlóan a fejlesztés többi tényezőjének hatását is értékelhetjük. Gondolhatunk például a hegesztett kötésekre, a korróziós ellenálló-képességre vagy akár az önköltség és a környezeti terhelés alakulására is. A felsorolt esetekre vonatkozó határértékeket kreatív módon kell meghatározni, sok esetben – az eddig már említett lehetőségeken túl – a legjobb elérhető technológia (Best Achievable Technology, BAT) adataira is támaszkodhatunk.

3. A tulajdonság

A teljesítőképességet megjelenítő láncszemnek a láncmodell középső láncszemével közös területét a tulajdonságok foglalják el. Ennek a közös területnek az elhelyezkedése könnyen belátható, hiszen a teljesítőképességet anyagaink, alkatrészeink és szerkezeteink tulajdonságai határozzák meg, és az anyagmérnök alapvető feladata az, hogy ezekkel a tulajdonságokkal felruhazza anyagainkat. Ne feledkezzünk meg ugyanakkor arról sem, hogy – amint azt már a láncmodell szerkezetének bemutatásakor említettük – a láncszemek átfedése miatt a teljesítőképesség nemcsak a tulajdonságokkal, hanem a szerkezettel és a feldolgozással is közvetlen kapcsolatba kerül. Lényeges, hogy ez a munka ma már tudatos tevékenységet jelent, ellentétben a

19. század végi, 20. század eleji Edison féle próbál-
gatásos módszerrel. Edison ugyanis a villanykörte
izzószál anyagának keresése közben több tucat-
nyi anyaggal kísérletezett, míg végül megtalálta a
helyes megoldást.

A tulajdonságokat az anyagoknak, az alkatrészek-
nek és a szerkezeteknek a felhasználók felé írá-
nyuló kommunikáció eszközének tekintjük, hiszen
a tulajdonságok mindig valamilyen kölcsönhatás
eredményképpen nyilvánulnak meg. Ebből a gon-
dolatból az is következik, hogy a **tulajdonság** és a
vele bizonyos értelemben rokon értelmű **minőség**
relatív jellegű fogalom. E két fogalom egymáshoz
való viszonyát elemezve megállapíthatjuk, hogy a
dolog létezhet egyes tulajdonságai nélkül, a minő-
ség megszűnése viszont megszünteti magát a
dolgát [17]. A tulajdonságok közül azok, amelyek
a dolog minőségei, egyben a dolog határai vagy
lényeges tulajdonságai. A tulajdonságok másik fele
nem határai a dolognak, csak egyszerűen tulajdon-
ságai. Minőségek, amelyek elválasztják a dolgokat,
nem specifikumai a dolgoknak. Egy és ugyanazon
minőség különböző dolgok jellegzetessége is lehet,
és megfordítva, egy és ugyanazon dologhoz külön-
böző minőségek sokasága rendelhető, amely mind-
egyike elválasztja más dologtól. Mivel ezek a más
dolgok végtelen halmazt alkotnak, az adott dolog
minőségeinek mennyisége is végtelen [17].

Minthogy a minőség maga is tulajdonság, a többi
tulajdonsághoz hasonlóan viszonylagos, azaz nem-
csak attól a dologtól függ, amelynek minősége,
hanem más, azzal a dologgal kapcsolatos dolgoktól
is. A minőség más értelemben is viszonylagos. Ami
az egyik dolog számára minőség, egyszerűen csak
tulajdonság lehet a másik számára, és fordítva. Ezt
az esetet egy olyan anyagfejlesztés kapcsán lehet
bemutatni, amelyben a mechanikai és funkcionális
tulajdonságok végső soron együttes követelményt
képeznek. Gondoljunk a szinkron villanymotor
kalicka anyagára. Ha a kalicka anyagával szemben
csak vezetőképeségi követelményt támasztunk,
akkor a mechanikai jellemzők (folyási határ) csak
tulajdonságok, és fordítva. Ha viszont mindkét
tulajdonságra nézve teljesítendő határértéket álla-
pítunk meg, akkor a villamos vezetőképeség és
a szilárdsági jellemzők egyaránt minőségek. Ez a
követelmény számszerűen úgy is megfogalmazha-
tó, hogy a kalicka anyag rézötvözetének el kell érnie
vagy meg kell haladnia az IACS 80 értéket, míg a
folyási határnak a tiszta réz folyási határát legalább
20%-kal meg kell haladnia [18]. Nyilvánvaló, hogy
ebben az esetben már új minőségről van szó, és ez

a szakirodalomban széles körben használt jelölés-
rendszerben is megmutatkozik: HCHS, ami azt fejezi
ki, hogy „High Conductivity, High Strength”.

Ha minden lényeges tulajdonság minőség, akkor
két lényeges tulajdonság együttvéve is minőséget
alkot, amint azt a fenti példa is mutatta. Pontosan
így lesz három, négy stb. minőség kombinációja
is, és végül a minőségek olyan összességét kapjuk,
amely elegendő az adott dolognak az összes többi
dolog halmazából való kiválasztására. Ez az összes-
ség lesz a dolog specifikuma, minősége a fogalom
szokásos meghatározása szerint.

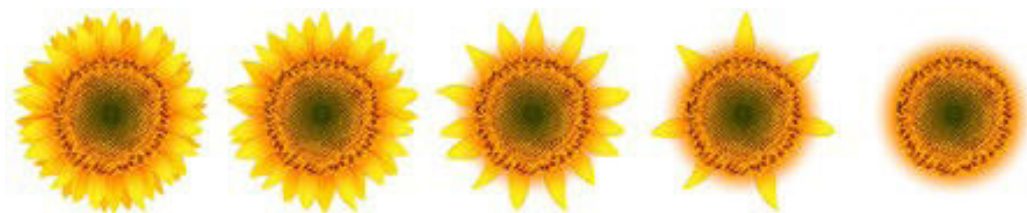
A minőségügy fogalom rendszerében számos defi-
níción van a minőségre. Ha megpróbáljuk megfogal-
mazni ezek esszenciáját, akkor legegyszerűbben
azt mondhatjuk, hogy a minőség a használatra való
alkalmasság. Ebben a definícióban az is benne van,
hogy nincs jó vagy rossz minőség, a minőség vagy
van, vagy nincs. Álljon itt erre példaként az atom-
energia békés alkalmazása. Egy atomerőmű villamos
energiát állít elő, ami akkor alkalmas használatra, ha
annak műszaki paraméterei megfelelnek az előírás-
nak, kiszámítható a szolgáltatás és az erőmű üzeme
kielégíti a nukleáris biztonsági követelményeket. Ha
ezek bármelyike hiányzik vagy sérül, akkor az adott
szolgáltatás alkalmatlan a használatra, következé-
sképpen nem beszélhetünk a minőségéről.

4. Az anyag és az anyagmodell definíciója

A láncmodellben szereplő fogalmak felsorolásakor
már utaltunk arra, hogy közöttük több, a felhasz-
nálói igények kielégítésének folyamatában meg-
határozó tényező fogalma (például az anyagé) nem
szerepel. A tulajdonságok és a minőség fogalmának
értelmezésével azonban már mód nyílik a hiány-
zó, egyik legalapvetőbb fogalom, nevezetesen az
anyag fogalmának definiálására.

Az anyagot, illetve az anyag fogalmát nehéz defini-
álni, mert maga az anyag is egy nagyon tág értel-
mű gyűjtőfogalom. A természettudományokban
általában a következő anyagfogalmat használják:
az anyag a valóságnak az a része, aminek tömege
és kiterjedése van [19]. Ebben a megfogalmazásban
a gyűjtőfogalom a „valóság”, de a műszaki gyakor-
latban ezzel nem tudunk mit kezdeni. Éppen ezért
az anyag fogalmának értelmezéséhez egy hasonló-
an tág értelmű fogalmat kell keresni. Az „anyagmi-
nőség” fogalom megadhatja ezt a keresett másik
gyűjtőfogalmat.

Az anyag fogalmának definíciójához kövessük
végig az alábbi gondolatmenetet. A korábban már



6. ábra: Egy napraforgó virág az anyag definíciójának megközelítéséhez [20]

definiált tulajdonság és minőség fogalmának szemléletes megjelenítéséhez egy, a műszaki gyakorlat-tól első pillanatra távol eső példát, a 6. ábra napraforgóvirág példáját vegyük alapul (természetesen, mint minden példa, ez is csak részben fedí le azt, amit mondani szeretnénk).

Ha erre a képre ránéz valaki, akár egy gyermek is, gondolkodás nélkül azt mondja, hogy ez egy napraforgóvirág. Ennek a virágnak tehát az a minősége, hogy napraforgóvirág.

Tételezzük fel, hogy a napraforgóvirág szirmai egy-egy tulajdonságot képviselnek. Nézzük meg, mi történik akkor, ha a tulajdonságokat képviselő szirmok közül először minden tízediket, majd minden ötödiket, minden másodikat és végül az összes szirmot – gondolatban – eltávolítjuk. Ha csak minden tízedik szirmot távolítottuk el, és azt többeknek megmutatjuk, valószínű, hogy még mindenki azt fogja mondani, hogy ez egy napraforgóvirág. Ha minden ötödiket eltávolítjuk, még akkor is valószínű, hogy sokan felismerik a napraforgóvirágot. Aki eltávolította a szirmokat, az tudja azonban, hogy ez utóbbi két állapotban a virág már nem ugyanolyan, mint az eredeti állapotában, vagyis ezek relatív minőséget képviselnek.

Ha minden második, vagy az összes szirmot eltávolítjuk, akkor valószínű, hogy már senki sem fogja azt

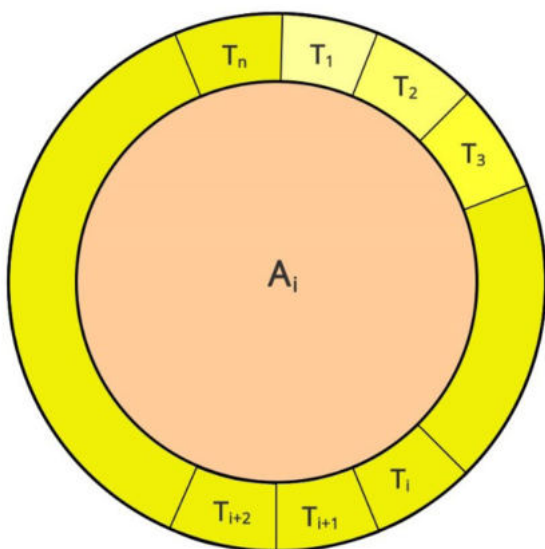
mondani, hogy ez egy napraforgóvirág, legfeljebb csak azt, hogy egy csupasz napraforgótányér, vagyis ez már egy új minőség, ami semmiféleképpen nem helyettesítheti az eredeti minőséget.

A napraforgó modellt a műszaki gyakorlat számára lefordítva juthatunk el a 7. ábrához [21], amelyen az A_i anyagot, mint a $T_1 \dots T_n$ tulajdonság hordozójának tekintjük.

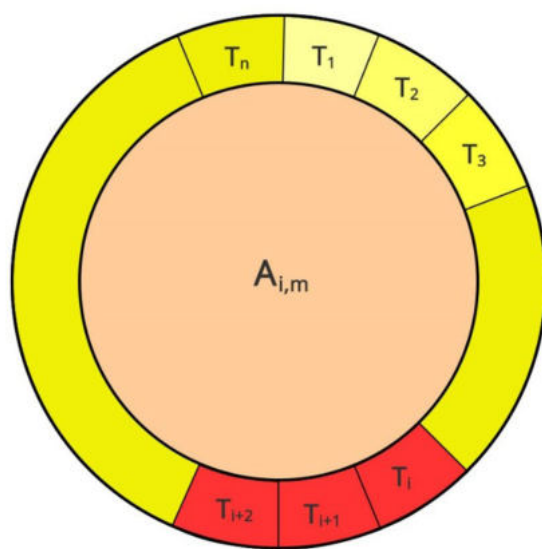
Az elmondottak alapján az anyag definícióját a következőképpen fogalmazzuk meg: **az anyag az összes tulajdonsága által meghatározott minőség megtestesítője.**

Az anyag, az alkatrész, a szerkezet 1. ábra szerinti láncolata összefüggéseinek megértése és tudatos kihasználása céljából modelleket alkotunk, amelyek egyike az anyagmodell. Az anyagmodell fogalmához hasonló gondolatmenet révén juthatunk el, mint az anyag fogalmához, figyelembe véve azt a körülményt, hogy a tulajdonságok két csoportra oszthatók, nevezetesen – egy bizonyos szempont szerint – **lényeges** és **lényegtelen** tulajdonságokra.

Az anyagmodellt szemléletesen úgy jeleníthetjük meg, hogy az anyag definíciójához bemutatott 8. ábrán [21] a tulajdonságok egy részét pirossal jelöljük, utalva arra, hogy ezek jelentéktelenek, ezek egy bizonyos szempont szerint elhanyagolhatók.



7. ábra: Az anyag fogalmának szemléltetése [21]



8. ábra: Az anyagmodell szemléletes ábrázolása [21]

Végeredményben ugyanígy járunk el az anyagkutatásban is, amikor a vizsgált anyagi rendszer összes tulajdonságából csak azokat vesszük figyelembe, amelyek még a vizsgált rendszer minőségét az adott szempontok szerint visszatükrözik.

A tulajdonságok és a minőségek közötti összefüggés figyelembe vételével az anyagmodell a következőképpen definiálható: **anyagmodellről akkor beszélünk, ha a minőséget meghatározó összes tulajdonság közül csak a valóság megismerése céljából szükségesnek és hasznosnak tartottakat vesszük figyelembe, úgy, hogy az anyag még megőrizze minőségét.**

5. A szerkezet

Tovább haladva a feldolgozás láncszeme felé vezető utunkon, a szerkezet fogalmával találkozunk. Amint már kiemeltük, a szerkezet és a tulajdonságok ugyanabban a láncszemben foglalnak helyet. Arra is utalnunk kell ismételtén, hogy a szerkezetet jelölő terület a feldolgozás láncszemével átfedésben van, még ha áttételesen is, kapcsolódik a teljesítőképesség láncszeméhez is.

Mivel a középső láncszem a szerkezet és a tulajdonságok között közvetlen kapcsolatot ír elő, a szerkezet fogalmát annak tükrében kell megfogalmaznunk, hogy a szerkezet milyen módon határozza meg a tulajdonságokat. Ennek a szoros kapcsolatnak az értelmezéséhez a már eddig részletesebben vizsgált fogalmakat is segítségül hívjuk, nevezetesen a már említett tulajdonságot: a minőség és az anyag fogalmát. Ezt a gondolatot mintegy kiegészítésként az anyagfogalomnak a természettudományokban használt definíciójára is építjük, nevezetesen arra, hogy az anyagnak tömege és kiterjedése van.

A **struktúra** fogalmának definíciójakor többféle utat is választhatnánk. Mivel ez a fogalom a szakirodalomban igen gyakran előfordul, számtalan olyan mondat lenne idézhető, amelyeknek tartalma alapján a fogalom jelentése egyértelművé válna. A tömörség kedvéért azonban csak néhány mondatot idézünk a Materials folyóiratnak már említett cikkéből [12], ugyanakkor a kép teljessé tétele érdekében számos olyan összetett szót említünk, amelyben a szerkezet, mint fogalom előfordul. Ilyen szavak például az **atomszerkezet**, az **atomhész-szerkezet**, **sávszerkezet**, **rácsszerkezet**, **fázisszerkezet**, **rácshiba szerkezet**, **mikroszerkezet**, **nanoszerkezet**, **szemcseszerkezet**, **szubszerkezet** és a példákat még tovább sorolhatnánk.

A kontextuális [22] definíálás érdekében a már említett cikkből néhány mondatot is idézünk, amelyekből a tulajdonságok és a szövetszerkezet (microstructure) közötti kapcsolat kiviláglik.

„The final SLM components showed different hardness and tensile properties from cast or wrought parts in similar alloys, and this was primarily due to the ultrafine microstructure, with its complex crystal growth directions, and to residual thermal stresses. SLM parts generally present higher tensile strength, with anisotropy that depends on the building direction, than their cast counter parts. The superior strength values that as-built components have are usually explained by adopting the Hall-Petch equation reported in Equation (2):

$$\sigma_0 = \sigma_i + k / d^{1/2} . \quad (2)$$

The equation highlights that the strength of the material (σ_0) is given by the sum of the frictional stress (σ_i) and a factor (k) times the inverse of the square root of the grain size (d). The local heating and cooling rates, during the melting of the powders, are very high (10^3 – 10^8 K·s⁻¹), and this leads to a non-equilibrium solidification process, with the development of ultrafine microstructures, extended solid solubility, and the possible formation of non-equilibrium phases.”

Ha egy ilyenféle elemzést kellő gondossággal végzünk el, akkor eljuthatunk ennek a fogalomnak az ún. nyelvfilozófiai definíciójához, a kontextuális definícióhoz: egy fogalom vagy kifejezés megadása helyett megadjuk azoknak a kifejezéseknek és mondatoknak a jelentését, melyekben a definiálandó kifejezés előfordul. Ezt a definíálási eljárást alkalmaztuk a performance-nak a műszaki gyakorlatban játszott szerepének definíálásakor, és ezt a definíciótípust általában egyenértékűnek tekintik a reáldefiníciók körébe tartozó Arisztotelész-féle intencionális definícióval [22].

A szerkezetet magában foglaló fogalmak és mondatok felsorolásából is kiérezhető, hogy a szerkezet valamilyen kapcsolatban van a méret fogalmával. Ugyanakkor már itt is utalnunk kell arra, hogy a tulajdonságokat meghatározó szerkezet kiterjedését tekintve kettős meghatározottságú: a kiterjedés vonatkozhat a szerkezetet felépítő elemek méretére, másrészt pedig annak a testnek a méreteire is, amelyet az előbb említett strukturális egységek építenek fel. A továbbiakban nagyon vázlatosan azt tekintjük át, hogy a tulajdonságokat megtestesítő anyag milyen hierarchiát követve épül fel.

Abból kell kiindulnunk, hogy az anyagnak térbeli kiterjedése és tömege van. A fizikában anyag minden, ami elemi fermionokból áll. Az anyag főleg atomokból, azok pedig elektronokból, neutronokból és protonokból épülnek fel. A mértékbozonokat – amelyek egyike a foton, és amik az alapvető kölcsönhatásokat közvetítik – nem tekintjük anyagnak, bár van energiájuk, sőt némelyiküknek még tömegük is. Az atommagok és az elektronok az elektromágneses kölcsönhatás kötött állapotaiként alkotják az atomokat, a kémiai elemek legkisebb, még az illető elem tulajdonságait viselő darabját [23].

Azok az anyagok, amelyeket már érzékszerveinkkel közvetlenül érzékelni is tudunk, rendkívül sok részecskéből (atomból, ionból, molekulából) állnak. Tudjuk, hogy egy mólnyi anyagban az Avogadro féle számnak megfelelő számú építőelem van. A nagyon sok részecskéből álló anyagokat anyagi halmazoknak nevezzük.

Az anyagi halmazok tulajdonságait, halmazállapotukat elsődlegesen a halmazt felépítő részecskék szerkezete és tulajdonságai szabják meg, elsősorban az, hogy a halmazt felépítő részecskék között milyen kölcsönhatások alakulnak ki.

a gyakorlatban alig találkozunk, vagyis anyagaink reális rácsszerkezetűek, termikus és atermikus rács-hibákkal terheltek.

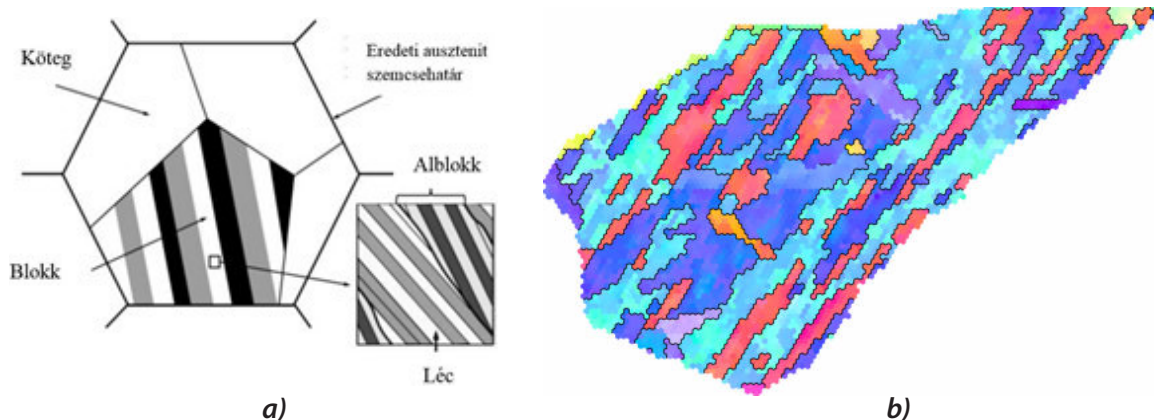
A szilárd anyagokat felépítő elemek hierarchiájában az alábbi szinteket szokás megkülönböztetni:

Kristályrácsok

Egyes szilárd anyagokban az atomok nem alkotnak meghatározott összetételű molekulákat, hanem óriási számban összekapcsolódva szabályos térbeli elrendeződést, kristályszerkezetet (kristályrácsot) képeznek.

Lécek, kötegek, blokkok vagy tömbök és krisztallitok

A kristályrácsok fölött következő anyagszerkezeti hierarchiaszint a lécek, kötegek, blokkok vagy tömbök, majd az azokból összeálló krisztallitoké. Különösen a fémek esetében fontosak ezek a hierarchiaszintek, mert jól vizsgálhatók maratott felületen, illetve a SEM+EBSD technikával ma már maratlan állapotban is tanulmányozhatók. Ezt a hierarchiaszintet szemlélteti a 9. ábra a) vázlata és b) felvétele, ami egy léces martenzites szövettű mintáról maratlan állapotban készített SEM+EBSD felvétel.



9. ábra: A fémek szerkezetét meghatározó lécek, kötegek és tömbök krisztallitokhoz való viszonya:
a) léces martenzites acélminta egyetlen ausztenit krisztallitjában edzés során kialakult szubszerkezet;
b) SEM + EBSD kép [24] (az egyes tartományok orientációját színek jelölik)

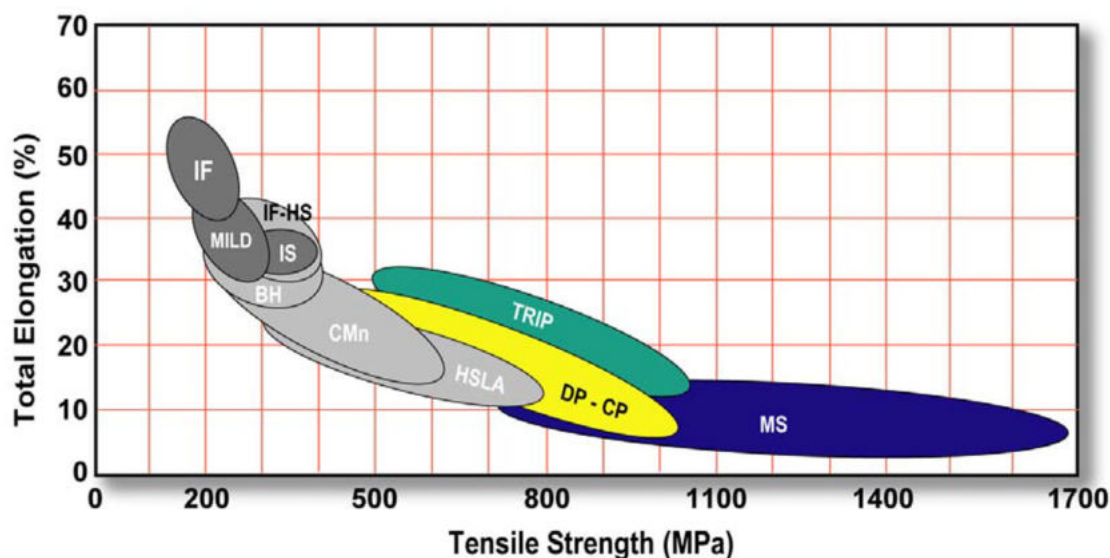
Ezeknek a kölcsönhatásoknak a mértéke igen eltérő lehet, egyben azonban megegyeznek: az erők hatótávolsága igen kicsi. Azoknak az erőknek az összességét, amelyek egy adott anyag részecskéi között összetartó erőként hatnak, kohézióknak nevezzük. A kohézió összetartani, összerendezni igyekszik a részecskéket, azaz a tökéletes rendezett állapotot, az ún. ideális szilárd állapotot akarja létrehozni.

Mondanivalónk kifejtéséhez a továbbiakban lényegében csak a fémek és ötvözeik polikristályos állapotával foglalkozunk, figyelembe véve azt, hogy ideális rácsszerkezetű szilárd anyaggal

Szövetszerkezeti szint

A kristályok társulása újabb anyagszerkezeti hierarchia szintet (anyagszerveződési szintet) határoz meg. Ez a szövetszerkezeti szint. Ezen a szinten találjuk a kerámiákon kívül a fémeket és ötvözeiket.

A felsorolt anyagszerveződési szintek közül a szövetszerkezeti szint jelölhető meg úgy, mint a tulajdonságokat közvetlenül meghatározó. Példaként a modern szerkezeti acélok egyik legjellegzetesebb képviselőjét, a TRIP acélokat [25] említjük meg. Ha ennek az acélnek a szokásos összetételére rátérünk, abból ennek az acéltípusnak a speciális



10. ábra: A szerkezeti acél lapostermékek szakítószilárdság – teljes nyúlás diagramja (ún. „banándiagram”) [26]

mechanikai tulajdonságaira nem következtethetünk. Akkor azonban, ha interkritikus hőkezelést alkalmazva elérjük, hogy szövetszerkezete ferritből, bénitből és jelentős, akár 10%-nál több maradék ausztenitből álljon, akkor a szerkezeti acélokra jellemző szakítószilárdság – szakadási nyúlás trendtől lényegesen eltérő tulajdonság-együttest kapunk, mégpedig úgy, hogy az adott szilárdsági kategóriához képest lényegesen nagyobb szakadási nyúlás adódik. Ezt a helyzetet tükrözi a 10. ábra diagramja [26].

Az elmondottakból és az előbbi példából is látható, hogy az anyag kémiai összetétele nem meghatározó a tulajdonságai szempontjából, hiszen ugyanahhoz az összetételhez többféle tulajdonság-együttes, és így akár több minőség is hozzárendelhető. Ez az oka annak – véleményünk szerint – hogy az ún. láncmodellben nem szerepel a kémiai összetétel fogalma. A tulajdonságok tehát az anyag szövetszerkezetével vannak közvetlen kapcsolatban, ami azt jelenti, hogy adott szövetszerkezethez egyértelműen hozzárendelhető egy adott tulajdonság-együttes. Ez a megállapítás igazolja Hardy Mohrbacher korábban idézett mottójának igazságát [4].

A szövetszerkezeti szerveződési szint jelentőségét az is bizonyítja, hogy a kutatás-fejlesztési munkák során az esetek döntő részében valamely, a fénymikroszkópos, és napjainkban már SEM-es vizsgálatokkal meghatározható szövetszerkezeti jellemzők függvényében vizsgáljuk a mechanikai jellemzők változását. Ez abban is megnyilvánul, hogy a folyáshatár és a szemcseméret közötti kapcsolatot leíró, és a Materials című folyóirat [12] egyik cikkéből már

idézett Hall-Patch egyenletben a szemcseméret, mint független változó mellett megjelent a szubszemcse mérete is. Ahhoz azonban, hogy a szubszemcsék hatását figyelembe tudjuk venni, a (2) egyenlet szerinti összefüggést ki kell egészíteni a diszlokációs keményedést leíró taggal.

Valamely anyag σ_y folyási határát a szemcsehatárok okozta keményedés (Hall-Patch típus), valamint a szemcsékben és a szubszemcsékben lévő diszlokációk okozta keményedés összegeként lehet leírni:

$$\sigma_y = \sigma_0 + \alpha M G b \sqrt{\rho} + k_{HP} d_{GB}^{-0.5}, \quad (3)$$

ahol σ_y – a Hall-Patch összefüggés szerinti súrlódási feszültség, α – egy állandó érték, kb. 0,25, M – a Taylor tényező, G – a nyírómodulus, b – a Burgers vektor nagysága, ρ – a teljes diszlokáció-sűrűség, amely hozzájárul a diszlokációs keményedéshez, k_{HP} – a Hall-Patch egyenlet szerinti meredekség, d_{GB} – azoknak a szemcsehatároknak az egymástól mért átlagos távolsága, amelyek a diszlokációk mozgása szempontjából szemcsehatár-gátként működnek.

A szemcsehatárok közötti távolság jellemzésekor azonban rendszerint nem tesznek különbséget a nagy- és a kisszögű szemcsehatárok között, és így az sem egyértelmű, hogy az összes meglévő szemcsehatár közötti távolságra mi jellemző (az összes szemcsehatárba beleértjük a kis- és nagyszögű szemcsehatárokat is), amelyet az adott esetben d_R szimbólummal azonosítunk. Mivel nem mindegyik szemcsehatár okoz Hall-Patch szerinti szilárdságnövekedést, így ezeknek a száma a jelenlévő összes határnak csak bizonyos hányada. Feltételezzük, hogy azok a határok, amelyekre nézve $\varphi > \varphi_{dis}$

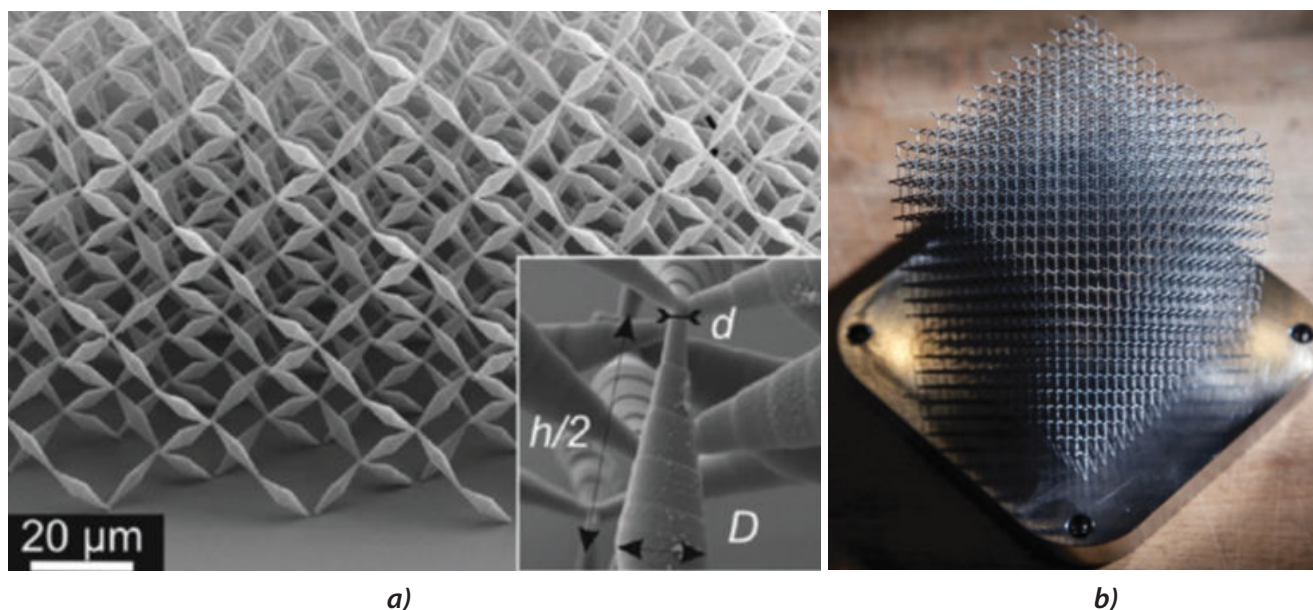
orientáció-különbség, azok Hall-Patch féle szilárdságnövekedést okoznak (a (3) szerinti összefüggés jobb oldalán szereplő utolsó tag), míg azok a szemcsehatárok, amelyekre nézve $\varphi > \varphi_{\text{dis}}$, nem hatnak szemcsehatárként, de a diszlokációk okozta szilárdságnövekedéshez hozzájárulnak (a kisszögű szemcsehatárok által határolt tartományokon belüli diszlokációk révén – a (3) egyenlet jobb oldalán szereplő második tag). A d_{GB} mennyiség összefüggésbe hozható a d_{R} -rel az f mennyiségen keresztül, amely a szemcsehatár okozta keményedésben résztvevő szemcsehatárok arányát fejezi ki (vagyis $f = a \varphi > \varphi_{\text{dis}}$ -szel jellemezhető szemcsehatárok hányadával). Az f tehát a nagyszögű szemcsehatárok felülethányadát reprezentálja térfogategységre vonatkoztatva. Az elmondottaknak megfelelően a (3) egyenlet a következő alakban írható fel:

$$\sigma_y = \sigma_0 + \alpha M G b \sqrt{\rho_0 + \frac{3(1-f)\varphi_{\text{dis}}}{b d_{\text{R}}}} + k_{\text{HP}} \sqrt{\frac{f}{d_{\text{R}}}}, \quad (4)$$

ahol ρ_0 – a szubszemcséken belüli diszlokációk sűrűsége, amelyek nem képeznek szubszemcse határokat, φ_{dis} – a szemcsehatár orientáció-különbségének az a határértéke, amely alatt ezek a szemcsehatárok csak diszlokációs szilárdságnövekedést okoznak. A φ_{dis} nem jól definiálható érték, nagysága 2° és 15° között bárhol lehet.

Ahogy azt a (4) egyenlet mutatja [26], a szub- és a nagyszögű szemcsehatárok hatása szétválasztható, amennyiben a szubszemcse határok esetében is különbséget teszünk a gátló és a nem gátló típusok között.

A figyelmes olvasónak talán feltűnt, hogy az anyagszerveződési szinteknél nem említettük a metaanyagokat. Ennek az az oka, hogy ezeknek az anyagoknak a tulajdonságait meghatározó szerkezet – ebben az esetben az architektúra – nem spontán anyagszerveződés révén, hanem egy számítógéppel irányított folyamat eredményeképpen jön létre. A metaanyagoknak két nagy csoportja van: a funkcionális és a mechanikai metaanyagok. A funkcionális csoportba tartoznak a mágneses és elektromos típusúak, például a negatív törésmutatójú anyagok. A negatív törésmutatójú anyagból készült tárgyak a megfigyelő számára láthatatlanná válnak, ugyanakkor a mögötte lévő tárgy látható. A mechanikai metaanyagok közé számos típus tartozik, felsorolásszerűen ezek a következők. Az első csoportba az ún. extrém metaanyagok tartoznak, mint például az ötmódusú és az auxetikus anyagok. A következő nagyobb csoportot az ún. negatív anyagok alkotják, ezek közé a negatív kompresszibilitású és negatív merevségű változatok tartoznak. További csoportot képeznek az ultra tulajdonságú metaanyagok, közöttük az ultrakönnyű, az ultramegev és az ultraszívós anyagok. Talán a negyedik csoportot alkotó metaanyagok a legérdekesebbek, ide tartoznak az aktív, az alkalmazkodó és a programozható anyagok és az ősi japán technikával elkészíthető origami szerkezetek. Egy mechanikai metaanyag jellegzetes architektúrája látható a 11. ábrán [2]. A szerkezetről szóló alfejezet tárgyalásának befejezéseként még vissza kell térni arra a korábbi megállapításra, miszerint a szerkezet kettős méretbeli meghatározottságú. Az anyagszerveződés tárgyalásakor



11. ábra: Egy 3D-s nyomtatással előállított mechanikai metaanyag jellegzetes architektúrája [2]

csak az egyes szintek méretére utaltunk, de nem foglalkoztunk a szerkezetet magába foglaló testnek a méretével és az esetleg ebből adódó hatásokkal. Általánosságban a kérdés a következőképpen fogalmazható meg: egy adott szövetszerkezetű szilárd testnek van-e olyan tulajdonsága, amely a szilárd test makroszkopikus méretétől függ?

(Megjegyzés: Az előbbieken említett metaanyagokkal kapcsolatban is megfogalmazható egy hasonló jellegű kérdés: Van-e olyan anyag, amelynek tulajdonságai az igénybevételének módjától függenek? A válasz: igen, éppen a metaanyagok között találunk ilyen anyagot.)

A feltett kérdés nem tartozik szorosan ennek az elemzésnek a tárgykörébe. Azt, hogy mégis foglalkozunk ezzel, az indokolja, hogy egy hasonló témakörben Kaptay [28] tollából megjelent cikkben – ha nem is az anyag és a műszaki anyagtudomány definíciójában – behatárolta az anyagtudomány vizsgálódási, érdeklődési körét. Úgy véli, hogy az alsó szintet a 0,1 nm-es atomi szint jelenti, míg a felső határértéket 100 m-ben jelölte meg.

Véleményünk szerint az alsó határérték rögzítése csak időben visszamenőlegesen fogadható el. Az elméleti megfontolásokat követően, maga a nanotechnológia is csak akkor alakult ki, amikor a vizsgálati technika „érzékenysége” ezt lehetővé tette. Az alsó határérték folyamatosan változó jellegét jól bizonyítja, hogy egy 2015-ben megjelent cikk szerzői [29] a nagy entrópiájú ötvözetek stabilitása kapcsán a kvantummechanika ismeretanyagára is építenek. Ezt szemlélteti az alábbi idézet:

„The desire to understand the properties of metals and alloys in terms of the fundamental interactions between the electrons and nuclei from which they are composed goes back to the dawn of quantum mechanics.”

A felső 100 m-es határérték megjelölése azért kérdéses, mert a nagyon hosszú „alkatrészekből” – mint például a sínek, drótkötelek, optikai kábelek stb. – csak olyan hosszú darabok képezhetik a műszaki anyagtudomány tárgyát, amelyek már egyértelműen képviselik az alkatrész minőségét, vagyis a felhasználás szempontjából lényeges tulajdonságaikat.

6. A feldolgozás (processing)

A láncmodellnek az iparhoz legközelebbi láncszemét a **feldolgozás** foglalja el. Ezt a kifejezést a **processing** magyar megfelelőjének gondoljuk. A feldolgozás a szerkezetet és a tulajdonságot is magában foglaló középső láncszemmel átfedésben van,

de úgy, hogy a közös területet a szerkezet – vagy, ahogy azt az előző fejezetben már megfogalmaztuk – a szövetszerkezet területe alkotja, utalva arra, hogy a feldolgozás közvetlenül a szövetszerkezetet befolyásolja. Természetesen a feldolgozás területe, ha áttételesen is, kapcsolatban van a tulajdonságokkal és a teljesítőképességgel.

A feldolgozás jelentésének értelmezéséhez a korábban már bevált utat választjuk, azt vizsgálva, hogy a processing szó tövének milyen magyar jelentés feleltethető meg, illetve az ilyen tövű szavak milyen szövegkörnyezetben találhatók meg. A **processing** szótárban található megfelelőjét már megadtuk, így csak a szótó, a **process** főnévi és igei jelentését mutatjuk meg:

- a process, mint főnév: folyamat, eljárás
- a process, mint ige: kidolgoz, feldolgoz, megmunkál, kikészít.

A **processing** és az említett **process** tövű angol kifejezések anyagtudományi szakcikkekben, ismertetőekben gyakran fordulnak elő. Elsőként egy új USA-beli projekt ismertetőjéből idézünk néhány mondatot. Ennek a projektnek a neve ICME, vagyis Integrated Computational Materials Engineering [30]. Az ismertető brossúra így kezdődik:

„Integrated Computational Materials Engineering (ICME) is an approach to design products, the materials that comprise them, and their associated materials processing methods by linking materials models at multiple length scales. Key words are „Integrated”, involving integrating models at multiple length scales, and „engineering”, signifying industrial utility. The focus is on the materials, i.e. understanding how processes produce material structures, how those structures give rise to material properties, and how to select materials for a given application. The key links are process-structures-properties-performance.”

E négy kifejezésen kívül a témakör angol nyelvű szakirodalmában több gyakran előforduló kifejezés is található, ezek közül csak a “multiple length scales” (anyagszerveződési szint) és a “material models” (anyagmodell) kifejezéseket emeljük ki.

Ha ennek a néhány sornak a lényegét össze akarunk foglalni, akkor visszajutnánk a kiindulópont-hoz, a láncmodellhez.

Valószínű, ha a láncmodellben szereplő **processing** fogalmát magyar kifejezéssel helyettesítenénk, akkor nagyon sokan a **technológia** kifejezést használnák. Nézzük meg, hogy a szótár milyen értelmezést ajánl a **technology** szóhoz: technika, technológia, műszaki tudományok.

Utalnunk kell arra, hogy a technológia fogalmát a művészeti performance-szal kapcsolatban már értelmeztük. Arra is rámutattunk, hogy ez a definíció hibás, kritikára szorul. Ha ebben a definícióban a technológiát annak egyik lehetséges értelmezésével, a műszaki tudományokkal helyettesítjük, akkor máris célt érünk. Az olvasóra bízunk, hogy ezt tegye meg. Ennek a változtatásnak a helyességét jól bizonyítja például, hogy a világ egyik legismertebb műszaki egyetemének neve: Massachusetts Institute of Technology, ahol a „Technology” egyértelműen műszaki tudományokat jelenti.

Az, hogy a technology-nak a szótár a technikát is megfelelteti, számos nyelvhasználati zavart okoz mind a mai napig.

Az előbbi módosítással a technológia kifejezést „kiszabadítottuk” a rossz definíció fogságából, és így az ipari gyakorlatban szokásos módon használhatjuk, vagyis a technika jelenti a feldolgozás hardverét, míg a technológia annak szoftverét.

6.1 A technika, mint a feldolgozás hardvere

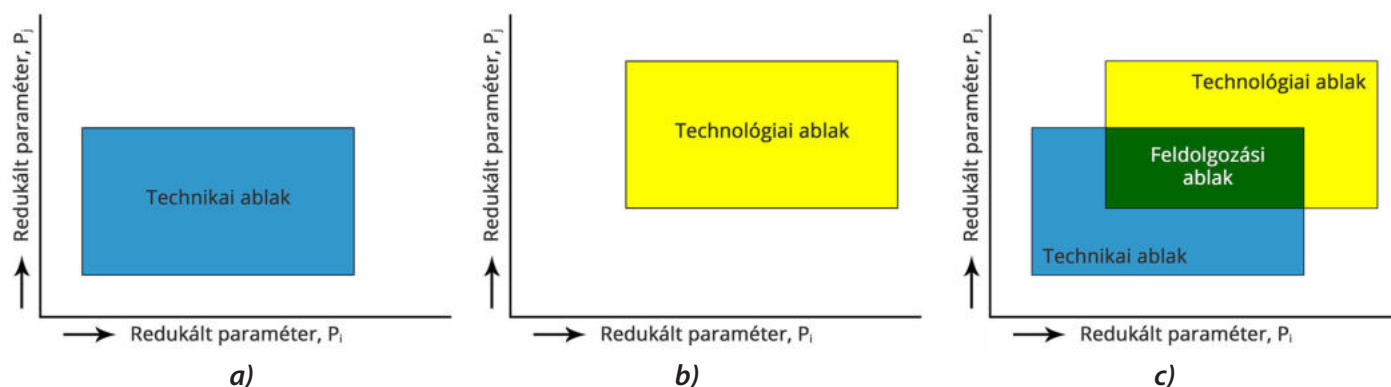
A teljesítőképesség fogalmának tárgyalásakor – pontosabban az előbb helyesbített definíció elemzésekor – már említettük, hogy az ember a valóság, a környezete megismerésekor, megváltoztatásakor és megőrzésekor e tevékenységek hatékonyságának növelése érdekében eszközöket készít és használ, amelyeket két csoportra, a **szerszám** és a **technika** csoportjára osztottuk. A szerszám használata és alkalmazása az ember és a szerszám közötti közvetlen kapcsolatot tételezi fel, hiszen a szerszámokat saját „energiájával” és saját tapasztalataira építve működteti. A technika alkalmazása és működtetése pedig az emberrel való közvetlen kapcsolatot nem igényli, sőt, a modern ipari technikák működtetésekor ez szinte lehetetlen. Ennek oka egyrészt az ember fizikai és szellemi teljesítőképességének korlátozott volta, másrészt pedig a technikák nagyfokú komplexitása, bonyolultsága, precizitása, nagy energia- és információigénye, vagyis egyszóval műszaki jellege. A feldolgozóipari technikákat jellemzi továbbá az alkalmazásuk alacsony élőmunka igénye, amely részben az ember és a technika közötti közvetlen kapcsolat megszűnésének vagy megszüntetésének következménye.

Az alacsony élőmunka igény a feldolgozóipari technikák nagyfokú automatizáltságának köszönhető; gépeinket és berendezéseinket számos érzékelő és beavatkozó szervvel, vagy idegen szóval szenzorral

és aktuátorral szereljük fel, melyeknek működését modern számítástechnikai eszközökkel biztosítjuk. A számítástechnikai vagy IT eszközök képesek a nagyszámú mérési adat gyűjtésére, feldolgozására és a feldolgozott adatok célszerű tárolására is, ez utóbbi lehetővé teszi a technika működésében fellépő zavarokra jellemző mintázat felismerését és – például a mesterséges intelligencia (AI) módszerek alkalmazásával – a hiba gyors felismerését és elhárítását.

Az ember és az eszközök elkülönülése a robottechnika ipari gyakorlattá válásával ma már lehetővé teszi az élőmunka teljes mértékű kiküszöbölését. Ismeretes, hogy ma már működnek olyan, ún. „sötét” üzemek – elsősorban az autóipar területén – amelyek emberi jelenlét és beavatkozás nélkül folyamatosan működnek. Az 5G-s kommunikációs hálózatok széleskörű elterjedése az automatizálás és a robottechnika területén új távlatokat nyit. Érdekes ugyanakkor, hogy az automatizálás legújabb szintjén ismét felmerült az ember és a robot közötti kapcsolat igénye, az ún. kobottechnika, amely az ember és a robot kooperációjára épít. A feldolgozóipari technikát, működtessük azt akár a mikroelektronikai iparban vagy a kohászatban, számos technikai paraméterrel jellemezhetjük. A működési feltételeket meghatározó paraméterekre vonatkozóan általában egy alsó és felső határértéket ad meg a gyártó cég. Ezekkel a határértékekkel a paraméterek számának megfelelő dimenzionalitású térben lehetne kijelölni azt a paramétermezőt, amelyben a technika alkalmazható. Egy ilyen sokparaméteres, és ennek megfelelően sokdimenziós elemzésre a legtrikább esetben van csak lehetőség. Célszerű ezért az azonos értelmű paramétereket ún. redukált paraméterekké egyesíteni, és ha ez lehetséges, akkor előállítható egy olyan 3, 2 vagy akár 1D-s paramétermező, amely már könnyebben áttekinthető képet ad a technika működéséről. Ha az így képzett redukált paraméterek egymástól függetlenek, akkor a paramétermezőket 3D-s esetben a koordinátatengelyekkel párhuzamos síkok, 2D-s esetben azokkal párhuzamos vonalak, míg 1D-s esetben a koordinátatengelyen lévő két pont határolja. Amennyiben a redukált paraméterek között kapcsolat létezik, akkor a határoló felületek, vonalak akár tetszőleges alakot is felvehetnek.

Egy ilyen elemzés segítségével tehát kijelölhető a technika lehetséges működési területe, amelyet az angolszász irodalomban használt fogalmak alapján **technikai ablak**nak hívunk. Egy kétdimenziós esetre



12. ábra: A technikai, a technológiai ablak, valamint ennek a két ablaknak az átfedéséből adódó feldolgozási ablak értelmezése:
a) a technikai ablak, (b) technológiai ablak, (c) feldolgozási ablak (process window)

vonatkozó technikai ablakot mutat a 12. a) ábra vázlata, mégpedig egy olyan esetre nézve, amikor a P_i és a P_j redukált paraméterek egymástól teljes mértékben függetlenek.

Az egyértelmű szóhasználat érdekében megemlítjük, hogy a mindennapi szóhasználatban is gyakran szereplő „high tech” kifejezést egyértelműen a technikára kell vonatkoztatni, mégpedig olyanra, amelynek egyes paraméterei a szokásos vagy átlagos paraméterekhez képest kiemelkedőek, extrémek.

6.2 A technológia, mint a feldolgozás szoftvere

A technológia Prohászka [31] frappáns megfogalmazása szerint a reprodukció tudománya. A technológia illetve ennek írásos formája, a technológiai utasítás olyan műveletsort határoz meg, amely többnyire szabványos, szabványosított, azaz megismételhető, mással összekapcsolható és utánosztható. Mind a technológiára, mind a technológiai utasításra általánosan alkalmazzák az angol procedure kifejezést. A technológia műszaki jellegét a mérés adja, értelemszerűen a mérés a feldolgozandó anyag jellemzőinek meghatározására szolgál. A technika és a feldolgozandó anyagra vonatkozó adatok szembesítése teremti meg az ún. zártciklusú szabályozás lehetőségét, amely minden technológiai művelet meghatározó tényezője. A folyamatjellemzők: a műveletek, az anyagi állapotok és a gépek sorozata külön-külön is képet ad a gyártás folyamatáról, de párhuzamosan történő együttes szerepeltetésük teszi lehetővé azt, hogy minőségi és mennyiségi leírást adjunk a technológiáról.

A technológiai folyamat főszereplője maga a feldolgozandó anyag. A modern feldolgozóipari technológiákra a folyamatos anyagáramlás jellemző, gondoljunk itt Charlie Chaplinnek, a Modern idők c. filmjének futószalagjára, vagy például az Audi győri

gépkocsi gyárában működő, a teljes üzemcsarnokot behálózó konvektor sorára. A feldolgozandó anyag folyamatos, megszakítás nélküli „áramlása”, kényszerpályán való mozgása jellemző a legmodernebb acél szélesszalag gyártásra. Az ún. CSP eljárás során az acéolvadékból az anyagfolyam megszakítása nélkül jön létre az acélszalag [32].

A technikához hasonlóan a technológiát is a paraméterek sokasága jellemzi. Mivel egy-egy adott technológiai lépés konkrét berendezéshez köthető, belátható, hogy a technológiai és a technikai paraméterek azonos értelműek, és így határértékei a paraméterek számával is megegyező dimenzionalitású térben lennének ábrázolhatók. Ezt érzékelteti a 12. b) ábra. Valószínűsíthető, hogy a technológiát jellemző számos paraméter ebben az esetben is néhány redukált paraméterbe sűrítendő, és így a technológia jellemzői 3, 2 vagy akár 1 dimenzióban is megjeleníthetők. Így ezzel a redukcióval jöhet létre például a 12. ábra b) vázlatán látható technológia ablak, mely azt a területet jelöli ki, amelyen belül az sikeresen, az elvárt eredménnyel végrehajtható.

Ennek a gondolatmenetnek az alapgondolatát Verő Balázs [34] már felvetette egy ipari üzem, egy pilot üzem, egy kísérleti gyártósor és a számítógépes szimuláció vonatkozásában.

6.3 A feldolgozás, mint a technika és a technológia szerves egysége

A technikai és a technológiai ablak egymáshoz viszonyított helyzetéből következtethetünk arra, hogy egy adott berendezésen (technikán) az előírás szerinti technológia végrehajtható-e, vagy sem. Amennyiben a két ablak átfedésben van, akkor igen a válasz, és a közös terület adja meg azt a redukált paraméterterületet, ahol a technológia sikeresen

végrehajtható. Ezt szemlélteti a 12. c) ábra. A közös területen belül egy adott anyagminőség esetén a legváltozatosabb tulajdonságú termékeket kaphatjuk. Az adott jellemző egyedi, megegyező értékeit összekötve szintvonalas térképhez jutunk, amelynek „csúcspontja” jelöli ki azt a P_i , P_j paraméter-kettőst, amely az adott tulajdonság optima. Természetesen az összes lehetséges jellemzőre nézve elkészíthető egy ilyen térkép, amely hihetetlenül nagy üzemi kísérleti munkát igényelne. Ezt kiküszöbölendő, alkalmazza a modern technológiai tervezés (materials design) a számítógépes szimulációs módszereket [33]. A folyamat-szimulációs módszerek természettudományi törvényeken alapulnak, és ezeket, mint eszközöket használja, vagy, ahogy azt Gyulai József nevezte, szerszámként alkalmazza [35].

Természetesen az anyag minden egyes lényeges jellemzőjére nézve elkészíthető egy ilyen elemzés, és ha birtokunkban van a teljesítőképesség szám-szerű megítélésére alkalmas módszer, akkor az egyedi jellemzőkre vonatkozó feldolgozási ablak-hoz hasonló értékelés adódik. Az egyedi jellemzőkre és a komplex teljesítőképesség mutatóra (KTM) vonatkozó vázlatokat szemléltet a 13. ábra két diagramja, melyekkel kapcsolatban feltételezhetők, hogy a KTM optimumára vonatkozó redukált paraméterek eltérőek az egyedi jellemzők optimumát adó helyzethez képest.

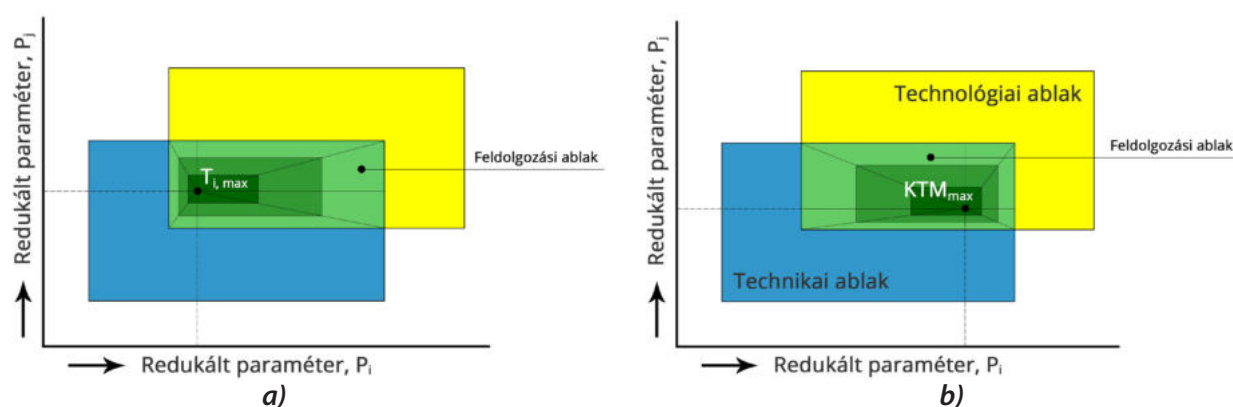
Ha az üzemi, a laboratóriumi kísérletek és a számítógépes szimuláció segítségével, konkrét eredményekkel tudjuk kitölteni a 13. b) ábra szerinti diagramot, akkor a fejlesztés eredményét egyértelműen jellemezni tudtuk, és ebből a megfogalmazásból világosan kitűnik, hogy a feldolgozás a technika és a technológia szerves egysége.

Egy konkrét példa az egydimenziós feldolgozási paraméter ablakra

A három, de még a kétdimenziós feldolgozási paraméterablak kidolgozása is komoly kihívást jelent, így nem csodálhatjuk, hogy a vonatkozó szakirodalomban csak egydimenziós esetre találunk példát. Példaként az AM eljárások közé tartozó PBF-et (powder bed fusion), vagyis a fémpor-ágyas fúziót említjük, amelynek népszerű neve a 3D nyomtatás. A PBF eljárást számos paraméter (irodalmi adatok szerint legalább 50) jellemzi, melyek a 2. táblázat szerint két nagy csoportra oszthatók, nevezetesen a por tulajdonságait, valamint a folyamatot jellemző paraméterekre. Ez utóbbi csoport is két részre tagolódik: az első oszlopba a porágy részleges megolvadását biztosító lézersugár-forrás paraméterei szerepelnek, míg a jobboldaliban a porrétegre vonatkoznak.

2. táblázat: PBF folyamatváltozók [12]

Portulajdonságok	Folyamatparaméterek	
Részecskealak	Lézersugár-teljesítmény	Rétegvastagság
Részecske méret és eloszlás	Letapogatási sebesség	Letapogatási stratégia
Kémiai összetétel	Nyomtávolság	Építési irány
Hővezető-képesség	Védőatmoszféra	Gázáramlás
Olvadáspont	Lézersugár átmérője	Porágy-hőmérséklet
Abszorpciós és reflexiós képesség	Lézertípus	-



13. ábra: A feldolgozási ablak vázlata
(a): az egyedi jellemzők esetében;
(b): a komplex teljesítőképesség mutató esetében

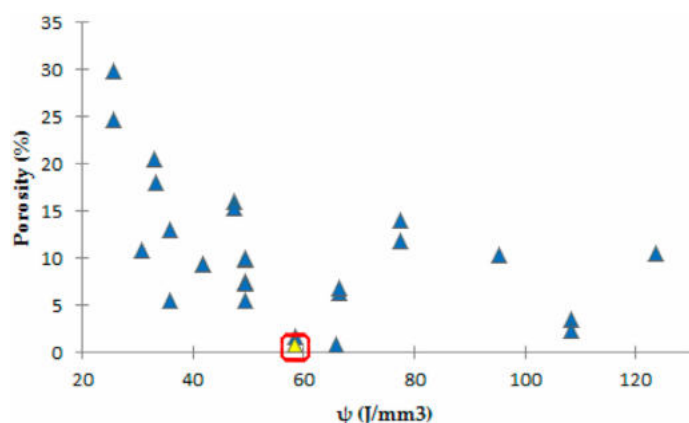
A PBF folyamat paramétereitől a lézersugár forrásra és a porrétegre vonatkozó adatokból képezhető egy, az előbbieken tárgyalt redukált paraméter, amelyet az adott esetben a térfogati energiasűrűség jelent, képletszerűen az (5) összefüggés fejezi ki.

$$\psi = P / (v \cdot h \cdot t), \quad (5)$$

ahol: ψ – térfogati energiasűrűség, P – lézersugár teljesítmény, W , v – letapogatási sebesség, cm/s, h – a lézersugárral letapogatott vonalak közötti távolság, cm, t – por rétegvastagság, cm.

Egy ilyen értékelésre utaló szöveget és ábrát idézünk a már többször említett Materials folyóiratban megjelent cikkből [12]:

„By working within the process parameter window, it was found that the amount of energy input necessary to reduce the porosity to the minimum value was approximately 60 J/mm³” (14. ábra), „which is comparable with the threshold limit found in the research conducted by Olakanmi on Al, Al–Si, and Al–Mg alloys.”



14. ábra: Porozitás változása a térfogati energia sűrűség függvényében. A megjelölt pont AlSi10Mg por az SLM eljárásból kapott legalacsonyabb porozitást mutatja. [12]

Ebből a rövid idézetből a process parameter window kifejezésre figyeljünk, amelyet talán úgy lehetne értelmezni az adott esetben, mint azt a paramétermezőt, amely biztosítja a felhasználás szempontjából lehetséges, és ezen belül optimális, minimális porozitást eredményező körülményeket.

Még ehhez az egyszerű feldolgozási művelethez is több elem megléte szükséges. Szükség van a megmunkálást végző berendezésre, az adott esetben ez egy 3D nyomtató. Szükség van továbbá a feldolgozandó anyagra, az adott esetben ez egy megfelelő, átlagos méretű és adott méreteloszlású Al ötvözetpor, továbbá szükség van energiára is, amely részben a berendezés általános működtetéséhez,

részben pedig az ötvözetpor részecskéit részlegesen megolvasztó lézersugár forrás táplálásához szükséges. Végül szükség van információra, amely több elemről tevődik össze, nevezetesen: az előállítandó alkatrész alakját magába foglaló, a fókuszált lézersugár letapogatási mintázatát hordozó és a letapogatás sebességét és teljesítményét meghatározó adatokból. A lézersugár mozgási sebességének és a lézersugár teljesítményének szabályozásához zárt szabályozó rendszert is alkalmazni kell, amely Euler- vagy Lagrange jellegű termikus szenzorok jeleit veszi alapul.

7. A műszaki anyag és a műszaki anyagtudomány fogalmának definiálása

A láncmodell tárgyalása során alkalmazott gondolatmenet, valamint az egyes fogalmakra vonatkozó definíciók alapján már ennek a két újabb fogalomnak a definíciója is levezethető. A definíció megfogalmazásakor feltétlenül törekedni kell annak egyértelműségére és lehetőség szerinti tömörségére. Az is követelmény, hogy a definíció alapján annak mondanivalója tovább legyen elemezhető, értelmezhető.

A **műszaki anyag** fogalma viszonylag egyszerűen definiálható, hiszen nem kell mást tennünk, mint az anyag és az anyagmodell definíciójában a minőséget meghatározó tulajdonságok körét értelemsszerűen módosítani. Ezek szerint a keresett definíció a következő: **a műszaki anyag a felhasználói/piaci igényeket kielégítő tulajdonságok által meghatározott minőség megtestesítője.**

A **műszaki anyagtudomány** fogalma már nehezebben definiálható, hiszen egy állandóan változó és rohamosan fejlődő területről van szó. A definíció megfogalmazását még az is megnehezíti, hogy magának a tudomány fogalmának definíciója is több kérdést vet fel. A tudomány definíciójára nézve a következő olvasható a [36] szerinti szócikkben: „A tudomány a bennünket körülvevő világ megismerésére irányuló tevékenység és az ezen tevékenység során szerzett igazolt (tesztelt vagy bizonyított) ismeretek gondolati rendszere.” Mint látható, ebben a definícióban a **tudomány** fogalmához egy cselekvés jellegű fogalom, a **megismerés**, másrészt pedig egy elvont fogalom, a **gondolati rendszer** rendelődött hozzá. Ezt a kettősséget célszerű kiiktatni. Erre teszünk kísérletet a műszaki anyagtudomány definiálásakor, mégpedig úgy, hogy az első változat a megismerés folyamatát hangsúlyozza, míg a második az ismeretek gondolati rendszerét.

A definíció megfogalmazásakor abból indulunk ki, hogy a műszaki anyagtudománynak mindazokat a tartalmi elemeket magába kell foglalnia, amelyeket a láncmodell kapcsán tárgyaltunk. Bár ez nyilvánvalóan ismétlés, de ezen a helyen szükségesnek látszik a tartalmi elemek felsorolása: feldolgozás, szerkezet, tulajdonság, teljesítőképesség.

Abban az esetben, ha a műszaki anyagtudomány megismerés jellegét kívánjuk hangsúlyozni, akkor ennek a fogalomnak a definíciója a következő:

Az első változat:

A műszaki anyagtudomány, mint integráló jellegű, alkalmazott tudomány arra hivatott, hogy a műszaki anyagok tulajdonságait megismerje, e tulajdonságok és a műszaki anyagok szerkezete, pontosabban szövetszerkezete közötti kapcsolatot feltárja, a műszaki anyagok termikus és deformációs előéletének a szövetszerkezetre gyakorolt hatását elemezze, és kijelölje azt a feldolgozási útvonalat, amely a fenntarthatóság figyelembe vétele mellett biztosítja a felhasználói igényeket kielégítő műszaki anyag előállítását.

Ha a műszaki anyagtudományt, mint gondolati rendszert kívánjuk hangsúlyozni, akkor ennek definíciója a következő:

A második változat:

A műszaki anyagtudomány, mint integráló jellegű, alkalmazott tudomány azoknak a műszaki anyagoknak a tulajdonságaival, a műszaki anyagok tulajdonságai és szerkezete közötti kapcsolattal és a termikus és deformációs előélet hatásával kapcsolatos ismereteknek a gondolati rendszere, amelyek alapján a felhasználói igényeket kielégítő műszaki anyag fenntartható módon előállítható.

Ennek a két definíciónak az elemzésétől itt eltekintünk, mert ha ezt megtennénk, akkor lényegében meg kellene ismételni az összes eddig mondottakat.

Záró megjegyzés: A wikipédia tudományról szóló szócikkében [36] az alkalmazott tudományok között nem a műszaki anyagtudomány, hanem helyette az anyagmérnöki tudomány kifejezés szerepel. Véleményünk szerint ez közelebb áll a fejlett ipari országok gyakorlatához, hiszen ezt a tudományterületet materials engineering-nek hívják. Ezt bizonyítja az ICME elnevezése is (Integrated Computational Materials Engineering) is, amelyet magyarra lefordítani nem lehet, mert az engineering-nek nincs magyar megfelelője.

Irodalomjegyzék

- [1] Materials science and engineering for the 1990s, Report of the Committee on Materials Science and Engineering, National Research Council, Washington DC, National Academy Press, 1989)
- [2] Amir A. Zadpoor: Mechanical meta-materials. Article in Materials Horizons. September 2016.
DOI: 10.1039/C6MH00065G.
<https://www.researchgate.net/publication/301315132>
- [3] D. R. Smith, J. B. Pendry, M. C. K. Wiltshire: Metamaterials and Negative Refractive Index Science, 2004 August 6.
- [4] H. Mohrbacher: From micro- to nano-sized steels: Possibilities and drawbacks. www.nobelcon.com
- [5] A technológia. Wikipedia
- [6] A performance. Wikipedia
- [7] Pierre de Coubertin. Wikipedia
- [8] A tízpróba. Wikipedia
- [9] J. Pázmán, K. Fehér, V. Gonda, B. Verő: Effect of the homogenization and cold deformation on the mechanical performance of Al8006 aluminium alloy. 12th Hungarian Conference on Materials Science (HMSC12) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 903 (2020) 012039 IOP Publishing doi: 10.1088/1757-899X/903/1/012039
- [10] Pázmán J., Fehér J.né, Gonda V., Sánta E.O., Verő B.: Az Al5182 ötvözet teljesítőképességének meghatározása. BKL Kohászat, 153. évf. 2020/4. szám 41-47. oldal.
- [11] Magasugrás. Wikipedia
- [12] F. Trevisan, F. Calignano, M. Lorusso, J. Pakkanen, A. Aversa, E. P. Ambrosio, M. Lombardi, P. Fino, D. Manfredi: On the Selective Laser Melting (SLM) of the AlSi10Mg Alloy: Process, Microstructure, and Mechanical Properties. Materials Review; Published: 18 January 2017. Materials 2017, 10, 76;
doi: 10.3390/ma10010076. www.mdpi.com/journal/materials
- [13] Űrrepülőgép fotó, Wikipedia
- [14] TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0027 sz. „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” Konzorciumvezető: Dunaújvárosi Egyetem
- [15] IACS (International Association of Copper Standard)
- [16] GINOP-2.2.1-15-2016-00018 sz. projekt: Új, piacképes hengerelt alumínium termékek technológiájának fejlesztése, a műszaki anyagtudomány legújabb eredményei alapján a piacvezető hazai iparvállalat, az ARCONIC-Köfém Kft. és kiemelkedő hazai felsőoktatási K+F intézmények együttműködésében (Konzorciumi tag: DUE)
- [17] A tulajdonság. Wikipedia
- [18] EFOP-3.6.2-16-2017-00016 sz. projekt: Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában (Konzorciumi tag DUE)

- [19] Az anyag. Wikipedia
- [20] A napraforgó virág fényképe. Wikipedia
- [21] Dénes É., Csepeli Zs., Verő B.: Bevezetés a műszaki anyagtudományba. Dunaújváros, Dunaújvárosi Főiskola Kiadó Hivatal (2010) 223 p.
- [22] A definíció. Wikipedia
- [23] Az anyagi rendszer. Wikipedia
- [24] Szabó P. J., Verő B.: A léces martenzit orientációs viszonyainak meghatározása visszaszórt elektrondiffrakcióval. Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat 144: 2pp. 13-17. 5. p. (2011)
- [25] Verő B., Horváth Á. Sebő S.: Többes fázisú és TRIP acélok gyártása meleghengerléssel. Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat 139. évf.: 3pp. 1-8. 8 p. (2006)
- [26] Verő B.: Az acél válasza korunk kihívásaira, avagy az acél fejlődési potenciálja. Nyugdíjas Egyetem, Dunaújvárosi Főiskola, 2014.
- [27] A. Sarkar, R. Yogi, S. K. Shekhawat, I. Samajdar, J. K. Chakravarty: Softening of Al during multi-axial forging in a channel die. Materials Science & Engineering A. journal homepage: www.elsevier.com/locate/msea
- [28] Kaptay Gy.: A műszaki anyag, a műszaki anyagtudomány és az anyagtechnológia definíciói. Anyagvizsgálók Lapja 2020/IV. sz. 58-57. oldal. (http://avilap.hu/data/uploads/2020/iv/avilap_2020_iv_smart.pdf)
- [29] C. Troparevsky, J. R. Morris, M. Daene, Yang Wang, R. Andrew, L. G. Malcolmstoks: Beyond Atomic Sizes and Hume-Rothery Rules: Understanding and Predicting High-Entropy Alloys. The Minerals, Metals & Materials Society, DOI: 10.1007/s11837-015-1594-2. 2015
- [30] Committee on Integrated Computational Materials Engineering, National Materials Advisory Board, Division on Engineering and Physical Sciences, National Research Council (2008). Integrated Computational Materials Engineering: A Transformational Discipline for Improved Competitiveness and National Security. National Academies Press. p. 132. ISBN 9780309178211.
- [31] Prohászka J.: A technológia jellegzetes vonásai. BKL Kohászat. 124. évfolyam (1991) május 193. o.
- [32] Y. Kang, H. Yu, J. Fu, K. Wang, Z. Wang: Morphology and precipitation kinetics of AlN in hot strip of low carbon steel produced by compact strip production. Materials Science and Engineering: A. Volume 351. Issues 1-2, 25 June 2003, Pages 265-271.
- [33] Verő B.: A fizikai szimuláció helye és szerepe a műszaki anyagtudományban. ISD Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 47: 4 pp. 167-172. 6 p. (2007).
- [34] A modellezés. Wikipedia
- [35] Gyulai J.: Kiadvány a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet megnyitására. 1995. szeptember 4.
- [36] A tudomány. Wikipedia

Megjegyzés: Ebben a publikációban a Wikipedia szócikkeiben szereplő belső hivatkozásokat nem soroltuk fel, csak magát a szócikk címét adtuk meg.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk Dr. Verő Balázsnénak és Verő Boglárkának a kézirat elkészítéséhez nyújtott segítségükért.



tripladuplav.hu

VELÜNK HÁROMSZOR JOBBAN JÁR

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

www.tripladuplav.hu webstúdió



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu

Publikálási lehetőség egyetemi hallgatók részére

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség nyomdai formátumra szerkesztett kiadványa, az Anyagvizsgálók Lapja, amely negyedévente jelenik meg online. Célja elsősorban a nagyobb horderejű cikkek, publikációk, összetett műszaki információk megjelentetése, ezenfelül lehetőséget kínál a magyar anyanyelvű, kutatással foglalkozó egyetemi BSc, MSc hallgatók, valamint fiatal kutatók és PhD hallgatók kutatási témájuk, eredményeik és tervezett disszertációjuk irodalmi összefoglalásának szerkesztett, cikkszerű bemutatására.

A hallgatók dolgozatai az erre a célra létrehozott rovatban (Szakmai rovat hallgatóknak) jelenik meg. A lap az alábbi főbb témakörökhöz kapcsolódó cikkeket várja: állapotellenőrzés, élettartam gazdálkodás, minőségbiztosítás (minőség, megbízhatóság), roncsolásmentes anyagvizsgálatok, roncsolásos anyagvizsgálatok, anyag, anyagszerkezet.

A fenti témákban született, a formai és minőségi követelményeknek megfelelő kéziratok az év során folyamatosan beküldhetők. A közlésre szánt kéziratokat .docx formátumban a szerkesztőségnek szükséges megküldeni a csatolt képekkel együtt. Az egyetemi hallgatók esetén kérjük konzulenseik jóváhagyását a közlésre. A cikk bejelentő űrlap, valamint formai követelmények az Anyagvizsgálók Lapjának honlapján található. A beküldést követően a szerzők értesítést kapnak arról, hogy minden szükséges dokumentum elküldésre került-e. Hazánk elismert szakembereinek bírálatát követően a szerkesztők beszerkesztik a lap formátumának megfelelően (kétoszlopos formátum) a cikket és az esetleges javítási javaslatokat megküldik a szerzők felé.

A publikációs költségről a MAROVISZ állít ki számlát.

Részletesebb információk a folyóirat weboldalán olvashatók.

*Tóth László
felelős szerkesztő*

Az Anyagvizsgálók Lapjának weboldala: www.anyagvizsgaloklapja.hu

A Szerkesztőbizottság elektronikus elérhetősége: avilap.szerk@gmail.com

Szakítóvizsgálat kontrakciós szakaszának kísérleti vizsgálata

Harangozó Dóra¹, Szalai Szabolcs², Kozma István³, Czinege Imre⁴, Dogossy Gábor⁵

¹ PhD hallgató, egyetemi tanársegéd, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, harangozo.dora@sze.hu

² PhD hallgató, egyetemi tanársegéd, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, szalaisz@sze.hu

³ egyetemi adjunktus, kozma@sze.hu

⁴ Professor Emeritus, czinege@sze.hu

⁵ egyetemi docens, dogossy@sze.hu

Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

Összefoglaló

A jármű karosszéria építésben alkalmazott alumínium-magnézium lemezek kiváló szilárdságuk és korrózióállóságuk alapján strukturális elemek és belső panelek készítésére alkalmasak. Jelentőségük miatt különös figyelmet érdemel az alakíthatóságuk, ezen belül a szakítóvizsgálat során mutatott viselkedésük a diffúz és lokális kontrakció szakaszában. A publikációban bemutatott digitális képkorrelációs, valamint a háromdimenziós képalkotási technikák segítségével sokoldalú elemzésre kerülnek a kontrakciós tartományban mérhető helyi alakváltozások és a belőlük számítható jellemzők, nevezetesen a diffúz és lokális kontrakció határának kijelölése, a próbatest geometria változása a lokalizáció környezetében és a tengelyirányú feszültségekből a folyási görbe extrapolációját lehetővé tevő változók kiértékelése. A felsorolt jellemzők méréséhez használt kísérleti anyag AlMg3 minőségű hengerelt lemez.

Kulcsszavak

Digitális képkorreláció, diffúz és lokális kontrakció, folyásgörbe extrapoláció, folyási feltételek

1. Bevezetés

A szakítóvizsgálat kontrakciós szakaszának elemzése a lemezek alakíthatósága szempontjából kiemelt kutatási terület, ugyanis az egyenletes alakváltozás befejezését követő diffúz és lokális kontrakció jelensége és a folyamat jellemzői sikeresen átvihetők az alakíthatósági diagramok felvételére, valamint a lemezalakító műveletek területére is. A témakör irodalma rendkívül gazdag, a diffúz és lokális kontrakció határának elméleti megfontolások alapján végzett levezetése mellett végesem számítások, valamint a kísérleti vizsgálatok eredményei szolgáltatják a legfontosabb információkat. Az újabb kutatások közül különös figyelmet érdemelnek a digitális képkorrelációs technikára (DIC)

alapozott kísérleti vizsgálatok, amelyek a próbatestek helyi alakváltozásából következtetnek a diffúz és lokális kontrakció folyamatának jellemzőire.

Jelen publikáció célja hármas: (i) a digitális képkorrelációs technika eredményeinek alkalmazásával a próbatest lokális alakváltozásainak jellemzése, (ii) az eredmények összevetése a korszerű háromdimenziós képalkotó technikákból nyert geometriai információkkal és (iii) ezen eredmények alkalmazása a folyási görbe extrapolációjára a diffúz kontrakció tartományában. Ezeknek a célkitűzéseknek a kísérleti hátterét a digitális képkorrelációs (DIC), komputertomográfus (CT) és optikai 3D technikák adják, melyek alkalmazására a szakítóvizsgálat során kerül sor. Tekintettel arra, hogy a vizsgálatok fókuszában az alumínium lemezek állnak, az irodalmi áttekintés elsősorban ezek eredményeivel foglalkozik.

2. Irodalmi áttekintés

A digitális képkorrelációs eljárások (Digital Image Correlation, DIC) fejlődését mutatja be az [1] publikáció a technika 1980-as felfedezésétől a közelmúltig. Az anyagvizsgáló laboratóriumi használatban a 2000-es évek elejétől jelentek meg ezek az eljárások elsősorban kutatási célokra, majd az elmúlt évtizedben a szakítógépek természetes tartozékaivá váltak a DIC berendezések. Segítségükkel az alakváltozás folyamatáról számos új információ vált elérhetővé, mellyel a szakirodalom részletesen foglalkozik.

Kang és szerzőtársai 2006-ban mérési eredményeket tettek közzé az AA5754-es alumínium lemezekben a szakítóvizsgálat során mérhető inhomogén alakváltozásokról [2], melyben ismertették az egyenletes alakváltozás tartományában észlelhető Portevin-Le Chatelier (PLC) sávokat, valamint a maximális erő elérése után kialakuló diffúz és lokális kontrakció képeit. Bemutatták a PLC nyúlás és a globális nyúlás lineáris kapcsolatát, melyet azóta számos kutató igazolt. Képeket közöltek a kontrakciós szakaszban végbemenő nyúlás lokalizációról is.

Ugyanezen szerzők mutatták ki 2008-ban, hogy az intenzív nyúlási zónák jelzik a nyírófeszültségek erőteljes növekedését, mely a próbatest szakadásához vezet [3]. A továbbiakban sok hasonló témájú cikk jelent meg, melyek közül néhányat említ az irodalomjegyzék [4-14]. A felsorolt publikációk részletes információkat adnak a húzás folyamán tapasztalható nyúlás lokalizációról és annak időbeli változásáról, a kontrakciós szakaszban fellépő feszültségek számításáról, valamint a kísérleti eredmények vége-selem technikával való modellezéséről. Mindezek alapja az, hogy a lemezek alakítása során DIC technikával a felületen jelentkező nyúlásokat lehet mérni, majd a két főnyúlás ismeretében a harmadik főnyúlás és az egyenértékű alakváltozás számítható. Ezek a jellemzők használhatók fel az átlagos és lokális alakváltozások jellemzésére, vagy például az aktuális próbatest keresztmetszet számítására, különösen a kontrakciós szakaszban. A teljes geometria rekonstrukciójával kevés publikáció foglalkozik és a részletesebb elemzések is inkább a szakadási keresztmetszetet elemzik. Például Bacha és szerzőtársai a [15] publikációban három, a próbatest hossztengetyére merőleges síkmetszetet képeztek a szakadás környezetében, amelyből következtetni tudtak a kontrahált keresztmetszet geometriai jellemzőire. A síkmetszetben keletkezett lemezfelület szélesség irányú oldalát parabolával közelítették és így vezettek le összefüggéseket a területre. Hasonló közelítést alkalmaztak Zhang és szerzőtársai a klaszszikus, 1999-ben publikált cikkükben [16], melyet a szakirodalom a kontrakciós szakasz kutatások egyik alapművének tekint.

Ezek a kutatások átvezetnek a folyási görbe extrapolációjának problémakörébe. Közismert ugyanis, hogy lemezek szakítóvizsgálatakor a valódi alakváltozás és a valódi feszültség összetartozó pontjait az egyenletes alakváltozás tartományában, a maximális erő fellépéséig lehet elméletileg korrekten meghatározni. Ugyanakkor a képlékeny alakító műveletek során fellépő egyenértékű alakváltozás jelentősen meghaladhatja a szakítóvizsgálatkor észlelt egyenletes nyúlás mértékét, tehát fontos ismerni a görbe menetét a nagyobb alakváltozásokra is. Az egyenletes alakváltozás tartományára, a maximális erő bekövetkezésekor mérhető nyúlásig illesztett folyásgörbe függvények kiterjesztése a mérési pontokon túli értékekre problematikus, mert a közelítő függvény típusától függően jelentős eltérések lehetnek. Ezért fontos, hogy a kontrakciós tartományban is legyenek értékelhető mérési pontok, melyek a függvény illesztést pontosítják. Hengeres

próbatetekre a Bridgman közelítés kínál analitikus megoldást a tengelyirányú húzófeszültség és az egyenértékű feszültség közötti kapcsolatra, valamint a kontrakció környezetében fellépő radiális feszültségek számítására. Ezeket a képleteket sokan továbbfejlesztették és megkísérelték lapos próbatetekre is kiterjeszteni. A kutatások eredményeit összefoglalóan tartalmazza a [17] irodalom, amely egy kísérleti-numerikus megoldást javasol a folyási görbe extrapolációjára. A kontrakciós szakaszban fellépő feszültségek és alakváltozások jellemzéséhez lényegesen hozzájárult a vége-selem technika alkalmazása, melynek segítségével mind hengeres próbatetek esetében [18], mind lemez próbatetekre alkalmazva sikerült számszerűsíteni a nyúlás- és feszültségeloszlásokat a próbatetek keresztmetszetében [19-27].

A szakítóvizsgálat kontrakciós szakaszában végzett elemzések alapvetően két részre oszthatók a folyamat időbeli és nyúlás szerinti előrehaladásának függvényében. Az elsőként fellépő diffúz kontrakció tartományában a nyúlás lokalizáció mérsékelt, ezért továbbra is elfogadható az a közelítés, hogy a feszültségi állapot síkbeli. Ez lényegesen egyszerűsíti az elméleti modellek felállítását és alkalmazását. A lokális kontrakció esetében háromtengelyű feszültségi állapot jön létre, ezért itt a vége-selem számításokra támaszkodva lehet az ismereteket pontosítani. A diffúz kontrakció tartományában végzett számítások logikai menete erősen leegyszerűsítve az, hogy valamilyen alkalmasan választott folyási feltétel (például Hill'48), valamint az alakváltozások és feszültségek közötti kapcsolatot jellemző anyag-törvény segítségével a mért alakváltozásokból (ϵ_1, ϵ_2) és a tengelyirányú valódi feszültségből (σ_1) meghatározható az egyenértékű alakváltozás (ϵ_e) és az egyenértékű feszültség (σ_e). Az összetartozó ϵ_e - σ_e pontok adják a folyási görbe extrapolációjához a további számított értékeket, melyekre általában keverési szabállyal illesztik a folyási görbét. Az irodalmi ajánlásokkal összhangban a saját vizsgálatokhoz választott Swift közelítés monoton növekvő, nem korlátos függvény, a Voce 3 paraméteres változata viszont korlátos és egy elméleti szilárdsághoz tart aszimptotikusan, ezért a mérési pontok általában a két függvény közé esnek. Így a keverési arányt jellemző súlyozó faktor meghatározásával az extrapolált folyási görbe egyenlet számítható.

A vázolt elvi megoldás konkrét számításaival sok irodalmi forrás foglalkozik. A folyási feltételek ismertetése három kiemelkedő szerző, Marciniak, Hosford és Banabic összefoglaló műveiben található [28-30],

a konkrét alkalmazásokról példaként a [4, 9, 24] publikációk tartalmaznak részleteket. A közelítő számítások abban különböznek egymástól, hogy homogén izotróp vagy anizotróp anyagra vonatkozó folyási feltételeket használnak-e a szerzők. A publikált eredményeket egységes jelölésekkel összefoglalva, a Hill'79, illetve a vele azonos Hosford nem-kvadratikusan folyási feltételből levezetve mutatják be a következő összefüggéseket.

Legyen egytengelyű húzással terhelve egy próbat, melynek tengelyirányú x koordinátája essen egybe a hengerlési iránnyal, a tengelyre merőleges y irány legyen a lemez síkjával párhuzamos és a hengerlési irányra merőleges, a z koordináta pedig mutasson a lemezvastagság irányába. A feszültségek és alakváltozások közötti arányokat jelezzék a következő együtthatók:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}, \quad \beta = \frac{d\varepsilon_y}{d\varepsilon_x}, \quad \kappa = \frac{\sigma_e}{\sigma_x}, \quad \eta = \frac{d\varepsilon_e}{d\varepsilon_x}, \quad (1)$$

ahol az ε nyúlások minden esetben maradós (plasztikus) nyúlást, a σ_e illetve ε_e pedig az egyenértékű feszültséget és nyúlást jelentik. Látható, hogy α és β a kereszt- és hosszirányú jellemzők hányadosai, míg a κ és η az egyenértékű feszültség és nyúlás, valamint a tengelyirányú feszültség és nyúlás arányát fejezik ki.

A Hill'79 folyási feltétel síkbeli feszültségi állapotra a következő formában írható fel:

$$f^a(\sigma_x, \sigma_y) = F\sigma_x^a + G\sigma_y^a + H(\sigma_x - \sigma_y)^a + A(2\sigma_x - \sigma_y)^a + B(2\sigma_y - \sigma_x)^a + C(\sigma_x - \sigma_y)^a. \quad (2a)$$

Feltételezve, hogy a szakítóvizsgálattal meghatározott eredmények közül az ε_x , ε_y és σ_x , valamint az x és y irányú anizotrópia tényezők, r_0 és r_{90} állnak rendelkezésre, az eredeti (2a) egyenletben $A=B=C=0$ (úgynevezett 4. egyszerűsített eset), ekkor az egyenlet a következő alakot ölti:

$$f^a(\sigma_x, \sigma_y) = \frac{1}{1+r_0}\sigma_x^a + \frac{r_0}{r_{90}}\frac{1}{1+r_0}\sigma_y^a + \frac{r_0}{1+r_0}(\sigma_x - \sigma_y)^a. \quad (2b)$$

A (2a) és (2b) képletben az „ a ” feszültség kitevő 2 vagy annál nagyobb páros szám, így a Hill'79 folyási feltétel $a > 2$ esetében megegyezik a Hosford-féle folyási feltétellel. Hosford szerint [29] térfogatos köbös rácsú fémekre $a=6$, lapközepes köbös rácsúakra $a=8$. Amennyiben az $a=2$, akkor a (2b) egyenlet visszavezethető a Hill'48 folyási feltételre. További egyszerűsítések vezethetők be az $r_0=r_{90}=r$ esetre, illetve, ha $r=1$, ebben az esetben az egyenlet a Mises-féle folyási feltétel alakját veszi fel. A folyási feltétel és a folyási görbe közötti kapcsolat az

$$f^a(\sigma_x, \sigma_y) - \sigma_e(\varepsilon) = 0 \quad (3)$$

egyenlettel írható le, ahol $\sigma_e(\varepsilon)$ a hengerlési irányban kivett szakító próbatesten mért valódi feszültség-valódi (logaritmikus) alakváltozás függvény. Ennek egyenletét a maradós alakváltozás kezdetétől, jellemzően a 0,2%-tól az egyenletes nyúlás határáig terjedő mérési pontokra határozzák meg. Az egyes feszültségkomponensek és az alakváltozások közötti kapcsolatot az anyagtörvény (4a) és a feszültségek munkájának egyenlősége (4b) alapján lehet felállítani:

$$d\varepsilon_x = d\varepsilon_e \frac{\partial f^a(\sigma_x, \sigma_y)}{\partial \sigma_x}, \quad d\varepsilon_y = d\varepsilon_e \frac{\partial f^a(\sigma_x, \sigma_y)}{\partial \sigma_y}, \quad (4a)$$

$$\sigma_e d\varepsilon_e = \sigma_x d\varepsilon_x + \sigma_y d\varepsilon_y. \quad (4b)$$

Tehát a (2b) egyenletből kiindulva és képezve a (4a) egyenlet szerinti nyúlás növekményeket ($d\varepsilon_x$, $d\varepsilon_y$), majd azokat behelyettesítve a (4b) egyenletbe, az (1) egyenletekben szereplő hányadosok felírhatók. Ezekből az egyenletekből a (2b) egyenlet szerinti általános esetre, valamint az anizotrópia tényezők és az „ a ” kitevő speciális eseteire az ismert β együtthatóból az α együttható, majd ebből a κ és η meghatározható. Így a diffúz kontrakció tartományába eső pontokra számíthatók az összetartozó σ_e - ε_e értékek. A következő táblázat tartalmazza az egyes feltételekre vonatkozó összefüggéseket.

1. táblázat: Arányossági tényezők számítása

Jel	Feltételek	$\alpha = \sigma_y / \sigma_x$	$\eta = d\varepsilon_e / d\varepsilon_x$	$\kappa = \sigma_e / \sigma_x$
MIS	$a=2; r=1$	$\frac{2\beta+1}{\beta+2}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{1+\beta+\beta^2}$	$\frac{\sqrt{3(1+\beta+\beta^2)}}{\beta+2}$
H48	$a=2; r_0=r_{90}=r$	$\frac{(1+r)\beta+r}{1+r+r\beta}$	(5a)	(5b)
H79a	$a=2; r_0; r_{90}$	$\frac{r_{90}\beta+r_0+r_0\beta}{r_0(1+r_{90}+r_{90}\beta)}$	(6a)	(6b)
H79b	$a; r_0; r_{90}$	(7a)	(7b)	(7c)

Rövidítések: MIS: Mises; H48: Hill'48; H79a és H79b: Hill'79 folyási feltételek.

A táblázatban szereplő képletek kifejtése:

$$\eta = \sqrt{(1+r)/(1+2r)} \left[(1+r)(1+\beta^2) + 2r\beta \right], \quad (5a)$$

$$\kappa = \frac{1+2r}{1+r} \frac{1}{1+r+r\beta} \eta, \quad (5b)$$

$$\eta = (1 + \alpha\beta)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{1 + r_0}{1 + r_0(1 - \alpha)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (6a)$$

$$\kappa = (1 + \alpha\beta)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{1 + r_0(1 - \alpha)}{1 + r_0} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (6b)$$

$$\beta r_{90} + (1 + \beta) r_0 r_{90} (1 - \alpha)^{\alpha-1} - r_0 (\alpha)^{\alpha-1} = 0, \quad (7a)$$

$$\eta = (1 + \alpha\beta)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \left[\frac{1 + r_0}{1 + r_0(1 - \alpha)^{\alpha-1}} \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (7b)$$

$$\kappa = (1 + \alpha\beta)^{\frac{1}{\alpha}} \left[\frac{1 + r_0(1 - \alpha)^{\alpha-1}}{1 + r_0} \right]^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (7c)$$

A táblázatból látható, hogy β ismeretében az α értékek az adott képletekkel számolhatók, kivéve a Hill'79 általános esetét, amikor $\alpha > 2$. Ebben az esetben a (7a) implicit egyenletben szerepel az α , amelyet numerikus módszerrel lehet meghatározni a β , valamint az r_0 és r_{90} ismeretében.

Természetesen elvi lehetőség van az itt bemutatott folyási feltételeken kívül másokat is alkalmazni, például a Yld2000-2d vagy BBC2005 modelleket. Ezek bonyolultsága miatt azonban az előzőekben ismertetettekhez hasonló zárt alakú összefüggéseket már nem lehet felírni.

A diffúz és lokális kontrakció határától a szakadásig a bemutatott összefüggések már nem érvényesek, mert a feszültségi állapot háromtengelyű lesz. Az elvégzett végeselem számítások azt mutatják, hogy a töréshez közeli állapotban a lemez próbatetek keresztmetszetében az alakváltozás erősen inhomogén. Például Bacha számításai szerint [15] az egyenértékű alakváltozás a próbatest tengelyében 0,82, míg a lemez szélén csak 0,52. Hasonlóan erőteljes változást jelez a feszültségállapot mutató, melynek értéke 0,42-től 0,79-ig változik. Wang [9] a szakadás előtt 0,87 tengelyirányú átlag nyúlás mellett 0,421-1,296 közötti nyúlásokat határozott meg végeselem számítással, amely a feszültségben 1,73-szoros különbséget eredményezett a szakadási keresztmetszetben. A közölt eredmények alumínium lemezekre vonatkoztak, a [21] irodalom acéllemezre vonatkozó eredményeket mutat be. A szerzők számítása alapján a feszültségállapot mutató a próbatest közepén 0,6 – ez viszonylag jó egyezés a [9] publikáció eredményével. Az egyenértékű és tengelyirányú feszültség hányadosa, a $\kappa=0,8$ – tehát

a redukált feszültség jóval kisebb, mint a próbatest középpontjában ébredő maximális húzófeszültség. Ezek az eredmények azonban kevésbé használhatók a folyási görbe extrapolációhoz, inkább a törés folyamatának megértéséhez visznek közelebb.

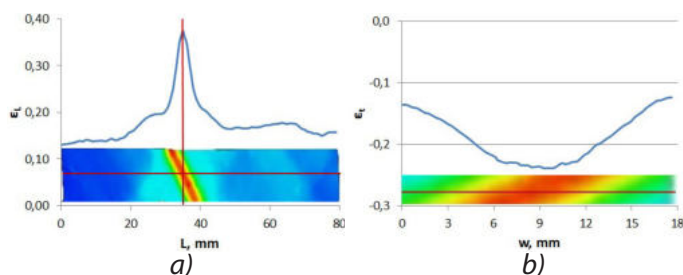
Érdekes kísérleti eredményeket mutat be a [12] publikáció, ahol a DIC technika eredményeit feldolgozó szoftver nyúlásokból számított feszültségei szerepelnek a diagramokon. Az egyenletes nyúlás határától a törésig vizsgált tengelyirányú valódi feszültséget tekintik a folyási feszültségnek, és azt mutatják be, hogy ez jól illeszkedik az egyenletes alakváltozásra illesztett függvényhez. AA5052-O ötvözetből készült lemezen 0,436 logaritmusos nyúlást mértek lokálisan a próbatest középsíkijában, és ehhez a szoftver 275 MPa feszültséget rendelt hozzá nem közölt számítási modell alapján. A szerzők ezt, valamint a közbenső alakváltozás-feszültség értékeket fogadták el a folyási görbe extrapolációjának.

A korábbiakban több utalás volt a diffúz és lokális kontrakció folyamatára, melynek egyik kulcskérdése a két folyamat közötti határ kijelölése. Az erre vonatkozó irodalom több módszert ismertet, ezek összefoglalása és egy lehetséges megoldás a szerzők által publikált [31] irodalomban található.

3. Vizsgálati anyag és módszerek

A kísérleti anyag magnéziummal ötvözött AlMg3 alumínium lemez, melynek járműipari alkalmazása közismerten jelentős a kiemelkedő szilárdsága és korrózióállósága miatt, ugyanakkor az alakíthatósága korlátozott, különösen az egyenletes alakváltozást követő kontrakciós szakaszban. A vizsgálati anyag kereskedelmi minőségű H22 keménységű lemez volt, melynek fő ötvözői: Mg=3,3%; Fe=0,11%; Si=0,05% és Mn=0,33%. A szakítóvizsgálatok Instron 5582 típusú szakítógépen készültek lemez próbatetekken, melyek vizsgálati szakasza 80x20 mm, a lemezvastagság 2,5 mm volt. Az alkalmazott digitális képkorrelációs technika a GOM-ARAMIS® hardver-szoftver rendszer, amely véletlenszerű mintázat alakváltozásának követésével alkalmas a helyi nyúlások meghatározására és a kapott információk szemléltetésére nyúlás térképek, valamint digitalizált adatok formájában. Erre mutat példát az 1. ábra, amely egy szakító próbatest nyúlásainak képét szemlélteti a lokális kontrakció tartományában. Az 1.a ábra a tengelyirányú főnyúlás (ϵ_1) változását mutatja a hossz függvényében, az 1.b ábra pedig a vastagság irányú főnyúlást (ϵ_2) tartalmazza egy keresztirányú metszeten. Ez a nyúlás a vastagsággal

arányos, tehát a metszet a kontrahált keresztmetszet határoló görbáját is szemlélteti. A kísérletek során 15 hosszirányú metszet felvételére került sor a hossz- kereszt- és vastagság irányú nyúlás, valamint a GOM-INSPECT szoftver által számolt egyenértékű nyúlás értékeinek rögzítésével, keresztirányban pedig a kontrakciós zóna középpontjából kiindulva lettek elhelyezve metszővonalak. Ezzel a teljes próbatest nyúlás eloszlására, valamint a kritikusnak tekintett kontrakciós zóna nyúlásaira vonatkozóan minden szükséges információ rendelkezésre állt.

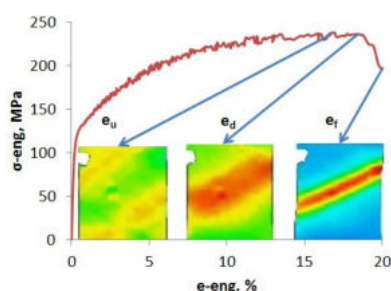


1. ábra: Nyúlás eloszlás példák

a) hosszirányú nyúlás

b) vastagság irányú nyúlás keresztirányú metszeten

A DIC vizsgálati technika kulcseleme a szakítódiagram és a nyúlásképek kölcsönös megfeleltetése, melyeknél a közös paraméter az idő. A 2. ábra a szakítódiagram és a nyúlásképek összehangolását mutatja az egyenletes nyúlás határán mért mérnöki nyúlással (e_u), valamint a diffúz kontrakció határát (e_d) és a törés előtti pillanatot jellemző nyúlásképpel (e_f).



2. ábra: Jellegzetes nyúlásképek és a szakítódiagram kapcsolata

A 3D mérések YXLON CT MODULAR komputertomográfia és GOM ATOS® optikai mérőrendszerrel készültek.

Ahogy az irodalmi áttekintésben látható volt, a diffúz és lokális kontrakció határának kijelölése a képlékenységtani kutatások kulcseleme. A korábbi vizsgálatokból egyértelmű volt, hogy az $\epsilon_d=2n$ szerinti Considère-kritérium a vizsgált alumíniumötvözetekre nem érvényes, mivel ezek az ötvözetek a 16% körüli egyenletes nyúlás után viszonylag

gyorsan kontrahálnak, és 20-22% körül elszakadnak. További elemzések azt mutatták, hogy más irodalmi források szerinti kritériumok is csak korlátozottan alkalmazhatók erre az ötvözet típusra. Saját korábbi megállapításaink azt mutatták, hogy a DIC technikára alapozott vizsgálatok egyértelműen kijelölik a diffúz kontrakció határát [31]. Ezen vizsgálatok megerősítését és továbbfejlesztését is tartalmazza a publikáció.

További kérdés a lokális kontrakcióval kapcsolatban a Ramaekers [27] és további szerzők által megfogalmazott hipotézis, mely szerint a lokális kontrakció fellépését az alakváltozási út erőteljes változása jellemzi, a második főnyúlás a $d\epsilon_2=0$ értéket veszi fel, tehát a lokális kontrakció sík alakváltozási állapotban következik be. A vizsgált nyúlások változása erre a kérdésre is választ adhat.

A harmadik kérdéskör a diffúz és lokális kontrakció során végbemenő geometriai változásokra vonatkozik. A közismert Bridgman-formulákban a befűződés vastagsága (a) és sugara (R) szerepel mért adatként. Ezen egyenletek a lemezekre csak korlátozottan érvényesek, de több szerző alkalmazza az eredeti vagy módosított együtthatókat az első főfeszültség és az egyenértékű feszültség kapcsolat leírására [9]. A mért nyúlások lehetőséget adnak a geometriai jellemzők, elsősorban a görbületi sugarak és minimális vastagságok meghatározására, amelyek lehetővé teszik a közelítő képletek tesztelését. A teljes körű 3D rekonstrukció további előnye az, hogy általa is hitelesíthetők a DIC technikával nyert nyúlásmérések eredményei. Mindezek az eredmények lehetőséget adnak a folyási görbe extrapolációjára a diffúz alakváltozás szakaszában.

4. Vizsgálati eredmények

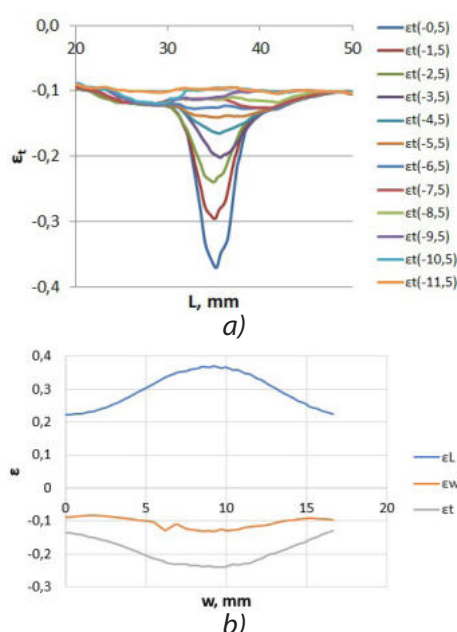
4.1 A diffúz és lokális kontrakció határának elemzése

A GOM-ARAMIS® szoftver által szolgáltatott eredmények grafikus és numerikus formában állnak rendelkezésre. Az eredménylista tartalmazza a nyúlásokat a három főirányban, valamint az egyenértékű nyúlást és az egyenértékű feszültségek színezett eloszlását. A szoftver által szolgáltatott logaritmusos nyúlás értékek megfelelnek az $\epsilon_1+\epsilon_2+\epsilon_3=0$ kritériumnak és a három főnyúlás kiadja az egyenértékű Mises nyúlás értékét, tehát az eredmények reálisnak tekinthetők.

Jellegzetes vastagság irányú nyúlásképet mutat a 3.a ábra a kontrakció kialakulásának folyamatára, a görbék paramétere a törés előtti idő s -ban. A 3.b ábra a törés előtti $-2,5$ s időpillanatban a nyúlások keresztirányú eloszlására közöl egy példát. A görbék jelölése értelemszerűen a hosszirányú (ε_L), keresztirányú (ε_w) és vastagságirányú (ε_t) nyúlás.

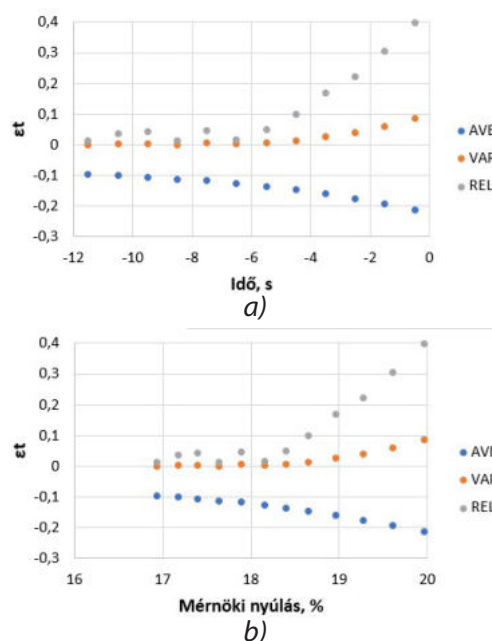
A $-11,5$ s időpont az egyenletes nyúlás határának felel meg, ez 16,58% mérnöki nyúlásnál következik be a vizsgált ötvözetre a hengerlési irányban. A diffúz alakváltozás határának megállapítására számos időtől függő és időtől független megoldást ismertet a szakirodalom, de a továbbiakban a DIC technikára alapozva egy új mérőszám kerül bevezetésre, ez pedig a kontrakciós zóna átlag nyúlásának, szórásának és a kettő hányadosaként képzett relatív szórásának a számításán alapul. A hosszmetseti képekből látható, hogy a szakadás előtti diagramok az $L=35$ mm-nél érik el a maximumukat, tehát a kontrakciós zóna ehhez képest közelítően ± 5 mm hosszban, a 30 és 40 mm-es tartományban jelölhető ki. Ezt a nyúlásképek is alátámasztják, ahogy a 3. ábra mutatja.

A diffúz és lokális kontrakció határának erre a gondolatmenetre alapozott kijelölését a 4. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy a relatív szórás nagyon karakterisztikusan jelzi a diffúz-lokális kontrakció határát, a $-6,5$ s-os időhöz tartozó nyúlás érték (18,15%, balról a 6-ik pont a 4.b. ábrán) még a diffúz alakváltozáshoz sorolható, ezzel szemben a $-5,5$ s-hoz tartozó



3. ábra: Jellegzetes nyúlás eloszlások hossz- és keresztirányban
a) vastagság irányú nyúlás
b) keresztirányú nyúlás ($t=-2,5$ s)

relatív szórás ugrásszerű emelkedést mutat, tehát az ehhez tartozó 18,40% nyúlás már a lokális kontrakció szakaszában van. Eszerint a határérték közelítően a két nyúlás számtani közepének tekinthető, azaz 18,27%, amely $\varepsilon_d=0,168$ logaritmikus nyúlásnak felel meg. A két tartomány elhatárolását jól jellemzi a diffúz és lokális kontrakció pontjaira illesztett két egyenes meredekségének eltérése. Míg a diffúz kontrakció egyenesének meredeksége 0,008, tehát alig nő a nyúlás, ezzel szemben a határ utáni lokális kontrakció egyenesének meredeksége 0,226, ami jelentős különbség. Lényegében a két egyenes metszéspontjának nyúlás koordinátája is jellemzi a töréspontot. A bemutatott számítás igazolja, hogy sem a Considère-kritérium, sem a Ramaekers [27] és több szerző által javasolt $\varepsilon_d=n/(1+\beta)$ képlet nem ad reális eredményt a vizsgált alumíniumötvözetek esetében.



4. ábra: A diffúz kontrakció határának kijelölése a szórások alapján

- a) a vastagság irányú nyúlás jellemzői az idő függvényében
b) a vastagság irányú nyúlás jellemzői a mérnöki nyúlás függvényében

4.2 A három főnyúlás változása a kontrakciós tartományban

Az elméleti megfontolások fejezetben felmerült annak az igénye, hogy a nyúlások időbeli, illetve a mérnöki nyúlás függvényében jelentkező változását célszerű elemezni, különös tekintettel a szélesség irányú második főnyúlás alakulására, illetve a $\beta=\varepsilon_2/\varepsilon_1$ nyúlás arány változására.

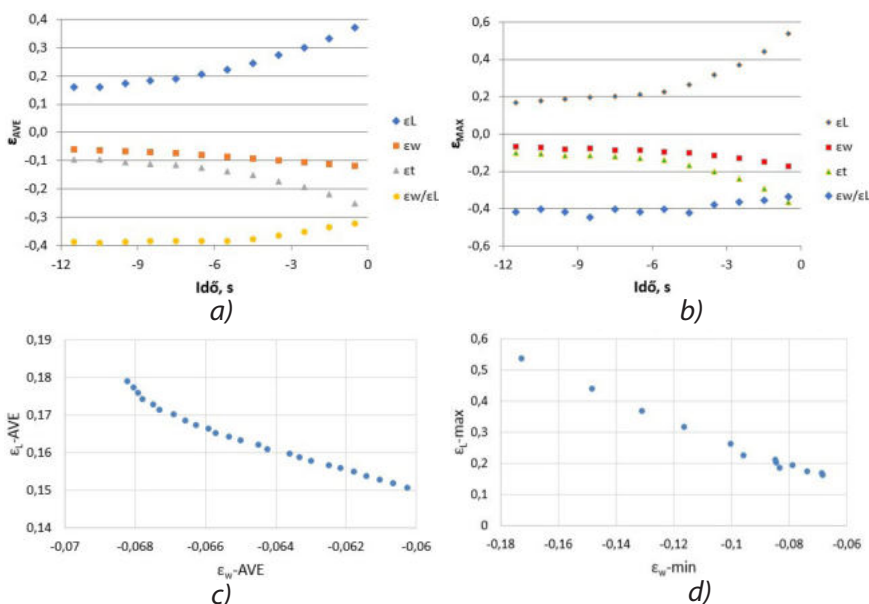
A hosszirányban felvett metszővonalakon mért átlag és maximális nyúlásokat szemlélteti az 5. ábra. Az ábra mindhárom főnyúlást és a $\beta = \varepsilon_w / \varepsilon_L$ nyúlás arányt is mutatja az átlagokra (5.a) és a maximum értékekre (5.b). A diagramokról látható, hogy mindegyik főnyúlás pozitív vagy negatív irányban monoton növekszik a szakadásig. Az $\varepsilon_w / \varepsilon_L$ hányados alakulása jelzi, hogy az egyenletes alakváltozás tartományában a β nyúlás arány nem érheti el az elméleti 0,5-ös értéket, mert ez csak $r=1$ -gyel jellemzett izotróp anyagok esetében lehetséges. Az 5.a ábráról az is látható, hogy a β nyúlás arány a -0,4-ről a töréshez közeledve enyhén növekszik, közelítően -0,32-re, ugyanakkor a diffúz kontrakció szakaszában alig változik. Az 5.b ábra a maximumokra mutatja a három főnyúlást, ezekből is látható, hogy a diffúz kontrakció határáig a pontok sokkal kisebb meredekséggel emelkednek, majd -6 s alatt erőteljesebb változást mutatnak.

Az ábrán bemutatott adatok annak az elméleti megállapításnak az elemzésére is lehetőséget kínálnak, hogy az ε_w második főnyúlás állandósul-e a szakadás bekövetkezéséig, azaz a szakadás síkbeli alakváltozási állapotban megy-e végbe ($d\varepsilon_w = 0$). Az adatokat az $\varepsilon_w - \varepsilon_L$ koordináta-rendszerben ábrázolva megállapítható, hogy az átlag nyúlásokra a feltétel nem igazolható (5.c ábra), és a nyúlás összetartozó szélsőérték pontjai is hasonló lefutást mutatnak, tehát a vizsgált tartományban nem éri el a derivált a zérus értéket (5.d. ábra).

4.3 Geometriai jellemzők meghatározása

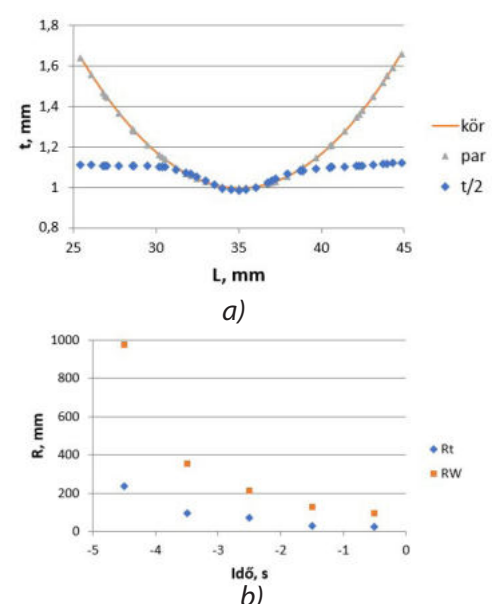
A hossz- és keresztirányú metszeteken mért nyúlások segítségével meghatározhatók a Bridgman-féle korrekciós képletekben szereplő vastagsági méretek és görbületi sugarak szélesség és vastagság irányban egyaránt. Példaként a vastagság irányú görbületi sugár meghatározását mutatja a 6.a ábra, amely a hossz függvényében szemlélteti a lemezvastagságot (a szimmetria miatt fél értékben) és a görbületre illesztett parabolát, valamint annak görbületi körét.

A számítás során a görbülethez tartozó pontokra először másodfokú parabolát illesztve kiszámítható annak görbülete ($g=2a$, ahol $y=ax^2+bx+c$ a parabola egyenlete), majd ennek reciproka adja a görbületi kör sugarát. Az ábrával szemléltethető a közelítés jósága. Az így meghatározott görbületeket elemezve megállapítható, hogy a szélesség irányú nyúlásból számított görbületi sugarak (R_w) a diffúziós kontrakció szakaszában a végtelenhez közelítenek (az oldalak gyakorlatilag egyenesek maradnak), és a lokális kontrakció pontjaiban is csak 100 mm körülire csökkennek a számított sugarak. A hosszirányban mért vastagság irányú méretváltozás (R_t) már érzékelhető változást mutat, de csak a lokális kontrakció szakaszában, ezeket az adatokat szemlélteti a 6.b ábra. Fontos megjegyezni, hogy a görbületi sugarak értékelése a hossz- és keresztirányú metszeteken egyaránt megtörtént, majd a befűződés tengellyel bezárt szögének ismeretében ezekből



5. ábra: A főnyúlások átlagának és maximumának ábrázolása a szakadás előtti időtartományban

a) átlag nyúlás-idő diagram b) maximális nyúlás-idő diagram
c) átlag nyúlások kapcsolata d) maximális nyúlások kapcsolata

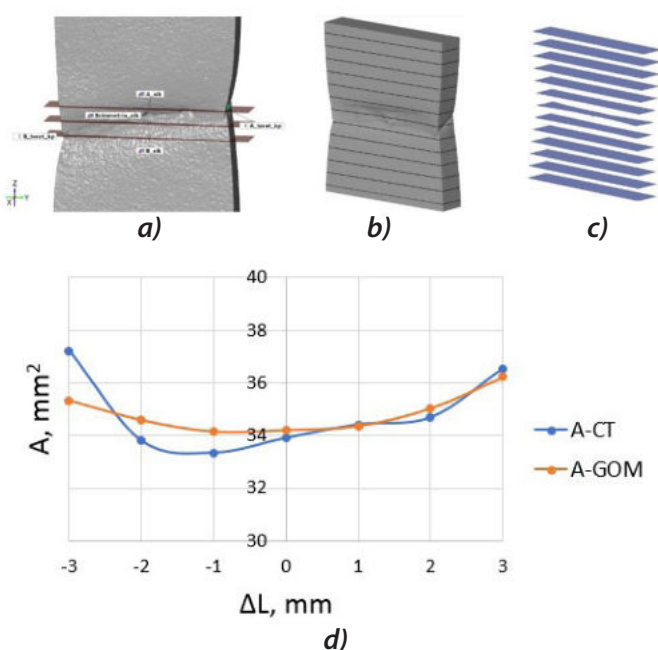


6. ábra: Görbületi sugarak meghatározása

a) a görbületi kör meghatározása
b) a görbületi kör sugarak változása

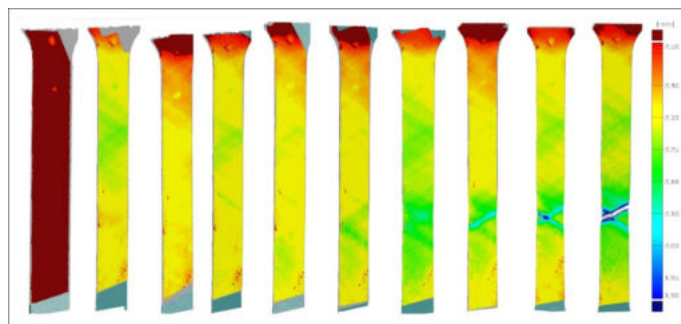
volt számítható a kontrakció által képzett befűződés tengelyére merőleges metszetének sugara. Mivel az intenzív nyírási zóna tengellyel bezárt szöge közelítően 70° , a hosszirányú és merőleges görbületi sugarak között csak minimális eltérés van. A 6. ábra adataiból megállapítható, hogy vastagság irányban 100 mm alatti görbületi sugár csak a szakadás előtti -2,5 s-tól a mért három utolsó képen alakul ki, és az utolsó mérhető görbületi sugár is 25 mm, tehát a számított korrekciós faktorok bármelyik, a Bridgman-formulából levezetett hipotézis szerint is 0,98...0,99 között vannak, az egyenértékű feszültség értékét jelentősen nem módosítanák. Viszont ismert, hogy ebben az alakváltozás tartományban már olyan triaxiális feszültségi állapot van, amely a korrekció érvényességét megkérdőjelezi.

A DIC technikától teljesen eltérő 3D mérésekkel is lehet szemléltetni a próbatesten kialakuló kontrahált alakot. Erre mutat példát a 7. ábra, amely a szakadás után készült CT-felvételt, illetve annak feldolgozását mutatja be. A 7.a ábra a két elszakadt félrészről készült felvétel összeillesztését szemlélteti, a 7.b és 7.c képek pedig a próbatest tengelyére merőleges síkmetszeteket ábrázolják. A 3D modellből a síkmetszetek területe meghatározható volt, ezen értékek összehasonlítását a szakadás előtti -0,5 s-ban felvett DIC kép eredményeivel a 7.d ábra mutatja. Az ábra vízszintes tengelyén a szakadás középpontjától +/- irányokban felvett metszetek távolsága látható. Megállapítható, hogy a kétféle eljárással meghatározott területek a szakadás környezetében elég jól egyeznek.



7. ábra: CT felvétel és a metszetek ábrázolása

A GOM-ATOS® fotogrammetriai eljárással a szakítóvizsgálat közben is lehet 3D felvételeket készíteni. A 8. ábra úgy készült, hogy a kontrakciós szakaszban a szakítógép milliméterenként megállt, elkészült egy 3D felvétel, majd újraindítva a gépet további alakváltozás jött létre. Ezt ismételve a teljes alakváltozási folyamatot rögzíteni lehetett, ahogy az ábra mutatja. Itt a színek a próbatest vastagságának változását szemléltetik.



8. ábra: A próbatest vastagságának változása

A képsor jól mutatja a diffúz és lokális kontrakció kialakulását. A baloldali képtől kiindulva az alakváltozási térkép közel homogén, majd az ötödik képtől kezdődően alakul ki a lokális kontrakció, amely szakadáshoz vezet. Más DIC felvételeken is megfigyelhető, hogy az utolsó előtti képen még két intenzív alakváltozási irány is jelentkezik, sőt ez az utolsó törési képen is felismerhető. Erős koncentrációval a keresztirányú befűződés is észlelhető a szakadás előtti képeken. Ezek a felvételek igazolják, hogy a DIC technikával egyenértékű eredményeket lehet kapni a szakítóvizsgálat folyamatáról a korszerű 3D eljárásokkal.

4.4 Feszültségek számítása az alakváltozásokból

A vizsgált alumínium ötvözetnél az alakváltozás és feszültség közötti kapcsolat meghatározására az 1. táblázatban bemutatott összefüggések használhatók. A vizsgált AA5754 alumínium lemez szakítóvizsgálattal meghatározott jellemzőit a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat: A vizsgált lemez szilárdsági és alakíthatósági tulajdonságai

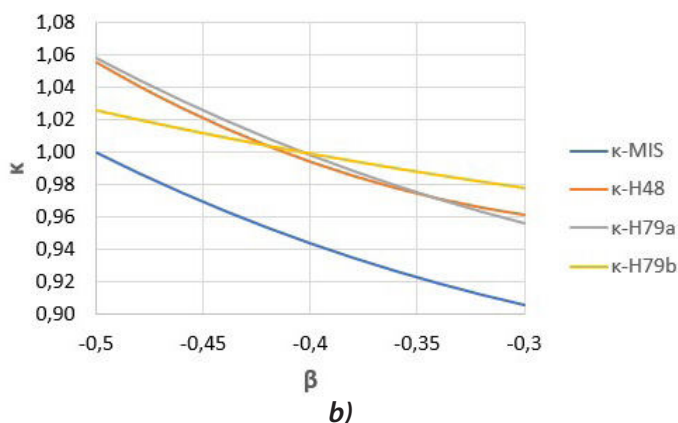
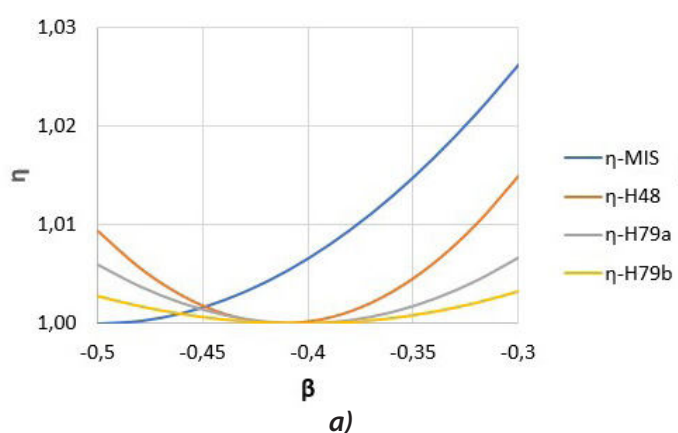
	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_g [%]	A_{80} [%]	n_{4-6}	r_{8-12}
0 fok	122	239	16,58	19,96	0,294	0,675
90 fok	110	222	21,91	22,23	0,275	0,725

A mért képlékenységi anizotrópia értékeket felhasználva az η nyúlás és κ feszültség arány összehasonlítását szemlélteti a 9. ábra. Az ábrából látható, hogy az izotróp anyagra ($r=1$) vonatkozó Mises folyási feltétel görbéi mindkét paraméter esetében jelentősen eltérnek a többitől, ugyanakkor a Hill'48 és a Hill'79a paraméterek elég közel esnek egymáshoz, mivel mindegyik kvadrátikus folyási feltétel. A Hill'79b feltétel szerint számított görbék az előző kettőtől kissé különböznek, az alkalmazott $a=8$ kitevő hatása miatt a β nyúlás arány függvényében kevésbé változnak, mint az előzők, itt az arányértékek csak közelítően felét mutatják a kvadrátikus formulákhoz képest.

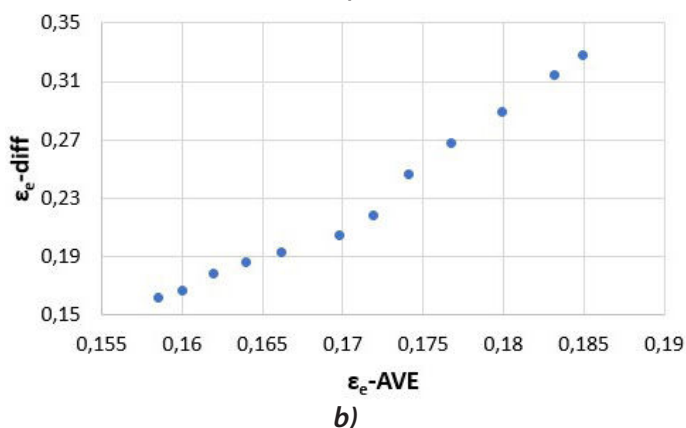
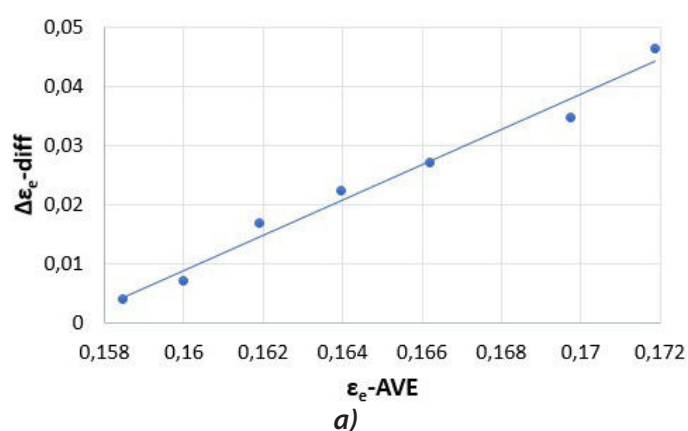
A számításokhoz kiinduló paraméter a $d\epsilon_y/d\epsilon_x$ nyúlás növekmények hányadosa, amely értelemszerűen a mérési eredményekből származó $d\epsilon_w/d\epsilon_L$ hányadossal helyettesíthető. Ezt a két nyúlást a diffúz kontrakció tartományára kell meghatározni. A korábbiakból már ismert, hogy a tartományt az $L=30\ldots 40$ mm között célszerű kijelölni, hogy az oda eső mérési pontok stabil átlagot adjanak. Az ide tartozó hossz- és keresztirányú nyúlások meghatározása további információt adott a diffúz

kontrakció jellegéről, melyet a 10.a ábra szemléltet. Ennek vízszintes tengelyén a próbatest jeltávra eső átlag nyúlása szerepel, a függőleges tengelyen pedig a diffúz kontrakció tartományára meghatározott egyenértékű nyúlásnak és az átlag nyúlásnak a különbsége, tehát a diffúz kontrakciós zónában jelentkező nyúlás növekmény. Látható, hogy a diffúz kontrakció tartományában az átlag nyúlással lineárisan nő a nyúlás különbség, tehát még nem indul meg a lokális kontrakció. A 10.b ábra a teljes kontrakciós tartomány nyulásait mutatja úgy, hogy az átlag nyúlás függvényében a kontrakciós tartomány teljes nyúlása szerepel. A diffúz és lokális kontrakció pontjai itt is jól elkülönülnek, jelezve, hogy lényegében nagyon sok DIC technikával kapott mérőszám lehet alkalmas a két tartomány elhatárolására.

A folyási görbe pontjainak számítása a H79b egyenletek szerint valósult meg, a paraméterek $a=8$; $r_0=0,675$ és $r_{90}=0,725$. Az összefüggésekben a $d\epsilon_w/d\epsilon_L$ főnyúlás növekmények hányadosa szerepel, de az előzetes elemzések során kiderült, hogy ennek szórása jelentős, ezért a [17] irodalom megállapítására is hivatkozva a $\beta=\epsilon_w/\epsilon_L$ hányados figyelembevételével készültek a számítások. A szakítóvizsgálat



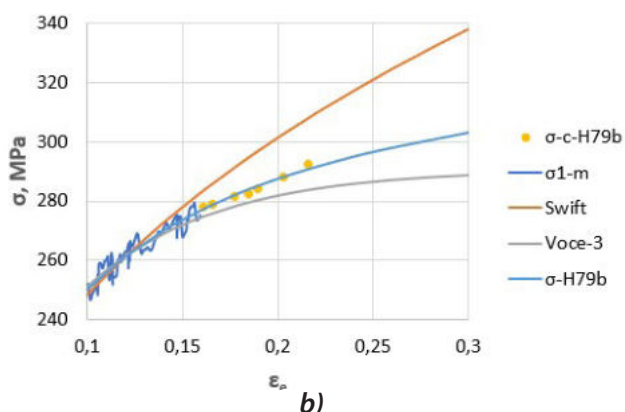
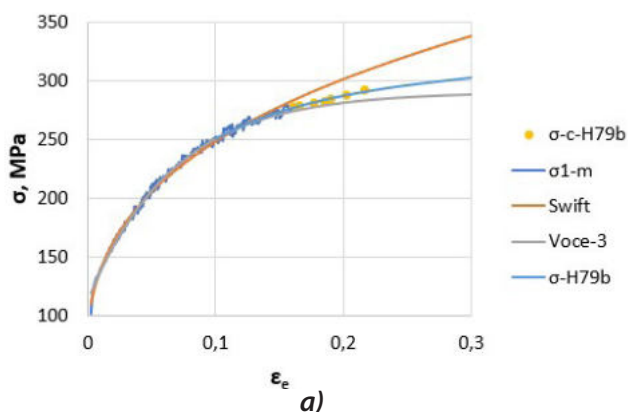
9. ábra: A különböző megközelítésekkel számított arányok összehasonlítása
a) az η alakváltozás paraméter változása
b) a κ feszültség paraméter változása



10. ábra: Az átlag nyúlás kapcsolata a kontrakciós nyúlással
a) a diffúz kontrakció tartománya
b) a teljes kontrakciós tartomány nyulásai

során a GOM-ARAMIS® rendszer az erő és DIC vizsgálat eredményeit együttesen rögzíti, ezért az idő függvényében az eredmények összekapcsolhatók. A diffúz kontrakció szakaszában a valós keresztmetszetet az ε_e egyenértékű alakváltozásból és az 50 mm² kiinduló keresztmetszetből lehet meghatározni az $A=A_0 \cdot \exp(-\varepsilon_e)$ összefüggéssel, az ε_L és ε_e között pedig az η aránytényező teremt kapcsolatot. Mivel az adott időhöz tartozó erő ismert, ebből számítható a tengelyirányú feszültség, amely a κ paraméterrel való szorzás után kiadja az egyenértékű feszültséget.

A 11. ábrán láthatók az egyenletes alakváltozás határáig mért valódi feszültségek (σ_1 -m), a Swift és 3 paraméteres Voce közelítő függvények, valamint a σ -c-H79b jelű, számítással kapott folyásgörbe pontok és a keverési szabály által meghatározott σ -H79b közelítő függvény. A jobb láthatóság érdekében a bal oldali teljes függvény kinagyított részlete látható a jobb oldali diagramon. Ezen a képen jól látszanak a PLC-effektus által okozott feszültség-lengések. A σ -H79b közelítő függvény egyenlete a $\sigma=w \cdot \sigma(\text{Swift})+(1-w) \cdot \sigma(\text{Voce})$ alakú, ahol $w=0,293$ a legkisebb négyzetek minimalizálása alapján meghatározott súlytényező. A folyási görbe egyenletek: $\sigma(\text{Swift})=475,5 \cdot (0,0042+\varepsilon_e) \cdot 0,2872$ illetve $\sigma(\text{Voce})=114,4+176,2 \cdot (1-\exp(-14,95\varepsilon_e))$.

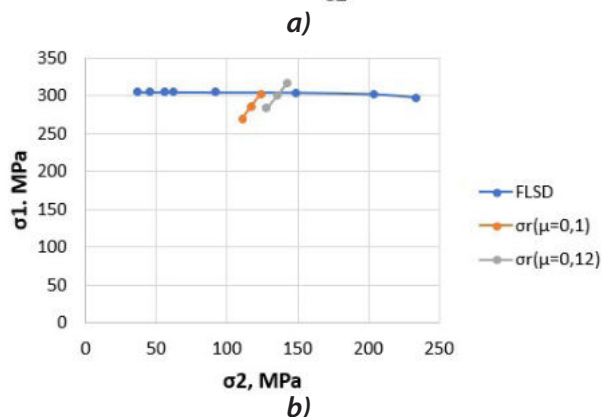
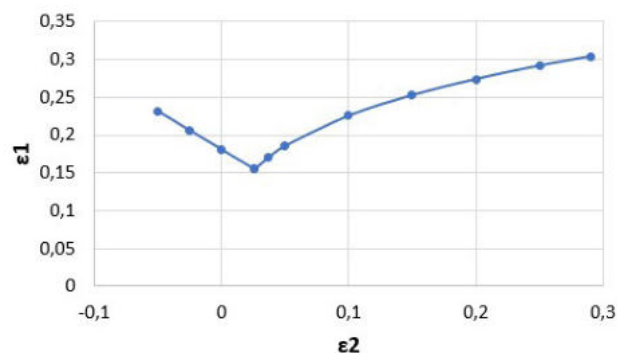


11. ábra: A számított folyási görbe pontok

4.5 Az alakíthatósági határdiagram átszámítása feszültségi határdiagrammá

Az 1. táblázatban és az (5)-(7) egyenletekben bemutatott összefüggések alkalmasak arra is, hogy a méréssel meghatározott alakíthatósági határgörbe (FLD) ε_2 - ε_1 pontjai átszámíthatók legyenek a feszültségi határgörbére (FLSD). Ekkor a mért FLD pontokból kiindulva számítható a β , majd ebből az α , η és κ . A számítás menete annyiban változik, hogy itt az előzőekben meghatározott folyási görbéből az egyenértékű alakváltozás ismeretében az egyenértékű feszültséget kell meghatározni, majd ebből κ felhasználásával a σ_1 -et, végül ennek az α -val való szorzása után σ_2 -t. Az összetartozó σ_2 - σ_1 pontok adják az FLSD pontjait. Az eredeti FLD-t és a Hill'7b összefüggésekkel átszámított FLSD-t a 12. ábra mutatja. A 12.a ábrán látható alakíthatósági határdiagram Nakazima teszttel készült GOM-ARAMIS® DIC-technika alkalmazásával.

Az FLSD egyik előnye az, hogy a technológiai számításokból nyert feszültségek közvetlenül ábrázolhatók a diagramban, ezáltal az alakíthatóság megítélésében ugyanolyan támogatást adnak, mint az FLD. Ezt mutatja a 12.b ábra, ahol csészehúzó vizsgálatból számított pontok is szerepelnek a diagramban. A csészehúzó vizsgálat szabványos bélyegátmérője



12. ábra: FLD és FLSD ábrázolása

a) AA5754 lemez FLD-je

b) FLD-ből származtatott FLSD

33 mm, a bélyeg és matrica lekerekítési sugarai 5-5 mm volt. A vizsgált lemez a 2. táblázatban bemutatott AA5754 alumínium ötvözet, melynek vastagsága 2,5 mm. A mélyhúzáskor fellépő radiális és tangenciális feszültségek számítása a [32] irodalomban található képletekkel történt. Kiinduló adatként a 4.4 pontban meghatározott kevert folyási görbe egyenlete, valamint 49 MPa ráncgátló nyomás szerepelt, mely utóbbi a Siebel-féle képletből lett meghatározva [32]. Az elvégzett csészehúzó vizsgálatok azt mutatták, hogy az 58 mm-es és a 60 mm-es tárcsák még kihúzhatók voltak, a 62 mm átmérőjű 3 tárcsa közül azonban 1 repedt volt, tehát ez már sikertelen kísérletnek tekinthető. A három tárcsa-átmérőből (58, 60, 62 mm) számított feszültségek eredményei a 12.b ábrán láthatók $\mu=0,1$ és $0,12$ súrlódási tényező feltételezésével. Az ábrázolt pontok azt mutatják, hogy $0,1$ -es súrlódási tényezőt feltételezve a 62 mm átmérőjű tárcsában ébredő feszültségek éppen határon vannak, viszont a $\mu=0,12$ -es súrlódási tényezőhöz tartozó feszültségek közül már a 60 mm-es tárcsa feszültségei is kritikusak. Nyilvánvaló, hogy a súrlódási tényezőből adódó bizonytalanság miatt az alakíthatóság megítélése sem teljesen megbízható, de azt jól jelzik az eredmények, hogy az FLSD-ből meghatározott és kísérletileg meghatározott mélyhúzási határok kielégítő egyezést mutatnak.

5. Következtetések

A digitális képkorrelációs technika és a modern háromdimenziós képalkotó technikák számos új információt szolgáltatnak az anyagvizsgálat leggyakrabban használt eljárásáról, a szakítóvizsgálatról. Segítségükkel alátámaszthatók a korábban felfedezett, de az adott technikai feltételek mellett nem kellő mélységig vizsgált jelenségek, mint a PLC effektus vagy a kontrakció folyamata. Különös jelentősége van ezeknek az elemzéseknek az alumínium-magnézium-ötvözetek esetében, melyek alakíthatósága erősen függ az említett folyamatoktól. Az elvégzett vizsgálatok alapján levont főbb következtetések:

- A DIC technikával kimutathatók és számszerűen értékelhetők a próbatestek átlagos és lokális alakváltozásai.
- A diffúz és lokális kontrakció határának megállapítására egy új mérőszám került bevezetésre, amely a kontrakciós zóna átlag nyúlásának, szórásának és a kettő hányadosaként képzett relatív szórásnak a számításán alapul.

A lokális kontrakció megjelenését a relatív szórás ugrásszerű megváltozása jelzi.

- A hossz-, kereszt- és vastagság irányú nyúlás az idő függvényében a szakadáshoz közeledve monoton növekszik és egyes elméleti megfontolásokkal ellentétben az alakváltozás jellege a vizsgált tartományban nem közelít a síkbeli alakváltozási állapothoz. A vizsgált AlMg3 lemezre a kontrakciós tartományban a kereszt- és hosszirányú nyúlások hányadosa $-0,4$ -ról $-0,32$ -re változik.
- A kontrakciós szakaszban DIC technikával meghatározhatók a szélesség és vastagság irányú befűződések kontúrjai. Ezek a diffúz kontrakció tartományában gyakorlatilag egyenesek, jól meghatározható görbületi sugarak a szakadás előtt alakulnak ki, értékük a vizsgált lemezre szakadáskor szélesség irányban 94 mm, vastagság irányban 25 mm.
- A háromdimenziós CT és fotogrammetriai vizsgálatokkal meghatározott minimális keresztmetszetek jól egyeznek a DIC technikával kapott egyenértékű alakváltozásból számított területekkel. Az erő és az aktuális keresztmetszet hányadosaként meghatározható a tengelyirányú feszültség.
- A vizsgált AlMg3 lemezekre jellemző $0,7$ körüli anizotrópia tényezők esetében és $-0,5$ -től $-0,3$ -ig terjedő kereszt/hosszirányú nyúlás arány tartományban a Hill'48 és a négyzetes kitevőjű Hill'79-es folyási feltétel szerint számított egyenértékű feszültség és nyúlás arányok (κ és η) közel azonosak, a nem kvadratikussal, 8-as kitevőjű Hill'79-es folyási feltételből számított együtthatók közelítően fele akkora, mint az előbbiek.
- A Hill'79-es folyási feltétel szerint a diffúz kontrakció tartományára számított folyási görbe pontok az egyenletes nyúlás határáig mért pontokra illesztett Swift-és Voce-függvények között helyezkednek el, a keverési szabályból meghatározott súlytényező közelítően $w=0,3$.
- A bemutatott összefüggések alkalmasak az alakíthatósági határdiagram feszültségi határdiagrammá történő átszámítására. A számítások igazolták, hogy a szabványos csészehúzó vizsgálatból kísérletileg meghatározott mélyhúzási tényező és a feszültségi határdiagramban ábrázolt feszültségek egymással összhangban mutatják az alakíthatóság határát.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a 20523-3/2018/FEKUTSTRAT jelű, Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program – Digitális ipari technológiák kutatása a Széchenyi István Egyetemen című program támogatta.

Irodalom

- [1] M. A. Sutton, J. J. Ortu, H. W. Schreier, & P. Reu: Introduction to digital image correlation: Best practices and applications. *Experimental Techniques*, (2012). 36(1), 3-4. <https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2011.00798.x>
- [2] J. Kang, D.S. Wilkinson, M. Jain, J.D. Embury, A.J. Beaudoin, S. Kim, R. Mishra, A.K. Sachdev: On the sequence of inhomogeneous deformation processes occurring during tensile deformation of strip cast AA5754. *Acta Materialia* 54 (2006) 209-218.
- [3] J. Kang, D. S. Wilkinson, M. Bruhis, M. Jain, Pei Dong Wu, J. D. Embury, R. K. Mishra, A. K. Sachdev: Shear Localization and Damage in AA5754 Aluminum Alloy Sheets. *JMEPEG* (2008) 17:395-401 _ASM International. DOI: 10.1007/s11665-008-9224-6
- [4] S. Y. Yang & W. Tong: A Finite Element Analysis of a Tapered Flat Sheet Tensile Specimen. *Experimental Mechanics* (2009) 49: 317-330.
- [5] S. Coppieters, S. Cooreman, H. Solc, P. Van Houtte, D. Debruyne: Identification of the post-necking hardening behaviour of sheet metal by comparison of the internal and external work in the necking zone. *Journal of Materials Processing Technology* 211 (2011) 545-552.
- [6] N. Tardif, S. Kyriakides: Determination of anisotropy and material hardening for aluminum sheet metal. *International Journal of Solids and Structures* 49 (2012) 3496-3506.
- [7] J.-H. Kim, A. Serpantié, F. Barlat, F. Pierron, M.-G. Lee: Characterization of the post-necking strain hardening behavior using the virtual fields method. *International Journal of Solids and Structures* 50 (2013) 3829-3842.
- [8] S. Coppieters & T. Kuwabara: Identification of Post-Necking Hardening Phenomena in Ductile Sheet Metal. *Experimental Mechanics* 2014. DOI 10.1007/s11340-014-9900-4
- [9] L. Wang, W. Tong: Identification of post-necking strain hardening behavior of thin sheet metals from image-based surface strain data in uniaxial tension tests. *International Journal of Solids and Structures* 75-76 (2015) 12-31.
- [10] K. Zhao, L. Wang, Y. Chang, J. Yan: Identification of post-necking stress-strain curve for sheet metals by inverse method. *Mechanics of Materials* 92 (2016) 107-118.
- [11] P. Knysh, Y. P. Korkolis: Identification of the post-necking hardening response of rate- and temperature-dependent metals *International Journal of Solids and Structures* 115-116 (2017) 149-160.
- [12] V. T. Nguyen, S. J. Kwon, O. H. Kwon, Y. S. Kim: Mechanical Properties Identification of Sheet Metals by 2D-Digital Image Correlation Method. *Procedia Engineering* 184 (2017) 381-389.
- [13] S. Coppieters, J.-H. Kim, K. Denys, S. Cooreman, D. Debruyne: On Complete Solutions for the Problem of Diffuse Necking in Sheet Metal. *Procedia Engineering* 207 (2017) 2012-2017.
- [14] P. Hora, B. Berisha, M. Gorji, N. Manopulo: A generalized approach for the prediction of necking and rupture phenomena in the sheet metal forming. Conference Paper January 2012: <https://www.researchgate.net/publication/269709664>.
- [15] A. Bacha, D. Daniel, H. Klocker: On the determination of true stress triaxiality in sheet metal. *Journal of Materials Processing Technology* 184 (2007) 272-287.
- [16] Z. L. Zhang, M. Hauge, J. Odegard, C. Thaulow: Determining material true stress-strain curve from tensile specimens with rectangular cross-section. *International Journal of Solids and Structures* 36 (1999) 3497-3516.
- [17] Y. Wang, S. H. Xu, S. B. Ren, H. Wang: An Experimental-Numerical Combined Method to Determine the True Constitutive Relation of Tensile Specimens after Necking. *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2016, Article ID 6015752
- [18] M. Murata, Y. Yoshida, T. Nishiwaki: Stress correction method for flow stress identification by tensile test using notched round bar. *Journal of Materials Processing Tech.* 251 (2018) 65-72.
- [19] H. C. Hyun, M. Kim, S. Bang, H. Lee: On acquiring true stress-strain curves for sheet specimens using tensile test and FE analysis based on a local necking criterion. *J. Mater. Res.*, Vol. 29, No. 5, Mar 14, 2014
- [20] M. B. Gorji, N. Manopulo, P. Hora, F. Barlat: Numerical investigation of the post-necking behavior of aluminum sheets in the presence of geometrical and material inhomogeneities. *International Journal of Solids and Structures* 102-103 (2016) 56-65.
- [21] Chong Li, Daxin E., Ning Yi: Analysis on fracture initiation and fracture angle in ductile sheet metal under uniaxial tension by experiments and finite element simulations. *J. Mater. Res.* Vol. 31, No. 24, Dec 28, 2016.
- [22] M. Rossi, A. Lattanzi, F. Barlat.: A general linear method to evaluate the hardening behaviour of metals at large strain with full-field measurements. *Wiley Strain* 2017. DOI: 10.1111/str.12265
- [23] S. Marth, H.A. Häggblad, M. Oldenburg, R. Östlund: Post necking characterisation for sheet metal materials using full field measurement. *Journal of Materials Processing Technology* 238 (2016) 315-324.

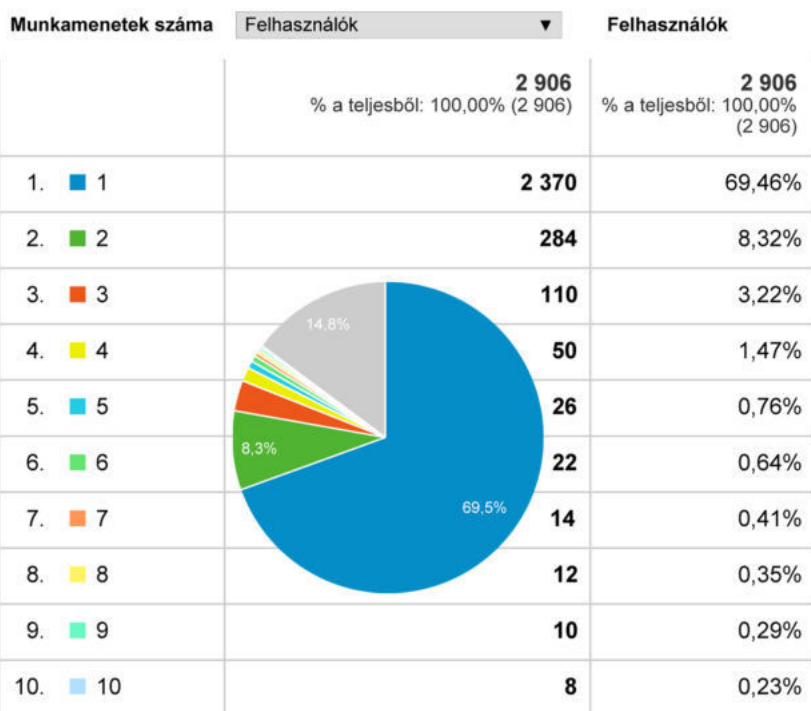
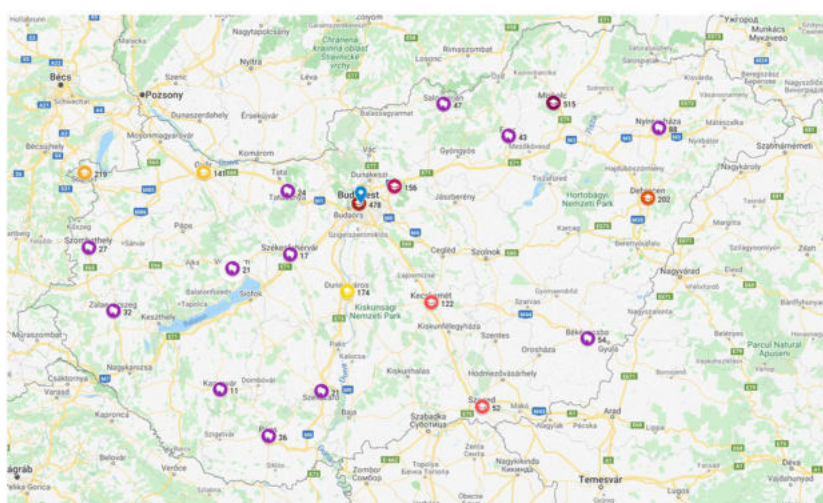
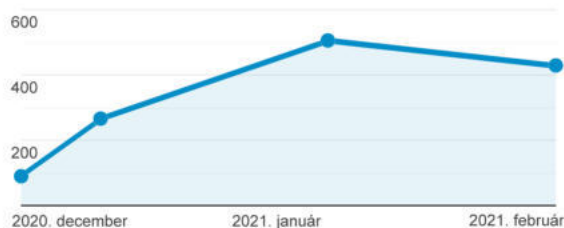
- [24] K. Wang, J. E. Carsley, L. Zhang, T. B. Stoughton, J. Li, B. E. Carlson: Forming limits of an age hardenable aluminum sheet after pre-straining and annealing. *International Journal of Mechanical Sciences* 82 (2014) 13-24.
- [25] P. Larour, J. Freudenthaler, T. Weissböck: Reduction of cross section area at fracture in tensile test: measurement and applications for flat sheet steels. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 896 (2017) 012073 doi:10.1088/1742-6596/896/1/012073
- [26] T. Stoughton, J. Min, J. E. Carsley: Application of DIC techniques to detect onset of necking and fracture in uniaxial and bulge tests. 2017 *J. Phys.: Conf. Ser.* 896 012108
- [27] J. A. H. Ramaekers: A criterion for local necking. *Journal of Materials Processing Technology* 103 (2000) 165-171.
- [28] Z. Marciniak, J. L. Duncan, S. J. Hu: *Mechanics of Sheet Metal Forming*. Butterworth-Heinemann 2002
- [29] D. Banabic: *Sheet Metal Forming Processes*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010
- [30] W. F. Hosford, R. M. Caddell: *Metal Forming Mechanics and Metallurgy*. Cambridge University Press 2011
- [31] Szalai Sz.; Harangozó D.; Cziné I.: Characterisation of Diffuse and Local Necking of Aluminium Alloy Sheets Using DIC Technique. *ACTA TECHNICA JAURINENSIS* 12:3 pp. 191-204., 14 p. (2019)
- [32] E. Doege, B.-A. Behrens: *Handbuch Umformtechnik*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.

Anyagvizsgálók lapja - látogatottság

A legutóbbi megjelenés, 2020. november 20-a óta az anyagvizsgaloklapja.hu oldal látogatottsága érdekes tendenciát mutat.

Továbbra is jól megfigyelhető, hogy a hazai látogatók java része a tudáscentrumokból, azaz műszaki felsőoktatással rendelkező városokból érkezik. Az áttekinthetőség kedvéért a látogatottsági adatok földrajzi megoszlását mutató térképen a fővárost, megyeszékhelyeket, illetve azon városokat tűntük fel, melyek ebben a tekintetben meghatározóak. A budapesti látogatottsági adatok mellett kerültek feltüntetésre a be nem azonosítható földrajzi lokációval rendelkező böngészők. A munkamenetek számából egyértelműen következtethetünk arra, hogy főleg a lap letöltése miatt érkeznek a látogatók, hiszen 70%-uk más tevékenységet nem végez. Ezért a lap megérett arra, hogy on-line rovatokkal és tartalommal bővüljön.

● Felhasználók





ATMOS SZERVIZ

ATMOS kazánok műszaki támogatása



ATMOS Szerviz Magyarország

- országos lefedettség

- javítás, karbantartás, beüzemelés
- gyári alkatrészek raktárkészletről

Telefon: +36 70 9456-008

E-mail cím: szerviz.atmos@gmail.com

www.atmos-szerviz.hu

Gyulai József (1933-2021)

A földi lét megszakadása, az elmúlás mindig nehezen feldolgozható, de mindnyájunknak szembe kell nézni ezzel a megmásíthatatlan pillanattal. Fiatal korunkban még a szakma „nagy öregjeként” tekintünk a távozókra és meghatódva, a példaképre gondolva, egy-egy közös élmény pillanatait felidézve próbáljuk tudomásul venni a természet alapigazságát. Életünk múlásával azonban eljön az az időszak is, amikor már generációnk tagjai lépnek a végtelenség egyirányú ösvényére. Eszünkkel ezt is tudomásul vesszük, de érzelmeink felkavarodnak. E zűrzavar annál erősebb, minél több közös esemény, pillanat részesei lehettünk. Nehezen csillapodó hullámokat indított el bennem is Kispéter József professzor – aki fiatal korában évtizedet egy szobában töltött Gyulai Józseffel a „Budó Intézetben” – telefonhívása Szegedről 2021. február 14.-én a kora délután. A reggeli órákban még azt terveztem, hogy küldök egy érdeklődő e-mailt a „szegedieknek”, közeledik a József-nap. Mindketten ott koptatták az egyetem padjait, és olyan szerencsés voltam, hogy életüket részleteiben is megismerhettem^{1,2}. Most éjjel a nekrológot írva szinte lebénulva ülök a képernyő előtt. Hogyan is lehet megemlékezni egy – mind emberileg, mind szakmailag – kiváló emberről? Aki ismerte Gyulai Józsefet, az embert, a barátot, a tanárt, az akadémikust, aki előadásait vagy a hivatkozott könyv zenei anyagát hallgatta, aki – ... és itt nehezen tudnám lezárni a felsorolást – biztosan egyetért a „kiváló ember” részeiben kifejtethetetlen minősítéssel.



Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy érzelmeimet visszaszorítva csupán a tényeket soroljam Gyulai József életével kapcsolatban, mintegy extrakcióját adva eseménydús életének.

Hódmezővásárhelyen született 1933. augusztus 21-én, ahol az Elemi Népiskolában, majd a Református/Állami Bethlen Gábor Gimnáziumban folytatta tanulmányait (1939-1951) és az utóbbiban érettségizett. A zenéhez kötődő vonzalmamár középiskolás korában is teret követelt, így 1948-51 között a Szegedi Zenekonzervatórium (SZZ) növendéke lett, a zeneszerzés

főiskolai szakon. Az érettségit követően felvételt nyert a Liszt Ferenc Zeneakadémiára és a Szegedi Tudományi Egyetem Természettudományi Karára (TTK). Végül marad a TTK és a SZZ hallgatója. Tudományos tevékenysége már egyetemista korában elkezdődött és töretlenül haladt tovább. Az indulásban munkahelyi vezetőjének, Budó Ágostonnak (1914-1969) ösztönző szerepe egész életére meghatározó. A fokozatszerzés 1960-ban indult egyetemi doktori disszertációval, majd a fizikai tudományok kandidátusa (1971), doktora (1979), MTA levezető tagsági székfoglaló (1990) és az MTA rendes tagsági székfoglalóval 1996-ban fejeződik be. Érdekességnek tűnhet, hogy a József Attila Tudományegyetem, Természettudományi Kar 1. sorszámú PhD fokozatának tulajdonosa is Gyulai József lett, aki ezt a kandidátusi fokozatának „honosítása” kapcsán 1996-ban kapta meg.

Munkahelyeit tekintve abban a gimnáziumban kezdett, ahol érettségizett, majd az egyetemén folytatta, de félállásban megbízást vállalt a Műszaki Fizikai Kutatóintézetben. Közben Budó Ágoston elévülhetetlen támogatásával elindult azon a

¹ Gyulai József, *Ifjan-Éretten-Éltesen – 80 kérdés-válasz közel nyolc évtizedről*, beszélgetőtárs: Tóth László, Miskolc-Budapest, 2012, ISBN 978-963-08-4355-3 <http://mek.oszk.hu/11600/11676/11676.pdf> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)

² Kispéter József, *Ifjan-Éretten-Éltesen – 80 kérdés-válasz közel nyolc évtizedről*, beszélgetőtárs: Tóth László, Miskolc, 2014, ISBN 978-963-08-9580-4, <https://mek.oszk.hu/16400/16442/16442.pdf> (Letöltés dátuma: 2021.02.15.)

pályán, ami tevékenységét a világ élvonalába emelte. Ennek első lépése a Leningrádba kapott ösztöndíj volt. Mentora segítségével 1969-ben szeptemberében kezdődik a később rendszeres amerikai tartózkodás a California Institute of Technology (CalTech)-ben. A vendéglátónak, Jim Mayernek – és természetesen Gyulai József tevékenységének köszönhetően – az 1974-80 periódusban ez évente 2-3 hónapos pasadeniai tartózkodásra bővül a munkatársai számára is. A közös munka eredményei nem csupán Gyulai Józsefet emelte nemzetközileg elismertté, hanem hazánk is felkerült az „ionimplantációs technológiát sikeresen megvalósítók színpadára”. Ezt követi a Cornell Egyetemen másfél éves ösztöndíja 1983-84 években. Ide még visszatért 1986-ban 2 hónapra, de rövid franciaországi tartózkodásokat követően Erlangen lett kutatásainak, meghívásainak centruma, ahol 1988-2003 között évente 2-4 hónapot töltött az egyetemen vagy a Fraunhofer Intézetben.

A szegedi 15 év munkát követően – Budó Ágoston halála után – 1970. december 15-én családjával Budapestre költözve élete, szakmai tevékenysége meghatározó módon három intézményhez kötődött. Ezek a Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI), Budapesti Műszaki Egyetem és Bay Zoltán Intézet, noha ezek mindegyikében a strukturális átalakulások különböző „lánykori” nevei is megtalálhatók. Pál Lénárd – a KFKI akkori igazgatója – lett pályafutásának további mentora. Igaz, a találkozás véletlenszerű volt, de az egymásra találás az ionimplantációs technológia meghonosodását, a félvezetők alkalmazásának megkezdését eredményezte. Beosztásai a tudományos munkatárs, tanszékvezető, igazgatón át a KFKI Igazgató Tanácsának elnöke határok között változott. Széleskörű szakmai szemlélete és elismertsége eklatáns módon nyomom következő azzal (is), hogy beosztásai elé írhatja az „alapító” kifejezést. Ezek egyike a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet, amelynek „alapító igazgatója” volt 1993-1995 között. Később e nonprofit K+F struktúra kuratóriumának tagja is volt.

A néhány mondattal bemutatott és jellemzett életút következménye a szinte felsorolhatatlan tagság, szerep a legkülönbözőbb hazai és nemzetközi szakmai és civil szervezetekben. Az elismertséget pedig érzékeltessék a következők: MTA Műszaki Tudományok Osztály osztályelnöke (2004-2011), Eötvös Loránd Fizikai Társulat tiszteletbeli elnöke (2003-tól), a Kármán Tódor Díjbizottság tagja

2006-tól, a Novofer Gábor Dénes Díj kuratóriumának elnöke. A nemzetközi ismertségét és elismertségét konferencia-elnökségek, megtszitelteések nehezen csokorba szedhető felsorolásaival lehetne csak érzékeltetni, hozzátevé mindig azt a megjegyzést, hogy „nem teljes”. A nagy nyilvánosság előtt folytatott tevékenységének elismerései sem maradtak el. Szakmai téren az Akadémiai Díj, Széchenyi Díj, Eötvös Loránd Fizika Társulat Érme, „Dontor Honoris Causa” a Miskolci és a Pannon Egyetemen. A közéleti tevékenységét a Magyar Érdemrend középkeresztje a csillaggal, a Széchenyi Társaság Díja, a Prima Díj („tudomány” kategóriában) érzékeltetheti.

Nemzetközi konferenciákon betöltött szerepe, meghívásai, plenáris előadásai, elnökségi tagságai felsorolhatatlanok. Ezek száma végtelenbe konvergál.

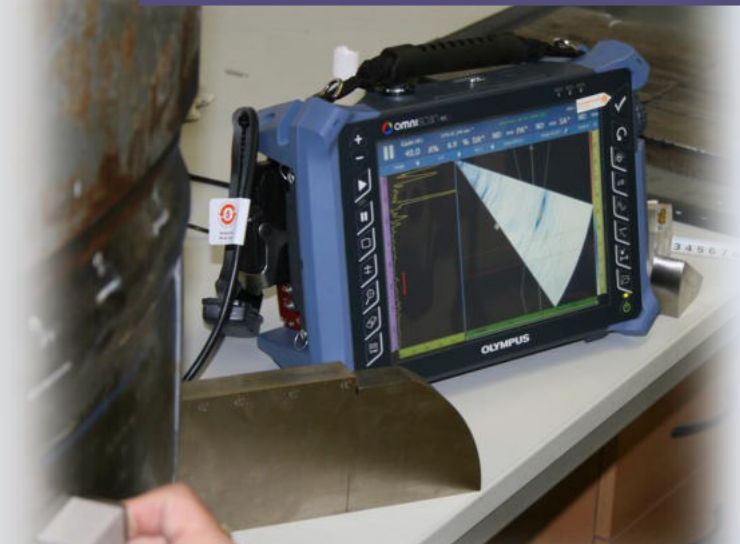
Gyulai Józsefnek a szakmai életben betöltött „beton szilárdságú” szerepét, egyéniségét nagymértékben színesíti, hogy már 15 éves korában kortársaival színdarabot ad elő – többek között a szintén Hódmezővásárhelyen születettekkel, Antal Imrével (1935-2008) és Gombos Katalinnal (1929-2012), verseket ír, 1956. november 4-én „Gyászindulót” komponál, a Fészek klubban szerepel, a Mindentudás Egyetemének előadója, a Művészasztal vendége, életével kapcsolatban számos média közkedvelt meghívottja.

A sikerekben rendkívül gazdag életmű további bővülésének szigorú határa, a 2021. február 12. lett. Gyulai József ekkor lépett át a végtelenség mezsgyéjére. Nehéz szívvel és szomorúan búcsúznak Tőle mindazok, akik ismerték, becsülték, szerették, akik akár egy pillanatra is észrevehették szája szögletében jellegzetes baráti mosolyát és szemének fényét. Kedves Jóska, mi – akik még maradunk egy ideig ezen az oldalon – tudjuk, hogy igen eredményesen, hatékonyan és mindnyájunk javára fordítottad azt a 31.952 napot, amelynek kezdetén környezeted (az általad sokszor emlegetett módon) „Rózsikának és nem Józsikának” becézett. Emlékedet nem csupán mi őrizzük, hanem szülőhelyeden, Hódmezővásárhelyen 2014. február 1-jén alapított „Gyulai József Természettudományos Műhely” és annak mindenkori tagjai is.

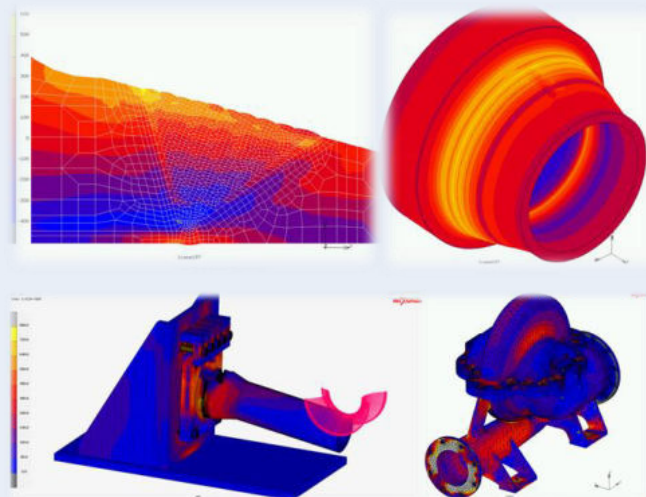
Nyugodj Békében!

Tóth László

Mechanikai Anyagvizsgáló Laboratórium



Roncsolásmentes Vizsgáló Laboratórium



Szerkezetintegritás és Gyártástechnológia Osztály



KAPCSOLAT

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

H-3519 Miskolc, Iglói út 2.

Tel.: +36 46 560 110

Honlap: <http://www.bayzoltan.hu/>

E-mail: bay-eng@bayzoltan.hu

Péter Attila (1940-2021)

Fájdalommal köszöntött be az idei esztendő. Január 15-én, életének 81. évében eltávozott körünkből Péter Attila, egyike a legkiválóbb villamosmérnököknek, akiket személyesen ismertem. Életútja technikatörténeti szempontból is tanulságos, áttekintésével végig követhető az elektronika fejlődése a 20. század második felében.

Jeles egyetemi diplomájával 1963-ban az Elektromos Mérőkészülékek Gyárában (EMG) helyezkedett el, ahol fejlesztőmérnök, majd a fejlesztéssel foglalkozó csoport vezetője volt. Az EMG akkor még elektroncsöves készülékeket gyártott, ezek fejlesztésével, és a sorozatgyártás ellenőrzésével foglalkozott. 1968-ban a Finommechanikai és Elektronikai Szövetkezet (FOK-GYEM) fejlesztési részlegének vezetője lett. Itt már az elektronikus készülékek új generációjának, a tranzistoros berendezéseknek fejlesztési feladatai várták. Ezek orvosi és univerzális labor eszközök voltak. 1972-ben a KFKI Atomenergia Kutató Intézethez került, ahol véglegesen, életre szólóan elkötelezte magát az elektronikai eszközök fejlesztése mellett. Ebben az időben az elektronikai eszközök harmadik generációját, az integrált áramköröket is betervezte és beépítette. Az intézetben töltött 33 év alatt foglalkozott sztochasztikus jelek mérésével, amelynek eredményeit licenc szerződés alapján volt munkahelye, az EMG hasznosította. Részt vett űrtechnikai eszközök fejlesztésében is. Legnagyobb hatású munkája azonban kétséget kizáróan az akusztikus emisszió módszerének és eszközeinek fejlesztése volt, kezdetben elsősorban a Paksi Atomerőmű integritás vizsgálatára.



Később a módszert széles körűen bevezették Magyarországon is a roncsolásmentes anyag- és szerkezetvizsgálat, a műszaki és biztonságtechnikai diagnosztika legkülönbözőbb területeire.

Életem egyik nagy szerencséjének tartom, hogy az akusztikus emissziós technológia hazai fejlesztésében együtt dolgozhattam Péter Attilával. Ő és csapata a készülékfejlesztésen és a jelek feldolgozásán, a források lokalizálásán dolgozott, én pedig csapatommal az eredmények interpretálásával foglalkoztam. Ehhez különböző tartályszerkezetekbe hibákat preparáltunk, és törésme-

chanikai analízist végeztünk. A KFKI-VASKUT közös munka eredményeit számos hazai és nemzetközi folyóiratban és rendezvényen ismertettük. A vizsgálatok és utazások során emberileg is közel kerülünk egymáshoz. Bár a nyugdíjas éveinkben eltávolodtunk, mindig hiányoztak okos szavai.

Több mint egy évtizeden át volt meghívott előadó a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által szervezett tanfolyamokon. Többször részesült KFKI Jánossy Lajos-díjban; 10 szabadalom birtokosaként elnyerte az MTA Kiváló Feltaláló Ezüst- és Aranyfokozatát. Közel 70 publikációnak volt szerzője vagy társszerzője.

Eljött a búcsú ideje. Búcsúzik feleséged Éva, akivel 50 éves házasságotok során kölcsönösen szerettek és becsültétek egymást. Búcsúznak rokonaid, barátaid, munkatársaid. Isten legyen veled! Adjon megnyugvást szeretteidnek, neked pedig sok új, szép feladatot az örökkévalóságban.

Fehérvári Attila



Üzemalkalmassági eljárások támogatása

A Volvid Zrt. vállalja gépészeti kivitelezési, karbantartási projektek minőségellenőrzési, projektirányítási folyamatainak menedzselését, továbbá a projektekhez tartozó műszaki tanácsadást, anyagvizsgálati, hegesztéstechnológiai, minőségbiztosítási témakörökben.

Vállaljuk 8/2018.(VIII.17.) ITM, 216/2019. (IX.5.) Kormányrendeleteknek megfelelő, az MSZ EN 3834-2; 3, MSZ EN 1090-1, 2 szabványok szerint, valamint PED alapján a felkészítési és tanúsítási eljárásban történő közreműködést és annak teljes lefolytatását.

További információ:

Gerőcs Péter
+36-20-479-6353
info@volvid.hu



Volvid Zrt.

Anyagvizsgálatok - Minőségellenőrzés

Elérhetőségeink

Simon Szabolcs vezérigazgató +36-20-394-4800

Gerőcs Péter műszaki vezető +36-20-479-6353

e-mail: info@volvid.hu

Székhely: 2443 Százhalombatta, Olajmunkás utca 2., 1-es telep 11. épület

Telephely: 3527 Miskolc, Besenyői út 8. (a Zsigmond Vilmos utca 30. felől)

Laboratórium: 3700 Kazincbarcika, BorsodChem, 2-es gyár - öltöző épület

Laboratórium: 3580 Tiszaújváros, Vegyészek útja 8.

Fióktelep: D-38122 Braunschweig, Frankfurter Str. 288.

Telephely: A-2100 Korneuburg, Schubertstraße 3.

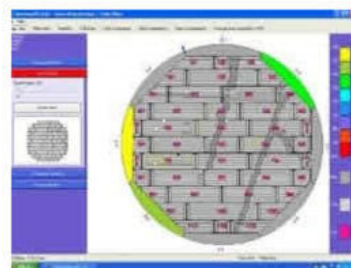
www.volvid.hu



Álló, hengeres tároló tartályok ellenőrzése

Atmoszferikus álló hengeres tároló tartályok időszakos állapotfelmérése üzemidő hosszabbításhoz,

- palást és tetőlemez külső, belső felület vizuális ellenőrzése drón alkalmazásával,
- fenéklemez falvastagságmérés mágneses fluxus vagy örvényáramos eljárással,
- palást és tetőlemez falvastagságmérése automatikus ultrahangos letapogatással.



Új és használt tartályok ellenőrzése

Szemrevételezéses, mágnesezhető poros, folyadék-behatolásos, tömörségi (vákuum, túlnyomásos-He), ultrahangos, radiográfiai vizsgálatokkal és falvastagságméréssel. Tartályok méretének feltérképezése, deformációk ellenőrzése 3-D szkenneléssel.



Hatósági felügyelet alá tartozó tartályok engedélyeztetése a vizsgálati eredmények alapján.

További információ: Kuruczné Prescher Viktória +36-20-403-5353

Volvid Zrt.

Anyagvizsgálatok - Minőségellenőrzés

Elérhetőségeink

Simon Szabolcs vezérigazgató +36-20-394-4800

Geröcs Péter műszaki vezető +36-20-479-6353

e-mail: info@volvid.hu

Székhely: 2443 Százhalombatta, Olajmunkás utca 2., 1-es telep 11. épület

Telephely: 3527 Miskolc, Besenyői út 8. (a Zsigmond Vilmos utca 30. felől)

Laboratórium: 3700 Kazincbarcika, BorsodChem, 2-es gyár - öltöző épület

Laboratórium: 3580 Tiszaújváros, Vegyészek útja 8.

Fióktelep: D-38122 Braunschweig, Frankfurter Str. 288.

Telephely: A-2100 Korneuburg, Schubertstraße 3.

www.volvid.hu