



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

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

Fókuszban az oktatás



A lap kiemelt partnere a
Dunaújvárosi Egyetem



DUNAÚJVÁROSI EGYETEM
UNIVERSITY OF DUNAÚJVÁROS

AZ ALKALMAZOTT
TUDOMÁNYOK EGYETEME
www.uniduna.hu

MAE elnökök portréi:
Zorkóczy Samu



Beszélgetés Tóth Lászlóval



Bemutatjuk a Fémipari
Kutató Intézet
történetét

"Az anyag nem más, mint olyan természetes rendszerbe foglalt kvantumpontok szabályos halmaza, amelyek zárt mozgásukkal teret vesznek körbe, és e mikroöregyeket a világegyetem egészét alkotó kvantumok sokaságának a nyomása kényszeríti saját mikroterük köré."

Andó István

Szakmai
cikkek



Országos
Anyagtudományi Konferencia



Trampus Péter az Academia NDT
International élén



MAB
emlékérem

Fórum:
Mi az anyag?



TUDOMÁNYOS



HÉT | 2021

Hallgató neve: Koroknai László

Hallgató szakja: 2. évf. Gépészmérnök MSC

Konzulense: Zahola Tamás, mesteroktató;

Dr. Pór Gábor, főiskolai tanár

Előadás címe: Vízszintező asztal tervezése és kivitelezése pásztázó ultrahang vizsgálati berendezéssel

Hallgató neve: Fábián Patrik

Hallgató szakja: 2. évf. Mérnök informatikus BSC

Konzulense: Dr. Pór Gábor

főiskolai tanár

Előadás címe: Sík átlagoló kalkulátor készítése fizikai ultrahang mérésével

Laboratóriumunkban roncsolásmentes anyagvizsgálatokkal foglalkozunk, tehát a szilárd termékeket, alkatrészeket vagy akár komplett rendszereket vizsgálunk beavatkozás mentesen, akár működésük közben is. Az anyagok belső szerkezetének vizsgálatát Műszaki tudományi szekció 8 Tudományos Diákköri Konferencia a Dunaújvárosi Egyetemen 2021. november 10. Dunaújvárosi Egyetem University of Dunaújváros-ra egyik legalkalmasabb módszer az ultrahangos vizsgálat, amelyhez a már nem hallható, tehát ultrahang tartományban lévő hangnyalábokkal világítjuk át a vizsgálandó testet. A kézi ultrahang vizsgálatoknak az automatizált pásztázás módszerét fejlesztjük, amellyel stabilabb mozgást tudunk végezni egyenletes haladás mellett, ebből adódóan sokkal jobb megismételhetőbb méréseket tudunk végezni. Az ultrahang vizsgálatkor legtöbbször használt szondatípus a merőleges. Ezzel a fejjel történő méréskor a legnagyobb veszélyforrást jelenti, ha a fej és a vizsgálati darab felülete nem merőleges egymásra. Ezen probléma megoldására terveztünk egy vízszintező asztalt, ami az apró eltéréseket kompenzálja, hogy a kívánt merőlegességet elérjük.

LabVIEW környezetben Laboratóriumunkban roncsolás-mentes anyagvizsgálatokat végzünk, melyekkel szilárd termékeket, alkatrészeket tudunk vizsgálni az anyag károsítása nélkül. A legjelentősebb vizsgálatunk az ultrahang, amit végezhetünk kézi (manuális) módszerrel vagy automatizált pásztázó módszerrel. A pásztázó módszer stabilabb mozgást biztosít egyenletes haladás mellett mérés során. A laborunkban található pásztázó mechanizmus rendszerével, illetve a LabVIEW programozás segítségével egy sík átlagoló kalkulátort készítünk. Ezzel a kalkulátorral az ultrahanggal mért pontok alapján egy síkot hozunk létre, mellyel meghatározhatjuk, hogy az adott sík milyen pozícióban van a mérő szondához képest.



DUNAÚJVÁROSI EGYETEM
UNIVERSITY OF DUNAÚJVÁROS



Mélyen tisztelt Olvasóim!

Vegyes érzésekkel ültem le megírni beköszöntő gondolataimat. Gondolom mindenki azonnal feltette „miért?” kérdést. Nagyon nem szeretem az ismétléseket semmiben, mert hittel vallom, hogy az ember addig él igazán, amíg nem „panel-szerűen” éli az életét környezetében. Ha elmúlik a kreativitás, visszaszűllyedünk a mindennapok szürke és többnyire szürke tengerébe. E „visszaszűllyedés a COVID-19 világába” jelenti számomra a megpróbáltatást. Sajnos itt a 4. hullám, amely újra tombol és kis hazánk emberi vesztesége immáron 0,37 % fölött van Magyarország lakosságára nézve. Nem csupán az emberiség vesztesége nagy, hanem a tudományba vetett „hit fája is veszített merevségéből”. Időnként olyan megnyilvánulásokat is olvasni lehet, amelyek még a középkorban is megrökönyödést okozhattak volna. Az ostobaságok pedig fénysebességgel terjedhetnek a világhálón a legkülönbözőbb nyelveken, amelyekről a kiváló fordítóprogramok mindig az egyén által ismertre fordítják azt. Mily nagy is az emberi butaság és annak terjedési lehetősége közötti kontraszt!!

No, de maradjunk szakmánknál. Az általam sokszor használt „kockázat” kifejezés az élet minden területén meghatározó jelentőséggel bír. Így van ez a szakmai találkozók, konferenciák területén is. A COVID-19 pandémiára az emberiség a virtuális világ feltöltésével reagált. Kétségtelenül nyüzsgővé tette e teret. Igaz ez csupán egy kényszer-szülte reakció volt. A konferenciák igazi emberi – és szakmai – tartalmát azok a személyes beszélgetések adják, amelyeket egymás szemébe nézve, egy pohár ital (nem szükségszerűen alkohol tartalmú!) mellett folytatunk. Egy-egy szakmai téma kapcsán pedig „körbejárjuk” mindazon ismerőseinket, akiktől hasznos tapasztalatokat, információkat gyűjthetünk. Mindezek alapján mondhatjuk azt, hogy „feltöltődve jöttem haza”.

Szakmai területünkön két ilyen „kockázatos forrás” vonzotta a közösséget. Az egyik a XIII. Országos Anyagtudományi Konferencia (2021. október 10-12., Balatonkenese, <https://2021.oatk.hu>), a másik a 41. Balatoni Ankét (2021. november 18-20., Siófok, <https://gteportal.eu/esemenyek/41-balatoni-anket/>). Mindkét rendezvényre, mint kuriózumra csapott le a személyes kapcsolatokra kiéhezett szakembergárda! Az elhangzottak értékelésére, méltatására nincs lehetőség a lapszám nagyon is korlátozott bevezetőjében. Azt azonban mindenképpen meg kell említeni, hogy az OATK megnyitóján nagyon is emberi húrokat érintő megemlékezést hallhattunk azon szakemberekről, akik a XII.-XIII. rendezvény közötti időszakban léptek rá a végtelenség útjára. Ugyanezen gondolatokat erősíti a Gyulai József emlékét megőrizni kívánó, jövőbeli díj alapításra tett kezdeményezés is. Hazánk legnagyobb ipari balesetének (1969. január 2.) 10 éves évfordulója alkalmából Csopakon indított (siófoki) rendezvény nem csupán a résztvevők számát döntötte meg, hanem immáron a 4. szakember vehette át a „Nyomástartó Rendszerek Biztonságáért” díjat, amelyhez járó pénzjutalom a „Károly Róbert által veretett 3 aranyforint” értékű. Új sorozatban kívánjuk megőrizni a következő generációnak az anyagvizsgálattal (is) foglalkozó kutatóintézetek, laboratóriumok történetét. E lapszámban a FÉMKUT-tal kezdünk.

Tóth László
felelős szerkesztő

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség
(MAROVISZ) kiadványa,

az ország vezető szaklapja.
Alapítva: 1991-ben.

Országos, iparágakat átfogó, szakmai folyóirat a minőségért
és biztonságunkért.

Kiadó:

Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség
cím: 1191 Budapest, Üllői út 206., B. ép. II. lh.
tel.: +36 1 / 278 0632;
fax: +36 1 / 278 0633;
e-mail: marovisz@marovisz.hu

Szerkesztőség:

felelős szerkesztő: Dr. Tóth László
tel.: +36 30 932 2690
e-mail: info@anyagvizsgaloklapja.hu
avilap.szerk@gmail.com

Szerkesztőbizottsági tagok:

Dr. Tóth László (felelős szerkesztő)
Dr. Trampus Péter (felelős kiadó)
Berki Gábor (főszerkesztő)
Erdei Réka (digitális szerkesztő)

Hazai szerkesztőbizottsági tagok:

Dr. Divós Ferenc
Kecskés Péter
Lutor Attila
Dr. Mankovits Tamás
Skopál István
Szűcs Pál
Zsoldos Zsuzsanna

Nemzetközi szerkesztőbizottsági tagok:

Dr. Bitay Enikő (Románia)
Dr. Dobi György (Szerbia)
Dr. Dusza János (Szlovákia)
Dr. Kristián Máthás (Cseh Köztársaság)
Dr. Major Zoltán (Ausztria)

Az elektronikus folyóirat szerver háttérét biztosítja:

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

Az Anyagvizsgálók Lapja honlapja:

www.anyagvizsgaloklapja.hu



TARTALOMJEGYZÉK

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK – NON-DESTRUCTIVE TESTING

- HORVÁTH Richárd, RÉGER Mihály, GÁTI József, OLÁH Ferenc** 6
Nyomáson öntött alumínium alkatrész folytonossági hibáinak jellemzése
Characterisation of continuity defects in die-cast aluminium parts

MECHANKIAI VIZSGÁLATOK - MECHANICAL TESTING

- KAZUP Ágota, BUBONYI Tamás, FILEP Ádám, GÁCSI Zoltán** 12
Komputertomográfia alkalmazása a gyakorlatban
Application of computed tomography in practice

ANYAG, ANYAGSZERKEZET – MATERIAL, MATERIAL STRUCTURE

- SPISÁK Bernadett, SZÁVAI Szabolcs, GÁL Alexandra** 18
Feszültségkorróziós repedés vizsgálata egyedi próbatesttel
Investigation of stress corrosion cracking with unique specimen geometry

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS, ÉLETTARTAM GAZDÁLKODÁS – RELIABILITY ASSESSMENT, LIFE CYCLE MANAGEMENT

- DUDRA Judit, ERDEI Réka, TÓTH László** 24
Mindennapi törésmechanika – Mire készítsük fel a szerkezetek felülvizsgálatát végző szakembereket?
Everyday Fracture Mechanics – What is the hot point in preparation of NDT specialists?
- SPISÁK Bernadett, SZÁVAI Szabolcs** 29
Determination The Effect Of Operational Loads On Residual Stresses In Dissimilar Metal Welds By Numerical Simulation
Heterogén hegesztett kötésben az üzemi terhelések maradó feszültségre gyakorolt hatásának a meghatározása numerikus szimuláció segítségével

PORTRÉ – PORTRAIT

- SKOPÁL István** 34
Beszélgetés Tóth Lászlóval
Interview with László Tóth
- TÓTH László, ERDEI Réka** 40
A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) elnökeinek portréja - Zorkóczy Samu (1930-34)
Presidents of the Hungarian Association for Material Testing - Samu Zorkóczy (1930-34)
- TÓTH László** 43
MAB EMLÉKÉREM, 2021, Dudás Illés professzor †
MAB-Medal 2021, Prof. Illés Dudás

HÍREK – NEWS

- TÓTH László** 46
MAB - BOKIK együttműködés újabb tárgyi bizonyítéka
The new document about the co-operation of the MAB and the BOKIK
- TÓTH László** 47
Új elnök a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémia élén: Trampus Péter
Peter Trampus is the new president of the Academia NDT International
- VERŐ Balázs** 49
Visszatekintés negyedszázad távlatából
A look back from a perspective of a quarter century
- TÓTH László** 52
Az Országos Anagtudományi Konferencia-sorozat néhai résztvevőinek emlékére
In commemoration of the late participants of the OAKT conference series

FÓRUM – FORUM

- ANDÓ István** 53
Mi az anyag?
What is the material?

BEMUTATJUK... - INTRODUCING...

Csanády Andrásné Dr. BODOKY Ágnes

61

A Fémipari Kutató Intézet (FKI) 70 éves jubileuma (1951-2021) – Anyagtudományi töredékek (1971-1997)

70th anniversary (1951-2021) of the Research Institute of Nonferrous Metals; Fragments of materials science (1971-1997)

TÓTH László

75

A "Felelős szerkesztő" megjegyzései

Comments of the Editor-in Chief

NEKROLÓG - OBITUARY

TRAMPUS Péter

76

Farkas Béla (1941-2021) †

Béla Farkas (1941-2021)

LUKÁCS Zsolt

77

Tisza Miklós (1949-2021) †

Miklós Tisza (1949-2021)

ÚJ ÉV - ÚJ HONLAP - ÚJ KINÉZET

2022-től a honlap és a Lap is új köntöst kap



Átalakul a honlap struktúrája, új funkciókkal bővül:

- **Kereshető adatbázis**

(Kereshetünk szerzőre, címre, kulcsszavakra, absztraktra)

(Szűrhetjük a keresést évre, a régebbi cikkek bescannelve, szintén kereshető adatbázissal)

- **Folyamatosan frissülő hírek**- **Kibővített információk a lapszámokról és a cikkekről**

(Kiegészítettük régebbi cikkeinket is rövid összefoglalóval, kulcsszavakkal)

(A cikkek külön-külön, a teljes lap is letölthető)

- **Online bíráló bevezetése**

Megújul a Lap kinézete

- **Új logó, új címlap**- **Nyomtatva is megjelenünk**

Elérhetőek vagyunk Facebookon és LinkedIn-en

Nemzetközivé válunk

- **Szerkesztőbizottságunk nemzetközi magyar anyanyelvű tagokkal bővül**- **Angol nyelvű cikkeket is befogadunk**

Nyomásosan öntött alumínium alkatrész folytonossági hibáinak jellemzése

Characterisation of continuity defects in die-cast aluminium parts

Horváth Richárd^a, Réger Mihály^b, Gáti József^c, Oláh Ferenc^d

^{a,b,c,d} Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

^a egyetemi docens, horvath.richard@uni-obuda.hu; ^b egyetemi tanár, reger.mihaly@uni-obuda.hu;

^c c. egyetemi docens, gati@uni-obuda.hu; ^d intézeti mérnök, olah.ferenc@uni-obuda.hu

Kulcsszavak

szívódási üreg,
szívódási üreg modellezése,
nyomásosan öntött alumínium
alkatrész,
CT vizsgálat,
porozitási térkép

Keywords

shrinkage cavity,
modeling of cavity formation,
aluminum die-casting part,
CT method,
porosity map

Absztrakt

A jelen dolgozatban egy nyomásos öntéssel, gáztömörégi eljárással készült alumínium alkatrész komputeromográfus és roncsolásos vizsgálati eredményeit hasonlítjuk össze, illetve elemezzük a porozitási térkép pontosítása érdekében. A kétféle eljárással feltárt folytonossági hiányok feltérképezése lehetőséget ad egyrészt a megmunkált felületre, illetve annak közvetlen közelébe eső folytonossági hibák számának, alakjának és eloszlásának becslésére, másrészt a folytonossági hibák roncsolásmentesen és szekvenciális finomforgácsolással feltárt jellemzőinek összehasonlítására. A vizsgálatok során – az adott öntvény CT vizsgálatának eredményeire építve – egy kiválasztott térfogatrészben az öntvény szekvenciális finomsztergálásával roncsolásos hibafeltárást is végeztünk. A forgácsolási paraméterek megválasztásának alapvető szempontja az volt, hogy a megmunkálási felületen a lehető legkisebb képlekeny alakváltozás (kenődés) jöjjön létre, azaz a porozitás egyértelműen azonosítható legyen. Az ily módon létrehozott felületeken vizsgáltuk a porozitások pozícióját, alakját és egyéb jellemzőit. A kutatás a kétféle hibafeltárási módszer alkalmazásából adódó eredményeket és eltéréseket is elemzi.

Abstract

The results of computed tomography and destructive examination of a gas-tight aluminum die-casting part were compared and analyzed in order to refine the porosity map of the casting. The mapping of the defects revealed by this two methods makes it possible to estimate the number, shape and distribution of discontinuities and to compare the characteristics of defects detected by non-destructive and destructive ways. On the bases of the CT examination results, destructive defect detection was performed by sequential fine turning in a selected volume of the casting. The basic aspect of cutting parameters' selection was that the smallest possible plastic deformation (smearing) should occur on the machined surface, ie. the porosity should be clearly identifiable. The position, shape and other characteristics of the porosities were examined on the surfaces revealed in this way. The study also analyzes the differences between the results of defect detection methods.

1. Bevezetés

A nyomásos alumíniumöntvény öntvények minőségének egyik legfontosabb jellemzője az öntvény porozitásának mértéke, mely sűrűségméréssel és számítással általában kielégítő pontossággal meghatározható. Fokozott minőségi, pl. gáztömörégi igény esetén nem elegendő a porozitás összmenyiségének ismerete, mivel a porózus részek öntvényen belüli eloszlásának is jelentősége van. Az öntvény külső, gyorsan dermedő felülete, megfelelő nyomásos öntési technológia alkalmazása mellett általában porozitásmentes, de az öntvény belsejében többféle okból és változatos eloszlásban porózus anyagrészek jöhetnek létre, melyek egy része az utólagos forgácsolási művelet során és a készre munkáláskor a felszínre kerülhetnek. Az egyedi porozitási hibák elhelyezkedése roncsolásmentes módon komputeromográfus (CT) vizsgálattal állapítható meg.

A főként autóipari, de más területeken is alkalmazott alumínium-szilícium nyomásos öntvény kompresszorok alkatrészeinél a gáztömörség biztosítása az egyik legfontosabb minőségi követelmény. A magas szintű gáztömörség elérése az ilyen ötvözeteknél azért okozhat nehézséget, mert:

- a dermedést mintegy 7 %-os fajtérfogató változás (zsugorodás) kíséri,
- az öntési műveletben az olvadátfelület oxidációja részlegesen megtörténhet, az így bekerülő alumínium-oxid folytonossági hibákat okozhat,
- az olvadékból dermedés közben oldott gázok (elsősorban hidrogén) szabadulhatnak fel.

Az öntvények felületi, illetve felületre kifutó porozitásai tömítésére többféle eljárást alkalmaznak, melyek közül egyik meghatározó a vákuum impregnációs technológia.

Az üzemi tapasztalatok szerint a gondosan elkészített minőségi öntvények impregnálását követően is fellelhető szivárgás, melynek okai a következőkre vezethetők vissza:

- az impregnálás szempontjából kritikus méretű, és/vagy kritikus alakú átmenő üregrendszer (természetes és/vagy mesterséges) van jelen az öntvény falában,
- az öntvényfalban lévő, a felületre kifutó oxidhártya közvetítésével alakul ki a gázszivárgás.

A gáztömörség biztosítása érdekében alkalmazott speciális nyomásos öntési technológiák alkalmazása esetén is (pl. HPDC, vacuum assisted HPDC, olvadék védelem és szűrés stb.) az öntvény kb. 0,5-3 % mennyiségben, bonyolult alakú, kis keresztmetszetű és térfogatú üregrendszereket tartalmazhat [1]. A gáztömörség fokozható az olvadékmínőség javításával, megfelelő, tömör dermedést eredményező kristályosodási körülmények biztosításával és a nyitott pórusok, üregek utólagos tömítésével, pl. vákuum impregnálással. Az öntvény megmunkálása során az üregrendszer alakja nem változik, de bizonyos elemek – az utólagos megmunkálási műveletek során – a felszínre kerülhetnek, vagyis a nyitott üregek aránya növekedhet. Ennek megfelelően az impregnálást az öntvény készre munkálását követően célszerű beiktatni, annak érdekében, hogy a megmunkálás során a felszínre került folytonossági hiányok is lezárhatóvá váljanak.

A vákuum impregnálás elsősorban a megfelelően kicsi jellemző pórusmérettel bíró üregek esetében hatásos technológia. A szinterelt fémötvözeteken végzett laboratóriumi impregnálási kísérletek szerint 100 mikronos átmérő alatt jellemzően minden pórus telítődik, 100 és 500 mikron között a pórusok mintegy harmada viszont nem záródik be. A kísérletek alapján 500 mikron pórusméret felett lényegében hatástalannak mutatkozott az impregnálás a szinterezéssel készült minták gáztömörségének biztosítására [2].

A jelenség alapvető oka, hogy a pórusok eltömítése kicsi viszkozitású töltőanyagot (műgyantát) igényel annak érdekében, hogy az a kisméretű pórusokba be tudjon szívárogni. A nagyobb keresztmetszetű nyitott üregekből a töltőanyag részben, vagy egészben a kikeményítés előtt el tud távozni. Nagyobb viszkozitású töltőanyag a készre munkált felületek szennyeződése miatt nem alkalmazható. Nyomásos öntéssel készített alumínium alkatrészek esetében a szívárgás általában nem egy póruson, hanem a porozitási üregek összekapcsolódásából kialakuló szívárgási útvonalon keresztül történhet. Ilyen szempontból a kulcskérdés nem az, hogy milyen méretű pórus szüntethető meg az impregnálással, hanem hogy sikerül-e a szívárgási nyomvonalakat maradéktalanul lezárni.

A vonatkozó szakirodalomban számos utalás, de igen kevés közvetlen bizonyíték található az oxidhártya gáztömörséget befolyásoló szerepének mechanizmusára. Oxidhártya az olvadt alumíniumötvözet levegővel érintkező részén alakul ki, vastagsága alapvetően az oxigéntartalmú atmoszférával való érintkezési időtől függ. A kísérletek szerint az olvadék felszínén az oxidréteg már tizedmásodpercek alatt is létrejön, vastagsága ilyenkor a nanométeres tartományba esik. Az oxidhártya eltávolítására kerámiaszűrőket alkalmaznak közvetlenül a fémolvadék formába lövése előtt, de a formatöltés során is újra létrejöhet a hártya. A vékony oxidhártya alakja az áramlás során megváltozik, önmagára fordul, és ún. bifilm réteget alkothat. A dupla oxidhártya középvonalában a korábban a levegővel érintkező felületek tapadnak össze, vagyis jellemzően nincs olvadékfázis a hártya két rétege között. Az összetapadt, gyakran többszörösen összetapadt bifilm geometriája, elhelyezkedése és végső alakja az áramlási és dermedési viszonyoktól, valamint az olvadék gáztartalmától és gázoldó képességétől függ. Ha elegendően kicsi a fémötvözet gáztartalma, akkor is az oxidhártya belseje potenciális szívárgási útvonal lehet, mivel az oxidhártya valamilyen mértékben gázáteresztő tulajdonságú [3, 4].

Az öntvényben kialakult folytonossági hiányok mind a gáztömörségét, mind a mechanikai tulajdonságokat rontják. A nagy ciklusú kifáradási kísérletek bizonyították, hogy a pórusméret és annak közelsége a felülethez jelentősen befolyásolja az ismétlődő igénybevétel által generált repedés kialakulást [5]. A zsugorodási hibák méretének csökkentése növeli az alkatrész kifáradási határát [6]. A szívódási üreg és anyagfolytonossági hiány kialakulásának, pontos helyének és alakjának előrejelzése sok bizonytalansággal terhelt. Így a folytonossági hiányok méret és eloszlási jellemzőinek megismerése,

vagyis a porozitási térkép fontos információkat szolgáltat a gyártástervezés folyamatában. A szívódási üregek azonosítása komputertomográfus vizsgálatral történhet, de a pórusok részletes feltárására, geometriai jellemzőik meghatározására metallográfiai vizsgálatokat is célszerű végezni [7].

2. Anyagok és módszerek

2.1 Vizsgált alkatrész ismertetése

Az ipari felhasználásban a nyomásos alumínium öntvények előállítására mind az eutektikus, mind a hipereutektikus ötvözetek elterjedtek. Az eutektikus ötvözet kiválóan önthető, a hipereutektikus ötvözetek pedig jó szilárdsági tulajdonságaikkal és nagyobb kifáradási határaikkal tűnnek ki. A vizsgálatokat egy tömeggyártásban készült, közel tengelyszimmetrikus, eutektikus összetételű Al-Si nyomásosan öntött alkatrészen végeztük, melynek összetett geometriáját az 1. ábra mutatja.

2.2 Roncsolásmentes vizsgálatok eszközei

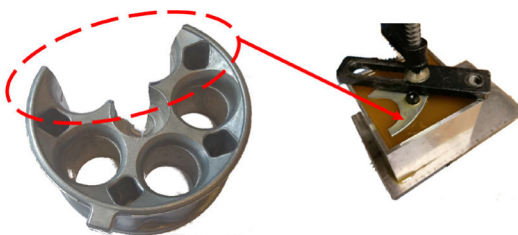
A roncsolásmentes vizsgálatok ZEISS Metrotom 1500 típusú komputertomográfus (CT) berendezéssel készültek, melyben egy 3K-s detektor három dimenziós, nagy felbontású adatállományt generálva teszi lehetővé a kisméretű anyaghibák kimutatását.

2.3 Roncsolásos szekvenciális finomesztergálás eszközei

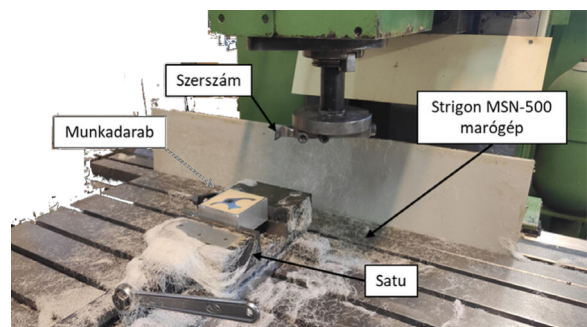
A forgácsolási kísérletek céljára a vizsgált alkatrészből az 1. ábrán látható mintát munkáltuk ki. A szekvenciális finomesztergálási művelet elvégzéséhez a kimetszett darabot műgyantába ágyaztuk, így annak megfelelő pozicionálása mind forgácsoláskor, mind a forgácsolt felületi jellemzők digitális rögzítése során biztosítható volt.

A forgácsolási kísérletek során egyéltű szerelt kivitelű szerszámot alkalmaztunk. A jó minőségű felület elérése érdekében a mérések során D alakú gyémánt élű lapkát használtunk (DPGW 11T304FST). A szerszámszár (ütőkés) átmérője 180 mm. A forgácsolási kísérletek elrendezését a 2. ábra ismerteti. A forgácsolási paraméterek az alábbiak voltak:

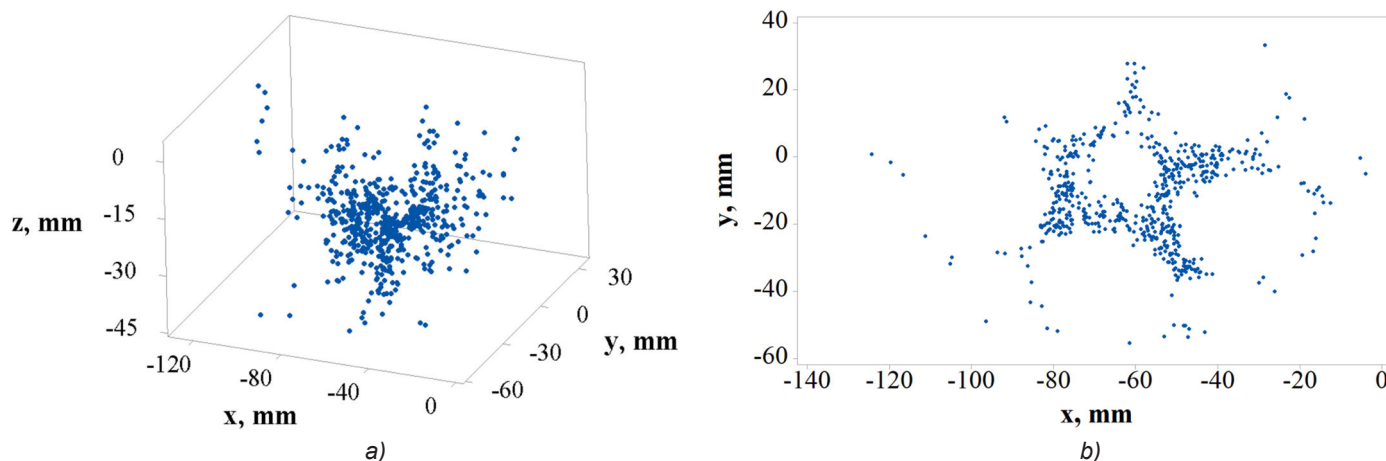
- fordulatszám, $n = 1400$ 1/min;
- előtoló sebesség, $v_f = 30$ mm/min;
- fogásmélység $a_p = 0,05$ mm (szeletek távolsága).



1. ábra: Vizsgált alkatrész, valamint a szekvenciális forgácsolással történő szívódási üreg feltárásához beöntött kivágott alkatrész



2. ábra: Szekvenciális forgácsolási vizsgálatok elrendezése



3. ábra: Roncsolásmentes vizsgálattal feltárt szívóssági üregek a munkadarabban
a) porozítások elhelyezkedése a vizsgált munkadarabban,
b) porozítások eloszlása az x-y sík vetületén

Minden egyes forgácsolási lépésben a feltárt felületről (szeletelési síkról), nagyfelbontású felvételt készítettünk (3600 dpi), melyen megfelelő nagyításban láthatóvá válnak a szívódási üregek kontúrjai az aktuális x-y síkban.

3. Eredmények

3.1 Roncsolásmentes vizsgálatok átfogó eredményei

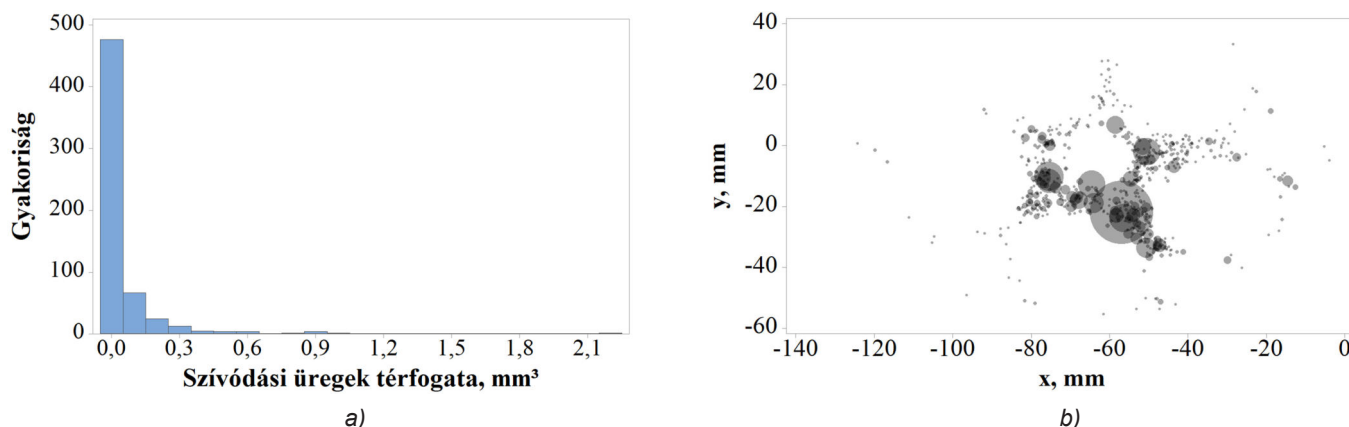
A CT vizsgálat 595 darab folytonossági hibát azonosított, melyek elhelyezkedését az alkatrészben a 3. a) ábra szemlélteti. Látható, hogy a hibák a darab centrumában nagyobb gyakorisággal fordulnak elő. Ennél még szemléletesebb képet mutat a hibák eloszlásáról, ha ugyanezt a detektált hibamennyiséget az x-y síkra vetítve vizsgáljuk (3. b) ábra). Az ábrán látható, hogy a legtöbb szívódási üreg a darab közepén a nagyobb falvastagságoknál alakult ki, ahol dermedés közben a falvastagság függvényében nagyobb a szívódási üregek képződésének valószínűsége.

A szívódási üregek térfogatát vizsgálva – a 4. a) ábra gyakorisági diagramja alapján – megállapítható, hogy a szívódási üregek térfogati méretének exponenciális

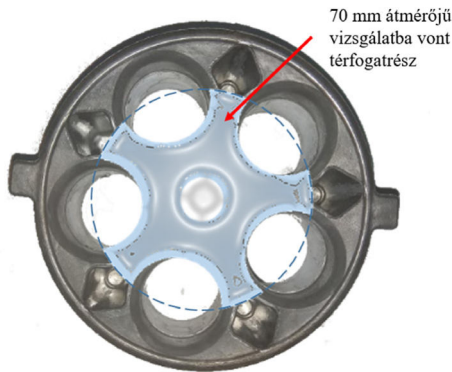
eloszlása valószínűsíthető. A 4. b) ábra a szívódási üregek nagyságát ábrázolja szintén x-y sík menti vetületben. Az ábrán az egyes szívódási üregeket a térfogatukkal arányos körök reprezentálják. Megfigyelhető, hogy a legnagyobb térfogattal rendelkező lunkerek a darab nagyobb falvastagságú öntött térrészein gyakoribbak.

3.2 A folytonossági hibák előfordulási gyakorisága az öntött felülettől való távolság függvényében

Az öntvények külső felületén, – különösen fémkokilla-, és nyomásos öntés esetében – a dermedési sebesség lényegesen nagyobb, mint az öntvény belső részeiben. A kristályosodási frontzónában (mushy tartomány) a dermedést meghatározó paraméterek közül mind a hőmérsékleti gradiens, mind a hűlési sebesség értéke a felülettől távolodva csökken. Ennek megfelelően az öntvények felületét az átlagnál finomabb szemcseszerkezet és tisztább olvadék-összetétel jellemzi. Ez a magyarázata a 3.1 fejezetben már ismertetett eredménynek, miszerint az öntvény felületközeli tartományában – ha az olvadékezelés és az öntési technológia megfelelő, – a belső, kristályosodással kapcsolatos anyagfolytonosság jellegű hiba és porozitás előfordulási valószínűsége kisebb.



4. ábra: Porozítások térfogatvizsgálata
a) porozítások térfogatának eloszlása,
b) porozítások térfogattal arányos ábrázolása az x-y sík vetületén



5. ábra: A hibaeloszlás vizsgálatára kiválasztott öntvény rész metszete az x-y síkban

Az öntvényben kialakuló folytonossági hiba eloszlásának elsősorban megmunkálás szempontjából van jelentősége. Az öntvény belsejében lévő, a felületre ki nem futó, elfogadható méretű hibák – bár a mechanikai tulajdonságok szempontjából (pl. kifáradás) nyilván kedvezőtlenek –, ugyanakkor az öntvény rendeltetésszerű használatát általában nem veszélyeztetik. Gyökeresen megváltozik a helyzet azonban akkor, ha az öntvény megmunkálása során ezek a belső hibák a felületre, vagy közvetlenül a felület közelébe kerülnek. Az ilyen folytonossági hibák a megmunkált felület egyenetlenségét, kitöredeződését okozhatják, mely a dolgozó felületek működését, kopásállóságát, kenőanyag felvételét stb. befolyásolja. További probléma, hogy gáztömörégi igény esetében, egy bonyolult alakú szívódási üreghrendszer megnyílása átmenő, nyitott porozitást okozhat. Az ilyen jellegű hibák gáztömör lezárása az impregnálás megbízhatóságán múlik.

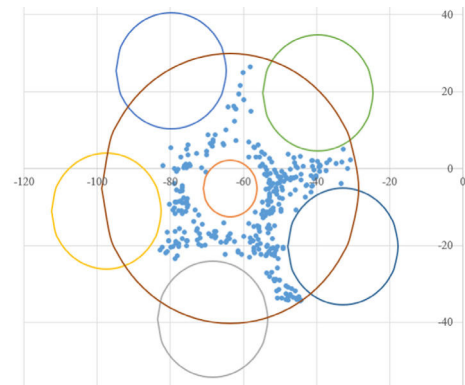
A folytonossági hibák eloszlásának feltérképezését az öntvény célszerűen választott szeletében végeztük el. A kiválasztott térfogatrész egy $z=15\text{ mm}$ vastagságú, az x-y síkban mintegy 100 mm átmérőjű összetett hengeres test. Tekintettel arra, hogy a feltárt hibák zöme az öntvény középső tartományában található (5. ábra), a vizsgálatot a középső, 70 mm átmérővel jellemezhető, öt azonos szegmensből álló anyagrészen végeztük el. A fentieknek megfelelő módon definiált, az 1. ábrán látható keresztmetszetű térfogatrészre igaz, hogy annak minden hengeres oldalfelülete közelítően merőleges az x-y alapsíkra.

Ebben a térfogatrészben összesen 315 darab folytonossági hiányt állapított meg a roncsolásmentes vizsgálat. A hibák összesített térfogata $18,26\text{ mm}^3$, vagyis az átlagos hiba-térfogat $0,058\text{ mm}^3$. A legnagyobb térfogatú hiba $2,21\text{ mm}^3$, a legkisebb $0,001\text{ mm}^3$. A folytonossági hiányok kissé nyújtott ellipszoid alakkal jellemezhetők, az átlagos gömbszerűség $0,68$.

A roncsolásmentes eljárással meghatározott 315 hibahely x-y síkra vetített pozícióját szemlélteti a 6. ábra a vizsgált öntvényrész kontúrjainak feltüntetésével.

A folytonossági hibaeloszlás az öntvény középső tartományában nem egyenletes, annak ellenére, hogy az öt szegmensben található falvastagságok megegyeznek. A jelenségnek feltehetően öntéstechnológiai okai vannak, melyek elemzése nem tárgya a jelen vizsgálatnak.

A megmunkálással esetlegesen a felszínre kerülő

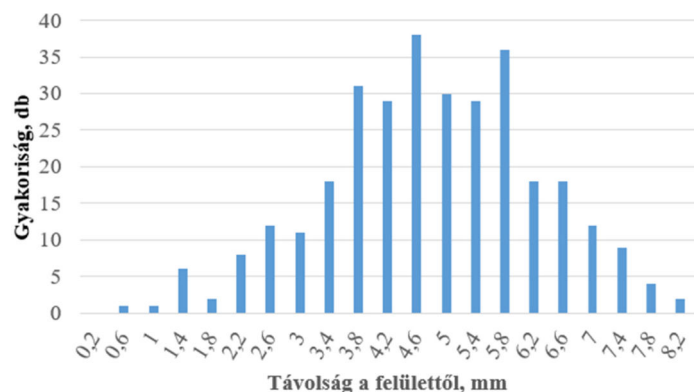


6. ábra: A folytonossági hibák x-y alapsíkra projektált vetületei a vizsgált térfogatrészben

hibamennyiség becsléséhez meghatároztuk minden egyes hiba esetében a hibahely és a hozzá legközelebb eső felület távolságát, vagyis a folytonossági hibák felülettől számított mélységét. A legkisebb hibafelület távolság $0,575\text{ mm}$ -re, a legnagyobb $8,258\text{ mm}$ -re adódott. A mérési sorozat eredményét, a hibák felülettől mért távolságának gyakorisági függvényét a 7. ábra mutatja be.

Az eloszlási eredmény megmunkálási szempontból a felületről lemunkálendő anyagvastagság függvényében értékelhető. Ha pl. az öntvény vizsgált felületein $0,4\text{ mm}$ -es lemunkálás történik, akkor nagy valószínűséggel egyáltalán nem kerül a megmunkált felületre belső hiba. 1 mm -es lemunkálás esetén a jelen esetben egyetlen belső hiba kerül a felszínre, nagyobb darabszámú hiba felületen történő megjelenésére pedig 3 mm -t meghaladó lemunkálás esetén kell számítani. A gyakorisági eloszlás alapján – az egyes felületek megmunkálási igénye ismeretében – a felületre kerülő hiba mennyisége becsülhető.

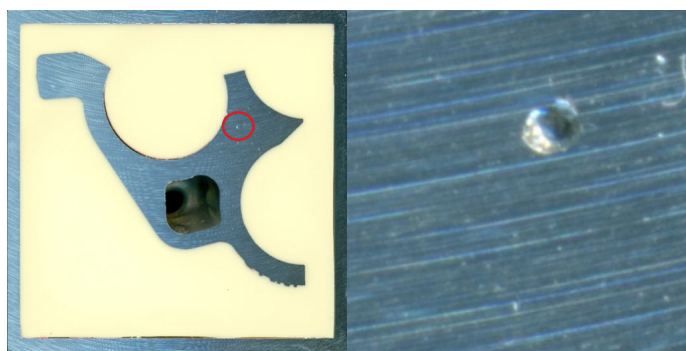
Az elvégzett elemzés lehetőséget nyújt a felület közelébe eső folytonossági hibák várható méretének meghatározására is. A 8. ábra diagramja igazolja azt a korábban említett feltételezést, miszerint az öntvényfelület közelében a tiszta olvadék gyors dermedése eredményeképpen kevés és kicsi méretű belső folytonossági hibák kialakulására lehet számítani. Az öntvény vastagabb anyagrészeit érintő megmunkálási lépések (pl. furatok, hornyok) esetén nagyobb mennyiségű és méretű folytonossági hibák fordulhatnak elő a megmunkált felületen.



7. ábra: A folytonossági hibák felülettől számított távolságának gyakorisági függvénye



8. ábra: A folytonossági hibák térfogata a felülettől számított távolság függvényében



9. ábra: A folytonossági hibák térfogata a felülettől számított távolság függvényében

3.3 Szívódási üregek vizsgálatának eredményei és azok összevetése a roncsolásmentes vizsgálatokkal szekvenciális finomesztérgálás esetén

A roncsolásmentes eljárással meghatározott hibák geometriájának ellenőrzése és pontosítása érdekében néhány esetben elvégeztük a kétféle módszerrel (roncsolásos, roncsolásmentes) feltárt üregjellemzők összehasonlító elemzését. A roncsolásos eljárás alkalmazása a forgácsolással feltárt felületek képi kiértékelésén alapszik. A 9. a) ábra példaként egy finomforgácsolt felületet mutat, melyen a piros körrel jelzett terület közepén egy folytonossági hiba is látható. A jobb oldali 9. b) ábra ezen részletet kinagyítva ábrázolja, az itt található anyagfolytonossági hiány metszetének átlagos átmérője 0,71 mm. A 2.3 fejezetben ismertetett szeletelési és képalkotó módszer ilyen módon tehát alkalmas a porozitási üregek adott síkba eső kontúrjának azonosítására.

Az alkatrészről kivágott finomforgácsolási feltárással vizsgált darabból kiválasztottunk három, relatíve nagyobb térfogattal rendelkező fogyási üreget, melyeknek a CT vizsgálati eljárással meghatározott jellemzőit, a szívódási üreg köré írható gömb átmérőjét – d_{ct} , és a szívódási üreg térfogatát – V_{ct} az 1. táblázat ismerteti.

1. táblázat: A kiválasztott szívódási üregek CT eredményeiből kapott értékek

Szívódási üreg jele	Szívódási üreg köré írható gömb átmérője, d_{ct} , mm	Szívódási üreg térfogata, V_{ct} , mm ³
a	0,64	0,07
b	0,52	0,024
c	0,7	0,088

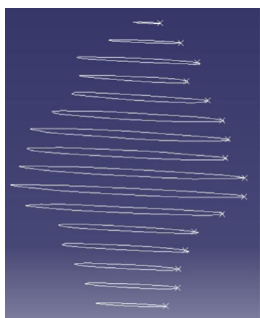
A szekvenciális forgácsolással feltárt felületeken felvettük az adott z koordináta-hoz tartozóan a szívódási üregek x-y kontúrját. Ebből a kontúr seregéből a z irányú lépések függvényében definiálható a szívódási üreg roncsolásos vizsgálattal feltárható alakja. A metszeti síkokban adódó kontúrvonalakból képezhető a szívódási üreg térbeli alakja, majd – egy alkalmas modellterben – meghatároztuk a szívódási üregek felületét, valamint annak jellemzőit, esetünkben a befoglaló gömb d_m átmérőjét és V_m térfogatát. Az eljárás főbb lépései a 10. ábrán követhetők nyomon.

A 2. táblázat ismerteti a három vizsgálatba bevont szívódási üreg visszamodellezése során adódó eredményeket, illetve azok összehasonlítását a roncsolásmentes vizsgálat adataival.

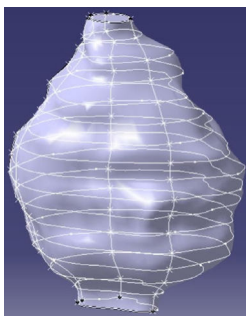
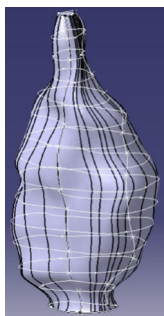
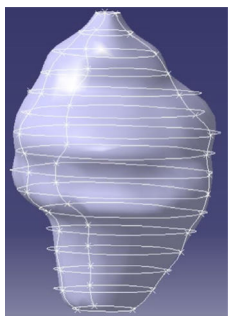
2. táblázat: A kiválasztott szívódási üregek szekvenciális forgácsolás utáni visszamodellezésekből kapott eredményei

Szívódási üreg jele	Szívódási üreg köré írható gömb átmérője, d_m , mm	Δd , %	Szívódási üreg térfogata, V_m , mm ³	ΔV , %
a	0,75	17,2	0,082	17,1
b	0,7	34,6	0,0243	1,2
c	0,80	14,3	0,119	25,0

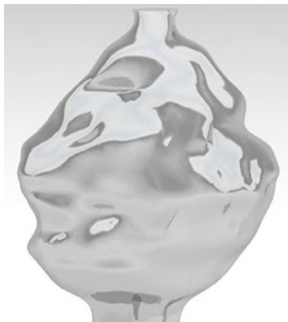
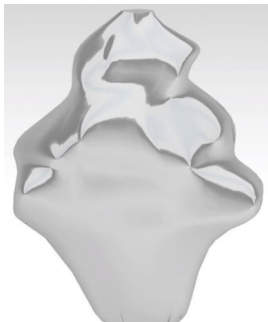
A visszamodellezéses módszer eredményei azt mutatják, hogy a szívódási üregek valósághoz közeli alakja – megfelelő szeletelési technika alkalmazásával – eredményesen feltárható. A visszamodellezett szívódási üregekre meghatározott jellemzők és a roncsolásmentes vizsgálati eredmények összehasonlítása alapján azt találtuk, hogy a szekvenciális módszerrel történő feltárás során mind a lunkerek köré írható gömb, mind pedig a visszamodellezett lunkerek térfogata jellemzően némileg nagyobb értékre adódik (a köré írható gömbök átmérője átlagosan 22 %-kal, a visszamodellezett térfogatok pedig átlagosan 14,5 %-kal nagyobbak). Ez az eltérés származhat a kétféle vizsgálati technika mérési pontatlanságából, a képfeldolgozás módszeréből, a szeleteléssel felvett kontúrok meghatározásából, vagy a roncsolásmentes vizsgálat metodikájából. A méretbeli eltérések pontos okainak feltérképezése további vizsgálatokat igényel.



a) kontúrok felvétele és z irányú rendezése (a, b, c jelű – szívódási üregek esetén)



b) felvett kontúrokból a szívódási üregek vélhető geometriájának visszamodellezése



c) kontúrseregekből visszamodellezett szívódási üregek fotorenderelt képe (a, b, c jelű – szívódási üregek esetén)

10. ábra: A porozitási üregek visszamodellezésének folyamata a szekvenciális forgácsolás és képfeldolgozás után

- a folytonossági hibaeloszlás az öntvény középső tartományában nem egyenletes, annak ellenére, hogy a szegmensekben található falvastagságok megegyeznek (a jelenségnek feltehetően öntéstechnológia okai vannak.);
- valószínűsíthető, hogy az öntvény vizsgált felületein 0,4 mm-es lemunkálásnál nem kerül a megmunkált felületre belső hiba;
- 3 mm-t meghaladó lemunkálás esetén nagyobb darabszámú belső hiba felületen történő megjelenésére kell számítani;
- a gyakorisági eloszlás alapján – az egyes felületek megmunkálási igénye ismeretében – a felületre kerülő hiba mennyisége becsülhető;
- a bemutatott visszamodellezés módszerével a szívódási üregek valósághoz közeli alakjai jó közelítéssel meghatározhatók;
- a visszamodellezési eljárással meghatározott szívódási üreg paraméterek mintegy 15-20%-kal nagyobbra adódtak a roncsolásmentes vizsgálattal meghatározott eredményeknél (befoglaló gömb esetén átlagosan 22%, a térfogatok tekintetében átlagosan 14,5% az eltérés).

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Carl Zeiss Industrielle Messtechnik Austria GmbH Magyarországi Fióktelepe munkatársainak a ZEISS Metrotom 1500 berendezésen végzett vizsgálatokért.

Konklúzió

A jelen tanulmányban egy gáztömörségi követelménnyel tömeggyártásban készült, nyomásosan öntött eutektikus összetételű Al-Si öntvény porozitását elemeztük. A vizsgálatokat komputertomográfus és a munkadarab egy kiválasztott részének szekvenciális forgácsolásával végeztük. Elemzésre került a munkadarab teljes térfogatában a porozitások méreteloszlása, egy kiválasztott térfogatrészben a porozitások öntött felülettől számított előfordulási gyakorisága, valamint a roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálattal meghatározott egyedi porozitási alakzatok összevetése. Az elvégzett vizsgálatok alapján az alábbi következtetések vonhatóak le:

- a legtöbb szívódási üreg a darab közepén, a nagyobb falvastagságoknál alakult ki;
- szívódási üregek térfogati méreteinek eloszlása exponenciálishoz közeli jelleget mutat;
- a nagyobb térfogattal rendelkező szívódási üregek a darab nagyobb falvastagságú öntött térrészein keletkeznek;

Irodalomjegyzék

- [1] Weidt, M., Hardin, R. A., Garb, C., Rosc, J., Brunner, R., & Beckermann, C. (2018). Prediction of porosity characteristics of aluminium castings based on X-ray CT measurements. *International Journal of Cast Metals Research*, 31 (5), 289-307.
- [2] Lloyd, G. (2012). Finding a Solution to the Eternal Problem of Porosity in Casting. *Die Casting Engineer*, 40.
- [3] Campbell, J. (2003). *Castings*. Elsevier.
- [4] Campbell, J. (2015). *Complete casting handbook: metal casting processes, metallurgy, techniques and design*. Butterworth-Heinemann.
- [5] Gao, Y. X., Yi, J. Z., Lee, P. D., & Lindley, T. C. (2004). The effect of porosity on the fatigue life of cast aluminium-silicon alloys. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 27 (7), 559-570.
- [6] Couper, M. J., Neeson, A. E., & Griffiths, J. R. (1990). Casting defects and the fatigue behaviour of an aluminium casting alloy. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 13 (3), 213-227.
- [7] Nicoletto, G., Anzelotti, G., & Konečná, R. (2010). X-ray computed tomography vs. metallography for pore sizing and fatigue of cast Al-alloys. *Procedia Engineering*, 2 (1), 547-554.

Komputertomográfia alkalmazása a gyakorlatban

Application of computer tomography in practice

Kazup Ágota^a, Bubonyi Tamás^b, Filep Ádám^c, Gácsi Zoltán^d

^{a, b, c, d}Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolci Egyetem

^atudományos segédmunkatárs, femagota@uni-miskolc.hu; ^btudományos segédmunkatárs, fembubo@uni-miskolc.hu;

^ctudományos segédmunkatárs, femfilep@uni-miskolc.hu; ^d egyetemi tanár, zoltan.gacsi@uni-miskolc.hu

Kulcsszavak

komputertomográfia,
duál röntgensöves
komputertomográfia,
porozitás analízis, képelemzés,
3D finomszerkezet vizsgálat

Keywords

computed tomography,
dual x-ray tube computed
tomography, porosity analysis,
image analysis,
3D fine microstructure
examination

Absztrakt

A technológiai fejlődés olyan roncsolásmentes anyagvizsgálati módszereket kíván, melyek gyorsan és pontosan kivitelezhetők. A komputertomográfia az anyagokban lévő fázisok 3D-s szerkezetének széleskörű jellemzésére alkalmas módszer, amelynek gyakorlati alkalmazhatóságát mutatja be ez a cikk. Bemutatjuk a kompozit fémhabok, az alumínium ötvények, a poliuretán habok és kőzetek vizsgálati lehetőségeit, kitérve a képelemzés alkalmazására.

Abstract

Technological advances require non-destructive material testing methods that can be performed quickly and accurately. Computed tomography is a method for the broad characterization of the 3D structure of phases in materials, the practical applicability of which is presented in this article. We present the possibilities of testing composite metal foams, aluminum castings, polyurethane foams and rocks, including the application of image analysis.

1. Bevezetés

A komputertomográfia (CT) és a mintadarabokról készült 3D-s röntgenfelvételek kvantitatív elemzése egyre népszerűbb a mikroszkópos vizsgálatok mellett. A módszerrel információ kapható a tárgyak szerkezetéről, azok károsítása nélkül. Mind a geometria, mind pedig a különböző fázisok, köztük az anyaghiányosságok is vizsgálhatóak az anyag rendszámának és vastagságának függvényében. A próbadarabok CT felvételei átemelhetők CAD és véges-elemes szimulációs szoftverbe (FEM) [1, 2]. Az alkalmazott gyorsító feszültség szerint a komputertomográfoknak több típusa ismert. Meghatározó, hogy a keletkeztetett röntgensugarak mekkora anyagvastagságon és intenzitással képesek a darabokon áthaladni. A CT-be helyezhető in-situ berendezéssel a tárgyak 3D leképezésekor egyéb vizsgálatok is végezhetőek a környezeti terhelések az anyag szövetszerkezetére való hatásainak részletes megismerése érdekében. Terhelés közben a felvétel történhet folyamatosan vagy szakaszosan [3].

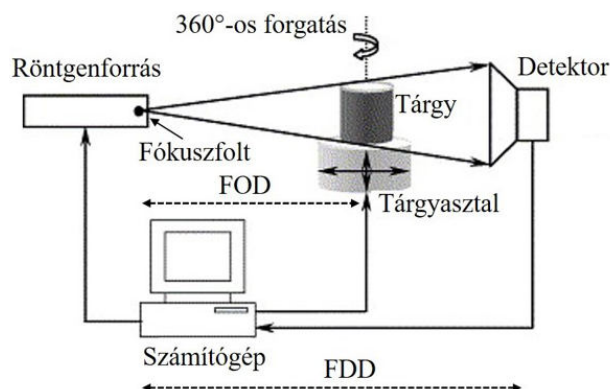
A vizsgálati technológiát mind egyetemi laboratóriumok (pl. a Miskolci Egyetem 3D finomszerkezet vizsgálati laboratóriuma), mind nagyobb vállalatok (pl. az Audi Hungaria Zrt. és a NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft.) egyaránt alkalmazzák, hiszen alkalmazási területe rendkívül széles. Mintadarabok és kész termékek egyaránt vizsgálhatóak. Többek között biológiailag kompatibilis, kovácsolt Ti6Al4V és acél implantátumokban lévő pórusok mennyiségére és méretére vonatkozóan [2], illetve AlSi10Mg porból lézeres technológiával előállított próbatestekben lévő pórusok mennyiségének, méretének és alakjára vonatkozóan [4] végeztek CT vizsgálatokat. Vallabhaneni és munkatársai [5] 7075 (T651) típusú alumínium ötvözet korróziós hajlámát vizsgálták szakító próbatest geometriai változásának vizsgálatával. Wang és társai [6] AlSi10Mg porból szelektív lézeres olvasztással előállított próbatestben mesterségesen létrehozott furatok alakváltozását és az anyag károsodását figyelték meg szakítóvizsgálat közben. Dong

és társai Al-Zn ötvözet szilárd/olvadék fázishatárának morfológiáját vizsgálták kristályosodás közben [7].

Cikkünk célja, hogy szélesebb körben ismertté tegyük a vizsgálati módszert és a benne rejlő lehetőségeket gyakorlati példákon keresztül. Ismertetjük az általunk működtetett CT berendezést és felhasználási területeit.

2. A komputertomográf működési elve, módszertana

A komputertomográf működése a fény-árnyék keletkezésének elvén alapul. Ahogyan a fényforrás-vetületi hely távolságának és a fényforrás-tárgy távolságának aránya megadja az árnyék nagyságát, úgy a röntgenforrás-vetületi hely (detektor) távolságának (FDD) és a röntgenforrás-tárgy távolságának (FOD) aránya megadja a tárgy röntgenképének nagyítását (M). Ezt jelzi az (1) és a (2) egyenlet, valamint mutatja az 1. ábra. A pixel térbeli megfelelője az úgynevezett „voxel”. Méretét a 3D-s egységnyi kocka élének hosszúsága adja, és amiből felépül a 3D-s röntgenfelvétel. Minél kisebb, annál jobb a felbontás. Ennek meghatározásakor a detektor felbontóképességének (d), (hány μm -nek felel meg egy pixel) is szerepe van. Fontos paraméter még a röntgenső fókuszfolt (S) mérete [3].



1. ábra: A komputertomográf működési elve (a [8] publikáció nyomán)

$$M = \frac{FDD}{FOD} [-] \quad (1)$$

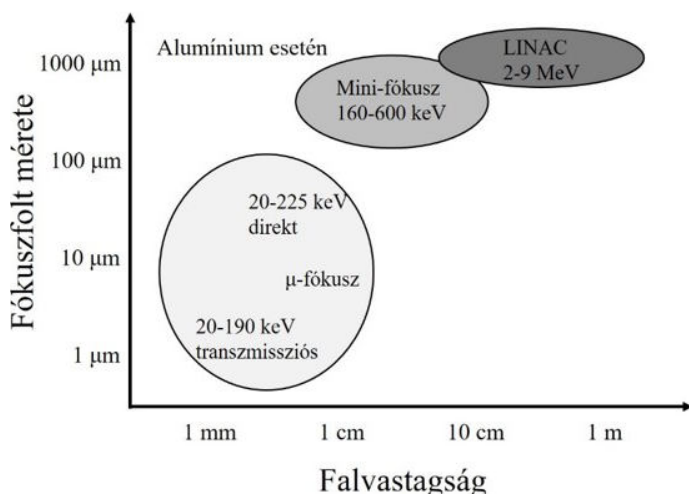
$$\text{Voxel méret} = \frac{d}{M} + \left(1 - \frac{1}{M}\right)s \text{ } [\mu\text{m}] \quad (2)$$

A vizsgálat során a röntgensugár a röntgenső kilépő ablakán keresztül jut a vizsgálati tárgyhoz. A tárgy anyagminősége és vastagsága befolyásolja a rajta átjutó röntgensugarak mennyiségét. Minél nagyobb az anyag rendszáma és minél nagyobb a falvastagság, annál inkább csökken az átjutott sugár intenzitása, melynek mennyiségét a detektor érzékeli. Kisebb intenzitás esetén halványabb képet kapunk. A (3) Lambert-Beer törvény írja le mindezt, ahol a detektor által érzékelt röntgensugarak intenzitása (I) a kezdeti röntgensugár intenzitástól (I_0), a lineáris csillapítási együtthatótól (μ) és a minta vastagságától függ (X). A lineáris csillapítási együttható a vizsgált anyag sűrűségétől, atomszámától és az alkalmazott röntgensugár energiájától függ [3].

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu X} [-] \quad (3)$$

A röntgensöveket teljesítményük szerint csoportosítjuk. Vastagabb tárgyak vizsgálatakor nagyobb gyorsító feszültséget kell alkalmazni annak érdekében, hogy a röntgen fotonok megfelelő mértékben átjussanak a darabon, nagyobb kontrasztot adva. A mikrofókuszú röntgensövek 20-225 keV, a minifókuszú 160-600 keV, az orvosi célra alkalmazott nagy energiájú röntgensugárzást létrehozó LINAC (Linear Accelerator) típusú csövek [9] pedig már 2-9 MeV gyorsító feszültséggel dolgoznak (2. ábra).

A darabok vastagságának növekedésével a röntgenkép felbontása csökken (nagyobb az alkalmazott fókuszolt), kevésbé részletes információt tudunk kinyerni a felvételekből. Különböző típusú CT berendezések más és más mintaméretekkkel dolgoznak, így felbontóképességük eltér. Az ipari CT-nek 5-150 μm , mikro-CT-nek 1-100 μm , illetve a nano-CT-nek 0,5 μm körüli a felbontóképessége. Röntgenmikroszkóppal akár kisebb, mint 100 nm felbontás is elérhető [3].



2. ábra: A komputertomográfok típusai gyorsító feszültség szerint [10]

A vizsgálat során a tárgy 360°-ban való körbeforgatása-kor adott, egyénileg megválasztható lépésként röntgenfelvételek készülnek. Megadható, hogy egy-egy felvételhez mennyi ideig tegyük ki a tárgyat sugárzásnak [3]. Ha nagyobb mennyiségű röntgen foton éri a darabot, akkor kontrasztosabb röntgenképet kapunk. A vizsgálat alatt több lehetőség is rendelkezésre áll a minta mozgatására a lehető legpontosabb felvételek elkészítésének érdekében.

Az elkészült 2D röntgenfelvételeket számítógépes program segítségével rekonstruálni szükséges. A 3D-s kép megalkotásához a röntgenképeket a felvételük pozíciója szerint ($^\circ$) fűzi össze [3]. A kontrasztkülönbségek révén az egyes fázisok láthatóvá válnak, illetve alakjuk és méretük is jellemezhető.

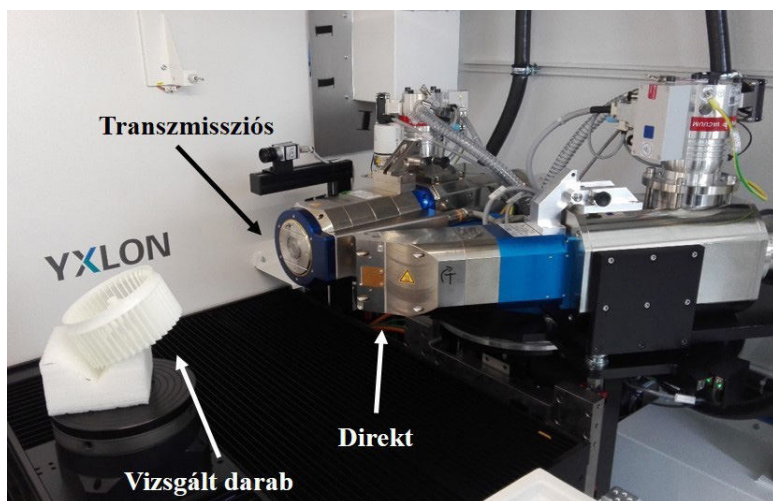
3. Az YXLON FF35 duál röntgensöves komputertomográf

A Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének 3D finomszerkezet vizsgálati laboratóriuma 2018-tól működtet két röntgensövel – transzmissziós és direkt – felszerelt, 2D és 3D képalkotásra alkalmas komputertomográfot. Az YXLON FF35 berendezéssel (3. ábra) Ø300x500 mm nagyságú, maximálisan 30 kg tömegű (metrológia esetén 15 kg) tárgyak vizsgálhatóak, a transzmissziós cső esetében 20-190 keV (max. 15 W), a direkt röntgenső esetén pedig 20-225 keV gyorsító feszültséggel (max. 280 W). Mindkét cső katódjának és antikatódjának anyaga volfrám. A direkt csővel 4 μm , a transzmissziós csővel 3D-ben 0,6 μm , 2D-ben 0,15 μm felbontás is elérhető. A röntgensöveket a 4. ábra mutatja be. A klimatizált berendezésnek 7 tengelyes manipulációs, valamint antivibrációs rendszere van. A detektor 249x300 mm nagyságú 1792x2176 felbontással. A mérési hibaérték maximálisan 3,5 μm + L/75.

A berendezéssel a tárgyak geometriájának és a mérés gyorsaságának függvényében több típusú szkennelési eljárás használható: gyors-, normál-, szélességében növelt (széles tárgyak vizsgálatára)-, helikális (magas tárgyak vizsgálatára) szkennelés, valamint „duál”, azaz szélességben növelt helikális szkennelés. A képalkotás során előfordulhat, hogy a felvétel zajossá válik. Ennek oka egyrészt a gyorsító feszültség ingadozása és a minta vastagság-különbségeinek következtében bekövetkező



3. ábra: Az YXLON FF35 típusú CT berendezés [11]



4. ábra: A FIEK által fejlesztett vékonyfalú műanyag járókerék[12,13] vizsgálata az YXLON FF35 berendezés transzmissziós röntgenscövével

megtekinthető. A felvételeken a szkennelés közben kialakult zajok szűrhetőek, szükség szerint szűrkekép átalakítások végezhetőek rajtuk. A test térfogatából eltávolíthatóak a szükségtelen vagy a kiértékelés szempontjából zavaró térfogati részek. A kontraszt beállításával jobban kiemelhetők a vizsgálni kívánt részletek, de bináris kép is létrehozható. A darab geometriai eltérései, a fázisok elhelyezkedése és hozzávetőleges méretei szűrkeségi szintek szerint meghatározhatóak. A kvantitatív elemzéshez a szerkezet jellegének megfelelő kiértékelő algoritmust kell alkalmazni, például porozitás vagy habszerkezet analízist. A vizsgálandó fázisok felülete a szűrkeségi szintek (kontraszt) alapján detektálható, ami szerint a szoftver a jellemzőket számítja, mint az egyedi objektumok térfogata, felülete, vagy a gömbszerűségük, azaz a gömb alakhoz való hasonlóságuk mértéke.

helyi sugárintenzitás esések lehetnek. Másrészt a detektoron előfordulhat néhány hibás, inaktív pixel, amelyek a képalkotásakor a darab forgatásának hatására „gyűrű” alakot rajzolnak a felvételen. Az egyes hatások kialakulásának csökkentésére képalkotást segítő alkalmazások használhatóak, mint például pixelhiba-redukció vagy zajcsökkentés.

A röntgenberendezés vizsgálati lehetőségeinek palettáját jelenleg is bővítjük húzó, nyomó és hajlító in-situ anyagvizsgáló berendezéssel. A terhelések alatt így közvetlenül, valós időben vizsgálhatjuk az anyag szerkezetének változását, a törési folyamat kialakulását és a tönkremenetel mechanizmusát.

4. Az YXLON FF35 berendezés gyakorlati alkalmazásai

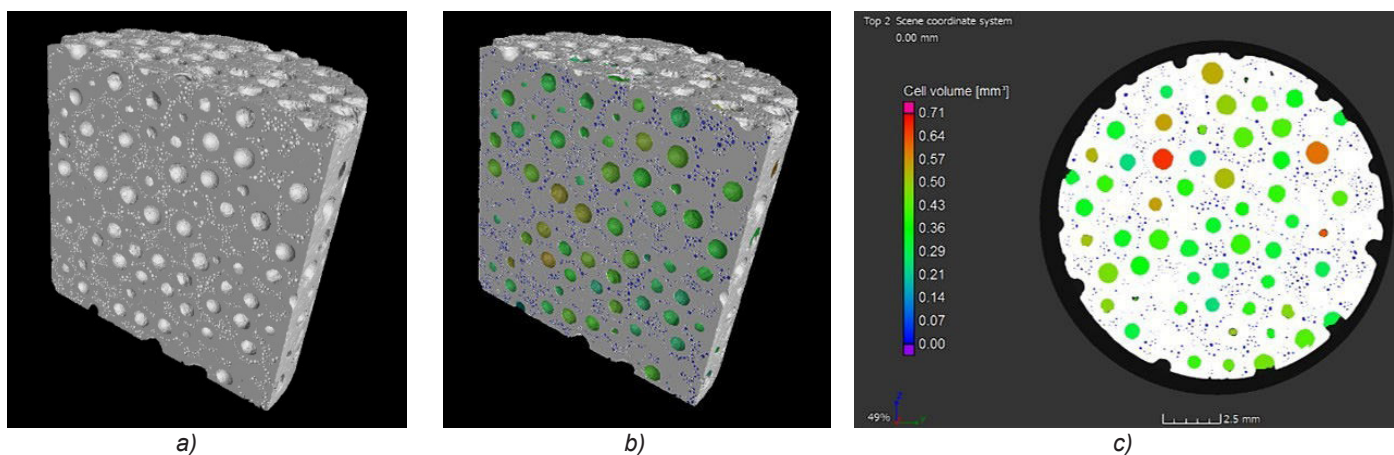
A kiértékelés VGStudio Max 3.2 szoftverrel, külön munkaállomáson nagyteljesítményű számítógéppel történik. A 2D röntgenfelvételek rekonstrukciója után létrejön a vizsgált tárgy 3D-s leképezése. A virtuálisan létrehozott test forgatható, nagyítható és metszeti nézetekben is

4.1 Kompozit fémháb

A CT-vel történő vizsgálat gyakorlati példaként az 5. ábra egy porozitás analízist mutat be kerámia gömbhéjakkal erősített alumínium (AlSi12) mátrixú szintaktikus kompozit fémháb (D=15 mm), ahol a pórusok térfogathányadának megállapításában vettünk részt [14]. A c) ábrarész bal oldalán lévő színskála a detektált fázisok térfogatát adja meg. A vizsgálat transzmissziós röntgenscövvel történt, a felbontás pedig 5,35 μm (voxelméret) volt. A kis és nagyméretű gömbhéjak belső üreges szerkezete, azaz a pórusok az elemzés során elválaszthatóvá váltak egymástól. A kisebb méretű kerámia gömbhéjak a nagyobb méretűek között helyezkednek el hálószerűen.

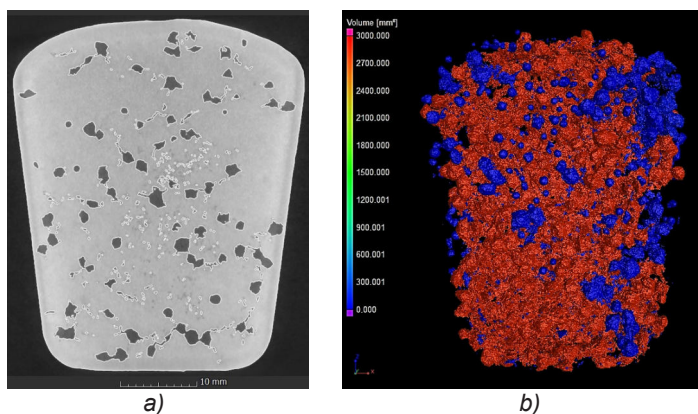
4.2 Alumínium öntvény

A 6. ábrán 80 mbar nyomás alatt kristályosodott alumínium ún. sűrűség-index (DI) próbatest látható ($D_{\text{max}} = 4 \text{ mm}$), melyet a fémolvadék gáztartalmának meghatározására használnak az öntdék [15]. Baloldalon, az a) ábrán a

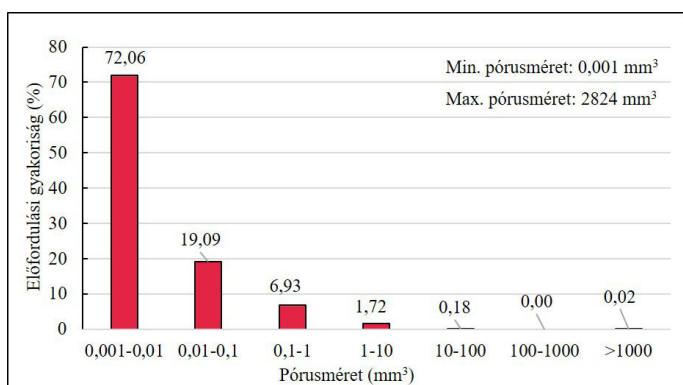


5. ábra: Kerámia gömbhéjakkal erősített alumínium mátrixú kompozit minta CT felvétele és a benne található bimodális eloszlású pórusok vizsgálata [14]

- a) 3D-s hosszmetseti nézetben, elemzés előtt;
- b) 3D-s hosszmetseti nézetben, elemzés után;
- c) 2D-s felülnézeti metsetben, az elemzés után



6. ábra: Porozitás analízis DI próbatesten (alumínium)
a) A 2D-s hosszmetzeti röntgenfelvétel a pórushatárok definiálásával,
b) A 3D-s pórusszerkezet a pórusméretekkel – mm³



7. ábra: A DI próbatesten lévő pórusok térfogat szerinti eloszlása

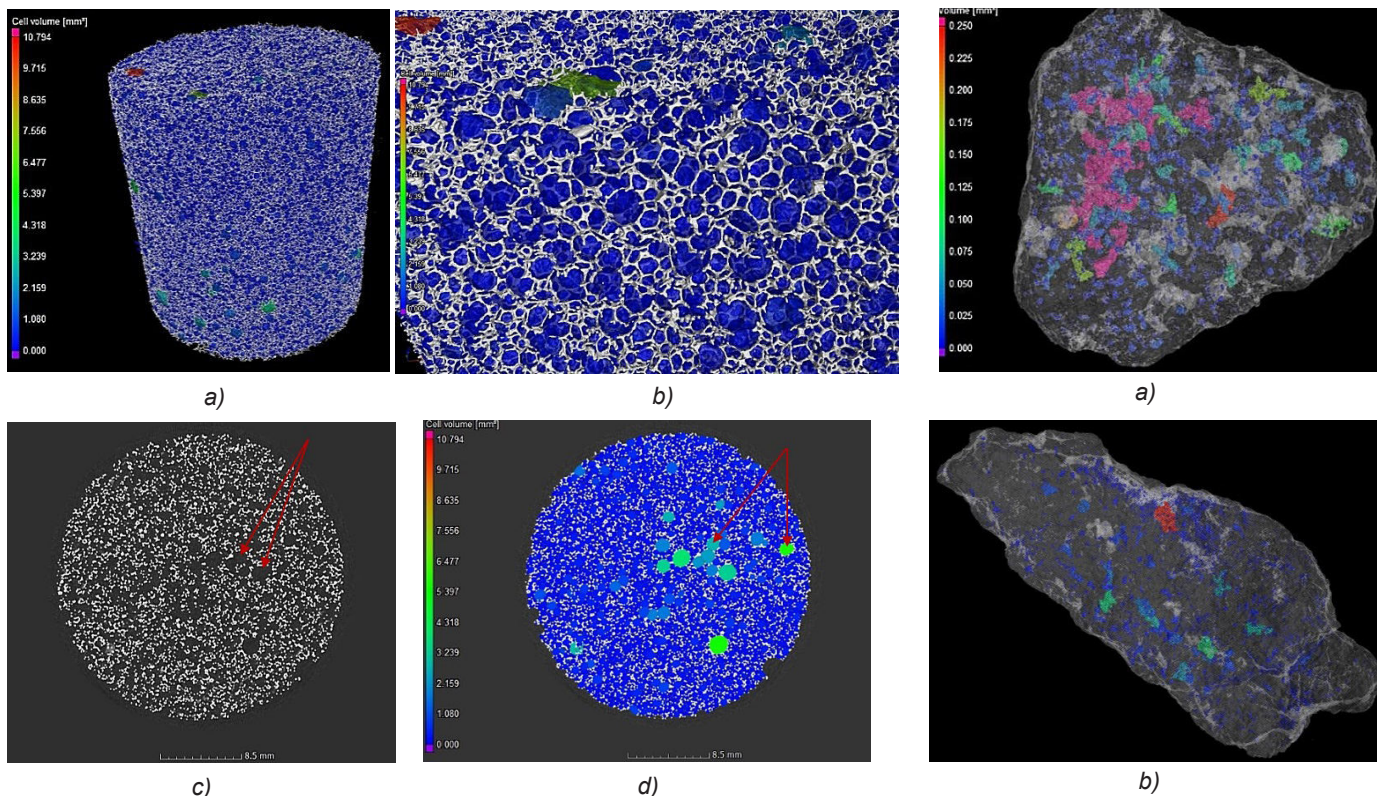
próbatest 2D-s hosszmetzeti röntgenfelvétele látható a pórusok határfelületének jelölésével, míg a jobb oldalon, a b) ábrán pedig a próbatest 3D-s pórusszerkezete figyelhető meg azok térfogatának jelölésével. A pórusok térfogat szerinti eloszlása a 7. ábrán látható. A vizsgálatkor ebben az esetben is a transzmissziós röntgensövet használtuk, a voxelek pedig 21 µm méretűek voltak. A vizsgálat során egyértelművé vált, hogy helyileg hogyan oszlanak el a pórusok, illetve mekkora nagyságúak. A pórusok nagyságából az olvadék oxidos szennyezettségére is lehet következtetni [16].

4.3 Poliuretán hab

A 8. ábrán bemutatott nyílt cellás poliuretánhab min-tán (D=30mm) a cellaszerkezet vizsgálatában vettünk részt [17]. A direkt röntgensóval kb. 15 µm voxelmérettel képeztük le a darabot. A kisméretű celláktól jól elkülöníthető és jellemezhető a néhány nagyobb méretű szabályos cella.

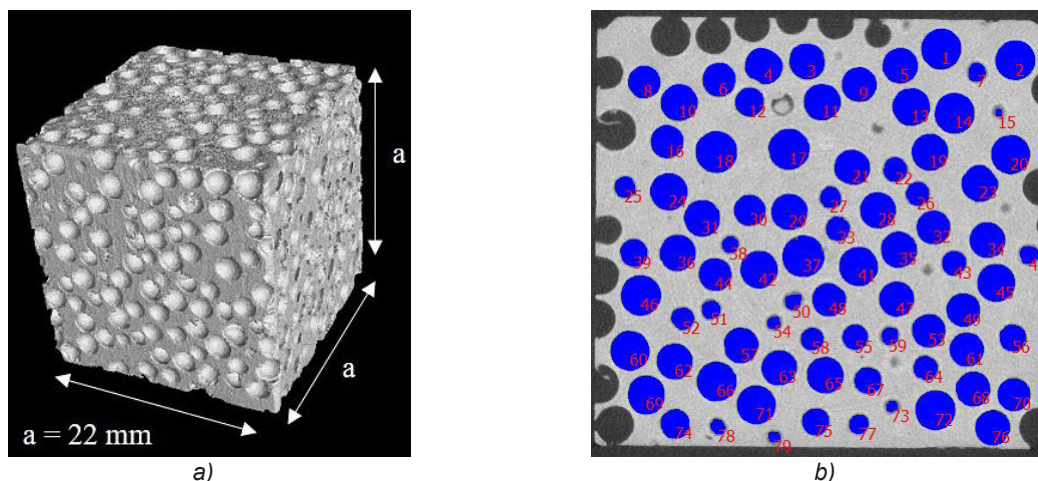
4.4 Andezit kőzet

A 9. ábra pedig aszfaltkeverékekben felhasznált, különböző magyarországi lelőhelyekről származó andezit kőzet-szemcsék porozitás elemzését szemlélteti, amely során a zárt pórusok mennyiségének (térfogathányadának) meghatározásában működünk közre. A kőzetek átmérője kb. 16 mm volt, amit a direkt röntgensóval szkenneltünk be. A felvételek felbontása 6 µm volt [18].



8. ábra: Poliuretánhab szerkezetének vizsgálata
a) A 3D-s pórusszerkezet, b) A 3D-s pórusszerkezet nagyított felvétele,
c) A cellaszerkezet metszeti képe, d) A nagy és szabályos cellák jellemzése

9. ábra: Különböző lelőhelyekről származó andezit kőzetek zárt porozitásának vizsgálata CT-vel
a) Andezit minta-1, b) Andezit minta-2 [18]



10. ábra: a) Fémhab mintáról készült CT felvétel és b) a CT felvétel egy metszeten a pórusok detektálása CProb képelemző programmal 2D-ben

5. Képelemzés

A 3D röntgenfelvételek metszeti képei ugyanakkor egyéb képelemző programokkal, például a Leica QWin, ImageJ vagy az intézetünkben fejlesztett CProb szoftverrel is elemezhetőek [19-21]. A 10. ábra egy fémhab 3D röntgenfelvételét (a) és metszeti pórusszerkezetét (b) ábrázolja. A vizsgálat tárgyát képező fázisok jellemzői – pl. a méretük, alakjuk, illetve mennyiségük (1. táblázat) – a 3D-s kiértékeléshez hasonlóan meghatározhatóak. Jelen esetben egy képpont 51,3 μm -nek adódott. A CT felvételen a voxel-méret 11 μm . Ezen felül az eloszlásuk is számszerűen jellemezhető különböző mérési módszerekkel [22]. A 2D röntgenfelvételek képelemzése lehetővé teszi a csiszolati próbatestek készítése nélküli vizsgálatot, amennyiben a 3D elemzésre nincs mód.

1. táblázat: A vizsgált pórusok jellemzőinek mért adatai

Pórusok: (79 db)	Területe [mm ²]	Kerülete [mm]	Átmérője [mm]	Körszerűsége [-] teljesen kör = 1
átlag	2,02	5,13	1,57	1,12
+/- szórása	0,93	1,42	0,43	0,09
minimum mérete/ értéke	0,10	1,15	0,39	1,00
maximum mérete/ értéke	3,46	7,39	2,12	1,52

6. Összefoglalás

Cikkünk célja a komputertomográfiás és képelemző vizsgálati technikák népszerűsítése, hogy a kutatók és a minőségellenőrzéssel foglalkozók számára hasznos és inspiráló ötleteket adjunk vizsgálati lehetőségeik kiegészítésére. A CT működési elvének ismertetésével reméljük, érthetőbbé tettük az eljárást a távolabbi szakterületen jártas olvasók részére is.

Az általunk működtetett YXLON FF35 CT berendezéssel 300 mm átmérő vastagságig vagyunk képesek képet alkotni a vizsgálati tárgyokról. Meghatározzuk a szerkezetükben található fázisok elhelyezkedését és morfológiái

jellemzőiket. Ugyanakkor a tárgyak valós méreteinek meghatározása is nagyon népszerű laboratóriumunkban. A röntgenkép felbontása a tárgy mérete szerint változik: vastagabb vizsgálati darab esetén az elérhető maximális felbontás csökken.

Cikkünkben néhány gyakorlati példán keresztül bemutattuk a CT-vel történő vizsgálati lehetőségek egy részét – a teljesség igénye nélkül – így a porozitás elemzést, pórusok, illetve habszerkezetben lévő cellák méretének és eloszlásának meghatározását, valamint a metszeti röntgenfelvételek további felhasználásának lehetőségeit képelemző szoftverekkel.

Mind ipari, mind pedig kutatási oldalról számos megkeresés érkezik hozzánk különböző jellegű vizsgálatok elvégzésére. Ez is jelzi a berendezéssel történő vizsgálatok népszerűségét, igényét. Ipari partnereink között több neves céget is említhetünk, mint a Joyson Safety Systems Hungary Kft., a HILTI (Hungária) Kft., a Magyar Suzuki Zrt., a Prec-Cast Kft., az MDA Hungary Autóipari Kft., a Robert Bosch Energy and Body Systems Kft., a ZF Hungaria Kft., illetve a SEGA – Starters E-Components Generators Automotive Hungary Kft. A saját kutatási projektjeinken kívül egyéb kutatásokban való aktív részvételünknek köszönhetően a partnereink száma a kutatócsoportok terén is jelentős.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az Információs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

A publikációban példaként bemutatott műanyag járókerék mintadarab fejlesztése és vizsgálata a Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ (FIEK) GINOP-2.3.4.-15-2016-00004 jelű „Korszerű anyagok és intelligens technológiák FIEK létrehozása a Miskolci Egyetemen” projektjének keretein belül történt. A darabról készült felvétel ismertető célú felhasználásának lehetőségét ezúton is köszönjük.

Irodalom

- [1] Jiang, N. Li, Y. Li, Y. D. Yu, T. Li, Y. Xu, J. Li, N. Marrow, T.J.: 3D finite element modeling of water diffusion behavior of jute/PLA composite based on X-ray computed tomography. *Composites Science and Technology*, 199., 2020, pp. 108–313. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2020.108313>, ScienceDirect
- [2] Lu, X.Z. Chan, L.C.: Micro-voids quantification for damage prediction in warm forging of biocompatible alloys using 3D X-ray CT and RVE approach. *Journal of Materials Processing Tech.*, 258., 2018, pp. 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.03.020>, ScienceDirect
- [3] Vászárhelyi, L. Kónya, Z. Kukovecz, Á. Vajtai, R.: Microcomputed tomography-based characterization of advanced materials: a review. *Materials Today Advances*, 8., 2020 pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2020.100084>, ScienceDirect
- [4] Hastie, J.C. Kartal, M.E. Carter, L.N. Attallah, M.M. Mulvihill, D.M.: Classifying shape of internal pores within AlSi10Mg alloy manufactured by laser powder bed fusion using 3D X-ray micro computed tomography: Influence of processing parameters and heat treatment. *Materials Characterization*, 163., 2020, pp. 110–225. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2020.110225>, ScienceDirect
- [5] Vallabhaneni, R. Stannard, T.J. Kaira, C.S. Chawla, N.: 3D X-ray microtomography and mechanical characterization of corrosion induced damage in 7075 aluminium (Al) alloys. *Corrosion Science*, 139., 2018, pp. 97–113. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2018.04.046>, ScienceDirect
- [6] Wang, P. Zhou, H. Zhang, L. Chen, H. Zhu, X. Lei, H. Fang, D.: In situ X-ray micro-computed tomography study of the damage evolution of prefabricated through-holes in SLM-Printed AlSi10Mg alloy under tension. *Journal of Alloys and Compounds*, 821., 2020, pp. 153–576. DOI:10.1016/j.jallcom.2019.153576, ResearchGate
- [7] Dong, Y. Shuai, S. Zheng, T. Cao, J. Chen, C. Wang, J. Ren Z.: In-situ observation of solid-liquid interface transition during directional solidification of Al-Zn alloy via X-ray imaging. *Journal of Materials Science & Technology*, 39., 2020, pp. 113–123. DOI:10.1016/j.jmst.2019.06.026, JMST
- [8] Lim, K.S. Barigou, M.: X-ray micro-computed tomography of cellular food products. *Food Research International*, Vol 37., Issue 10., 2004, pp. 1001–1012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.06.010>, ScienceDirect
- [9] Chen, L. Ong, Y.S. Chen, S. O'Keeffe, S. Gillespie, S. Woulfe, P. Jiang, B. Grout, I. Lewis, E.: Advanced Characterization of an Optical Fibre Sensor System based on an MPPC Detector for Measurement of X-ray Radiation in Clinical Linacs. *Sensors and Actuators: A. Physical*, 2021, pp. 112-129. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.112129>, ScienceDirect
- [10] Filep Á., Gácsai Z.: Szerkezetvizsgálat II. YXLON FF35 CT ismertető előadás. Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet. Miskolci Egyetem. 2018.
- [11] www.yxlon.com: Az YXLON FF35 CT berendezés fotója, Dátum: 2020. november 06.
- [12] Marosné Berkes M., Szilágyiné Biró A., László N., Fülöp F., Kelemen L.A.: Ipari együttműködés – Bosch - ME, ATI közös járműipari kutatások – a FIEK projekt keretében. *Multidiszciplináris tudományok*, 9. kötet, 4. szám, 2019, pp. 72-90. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.4.6>, <https://ojs.uni-miskolc.hu/index.php/multi/article/view/376>
- [13] Szabó, F.J. Várkuliné Szarka, Á.: Finite element study of rotating elements of a ventilator. *International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.)*, Vol 13., 2019, pp. 1-6. <https://doi.org/10.15866/ireme.v13i6.17145>, PraiseWorthyPrize
- [14] Orbulov, I.N. Kemény, A. Filep, Á. Gácsai, Z.: Compressive characteristics of bimodal aluminium matrix syntactic foams. *Composites Part A*, 124., 2019, 105479. pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.105479>, ScienceDirect
- [15] Bubenkó, M. Tokár, M. Fegyverneki, Gy.: Investigations to Reduce the Inclusion Content in Al-Si Foundry Alloys. *Materials Science and Engineering*, Volume 42., No. 1., 2017, pp. 13–20. HU ISSN 2063-6792
- [16] Gyarmati, G. Fegyverneki, Gy. Mende, T. Tokár, M.: Characterization of the Double Oxide Film Content of Liquid Aluminum Alloys by Computed Tomography. *Materials Characterization*, 157., 2019, 109925. pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2019.109925>, ScienceDirect
- [17] Nabeel, M. Varga, M. Kuzsella, L. Filep, Á. Fiser, B. Viskolcz, B. Kollar, M. Vanyorek, L.: Preparation of Bamboo-Like Carbon Nanotube Loaded Piezoresistive Polyurethane-Silicone Rubber Composite. *Polymers*, Vol.13. Issue 13., 2021, pp. 2144. <https://doi.org/10.3390/polym13132144>, MDPI
- [18] Géber R., Kocserha I., Simon A., Udvardi B.: Porózus köanyagok anyagszerkezeti vizsgálata. *Az Aszfalt*, XXVII. évf. 2. 2020, pp. 51-58. ISSN 1217-7830, www.hapa.hu
- [19] Gábora A., Bubonyi T., Gyöngyösi Sz.: Zárt cellás alumíniumhabok pórusszerkezetének számítógépi képelemzéses vizsgálata. *Anyagmérnöki Tudományok*, 40/1 Miskolci Egyetemi Kiadó 2020, pp. 40–48. ISSN 2063-6784, <http://www.mak.uni-miskolc.hu/wp-content/uploads/2020/12/Közl-2020-Soki.pdf>
- [20] Bubonyi, T. Barkóczy, P. Gácsai, Z.: Comparison of CT and metallographic method for evaluation of microporosities of dye cast aluminum parts. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 903., 2020, 012038. pp. 1-7. doi:10.1088/1757-899X/903/1/012038, IOPScience
- [21] Zhang, Q. Niverty, S. Singaravelu, A.S.S. Williams, J.J. Guo, E. Jing, T. Chawla, N.: Microstructure and micropore formation in a centrifugally-cast duplex stainless steel via X-ray microtomography. *Materials Characterization*, 148., 2019, pp. 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2018.12.009>, ScienceDirect
- [22] Gácsai Z., Simon A., Pázmán J.: Fémkompozitok, Miskolci Egyetem kiadó, 2011, pp. 122-130.; 147-196. ISBN 978-963-661-979-4

Feszültségkorróziós repedés vizsgálata egyedi próbatesttel

Investigation of stress corrosion cracking with unique specimen geometry

Bernadett Spisák^a, Szabolcs Szávai^b, Gál Alexandra^c

^{a, b, c} Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

^atudományos munkatárs, bernadett.spisak@bayzoltan.hu, ^bosztályvezető, szabolcs.szavai@bayzoltan.hu, ^cjunior kutató, alexandra.gal@bayzoltan.hu

^a PhD hallgató, Miskolci Egyetem

Kulcsszavak

feszültségkorróziós repedés,
mérés előkészítés,
végelem szimuláció,
módosított CT próbatest,
próbatess tervezés

Keywords

stress corrosion cracking,
preparation of experiment,
finite element simulation,
modified CT specimen,
specimen designing

Absztrakt

A cikkben feszültségkorróziós repedés vizsgálat előkészítése kerül bemutatásra. A vizsgált anyag a VVER-440 reaktor primer körében található 08H18N10T ausztenites korrózióálló acél. A vizsgálat berendezés korlátozott kapacitása miatt egy új típusú próbatest került kialakításra, amelynek során szimulációk segítségével kerültek meghatározásra a próbatest főbb méretei, illetve az előfeszítéshez szükséges paraméterek.

Abstract

In this article the preparation of a stress corrosion crack test is presented. The material under investigation is the 08H18N10T austenitic corrosion resistant steel which is located in the primary loop of the VVER-440 reactors. Due to the limited capacity of the test equipment, a new type of test specimen was developed, and simulations were used to determine the main dimensions of the specimen and the parameters required for the prestressing.

1. Bevezetés

A feszültségkorróziós repedés számos iparágban jelen lévő probléma. Ide sorolható a repülőgép-, a gáz- és olaj-, a hajó-, illetve a nukleáris ipar. Ezek közül az egyik legjobban kutatott terület az ilyen típusú repedések nukleáris iparban történő megjelenése. A feszültségkorróziós repedés jellemzően hosszú lappangási idővel rendelkezik, majd a terjedési szakaszba érve hirtelen a szerkezet tönkremenetelét okozhatja. Emellett keletkezéséhez három feltétel együttes jelenlétére van szükség, mégpedig a megfelelő környezetre, mechanikai terhelésre, illetve az anyag feszültségkorróziós repedésre való érzékenységre. Itt szükséges megemlíteni, hogy egy feszültségkorróziós repedésre érzékeny anyagban nem minden környezetben fog megindulni a repedés, emiatt vizsgálatuk bonyolult és időigényes, ezáltal egy olyan modell kialakítása szükséges, amellyel előre jelezhető a feszültségkorróziós repedés növekedési sebessége. Az általunk vizsgált anyag a VVER-440-es típusú atomerőművek primer körében található. Annak érdekében, hogy a da/dt -K diagram meghatározható legyen az adott anyagminőségekre, a Paksi Atomerőműben alkalmazott közegre (bóros-víz) üzemi hőmérsékleten (297 °C) és nyomáson (123 bar) feszültségkorróziós vizsgálatok elvégzésére van szükség.

2. Feszültségkorróziós repedés vizsgálati módszerei

Számos vizsgálati módszer létezik egy ötvözet feszültségkorrózióra való érzékenységeinek meghatározására. Ha a cél az, hogy egy adott környezetben az üzemi viselkedést megjósoljuk vagy a működésben lévő ötvözeteket megfigyeljük, akkor gyakran a feszültségkorróziós repedésről rövid időn belül kell információkat gyűjteni. Ehhez gyorsított vizsgálatokra van szükség, amelyet elérhetünk a környezeti hatás vagy a kritikus vizsgálati paraméterek növelésével. A vizsgálatot a korrózív

próbatessék hőmérsékletének vagy koncentrációjának növelésével, valamint elektrokémiai stimulálással lehet felgyorsítani. A vizsgálati idő lecsökkentését előidéző paraméterek közé sorolhatók a nagyobb terhelések, folyamatos alakváltozás illetve az előrepszítés, amely lehetővé teszi a feszültségkorróziós repedésnél lévő repedés-nukleációs szakasz kikerülését.

A próbatessék esetében két csoport különíthető el egymástól, ezek a sima és az előrepszített próbatessék. További megkülönböztetések tehetők a terhelési módok között, mint például állandó lehajlás, állandó terhelés, állandó elmozdulás vagy alakváltozási sebesség. A próbatessék kialakításának és a terhelési módnak a kiválasztásához először szükséges a vizsgálat céljának és a kívánt információ típusának a definiálása. Ez alapján négy alapvető feszültségkorróziós vizsgálat különböztethető meg:

1. Sima próbatessék – statikus terhelésű vizsgálatok,
2. Sima próbatessék – dinamikus (monoton növekvő) terhelésű vizsgálatok,
3. Előrepszített próbatessék – statikus terhelésű vizsgálatok,
4. Előrepszített próbatessék – dinamikus (monoton növekvő) terhelésű vizsgálatok.

A vizsgálatok során előrepszített próbatesséket alkalmaztunk. Az ilyen típusú próbatessék esetében a vizsgálat során figyelembe vesszük, hogy a szerkezetben már jelen van valamilyen kezdeti hiba. A törésmechanika az ezekből a hibákból keletkező és tovább növekedő repedések karakterizálására használható fel. A vizsgálat személynek figyelembe kell vennie a méreti elvárásokat, a repedés konfigurációját és orientációját, és a próbatest megmunkálását, illetve előrepszítését. Minden előrepszített próbatest esetében alapkövetelmény, hogy a próbatest méretei elegendően nagyok legyenek ahhoz, hogy a túlnyomórészt triaxiális feszültség biztosítható legyen úgy, hogy képlékeny deformáció csak nagyon kis régióban, a repedés csúcs környezetében lépjen fel. A fáradásos

előrepestités az ASTM E 399 [1] szabványban előírtakkal végezhető el. Az egyes előrepestitett próbatesteknél használt feszültségintenzitási tényező értéke nem haladhatja meg a környezeti hatáskor tervezett kezdeti K értéknek a kétharmadát. Ezzel megelőzhető a repedéscsúcsban a fáradásos károsodás és a maradó nyomófeszültség kialakulása, amely befolyással lehet a feszültségkorróziós repedés viselkedésére.

A vizsgálatok elvégzését állandó terheléssel terveztük. Az ilyen típusú tesztek legfontosabb tulajdonsága, hogy a vizsgálat teljes időtartama alatt a terhelés állandó értéken van tartva. Konstans terhelés esetén a próbatestek általában húzó irányú terhelésnek vannak kitéve. Általánosságban két típusát különböztethetjük meg: próbatestek egy önterhelésű keretben való terhelése és próbatestek egy külső terhelő kerettel való terhelése. Az önterhelésű keret előnye az alacsonyabb költség és a kisebb helyigény. Ez különösen fontos környezeti kamrákban és autoklávokban elvégzett vizsgálatok esetén. Hátránya, hogy gyakran a próbatestre a környezeti hatás előtt helyezik rá a terhelést. Az előterhelés nem konzervatív eredményekhez vezethet. A külső terhelésű keretes vizsgálatok esetén súlyokat vagy rugókat alkalmaznak. A terhelési keretek száma minimalizálható, ha próbatest sorozatokat vizsgálunk.

Az előrepestitett próbatesteken végzett állandó terheléses vizsgálatok felhasználhatók a K_{ISCC} meghatározására és adott határokon belül a repedésnövekedés sebességének (da/dt) a mérésére. A leggyakrabban alkalmazott próbatestek a kompakt próbatestek (CT) és a bemetszett hajlított próbatestek (SEB) [2].

Az 1. ábra a húzófeszültség változását mutatja be az idő függvényében. Az ábrán szereplő σ_M a repedés csúcsánál lévő maximális feszültséget, a σ_N az átlagfeszültséget és a σ_G pedig az alkalmazott feszültség nagyságát mutatja. Az ábrából leolvasható, hogy az állandó

terheléses vizsgálat esetén a terhelés értéke nem változik, így a maximális, illetve az átlagos feszültség értéke is folyamatosan növekszik.

3. Vizsgált anyagok

Ahogy már korábban említésre került a VVER-440 reaktor primer körben található 08H18N10T ausztenites korrózióálló acél esetén készítettük el a kísérleti vizsgálatok előkészületeit. Az anyagra vonatkozó fontosabb paramétereket a 1-2. táblázatok foglalják magukba.

1. táblázat: A 08H18N10T acél vegyi összetétele PNAE alapján

Anyag-minőség	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	V [%]	Cu [%]	Ti [%]
08H18N10T	max 0,08	max 2	max 0,8	max 0,035	max 0,02	17-19	9-11	max 0,5	max 0,1	max 0,3	max 0,7

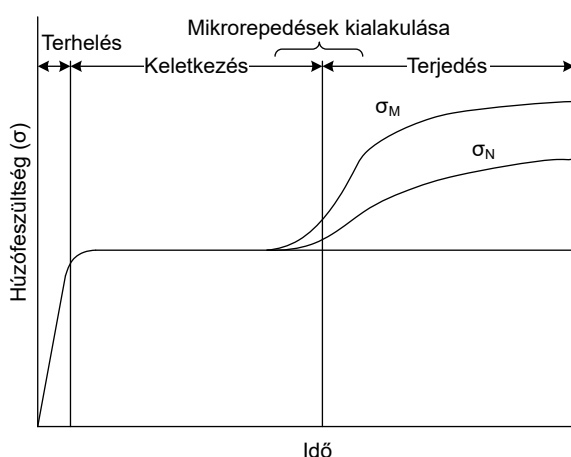
2. táblázat: 08H18N10T ausztenites korrózióálló acél szilárdsági tulajdonságai PNAE [5] alapján

Jellemző	Hőmérséklet, °C							
	20	50	100	150	200	250	300	350
Szakító szilárdság [MPa]	491	477	456	426	417	382	358	333
Folyáshatár [MPa]	196	193	186	181	176	167	162	157
Relatív nyúlás [%]	35	34	33	31	29	27	28	25
Kontrakció [%]	40	40	40	40	40	40	40	40
Hőtágulási együttható $\cdot 10^6$ [1/°C]	-	16,4	16,6	16,8	17,0	17,2	17,4	17,6
Rugalmassági együttható [GPa]	205	202	200	195	190	185	180	175

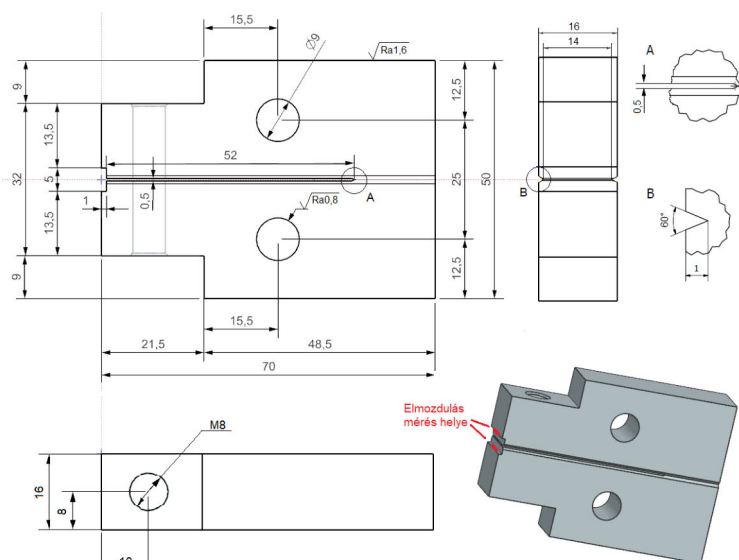
4. Vizsgálati próbatest geometriája

A vizsgálatokat egy partner által készített autokláv berendezésben terveztük elvégezni. Számos irodalom áttekintése alapján megállapítható, hogy a feszültségkorróziós repedés vizsgálatához 15 és 123 MPa $\sqrt{m}$ közötti feszültségintenzitási tényezőt alkalmaznak. Azonban ezek közül a leggyakrabban ennek értéke 20 és 40 közé esett [3, 4].

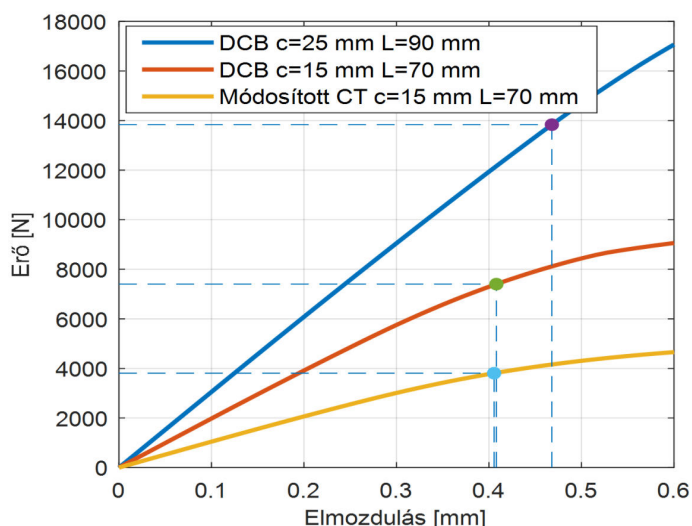
A berendezés, illetve a rendelkezésre álló alapanyag tömb méretkorlátja miatt hagyományos CT próbatesteken



1. ábra: Húzófeszültség változása az idő függvényében állandó terhelés esetén



2. ábra: Vizsgálati próbatest geometriája



3. ábra: DCB és módosított CT próbatestek erő-elmozdulás görbéje

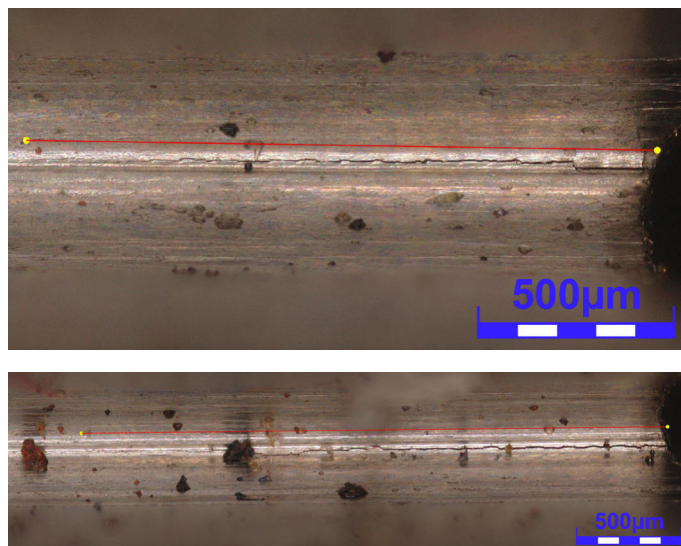
nem volt kivitelezhető a mérés, ezáltal először DCB próbatest alkalmazását terveztük. A hosszú ($L=90$ mm) DCB próbatestek esetében a kívánt maximális feszültségintenzitási tényező ($K=35 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$) eléréséhez szükséges erő mértéke ($\sim 14\,000$ N) meghaladta az általunk létrehozható erő maximális értékét ($6\,000$ N), ezáltal a csökkentett próbatest hosszát (2. ábra). További problémát jelentett az előfeszítéshez a csavarok elhelyezése. Mivel a mérőberendezés belső átmérője adott volt, ezáltal a próbatest előfeszítésének a módját módosítottuk. Ennek hatására a 2. ábra által bemutatott „hibrid” próbatestet alakítottuk ki, amelyben kombináltuk a DCB, illetve a CT próbatesteket. A próbatest összhossza 70 mm, magassága 50 mm, szélessége pedig 16 mm. Látható, hogy a próbatest a CT befogócsapja tartalmaz egy furatot, amely segítségével az előreperesztés elvégezhető, illetve az előfeszítés elkészítéséhez a próbatest bal oldalán egy furat lett kialakítva, ahol az előfeszítést süllyesztett fészekben belső kulcsnyílású csavarral végeztük el. Az ehhez a próbatesthez elkészített szimulációból származó erő-elmozdulás görbe is feltüntetésre került a 3. ábrán. Látható, hogy a kikönnyítés hatására az előfeszítésénél szükséges erő mindössze 3800 N.

5. Vizsgálat előkészítése

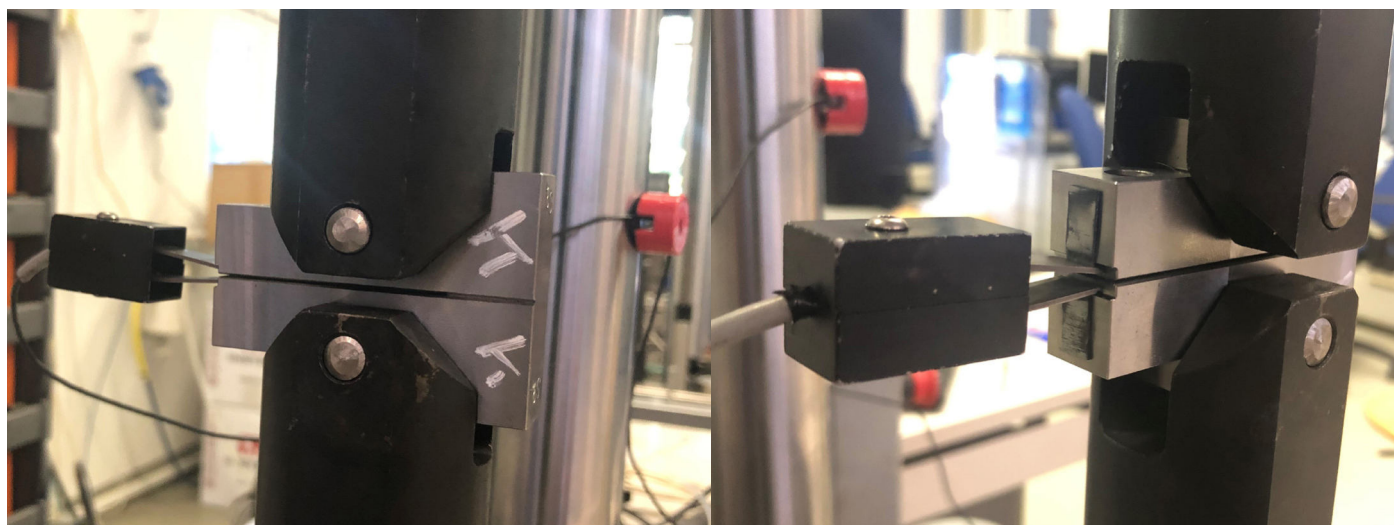
5.1 Előreperesztés

Az előreperesztéseket az Instron E10000 berendezésen végeztük el. A tervezett előreperesztett repedésméret: $2-3$ mm volt. A repedéshossz mérés a compliance módszerrel történt az előreperesztés közben, on-line. Előreperesztést szinuszos függvényvel, erővezérléssel végeztük, az aszimmetria tényező értéke $R=0,1$. Magát az előreperesztés folyamatát a 4. ábra szemlélteti.

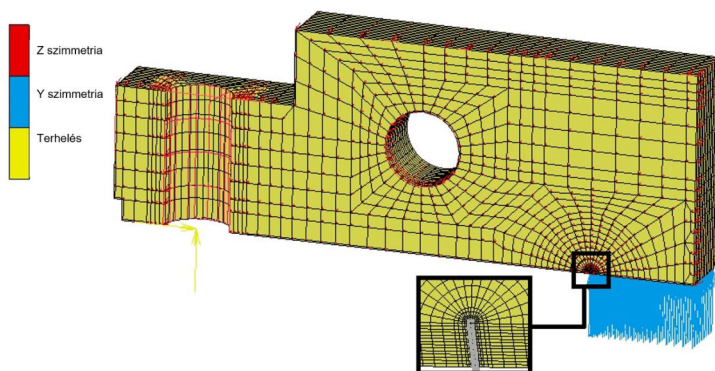
Előreperesztés után mértük a számításokhoz szükséges geometriai paramétereket (terhelési vonal távolsága a próbatest felületétől, repedés hossza a terhelési vonaltól, próbatest vastagsága és szélessége). A számításokhoz szükséges értékek a két oldalon mért értékek átlaga. Az 5. ábra az előreperesztés során az R8-as próbatestben keletkezett repedést szemlélteti $500 \mu\text{m}$ -es nagyításban.



5. ábra: R8-as próbatestben kialakított repedés az előreperesztést követően



4. ábra: Előreperesztés



6. ábra: Végeselem háló felépítése és alkalmazott peremfeltételek

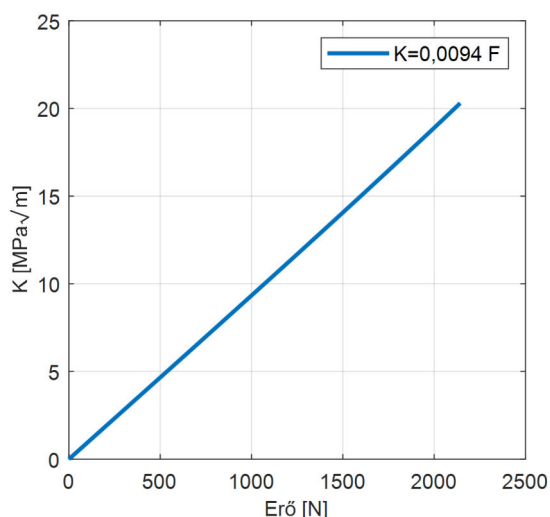
5.2 Előfeszítés

A próbatestek előfeszítését M8-as csavarokkal valósítottuk meg, amelynek során a következőkben felsoroltakat kell figyelembe venni:

- A meghúzást olyan mértékig kell elvégezni, hogy a megkívánt CMOD-t lehessen mérni (extensométerrel).
- A meghúzó csavarok végét gömbölyíteni kell, annak érdekében, hogy a terhelés egy ponton, a furat középvonalában keletkezzen.
- A próbatestek előfeszítését úgy kell megvalósítani, hogy különböző mértékű feszültségintenzitási tényező (KI) ébredjen a repedések csúcsában. Ennek javasolt tartománya 15-40 MPa $\sqrt{m}$.

Az előreperesztés során 4 terhelési szintet alkalmaztunk (15, 20, 30, 35 MPa $\sqrt{m}$) anyagminőségenként és terhelési szintenként 3 próbatestet használtunk. Ahhoz, hogy az előfeszítést pontosan be tudjuk állítani, végeselem szimulációk készítésére volt szükség a különböző repedésméretnél, amelyből meghatározható az adott feszültségintenzitási tényező eléréséhez szükséges erő nagysága. A végeselem hálót és az alkalmazott peremfeltételeket a 6. ábra szemlélteti.

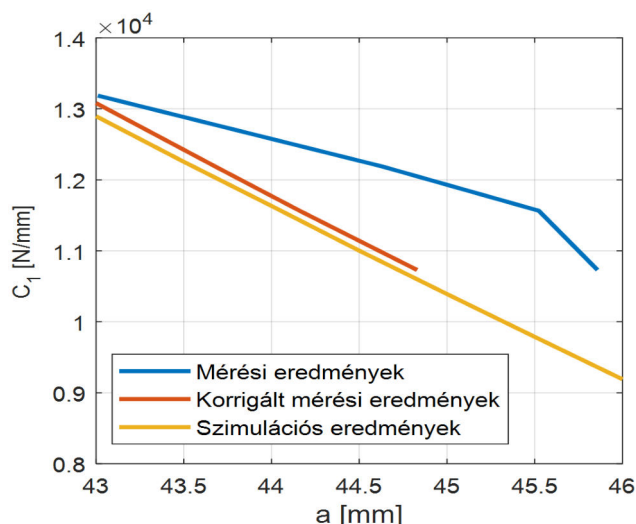
A szimulációhoz negyed modellt készítettünk. Az ábrából látható, hogy a próbatest egy merev test segítségével lett megterhelve, amely jól közelíti a valós előfeszítési eljárást. A K_I feszültségintenzitási tényező meghatározásához



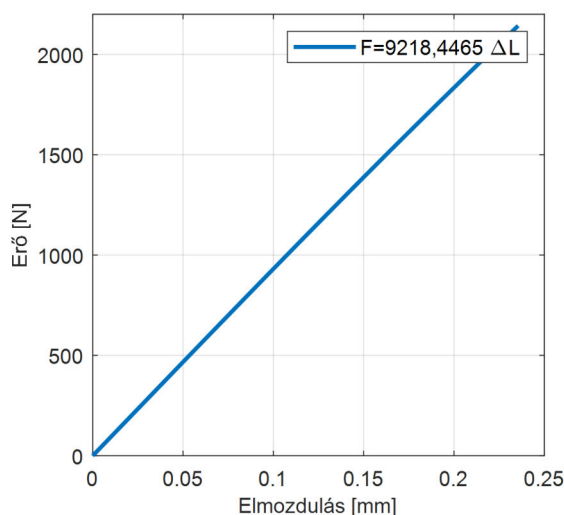
7. ábra: Erő-feszültségintenzitási tényező (bal), erő-elmozdulás (jobb) diagram $a=46$ mm esetében menetes próbamérésnél

szükség volt a J integrál számítására. Ezt az ábrán jelölt pontokban valósítottuk meg. Majd ezek átlagát véve meghatároztuk a különböző időpillanatokban vett elmozdulás-K diagramot.

Annak érdekében, hogy a szimuláció ellenőrizhető legyen próbaméréseket készítettünk, amelynél a terhelést nem csavarokkal, hanem egy menetes szár segítségével végeztük el. Ez az eredeti modellkialakítást annyiban módosította, hogy a terhelést függőleges irányban mintegy 75 mm-rel felfelé eltoltuk. Az így kapott görbéket mutatja a 7. ábra. Ezekből meghatározható volt egy A és egy C1 konstans érték, amelyeket a görbékre illesztett lineáris egyenesek meredekségei adtak. Ezt követően a 8. ábrán összevetettük a mért és a szimulált eredményeket, amely során egy közel 10%-os eltérést tapasztaltunk. Ez egy ilyen típusú szimuláció során túl magas érték, ezért a mérést egy olyan próbatesten is elvégeztük, amelynél még az előreperesztés nem volt elvégezve. Ennek során az eltérés a mérés és a végeselem szimuláció között kisebb volt, mint 1,5% ($C_{IVEM}=12896$, $C_{1mért}=13186$). Ebből az a következtetés vonható le, hogy a repedés alakja konkv.



8. ábra: Eltérés a mért és szimulált értékek között



Így a számításból visszavezetve megállapítható, hogy a vizsgált előrepesztések hossza kb. 1mm-rel kisebb egyenes repedéssel korrelál.

Így a szimulációban meghatározott adatok segítségével már elvégezhető volt az előfeszítés. Az ehhez kapcsolódó fontosabb adatok a 3. és a 4. táblázatban kerültek felsorolásra.

3. táblázat: Szimulációs eredmények

c [mm]	a [mm]	A	C1
17	43	0,007	12928
16,5	43,5	0,0073	12283,3
16	44	0,00765	11658
15,5	44,5	0,00804	11029,89
15	45	0,0084	10369
14,5	45,5	0,0089	9813,89
14	46	0,0094	9218,44
13,5	46,5	0,00994	8636,4
13	47	0,01054	8065,92
12,5	47,5	0,0112	7482,85
12	48	0,01193	6935,579

4. táblázat: Ausztenites acélból készült próbatétel előfeszítéséből származó adatok

Azonosító	K [MPa√m]	A	P [N]	C1	ΔL [mm]
R1	15	0,009647	1554,927	9181,26	0,169
R2	15	0,009452	1586,993	9395,921	0,169
R3	15	0,007883	1902,864	11512,38	0,165
R4	20	0,008281	2415,182	10885,28	0,222
R5	20	0,008975	2228,482	9955,486	0,224
R6	20	0,008792	2274,725	10184,62	0,223
R7	30	0,008589	3492,818	10451,74	0,334
R8	30	0,008723	3439,27	10274,46	0,335
R9	30	0,009564	3136,641	9271,104	0,338
R10	35	0,008194	4271,606	11015,52	0,388
R11	35	0,008249	4242,774	10932,05	0,388
R12	35	0,008605	4067,208	10429,73	0,390

6. Vizsgálat leírása és eredményei

6.1 Ausztenites próbatétek vizsgálati terve

Az ausztenites acélból készült próbatétekre vonatkozó vizsgálati terv a következő volt:

- Vizsgálat körülménye: primer körülmények
- Vizsgált anyagminőség: 1.4541 ausztenites acél
- Vizsgálati idő:
 - 30 nap
 - 15. nap letelte után 3 nap leállás tervezve, amikor az egyik kapszula kibontásra kerül és megvizsgáljuk a próbatéteket
- Vizsgálati körülmények:
 - Nyomás: 123 bar
 - Hőmérséklet: 297 °C



9. ábra: A mérőberendezés felépítése
bal: szigetelés nélkül, jobb: első réteg szigeteléssel

- Próbatétek elhelyezése a kapszulákban:
 - 1. kapszula: R1, R4, R7, R10
 - 2. kapszula: R2, R6, R9, R11
 - 3. kapszula: R3, R5, R8, R12

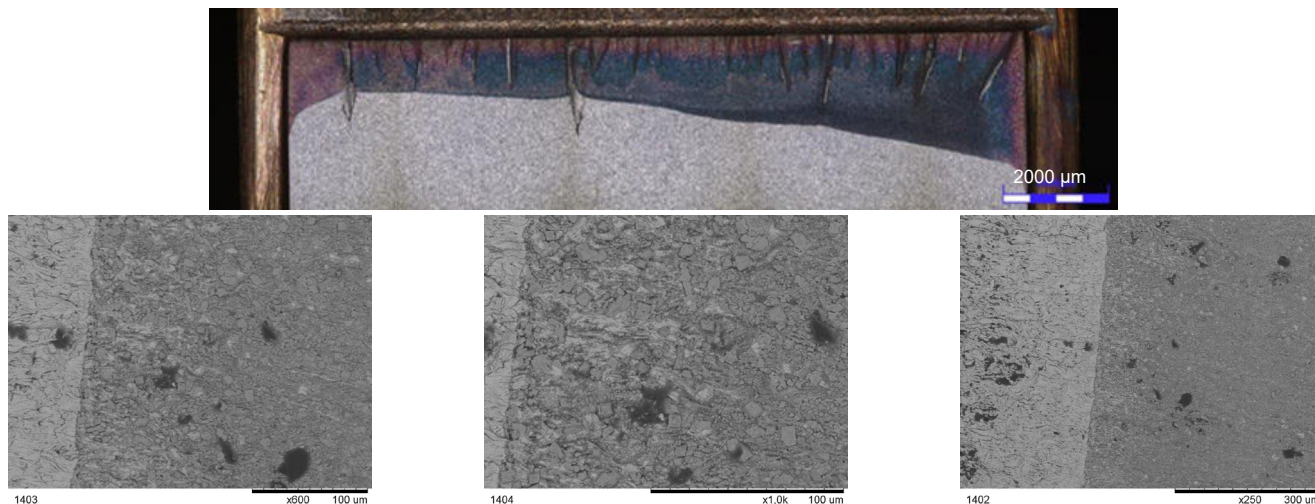
A 9. ábra szemlélteti a vizsgálat mérőberendezését, amelybe már behelyezésre került a három kapszula. A kapszulák tetején biztonsági szerelvény, illetve hőmérsékletmérők vannak elhelyezve. A megfelelő hőn tartás elérésének érdekében a kapszulák felső eleme, illetve a kemence is több szigetelő réteggel lett ellátva.

6.2 Eredmények

Jelenleg a kapszulákba helyezett próbatétek közül minden terhelési szintből egy, ezáltal összesen 4 db kiértékelésre került sor. A vizsgálati tervnek megfelelően az ausztenites minták esetében 15 nap letelte után közbe iktattunk egy időközi vizsgálatot, mely során minden terhelési szintről 1-1 darab mintát kiválasztottunk és mikroszkóppal megvizsgáltuk, hogy a darab oldalán kialakított vágatban tapasztalható-e repedésnövekedés. A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy 15 nap elteltével nem keletkezett mérhető repedésnövekedés, így a próbatétek visszakérültek további 15 napra a vizsgálóberendezésbe.

A tervezett teljes, 30 napos vizsgálati idő letelte után ismét kivettük a próbatéteket a berendezésből, és a korábban már vizsgált 4 próbatétel töretfelületét tártuk fel, hogy teljes keresztmetszetben vizsgálni tudjuk az esetleges repedés előrehaladást. Az R5-ös próbatétel töretfelületéről készült felvételeket a 10. ábra szemlélteti.

A próbatésten az elszíneződött rész az előrepesztett területet jelöli. Mind a négy mintán megfigyelhető, hogy a repedés vonala aszimmetrikus, ami azzal hozható összefüggésbe, hogy előrepesztés során nem volt egytengelyű a terhelés. A repedéshosszakat a megfelelő szabványok szerint 9 pontban lemértük mérőmikroszkóppal, az eredményt az 5. táblázat tartalmazza.



10. ábra: 20 MPa $\sqrt{m}$ -rel előfeszített R5-ös próbatest töretfelülete

5. táblázat: R5 próbatest repedéshossz méretei

R5 próbatest	Mérési pontok								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Repedéshossz a bemetszés végétől (mm)	1,456	1,086	1,157	1,179	1,386	1,687	1,834	2,162	2,572
Repedéshossz a terhelés vonalától (mm)	44,435	44,07	44,136	44,158	44,365	44,666	44,813	45,141	45,551

A minták töretfelületének pontosabb megismerése érdekében sztereomikroszkópos, optodigitális mikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatokat végeztünk, azonban ezeken sem volt található feszültségkorróziós repedésre utaló jel. A vizsgálatokat követően arra a megállapításra jutottunk, hogy a töretfelületen nem találhatóak feszültségkorróziós repedésterjedésre utaló nyomok.

7. Összefoglalás

Az előzőekben feszültségkorróziós méréshez készített egyedi próbatestek vizsgálati előkészítése került bemutatásra, melynek során a legnagyobb problémát a vizsgálóberendezés befogadóképességének véges kapacitása jelentette. A henger alakú kapszulák belső átmérője 60 mm, ezért a hagyományos CT próbatestek nem voltak betehetők. Ezáltal egy módosított CT próbatestet hoztunk létre, amely behelyezhető volt a mérőberendezésbe, és az előfeszítés során az anyag alakváltozása a rugalmas tartományban mozgott. Ennek során számos szimulációt készítettünk el az előfeszítési körülmények pontos meghatározásához. Az ausztenites acélból készült próbatestek 1 hónapon keresztül voltak benne a berendezésben. A kutatás során három kapszulában helyeztük el a 12 db próbatestet, így a mérés felénél egy kapszulából a minták időközi megvizsgálását végeztük el, annak érdekében, hogy több adatunk legyen a repedésterjedés időbeni változásáról, azonban ennek során a próbatestek két oldalán repedésterjedésre utaló jelek nem voltak tapasztalhatók.

A vizsgálat elvégzését követően sem voltak a próbatesteken repedésterjedésre utaló jelek. Azonban azt fontos megemlíteni, hogy a primer körüli körülmények esetén a víz kémiaja mellett a sugárzásból származó terhelések figyelembe vétele is ajánlott, amely azonban további vizsgálatokat igényel.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatás az Alkalmazás orientált anyag-, technológia-, elméleti és vizsgálati módszerek fejlesztése - a tudásintenzív hazai ipar fejlődésének szolgálatában című és TKP-7-1/PALY-2020 számú projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] ASTM E399-20a: Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials
- [2] Dietzel, W., Bala Srinivasan, P., Atrons, A.: Stress Corrosion Cracking Theory and Practice, Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, 2011. pp. 133-166 <https://doi.org/10.1533/9780857093769.2.133>.
- [3] Jenks, A. R., White, G. A., Crooker, P.: Scoring Process for Evaluating Laboratory PWSCC Crack Growth Rate Data of Thick-Wall Alloy 690 Wrought Material and Alloy 52, 152, and Variant Weld Material, Jackson J., Paraventi D., Wright M. (eds) Proceedings of the International Conference on 18th Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems – Water Reactors, The Minerals, Metals & Materials Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04639-2_1
- [4] Andresen, P.L., Morra, M.M., Ahluwalia, K.: SCC of Alloy 690 and its Weld Metals, Busby J.T., Ilevbare G., Andresen P.L. (eds) Proceedings of the 15th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems – Water Reactors. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48760-1_11
- [5] PNAE G-7-002-86: Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, 1990.

Mindennapi törésmechanika – Mire készítsük fel a szerkezetek felülvizsgálatát végző szakembereket?

Everyday Fracture Mechanics – What is the hot point in preparation of NDT specialists?

Dudra Judit^a, Erdei Réka^b, Tóth László^c

^avezető kutató, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., judit.dudra@bayzoltan.hu

^btudományos munkatárs, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., reka.erdei@bayzoltan.hu

^ctudományos tanácsadó, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., laszlo.toth@bayzoltan.hu

Kulcsszavak

törésmechanika, biztonság, roncsolásmentes vizsgálat, személyi követelmények, ismétlődő terhelés

Keywords

fracture mechanics, safety assessment, NDT methodology, personnel requirement, cyclic loading

Absztrakt

Hogyan készítsük fel a roncsolásmentes vizsgálatokat végző szakembereket a mérnöki szerkezetek felülvizsgálatára? Melyek a legfontosabb területek? A felületi vagy a felület alatti repedések a veszélyesebbek? Milyen a terhelés hatása? A húzás vagy a hajlítás a veszélyesebb? Melyik szerkezet veszélyesebb fáradásos repedésterjedés szempontjából; az amelyik lágyacélból, avagy a nagyszilárdságú acélból készült? A kérdések sora a végtelenségig sorolható. Az azonban egyértelmű, hogy már a felsoroltak is döntő módon befolyásolják a felülvizsgálat stratégiáját, az alkalmazandó eljárásokat és a vizsgálatokat végző személyzettel szemben támasztott követelményeket. Jelen közlemény ezen kérdéskörhöz kötődő ismeretek szükségességét illusztrálja.

Abstract

What is/are the hot point/s in preparation of the NDT specialists for performing periodical control of engineering components? The surface or middle cracks are more dangerous? What is the effect of local loading conditions; bending or tension is more dangerous? What is the situation in safety issue at engineering components made of mild or high strength steels especially at the cyclic loading conditions? The question series could be continued infinitely, but it is absolutely true, that by the mentioned examples the inspection strategies, methods, personnel requirements are strongly influenced. Some of these items are illustrated in this paper.

1. Bevezetés

A mindennapi mérnöki gondolkodás alapja a „**Biztonság - Megbízhatóság - Kockázat**” egysége. Aki nem így szemléli az őt körülvevő anyagi világ elemeit, mérnöki tevékenységre alkalmatlan. Miért is hangsúlyozandó a kihangsúlyozott hármas szókapcsolat? Az ok egyszerű és nyilvánvaló, mert nem csupán a biztonságot, hanem annak garantálására fordított anyagi javakat is kifejezi, magában hordozza. A „biztonság” ugyanis csupán azt fejezi ki, hogy az adott szerkezet, mérnöki alkotás milyen valószínűséggel teljesíti megalkotásának célját. Ahhoz, hogy a biztonság szintjét (létrehozásával kitűzött célt) becsülni lehessen, **anyagi befektetésre** van szükség (tervezés, mérések, elemzések, periodikus felülvizsgálat stb.). Ezzel kell mindenkor szembeállítani a **kockázatot**, ami nem más, mint annak valószínűsége, hogy az adott elem nem tölti be rendeltetését és ennek következtében bekövetkező összes kár szorzata. Egy-egy mérnöki alkotás, rendszer megkívánt (előírt) biztonsága természetesen változhat élettartamuk során (technológia elavulása, üzemi paraméterek, vagy üzemeltetési környezet változása stb. miatt). A biztonság mindenkori felméréséhez azonban anyagi befektetéssel járó periodikus felülvizsgálatokra van szükség. Azonban nem mindegy, hogy milyen összegre és milyen gyakorisággal!

Az eddigi cikksorozat [1-4] folytatásaként jelenlegi közleményünk ehhez igyekszik támpontokkal szolgálni.

2. A közlemény célkitűzése

A cikk – amelynek egyes ábrái már „történelmi korokat éltek meg” és számtalan egyetemi, tanfolyami, oktatási anyagból köszönnek vissza – megjelentetését részben didaktikai, részben pedig szakmai okok indították. Vegyük ezeket sorra, kezdve a címben említett szakmai háttérrel, azaz „**Mire készítsük fel a szerkezetek felülvizsgálatát**

végző szakembereket?” Ennek kibontásánál a következő kérdések megválaszolására törekszünk egy ismétlődő terhelésű, repedést tartalmazó lemezszerű szerkezeti elem kapcsán:

- A **felületi** vagy a **felület alatti** repedések veszélyesebbek azonos geometriai, terhelési és anyagi paraméter esetén? E kérdés fontossága kézenfekvő, hiszen megválaszolása alapvetően meghatározza a vizsgálati módszert, az eszközt és a vizsgáló személyzettel szemben támasztandó követelményeket!
- Melyik terhelési mód, a **húzás** vagy a **hajlítás** veszélyesebb azonos geometriai és anyagi paraméter esetén? A kérdés mögött meghúzódó gondolat lényege, hogy „a húzott vagy a hajlított elemek vizsgálatára koncentráljunk-e jobban?”
- Van-e hatása a **repedések veszélyességére** az anyag szilárdságának abban az esetben, ha a terhelés a mindenkori folyási határ adott százaléka, azaz a kvázisztatikus terhelésre vonatkozó **biztonsági tényező azonos?**
- Miképpen válaszolhatók meg a fenti kérdések annak feltételezésével, hogy a „**hányszor veszélyesebb**” kritériumot is megköveteljük? A „veszélyesség” számszerű jellemzésével ugyanis egyértelmű háttérrel kapnak az olyan kifejezések, mint „kissé, kevésbé, kb. azonos, nagyon, kiugróan, ...” jelzők, helyettük konkrét számok húzódnak meg, pl. „kétszeres, háromszoros, fele, negyede stb.”

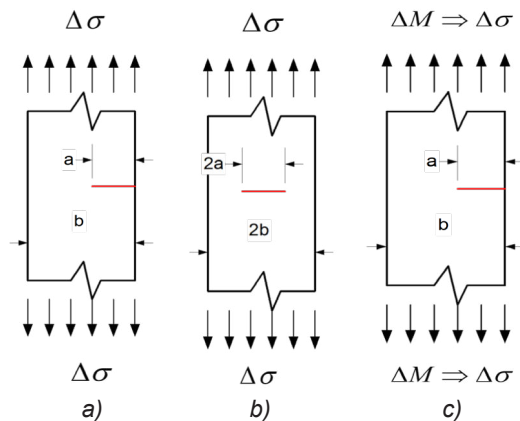
A cikk publikálásának didaktikai háttérét pedig az a tény diktálta, hogy a fenti kérdések már mintegy 35 éve megválaszolásra kerültek, de a hasonló, a gyakorlati életben is kiválóan alkalmazható iskolapéldák száma nem gyarapodott. Az ok – feltehetően – pofonegyszerű: a „**törésmechanika**” kifejezést amolyan „elméleti tárgyként kezelte” mind az „oktató”, mind pedig a „diák”, nem pedig „mindennapi törésmechanikának”! A jelenlegi „mindennapi számítás-technikai” eszköztárat tekintve az előzőekben említett a. - d.

kérdések még számos új – és a gyakorlati életben nagyon hasznos, időnként nagy gazdasági kihatású kérdésekkel bővíthetők. Néhány ezek közül:

- Milyen hatással van következtetéseinkre az anyagvizsgálat megbízhatósága?
- A számításaink során felhasznált paraméterek (geometriai, anyagi, terhelési) közül melyik befolyásolja leginkább következtetéseink megalapozottságát? Másképpen megfogalmazva: „mi van akkor, ha” kérdéssorozat megválaszolásának lehetősége igen rövid időbe telik? Vonatkozhat ez pl. a terheléscsökkentés lehetőségétől a hiba veszélyességi szintjének elemzéséig.

3. Az „iskolapélda” – a mindennapi törésmechanika

Az a.-f. pontban megfogalmazott kérdések megválaszolásához tekintsük az 1. ábrán felvázolt szerkezeti elemeket.



1. ábra: A hibák veszélyességének mérlegelésénél használt modellek: a) húzott lemez felületi repedéssel, b) húzott lemez belső repedéssel, c) hajlított lemez felületi repedéssel

E modellek sajátosságai:

- geometriai méretei azonosak,
- a felületen húzásból vagy hajlításból ébredő feszültségek azonosak,
- a repedések „a” hossza azonos mindhárom elemben.

A fáradásos repedés terjedésével szembeni ellenállást az (1) kifejezés írja le [5-7]:

$$\frac{da}{dN} = \left\{ -\frac{1}{c} \ln \left[1 - \left(\frac{\Delta K - \Delta K_{th}}{\Delta K_{fc} - \Delta K_{th}} \right)^n \right] \right\}^{\frac{1}{b}} \quad (1)$$

A fenti összefüggés anyagjellemzői:

- ΔK_{th} – a repedéscsúcsban az a ΔK érték, amelynél még éppen nem indul meg a repedés terjedése,
- ΔK_{fc} – a repedéscsúcsban az a ΔK érték, amelynél a repedés terjedése instabillá válik, azaz a darab eltörik,
- b, c, n kísérletileg meghatározandó paraméterek.

Az (1) összefüggésben szereplő anyagi jellemzők értékét a közlemény 1. melléklete tartalmazza.

Az 1. ábrán szereplő szerkezeti elemek repedéseinek csúcsában az ismétlődő terhelés közben ébredő feszültségintenzitási tényezők értékei az alábbi összefüggésekkel számíthatók [8].

Húzott lemez felületi repedéssel:

$$K = Y \sigma \sqrt{a} \quad (2)$$

$$Y = 1,99 - 0,41 \left(\frac{a}{t} \right) + 18,7 \left(\frac{a}{t} \right)^2 - 38,48 \left(\frac{a}{t} \right)^3 + 53,85 \left(\frac{a}{t} \right)^4, \text{ ha } \frac{a}{t} \leq 0,6; \quad (3)$$

$$Y = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{a}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{a}{t} \right)^{\frac{3}{2}} \left(1 + 3 \left(\frac{a}{t} \right) \right) \right], \text{ ha } \frac{a}{t} > 0,6. \quad (4)$$

Húzott lemez belső repedéssel:

$$K = \frac{1 - 0,025 \left(\frac{a}{t} \right)^2 + 0,06 \left(\frac{a}{t} \right)}{\sqrt{\cos \left(\frac{\pi a}{2t} \right)}} \sigma \sqrt{\pi a} \quad (5)$$

Hajlított lemez felületi repedéssel

$$K = \frac{6M}{tW^2} \sqrt{\pi a} \cdot F_1(\alpha), \quad \alpha = \frac{a}{W} \quad (6)$$

$$F_1(\alpha) = 1,122 - 1,40\alpha + 7,33\alpha^2 - 13,08\alpha^3 + 14,0\alpha^4 \quad (7)$$

Általánosan mondható, hogy a képletek 3 fő tagból épülnek fel:

$$K = Y \sigma \sqrt{a} \quad (8)$$

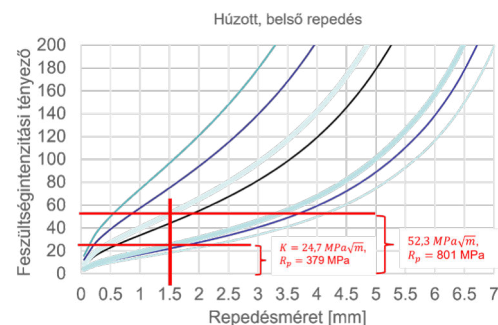
melyben Y a geometriai-, σ a terhelési tényező és $\sqrt{a}$ a repedésméretet tartalmazó tag.

A 2. ábra az (5) képlet alapján számolt K-a függvényeket mutatja különböző folyáshatárú anyagok esetén, mely során a σ terhelés minden esetben a folyáshatár 75%-át tette ki.

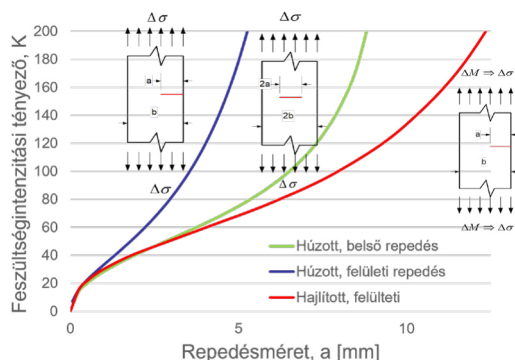
Látható az ábrából, valamint a (8) képlet alapján, hogy a feszültségintenzitási tényező egyenesen arányos a terheléssel, hiszen egy 378 MPa folyáshatárú anyag esetén $\sim 25 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, míg egy közel kétszer akkora, 801 MPa folyáshatárú anyag esetén $\sim 52 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ a feszültségintenzitási tényező értéke azonos geometriai- és repedésméreteknél.

A (2)-(7) összefüggések használatával meghatározható mindhárom esetre a feszültségintenzitás adott terheléssel, mely segítségével megállapíthatóak a modellek veszélyessége. Ezt a 3. ábra szemlélteti, mely alapján megállapítható, hogy a húzott lemez, felületi repedése a legveszélyesebb azonos körülmények között.

A fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállás küszöbértékeit – azaz ahol még nem indul meg a repedés, valamint amelynél a terjedés instabillá válik – a számolt K-a görbék alsó (4,5-6 MPa $\sqrt{\text{m}}$) és középső (40-100 MPa $\sqrt{\text{m}}$) tartományában kell keresni, melyeket a



2. ábra: K-a függvény húzott lemez esetén belső repedéssel, különböző terhelések esetén (a terhelés az anyag folyáshatárának 75% minden esetben)



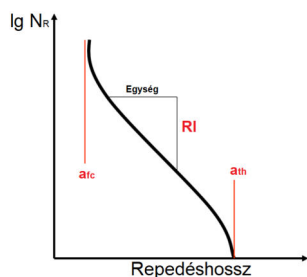
3. ábra: K-a függvény a három modellre

4. ábra is szemléltet. A kapott a_{th} és a_{fc} értékek a folyáshatár függvényében az 5. és 6. ábrán láthatóak, melyből levonható, hogy a folyáshatár növekedésével mindkét érték csökken, tehát egyre kisebb repedés már megindulhat és egyre kisebb repedés már töréshez vezethet.

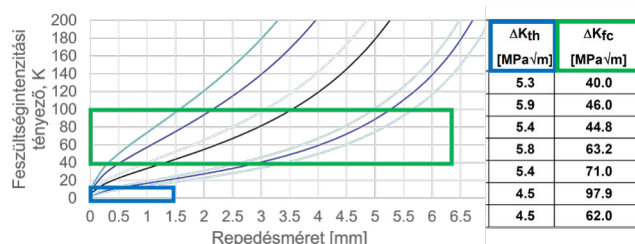
Az ismert ΔK_{th} és ΔK_{fc} és az a , b , n anyagparaméterek ismeretében az (1) egyenlet segítségével számolható a maradék élettartam. Ezt logaritmus skálán ábrázolva a repedéshossz függvényében a 7. ábrán látható jellegű görbét kapunk. Az a_{th} értékhez közel az élettartam tart a végtelenbe, míg a_{fc} -nél 0-ra csökken (eltörik). A görbén kijelölhető egy egyenes szakasz, melynek meredeksége adja a repedésérzékenységi indexet (RI). Az RI értékeket a folyáshatár függvényében a 8. ábrán szemléltettük mind a három modell esetén, melyeket összehasonlítottuk – a szintén az ábrán látható – 30 évvel ezelőtti számítások eredményeivel.

4. Korábbi számítások

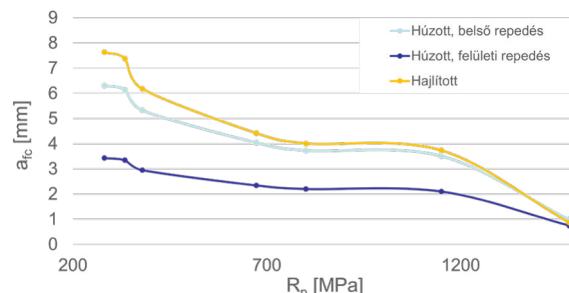
Az 1990-es évek elején a bemetszést tartalmazó **anyagok** és a repedéssel rendelkező szerkezetek **„bemetszés-érzékenysége”** valamint a **„szerkezetek repedésérzékenysége”** – ismereteink szerint – a világ szakirodalmában első alkalommal került definícióra rendszerszerűen, a terhelés jellegének (kvázistatikus, dinamikus, ismétlődő) függvényében [9-11]. Az anyagok bemetszésérzékenysége meghatározása csupán a mechanikai anyagvizsgálat elvégzésének metodikai kérdése. Más a helyzet a szerkezetek repedésérzékenységevel. Ebben az esetben a repedéscsúcs közvetlen környezetének viselkedését leíró, a modelltől függő függvény repedéshossz szerinti deriváltját kell számítani. Ezek általában bonyolultabb függvények, amelyeknél a hibalehetőség meglehetősen nagy. Még nagyobb a gyakorlati probléma, ha az ismétlődő



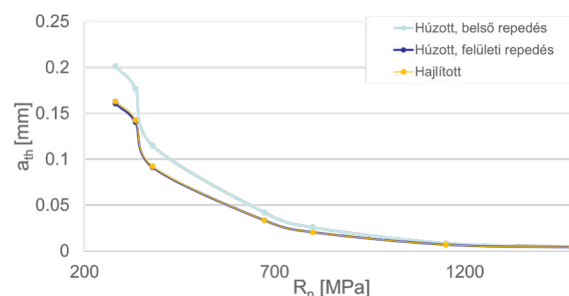
7. ábra: Maradék élettartam görbe, repedésérzékenységi index értelmezése



4. ábra: ΔK_{th} és ΔK_{fc} határértékek meghatározási tartománya



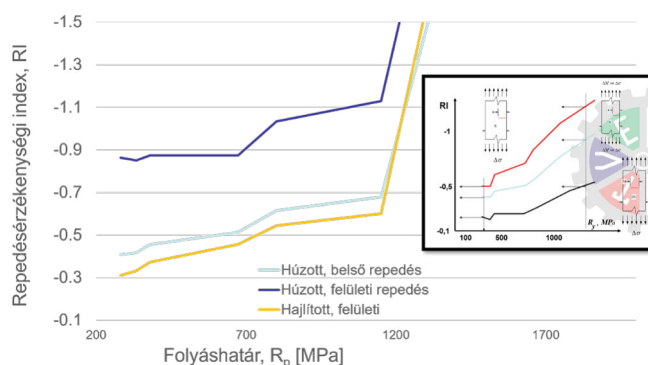
5. ábra: a_{fc} ésrtékek a folyáshatár függvényében



6. ábra: a_{th} ésrtékek a folyáshatár függvényében

igénybevételre jellemző repedésérzékenységet kívánjuk meghatározni, azaz a maradék élettartam változását segítségny repedésnövekedés során. Ebben az esetben adott tartományban kell határozott integrál értékét kiszámítani kiválasztott repedésterjedési törvény figyelembevételével. A gondolatkör anno – 30 évvel ezelőtt – nem terjedt el széles körben a könnyen alkalmazható általános matematikai szoftverek hiánya miatt.

Természetesnek tűnt azonban, hogy a repedésérzékenység gyakorlati alkalmazhatóságát bizonyítandó példák kidolgozását elindítottuk annak érdekében, hogy a gondolatkör jelentőségét hangsúlyozzuk. Ez lehetővé tette



8. ábra: Repedésérzékenységi index a folyáshatár függvényében a három modellnél és a 30 évvel ezelőtti számítások eredménye

1. táblázat: A MathCAD és a HP-65 által számított értékek

Húzott lemez belső repedéssel		Húzott lemez felületi repedéssel		Hajlított lemez felületi repedéssel	
MathCAD	HP-65	MathCAD	HP-65	MathCAD	HP-65
0,41	0,23	0,86	0,50	0,31	0,41
0,42	0,21	0,85	0,50	0,33	0,41
0,46	0,26	0,87	0,61	0,37	0,46
0,51	0,26	0,87	0,71	0,46	0,51
0,62	0,32	1,03	0,87	0,54	0,60
0,68	0,48	1,13	1,20	0,60	0,85
2,40	0,58	3,12	1,40	2,72	1,05

a „roncsolásmentes vizsgálat – szerkezetek biztonsága” közötti összefüggés SZÁMSZERŰ összekötését. Egyik legkézenfekvőbb példa volt a jelen közleményben ismertetett eset. A széleskörű „asztali számítástechnika” akkori eszköze a COMMODORE-64 volt, általános matematikai szoftvercsomagok nélkül. A tudományos zsebszámológépek piacán a konkurens HP és a TI termékek mindegyikével rendelkezett tanszékünk (NME Mechanikai Technológiai Tanszék) már az 1980-as években. Az első számítások a HP-65 típusú zsebszámológéppel lettek elvégezve. E típusú gép nagy előnye abban állt, hogy a legkülönbözőbb szakmai területekre mágneskártyán rögzített szoftverek lettek kidolgozva az elektrotechnikai, gépészeti területektől az alapvető matematikai csomagokig.

Természetesen a TI zsebszámológépek is követték némi lemaradással a HP-65 fejlődését, azaz megjelentek a legkülönbözőbb műszaki területeken használható programkártyák.

A mintegy 30 évvel korábbi, a HP-65 zsebszámológéppel elvégzett és a MathCad szoftvercsomaggal elvégzett számítási eredmények értékeit az 1. táblázat tartalmazza. Mindenképpen kihangsúlyozandó, hogy a korábbi számítások „eredményei” a publikált közlemény ábráiról lettek leolvasva.

Az 1. táblázatban feltüntetett számszerű adatok alapján a következő lényeges megállapítások tehetők:

- A mintegy 30 évvel korábban HP-65 típusú zsebszámológéppel elvégzett számítások eredményei jellegzetesek voltak, azaz:
 - ugyanolyan geometriai és terhelési feltételek mellett a húzott lemez felületi hibája a legveszélyesebb, míg legkevésbé veszélyes a középen levő

pl. összeolvadási hiba;

- ugyanolyan kvázistatikus terhelésre jellemző biztonsági tényező (az ismétlődő terhelés az aktulás folyási határ 75%-a) esetén az anyag folyási határának növekedésével mindhárom elemzett szerkezeti elem egyre érzékenyebb a repedésre;
- a repedésérzékenység növekedése megnyilvánul a terjedőképes (a_{th}) és a kritikus (a_{krit}) repedéshosszak csökkenésében, mind pedig a repedésérzékenységi index (RI) abszolút értékének növekedésében;
- mivel az a_{th} értékénél – elvileg – a maradék élettartam végtelen, így célszerű az a_{fc} -ből kiindulva, visszafelé integrálni.
- A korábbi számítások eredményei nem csupán jellegzetesek voltak, hanem nagyságrendileg is megegyeztek. Ez különösen igaz a kisebb szilárdságú acélokra. A nagyszilárdságú szerszámacéloknál minden számított jellemzőben eltérés tapasztalható. Ennek lehetséges okai részletesebb elemzést igényelnek.
- Az előzőekben említettek alapján a roncsolásmentes vizsgálatokra mintegy 30 évvel korábban **először megfogalmazott** elvárások megerősítést nyertek.

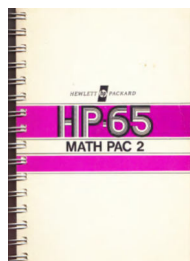
5. Összefoglalás

A közlemény célkitűzését és a kidolgozott számpéldák eredményeit tekintve az alábbi megállapítások tehetők:

1. Azonos anyagból készült azonos terhelésű és geometriájú szerkezeti elemek közül a húzott elem felületi repedése a legveszélyesebb.
2. Az acélok folyási határának növekedésével a repedések veszélyessége növekszik, ami megnyilvánul mind a terjedőképes (a_{th}) és a kritikus (a_{krit}) repedéshosszak csökkenésében, mind pedig a repedésérzékenységi index (RI) abszolút értékének növekedésében.
3. A szerkezetek periodikus felülvizsgálata során a felületi repedések detektálására kell összpontosítani.
4. A HP-65 típusú programozható számológéppel mintegy 30 évvel korábban elvégzett számítások eredményei jó egyezést mutattak a MathCad programcsomag szolgáltatja eredményekkel. Javasolt az integrálással kapcsolatos számításoknál visszafelé számolni az a_{th} irányába, mivel az a_{th} értéknél a függvény a végtelenbe tart.
5. Az előzőekben említettek alapján a roncsolásmentes vizsgálatokra mintegy 30 évvel korábban először megfogalmazott elvárások megerősítést nyertek.
6. Az acélszerkezetek, nyomástartó edények TERVEZÉSI DOKUMENTUMAIT célszerű kiegészíteni a legkonzervatívabb törésmechanikai modell alapján számított kritikus repedéshosszakkal (ill. ismétlődő terhelés esetén a terjedőképes és kritikus repedésméretekkkel), az üzemelő szerkezeteknél, nyomástartó rendszereknél pedig a GÉPKÖNYVET indokolt ugyanezen adatokat pótlólagosan szakértői nyilatkozattal megadni.
7. A 6. pontban említettek megvalósítása a költségghatékony periodikus felülvizsgálat biztosító és a „mindennapi törésmechanika” bevezetésének záloga.



a)



b)



c)

9. ábra: a) Mágneskártyás HP-65 típusú zsebszámológép,
b) a matematikai programcsomagok második csomagja,
c) a TI programkártyája

Irodalomjegyzék

- [1] Dudra J., Erdei R., Tóth L.: Mindennapi törésmechanika a szerkezetek biztonságos üzemeltetőségének alapja. Anyagvizsgálók Lapja, 2019/IV. lapszám, p. 30-41., ISSN: 1215-8410
- [2] Dudra J., Erdei R., Tóth L.: Mindennapi törésmechanika – Belső nyomással terhelt csővezetékek biztonsága. Anyagvizsgálók Lapja, 2020/I. lapszám, p. 5-10., ISSN: 1215-8410
- [3] Dudra J., Erdei R., Tóth L.: Mindennapi törésmechanika – Húzott csővezetékek biztonságának megítélése. Anyagvizsgálók Lapja, 2020/II-III. lapszám, p. 5-13., ISSN: 1250-8410
- [4] Dudra J., Erdei R., Tóth L.: Mindennapi törésmechanika – Méret és repedésterjedéssel szembeni ellenállás hatásának elemzése. Anyagvizsgálók Lapja, 2021/III. lapszám, p. 42-45.
- [5] Tóth, L.: A fáradt repedés terjedési sebességének leírása a károsodási folyamat jellemzésével. Gép, (33), 1981/7. p. 257-262.
- [6] Romvári, P. – Tóth, L. – Kocsisné, Baán M.: Az anyag károsodását jellemző paraméterek a fáradt repedés terjedése során. Gép, (33), 1981/9. p. 337-340.
- [7] Tóth L.: Repedést tartalmazó szerkezeti elemek megbízhatósága ismétlődő terhelés esetén. DSc disszertáció (1995), MTA-hoz benyújtva.
- [8] I. M. Dmytrakh, L. Tóth, O. L. Bilyy, A. M. Syrotyuk: Workability of materials and structural elements with sharp-tipped stress concentrators, Vol. 13., ISBN 978-966-665-493-2, Lviv, Publishing House (Spolom),
- [9] Tóth L.: Bemetszésérzékenység - repedésérzékenység. IV. Országos Törésmechanikai Szeminárium. Miskolc-Lillafüred, 1991. Április 10-12.
- [10] L. Tóth: Notch Sensitivity-Crack Sensitivity. International Conference on Fracture, ICF 8. Kiev 1993. Júne 8-13. Part II. p. 640.
- [11] L. Tóth: Reliability assesment of cracked structuta elements under cyclic loading. InHandbook of fatigue Crack Propagation in Metallic Structures. Ed. A. Carpinteri. Elsevier 1994. Vol. 2. p. 1643 – 1673.

1. Melléklet: Az (1) kifejezésben szereplő anyagi paraméterek 100 különböző anyagra

Ssz.	c	b	ΔK_{th} [MPa $\sqrt{m}$]	ΔK_{Ic} [MPa $\sqrt{m}$]	n	Anyagminőség
1	101,77	0,459	5,30	40,0	0,575	St38
2	202,43	0,523	5,40	44,8	0,608	H 60
3	316,84	0,568	5,85	63,2	0,486	H 75/3
4	129,00	0,506	5,15	71,0	0,566	HSLA
5	144,63	0,506	5,40	71,0	0,523	NAXTRA 70
6	56,94	0,429	3,08	62,0	0,457	300 M
7	46,74	0,396	2,95	33,5	0,457	300 M
8	30,13	0,379	5,05	70,1	0,485	300 M
9	535,23	0,548	2,28	9,8	0,636	300 M
10	393,30	0,552	2,30	18,6	0,610	300 M
11	327,47	0,527	2,40	22,0	0,536	300 M
12	59,98	0,427	3,68	56,0	0,514	300 M
13	355,66	0,540	2,30	18,3	0,581	300 M
14	162,57	0,470	2,38	24,8	0,488	300 M
15	40,06	0,398	3,03	64,0	0,438	300 M
16	24,05	0,357	3,00	73,0	0,491	300 M
17	55,03	0,430	3,58	55,5	0,554	300 M
18	854,00	0,616	2,32	18,4	0,661	300 M
19	665,16	0,592	2,46	21,0	0,546	300 M
20	217,36	0,504	2,45	25,0	0,534	300 M
21	57,19	0,448	3,01	63,0	0,533	300 M
22	27,68	0,384	5,10	75,0	0,505	300 M
23	106,98	0,455	1,04	23,0	0,522	Al-ötvözet
24	16,98	0,353	2,85	27,1	0,580	Al-ötvözet
25	114,84	0,498	2,32	20,0	0,611	Al-ötvözet
26	76,19	0,449	1,38	18,0	0,669	Al-ötvözet
27	109,50	0,443	1,2	7,8	0,713	Al-ötvözet

Ssz.	c	b	ΔK_{th} [MPa $\sqrt{m}$]	ΔK_{Ic} [MPa $\sqrt{m}$]	n	Anyagminőség
28	32,38	0,351	7,60	53,0	0,434	Sínacél
29	34,61	0,353	7,55	57,0	0,441	Sínacél
30	27,65	0,357	7,80	66,0	0,438	Sínacél
31	28,33	0,363	7,80	67,0	0,434	Sínacél
32	17,97	0,335	9,50	76,0	0,524	Hegesztett kötés
33	18,29	0,332	10,40	80,0	0,495	Hegesztett kötés
34	43,84	0,419	4,30	72,0	0,589	Hegesztett kötés
35	36,46	0,458	7,30	77,0	0,623	Hegesztett kötés
36	122,88	0,485	5,90	46,0	0,524	St 52
37	90,87	0,457	4,80	52,0	0,535	Hegesztési ömledék
38	123,30	0,507	9,10	51,0	0,623	Hőhatásövezet
39	185,21	0,508	6,90	43,0	0,596	Hőhatásövezet
40	71,18	0,414	7,55	41,0	0,559	Hőhatásövezet
41	110,22	0,477	5,30	42,0	0,578	Hőhatásövezet
42	14,36	0,304	3,80	33,2	0,476	Al-ötvözet
43	11,56	0,291	3,80	47,1	0,445	Al-ötvözet
44	50,70	0,473	3,70	26,0	0,877	40 CrSi
45	19,60	0,409	4,30	55,8	0,880	40 CrSi
46	19,60	0,409	4,30	68,2	0,707	40 CrSi
47	19,60	0,409	5,60	87,0	0,664	40 CrSi
48	21,97	0,516	6,80	51,0	0,614	Ti-6Al-4V
49	7,44	0,396	9,30	112,0	0,600	Ti-6Al-4V
50	7,31	0,379	0,11	10,0	0,350	Ti-6Al-4V *
51	6,60	0,351	0,11	8,6	0,426	Ti-6Al-4V **
52	100,56	0,622	0,07	3,0	0,463	300 M *
53	831,08	0,790	0,11	2,3	0,469	300 M *
54	113,95	0,635	0,07	3,1	0,468	300 M *
55	43,82	0,578	0,11	6,9	0,422	HP 9-4-0,3 *
56	250,92	0,734	0,11	6,5	0,387	HP 9-4-0,3 *
57	89,49	0,562	0,08	6,4	0,389	HP 9-4-0,3 *
58	50,09	0,574	0,11	5,9	0,393	HP 9-4-0,3 **
59	283,26	0,721	0,09	6,1	0,356	HP 9-4-0,3 **
60	151,41	0,612	0,05	3,4	0,392	HP 9-4-0,3 **
61	11,92	0,445	0,05	4,4	0,440	Al-7075-T73 *
62	26,54	0,495	0,07	4,5	0,392	Al-7075-T73 *
63	13,34	0,429	0,04	4,0	0,402	Al-7075-T73 **
64	11,60	0,399	0,05	2,8	0,421	Al-7075-T73 **
65	15,41	0,437	0,05	4,8	0,389	Al-7075-T73 **
66	161,06	0,702	0,03	0,5	0,693	Al-2219-T85**
67	42,95	0,405	4,69	69,1	0,483	HSLA
68	922,86	0,614	2,96	26,0	0,567	HSLA
69	50,06	0,411	3,96	67,7	0,480	HSLA
70	56,72	0,441	4,28	69,1	0,521	HSLA
71	36,62	0,388	3,96	75,0	0,471	HSLA
72	60,51	0,444	5,42	69,1	0,549	HSLA
73	44,93	0,434	6,03	75,8	0,563	HSLA
74	46,46	0,432	4,80	74,1	0,549	HSLA
75	43,81	0,419	5,05	72,4	0,512	HSLA
76	10,42	0,336	1,70	13,2	0,635	Mg-ötvözet
77	10,42	0,336	1,80	16,2	0,656	Mg-ötvözet
78	10,42	0,336	2,05	19,0	0,654	Mg-ötvözet
79	12,25	0,337	2,25	19,5	0,567	Mg-ötvözet
80	12,25	0,337	2,05	21,7	0,434	Mg-ötvözet
81	73,4	0,502	4,50	97,9	0,612	NK
82	110,9	0,521	4,50	62,0	0,611	Cr 13
84	267,08	0,363	9,50	31,0	0,709	Al-ötvözet
85	277,75	0,366	8,00	53,0	0,547	Al-ötvözet
86	515,15	0,365	2,40	61,0	0,382	HT 80
87	313,37	0,338	2,49	85,0	0,835	HT 80
88	780,08	0,396	7,79	88,0	0,354	HT 80
89	265,80	0,326	2,30	98,0	0,302	HT 80
90	702,78	0,560	17,00	92,8	1,056	Ti-ötvözet (BT3-1)
91	702,78	0,560	13,0	57,0	1,010	Ti-ötvözet (BT-25)
92	250,85	0,603	7,50	88,0	0,709	18/8
93	250,31	0,600	5,10	75,0	0,660	18/8
94	792,43	0,595	2,70	12,5	1,227	Öntöttvas
95	364,59	0,556	5,30	24,5	0,749	Öntöttvas
96	144,20	0,508	9,50	36,0	0,700	Öntöttvas
97	701,81	0,828	14,90	54,6	0,545	Öntöttvas (GGG)
98	693,50	0,802	16,20	40,3	0,659	Öntöttvas (GGG)
99	196,11	0,674	13,30	42,5	0,811	Öntöttvas
100	1385,4	0,885	13,00	33,1	1,054	Öntöttvas (GGG)

Megjegyzés: a ΔK helyett a ΔS - kN/m (alakváltozási energiasűrűség);
 $\alpha \Delta S$ - kN/m, ahol az α a terhelés körülményeit kifejező állandó

Determination The Effect Of Operational Loads On Residual Stresses In Dissimilar Metal Welds By Numerical Simulation

Heterogén hegesztett kötésben az üzemi terhelések maradó feszültségre gyakorolt hatásának a meghatározása numerikus szimuláció segítségével

Bernadett Spisák^a, Szabolcs Szávai^b

^{a, b} Bay Zoltán Nonprofit Ltd. for Applied Research; University of Miskolc

^a tudományos munkatárs, bernadett.spisak@bayzoltan.hu, ^b osztályvezető, szabolcs.szavai@bayzoltan.hu

Kulcsszavak

heterogén hegesztett kötés,
végelemzés,
maradó feszültség,
üzemelési terhelések

Keywords

dissimilar metal welding,
finite element analysis,
residual stress,
operational loads

Absztrakt

A cikk egy VVER-440 gőzfejlesztőn végzett számítási eredményeket foglalja magában, ahol a heterogén hegesztett kötés mellett a primer kör körülmények is figyelembe voltak véve. A számítások magába foglalják a tranzien varrat hegesztésből származó maradó feszültségeit és az üzemelési terheléseket is. A kapott eredmények felhasználhatók a későbbiekben a feszültségkorróziós repedés keletkezési helyének a meghatározására és a hegesztett kötés élettartamának és meghibásodásának az előrejelzésére.

Abstract

This paper summarizes the computation results of residual stresses of the VVER-440 steam generator (SG) where beside the DMW the primary loop collector of the SG is also investigated. The calculations include the welding residual stresses of the DMW and the effects of the operational loads. The obtained results can be used in the prediction of initiation places of stress corrosion cracking and for the lifetime assessment and failure mode predictions of the welded joints.

Introduction

To achieve the best possible mechanical strength several welded connections are used in the nuclear industry. There are several cases where components made from different alloy systems must be connected. This type of weld is called dissimilar metal weld (DMW). The transition between the different parent materials is achieved with the usage of a buttering layer. In the power plant a common example is the joining of a ferritic low alloy steel to an austenitic stainless steel. Unfortunately, a large number of DMW joints show tendency of cracking, one of the causes of this cracking was determined to be stress corrosion cracking mechanism, where the dominating source of driving force is the residual stresses in the DMWs. Up until 2018 there were 46 majors operational PWR and BWR service cases which is relevant to ageing degradation by stress corrosion cracking focused on DMWs [1]. In case of WWER-440 DMWs are the reactor pressure vessels safe end welds, core spray nozzles, feedwater nozzles, jet pump instrumentation nozzles, and also the recirculation inlet and outlet steam generator nozzles. The life time of several existing nuclear power plants is planned to be extended, therefore, the accurate estimation of residual stresses in DMWs is necessary. Unfortunately, the direct measurement of residual stresses is difficult, consequently the usage of numerical modelling to estimate these stresses has widely spread [2, 3].

In this paper effect of the operational loads on the residual stresses in a DMW is investigated. 2D and 3D simulations were created to examine the DMW. In the first case the analysis was carried out with only the operational loads, where beside the mechanical loadings the thermal effects resulted from the operational

temperatures are also included. In the second version of the calculations beside the operational loads the welding of the two material was applied without the modelling of the welding of the buttering layers. Finally, in the third case both type of welding (for the buttering layers and between the two basic material) was also implemented together with the mechanical and thermal loadings.

1. Geometry

The examined DMW can be found in the steam generator of the WWER 440MW unit. The steam generator is placed horizontally and is connected to vertical cylindrical hot and cold collectors, the schematic picture of it can be seen on Fig. 1. where the placement of the DMW is also shown.

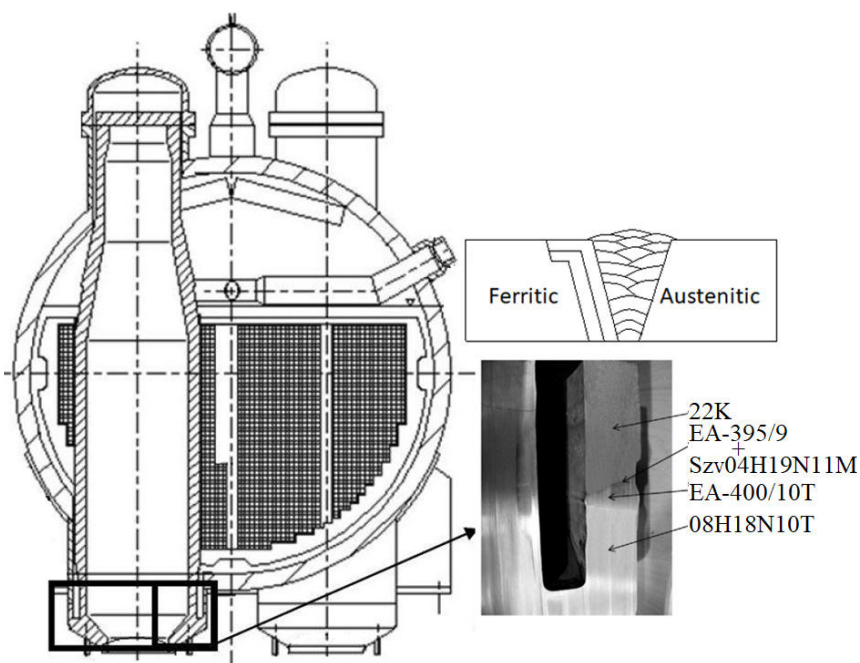


Figure 1. Schematic picture of Steam Generator

The steam generator (SG) is made from carbon steel (22K) and the collectors are manufactured from austenitic steels (08H18N10T), therefore at the connection of these components dissimilar metal welding was used. Because of the differences in the base materials the implementation of buttering layers is necessary. Here three layers were applied two high alloyed layers from EA-395/9, Sv-04CH19N11M3 and filler metal EA-400/10T and one from EA-400/10T.

2. Finite Element Simulation Built-up

Material. The material properties were calculated with the help of JMatPro softver based on the chemical compositions of the base metals. The chemical compositions are listed in Table 1.

Table 1. Chemical compositions of the base metals

Material	C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	P (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Co (%)	Mo (%)	Ti (%)
22K	0.29	0.40	1.0	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30	0.02	-	-
EA-395/9	0.08	0.35	1.2	-	-	13.5	23	-	0.08	4.5	-
EA-400/10T	0.07	0.5	1.5	-	-	17	9.5	-	-	2	-
08H18N10T	0.08	0.08	1.5	0.02	0.035	17	9	-	-	-	0.4

For the 22K material temperature dependent elastic-plastic isotropic hardening, phase-dependent material model was applied while for the austenitic materials the Chaboche's combined hardening law was chosen. In MSC. Marc for this hardening model at least five parameters must be given which can be determined from experimental stress vs. strain curves.

Operational loads. The finite element analysis can be separated into two main part, the first is the simulation of the welding where the material data were set as a temperature dependent variable. In case of the 3D simulation four thermal loadings were applied, to simulate the temperature of the environment, the primary collector inner surface, the stream generator inner surface and the outer surface of primary collector. The inner surface of the primary collector is set on 325°C and is heated up by the primary circuit water, the temperature applied on

the outer side of it and the inner surface of the steam generator is 270°C and for every other outer surfaces the environmental temperature were set. In case of the 2D geometry the temperature of the SG inner surface was not included. Thereafter the mechanical boundary conditions were prepared, which contain the fixed displacements and the mechanical loadings. The steam generator was fixed in two directions with the usage of three point to prevent the rigid-body motion and at the same time allow the expansion of the shell and also another boundary condition was given to simulate the symmetry of the SG. The mechanical loadings contain five boundary conditions which come from the operational pressures. Two of these are shown in Fig. 2. where the 3D mesh can also be seen. The remaining three boundary conditions are placed at the end of the steam generator nozzle, the primary collector and the steam generator shell. For the 2D simulation lesser number of boundary condition was implemented.

Welding. The simulation altogether contains 124 welds which can be seen on Fig. 3. In case of the 2D geometry all of them were modelled with the usage of Goldak's double ellipsoid heat source shape where the estimation of the heat source shape parameters was done based on the literature and the welding procedure specification. The most important welding parameters are listed in Table 2.

Table 2. Welding parameters of the claddings and the joining weld

	Welding run	Material	Welding process	Current [A]	Voltage [V]	Type of Current and Polarity	Heat Input [kJ/mm]
Cladding 1	1-15	EA-395/9	111	125-135	24-25	DCEP	0.61
	16-45	EA-400/10T	111	140-150	25-26	DCEP	0.69
Cladding 2	1-11	EA-395/9	111	125-135	24-25	DCEP	0.61
	12-36	EA-400/10T	111	140-150	25-26	DCEP	0.69
Joining weld	1	08H18N10T	141	70-80	24-25	DCEN	0.61
	2-43	08H18N10T	111	140-150	25-26	DCEP	0.69

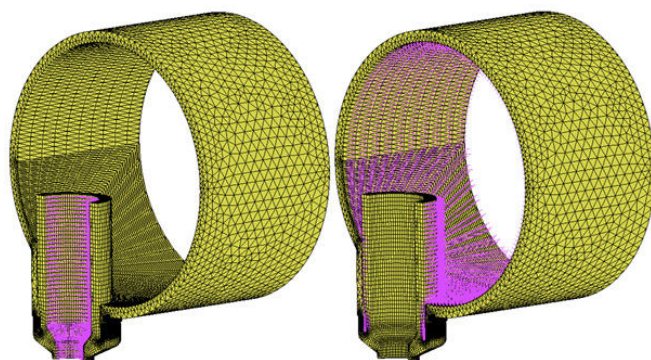


Figure 2. Location of pressure loads (primary circuit left side, secondary circuit right side)

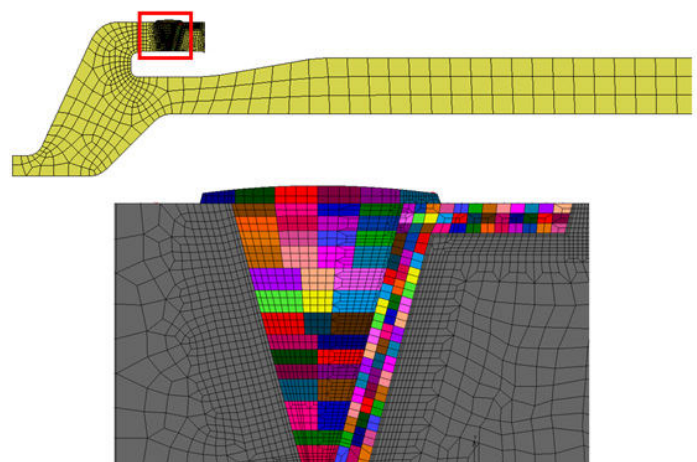


Figure 3. 2D mesh and placement of welds

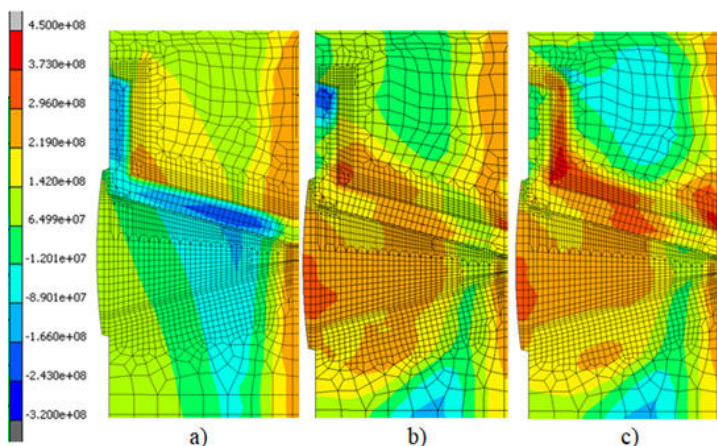


Figure 4. Computed hoop stress [Pa] after operational loading for the 3D model a) without welding, b) with joining welding, c) complete welding

As a dissimilar metal weld between the base materials a transient cladding had to be implemented. This cushion has three layers. After finishing the cladding post weld heat treatment was not applied.

The surface heat losses were simulated with the help of thermal edge (face for 3D) films which were applied on the free surfaces with a heat transfer coefficient (20W/mK) for the convective heat loss and a emissivity coefficient $\varepsilon=0.8$ for the radiation heat loss. In case of the 3D model the initial condition mapping tool was applied to map the data of residual stresses fields from the 2D simulation on the 3D analysis.

3. Results of the simulations

As the purpose of this research was the estimation of the operational loadings effects on the residual stresses therefore in the followings the distribution of the stresses are introduced more deeply. The DMWs in the steam generator of WWER 440 has a tendency of cracking on the boundary of the ferritic and austenitic material therefore the inspection of this part of the DMW must be completed. Fig 4. shows the computed hoop stresses in case of the 3D model. The results are taken out from the middle of

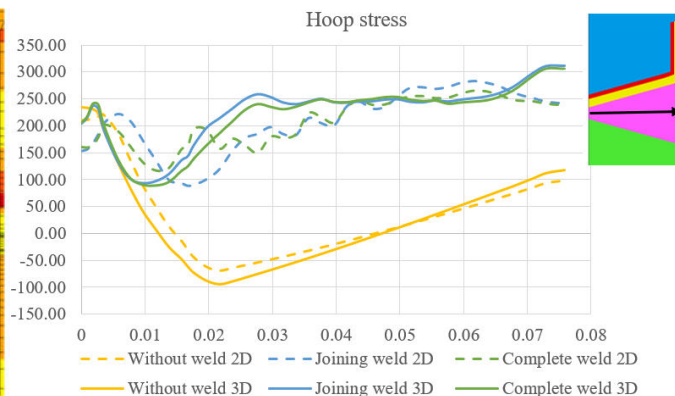


Figure 5. Hoop stress alteration in the middle of the joining weld

the circumference. The first picture (a) presents the hoop stresses resulted from the operational loads without the simulation of the welding. At the boundary of the cladding and the ferritic base metal there is a difference in the stress distribution which is also noticeable in the version made with welds. Furthermore, it is also important to recognize the differences between the second and third pictures, where the analysis differ in the simulation of the buttering layers. It is observable that in case of the modelling of the whole welding procedure the arising hoop stresses are higher at the boundary of the ferritic and austenitic material and also the highest stress values are located here too.

Fig. 5. shows the hoop stresses [MPa] along the middle of the joining weld. The diagram contains the 2D and 3D results. The differences in the values received from the 2D simulations come from the different applied boundary conditions as the pressure at the inner surface of the second circuit could not be applied, however it is seeable that much higher stresses arises in the structure when the simulation of the welding are included. Therefore, from the results it can be seen that residual stresses originated from the welding can not be neglected.

Fig. 6. and Fig. 7. shows the axial stresses distribution. From the pictures it can be seen that the simulation of the welding has lower effects on the residual stresses,

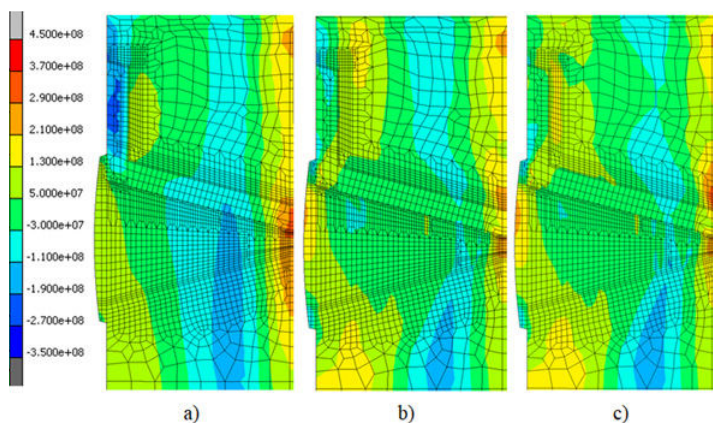


Figure 6. Computed axial stress [Pa] after operational loading for the 3D model a) without welding, b) with joining welding, c) complete welding

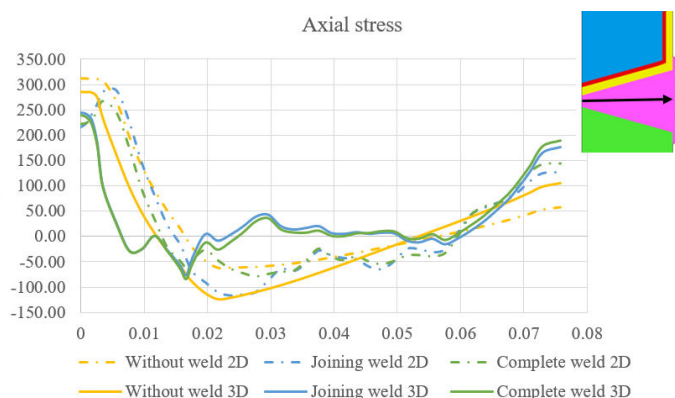


Figure 7. Axial stress alteration in the middle of the joining weld

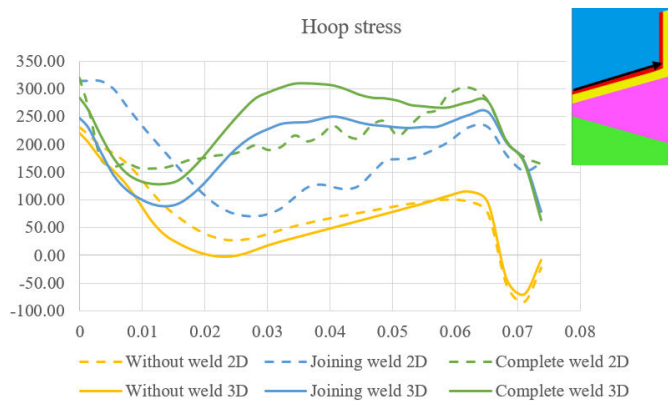


Figure 8. Hoop stress alteration at the boundary of ferritic and austenitic material

however at the boundary of the ferritic material and the buttering layer high tensile axial stresses arise therefore at this place the weld will have a high sensitivity to SCC.

Fig. 8. and Fig. 9. shows the computed hoop and axial stresses in MPa which goes along the boundary between the ferritic base metal and the first austenitic buttering layer. As in the previous cases too the stresses without the simulation of welds is highly different from the simulations which includes the welds. As the boundary conditions applied for the 2D and 3D analysis is not completely the same therefore in the results some diversion can be observed however from both cases it can be noticed that with the simulations of the buttering layers the occurring stresses increased therefore the simulation of the buttering layers should not be neglected. However it has to be taken into account that in reality the buttering layers in the steam generator DMWs were post weld treated after the buttering therefore in the future farther simulations are necessary to determine the real stress distribution in the welding where the effect of creep and post weld heat treatment are also included.

4. Summary

The numerical simulation of dissimilar metal weld of a steam generator was introduced in this work, where the buttering layer welds, and the joining welds were also modeled. The purpose of the research was to determine the effects of operational loads on the residual stresses. Three scenarios were taken into consideration first the

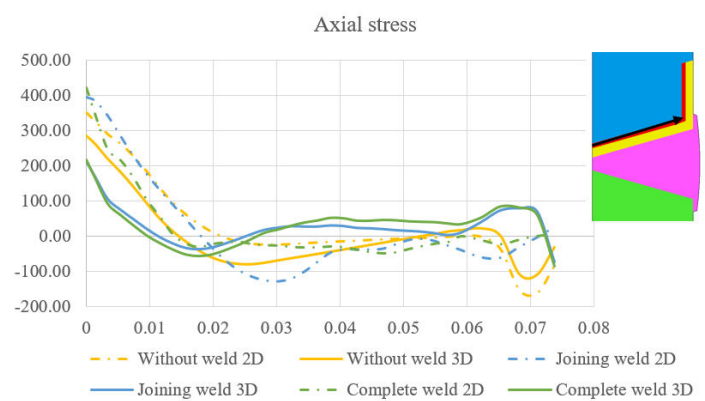


Figure 9. Axial stress alteration at the boundary of ferritic and austenitic material

applying of the operational loads without the welding, secondly simulation of the joining welds and finally the welding of the buttering layers was also included. The following conclusions can be drawn:

1. Beside the dissimilar metal joining welding the buttering process also have significant effect on the distribution of the residual stress.
2. At the boundary of the ferritic and austenitic material on the inner side of the welding a large tensile axial residual stress appears, which can lead to a high sensitivity to SCC.
3. The axisymmetric model gives proper results if the geometry and the boundary condition are set adequately.

Acknowledgements

The project and this publication was supported by the Thematic Excellence Programme 2020.

References

- [1] International Atomic Energy Agency, Dissimilar Metal Weld Inspection, Monitoring and Repair Approaches IAEA-TECDOC-1852, IAEA, Vienna, 2018.
- [2] M. L. Benson, P. A. C. Raynaud, J. S. Wallace, Exploring finite element validation for weld residual stress prediction, Proceedings of the ASME 2018 Pressure Vessels and Piping Conference. Volume 6B: Materials and Fabrication. Prague, Czech Republic. July 15–20, 2018.
- [3] Z. Bézi, Sz. Szávai, Repair Weld Simulation of Austenitic Steel Pipe, Advanced Materials Research, 1029 (2014) 194–199.



tripladuplav.hu
VELÜNK HÁROMSZOR JOBBAN JÁR

www.tripladuplav.hu webstúdió

Anyagvizsgálók Lapja

Az Ország vezető szaklapja

ELŐZETES!

Roncsolásmentes
fávizsgálatok

A lap kiemelt
támogatója:



FAKOPP
ENTERPRISE BT.

Platánfa
akusztikus
vizsgálata



Vizimalom
tengely
vizsgálata



Dinamikus
rugalmassági
modulus
mérése



2022/I.
lapszám

Beszélgetés Tóth Lászlóval

Interview with László Tóth

Kérdező: Skopál István

Kedves István, Tisztelt Olvasók!

Engedtesse meg, hogy a lap Felelős Szerkesztőjeként idézzek az előzményekből.

- 2021. szeptember 13-án az alábbi e-mailt küldtem a rovat vezetőjének, Skopál Istvánnak:
„Kiszemelted-e már a következő lapszám interjú alanyát? November közepére jó lenne, ha elkészülne!”
- Két napra rá megkaptam a következő választ:
„Jótett helyébe semmi jót ne várj! Ezt a 2020-2021-es, kétéves periódust kitűnő keretbe foglalná, ha ezúttal Veled készíthetnék interjút. Megtisztelő lenne, ha elfogadnád a felkérésemet.”

A visszautasíthatatlan felkérést követően folyamatosan kaptam István kérdéseit, és – a terjedelmi korlátokat is tekintve – igyekeztem azokat megválaszolni.

Tóth László



Tisztelt Olvasó! Természetesen nem a tavalyi első lapszámban megjelent interjú miatt – melyben a Felelős Szerkesztő és e rovat vezetője szerepet cserélt – szándékoztam „revansot venni”. Nekem az idő tett „viszszautasíthatatlan ajánlatot”, merthogy Tóth László professzor úr idén töltötte be 75. életévét.

Körülbelül egy évvel a második világháború befejezése után születettél. Nem éppen ideális időpont, sok szempontból nem az. Kinek, minek köszönhető – túl a tehetségeden persze – hogy egyetemre juthattál és gépészmérnöki diplomát szerezhettél?

A születésem időszakának körülményeit nem kell bemutatni a generációnak, a fiam pedig ezt kérdezte, amikor először – az 1980-as évek végén – meglátta, hogy hol nőttem fel 13 éves koromig: „papa, hogy lehetett itt élni?” A válaszem ez volt: „nagyon jól!” Ez nem utólagos szépítés,

hanem a valóság. A külsőségektől eltekintve éltük mindennapjainkat egy nagyon kis méretű házban, a szüleink, a két öcsém és én. A politikai nómenklatúrában családjunk „még dobogós helyen állt”, a 3. kategóriába soroltatott, azaz semmiképpen sem a támogatott rétegbe.

Közhely, de mindig is gépészmérnök szerettem volna lenni, más pálya eszembe sem jutott. Ehhez egyenes út kezdődhetett azzal, hogy felvételt nyertem az igazán kiváló Mechwart András Gépipari Technikumba. Itt érezhettem meg először a „vas szagát” – levélnyomó reszelése közben. Az ide vezető utat 1954-ben végzett nagybátyám taposta ki. Az iskola képzési színvonalát jelképezte Páczelt István akadémikus, Rittinger János a VASKUT nemzetközileg elismert hegesztő szakembere, a GTE volt elnöke, Tisza Miklós (Miskolci Egyetem) és Orlubov Imre (BME) professzorok, a Miskolci Egyetem nagy számú oktatója – például Sárvári József, Nagy Sándor, Kalmár László és még sorolhatnám hosszan a neveket. Ugyanazon középiskolai osztályból hárman tölthettük egész életünket a Miskolci Egyetemen oktatóként: Jeney András matematikusként, Gál István és én pedig a Mechanikai Technológiai Tanszéken.

A technikumnak köszönhetően az érettségivel szakmát is szereztünk, így „Munkakönyvem” már 1964. június 5-én kiállításra került. Igaz, az első bejegyzést a Hajdú-Szabolcs megyei Fűszer és Édességnagyker. Vállalat írta bele még 1964 nyarán. Az ok egyszerű. A családban ismeretlen fogalom volt az „értelmiségi”, de édesanyám támogatásával elküldhettem a jelentkezési lapomat a Nehézipari Műszaki Egyetemre. A felvételi vizsgák nyáron voltak, de a keresetemre is szükség volt, viszont reménykedtem is a sikeres felvételiben. Így nem gondolkodtam még állandó munkahelyben. A felvételre – szabadságot kérve – elmentem, az örömteli értesítést megkaptam, így elindulhattam azon a pályán, amelyre a gyerekkori álmok irányítottak. A „Munkakönyvem” tanulmányaim során sem maradt érintetlen, minden nyáron dolgoztam a Magyar

Gördülőcsapágó Művekben (a „GÖCS”-ben) legalább 1 hónapot. Hol a „nagy GÖCS”-ben, hol pedig a középiskolám melletti „kis GÖCS”-ben, hol három műszakban szalag mellett a gyártósoron, hol pedig két műszakban szerszámkészítőként.

Kik voltak a meghatározó tanáraid, és mik voltak a meghatározó élményeid az egyetemi stúdiumok alatt?

A Nehézipari Műszaki Egyetemre kerültem, amelynek indulását Terplán Zénó így jegyezte le¹: „Az első oktatási nap 1949. szeptember 18-án indult „Fizika” előadással, 500 hallgató számára (60 fő bányász, 45 fő kohász és 395 fő gépész)”. A 2003-ban aranydiplomát kapott névsorban azonban csupán 185 név szerepel (186, de egy név kétszer) az 1953-ban végzetek sorában. Hogy mi történt a „különbséggel”, a 315 (314) fővel, azt homály fedi. Az azonban kétségtelen, hogy Borbély Samu professzor úrnak szerepe lehetett a drasztikus létszámcsökkenésben. Vagy talán a matematika nevű tantárgy nehézségeinek? Mindenesetre Borbély professzor úr fennen hangoztatta a következőket²:

- „Gépészmérnök vagyok, legnagyobb tudományos eredményem az volt, hogy részt vettem a V1 és V2 II. Világháborús német rakéták tervezésében. Én fogom Önöket matematikára tanítani. Úgy tanuljanak, hogy mindenki nálam fog vizsgázni, mert nem engedem a magyar mérnöki kar lezüllesztését.”
- Kollokvium előtt mindig felhívta a figyelmünket a nevére (Borbély), annak jelentésére. Azt mondta, hogy úgy készüljünk fel a vizsgára, hogy "nevemhez méltón nyírni és vágni fogok".

A fenti sorok egyértelműen sugallják azt, hogy a Miskolci Egyetemhez köthető gépészmérnöki diplomák mögött mély tudásnak kellett meghúzódnia. Az a tény pedig, hogy a diákok döntő hányada diákokthonban lakott, közösségformálónak is alakította az itt tanulókat. E két sajátossága tette a Miskolcon végzeteket keresett és megbecsült szakemberekké hazánk iparában. Ez volt az érem egyik oldala. A másik oldalt a „politika” tette hozzá, igényelve, hogy a felvett hallgatókból a végzetek részaránya állandóan növekedjék. Ez vezetett a „reformok állandóságához”! Egy ilyen reform nyertese lehettem én is, a Gépészmérnöki Kar Szerszámgépészeti Szak, Alkalmazott Mechanikai Ágazat meghirdetésével 1967-ben³. A Sályi István által kezdeményezett képzést Terplán Zénó dékán, valamint Czibere Tibor és Lévai Imre dékánhelyettesek is messzemenően támogatták.

Ha a szak tananyagát röviden szeretném érzékeltetni, akkor azt mondhatom, hogy a Borbély Samu-féle

„mérnök-matematikusi” szak tananyagához hasonló, amelyet ő a berlin-charlottenburgi Műszaki Egyetemen tanult, azaz a mérnöki tárgyak alapos matematikai háttérrel. De kezdhettek volna Sályi István⁴ életére való utalással is, hiszen ő a debreceni tudományegyetemen 1927-ben matematikából doktorált, majd a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 1936-ban műszaki tudományterületen szerezte meg második doktorátusát. Sályi Pista Bácsi (mindenki így említette a nevét) kiválóan rendszerezett, logikusan felépített előadásait folyamatosan hallgattam az első sorban ülve (távolra nem láttam rendesen, a szemüvegek törtek, tartalékra pedig nem volt pénzem). Így nem csupán szavai, tábláinak rendezettsége, mutatóujjával végzett „betűkorrekciói”, hanem csokornyak-kendőjének pedáns elhelyezése az ingnyakban is mélyen él emlékeimben. Ugyanezen pedantéria volt jellemző az általa vezetett Mechanika Tanszék tevékenységére mind tartalmi, mind pedig formai szempontból. Ismereteim szerint ez a Miskolci Egyetem egyetlen olyan tanszéke, amelynek élén őt követően DSc. fokozattal rendelkező szakember áll. A formai oldalt tekintve álljon itt a következő történet: Volt diákokthoni szobatársam 70. születésnapjára első önálló munkájának, diplomatervének másolatát szerettem volna ajándékozni. Felmentem a Mechanikai Tanszékre (új főépület 4. emelet), említettem ötletemet. A kérdés csupán annyi volt: mikor végeztetek? Néhány perc múlva a kezemben volt a diplomaterv (az enyémmel együtt).

Ez a miliő – amelynek nyomai már a középiskolában is fellelhetők voltak – hagyott igazán mély nyomokat bennem, mind a REND, mind pedig az ezt összerakók, oktatók, tanárok tekintetében. Hogy kik is voltak Ők? A neveket hosszan sorolhatnám azzal a biztos tudattal, hogy akár-hányat is írok ide, a névsor nem teljes. Így csupán most azokat említem, akikhez tanulmányaim során valamilyen „emlékképek” fűződnek. Sályi Istvánt már említettem. Kozák Imréhez TDK dolgozatom és az első számítógépes programom korlátozott karakterhosszúság miatti Fourier-sorfejtéses bonyodalmi fűződnek (ODRA 1013-as gépen). Király Béla precizitása és gyors beszéde, amivel a Sályi professzor úr okozta időbeli csúszást kompenzálta. Béda Gyula kiváló, széles körű irodalmi tájékozottsága és az előjelek „jelentéktelensége”. A matematikusok közül Vincze Endre mindenki számára bizonyította, hogy a matematikát is lehet érthetően és élvezetesen, történeti elemekkel átszőve „elmesélni” (Bourbaki-csoport⁵). Obádovics Gyula egyrészt a számítástechnika eszközök (Cellatron Ser 2C és ODRA 1013) beszerzése, üzembeállítása, másrészt a numerikus (matematikai) módszerek oktatása területén alkotott maradandót (bennem is). Terplán Zénó, Czibere Tibor és Lévai Imre mind-mind olyan oktatók, akikről máig is gondolatok, emlékképek sokasága él bennem. Ezek közül

¹ A Nehézipari Műszaki Egyetem húsz esztendeje (kézirát), Miskolc 1970, 71-77.

² TUSKEHÚZÓ, az 1951-56-os évfolyam visszaemlékezései, 2014 (Gubicz László, Miskolci Gépészekért Alapítvány)

³ Tóth L.: Képzelt beszélgetésem professzorommal LÉVAI IMRÉVEL, Miskolc 2019, 77-78.

⁴ Pénzes I.: Műszaki nagyjaink. 6. kötet, Budapest 1986, 399-448.

⁵ Wikipédia ismertető: Bourbaki-csoport: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Bourbaki-csoport> (letöltés: 2021.11.02.)

több olvasható a velük készített könyvekben, amelyek többsége szabadon letölthető⁶.

Mi vezérelt a kutatás, a kutatói pálya felé, és hogyan került ennek középpontjába a törésmechanika?

„Kutatás”, „kutatói pálya” kifejezéseket használok. Én messze nem tartom magam kutatónak! Csupán a szakmám művelője vagyok, olyan ember, aki nyitott szemmel és aggyal figyeli a világot, valahogy olyan módon, mint ezt Spinoza megfogalmazta: „Ne nevesd ki a világot, ne is sirasd, hanem értsd meg.” Hiszem és vallom, hogy tág értelemben REND van, legyen az élő- avagy élettelen természet. Törvények, szabályok érvényesülnek bennük, amelyeket vagy ismerünk, vagy meg fogunk ismerni. Hogy mikor mit ismerhetünk meg, az már más kérdés. A természetéről, annak folyamatairól szerzett ismereteink egyre bővülnek, miközben mi, emberek igen rövid életünk során csupán egy-egy piciny területet „csíphetünk fel”. Ezért vallom meggyőződéssel, hogy az egyén által kiragadott „piciny területnek” ismerni kell a múltját annak érdekében, hogy a jelent megérthessük, és életünk során valamivel gazdagíthassuk az általunk művelt területen az ismeret-halmazt, lehetőleg nemzetközi szinten. Hála a sorsnak, ezt megtehettem a következő területeken:

- Az anyag, mint a legegyszerűbb önszerveződő rendszer és ennek következményei a kísérleti eredmények feldolgozásánál kétparaméteres összefüggésekben (pl. a kisciklusú fárasztóvizsgálatok Manson-Coffin, a fáradásos repedésterjedés Paris-féle, a kúszás folyamatainak jellemzésére használt összefüggések stb.)
- A fáradásos repedésterjedés leírása azzal a károsodási folyamattal, amely a már meginduló és a végső, kritikus töréshez tartozó repedéshosszak között feltételezett elemi szakítópróbatések folyamatos szakadása során megy végbe.
- A térben középpontos kocka rácsú fémek ridegtörési hajlama és a mechanikai ikerkristály képződése közötti kapcsolat, amely a képlékeny alakváltozás mechanizmusának minőségi (mechanizmusbeli) megváltozására alapozott átmeneti hőmérséklet definiálását teszi lehetővé.
- A szerkezetek repedésérzékenységének számszerű definiálása, amely közvetlenül összeköti a repedést tartalmazó szerkezet biztonsági tényezőjének és a repedéshossz roncsolásmentes mérésének megbízhatóságát.
- A bemetszés feszültségintenzitási tényezőjének definiálása és alkalmazása az anyagok rideg-szívós viselkedésének jellemzésére. Ez lehetővé tette a repedések ($r=0$) és a bemetszések ($r \neq 0$) hatásának közvetlen összekapcsolását.

A fenti témakörökben fellelhetők anyagtudományi és törésmechanikai témák egyaránt. A törésmechanika szervesen kötődik tanulmányaimhoz – hiszen alkalmazott

mechanikai ágazaton végeztem, azaz kontinuummechanikai ismereteim lehetővé tették az alapok megértését is – az anyagtudományi szemléletet pedig hozta a rendszeres oktatás és aspiránsvezetőm, Prohászka János szemlélete. E két terület (anyag és mechanika-törésmechanika) összekapcsolódása hozta magával a „szerkezetintegritás” fogalmának meghonosítását és megjelentetését a hazai szakmai közéletben. Az első ilyen egység anno 1996-ban a („lánykori nevé”) Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány struktúrájában jelent meg, Szerkezetintegritási Osztály elnevezéssel.

A törésmechanikai témakörben 1981-be elindítottam az „Országos Törésmechanikai Szeminárium” sorozatot, amely nyugdíjazásommal szakadt meg.

Melyek voltak a kutatói-tanári pályafutásod fő állomásai?

Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy csupán egyszerű felsorolással válaszoljak erre a kérdésre, kiemelve, hogy a 2021/2022-es tanév őszi szemesztere az első 1969, azaz a végzésem óta, amikor nem tartok egyetemi órákat. Egyébként voltak olyan szemeszterek, amikor Miskolcon, Debrecenben és Szegeden is adtam elő.

Disszertációk:

- 1973 – Hegeszthető szerkezeti acélok ridegtörésének vizsgálata, Miskolc (egyetemi doktori értekezés),
- 1980 – Törési folyamatok anyagszerkezeti vonatkozásai, MTA (kandidátusi értekezés),
- 1995 – Repedést tartalmazó szerkezeti elemek megbízhatósága ismétlődő terhelés esetén, MTA (doktori értekezés).

Beosztások:

- 1969-ben az MTA Nehézgépészeti Akadémiai Munkaközösség tudományos segédmunkatársaként indultam el a „számárléhrán”,
- 1991. július 1-jével átkerültem a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékére docensi beosztásba,
- 1995-ben habilitációt szereztem a Miskolci Egyetemen műszaki-természettudományi területen,
- 1996-ban vehettem át egyetemi tanári kinevezésemet Göncz Árpádtól (amelyet számomra emlékezetes beszélgetés követett); ennek birtokában,
 - 1996-tól egyetemi tanár a Miskolci Egyetemen (félállásban 2016-ig),
 - 2007-től egyetemi tanár a Debreceni Egyetemen,
- 1996-2007 között teljes állásban a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány miskolci intézetében dolgoztam különböző beosztásokban (osztályvezető, tudományos igazgató, igazgató), majd mindmáig tudományos tanácsadóként veszek részt az intézet tevékenységében.

Munkásságomat akadémiai tagsági jelölésre is érdemesnek tartották (1999, 2003 és 2006).

⁶ Magyar Elektronikus Könyvtár, könyvsorozat tagjai: <http://mek.oszk.hu/html/vgi/kereses/keresesujgy.phtml?tip=gyors&cim=ifjan> (letöltés: 2021.11.02.)

Már részben elébe mentél a kérdésnek, ami abból indul ki, hogy gyakran hallottam Tőled (pl. a RAKK-on is) műszaki témájú előadásban az adott témához kötődő történeti/történelmi jellegű ismertetést is. Tudjuk, hogy „a történelem az élet tanítómestere”, de mire taníthat minket a műszaki életben vagy a természettudományok területén?

A válasz egyszerű és kézenfekvő, részben már a korábbi kérdéseid egyikénél feleltem is rá. Az emberiség tudásának halmaza folyamatosan növekszik, miközben egy-egy ember „létideje” ezen a földön „kvantumnyi nagyságrendű.” Következésképpen egy-egy ember csupán „ismeretmorzsák” elsajátítására képes. Ahhoz, hogy még hozzá is tudjon tenni valamit a meglevőkhöz, ismernie kell a saját (művelt) területének fejlődési trendjét. Elengedhetetlen, hogy mindezt megértse, mert csak így látja meg azt a részterületet („labdát”), ahol gondolatai új megállapításként beérhetnek (azaz „leütheti a labdát”). A megtörtént példák sokaságát lehetne sorolni. Csak néhányat említve: Az atommodellek és az atommag-átalakulások publikálása, majd Szilárd Leó víziója 1935-ben a láncreakcióról, aminek egyébként kémiai analógiája már ismert volt, és ami az atomreaktor és az atombomba létrehozásához vezetett. A törésmechanika „repedéscsúcs modelljei”: elméleti alapok (orosz nyelven) G. I. Barenblatt 1959, anyagjellemző rugalmas anyagra V. V. Panasyuk és szerzőtársa 1959, képlékeny anyagra D. S. Dugdale 1960. (Érdekesség: Az orosz és angol szerzők egymást személyesen nem ismerték. Álljon itt egy történelmi fénykép, amelyet én csináltam Angliában, amikor a két ember először találkozott.)



Anglia, D. S. Dugdale és V. V. Panasyuk találkozósa

De van ellenpélda is, amikor valaki az előzmények ismeretének hiányában másodjára is kitalálja ugyanazt. Ilyen a törésmechanikában használt J-integrál története: 1967-ben G. P. Cherepanov definiálta először orosz nyelvű közleményében, majd 1968-ban J. Rice. Mivel az angol nyelv világszerte sokkal ismertebb volt már akkor is, így máig Rice-t tekintik a J-integrál kidolgozójának, és ezt az elnevezést használják a szakterületen, nem az esetleges „C-integrál”-t.

Kérdésedben említetted a „természettudományok” kifejezést is. Engedd meg, hogy erre, e szókapcsolat társadalmi-gazdasági szerepére, fontosságára külön is kitérjek. A világ országainak sorrendjében a történelmi hagyományok alapján valahol elhelyezkedünk. Minden generációnak alapvető feladata, hogy próbáljon ezen a „lépcsőn” néhány lépést előre lépni”. Ehhez pedig anyagiakra és ennek tudatos elosztására van szükség. Amennyiben egy adott történelmi periódusban az anyagiak nem bővülnek „új értékek létrehozása” révén, vagy az elosztás határfoka nem jó, úgy a „lépcsőn felfelé haladás” lehetősége fel sem merülhet. Azt pedig tudomásul kell venni, és tudatosítani a társadalomban, hogy „új érték” csak a természettudományos ismeretek hasznosításával hozható létre.

Ha már a múlt felé tekintünk: honnan van/volt benned a motiváció, hogy interjúköteteket készíts kiváló szakmai elődeinkkel, bemutatva őket és pályafutásukat?

Egy ember az élete (26.000-28.000 nap) során átlagosan 6.000-10.000 személlyel ismerkedik meg, kerül kapcsolatba, alakít ki „közös mezőket életük felületein”. E „közös felületek” lehetnek családi, baráti, érdeklődési, szakmai stb. indíttatásúak, következképpen keskenyebbek és szélesebbek egyaránt. Jómagamat szerencsés embernek tartom azért, mert számos kiváló emberrel kerülhettem olyan kapcsolatba, hogy a kezdeti nagyon szűk sávon való találkozásunkat követően nem csupán szélesíthettem a saját tudásomat, hanem a Tisztelt Olvasók ismereteit is. A 2001-ben útjára indított „Ifjan-Éretten-Öregem” könyvsorozat immáron a 15. kötetnél tart. Az idén jelent meg a Terplán Kornállal közösen összeállított „Terplán Zénó Centenáriumi” kötet, mellette a Fehérvári Attila életét, munkásságát összefoglaló könyv (egy Rittinger Jánossal foglalkozó melléklettel), és készül a végeselemes módszer „p-verzióját” kidolgozó, St. Louisban élő Szabó Barna professzort bemutató könyv is. Ez utóbbi magyar és angol nyelvű változata is napvilágra kerül, remélhetően még 2021-ben. Minden emberi élet egy „kincsesbánya” a következő generáció számára. Abban reménykedem, hogy az utánunk jövők „bányászni” is fognak e „tárnákban”, amelyekhez a forrás megtalálható a Magyar Elektronikus Könyvtárban⁷.

Az anyagtudományhoz és a szerkezetintegritás témaköréhez szorosan kapcsolódnak a mechanikai és a roncsolásmentes anyagvizsgálatok. Hogyan látod sok év tapasztalatával a hátad mögött: lépést tartott a hazai anyagvizsgálati szakma a vele szemben támasztott anyagtudományi és ipari igényekkel?

Kedves István! Meggyőződéssel hiszem, hogy „fején találtad a szöveget”, azaz végső soron a „termelő gyár” (ipar) és a „tudásgyár” (az egyetem) kapcsolatára kérdeztél rá

⁷ Magyar Elektronikus Könyvtár, könyvsorozat tagjai: <http://mek.oszk.hu/html/vgi/kereses/keresesujgy.phtml?tip=gyors&cim=ifjan> (letöltés: 2021.11.02.)

indirekt módon. A jó az, ha a két „gyár” között koherens a kapcsolat. Megítélésem szerint nálunk a „szemi-koherens” jelző használata is ki nem érdemelt dicséret. A kapcsolat milyenségének fontosságát mérnöki tevékenységre lefordítva: szakmai területünk közvetlenül új értéket termel(het), azaz hazánkat a „lépcsőzésre” serkentheti. Ha szoros a kapcsolat, akkor előre, felfelé haladunk a világ országainak sorrendjében, ha nem, akkor lemaradunk. Úgy tűnik, napjainkban az utóbbi érvényesül. Mielőtt bárki is megjegyzést tenne e mondatommal kapcsolatban, kérem, gondolja végig negyedszázados bontásban, hogy az elmúlt évszázadban melyek voltak a valódi magyar termékek! Ezekben mindig magyar tudás, technológia testesült meg!

Az emberi életet tekintve, időben először tudást szerzünk, majd ezt hasznosítjuk. Gondjaim forrása mind a „tudásgyárban”, mind a „termelő gyárban” megtalálható. A „tudásgyár” munkásainak az adott szakmai terület vezető szakmai értelmiségéből kellene kikerülnie, azaz hazánkban elismert, nemzetközileg ismert, 2-3 idegen nyelvet beszélő szakembergárdára lenne szükség. E szakembereknek a felsoroltak mellett látniuk, ismerniük, érteniük kellene a „termelő gyár” mechanizmusát, azaz ipari gyakorlattal kellene rendelkezniük. A „termelő gyár” munkásainak pedig naponta használni és fejleszteni kellene azokat az elméleti alapokat, amelyeket a „tudásgyárban” szereztek. A valódi gondok érzékeltetésére célszerű felmérni a „tudásgyár” alkalmazottainak ipari gyakorlattal rendelkező, a szakmai értelmiségi kritériumot kielégítő hányadát és a „termelő gyár” döntéshozó rétegének pl. számítástechnikai (informatikai, gépi tanulás stb.) készségeit. Ezek ismeretében a tennivalók iránya mindkét „gyár” munkásainak számára nyilvánvalóvá válik.

A közös, szűk szakmai területen, az anyagvizsgálatban is érvényesek az előzőekben elmondottak, de viszonylag rövid távon orvosolhatók is. „Gyógyszernek” tekinthetők a diplomát adó szakmérnöki képzések, célirányos kurzusok, tanfolyamok, a „termelő gyár” képzési kereteinek hatékony kihasználása. Az anyagvizsgálatok eszközrendszere a nemzetközi piacról kerül hazánkba, ezeket kezelni kell tudni, az eredmények értékeléséhez szükséges tudást meg kell szerezni! Hogyan kell ezt tenni? Gondoljunk bele abba, hogy a háziasszony is megtanulta, hogy egy adott mennyiségű mákból és főtt tésztából hogyan lehet igazán finom mákos-tésztát csinálni. Igaz, ehhez időre és elszánt-ságra, gyakorlatra (no meg olyanokra, akik értékelték mindenkorai produktumát) volt szüksége!

Azt gondolom, egy egész szakmai napot lehetne szentelni ennek a témának, kibővítve a „termelő gyárak” és az RMV szolgáltatók viszonyával és a különböző kutatóintézetek szerepével. Most csak azt szeretném tisztázni, mit értesz pontosan „koherens” kapcsolaton?

Az egyik válaszom lehet „könyvízú”. E szerint⁸ „összetartozó, egymással összefüggő”. A JPÉ (józan paraszti

ész) technológiával végiggondolva azt mondhatjuk, hogy mind a „termelő gyárban”, mind pedig a „tudásgyárban” tudáshoz kötött folyamatok zajlanak. Az a kíváncsi és hatékony, ha ezt a tudást és annak elméleti háttérét a delikvens megszerzi a „tudásgyárban” és alkalmazza a „termelő gyárban”. Ugyanakkor, hogy ez ne csak egyoldalú legyen, a „termelő gyárnak” jeleznie kell, hogy milyen elméleti háttérre és készség szintű alkalmazásra van szüksége, igénye a „tudásgyárból” kikerülő delikvenseknek. Ha ez megvalósul, akkor a két „gyár” kapcsolata koherens, egyébként szemikoherens, avagy – ne adj’ Isten – inkohere-ns. Egy reprezentatív felmérésre nagy szükség lenne!!

Úgy tudom, nagy rajongója vagy a vízisportoknak, és nem csak nézőként. Mit adott Neked a sport – azon kívül, hogy természetesen játék, szórakozás? Mesélj nekünk erről az „oldaladról” is, légy szíves!

Hiszem és vallom, hogy valamilyen sportolási formára mindenkinek szüksége van, mert megtanít küzdeni! De nem akárkivel, hanem ÖNMAGÁVAL. Ha önmagát, akit a legjobban ismer, le tudja győzni, akkor mindenki mással nemes módon meg tud küzdeni és képes az eredmény objektív értékelésére. Erre megtanított az (is), hogy a DVSC képen látható csapatában eltérő mezt (az 1-es számút) viseltem (no és még eléggé fiatal voltam).



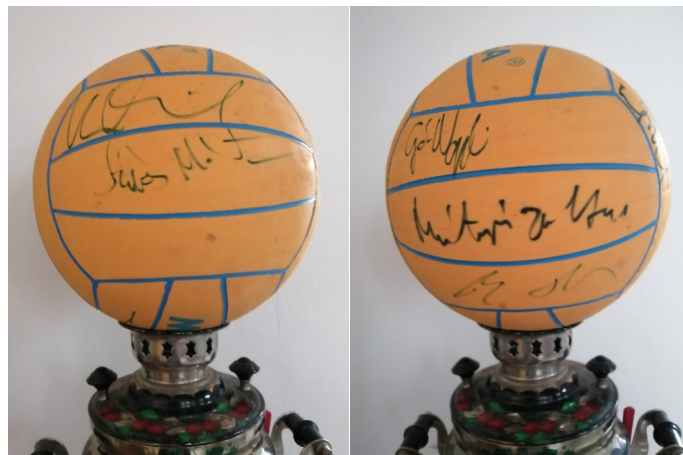
DVSC csapat kép, középen kapus mezben Tóth László

E mellett rendszeresen tornáztam, mégpedig a Mechwart András Gépipari Technikum azon „őrült csapatában”, amelynek tagjai a II. emeleti osztályukból kézen járva indultak a mély földszinti tornaterembe. Egyetemista koromban este 10 óra előtt tehettem meg ugyanezt a II. és III. emelet közötti lépcsősoron a „régii főépület” bezárása előtt. A rendszeres – szinte mindennapi – futás is része volt az életemnek egészen 35 éves koromig. Az akkori tornacipőknek ennyi időre volt szükségük a térd tönkretételéhez. A labdajátékok szinte mindegyikét kipróbáltam, igaz amatőr szinten. Ezek egyike a vízilabda. Apám ugyanis korán megtanított úszni. Tette ezt a maga módján. Néhányszor megmutatta mit és hogyan tegyek, majd

⁸ Magyar Értelmező Kéziszótár. Akadémia Kiadó, 2003.

foglalkozott velem egy kicsit, amit a vízbe dobás követett azzal a megjegyzéssel, hogy „Már tudod, hogy kell úszni!”. Sikertelenül úgy megtanulni, hogy maig is teszem. Korábban minden nap, akár reggel 5-től (anno a Selyemréten, majd Miskolc különböző uszodáiban), nyaranta pedig Balatonszabadi-Sóstón a szörfözés mellett. Egy-egy ilyen „mozgás” 2000-2500 m nagyságrendű volt. Korábban rövidebb idő kellett a teljesítéséhez, most már 1 óra felett van. E máig tartó szerelmet egészítettem ki azzal, hogy megszerveztem a Nehézipari Műszaki Egyetem (”lánykori név”) Vízilabda Szakosztályát, majd a Borsod Megyei Vízilabda Szövetség elnöki tisztségét töltöttem be 2001-2007 között. Debreceni oktatásom időszakában részt vállaltam a CIVIS Póló Vízilabda Sportegyesület megszervezésében 2009-től egészen addig, amíg a város nem kezelte e sportágat is kiemeltként a labdarúgás mellett.

Hogy mi is maradt meg számomra az úszás és vízilabda szeretetéből? Időnként játszhattam, de igazi maradandót az egészségügyi problémáim leküzdéséhez való hozzájárulása tett. Tárgyi emlékként tekintek a képen látható vízilabdára, amelyen néhány – a hazánkat csúcsra repítő – vízilabdázó szignója szerepel.



Vízilabda, magyar nagyjaink aláírásával

Kedves Laci, az idő megint közbeszólt. Ahhoz, hogy az aktuális lapszám a kitűzött határidőig megjelenhessen, sajnos be kell rekesztenünk ezt a – remélem, az olvasók számára is érdekesítő – beszélgetést. Zárszóként kívánok Neked még sok kilométer úszást, további sok folyóméternyi könyvoldal megírását és – ezt már magunknak is – sok általad „felelős szerkesztett” AVILap-számot. Isten éltesse!

A Miskolci Egyetem Szenátusa, a Gépészmérnöki és Informatikai Kar Tanácsa, valamint az Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet kollektívája mély fájdalommal és megrendüléssel tudatja, hogy

DR. SÁRVÁRI JÓZSEF

okleveles gépészmérnök, igazságügyi gépészeti és gépjármű szakértő,

Miniszteri dicséret, Kiváló nevelő, Kiváló munkáért, Kari emlékérem, Kari jubileumi emlékérem elismerések tulajdonosa a MAB Anyagismereti és Technológiai Munkabizottsági tagja, Magyar Igazságügyi Szakértői Kamara tagja, a Magyar Igazságügyi Szakértői Kamara Miskolci Területi Etikai Bizottságának volt elnöke

mérnök generációk oktatója és nevelője,
nyugalmazott egyetemi főtanácsos, főiskolai docens

életének 83. évében, 2021. december 9-én elhunyt.

A Miskolci Egyetem kiváló oktatóját, saját halottjának tekinti és emlékét kegyelettel megőrzi.

Temetése 2021. december 22-én, szerdán 10.45 órai kezdettel lesz a dunakeszi Temetőben.
(2120 Dunakeszi Főti út 99.)

A Miskolci Egyetem Szenátusa, a Gépészmérnöki és Informatikai Kar Tanácsa, az Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet

Nyugodjon békében!
(Táviartcím: 2120 Dunakeszi Csermely út 10.)

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) elnökeinek portréja

Presidents of the Hungarian Association for Material Testing

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 másodikként, 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 kudarc eleve adott. 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	Mihailich 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 -	Biró Gyöngyvér, Dr. habil

A 14 nevet felsorakoztató névsorból lapunk korábbi számaiban már hat szakember életének mozzanataival találkozhattak. Most a Zorkóczy Samu (1869 -1934) a „vaskohómérnök” életének egyes részleteibe tekinthetünk be.

Zorkóczy Samu (1930-1934)



Zorkóczy Samu portréja [4]
(1869. november 9., Radvány – 1934. április 25., Budapest)

Mielőtt az Egyesület 8. elnökének, egy igazán kiváló embernek az élettörténetét röviden összefoglalnánk, engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy egy lehetséges zavart azonnal elhárítsunk. A „Zorkóczy név” nagyon jól hangzik a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen végzett gépészmérnökök, hegesztő szakmérnökök ezreinek azon körében, akik tanulmányaikat 1950 - 1970 között folytatták. Ők – és közöttük jómagam is – Zorkóczy Bélától hallgathattak sok-sok olyan tantárgyat, amelyeket szakmai életükben gyümölcsözően használhattak (mechanikai technológiák, hegesztés legkülönbözőbb eljárásai, hőkezelés, metallográfia, anyagvizsgálat...). Zorkóczy Samu és Zorkóczy Béla között – a családi név azonossága ellenére – semmilyen kapcsolat nincs. Ez egyébként egyértelműen kiderül tisztelt és szeretett professzorunk életét ismertető írásokból [1, 2]. Az ARCANUM adatbázis alapján is hasonló megállapítást tehetünk [3].

Középiskoláit Pozsonyban végezte. Ezt követően pályafutása röviden a következőkben foglalható össze:

1887-1890	A selmecbányai Bányászati Akadémia hallgatója,
1891-1893	tanársegéd a vaskohászat-vasgyártás tanseken, Soltz Vilmos mellett,

1893	vaskohászati államvizsgát tett,
1894-1934	a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. alkalmazottja,
1894-1896	acélgyári mérnök,
1896-1899	hengermű üzemvezetője Salgótarjában,
1900-1904	hengermű főmérnöke Ózdon,
1905-1910	az ózdi vasgyár igazgatója,
1910-1916	Budapesten az Rt. központi műszaki (vasgyári) szakigazgatója,
1916-1927	az Rt. központi műszaki igazgatója,
1927-1934	az Rt. műszaki vezérigazgatója.

Zorkóczy Samu életének fontosabb eseményeiről a többnyire nagyon összecsengő információk az interneten is megtalálhatók [4-10].

Az 1934. április 25-én bekövetkezett halálát munkahelye a következő gyászjelentéssel tette közzé:

A RIMAMURÁNY-SALGÓTARJÁNI VASMŰ R. T. igazgatósága, tisztikara és munkássága mély megilletődéssel jelenti, hogy

ZORKÓCZI ZORKÓCZY SAMU UR

m. kir. kormányfőtanácsos, a társulat műszaki vezérigazgatója, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke, a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének elnöke, a Budapesti Mérnöki Kamara alelnöke, az Ózdi Evang. Egyházközség felügyelője, a Tiszai Evang. Egyházkerület p. ü. elnöke stb. stb.

folyó hó 25-én, életének 65. évében rövid súlyos betegség után elhunyt.

A megboldogult a magyar vaskohászat e kimagasló egyénisége négy évtizeden át dolgozott körünkben, egész életét és munkásságát a vállalat szolgálatába állítva. A legnehezebb időkben, a világháború kitörésekor vette át a társulat műszaki vezetését. Páratlan munkabírási, rendkívüli képességeinek és törhetetlen energiájának köszönhető, hogy az üzemek a legválságosabb viszonyok között is mindenkor hivatásuk magaslatán állottak. A társulat legkitűnőbb szakemberét, az igazgatóság nemes egyéniségű munkatársát, a tisztikar és munkásság a szigorú kötelességteljesítés mintaképét, de egyben melegszerű gondviselőjét veszítette el benne, akinek emlékét kegyelettel és hűséggel fogják mindvégig megőrizni.

Hült tetemet folyó hó 27-én délután 4 órakor a Kerepesi ut melletti temető halottasházából fogjuk utolsó útjára kísérni.

Budapest, 1934. április hó 25.

Községi temetkezési intézet központi irodája: IV. Kigó-u. 5. Tel.: 88-5-55.

Nyomt. Buschmann F. utólag IV. ker. Mohárcsúcs 37. szám

Zorkóczy Samu gyászjelentése

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) munkájába már fiatalon bekapcsolódott. Tanársegédként a „folytvas” – mint az eljövendő korszak fontos acéljának fontos záloga – tulajdonságairól az OMBKE rendkívüli Közgyűlésén elmondott beszédét a Bányászati és Kohászati Lapok mintegy 5 oldal (313-317. oldalak) nyomtatott változatban hozza le. Az OMBKE

- alelnöke 1917-1921 között, majd két periódusban,
- elnöke, 1924-1927 és 1931-1934 években.

Közben a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének elnöke 1930-1934 között. E társadalmi tevékenység mellett szerepet vállalt a Budapesti Mérnöki Kamara szervezetében is alelnökként.

A vezetéséhez tartozó kohászati üzemekben, Salgótarjában, Ózdon és Borsodnádason a századfor-

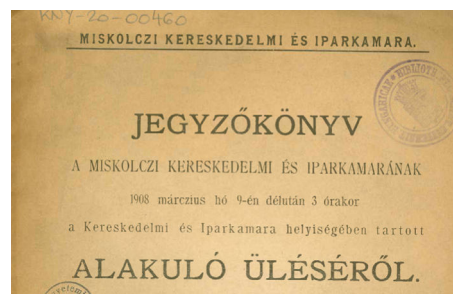
dulótól kezdve jelentős fejlesztéseket hajtott végre, mind a nyersvas- és acélgyártás, mind a hengerelt termékek előállítására terén. 1912-ben Közép-Európa legmodernebb finomhengerművét hozta létre Borsodnádason. Az első világháború utáni területvesztés és a gazdasági válság súlyosan érintette a gyárat, de Zorkóczy már 1929-től kezdve újabb tervek megvalósításába fogott. Nem csak a műszaki fejlesztést tekintette szívügyének: gyári iskolákat, kórházakat, művelődési intézményeket létesített, a dolgozók számára kedvező hitelfeltételekkel lakások vásárlását tette lehetővé. Ez akkoriban egyedülálló kezdeményezés volt.

A „selmeci hagyományokhoz” ragaszkodva „oroszlán-része” volt a Selmezbányán öntött Péch Antal, Zsimondy Vilmos, Kerpely Antal, Litschauer Lajos és Cséti Ottó mellszobrainak Sopronba történő áttelepítésében. Az 1914-ben elindított szoboröntési célokat kijelölő folyamatokat követően az akadémiai Sopronba való áttelepülése után 1926-27-es tanévben a szobrok is a „leghűségesebb városba” kerültek [11].



Az 1924. október 24.-én megnyílt Olvasó Egylet Székház (újjaépítve) [12]

Ózdon a munkások számára a Rimamurányi Vasmű költségén felépítteti az Olvasó Egylet Székházát. A tervet a gyár műszaki igazgatóságán Zorkóczy Samu vezetésével Marschalkó Béla építész, dr. Finály István főmérnök, Nahlik Béla és ifj. Finály Lajos mérnökök készítették [12]. Ózd város díszpolgárává¹ avatta Zorkóczy Samut.



Jegyzőkönyv a Miskolci Kereskedelmi és Iparkamara alakuló üléséről [20]

¹ A „díszpolgár” kitüntetés valószínűleg nem helytálló, mivel Ózd Polgármesteri Hivatal vezetőjének tájékoztatása szerint „Ózd Város Díszpolgára” cím alapítására 1972-ben került sor. Így Zorkóczy Samu Ózd város érdekében kifejtett tevékenységét valószínűleg más elnevezésű díjjal ismerte el a város akkori vezetése.

Mint az ország egyik meghatározó termelő üzemének felelős műszaki vezetője a régió Kereskedelmi és Iparkamarájának munkájába is bekapcsolódott. Erről tanúskodik a második elnökválasztásról készült jegyzőkönyv is, amelyben Zorkóczy Samu „kültagként” van jelen és a „Sajószentpéteri alkerület”-ben Ózd városát képviseli.

Zorkóczy tiszteletére az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 1936-ban róla elnevezett emlékérmét alapított [13, 14]. Az érem alkotója Berán Lajos [15]. Mellszobra Budapesten, a II. kerületi Öntödei Múzeum kertjében áll [16], alkotója Zsákodi Csiszér János [17].

Néhány közleményének címe, megjelenés helye, időpontja az irodalomjegyzékben található [18, 19].

*Erdei Réka
Tóth László*

Irodalomjegyzék

- [1] Romvári P., Béres L.: Zorkóczy Béla. Műszaki Nagyjaink. 6. köt. GTE kiadás. Budapest, 1986. p.359-398.
- [2] Mihala F., Danyi J. (szerk.): Emlékkönyv Zorkóczy Béla mellszobrának felállítása alkalmából. Kecskemét, 1994. 146 old.
- [3] Arcanum: Zorkóczy Samu: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Nagyivan-nagy-ivan-magyarorszag-csaladai-1/tizenkettedik-kotet-C1EA/zorkoczy-csalad-zorkoczy-CEE0/> (letöltés: 2021.11.05.)
- [4] Tudósnapár: Zorkóczy Samu: <https://tudosnapar.kfki.hu/historia/egyen.php?nanev=zorkoczys> (letöltés: 2021.11.05.)
- [5] Szlovákiai Magyar Művelődési Intézet: Zorkóczy Samu: <https://csemadok.sk/jeles-felvideki-szemelyisegek/zorkoczy-samu/> (letöltés: 2021.11.05.)
- [6] Mezei J., Rempert Z.: Zorkóczy Samu élete és munkássága. BKL, Kohászat. 1994/10 p. 403-406.
- [7] Zorkóczy Samu – emlékünnepe. Kőolaj és Földgáz. 1985/2. p. 60-61.
- [8] Roth F.: „Mélyen Tisztelt Közgyűlés!” A MUNKA, hetilap, 1934. június 30. <https://dkvt.bbmh.hu/ujasag/files/original/a588be3d3f747f-9b004709735ad2db76.pdf> (letöltés: 2021.11.05.)
- [9] A Selmeci Bányászati és Erdészeti Akadémia oktatóinak rövid életrajza és szakirodalmi munkássága 1736-1918. Szerk: Zsámboki L., Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc, 1983. 370 o.
- [10] Magyar tudóslexikon A-tól Zs-ig. Főszerk. Nagy Ferenc, Budapest, 1997. p. 895-896.
- [11] A Magyar Királyi Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Évkönyve az 192-27. tanévről s egyszersmind az 1927. évi tanévnyitó közgyűlés ismertetője, Sopron, 1928: http://eprints.edk.oeo.hu/569/1/banya_erdomernoki_foisk_evkv_1926-27.pdf (letöltés: 2021.11.05.)
- [12] Ózdi Művelődési és Kommunikációs Nonprofit Kft.: Olvasó Egylet Székháza: http://www.ozdolvaso.hu/content.php?cid=cont_53a167cda82882.59044898 (letöltés: 2021.11.05.)
- [13] Jeles napok honlapja: Zorkóczy Samu: https://jelesnapok.oszk.hu/prod/unnep/zorkoczy_samu_szuletesnapja__1869 (letöltés: 2021.11.05.)



Zorkóczy Samu mellszobra [16]

- [14] Bányásmúlt honlap: Zorkóczy Samu emlékérem: <http://banyasmult.uw.hu/a146.htm> (letöltés: 2021.11.05.)
- [15] Wikipédia: Berán Lajos: https://hu.wikipedia.org/wiki/Berán_Lajos (letöltés: 2021.11.05.)
- [16] Köztérkép honlapja: Zorkóczy Samu mellszobra: <https://www.kozterkep.hu/5822/zorkoczy-samu-mellszobra#> (letöltés: 2021.11.05.)
- [17] Köztérkép: Zsákodi Csiszér János szobrász oldala: <https://www.kozterkep.hu/alkotok/megtekintes/1818/zsakodi-csiszer-janos> (letöltés: 2021.11.05.)
- [18] Zorkóczy Samu néhány közleménye a Bányászati és Kohászati Lapokban
 - Magyarország vasipara 1890-ben I-II. 1891. 24. évf. 53-55, 63-65. old.
 - Folyékony kénmentesítés nyersvas kénmentesítése. 1891. 24. évf. 127-128. old.
 - A közvetlen vastermelés kérdéséhez I-IV. 1891. 24. évf. 162-164, 170-172, 178-180, 196-197. old.
 - A folytatás. 1892. 25. évf. 313-317. old.
 - Aczélgyári berendezések Németországban. 1903. 36. évf./1. köt. 646-656. old.
 - A Magyar Királyi Bányamérnök s Erdőmérnöki Főiskola egyetemi rangra emelése tárgyában. 1931. 64. évf. 193-197. old
- [19] Zorkóczy S: Elnöki megnyitó beszéd az Orsz. Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közgyűlésén. A Magyar Mérnök és Építész Egylet közlönye. 1929. (7. évf.) 21. sz. melléklet.
- [20] ELTE Digitális Intézményi Tudástár (EDIT): https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/36288/KNY_20_00460_0776826.pdf?sequence=2&BisAllowed=y (letöltés: 2021.11.05.)

MAB emlékérem 2021, Dudás Illés professzor

MAB-Medal 2021, Prof. Illés Dudás

Tóth László

A Magyar Tudományos Akadémia az 1970-es években létrehozta Területi Bizottságait. Az észak-magyarországi tudományos életet koordináló és összefogó Miskolci Területi Bizottság (MAB) 1979-ben került megszervezésre Zambó János akadémikus elnökkel az élén és Terplán Zénó hallatlan munkabírásával, aki 1990-1996 között a MAB elnöki szerepét is betöltötte. Javaslatára került megalapításra a MAB Emlékelem 1996-ban a következő indoklással:

„Kiemelkedő, évtizedeken át végzett tudományos tevékenység és a régió társadalmi és gazdasági felemelkedéséért végzett tevékenység elismeréseként adományozható. Évente csak egy kerül kiadásra a Magyar Tudomány Ünnepeén.”

Az alapítói szándéknak megfelelően évente csupán egyetlen személy részesülhet e kitüntetésben. A 27. EMLÉKÉREM tulajdonosa a Magyar Tudomány Ünnepi megnyitója óta (2021. november 4.) Dudás Illés professzor, a Miskolci Egyetem professor emeritusa.

Kedves Professzor Úr, kedves Illés! Engedd meg, hogy egyrészt gratuláljak, másrészt pedig elnézést kérjek a „tegezési stílusért”. Ez utóbbira első mentségem lehessen a több évtizedes ismeretségünk és baráti viszonyunk. Örölnék, ha az Anyagvizsgálók Lapjának Felelős Szerkesztőjeként választ kaphatnék néhány kérdésre.



MAB emlékérem

Kedves Professzor társam! Egyrészt megtisztelő, hogy itt ülsz előtttem, hiszen erre a MAB EMLÉKÉREM idei díjazottjaként válaszolhatok neked, másrészt kíváncsian várom kérdéseidet, amelyek – gondolom – alapvetően a megmunkálendő anyaghoz kötődnek és nem magához a gyártástechnológiához, a szakmai tevékenységem fő területéhez.

Lapunk e számában Skopál István úr, a „rovatvezető” egy hosszabb interjút készített velem. Ennek kapcsán kérdezett az egyetem – ipar, avagy a „tudás-gyár” – „termelő gyár” kapcsolatáról. Te hogyan látod e kapcsolatot?

Erre a kérdésedre nagyon nehéz röviden válaszolni. Nyilvánvalóan tudnék nagyon jó tapasztalatokat kiemelni, de az ellenkezőjét is. Ha sarkosan kellene fogalmazni, akkor egy idézethez fordulnék: „Aki tudja csinálja, aki nem, az tanítja”. No ez azért túlzás. Induljunk ki a tényekből. Tudásra van szükség az élet minden területén. Maradva a szakmánknál; a gépészmérnök, avagy kissé általánosabban fogalmazva az „alkotó mérnök” gondolatainak szárnyalását természeti törvények terelik a megvalósíthatóság tartományába. E tudást meg kell szerezni és tudni kell alkalmazni. Ez pedig azt a kiváltságos helyzetet teremti

meg a mérnök számára, hogy képes új értéket létrehozni azon társadalom számára, amelyben él. Az előző mondatomban tudatosan használtam a „kiváltságos” helyzetet, mivel említettem az „új érték” létrehozását a társadalom számára. Ez pedig nem adatik meg minden társadalmi réteg képviselőinek, noha – természetesen – szükség van rájuk is, munkájuk színesebbé, gazdagabbá, élménydúsabbá, működőképesebbé teszi közösségünket.

Alapkérdés csupán a társadalmi rétegek egymáshoz viszonyított aránya és súlya a környezetének alakítási, formálási folyamatában.

Félretéve a filozofikus gondolkodást. Lényemben, tevékenységemben az „ipar-oktatás”, „tudás-gyakorlat” koherens kapcsolatban van, hiszen 17 évet töltöttem az iparban, tudományos téren pedig a hazai minősítési rendszerben elértem azt, ami önálló tevékenység alapján lehetséges, azaz a DSc fokozatot, emellett angol nyelven is megjelent olyan szakkönyvem (nem hazai kiadó jelentette meg!), amelyet a világon bármelyik szakember nyugodtan forgathatja, és forgatja is!

Külön, jelzés értékűnek tekintem a „tudás – gyakorlat” intézményesített újabb kapcsolatát a MAB – BOKIK együttműködésében.

Ennek keretében a MAB Székház bejáratának két oldalán a BOKIK és MAB elnök neveit tartalmazó emléktáblák kerültek elhelyezésre ugyanazon a napon, amikor kitüntetésem megkaptam.



MAB székház bejárata, két oldalán a MAB és a BOKIK elnökök neveivel

Szerteágazó tevékenységed és rendszerező képességed ékes bizonyítéka a könyveid sorozata. Az angol nyelven is megjelent munkádat már említve mintegy tucat szakkönyvön olvasható neved. Számomra egy-egy gépelem, alkatrész a következő két lényegi elemet foglalja magába: anyag, amelyből készül és geometria, ahogyan kialakítjuk. Tévedtem, nem jól látom?

Teljesen jól látod – egyszerű szemlélőként, hiszen valamilyen feladat biztonságos ellátására készítettünk bármit is az emberiség számára. Ezt pedig mindig valamilyen anyagból és egy kiválasztott eljárással, technológiával tesszük. A „technológia” kifejezést többször is aláhúznám, hiszen ez nem más, mint a megismételhető folyamat elemei, ami ugyanazt az eredményt adja és amely mögött sokszorosan kipróbált tapasztalat és elméleti tudás húzódik meg. Azért kezdtem a „tapasztalat” kifejezéssel, mert minden technológia az adott korszak eszközzrendszerét használja, amelynek megteremtésében az adott korszak tudásszintje testesül meg. Ez pedig hihetetlenül gyorsan fejlődik. Nem csupán Bolyai mondhatja, hogy a „*semmi-ből új világot teremtettem*”, hanem mi gyártók is, hiszen a számítástechnika megjelenésével, fejlődésével megjelent a virtuális világ is, a szimuláció lehetősége. Szimulálni viszont csak azt a folyamatot lehet, amelynek törvényszerűségeit ismerjük. Így született a gyártástechnológia új – és gyorsan fejlődő területe – a szimuláció. Mit is takar ez? Ahhoz, hogy mindenki számára egyértelmű legyen: van egy kiinduló test és annak geometriája, van egy kész darab, alkatrész a megkívánt alakjával. Mindkét test geometriailag leírható. Keressük a megmunkáló szerszám (ugyancsak geometriailag leírható) lehetséges térbeli mozgásvizonyai közül azokat, amelyek egyrészt bizonyos feltételeket kielégítenek, és amelynek eredménye a megkívánt alkatrész, felületgeometria. Ez így egyszerű, de mindezt elméletileg „összerakni” azért már nehezebb. Úgy ítélem, hogy e téren is sikerült néhány úttörő lépést megtennem. Ez most így nagyon egyszerűnek tűnhet kívülről szemlélve. A megvalósításhoz készített ProMat fantázianevelő programcsomag mindezt részleteiben is megvalósítja. Közleményeimben, könyveimben, előadásaimban mindezek elméleti háttere és doktoranduszaim disszertációiból akár a részletek is követhetők.

Bocsáss meg, hogy a „geometriával” kezdtem, miközben jól tudom, hogy te „anyagosa” vagy! E területre én a következő szemlélettel tekintek. A gyártandó alkatrész feleljen meg rendeltetésének és „én” a lehető legolcsóbban gyárthassam le. Így tehetek a legnagyobb haszonra, profitra szert. E szemléletben az „anyagköltség” csupán egyike a sok-sok egyéb kiadásomnak (energia, szerszám, szerszámgép, munkabér és még sorolhatnám hosszan). Következésképpen az „anyagkiválasztás” egy olyan komplex folyamat, „team-munka”, amelyben az „anyagosa” és „gyártástechnológus” szoros, lelkiismeretes együttműködése „sokat hozhat a konyhára”.

Van azonban az „anyagosa-szemléletnek” egy másik vetülete is. Ezt illethetjük akár a „technológiai korlátok”

kifejezéssel is. Első példának tekintsük az anyag keménységét. Egy-egy forgácsoló szerszámmal csupán meghatározott keménységű anyagot tudunk forgácsolni, korlátozott technológiai paraméterek tartományában. Egy másik területe az „anyagosa szemléletnek”, az ún. finomforgácsolás, amely lehet köszörülés vagy akár esztergálás, de más technológiai eljárás is. Ezekben az esetekben a leválasztandó anyagmennyiség igen kevés és egyre inkább megjelennek az anyag kristályszerkezetéből eredő sajátosságok, pl. a különböző kristálytani irányok rugalmassági jellemzőinek szerepe növekszik. Hazánkban e területen Prohászka János akadémikus tett le olyan eredményeket, amelyek a nemzetközi szakmai életben „forognak”.

Meglepve tapasztaltam, hogy az elismerést nem személyesen vetted át, hanem Erzsike, a feleséged. Mi történt?

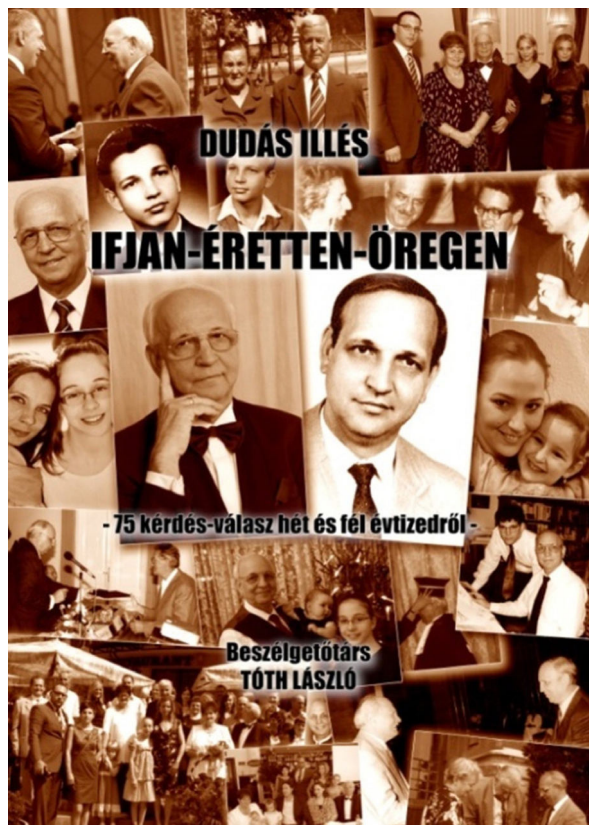
Az élet megy a maga útján – szokták volt mondani. Az elmúlt időszakban olyan betegségem alakult ki, amely nehézkessé tette mozgásomat és szinte lehetetlenné a „lépcsőzést”. Szerencsére feleségem, Erzsike nem küzd ilyen problémákkal, így sokkal egyszerűbb volt, hogy ő megy a MAB Székházba az elismerés dokumentumainak átvételére.



Dudás Illés felesége veszi át a MAB emlékérmét

Az utóbbi két mondatod kissé meglepett, hiszen az „Ifjan-Éretten-Öregen” könyvedet 2018 legvégén fejeztük be és ekkor még problémamentes volt életed. A Zsolcai-kapu felé autózva pedig sokszor látom gépkocsidat céged, a Difi-CAD udvarán. Gondolom életed ugyanolyan „sűrű”, mint a könyved készítésének idején, így nem is gyötörlek további kérdésekkel. Csúppán gratulálni szeretnék a MAB emlékéremhez és a Miskolci Egyetem „Kiváló kutatói” elismeréshez is.

Köszönöm gratulációd! Igen, a Magyar Tudomány Ünnepeén ért az a megtiszteltetés, hogy nevem szerepel a Miskolci Egyetem „Kiváló kutatói” névsorában. E névsor



Dudás Illés Ifjan-Éretten-Öregen
- 75 kérdés-válasz hét és fél évtizedből -

az egyetemi oktatók legtöbbet hivatkozott munkái alapján lett összeállítva. Jó érzést jelent számomra, hogy nevem itt is szerepel. Számomra e tény azt tükrözi, hogy „elméleti tevékenységemet” a nemzetközi szakmai élet ismeri és elismeri.

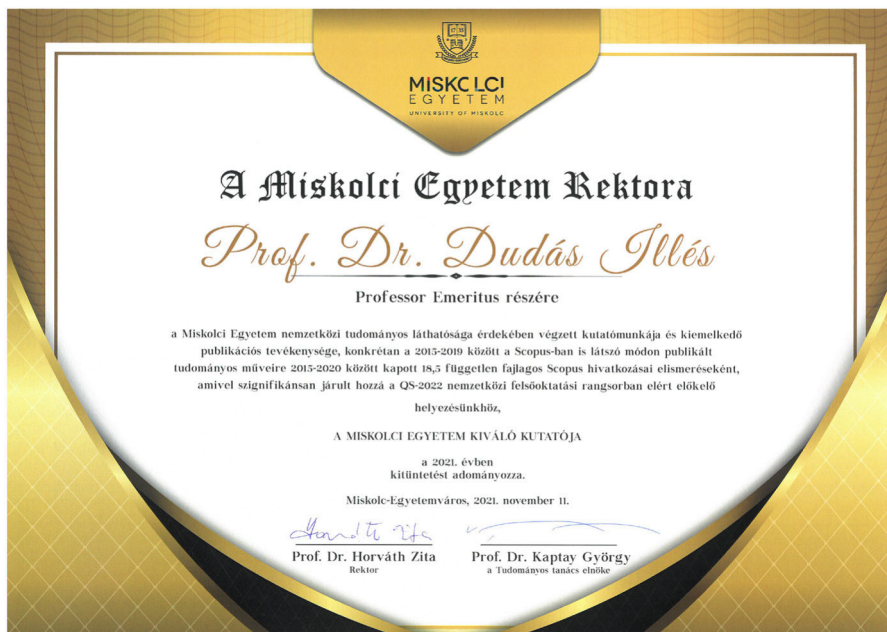
Ami pedig életem jelenlegi folyását illeti, igyekszem alkalmazkodni a körülményekhez és maximálisan kihasználom lehetőségeimet a korlátaim figyelembevételével. A Difi-CAD-ben sikerült kialakítani azt a „mintaüzemet”, ahol bemutathatom és bemutatom mindazt, amit az „elméletben” alkottam. Ennek leglényegesebb eleme az „elmélet gyakorlati megvalósítása”. Úgy érzem, hogy szakmai tevékenységemben sikerült „két apró kavicsot” hozzátenni a gépgyártástechnológia „nagy hegyéhez”.

Ami pedig „további lehetséges kérdéseidet” illeti, könyvem készítése során sohasem voltál bajban az újabb és újabb kérdések megfogalmazásában. Az ezekre adott válaszaim pedig a könyvben olvashatók.

Eddig jutottam a riport készítésével és ezt a szöveget véglegesítettük telefonbeszélgetésünk során Dudás Illés professzor úrral november 16-án délután, amikor is ő hívott, én pedig a Bükkben valahol a Nagymező környékén sétáltam Bánkútról Jávorkút irányába. November 17-én délelőtt csörög a telefonom „ismeretlen” kijelzéssel. Dudás Illés felesége, Erzsike szomorú hangját hallok, felelevenítve azon történetek sorozatát, amellyel Illés Barátom átlépett a végtelenség birodalmába.

Álljon itt tevékenységét elismerő utolsó dokumentuma, amely meggyőzően igazolja, hogy az „iparból jött szakember” egyben kiváló kutató is.

Kedves Illés, nyugodj békében!



Dudás Illés "A Miskolci Egyetem Kiváló Kutatója"

MAB - BOKIK együttműködés újabb tárgyi bizonyítékaThe new document about the co-operation of the MAB¹ and the BOKIK²

Tóth László

Miskolcon, az Erzsébet téren [1] sétálva a város három emblemikus tárgyi emlékét láthatjuk. A legszembeütőbb természetesen hazánk első, a Róna József alkotta, egészalakos Kossuth szobor, amely 1898. május 30-án került felállításra [2]. A másik az „Erzsébet fürdő”, amelynek eredeti funkciója megváltozott és egy egészségcentrumnak ad napjainkban helyet. Harmadik a sorban a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Akadémiai Bizottságának (MTA-MAB) székháza [3]. Az épület fényképe, sziluettje folyamatosan megjelenik a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kereskedelmi és Iparkamara (BOKIK) és az MTA-MAB anyagain. Ezt illusztrálják pl. az 1879-ben megalakult és első közgyűlését 1880. február 15-én tartó BOKIK történetével foglalkozó írárok címlapjai (1. ábra) és pl. a tudományos tevékenység elismerésére létrehozott EMLÉKÉREM (2. ábra).



1. ábra: A BOKIK történetét feldolgozó munkák egyike



2. ábra: A MAB emlékérem alapításának évében (1997) és jelenleg

Az épület történetét áttekintő rövid írás az MTA-MAB honlapján is olvasható [4]. Szimbolikusan is tekinthető a két – az ipari tevékenységet összefogó BOKIK és a tudomány őrzését és gyarapítását szolgáló MTA-MAB – szervezet együttműködését demonstráló táblák elhelyezése az épület bejáratának két oldalán (3. ábra).



3. ábra: A BOKIK és az MTA-MAB elnökeinek emléktáblája az utóbbi székházának bejáratánál (elhelyezve a Magyar Tudomány Ünnepe, 2021)

E szimbolika híven tükrözi azt a tényt, hogy sikeres gazdaság, sikeres társadalom csak a tudomány és az ezt alkalmazó ipar szerves kapcsolatával érhető el. Másképpen fogalmazva, csak a „tudásgyár” és a „termelő gyár” koherens kapcsolata hozhat olyan eredményeket, amelyek egy országot előbbre vihet a nemzetközi sorrendben.

Irodalomjegyzék

- [1] Wikipédia ismertető: Erzsébet tér, Miskolc: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Erzsébet_tér_\(Miskolc\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Erzsébet_tér_(Miskolc)) (letöltés: 2021.11.25.)
- [2] Wikipédia ismertető: Kossuth Lajos: https://hu.wikipedia.org/wiki/Kossuth_Lajos (letöltés: 2021.11.25.)
- [3] Magyar Tudományos Akadémia, Miskolci Területi Bizottság honlapja: <https://tab.mta.hu/miskolci-területi-bizottsag> (letöltés: 2021.11.25.)
- [4] Magyar Tudományos Akadémia, Miskolci Területi Bizottság honlapja: A MAB-székház története: <https://tab.mta.hu/miskolci-területi-bizottsag/tortenete/haz-tortenete/> (letöltés: 2021.11.25.)

¹ The Regional Committee of the Hungarian Academy of Sciences at Miskolc² Chamber of Commerce and Industry of Borsod-Abaúj-Zemplén County for the Economic Development

Új elnök a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémia élén: Trampus Péter

Peter Trampus is the new president of the Academia NDT International

Tóth László

A Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémia 2021. október 23-án, a Brescia-ban tartott közgyűlésén Trampus Pétert választotta elnökének.

A Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Akadémiát (Academia NDT International, www.academia-ndt.org) 2008-ban alapították a roncsolásmentes vizsgálat élvonalában hosszú ideje tevékenykedő tudósok, kutatók, tapasztalt ipari szereplők. Az alapítók által megfogalmazott legfontosabb célok a következők voltak.

Az Akadémia

- járuljon hozzá a tudomány, a kutatás és a fejlesztés előmozdításához a roncsolásmentes vizsgálat, roncsolásmentes értékelés területén;
- ösztönözze a roncsolásmentes vizsgálati technológiák alkalmazását az egyetemeken és a kutatóintézetekben világszerte;
- járuljon hozzá világméretű hálózatok létrejöttéhez tudósok és technológusok között és működtesse azokat;
- mutasson rá a kutatás és fejlesztés szerepére és jelentőségére a roncsolásmentes vizsgálat területén;
- hívja fel a hatóságok, a kormányok és a nemzetközi civil szervezetek figyelmét a roncsolásmentes vizsgálat előnyeire és fontosságára.

Szem előtt tartva krédóját, az Akadémia 2010 óta a roncsolásmentes vizsgálat minden nagy nemzetközi rendezvényén (világkonferenciák, európai konferenciák) „Nemzetközi kutatási nap” címmel jelenik meg. Ezekre a nagy érdeklődést kiváltó rendezvényekre szinte minden esetben meghívást kap egy Nobel díjas tudós, akinek tevékenysége – ha nem is szorosan, de – összefüggésbe hozható a roncsolásmentes vizsgálatokkal. Így az Akadémia vendége volt Riccardo Giacconi [1] (2010, Moszkva), Sir Harold Kroto [2] (2012, Durban), Peter Higgs [3] (2014, Prága, videokonferencia), Joachim Frank [4] (2018, Göteborg). Az Akadémia irányító testülete (a Council) – a MAROVISZ meghívására – 2013-ban Egerben tartotta ülését. Az Akadémiának jelenleg 77 tagja van a világ 29 országából.

Az Akadémia elnöke 2008-as alapításától 2021. október 23-ig Giuseppe Nardoni volt. Személyes tekintélye

jelentős mértékben járult hozzá az Akadémia fejlődéséhez és nemzetközi elismertségéhez (korábban elnöke volt az olasz roncsolásmentes vizsgálati szövetségnek, majd az európai és később a világszövetségnek). Az elnökségben neves tudósok, nemzeti tudományos akadémiájuk tagjai vállaltak és vállalnak szerepet a világ számos országából. A kezdeti években Balaskó Márton volt az Akadémia magyar tagja, de ő nyugdíjba vonulását követően már nem vállalta a tagságot. Trampus Pétert 2011-ben választotta tagjai közé az Akadémia, majd 2014-ben bekerült az irányító testület tagjai közé.

A MAROVISZ elnökét és számos más tudományos bizottság vezetőjét nem kell bemutatni a hazai szakemberek számára. Egy tény azonban célszerű kiemelni. Ez pedig nem más, mint a nemzetközi szakmai élet hazánk „gépészmérnök társadalmának” kiemelkedő „nagykövete”. Mi is vezetett ehhez? Életének nemzetközi lépcsői:

- 1979- Drezdai Műszaki Egyetem levelező aspiránsa
- 1990, 1991 Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) ösztöndíj
- 1992, 1994 NAÜ program hazai tudományos vezetője



*Giuseppe Nardoni alapító és Trampus Péter elnökök
(Brescia, 2021. október 23.)*

- 1996-2003 NAÜ munkatársa Bécsben
- 2003-2004 vendégkutató az Európai Bizottság Egyesített Kutatóintézetének Energia Intézetében (Petten, Hollandia)
- 2015-2018 Európai Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetség (EFNDT) [5] választott elnöki pozíciója [6]
- 2016- Európai Szerkezetintegritási Társaság (ESIS) [7] Roncsolásmentes kiértékelés (TC 17) bizottságának elnöke

Tisztelt Professzor Úr, kedves Péter!

Az Anyagvizsgálók Lapja Szerkesztő Bizottsága nevében gratulálunk az újabb megbízáshoz és nagyon jó egészséget kívánunk Magyarországot tartalmazó és maradandó megjelenítéséhez a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgáló Akadémia tevékenységében!

IRODALOMJEGYZÉK:

- [1] Wikipédia: Riccardo Giocconi életrajza: https://en.wikipedia.org/wiki/Riccardo_Giacconi (letöltés: 2021.11.20.)
- [2] Wikipédia: Harry Kroto életrajza: https://en.wikipedia.org/wiki/Harry_Kroto (letöltés: 2021.11.20.)
- [3] Wikipédia: Peter Higgs életrajza: https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Higgs (letöltés: 2021.11.20.)
- [4] Wikipédia: Joachim Frank életrajza: https://en.wikipedia.org/wiki/Joachim_Frank (letöltés: 2021.11.20.)
- [5] EFNDT honlapja: <https://www.efndt.org/> (letöltés: 2021.11.20.)
- [6] Trampus P.: Három év az Európai Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetség élén. Anyagvizsgálók Lapja, 2019/I., pp. 5-11.
- [7] ESIS honlapja: <https://www.structuralintegrity.eu/site/activity/technical-committees> (letöltés: 2021.11.20.)



Személyi és strukturális változások a „BAY-LOGI”-ban

Anno, 1993 decemberében Pungor Ernő akadémikus megnyitotta a Bay Zoltán Kutatási Alapítvány miskolci intézetét logisztika és gyártástechnológia főbb profilokkal. Ennek már lassan 30 éve! Szokták volt mondani, hogy a megnyitás időpontjától „már sok víz folyt le a Dunán”. Ez igaz, de igaz a másik oldal is: az intézmény még ma is él, munkatársai a „nonprofit K+F struktúra” keretében folytatják tevékenységüket. A változó környezet – változó struktúrát igényel! Ez jól követhető a köznyelvben csak „BAY-LOGI”-ként széleskörben (hazánkban és a nemzetközi szakmai életben) emlegetett intézet folyamatos fejlődésén keresztül.

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. legújabb struktúrájának kialakítására Szűcs Ferenc kapott megbízást 2021 októberétől, mint az új Mérnöki Divízió igazgatója, melyben az ENG és a SMART, két nagy divízió egyesült. Nagyon széles az a terület, amivel az új Mérnöki Divízió foglalkozik: benne vannak az üzembiztonsággal összefüggő kutatások, a mérnöki szimulációk és anyagvizsgálatok, mesterséges intelligencián alapuló kutatások, a VR/AR alkalmazások, az önvezető jármű technológia, az ipar 4.0 új lehetőségei, valamint az életciklus elemzések, a térinformatika, járattervezés, infokommunikáció, egészségügyi informatika széles spektruma.



Szűcs Ferenc,
a Bay Zoltán Kutatóintézet új
Mérnöki Divíziójának igazgatója

"Nagy megtiszteltetés számomra, hogy csatlakozhattam a Bay Zoltán Kutatóközpont csapatához, célom, hogy eddigi szakmai tapasztalataimat és kapcsolatrendszeremet felhasználva jelentősen hozzájáruljak a cég fejlődéséhez. Számomra fontos, hogy nemzetközileg elismert cég legyünk, olyan kutatási eredményekkel, amelyek pozitív hatást gyakorolnak Magyarország nemzetgazdaságának a fejlődésére."

Visszatekintés negyedszázad távlatából

A look back from a perspective of a quarter century

Verő Balázs

megnyitó előadása

1997. október 29-én nagy volt a nyüzsgés a DUNAFERR Dunai Vasmű Lemezalakító Kft.-jének szabadidő központjánál a Duna-parton. A helybeliek érdeklődve kérdezték: mi ez a sürgés-forgás? Részünkről a válasz egyszerű volt: itt rendezzük az **I. Országos Anyagtudományi és Anyaginformatikai Konferenciát**. A konferencia egynapos volt, a délelőtti szekcióban az anyagtudományról alkotott képünket próbáltuk megfogalmazni, majd a DUNAFERR vezetői a vállalatcsoport jövőképeiről és az anyagtudománynak a cég jövőképe kialakításában játszott szerepéről számoltak be.

A délutáni szekcióülésen a négy anyagcsoport szerinti beosztásban vezető hazai kutatók elemezték a rendszerváltás után kialakult helyzetet. Sajnálatos módon az előadók s a résztvevők közül nagyon sokan ma már nem az anyagi világ lakói. Az előadások és az azokat követő vita után ajánlásokat fogalmaztunk meg, amelyek a teljes konferencia anyaggal együtt a BKL Kohászat 1997. 10-12. számában is megjelentek [1].

Úgy gondoltuk, hogy ennek a mai, jubileumi elnöki megnyitónak a vázát az öt pontban megfogalmazott ajánlások adják, és a reflexióinkat az egyes ajánlásokban szereplő szavak, fogalmak mindegyikével kapcsolatban is kifejtjük.

1. AJÁNLÁS

Kétévenként kerüljön megrendezésre a magyar anyagtudományi és anyaginformatikai konferencia. A második konferencia javasolt időpontja 1999 második negyedéve.

Ezt az ajánlást az anyagtudomány hazai művelői megfogadták. Ma már a XIII. konferenciát rendezzük, de a számszerűségről még fontosabbnak tartjuk, hogy a konferencia-sorozat egyre inkább megtestesíti azt a szellemiséget, amire a konferencia kezdeményezőiként gondoltunk. Jól tükrözi ezt a fejlődést, hogy a mostani konferencia szervezőbizottsági ülésén a szervezőbizottság több tagja is javasolta, hogy a hagyományos szerkezeti anyagok szekciójában váltakozva szerepeljenek a fémekről és a polimerekről szóló előadások. Hasonló pozitív fejlődésű lépcsőként említhetjük, hogy pusztán az előadás-címek ismeretében többen hiányoltuk az anyagtudományi szimulációs előadásokat. Akik már azonban a rezümék többségét is olvasták, megnyugtattak bennünket, hogy az előadások szinte kivétel nélkül magukban foglalnak informatikai alkalmazásokat.



Az első konferencia délelőtti ülésének elnöksége

2. AJÁNLÁS

Az anyagtudomány fogalmának a konferencián körvonalazott meghatározását fogadjuk el, és ennek szellemében oktassák ezt a tárgyat felsőfokú tanintézményekben.

A konferencia előadói és résztvevői kellő bölcsességet tanúsítottak, amikor az anyagtudomány fogalmának definíciójával kapcsolatban egy, a konferencián kirajzolódott álláspontot fogadtak el, elkerülve a partatlan vitát. Az anyagtudomány fogalmát a konferenciával szinte egy időben



Az első konferencia résztvevőinek egy csoportja

az MTA Anyagtudományi és Technológiai Tudományos Bizottsága egy, a Magyar Tudomány c. folyóiratban megjelent publikációban [2] értelmezte, majd az elmúlt év végén a Magyar Tudomány 30 éve című kiadványban [3] ismételten foglalkozott ezzel a kérdéssel. Ezzel párhuzamosan az ATTB keretein belül élénk vita folyt erről a kérdésről, amelynek folyamatát jól jellemzi az Anyagvizsgálók Lapjában megjelent vitafórum [4, 5].

Ennek a kérdéskörnek az ismételt felvetését az MTA doktori pályázat elbírálási folyamatának minőségbiztosítása indokolja. A minőségbiztosítás egyik alapvető fogalma a megfelelőség. Az elbírálási folyamat során az osztály elnökének, az illetékes szakbizottság elnökének és magának a bizottságnak is döntenie kell arról, hogy a benyújtott dolgozat elbírálásában illetékesnek tartja-e magát. Ha nincs közös, világos álláspont az anyagtudomány fogalmáról, akkor maga a döntés is kérdésessé válhat. Arra is gondolni kell, hogy a nem egyeztetett kritériumok alapján elnyert MTA doktori címek viselőiből kialakuló anyagtudományi és technológiai bizottság munkáját is feszültség terhelheti.

A műszaki anyagtudomány felsőfokú intézményekben való oktatása ma már egyre jobban követi a 25 évvel ezelőtt megfogalmazott javaslatot. Ennek az oktatásnak vezérfonalát a már az I. konferencián is tárgyalt, úgynevezett láncmodell képezheti. Ennek alapvető gondolata, hogy a piaci igényekre adott választ a négy lehetséges anyagcsoport között kell megkeresni a teljesítőképesség – a tulajdonságok – a szerkezet – és a feldolgozás kapcsolatrendszerében. Erre csak akkor vagyunk képesek, ha megfelelő természettudományi és informatikai ismeretekkel, illetve az egyes anyagcsoportokra jellemző specifikumokkal tisztában vagyunk. Úgy gondoljuk tehát, hogy a műszaki anyagtudomány láncmodell szerinti oktatása csak magasabb szinteken, például MSc oktatásban vagy a PhD képzésben van a helyén. A láncmodell szerinti szemlélet meghonosodása ugyanakkor kiküszöböli az öncélú, közpénzen végzett kutatást, hiszen a folyamat a probléma felismeréséből indul ki és eljut a gyakorlati megvalósításhoz.

3. AJÁNLÁS

Törekedjen a szakma olyan kutatás-fejlesztési projektek kidolgozására, amelyek az anyagtudományról alkotott korszerű felfogásnak megfelelnek, és hozzájárulnak a magyar gazdaság versenyképességének és profittermelő képességének növeléséhez.

A rendszerváltás óta eltelt 30 évben folytatott műszaki anyagtudományi kutatásokról és fejlesztésekről átfogó képet rajzolt a már említett munka. A szakma képviselői, elsősorban azonban az ATTB tagjai, mintegy tükröt tartva maguk elé, szembesülhettek munkájuk eredményességével. Úgy gondoljuk, hogy a tükör „mérete” nem volt megfelelő, helyenként torzított, sőt helyenként a foncsor réteg is hiányzott. Meggyőződésünk, hogy a műszaki anyagtudomány eredményei számos területen hozzájárultak gazdaságunk fejlődéséhez, de azok a kötöttségek,

amelyek a beszámoló elkészítésének feltételrendszerét előírták, számos, a feldolgozóipari technológiát is befolyásoló eredménynek a megjelent anyagba való bekerülését szinte kizárták. Abban a szerencsés helyzetben van azonban most a műszaki anyagtudomány művelőinek közössége –, amely ma már 159 köztestületi tagot foglal magába –, hogy előtte egy, a szakmai közösség minden egyes tagjának közreműködését igénylő feladat áll. Ezt a feladatot a Paks II. atomerőmű megvalósítása jelenti. Az előkészítés folyamatában lévő beruházás támogatására a Kormány a Dunaújvárosi Egyetemen létrehozta a Paksi Kompetencia- és Kutatóközpontot (DUE PKK). A DUE PKK létrehozásának alapvető koncepciója nem a létesítés napi munkájának kiszolgálása, hanem a gépészműszaki technológia egyes területein felmerülő szakmai kérdések műszakilag korrekt megoldásához történő hozzájárulás, amelynek alapját a központ kompetenciája biztosítja az adott szakmai-tudományos területen. A DUE PKK létrehozásának célja a paksi új atomerőművi blokkok létesítésének támogatása a gépészműszaki technológiához kapcsolódó anyagtechnológiai, anyagvizsgáló és hegesztési szakértői, valamint a technológiai területtel összefüggő szakember képzési feladatok ellátása útján. A DUE PKK infrastruktúrája részben a már korábban beszerzett korszerű, roncsolásmentes és roncsolásos anyagvizsgáló technikákra, részben pedig a jövő év közepéig letelepítendő nagyberendezésekre épül. Ez utóbbi témáról ezen a konferencián előadás hangzik el. Ebben a szakmai körben talán nem is kell hangsúlyoznunk, hogy az olcsón üzemeltethető atomerőműben előállított, és lényegében zöldnek tekinthető villamos-energia a nemzetgazdaság versenyképességének meghatározó eleme, amely kihatással van iparunk egészének profittermelő képességére.

4. AJÁNLÁS

Tudatosítsuk minél szélesebb körben azt a felismerést, hogy korszakváltás határához értünk, átléptünk a tudatosan megtervezett teljesítőképességű, tulajdonságú anyagok korszakába, és ez a korszakváltás nem képzelhető el anyagtudományi modellezés és az informatikai forradalom eredményeinek alkalmazása nélkül.

A '90-es évek közepén a szakma képviselői előtt már egyértelművé vált, hogy a műszaki anyagtudomány paradigmaváltás előtt áll. Azt azonban, hogy ez ilyen gyorsan és ilyen mélyrehatóan következik be, nem is gondolhattuk. A mélyreható változás egyaránt érintette az informatika eszköztárát (a hardvert és a szoftvert), valamint az információhoz való hozzáférés és továbbítás lehetőségeit. Ennek a folyamatnak a részletes elemzésére nincs módunk, csak egyetlen, a műszaki anyagtudományi modellezés témakörét érintjük. Tesszük ezt azért, mert a műszaki anyagtudomány definíciójának meghatározásakor felvetődött a tudományág vizsgálódási, érdeklődési körének terjedelme és mélysége. Ezekre nézve határokat, tartományokat célszerű definiálni. Úgy gondoljuk, hogy ebben a megfogalmazásban két fogalom keveredik, nevezetesen a szint (level)

és a méret, a lépték (scale) fogalma. Ha a paradigmaváltás lényegének egyik elemét, a számítógépes szimulációt is tudatos anyagtervezésben és előállításban jelöljük meg, akkor a szimulációs technikáknak a makro szinttől a szubatomi szintig terjedő tartományt teljes egészében le kell fednie, ahogy az a 2008-ban megfogalmazott ICME (Integrated Computational Materials Engineering) koncepcióból [6] egyértelműen megállapítható. Ezt bizonyítja az ICME koncepció ismertetőjében szereplő szimulációs eljárások két szélső esete. Lényegesnek tartjuk, hogy ez a koncepció nem a materials science, hanem a materials engineering kifejezést alkalmazza, tehát egyértelműen anyagmérnöki és nem anyagtudományi tevékenységre gondol. A méret, a lépték problémája elsősorban a rendelkezésre álló számítástechnikai lehetőségek korlátozott volta miatt jelentkezik, de a szuperszámítógépek és a párhuzamosan működő szuperszámítógépek világában ez a kérdés egyre inkább háttérbe szorulhat.

Az ajánlások megfogalmazása óta eltelt 25 év a „távközlés intenzív fejlődését, teljes digitális átalakulását, majd a médiatechnológiával való integrációját eredményezte, a távközlés infokommunikációvá szélesedett, és a jelenleg legmarkánsabb húzóerőt képező információs és kommunikációs technológia (ICT) szerves része.” Az infokommunikáció terén bekövetkezett fejlődést jól jellemzi az informatikai bizottság beszámolójából [7] idézett mondat. Ennek a fejlődésnek legkézenfekvőbb eredménye a mobil internet létrejötte: okos telefonjaink segítségével ma már akár a metrón is olvashatjuk kedvenc folyóiratainkat.

5. AJÁNLÁS

Tudatosítsuk továbbá, hogy az anyagtudomány eredményei nélkül a modern társadalmak fejlődése és a fejlődés fenntarthatósága elképzelhetetlen.

Ennek az ajánlásnak a megfogalmazásakor napjaink globális kérdésére kívántuk felhívni a figyelmet. Az ajánlás azonban nem jelölte meg azt a célcsoportot, amelynek tagjai a probléma megoldásában leghatékonyabban vehetnek részt. Az „utca emberétől” nem várható el, hogy a műszaki anyagtudomány legújabb eredményei iránt érdeklődjének, őket csak az érdekli, hogy igényeiket magas színvonalon és értékarányos áron kielégíthessék. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján úgy ítéljük meg, hogy a célcsoportot a felsőfokú oktatás résztvevői között kell keresni, mégpedig egy olyan oktatási tematika bevezetésével, amely megfelel a láncmodell szellemének. Ebben a stratégiában a tapasztalati úton, vagy tudományos alapokon nyugvó kutatás-fejlesztés eredményeképpen megismert anyagtulajdonságokat magukba foglaló strukturált adatbázisokra támaszkodhatunk. Az informatikai fejlesztés eredményeképpen ezek az adatbázisok ma már képesek az egyes anyagtulajdonságok közötti kapcsolatok elemzésére és a saját mérési adatoknak a rendszerbe való bevitelére.

A felhasználói igényeket kielégítő anyagok, alkatrészek és szerkezetek tudatos tervezésekor a fenntarthatóság, a körkörös gazdaság szempontjainak érvényesülnie kell. Úgy gondoljuk, hogy ez a probléma legáltalánosabban a

társadalmi költség és a társadalmi haszon összefüggésrendszerében vizsgálható.

A 25 évvel ezelőtt megfogalmazott ajánlások elemzését e gondolatok jegyében azzal a javaslattal zárjuk, hogy a következő konferenciák valamelyikén a műszaki anyagtudománynak a fenntartható fejlődésben játszott szerepe legyen az egyik fókuszpont. Ez az ajánlás nem szűkíti le tematikailag a konferenciánkat, hiszen az anyagok teljes körforgása a műszaki anyagtudomány szinte minden egyes területét magába foglalja.

Végezetül, szeretnénk köszönetet mondani mindazoknak, akik az Országos Anyagtudományi és Anyaginformatikai Konferencia alapgondolatát magukévá tették, szervező és támogató munkájukkal biztosították a konferenciák megrendezését, külön elismerés illeti a szervezők gondos munkáját. Természetesen, a köszönet szól a konferenciák mindenkor előadóinak, kiállítóinak és résztvevőinek, akik életben tartották – immár 25 éve – ezt a folyamatot.

Ne feledjük, hogy az elődök által ránk hagyott örökséget, hagyományt ápolni kell, mert különben történelemmé válik.

Köszönetnyilvánítás

A megnyitó előadás kidolgozásában nyújtott alkotó segítségéért köszönetet mondunk dr. Zsámbok Dénes okl. fizikusnak.

Irodalomjegyzék

- [1] Verő Balázs: Elnöki megnyitó, I. Országos Anyagtudományi Konferencia. Bányászati és Kohászati Lapok Célszám, 130. évf. 10-12. sz./1997. 334-335. o.
- [2] Verő Balázs: Anyagtudomány és technológia Magyarországon. Magyar Tudomány 9. p. 1117. (1996)
- [3] A magyar tudomány 30 éve. 2021. Gondozza a Magyar Tudományos Akadémia, megjelenés alatt.
„A magyar tudományos kutatás kiemelkedő eredményei a rendszerváltástól napjainkig (1989-2019)” a gépészmérnöki- és anyagtudományok területén” 66. o.
- [4] Kaptay György: A műszaki anyag, a műszaki anyagtudomány és az anyagtechnológia definíciói, Anyagvizsgálók Lapja, 2020/IV. Lapszám, 58-69. o.
- [5] Verő Balázs, Trampus Péter: A láncmodell – A teljesítőképesség fogalmától az anyag fogalmán keresztül a feldolgozásig, Anyagvizsgálók Lapja, 2021/I. Lapszám, 45-63. o.
- [6] National Research Council. 2008. Integrated Computational Materials Engineering: A Transformational Discipline for Improved Competitiveness and National Security. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12199>.
- [7] A magyar tudomány 30 éve. 2021. Gondozza a Magyar Tudományos Akadémia, megjelenés alatt. Informatikai Bizottság Beszámolója

Az Országos Anyagtudományi Konferencia-sorozat néhai résztvevőinek emlékére

In commemoration of the late participants of the OAKT conference series

Tóth László

Az immáron 13. alkalommal megrendezett országos rendezvény történéseinek részletekbe menő ismertetésével nem kívánok foglalkozni. Csupán a „Megnyitó” két mozzanatát szeretném kiemelni. Az első – időrendben is – Prof. Verő Balázs előadása, amelyben visszatekintett az első rendezvény óta eltelt negyedszázad történéseire. Ezt részleteiben is olvashatjuk lapunk e számában [1].

A második – és igen emberi – az a visszatekintés, megemlékezés mindazokra, akik a legutolsó, a XII. Országos Anyagtudományi Konferencia befejezése óta léptek rá a végtelenség útjára. Sajnos Prof. Szabó Péter Jánosnak, a konferencia Szervezőbizottság elnökének négy nevet is ki kellett emelni. Ők, akik már nem lehettek közöttünk, a következők:

- Bertóti Imre (1936 - 2020),
- Gyulai József (1933 - 2021),
- Krállics György (1951 - 2021),
- Tisza Miklós (1949 - 2021).

Életükről, szakmai tevékenységükről első tájékoztatói lehetőséget az irodalomjegyzékben [2-5] található közleményekből kaphatnak mindazok, akikben nem maradhatott fenn a személyes találkozás benyomása, élménye, emléke.

Nagyon bízom abban, hogy a szakmánk fejlődésében fontos lépéseket megtevőkre a jövő generáció is méltóképpen fog emlékezni, mert mi (még) élők gondolatainkban sokszor felbukkanó arcokként jelennek meg publikációink készítése során.

Nyugodjanak Békében!

IRODALOMJEGYZÉK:

- [1] Verő B.: Visszatekintés negyedszázad távlatából, *Anyagvizsgálók Lapja*, 2021/IV. lapszám, pp. 49-51.
- [2] Természettudományi Kutatóközpont honlapján megjelent gyászír: <https://www.ttk.hu/aktualis-hirek/%E2%80%A0elhunyt-bertoti-imre-az-mta-doktora> (Letöltés: 2021.11.20.)
- [3] Lukács Zs.: Tisza Miklós (1949-2021), *Anyagvizsgálók Lapja*, 2021/IV. lapszám, pp. 77-78.
- [4] Tóth L.: Gyulai József (1933-2021), *Anyagvizsgálók Lapja*, 2021/I. lapszám, pp. 79-80.
- [5] Mertinger V.: Krállics György (1951-2021), *Anyagvizsgálók Lapja*, 2021/III. lapszám, pp. 70.



Bertóti Imre (1936-2020)



Gyulai József (1933-2021)



Krállics György (1951-2021)



Tisza Miklós (1949-2021)

Mi az anyag?

What is the material?

Andó István

nyugdíjas gyártástechnológus, imaginariusistvan@gmail.com

Kulcsszavak

képzetes közvetítő részecskék,
felület nélküli pont,
felület nélküli tér,
anyag

Keywords

imaginary questionable
mediator particle,
dot without surface,
space without surface,
material

Absztrakt

A relativitáselmélet kritikája: Az energiamentes térnek van-e negatív tükörképe? Egy elemi töltés potenciálnak, egy pontnyi kvantumnak nem lehet, nincs felülete, van viszont erőtere. Felület csak elemek kémiai kötéseinek sokaságával, nanoléptékben alakulhat ki – a felület makroszintű jelenség. Ha az alapvető kölcsönhatásokat leegyszerűsítjük egyetlen hatásirányra, – mert a teret kitöltő kvantumokból ez következik – ami az összenyomás –, akkor a mindenségelmélet megoldható, levezethető.

Abstract

A critique of relativity theory: is there a negative mirror image of energy-free space? An elementary charge potential, a point quantum has no surface, but it has a force field. Surface can only form at the nanoscale, with a multitude of chemical bonds between elements – surface is a macroscale phenomenon. If we simplify the fundamental interactions to a single direction of action – because of the quanta that fill the space – which is compression – then the theory of everything can be solved, derived.

„A problémákat nem új információk segítségével oldjuk meg, hanem azáltal, hogy rendszerbe foglaljuk azt, amit már régóta tudunk.”

Ludvig Wittgenstein

A címben feltett kérdést Szegeden hallottam a közel-múltban, a helyi SZAB-Székházban megtartott előadáson, amelyben a természettudományok jövője volt a téma. Az anyagtudományban régóta vissza-visszatérő kérdés ez, ami engem kissé meglepett, ugyanakkor inspirált is a válasz megadása. Mert ismereteim alapján úgy vélem, a kérdés megválaszolható, illetve hogy azt már megválaszolták, még ha az nem is közsímet. Igaz viszont az is, a feleletet nem az elemek szintjén, hanem a kvantumfizika és a kozmológia sokoldalú összevetéseiben, de már feldolgozott és ismert jelenségein keresztül tudjuk megadni – túl az anyagtudományokon, a mérnöki kutatómunkákon.

Az Einstein által megfogalmazott relativitás-elmélet egyik következtetése az $E = mc^2$ képlet, az anyag és energia szoros összefüggő ekvivalenciája, ez az elmélet ilyen vetületű végeredménye, de nem magyarázza meg kielégítően a kérdést, hiszen akkor azt nem is kellene feltennünk. Ez az egyik fő vezérfonal volt kutatásaim során, de miért nyitott még mindig ez a téma – főképpen a fizikusok miatt – ajánlatos visszatekintünk a modern, a Newton utáni fizika történetére. Ha rákeresünk, a Wikipédia tájékoztatása is azonnal a mag- és a részecskefizika részleteibe „ugrik”. A dolgok kifejtése, végigvezetése után azt látjuk, hogy kérdésessé válik, mit miért szorzunk mivel? Ez az első szakasza esszé jellegű dolgozatomnak (a mottó szellemében nem nevezem tanulmánynak munkámat), másodikban a feltárt ellentmondásokat vetem össze és megvonom a mérleget. A harmadikban a most már tudomásunkra jutott minden szintre kiterjedő evolúció okán vetek fel gondolatokat, állításokat –, de csak vázlatosan, némileg átlépve a dolgozat kereteit, mert azok nagyon messzire vinnének.

Megjegyzem még, hogy kezdeti motivációim nem közvetlenül szakmaiak voltak huszonnégy évvel ez előtt, csak utalásszerűen: Ikerlányaim születtek még a hetvenes

években, különböző szomatizációs hatások érték túlfeszített, korábbi munkáim miatt, és az így alakuló életvitel okán váltottak ki testi tüneteket, amelyek a rendszerváltás utáni években tetőztek be. Tehát az élettudományok felől, kiemelten a tudat, az agy-elve legközvetlenebb kapcsolati pontja igénye felől közelítettem, mert 1997-ben felismerem, hogy az elme megelőző akaratlágossággal bír, hívóvó molekulákat, azaz anyagot indukál és lök át az agyi idegnyúlványok szinaptikus résein. Az idegrendszer azért érdekes esetünkben – bár nagyon áttételes annak mechanizmusa a kérdés megválaszolása szempontjából –, mert a perifériás érzőn be-, és az oda vissza kifutó impulzusok mozgó-végrehajtó idegrendszerének akaratlágossága olyan dinamikát (elő-)feltételez, amely túlmutat az elemek kémiai kötésein. Gondolkodásunkkal megelőzzük és meg is választjuk szavainkat, cselekedeteinket, legtöbbször összehasonlítva tárolt tapasztalatainkkal, emlékmintáinkkal. De azt is feltételeztem, hogy e nagyon összetett mechanizmus szoros kapcsolatban kell, hogy álljon a környezeti hatásokra érzékeny evolúciós építkezéssel, a funkcionális sejt-differenciációval, az egész organizmusra vonatkozó alakképzéssel. Másképp közelítve a lényeghez, a jobb megvilágítás érdekében idézem Mérő Lászlót, aki így fogalmaz [1]: „Az élet sejtszintű működéséhez szükség van egy heurisztikus erőre, az organizmus egészére nézve pedig metaheurisztikus erőre, amely mozgásban tarja a rendszert és élővé teszi a halott anyagot.” E felismeréseim után egyenes út vezetett a kvantumfizikához.

A fenti képlet az egyetlen dolgozatomban, mert nem a szigorúan vett fizikai matematika adott megoldást számomra – ahogy a jelenkor egyes fizikusainak sem (lásd pl. S. Hossenfelder, vagy J. Al-Khalili „ismeretterjesztésre” szánt könyveit...) – hanem gondolkodásmódjuk elsajátítása, a tudományágban való viszonylagos tájékozottság, a jelenségek során felállított modellállítások módja és

a levont következtetések. Legfőképpen az évszázadnyi ismeretanyag ellentmondásainak a feltárása, amely csak az 1994-es évektől vált igazán elgondolkodtatóvá. Simonyi Károly kitűnő könyve – A fizika kultúrtörténete [2] – nagyban segítette munkámat, ott minden idevonatkozó levezetés is megtalálható, de az egyben a fizikusi gondolkodásmód folyamatos, történelmi változásainak leírata is. Az általa elindított kétkedésem természetesen nem onnan származik, hanem a Természet Világa által kiadott, szintén Simonyi professzor szerkesztette, puritán kivitelezésű pótfüzetben [3] látott szakmai ütköztetésektől, ami 1995 szeptemberétől volt forgatható. Tehát a „merítést” adó anyagaim nagy része ma is megtalálhatóak közönyvtárakban, s ez még érdekesebbé teszi a választ, vagyis az bárki rendelkezésére áll, így ellenőrizhetőek állításaim. A pótfüzet – éles válasz-keresési szándékkal – összegzi a harmadik évezred küszöbéhez érkezett fizikai front-kutatásokat. És már az itt felismert helyzettel, a Simonyi által erősen sejtetett ellentmondások gyanújával mentem vissza a kezdetekhez, amihez a fenti könyv óriási segítséget adott. Másik támpontom S. Hawking által tett bejelentés [4] utáni szakmai vita megértése, az a mögött megbúvó, a tudományos tevékenységről szóló, a köznap gyakorlat által hallgatólagosan elfogadott társadalmi szerződés megsértésének okának kiderítése volt. Nem akarok részletekbe menően rámutatni az elődök és a saját megismerésem folyamatára (a terjedelmi korláton túl nincs is értelme) csak a lényegi elemeket veszem sorba, amelyek elvezettek a relativitáselmélet Achilles-pontjához, ami döntő a véleményalkotásra nézve.

Az elmélet tisztán matematikai konstrukciójának elkezdése G. Riemantól [5] vette kezdetét. A fizika kultúrtörténetében erről ez a megjegyzés van: Bolyai és Gauss vizsgálódását úgy folytatta, hogy a tér pontjait általánosította tetszés szerinti dimenziószámú terekre! A következő jelentős lépés a skót J. Maxwell [6] nevéhez fűződik, aki az áramtermelés elméleti és gyakorlati kérdéseit elemezte, bebizonyította a mágneses- és elektromágneses terek forgásrendszerét, egymásba való átmenetét, kölcsönhatásait, ahol a mágneses erővonalak a térben rejlő energia sajátos megnyilvánulásai. – Bár azok nem tetszés szerinti dimenziókban, hanem a valós térben, egységesülten történnek meg! Ám ez a tetszés szerinti térfelfogás innen meghatározó erővel bírt a későbbi kutatásokra nézve, és így nem meglepő az a visszatekintő tömör lényegmegragadás J. A. Wheeler [7] részéről, mely szerint: „Az anyag megmondja a térnek hogyan görbüljön, a tér pedig megmondja az anyagnak hogyan mozogjon.” A relativitáselmélet tehát a tér sajátjának gondolja el az anyagot, az elemeket, az energiát. Erre a felfogásra nem hatott elég erősen M. Planck [8] által kimért feketetest-sugárzás kvantumelmélete, amely világos kapcsolatba hozta a frekvencia viszonyát az elektromágneses sugárzás energia maximumával. A Gauss-görbét leíró mérőssorozat lezárta azt a frekvenciavítát, ami a fagyhalál vagy hőhalál dilemmából eredt. (Megjegyzem, e vita során merül fel először a fagyhalál veszélye, a termodinamika jellegű közelítés.) Tehát a nem-euklideszi geometriából származtatott

feszítve táguló négydimenziós téridő nem fogalmaz meg, nem ad konkrét alakzatot az energiának, az a későbbi kvantummechanikában is alakatlan, pont nélküli és „elkent”, amit immár mikro terekben próbáltak meg igazolni. Planck gyakorlatias munkássága – a kimért frekvencia maximum mellé tartozó elhanyagolhatóan kicsi energia minimum sajátosságán túl – a róla elnevezett állandókban mérhető fel igazán. Az általa feltárt alapértékek megingathatlannak bizonyultak azóta is. Vizsgálódásunk szempontjából kiemelem a Planck-hossz értékét, ami 10^{-33} cm. Ez azért lesz fontos a későbbiekben, mert az elektron hordozta feszültségek sokoldalú vizsgálata során kimutatták annak átmérőjét, ami tizenhét nagyságrenddel nagyobb a Planck-hossznál.

A fény, a hullámok kvantálása, a periódusos rendszer végleges rögzítése, a Röntgen által detektált sugárzás, a Curie-házaspár részéről a radioaktivitás sajátosságainak a kimutatása, illetve az elemek spontán bomlásig terjedő koncentrációja újabb „ablakot”, vagy inkább ablakokat jelentettek az ismeretlen kutatásában. Ezek a kutatási vonalak – a kvantumelmélet után néhány évvel – Bohr-t az atommodell megalkotására készítette 1913-ban, és megnyílt az út az elemek belső szerkezeteinek a feltárásához, amelynek leglényegesebb felfedezése az atommagban rejlő erők megsejtése. Bár egy gondolat erejéig érdemes visszaugornunk az elektron-pozitron párkeltésére, ami a mindennapokban igen ritkán fordul elő (talán a villám lesújtásakor keltett ioncsatorna növekedése sorolható ide), amely a kvantum-térelmélet megalkotását megerősítette Diracban [9]. Ennek okán a tér érdekes felhasadásáról értekeztek, ezen elméleti vitákban fontos szerepük volt a kvantumfluktuációnak és a vákuumpolarizációnak, illetve a kvantumvákuum teóriának, amelyek értékelésekor ismét meghatározó szereppel bírt a relativitáselmélet. Azaz megfeleltetni igyekeztek a részecske- és elméleti fizika eredményeit az elfogadott és vegytiszta elmülethez igazítva. Ekkor merült fel először a gyanú a pozitív és a negatív tér szimmetriájának a feltételezésére és aszimmetrikus, részecskét adó megnyilvánulására, a szimmetriasértésre, amely később nagy szerepet játszott a fizikusi gondolkodásban. Az atommag részleteinek a modellezése kizárólag ezen alapszik.

Az atommagban rejlő erők felszabadítása hamarabb történt meg, mint annak pontos elméleti tisztázása. Jól kifejezi ez a kor technológiáinak versenyhelyzetét, politikai megítélését, és persze felhasználását, amikor azokat az állam teljes fennhatósága alá vonták. És bár már az első világégést megelőzően megjelenik az állam legjobban fizető innovációs aktorként, az atomkorban ez totálisan érvényesült, a kutatások legfontosabb stratégiai üggyé váltak, ami emelte a fizikusok presztízsét. Persze voltak szelídebb kutatások is közben, ezek legtöbbje az elméleti- és Nap-fizikában, a csillagászatban, vagyis az asztrofizikában jelent meg. Felismerték azt a csillag-tömeghatárt (másfélszeresnél nagyobb Nap-tömeg feletti), amitől a „csillag-kohó” ciklusa felgyorsul, és az implózió, az össze-robbanás végén közetbolygók anyagai is kialakulhattak.

Hubble – a vörös eltolódás révén – 1929-ben kimutatta a világegyetem tágulását. Ez meglepte Einsteint, mert az alapegyenletből két alternatíva számolható ki: egy negatív görbületű, nyitott a végtelenbe rohanó, vagy véges és pozitív, de határtalan pulzáló modell [10], ám mind a két alternatíva görbült tereket feltételez. Ő – a világegyetem létezése, milyensége, viselkedése és a közbeni sok kérdés felhalmozódása okán – egy állandót iktatott be egyenletébe, amit aztán a legnagyobb ballépésének minősített nem sokkal halála előtt. Ez a megválaszolatlan kérdéssor az ősrobbanáshoz való visszavezetés elméletét generálta – az atommagban lejátszódó folyamatok kutatása mellett. De ekkor már egyre több fizikus előtt nyilvánvalóvá vált, hogy az elméleti- és részecskefizika, illetve az asztrofizika kutatásai a kozmológiában nyerik majd el a konszenzuális állapotukat.

Végeredményünk szempontjából feltétlenül meg kell említenünk a hőtan fizikáját, azon belül a termodinamikát, annak entrópiái vonatkozását. Az ősrobbanás pillanatában – ezt a nullától 10^{-12} /sec időhatárig számolták ki – ekkor a hőmérséklet 10^{32} K-fokot érte el. A mai világegyetem csillagai és a galaxisok közti homogén hőmérsékleti eloszlás – a hozzátartozó háttérsugárzással – a 2,7-s értékre hűlt le. A hőirány tartását az abszolút nulla fokhoz két, kísérletes eredmény igazolta. Egyik az elméletileg megjósolt Bose-Einstein kondenzátum [11] bizonyítása, ahol a 100 nanokelvines hőmérséklet alatt, a csapdázott atomok körszimmetrikus formációjában, a közepén elhelyezkedő atomok még tovább lassultak. A zsugorodó mintában viszont tovább nőtt ott az anyagsűrűség! E kísérletet jól és arányosan egészíti ki a fénytörés állapota, amikor a fényt ilyen hőfokú közegen vezették át, s az szintén nagyon, több nagyság renddel lelassult. A másik gyakorlatias bizonyítás a fény speciális, laboratóriumi környezetben való lelassítása oly módon, amikor a hatszög csúcsai szerinti elosztású, egymástól nanométeres távolságú lézersugarak között, a formáció közepén átvezetett hetedik lézersugár sebességét mérték meg, itt már elemmentes környezetben. A középső sugárra ható, a körbefogó sugarak révén generált hűtés ismét energiahiányra utalt, ez a tapasztalat is segítette a majdani lézercsipesz technikai kidolgozását. Az anyaghűtés témaköréhez tartozik az 1997-es Nobel-díj odaítélésének megfontolása (atomok lézertérrel történő hűtés és csapdázás módszérért), illetve a 2003-as díj, amikor a kutatók a szupravezetés és szuperfolyékonyság részleteit tárták fel. (Az MRI, a mágneses rezonancia elvét felhasználó agyi képalkotó eljárásokat adó berendezésben a folyékony hélium meghatározó elem a rétegfelvételes kép élességére nézve.) A nulla fokhoz való közelítés később, az indoklásomnál tárgyalt kvantumgravitáció ellentmondásosan vitatott szempontjából lesz nagyon fontos.

Mi a kvarkokat összeragasztó gluon?

Azért teszem fel így ezt a kérdést, mert az atommag részei, a kvarkok megbontásának energia igénye egybe esik azzal az energiával, amely az elemek kialakulásáért

felelős, és amely uralja a világegyetemet – az elektrontól a feketelyukakig. – Akkor lássuk a részleteket – bemutatásom szerint.

A standard-elmélet felállítását – előfeltételként – megelőzte az az idevonatkozó technikai fejlődés, ami a részecskegyorsítókban csúcsosodott ki. Már a kezdetekben kilovoltos energiát használt Röntgen, elektronokat ütköztetve a katódsugár-cső üvegfelületére (1895). Rutherford tovább emelte az energiát, az atommag terébe löve azt néhányszor tíz kV-os értékkel, de az igazi eredményt, a jobb magképeket adót, 1931-től számíthatjuk, amikor a proton és a neutron megkülönböztethetővé vált – immár száz kV feletti feszültség értékű szórással, ütköztetéssel. Miért fontos az ütköztetési eljárás? Ekkor még nincs elektronmikroszkópos eszköz, és egyébként sem lehet eléggé „közel menni” bármilyen eszközzel egyetlen, vagy néhány tíz atomhoz. A mérést meghamisító beavatkozás elvi korlátja is ekkor fogalmazódik meg. (Az alagútáramos mérés majd a nyolcvanas évek végén valósul meg – rendkívül precíz körülményeket megkövetelve.) Nem volt, és ma sincs más jobb módszer a szórásos (pl. neutron-szórásos képalkotás fehérjéknél), vagy ütköztetési eljárásnál. A részecskefizikusok – egy köznap analógiával szemlélítve az eljárást – egybehangzóan elismerik: Olyan ez, mint amikor két száguldó autó frontálisan ütközik, és nekünk a szétszóródó roncsokból kell visszakövetkeztetnünk az autó típusára, meghajtásának módjára, motorja és karosszériája méretére, elrendezésére. Az eljárás az alkalmazott feszültséggel arányosan hatolt be a magba, és tárt fel egyre finomabb részleteket, részecskéket – amelyek száma már több száz. A személyes megjegyzésem az, hogy a feszültség növelésével arányosan egyre több, és egymástól is gyakran eltérő anyag-antianyag párokat keltettek és kaptak eredményül.

Horváth Dezső megpróbálja elmagyarázni a szakma közeli, és a fizikusokat távolabbról, kritikusabban figyelőknek a Standard-modellt [12], a most már dekoratív Mikrovilág külön-számban. Ebből emelek ki egy bevezető általánosítást, amikor a szimmetriák minden-hatóságáról értekezik a szerző: „A részecskefizikában viszont minden a szimmetriákból (vagy azok sérüléséből) származik: a megmaradási törvények, a kölcsönhatások, sőt a részecskék tömege is.” Elsőnek a részecskék tömegképzését vegyük szemügyre. Bármilyen részecske – az elektron is – a saját lokális terének megfelelően, a negatív és pozitív tér áttöréséhez szükséges energiával kell rendelkeznie, aminek az a furcsasága, hogy minél kisebb a közvetítő részecske, annál nagyobb áttörési energiát követel meg. (Szemléletesen, közérthető analógián keresztül igyekszik magyarázni a kvark-mozgásokat Trócsányi Zoltán, a 2004-es Nobel-díj kapcsán [13]. Itt a közvetítő részecskéket a labda adná, az anyag-antianyag közti energia ugrálás labdajáték példájában.) Az idézett különszámban olvashatjuk Horváthtól ezt is: - „Valamennyi részecskére hat a gravitáció, de szerepe csak csillagászati szinten jelentős, laboratóriumi szinten elhanyagolhatjuk.” Ez a mondat, és a szimmetriasértés gondolata később nagyon fontos lesz!

A mind mélyebbre ható kutatás valamilyen fundamentális részecskét feltételezett, a nagyobb léptékű bozonokon túl ma a Higgs-bozon jelentené – a fizikusi közfelfogás szerint. Érdemes idéznem a további szöveget: „A Higgs-tér sérti az $SU(2)$ szimmetriát, és ezzel a szilárdtest fizika kvázi részecskéihez hasonlóan olyan új részecskéket hoz létre, amelyek közül három elnyeli az elmélet zérus-tömegű közvetítő részecskéit, ezáltal tömeget teremtve nekik és létrehozva a három áhított, nehéz gyenge bozont, a negyedik komponense pedig, melléktermékként, újabb nehéz részecskét hoz létre, a Higgs-bozont.” [12] – (Megjegyzem, a Higgs-bozonnak 250-ezerszeresen nagyobb elektronvolt értéket számoltak ki és tulajdonítottak, mint az elektronnak... de mert bozon, tömege nem szerepel a kvarkok tömegében.) Majd lezárva a modell magyarázatát, ismét idézem a szerzőt:

„A Standard-modell alapvető alkatrészei tehát három fermionsalád és a három helyi szimmetria, amelyből a három kölcsönhatás és $1+3+8$ közvetítő bozonja származtatható a szimmetriasértő Higgs-tér áldásos közreműködésével, amely utóbbi melléktermékeként megjelenik a Higgs-bozon. Nem tudjuk, miért éppen a három szimmetria hozza létre a három kölcsönhatást, de azt igen, hogy az elektromágneses $SU(1)$ szimmetriája az elektromos skalár (azaz egy komponensű) voltával, a gyenge kölcsönhatás $SU(2)$ szimmetriája a kétkomponensű gyenge izospinével, az erős kölcsönhatás $SU(3)$ szimmetriája pedig a három féle színével van összefüggésben” [12]. Ezután hivatkozik a kísérleti megfigyelések igazolásaira, amiben én nem kételkedhetem „kívülről”. A folytatás azonban nem minden kétséget kizáró: „Joggal felmerül tehát a kérdés, mi szükség van gyorsítókra, és egyáltalán részecske-fizikusokra, ha egyszer ilyen, mindent helyesen leíró elmélettel rendelkezünk. A válasz a Standard-modellben rejlik, nem teljes elmélet, csak modell, amelyről nem igazán értjük, miért működik ilyen jól. Három egymástól teljesen független, remek elméletet, a három kölcsönhatását jó néhány szabad paraméterrel ellátva összeházasítottunk: Megfejtük egy ad hoc Higgs-mechanizmussal, mert különben nem működik, mesterségesen hozzátettük a fermionok tömegét, és annak örültünk, hogy mindezt hagyja, azaz nem vezet elméleti ellentmondásokra. Nem sikerült továbbá észlelnünk a modell kulcsfiguráját, a Higgs-bozont, amelynek léte és tulajdonságai bizonyítanák a Standard-modell érvényét.” - Pedig hát a Higgsnek milyen nagy értéke van. Vagy csak volna?

Most már csak néhány megállapítás az első fejezethez: A fotonokat kibocsájtó forrásból az e-hullámok gömbszimmetrikusan száguldanak a térben, és a széttartó divergencia, illetve a tér négyzetes korlátozása ellenére ma is az elfogadott egy hullám-egy foton felfogás az uralkodó, bármilyen messze is van a detektálás – akár milliányi fényévekre is lehet. Akkor hogy küzdi le a foton a divergenciát, miközben megtartja kvantumozott energiaértékét? És miért olyan eltérően viselkedik a művi úton képzett monokromatikus lézervfény? Milyen valójában a fotonok által megjelenített hullámkép? Mert az nem lehet traverziális, se nem longitudinális, még a vízbe dobott kő hulláma

sem kétdimenziós síkhullám, csak annak pillanatnyi metszete. A Standard-modell kutatásával párhuzamosan zajlott és zajlik az a magfizikai kutatás, amely az atomenergia felhasználását aknázza ki, de nincs a két kutatási irány között kölcsönösség arra nézve, hogy az elméleti feltételezések mennyire feleltethetők meg egymásnak. A Standardot nem „érdeklí” a kiváltott rádióaktivitás, vagy a spontán bomlás oka?

A kritikai második fejezetemet ezzel kezdem: A már említett pótfüzetben olvashatjuk, hogy Glashow és Georgi [14] egyetlen csoportot kerestek, amely a három, a fenti kölcsönhatások egységes elméletének bázisául szolgálhatna (1978!). Az $SU(5)$ szimmetriacsoportot alkalmasnak találták erre a célra. A további egységesítés okán, lejjebb a következőket olvashatjuk: „Az elméleti fizikusok – érthetően mit sem törődve a közvetlen kísérleti bizonyítás szinte elvi lehetetlenségével – tovább haladtak az eddig bevált úton. Az egyik ilyen elmélet a szuperszimmetria bázisa, az $SU(8)$ szimmetriacsoport. Ez az elmélet nemcsak két fermionsalád közötti átmenetet engedi meg, mint ahogy ezt a GUT teszi (angol betűszó, a Nagy Egyesítés Elmélete), hanem elmosza a bozonok és a fermionok közötti határt: nem tesz különbséget a tulajdonképpeni elemi részecskék és közvetítő részecskék között. Ezek mind egyetlen szupercsalád tagjai. Ezen elmélethez tartozó karakterisztikus tömeg, illetve energia a Planck-tömeg: 10^{19} GeV.” – És itt már elgondolkodtam. A korábban tömegnélküliek miképpen olvadnának egybe a tömeget hordozókkal? Egyébként is, a határfelületi áttöréshez, a „kvantumugráláshoz” szükséges energia jól definiálja a tömegértéket, a fajsúlyt? Az elektronvolt értéket nem lehet világosan grammra váltani. (Az $E=mc^2$ értelmében, ami a fénysebesség négyzetes tétele, végtelenül nagy frekvenciát feltételez – a Planck által kimérthet képest.) Simonyi így folytatja:

„Egy másik, nagyon divatos elmélet a szuperhúr elmélet. Az elmélet a súlypontot a tér topológiájára helyezi át: világunk valójában 9 dimenziós, de ebből hatot nem észlelhetünk, mert ezek egy Planck-hossz méretű, sokdimenziós hengerre vannak valamiképpen 'felcsérvélve'. Az elmélet egyik legeredetibb – névadó – vonása: a részecskék nem pontszerű struktúrák, hanem inkább húr vagy hurok alakúak. Ezen huroknak a kilencdimenziós térben felvett különböző vibrációs formái határozzák meg a részecskék jellegét, mármint hogy fotonként vagy kvarkként észleljük őket. – Mennyire lehet komolyan venni a szuperhúrelméletet?” Kérdezi a pótfüzet szerzője. A tereket mi sérti, és mi választja el, ha csak a majdani energia formációja később, keltetjen jelenik meg. Egyáltalán, a térnek mi adna felületet? A pontnak – ha az valóban pontszerű – nincs még felülete, viszont lehet ilyen koncentrált energia alakzat, de akkor annak nyitottnak kell lennie, ahogy azt S. Hawking állította az 1994-es évben [4]. Bár ő csak egy imaginárius lyukat tételezett a Semmi rövid történetében, Patkós tanár úr, kétkedve, bulváros körítéssel tálalta azt a cikk bevezetőjében. Innen vette kezdetét a nyílt, az egész fizikustársadalmat érintő vita.

A fizikusok sokszor hivatkoztak arra, hogy a világegyetem

összes anyaga elérné egy teniszlabdányi térben. Persze a nyilatkozók az ősrobbanásra visszavezetett téridő anyagára, annak így koncentrált energiájára gondoltak. Patkós úr körkérdéseket intézett neves kutatókhoz [4], a vélelmek ellenére a részecske fizika nem kapott jutalmat 2013-ig. Az 1994-es év utáni években ugyan történtek dolgok (az USA-ban leállították a félkész részecskegyorsítót, ami a Genf alatt volt, de mintha minden ment volna a maga útján e téren is, legalábbis az általános hazai olvasók nem kaptak felkavaró jelzéseket. Aztán a megelégnélő vita során R. Penrose nyilatkozatát [15] is beszerkesztette Bódy Zoltán, az Atomki fizikusa a Természet Világában (a progresszív írásokat ő rendezte, átvéve más, mértékadó lapok szövegeit). Azt a Penrose-t említtem, aki a kilencvenes évek fordulóján nyilatkozott. A császár új elméje című könyve 1993-as kiadása előtt: „*Azt hiszem, kvantummechanika nagy forradalma még előttünk áll.*” A kvantumelmélettel kapcsolatosan vetette ezt fel, majd ugyan ott, az augusztusi számban, kicsit lejjebb: „*Nem akarok én itt és most valamely új elméletet javasolni, csupán arra szerettem volna rámutatni, hogy mi is az a szint, ahol majd újdonság születhet egyszer.*” És ő, ki Hawking közvetlen munkatársa volt, díjat kapott a feketelyukak létét igazoló, a hatvanas években kifejlesztett matematikájáért 2020-ban... E cikksorozat befejező, októberi szövege a vákuumot tárgyalja, és megkülönböztetni igyekszik az anyagi-, illetve a szabad tér vákuumát. Sokolov részéről merül fel a sejtés, hogy a szupernovák robbanását megelőzi egy be-, vagy összerobbanás, az implózió. Én is megismétlem az ottani kérdést: Mi van ott, ahol nincs semmi? A kvantumvákuum (többnyire így ismerik a fizikában) volna az az erő, amely a szimmetriasértésből keletkezett energiaugrást visszarántaná a görbülő tér határfelülete alá? Miért is robbannának fel a szupernovák, a neutroncsillagok?

A téridő-kúp szemléletes, igen egyszerű képe mutatja azt, ahova visszavezetni akarnánk a folyamatokat – az ősrobbanás pontjához. És ahogy a Simonyi-füzetben láttuk, a visszavezetés, az áthidaló spekulációk ellenére, nem sikerült, mert a gravitáció ellenáll. A professzor így sóhajt fel az elméletek tárgyalása közben: „*A legnagyobb rejtély és kihívás magának a végtelen tömeg- és energiasűrűségű szinguláris pontnak a léte. A gravitációs erő vonzó és azt várnánk, hogy inkább egy fekete lyukba tűnik az anyag ilyen sűrűség mellett, minthogy robbanásszerűen tágulni kezdjen*” [3]. Patkós úr megemlékezett a relativitáselmélet századik évfordulója kapcsán [16] a Magyar Tudományban. Már a bevezető fejezetben leszögezi: „*A gravitációs kölcsönhatás ugyanakkor az utolsó az alapvető kölcsönhatások közül, amelynek nem ismerjük kvantumfizikai hatásait.*” (?) Majd a vége felé, amikor Szabados B. László munkájának egy részét mutatja fel: „*A kvantumgravitáció hiányzó elmélete számos elméletépítő próbálkozásra ösztönözte a fizikusokat. Az elképzelések spektrumának egyik szélén azok állnak, akik szerint a gravitáció un. entrópikus erőhatás van, amelyet nem lehet mikroszkopikus erőterkvantumoknak (gravitonok) cseréjére visszavezetni, hanem a makroszkopikus*

rendszer (ez esetben a térbeli tömegeloszlás) viselkedésének azon tendenciájából fakad, amely a rendezetlenség fokát maximalizáló konfiguráció irányába hajtja a rendszert.” – Érdekesnek ugyan érdekes, de szerintem még ez sem elég. Mert mi is a kvantum?

A kvantumelmélet egy kis energiacsomagot, energia megnyilvánulást tételez, valamilyen kölcsönhatási viszonyból származtatva azt, de semmilyen körülmény között nem tételezi annak önálló entitását, egy pontszerű, de nyitott, tehát folyton sugárzó formát. Én, túlküzdve magam a laikusok bátorságán, szétszedtem a téridőt, elhagyva abból az időt, mint származtatott, a (periodikus-) mozgásokhoz rendelt fizikai jellemzőt. Mert a tér állhat, létezhet karakter nélkül is, azaz lehatárolatlanul, mint üres semmi, akár úgy is, mint energia nélküli, de ekkor abszolút nulla fokon kell állnia – változatlan kiterjedéssel. Igaz, ez tapasztalati megközelítés. Evvel szemben végig vittük a pontszerű energiánk, világegyetemünk fő alkotója történeti eredményét. Akkor nézzük meg a másik végéről a rendszeralkotás fázisait, ami elmaradt a szükségesnek, de statikusnak gondolt étterrel kapcsolatosan. Teszem ezt azért, mert a fizika mai szemléletében van elfogadottan három pontszerűségünk: Az ősrobbanás pontja, másodszor a görbült téridő kölcsönhatásainak bármely pontjai (itt az időfaktor csak annyiban számít, hogy közelít a Planck-időhöz, de a képzett közvetítő vagy valós részecskéknél elkülönítetten vannak kilépő pontjai, akár egyidejűleg is), és a feketelyukakba záródó anyag-energia fura pontszerűsége. (Mert az belső szerkezet nélküli, szinguláris, azaz nem leírható.) E három pontszerűség egyidejű állítása önmagában is ellentmondásos! A további ellentmondások vizsgálata inkább segítette, mint sem megtiltotta volna elgondolásomat. (Az ezután következő élővé vált anyag okainak vizsgálata már indirekt bizonyítási módszer!)

Az elektron „méretre ugrása” volt az első feltételezésem a felismerési sorban. A minimum tizenhét-szeres átmérő növekedés a Planck-hosszhoz képest – a hatvány hatványozása szabályai szerint – ötvenegy nagyságrenddel nagyobb energia vagy kvantum-sűrűséget feltételez körülötte, a már mérhetővé-láthatóvá vált elektron körül, ami kényszerítő erőként hat rá. (Maxwell terei energiával teltek egy nagy és összefüggő térben! Lásd: indukciós edzés, lineáris motor, stb.) A Simonyi-füzet – kiegészítőleg – bemutatja azokat az erőarányokat, amelyek számai jellemzik a kutatásokat. E szerint az erős: az elektromágneses: a gyenge: és a gravitációs erők közti arányok ilyen összehasonlítási sort adnak: $1:1/137:10^{-5}:10^{-39}$ Ezek után nem meglepő, ha az erős kölcsönhatás egybe esik a fenti energiasűrűséggel, mivel a kvarkok közötti erő megbonthatáshoz ilyen külső erőhatásra volna szükség, vagyis az Univerzum általános rendszerét az összenyomás, mint egyetlen hatásirány tarja meg. Az atombomba felrobbantása hagyományos töltetű összerobbanással kezdődik (implózió!), a rendszám szerinti, kritikus szerkezetű anyag roncsolásával. (A H-bombánál nincsenek elektronok, csak magok.) A kémiai kötések megvalósító erőhatás, a környezetünk szerkezeteit adó, csak a harmadik és gyenge

jellegű kölcsönhatás. Viszont a szabadelektron kvantumja pillanatok alatt szétsugározza energiáját, mert egyensúlytalanul a saját gömbhéj pályáját befutva, a gázmolekulához hasonlatosan, Brow-mozgást leírva teszi, mivel nem tartozik valamely egyensúlyt biztosító rendszerhez. (Pl. ívhegesztés.) A világegyetem tágulását az elemi potenciálok egymás közti taszító hatása biztosítja. A tágulás ténye egy elemi töltéspotenciálból következik, amit már a köznapi sztatikus feltöltődés is sejtet. A térben lévő „kvantum-folyadék” elemi kvantumjai együttesen alakítanak ki egyensúlyi állapotot, de ha valamilyen elkülönített energia-entitás ezt az egyensúlyt megzavarja, akkor a Planck által kimért maximum frekvencia minimum erőtere megváltozik és megugrik az energia-felszabadulás, ez történik például az elektromágneses hullámok esetén. A divergencia jelenségét, valamint a tér négyzetesen korlátozó hatását a fény úgy küzd le, hogy hullámhosszonként, az ott lévő kvantumokkal szemben, energetikai vákuumot képez. Az impulzusonként növekvő térben három él mentén jelenik meg az energia, mintegy virágsziromként. Csakis így maradhat meg a hullámhosszhoz rendelhető energia kvantumértéke. (Ezért tudunk pl. mobilon telefonálni. Ez a jelenség volt a kvantumvákuum teória feltételezésének kezdete.) A lézer gerjesztése visszaverő tükrökkel történik, és így az adott hullámhosszban részt vevő kvantumok spontán mozgásai zárt és lineáris irányú forgásos állapotba mennek át. Míg a divergáló hullámoknál az energia frekvenciához kötötten maximált, a lézernél nem a frekvencia a meghatározó a lézer energiájára nézve. Más: A fényelhajlás jelenségét értelmezhetem a már nagy tömegbe kényszerített (minimum Nap tömegnyi), anyaggá lett energia körüli kvantumok közvetlen eltérítő hatásaként, amelyek az objektum bezárását végzik. Az űrtechnológiában használatos „gravitációs paritya” működik, ami a relativitás-elmélet egyik igazolása (volt), de nem a tömeg, hanem a tér kvantumjai a meghatározóak. Tehát sok mindent fordítva kell szemlélünk! Például az 1905-ben díjazott fényelektromos-hatás igaz, csak a magyarázata lett más, ahogyan a kettősítés kísérletek eredményét prezentálóé is.

A következetes egyszerűsítés, az Occam-borotva alkalmazása – szerintem – bevált. Az erős kölcsönhatás értékét látva (a proton bomlása 10^{30} év!), a csillagokohókban sem szenvednek el a proton kvarkjai torzulást, csak a neutron kvarkjai rendeződnek át a rendszámok növekedésével, mivel a proton a legstabilabb szerkezet az Univerzumban. Mi következik ebből abból a szempontból, amikor úgy találtam, hogy az elektron kvantumja körbefutja a maga kisajátított térrészét? Annak megítélésében viszonylagosan jó konszenzus van, hogy a korai, az ősrobbanás első időszaka utáni, a kvark-gluonplazmában keletkezett formációk szétváltak. Véleményem szerint a keletkezés sorrendje egyúttal a stabilitás sorrendje is. És mivel a tér passzív befogadó (a magok mérete elhanyagolhatóan változott az eltelt évmilliárdok alatt), joggal feltételezhetem azt az elektronnál elgondolt jelenséget, mely szerint hasonlatosan a proton kvarkjai (és a neutronoké) is teret zárnak körbe, vagyis az atommag kvarkjai voltaképpen ideálisan szerveződött, energiapontok által behatárolt

üreges. (A magfizikában a neutron viszonylagos instabilitását a sugárzási különbségek is igazolják.) A csillagászatban a fehér törpék azok a neutroncsillagok, amelyek egy szupernóva robbanással alakulnak át feketelyukká és válnak anonímmá a földi megfigyelő számára, azaz csak protonokból állhatnak. A kvantum-sűrűségkülönbség és a hatás-ellenhatás törvényeiből ez vonható le idevonatkozóan. No meg az is, hogy nem a fekete lyukaknál vannak a peremfeltételek, az egyetlen hatásirányú nyomásból ez következik. Mivelhogy a látható világegyetemben a természeti törvények mindenhol azonosak, a láthatón túl kell lennie egy több milliárd fényéves gömbhalmazú kvantum-folyadék állapotnak, amely bezár, és amelynek külső régiójában uralkodnak a világegyetemi peremfeltételek. Vagyis azok nem egy, illetve jogosan feltételezhetünk sok galaxis központjában, a fekete lyukak esemény horizontján keresendő. A galaxisok szerkezete, belső mozgásrendszerei (sötét anyag a galaxisok peremén, amely már nem hagyhatja el azt) inkább igenlik, mint sem tagadják a visszaható nyomás uralkodását, a Planck állandó centiméteres léptékére vetített hatvan nagyságrendű felfűvődés oki láncolatát a fagyhalálig. Az abszolút nulla pontban minden mozgás leáll, a hőként (!) szétsugárzott energia pontszerűvé zsugorodik ismét, a még mindig meglévő kvantumpontok, mint kondenzációs magok viselkednek (gravitonok nélkül), ezt az energia megmaradás megköveteli, és nem elrugaszkodott a folyamatot matematikailag egyszerűen levezetni. Tehát a Mindenség elmélet ellentmondás nélkül megoldható – ha csak egyetlen hatásirány van. (Hallottam egy fizikusi elszólást Lukács Bélától, hogy a világegyetem ciklusát 95 milliárd évre teszik.)

Hétköznapi szemlélettel szinte felfoghatatlan az, hogy a nem látható valami ötvenegy nagyságrenddel több energiát tartalmaz, mint a látható valami. Az energia mozgásainak sokfélesége meg is nehezítette a kérdés jó és pontos megválaszolását, pedig csak az energia felszabadulásának intenzitásai teszik a lényegi különbségeket. A csak absztraktívan elgondolható kvantummozgásokat – az áramtermelésen túl – az élet körfolyamatának indirekt bizonyítási módon való megragadása végleg eldönti a jó két évszázaddal korábban elindított kutatásokat. (B. Franklin, Coulomb.)

Most a viták 1997-98 közötti hullámveréseire csak annyiban térnék vissza, mivel az említett médiákban csönd állt be, hogy 1999-ben meginterjúvolták Kroó Norbert optofizikust, az Akadémia akkori főtitkárát, aki így nyilatkozott [17]: „A biológus barátaimat gyakran ugratom azzal, hogy a tudományotok túl fontos ahhoz, hogy csak rátok hagyjuk, ahhoz fizikus is kell. A jövő útja ez: a tudományágaknak össze kell fogniuk, a tudomány legszélesebb területein interdiszciplináris megoldások kínálóznak”. És valóban: a neurális alapon szervezhető számítástechnika volt az egyik első, amelyik a celluláris hullám-számítógépeket igyekezett összekapcsolni az agy térbeli mintázataival. Roska Tamás korán, még az 1990-es évek elején felfigyelt a nem szinaptikus idegkapcsolatokra. A hetven éves Vizi professzor köszöntésén ilyen nyilatkozatot tett [18]:

„Máskor egy téridőbeli kaotikus attraktor a kód”. Ezek a kódok csak mostanában kezdenek feltűnni az idegtudományban (lásd például a 'binding' problémát). De a nemlineáris téridőbeli dinamikában is újak. Például az 'edge of chaos' jelenséget a szimulációs kísérleteken túl csak nem régen lehetett elméletileg is megragadni, majd megmutatni a 'lokális aktivitás' jelenségét, mint minden kibontakozó számítási lehetőség feltételét. A 'hullámlogika' vagy celluláris analóg logika az idegrendszer motiválta számítógépek világának új jelensége, melynek formális megragadása csak a közelmúltban indult meg.”

Hozzáteszem: e feltáró kutatás 1992-től indult meg a Pázmány Péter Egyetemen, a Bionika tanszéket a professzor alapította, klérusi segítséggel... Ma már azért is nagyon fontos az agyszámítógép modellezése, mert az elme munkája csak 20 wattot igényel, míg a merev rendszeres hardverek – hasonló nagyságú memória kapacitással – kilowattokat, igen nehézkes hűtéssel. És ez igen jó távlatokat nyit meg a mesterséges intelligencia kutatásainak.

Íme, tessék! A megrendítő viták után eltelt tíz év, és már a nyilvánosság előtt is megjelent egy áttételes beismerés! Bár a szakzsargon nem engedi meg a közvetlen és köznapi értelmezést, ahhoz végig kell menni a fizika kultúrtörténetének kiemelt elemein. Hogy minőségi léptékváltással a biológiai rendszerek önszerveződését megragadhasuk, valóban a fizikai alapismeretek segítségével tudjuk azt megtenni. Már egy vírus szerveződésének pontos ismerete is kérdéses – az ismerethiányon túl a sok változó miatt: Hogyan replikálódik? Legkövetlenebbül a genetika mutatja meg a kvantumok titokzatos jelenlétét. Az aminosavak képezte gének (ACGT) – mivel más aminosavak bonyolultabb szerkezete nem ideális – hosszú, spirális szerveződése új formációba rendezi a láthatatlan kvantumokat: általuk a kettősspirál lineáris vezetővé válik! Ez az elemi, sejtszintű heurisztika origója, amit áramlatnak nevezek, hiszen az elme flow-élménye is az, csak összetettebb és kiterjedtebb koherencia igénytel. A sejtek replikációit közvetlenül jelző mechanizmusának meg van az „ára” a bonyolultabb, a magvas sejttől nagyobb rendszereknél, mint például az embernél: Öregszünk! Ugyanis a génlánc végi telomérákat nem tudják veszteség nélkül újra bekötni, behorgonyozni a bonyolultabb lények – a túlforgatás miatt – azok fluktuálva rövidülnek (biológiai Nobel-díj, 2009 – persze kvantum-fizikai segédlet nélkül magyarázták). A gének rövidülése miatt a sejtek veszítenek biológiai fittségükből, ami a szövetszervi környezetre is kihat. Az „élet regényét” számtalan olyan formáció jelzi számomra, amikor és ahol az áramlat meghatározóan befolyásolja a közvetlen biológiát, annak kémiai kötéseit. Csak felsorolásképpen: Az agyi idegsejteknek aktív, jelküldő szála az axonok, amelyek aránytalanul hosszú nyúlványai „megkeresik” a fogadó sejt dendrit ágán a szinapszis másik, jelfogó oldalát. A környező gliasejtek hogyan képeznek terelő-elnyúló fázishatárokat? És vannak nem szinaptikus idegkapcsolatok is, amelyek kihatása mögött a fizika korrespondencia jelensége is ott van. (A kvantumok számának

exponenciális növekedésével a kvantumjelenségek klaszikus fizikai jelenségekbe mennek át.) A jel rászoródása okán meglódulnak az érzelmeink, felfokozott lesz a tudattállapot, javul a bevésoedés, az emlékminta tartós lesz, a jelenség szimpla észlelése átmegy vertikális mélységű átfogóba. Vagy: a tartósan negatív környezeti hatások negatív tudattartalmakat generálnak, ez a rákkutatásban is helyet kapó felismert tény. A rendszer egészében hogyan manifesztálódik ez egy szerv kritikus sejteire? A rendszer – fajspecifikus szerveződéssel – kezdeményező is tud lenni úgy, hogy nincs előtte „kitaposott” út: Az agancshullatók – az éves ciklus kezdetén, a tavaszi bővebb táplálékot kihasználva – csúcsidegi axonja maga után húzza a rendszert, és általában jobb tróféát növesztenek a tavalyinál.

Czeizel doktor több előadását meghallgattam 2000 elején, majd megkérdeztem tőle az egypetűjű ikresedés okát. Széttárta a kezét – ez volt a felelet. A véleményem erre az – mondtam – hogy a sejt megkettőződés dinamikája okán olyan intenzív anyag áramlás igénye van a szederesírás zigótának, amit az alig megtörtént beágyazódás nem tud kielégíteni. Ezért a közvetlen bolyhos méhfalról egy másik szállító szál is kezd kialakulni, amelyek a köldökzsinór előképei, és az elkülönülő szálak ikresedéshez vezethetnek. Egy megkésett szétválási kísérlet szíami formáció veszélyével fenyeget. És közben átadtam neki a Kvantumbiológiai szinten című aha-élményemet, és ő, miután elolvasta, javasolta Marx György megkeresését. E rövid felsorolással valójában az indirekt bizonyítás lehetséges válfajainak sokaságát alig érintettem meg...

A címadó kérdésre ez a válasz:

Az anyag nem más, mint olyan természetes rendszerbe foglalt kvantumpontok szabályos halmaza, amelyek zárt mozgásukkal teret vesznek körbe, és e mikroüregeket a világegyetem egészét alkotó kvantumok sokaságának a nyomása kényszeríti saját mikroterük köré.

Már 1988-ban komoly tanulmány jelent meg a fizikus N. Packard részéről az 'edge of chaos', a káosz széle jelenségről, amelyben kimutatta a komplex rendszerek adaptív reakcióját. Az élő rendszerek önszerveződése is a rend és a káosz határán „fraktálokat táncol” (azonnali látványossággal szolgál a kaméleon, tintahal, polip), de az elmélet akár a társadalmakra is vonatkoztatható. Barabási A. László hálózatos társadalma globálissá vált, éppen ezért mit kezdünk a zavarba hozó új információkkal? El lehet e hallgatni tartósan, akár politikai segítséggel azt további évtizedekre, ami a kvantumfizikában (is) történt? (Én még a 1986-os Simonyi könyvből „dolgoztam”, aztán megvettem a 2001-es bővített kiadást, és tessék: mintha nem történt volna semmi új a fizikában! A szuperszimmetria keresése folytatódott, a Higgs-bozon díjat kapott 2013-ban.) Régóta beszélnek kétsébeeséges Európáról. Szerintem a földrész is többsebeséges, nem beszélve a glóbusz egészéről. Az evolúció Darwin által kimondott teóriája megütöközött

váltott ki akkor, és azóta is tartó teológiai vitákat, identitásból fakadó ellenérveket. Az egyházak defenzív helyzetből védekeznek, vagy, ahogyan az iszlám szélsőségeket látjuk, ellenreakciókkal. (Korkifejező volt az a híradókép, amikor egy talibán szelfiket készített Kabul birtokba vétele után az okos telefonjával.) A társadalom szellemi differenciáltsága régi keletű és szándékosan fenntartott. Már Seneca kimondta [19]: „A vallást a közönséges ember igaznak véli, a bölcs hamisnak, az uralkodó pedig hasznosnak.”

Jómagam, mint „megfertőzött” műszaki, irodalmi indítatású fordulatnál vágtam neki a legtitokzatosabb tudományos hegynak, de megmaradt ez a mellékszálú érdeklődésem is. Irodalomelméleti kalandozásom során akadtam Németh László egy mondására: „Az írónak úgy kell írnia ma, ahogy az emberek beszélni fognak húsz év múlva.” Nos, ez nem igazán látszik teljesülni (bár én igyekszem ennek a kitételnek megfelelni), az átlag irodalmár ugyan használja a modern technológia eredményeit, de nem tudja, nem is tudhatja, hogy milyen nagy felhalmozott tudás van az eszköz mögött. Egy talibánt már szakadéknai kognitív disszonancia veszi körül, ami áthidalhatatlan. De nemcsak rájuk nézve igaz ez, hiszen szinte általános az, hogy a vallás elnyomja a kíváncsiságot. Ugyan érvelhetek azzal is, amit az Utópia – realistáknak című könyv megjegyzései közt olvastam az innováció nem általános, az egyensúlyi feltételeket nem biztosító felfogásáról: „... ha már itt vagyunk, ki más állhatna ennek az élére, mint a történelem legnagyobb befektetője: a kormány? Elvégre szinte minden innovációt az adófizetők finanszíroznak. Az iPhone-unk összes alapvető technológiai megoldása – a kapacitív szenzorok, az SSD-memória, a GPS, az internet, a celluláris kommunikáció, SIRI, a mikrochipek és az érintőképernyő – mind állami pénzből fizetett kutatók találmányai” [20].

A most már társadalmi érzékenységet kiváltó klímaügy az egyik generáló tényező a szellemre nézve. A másik az, amikor a durva szociális-egzisztenciális aránytalanságok ügye összekapcsolódni látszik a nem-növekedés párti közgazdászok gondolkodásával, de az állam ügyeit kéz-bentartók hagyományosan uralkodni akarnak még ma is, holott ők is alkalmazottak – a többség alkalmazottai, négy-évente megválasztva. A természettudományos kutatás

fizikai végeredményeképpen immár látjuk az alulról építkező, a minden szintre kiterjedő evolúciót. Hogyan, miképpen lehetséges ez az alulról építkezés a társadalmakra nézve, amennyiben a hatalom letéteményese a nép? Bódy Zoltán elzárkózott akkor a kíváncsiskodó levelezésemről, mondván ez veszélyes, és egyébként sem kapok érdemi választ. Viszont később az akadémikus Berényi Dénes biztatott a további kutatásokra, ha szűkszavúan is. Szélesebb műveltsége okán idézte egy lapban, K. Poppert, a tudományfilozófust [21]: „...egy demokrácia sem virágozhat tartósan, ha a tudomány a specialisták zárt körének kizárólagos tulajdonává válik.”

Irodalomjegyzék:

- [1] Méré László: Mindenki másképp egyforma, 1996
- [2] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete, második kiadás, 1986
- [3] Simonyi Károly: A fizikai kutatások frontvonala a harmadik évezred küszöbén
- [4] Természet Világa, 1994/2-es szám
- [5] G. Riemann, 1854
- [6] J Maxwell, 1873
- [7] J. A. Wheeler, 1948, Kölcsönható részecskék, A fizika kultúrtörténete, negyedik kiadás 532. oldal
- [8] Max Planck, Kvantum fogalom, 1900
- [9] P. Dirac, 1933
- [10] Részletek a negyedik kiadás 554-560. oldalain
- [11] Lásd a 2001-es Nobel-díj részleteit.
- [12] Horváth Dezső: Satndard-modell – mi az, és mire jó? Természet Világa különszám, 2000/3
- [13] Trócsányi Zoltán: A kvarkok csodálatos világa, Természet Világa, 2005/4-es szám
- [14] Simonyi Károly kiemelése az 1995-ös pótfüzetben
- [15] Bódy Zoltán: Új tanmese Schrödinger macskájáról, Természet Világa, 1997/7-8-as szám
- [16] Patkós András: Száz éves a relativitáselmélet, Magyar Tudomány, 2015/6-os szám
- [17] Staar Gyula: Lézerfény, amely kivezet az alagútból, Természet Világa, 1999/9-es szám
- [18] Roska Tamás: Számítógépek gyors és lassú hullámokkal, Ter. Világa, 2007-es különszám
- [19] Seneca, római filozófus, első évszázad
- [20] Rutger Bergman: Utópia – realistáknak, Cser kiadó, 2019
- [21] Berényi Dénes: A fizikai világkép fejlődése és társadalmi elfogadása, Ter. Vil. 2006/1-es szám

Ahogy egy írótabori előadásomat, itt is kérdéssel fejezem be: Hogyan tovább az ismertek tudtával?

A Fémipari Kutató Intézet (FKI) 70 éves jubileuma (1951-2021)

70th anniversary (1951-2021) of the Research Institute of Nonferrous Metals

Anyagtudományi töredékek (1971-1997)

Fragments of materials science (1971-1997)

Összeállította: Csanády Andrásné Dr. Bodoky Ágnes

Előszó

A történelem korszakai és ezen belül egy adott iparág történetének szakaszai is egy folyamat részei, amelyek gyorsan tovatűnő jelentékeny, vagy kevésbé jelentős emberi tevékenységek láncszemeiből épülnek fel. Egy több korszakon, több generáción át működő szakmai intézményt a történelem is formálja, de az események erősen függenek az emberi tényezőktől.

Életünkben fontos szerepe van a munkának és a munkahelynek. Azok vannak kitüntetett helyzetben, akik számára egy munkahely nemcsak a megélhetés lehetőségét, de a megismerés örömeit és/vagy a hasznosság illúzióját is kínálja.

Ez a visszaemlékezés röviden áttekinti az intézménnyel kapcsolatos fontosabb adatokat. Az intézet utolsó szakaszának éveiből felvillantja egy kisebb osztály, közösség tevékenységét, felidéri kutatótársaim későbbi munkáinak egy részét és a saját szakmai feladataim alakulását. Emlékeztet azokra, akikkel együtt töltöttük ezeket az éveket, akik közül sokan már nincsenek közöttünk.

Valójában kevésbé ismertük egymást. Mégis így együtt egy – talán nem szerénytelenség kimondani – komoly értékeket hordozó együttes voltunk. Szerettem volna minél többek emlékéit – amennyire ezt a rövid terjedelem engedte – név szerint, akár egy idézett közlemény vagy egy fénykép segítségével megjeleníteni.

Az anyag összeállításában szükségképpen leginkább csak saját írásaimra, emlékeimre, egykori kollégák közleményeire támaszkodtam, mindezt az internetes adatgyűjtés is segítette és az a néhány kiadvány, könyv, ami még nyomtatott formában elérhető volt a számomra.

Az írás mellékleteként találhatók az 1971-ben létrehozott T₁ Anyagvizsgáló osztály vezetőinek rövid, szakmai életrajzai. Befejezésképpen dr. Horváth János kohásznak az Intézet három kiemelkedő vezetőjéről elmondott és a Kohászati Lapokban megjelent megemlékezéseinek rövidített változata olvasható.

I. rész

1.1 Történeti áttekintés dióhéjban

A magyar alumíniumipar kezdetei az 1900-as évek elejére tehetőek. A fejlődést a II. világháború eseményei, maga a háború, majd az utána következő évek gyorsították fel.

A **Magyar Alumínium és Könnyűfémipari Kutató Intézetet 1948.** május 1-jén Gillemot László¹ akadémikus, műegyetemi professzor alapította néhány nagy tudású, tapasztalt (Dr. Domony András, Dr. Lányi Béla, Dr. Papp Elemér és mások) és néhány kezdő kutatóval az alumínium és egyéb (nem vas) fémek kutatására. A terület akkori gazdasági jelentősége is magyarázza, hogy az intézetet egy évvel korábban hozták létre, mint a többi iparágak számára a tizenegy másik ipari kutatóintézetet. Az intézmény neve **1951-ben Fémipari Kutató Intézet (FKI)** lett. **Ez történt 70 éve².**

Az ipari fejlesztésben fontos szerepet szántak a hazai bauxit kincsekre alapozott és éppen ezért gyors iramban növekedő teljes alumíniumipari vertikumnak (*bauxit, timföld, kohóalumínium, félgyártmány és késztermék*). Fentieknek megfelelően a Fémipari Kutató Intézet egy *kémiai, egy kohászati, egy fémtechnológiai és egy szerkesztési részleggel indult*. Az Intézet alapításakor az alumíniumipari vállalatok még egymástól független gyárakként tevékenykedtek, utóbb azonban az állam létrehozta a **Magyar Alumíniumipari Trösztöt (1963)**, és ezzel szorosabbra fűzte az alumínium iparhoz tartozó vállalatok közötti kapcsolatokat. **1975-ben** az FKI-t egyesítették az Alumíniumipari Tervező Intézettel. Ez az egyesített **Alumíniumipari Tervező és Kutató Intézet (ALUTERV-FKI)** gyakorlatilag **1996-ig** működött, amikor is végelszámolással, jogutód nélkül megszűnt³. Az egész iparág és így az **intézet hazai átlagot meghaladó fejlesztési lehetőségei a Magyar-Szovjet timföld-alumínium államközi egyezményből (1965-1990)** fakadtak. Ez a háttér azonban nemcsak elősegítette, de gátolta is az intézet fejlesztési eredményeinek érvényesülését.

Vessünk egy pillantást a kezdetekre. Kik voltak azok a

¹ Dr. Gillemot László (1912-1977) gépészmérnök, egyetemi tanár, anyagtudós 1948 és 1962 között, mint alapító igazgató irányította a fenti intézményt a budapesti Fehérvári úton, majd 1969-ig töltötte be az FKI igazgatói tisztét. (Gillemot László: A Fémipari Kutató Intézet 20 éve. Akadémiai Kiadó, Bp. 1971.) Kutatásai elsősorban a fémek anyagvizsgálatára, fémelőállítási és ötvözetgyártási, képlékenyalakítási és hegesztési technológiákra irányultak, de már egyes korszerű kohászati és fémipari alapkutatások is megragadták a figyelmét. 1941-ben megírt, majd 1942-ben kiadott doktori dolgozata a „Műszaki Röntgenvizsgálattal” foglalkozott.

² Az 1951-es év a Rákosi diktatúra nehéz és ellentmondásos esztendeje volt. A nemzetközi életben nagy feszültség uralkodott, itthon folyt a leszámolás az osztályellenségekkel és az egyházakkal. Az ipari és természettudományos tevékenység, ezektől bár nem függetlenül, haladt a maga útján.

³ Részletesebben kifejtve az epilógusban idézett *kéziratban*: Csanády Andrásné: 1997 július „A kutatás és fejlesztés megoldatlan kérdései az ipari kutatóintézetek történetének tükrében”.

nagy tudású és tapasztalt mérnökök, akikkel Dr. Gillemot László elindította az intézetet? E szakemberek legtöbbszörének már a *Weiss Manfréd Acél és Féművek Rt.-ben is fontos szerepe volt*, hiszen a II. világháborúban erősen felértékelődött az a szaktudás, amit a korábban már külföldet járt, egyetemi és akadémiai pályákon mozgó, szinte kivétel nélkül vegyész-mérnökök, fiziko-kémikus és kémiai technológus mérnökök a magukénak mondhattak: Dr. Domony András (1912-1987)⁴, Dr. Lányi Béla (1894-1968), Dr. Papp Elemér (1906-1974), Dr. Zombory László (1901-1984)⁵ és még sokan mások.

A Fémipari Kutató Intézet közleményeink I. kötetét 1956-ban adták ki. A felelős szerkesztő Jakoby László írásából megtudhatjuk, hogy „...A Nép gazdasági Tanács 1949. október 20-án elrendelte a Fémipari Kutató Intézet és a Vasipari Kutató Intézet felépítését, egymástól teljesen független szervezetben, azonban egymás mellett, közös területen. Mind két intézet építésének irányítását és megszervezését Gillemot László akadémikus végezte, aki akkor egyúttal a Vasipari Kutató Intézetnek is igazgatója volt.

Az Intézet építkezése 1950. május havában indult meg és a felszerelt és műszerekkel nagyrészt ellátott Fémipari Kutató Intézet 1951. szeptember 1-jén nyílt meg.

A két intézet térfogata közös üzemfenntartási épületével együtt 66.500 m³, ebből a Fémipari Kutató Intézet 27.000 m³, a Vasipari Kutató Intézet 29.000 m³, a két intézet beépített alapterülete összesen 14.400 m², egész telkének nagysága pedig 80.000 m²...

Az Intézet dolgozóinak 20%-a különböző állami kitüntetésekben részesültek. A kutatók közül az igazgatókkal és a mérnök osztályvezetőkkel együtt tíznek van tudományos minősítése s jelenleg öt munkatársunk tudományos minősítésének elbírálása folyik”...

A Fémipari Kutató Intézet tematikája egyre jobban szerteágazott, amelyben a magyar alumíniumipar legfőbb ágazatai: a bauxitkutatás és bányászat egyes kérdései, a timföldgyártás lehetséges változatai és műveletei, az

alumíniumkohászat, a félgyártmánygyártás és készárúgyártás különböző vonatkozásai mind felbukkantak. *Változtak a legfőbb vezetők, változtak a hangsúlyok, de közben folytonosan változtak az anyagtudomány lehetőségei is.* Az egész Alumíniumipar a **Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa** (KGST, 1949-1991) hálózatahoz tartozott, vezetői között és részben dolgozói között is többen voltak, akik a Szovjetunió különböző egyetemén végeztek, vagy ott szereztek fokozatot. Az 1971-ben létrehozott T₁ Anyagvizsgáló Osztály azonban e tekintetben érdekes kivétel volt⁶.

Az anyagvizsgáló-anyagtudományról kevés szó esik azokban az egész ágazatot áttekintő és a termelésre összpontosító, összefoglaló munkákban, amiket a Gillemot-korszakot követő szakmai vezető, **Dr. Várhegyi Győző** (1976-2015) kohász, tudományos igazgatóhelyettes **1984-ben** bekövetkezett távozásakor az általa írt könyvekben és kiadványokban közreadott^{7,8}. Várhegyi szerzőtársakként a régi gárdát vonultatta fel és az ágazat ipari technológiáira helyezte a hangsúlyt⁹. Csak kivételes esetben szerepelnek kutatók az általa létrehozott Anyagvizsgáló Osztály köréből. *Tudomásom szerint az egész intézetet, benne az én szűkebb szakterületemet is érintő áttekintő munka később már nem született.*

Az intézetben végzett kutatási munkákat nagy mértékben segítette, hogy az OMIKK¹⁰ lehetőségei mellett, már a 80-as évek második felében mód nyílt az intézmény számára fontos adatbázisok (World Aluminium Abstracts (WAA), Metal Abstracts (MET), és a Science Citation Index (SCI) beszerzésére és használatára. Ezek kezelője Karetka Gábor informatikus volt, aki később a dr. Hidvégi Éva gépészmérnök vezetésével létrehozott Információs központhoz került. Utóbb dr. Éva András gépészmérnök is ott dolgozott.

Nehéz napirendre térni afelett, hogy a későbbi leépülés, leépítés során nemcsak az Intézet felszerelésének jelentékeny része, de egyedi kincseket őrző és a szakterületéhez tartozó könyvei, könyvformájú Aluterv-FKI kiadványai, a

⁴ Domony András: Alumínium Kézikönyv, 1942 I. kiadás, Weiss Manfréd Acél és Féművek RT (Tartalom: Timföld előállítás, Nyersalumínium előállítás, Nyersalumínium átolvasztása tömbökbe, Az alumínium feldolgozása).

⁵ Dr. Zombory László vegyész-mérnök, MTA Kémiai Osztály doktora, 1945-48-ban a Richter Gedeon gyár RT vállalatvezetője, majd adminisztratív igazgatója volt, 1950-1967-ig vezette a FÉMKUT Vegyészeti Laboratóriumát. Tudományos tevékenysége az analitikai kémiához, a színesfém kohászatokhoz kapcsolódott, a timföld és fémkohászat műszeres analitikai eljárásainak bevezetését szorgalmazta. (Kohászat, 117/9, 1984, 431) Dr. Zombory László, aki nyugdíjazása előtt a kémiai részleg vezetőjeként dolgozott, édesanyám testvére volt.

⁶ Az osztály kutatóinak neveit egy 1980-ban Budapesten kiadott ALUTERV-FKI kiadvány tartalmazza: Az anyagtudomány korszerű eszközei és alkalmazási lehetőségeik, amit Dr. Groma Géza szerkesztett: dr. Bottyán László, Dr. Bujdosó Ernő, Csanády Andrásné, dr. Csordás Tóth Anna, Dr. Gadó Pál, Dr. Groma Géza, dr. Kocsárdy Éva, Dr. Kovács Istvánné Dr. Csetényi Erszébet, dr. Kürthy Zoltánné dr., Dr. Lendvay Jánosné, Papp Katalin, Selmeczi Béla, dr. Stefániai Vilmos, dr. Tóth Lajos és dr. Turmezey Tibor. (Major Gabriella és Dr. Tomcsányi László az akkori Kémiai osztály munkatársai voltak).

⁷ A magyar alumínium 50 éve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984, főszerkesztő: Dr. Várhegyi Győző.

⁸ Dr. Várhegyi Győző, tud. igazgatóhelyettestel, mint főszerkesztővel, többkötetes kiadványok jelentek meg az egyes ágazatokról: A Magyar Alumíniumipari Tröszt kiadványaként: „Alumíniumipar” 1980, a Hungalu-Aluterv-FKI kiadványaként: „Az Alumíniumipari Tervező és Kutatóintézet története 1948-1984”. Ezekben azonban a budapesti intézet Anyagszerkeztévizsgáló Osztálya, illetve annak munkatársai csak nagyon szóróványosan jelennek meg. Elsősorban a Székesfehérvári Félgyártmány-laboratórium és munkatársai tevékenysége szerepel.

⁹ Ezt nyilván későbbi egyetemi tanári munkájának szükségletei, a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szervetlen Kémiai Technológiai Intézetének tematikája is befolyásolta.

¹⁰ OMIKK Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár.

projekt jelentések, a szabadalmi tár, a kutatókhoz tartozó konferenciák kötetei és a nemzetközi kapcsolatokat és úti beszámolókat stb. tartalmazó gyűjtemények is szétszórtak és/vagy megsemmisültek, csak úgy, mint sajnos, sok más intézet hasonló értékei is.

Az utókor nem kíváncsi egy megszüntetett múlt és a megszűnési folyamat tapasztalataira, ezért azokat a jelenben sem tudja hasznosítani.

Szerencsére kutatóink személyes gyűjteményei, az MTA, továbbá az MTMT, majd az internet sok mindent mégis megőrzött a múltból. A 70-es, 80-as és 90-es évekről főképpen a kutatók közleményei, írásai alapján tájékozódhatunk, szerencsés esetben egyes egyetemi tanszékek, vagy akadémiai kutatóhelyek is megmentettek egyet és mást.

1.2 A Fémipari Kutató Intézet (később ALUTERV-FKI) 1971 előtti anyagtudományi kutatásairól

A mai értelemben vett anyagtudomány, főképpen a szerkezeti anyagokra (jelen esetben az alumíniumra és ötvözeteire) vonatkozó számos elemét már az intézet kezdetekor (1951) kialakították és ezeket következetesen fejlesztették. Dr. Domony András az Intézet 20 éves jubileuma kapcsán (1971) az alumínium fegyártmány kutatás áttekintésekor az alábbi főbb tevékenységi csoportokat emelte ki:

- a technológiai összefüggések feltárása érdekében végzett modellezési munkát,
- az egyenletesebb minőségű termékek létrehozása érdekében az anyagvizsgálati módszerek fejlesztését,
- a fémfizikai összefüggések feltárása segítségével az új ötvözetek kutatását, továbbá a képlékeny alakítás technológiáinak továbbfejlesztését.

A fegyártmány kutatás területén Dr. Domony András és munkatársai (Vassel K. Róbert, Dr. Boczor István, Sinay Gábor, Dr. Burai Zoltán, Laár Tibor és Dr. Lichtenberger Edit) nagy hangsúlyt helyeztek:

- a primer alumínium fémek és nem fémek szennyezőinek szerepére és a szennyezők és a fém makroszkopos tulajdonságainak összefüggéseire,
- a nagyobb tisztaságú alumínium előállítását megvalósító technológiák fejlesztésére,
- az öntés, a fémegszilárdulás technológiai kérdéseire,
- a képlékeny alakítás technológiáira: a hengerlés, a sajtolás, a mélyhúzás és a nagy sebességű alakítás (Dr. Gillemot László kiemelt témája) technikái

megoldásaira és vizsgálatára,

- az alumínium felületén végbemenő oxidképződés kérdéseire,
- az alumínium késztermékek fejlesztésére, ami elsősorban a kötési technológiák fejlesztését és a felületkezelés kérdéseit helyezte előtérbe.

1.3 A hidegháború hatása az anyagtudomány fejlődésére az USA-ban és Magyarországon a 60-as és 70-es években

2020-ban az MTA Műszaki Bizottságának Anyagtudományi és Technológiai Tudományos Bizottságában vita bontakozott ki arról, hogy mely eseményeket tekinthetjük egy tudományág, esetünkben az anyagtudomány fejlődésében olyan jelentékeny, ugrásszerű változásnak, ami megváltoztatta a szakma fejlődésének menetét. Mindenki a saját szakterületének szemüvegén át közelítette a kérdést. Hiszen ez a probléma óhatatlanul összekapcsolódott azzal a már-már filozófiai töprengéssel, hogy mit is értünk anyagon és anyagtudományon.

Gyulai József akadémikus ismételt hangsúlyozta, hogy a 60-as években az USA-ban a mikroelektronika, a Si lapkákon integrált áramkörök fejlesztése indította el az egyre gyorsuló fejlődést. Jómagam azon az állásponton voltam, hogy bár ez valóban így van, de ugyanebben az időben a tömbszerű anyagok területén felbukkant egy olyan újdonság az „új anyagok és új technológiák” megjelenésével, ami új szemléletet és lehetőségeket teremtett az anyagtudományban¹¹. Ezeknek az új anyagoknak és technológiáknak a kifejlesztése szintén a 60-as években és szintén Amerikában a hidegháborús készülődés hatására indult el.

Magyarországon először 1971-ben az ALUTERV-FKI-ban és a Vasipari Kutató Intézetben jöttek létre komplex anyagtudományi-anyagvizsgálati műhelyek.

1977-ben az új technológiák közül a gyorsítással a KFKI-ben kezdtek el foglalkozni (amerikai tapasztalatok alapján), majd az ott kifejlesztett eljárást később a Csepeli Fémmű és a Vasipari Kutató Intézet is bevezette. Aki azonban a már hivatkozott táblázatot látta, az megtalálja benne a manapság egyre gyakrabban használt módszereket, amelyekkel az újdonságokat (pl. kvázikristályok [QC] előállítását és a nanoszerkezetek megvalósítását¹² is el lehetett érni¹³. (Pl. vákuum-párologtatott vékonyrétegek¹², őrlmények¹³ stb.)

Amerikában ez a megváltozott anyagtudományi szemlélet a szakmai szervezeteket is átalakította. Ez az átalakulás

¹¹ Csanády Andrásné, Kálmán Erika, Konczos Géza szerk. ELTE, 2009. „Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába”, című könyvben a 105. oldalon Csanády né táblázata mutatja be az „új anyagokat” előállító „új technológiák” csoportosítását. Az „új” értelemszerűen a megelőzőhöz képest új, azaz a vonatkozó időszakban új. Az újdonságok alapja az energiabevitel és a befagyasztás megnövekedett lehetőségeiben rejlett.

¹² K. Urban, J. Mayer, M. Wilkens, A. Csanády, J. Fidler: Studies on Aperiodic Crystals in Al-Mn and Al-V Alloys by Means of Transmission Electron Microscopy, Journal de Physique C 3, 47 (1986) 465-475.

A. Csanády, V. Stefányi, A. Griger, L. Tomcsányi, B. Albert: Chemical behaviour of the crystalline and quasicrystalline phases of aluminium alloys, Proceedings of the 8th ILMC 22/23 6 (1987) 486-492.

Csanády Andrásné, Kvázikristályok alumínium ötvözetekben, Fizikai Szemle, XXXVIII/1, (1988) 10-14.

¹³ Csanády Andrásné, Barna Péter és Pintérné Csordás Tóth Anna: „Magyar részvétel kvázikristályokkal kapcsolatos kutatásokban a 80-as és 90-es években”, Anyagok Világa XI. /1, 2013 március, pp 1-35, internetes folyóirat: http://www.kfki.hu/anyagok_vilaga (letöltés 2021. 05. 31.).

azonban jóval korábban történt, mint Magyarországon¹⁴. Nálunk a 90-es évek elején következett el, hogy az MTA Műszaki Bizottságon belül a korábbi Gépészeti és Kohászati Szakbizottságból létrehoztak egy Anyagtudományi és Technológiai Bizottságot. Ebben a bizottságban a kohászok és gépészmérnökök mellett fizikusok, villamosmérnökök és vegyészek is találhatók¹⁵.

1.4 1971. Változás az ALUTERV-FKI életében

1971-ben 15 éves távra (1971-1985) elindították a magyar alumíniumipar gyárainak fejlesztésére kidolgozott a "Magyar Alumíniumipar Központi Fejlesztési Programját (KFP)", melynek alapján a kutatási területre vonatkozóan rögzített "KFP kutatási célprogram" koordinálásával az intézetet bízták meg.

Ekkora már halaszthatatlanná vált, hogy az alumíniumipari kutatások területén is nagyobb szerephez jusson a szubmikroszkópos szemléletű fémfizika, szilárdtestfizika és szilárdtestkémia.

Ezen az úton még a 60-as évek végén a Székesfehérvári Könnyűféműben létrehozott „Központi Technológiai Kutató Laboratórium” indult el, amit Dr. Sapsál Veronika (dr. Schippert Lászlóné), Leningrádban kandidátusi fokozatot szerzett vegyészmérnök szervezett meg. Ő hozta el a Csepeli Anyagvizsgáló Elektronmikroszkóp laboratóriumába¹⁶ – ahol akkor már én voltam a laborvezető – Banizs Károly fizikust betanulás céljából. Vele aztán évekig dolgoztunk és publikáltunk együtt¹⁷, mígnem Székesfehérváron is felépült a transzmissziós elektronmikroszkópos laboratórium. Jóval később szervezetileg a fehérvári részleg is integrálódott a budapesti intézetbe.

Ezzel szinte egyidőben a budapesti Fémipari Kutató Intézet felelős vezetője, Dr. Várhegyi Győző (1928-2015), a műszaki tudományok doktora, tudományos igazgatóhelyettes¹⁸ is felismerte az új szemléletű anyagtudomány meghonosításának szükségességét. Szembetűnő, hogy Várhegyi Győző kohász létére az anyagvizsgálat

területén már elsősorban fizikusokra kívánt támaszkodni. Ebben – a más szakterületen érdekelt – Dr. Zámbo János, vegyészmérnök (1932-2015), szintén az MTA doktora, 1976-ig kutatási igazgató is támogatta, akihez elsődlegesen a timföldtechnológia tartozott¹⁹.

1970-ben volt az ICSOBA²⁰ Magyar Nemzeti Bizottságának első teljes ülése Balatonfüreden. Ennek a szervezetnek nagyon fontos szerepe volt az Intézet vonatkozó nemzetközi kapcsolataiban, fő szervezője a Timföldtechnológiai részleg kiváló vezetője Dr. Solymár Károly (1934- 2010) volt²¹.

II. rész

1.5 A T1 Anyagszerkezetvizsgáló Osztály megszervezése

1971-ben a budapesti Fehérvári úton lévő intézet Dr. Groma Géza (1925-1980) a Csepeli Féműből áthívtott fémfizikus vezetésével létrehozta az ország – bátran mondhatjuk – akkor legjobban felszerelt anyagvizsgáló részlegét. A különböző eszközökkel és módszerekkel vizsgáló laboratóriumok irányítására és az egyes speciális technikák művelésére a szakterületen már jártasságot szerzett kutatókat bízták meg, akik részben kívülről kerültek az Intézetbe. (T₁₁ **Radioaktív Izotóp Laboratórium:** dr. Bujdosó Ernő (1932-2012) fizikus 1979-ig (már korábban is intézeti munkatárs volt), Tóth Lajos (1929-2012) fizikus (1979-től labor vezető)²², T₁₄ **Röntgen Laboratórium:** Dr. Gadó Pál (1933-2016) fizikus, megelőzőekben az Egyesült Izzó munkatársa volt, aki osztályvezető-helyettes lett és főképpen a Timföld részleg feladataival foglalkozott²³, T₁₂ **Fizikai mérések Laboratórium:** Dr. Kovács Istvánné Dr. Csetényi Erzsébet (1936-2015) fizikus (aki már korábban is intézeti munkatárs volt)²⁴, T₁₃ **Elektronsugaras Laboratórium:** Csanády Andrásné (1935-) ELTE vegyész, aki előzőleg a Csepel Vas és Féművek Elektronmikroszkóp Laboratóriumában

¹⁴ www.mrs.org/publications/bulletin (letöltés a Research Gate-n, 2021.04.20.)

¹⁵ Más MTA Osztályok keretében is működnek anyagtudományokkal foglalkozó bizottságok, munkabizottságok pl. MTA Szervetlen Kémiai és Anyagtudományi Bizottság, MTA Felületkémiai és Nanoszerkezeti Munkabizottság stb.

¹⁶ Csepel Vas és Féművek Minőségellenőrző és Anyagvizsgáló Intézet Elektronmikroszkóp Laboratóriuma, Bp. V. ker. Szerb u. 23.

¹⁷ Banizs K., Csanády A.: Közvetlen elektronmikroszkópos átvilágítás céljaira kidolgozott fémelvékonyítási eljárások, Magyar Alumínium 5, 1968, 138-142.

¹⁸ Lásd a mellékletet. 1984-ben kilépett az Intézetből a Veszprémi Egyetem Szervetlen kémiai Technológiai Tanszéke, majd Szervetlen Technológiai Intézete egyetemi tanára lett. (melléklet, Dr. Horváth János búcsúztatója).

¹⁹ Lásd a mellékletben Dr. Zámbo János életrajzát.

Zámbo János: A hazai timföldipar műszaki fejlesztési feladatai. BKL-Ko.112, 1979/1, 43.

²⁰ ICSOBA: International Committee for Study of Bauxite, Alumina and Aluminium (1963 óta létező és ma is fentálló szervezet).

²¹ Lásd a mellékletben Dr. Solymár Károly életrajzát.

K. Solymár, N.N. Tikhonov, N.S. Malts, Gy. Bárdossy: Mineralogical and Technological Evaluation of Bauxites ed..J. Zámbo, 1975, published by FKI, p 320.

²² Az Izotóp laboratórium munkatársai voltak még: dr. Ambrus József, Nunn András stb.

²³ Röntgen Laboratórium korábban is létezett az Intézetben és benne sok kiváló régi munkatárs még jó ideig dolgozott: Sajó Istvánné, Márta; dr. Gelejiné, Neugebauer Irén. Később részben Gadó Pál hívására csatlakozott még változó időtartamra: dr. Klüg Annamária; dr. Bottyán László; dr. Zábráczy József és Dr. Farkas László, dr. Sasváry Judit, Sajó István és dr. Griger Ágnes.

²⁴ A Fizikai mérések laboratóriumához tartoztak még Kürthy Zoltánné dr., Papp Katalin, dr. Hidvégi Éva, Nagy Péter, dr. Kocsárdy Éva, dr. Lendvai Jánosné, Meliska Béláné..

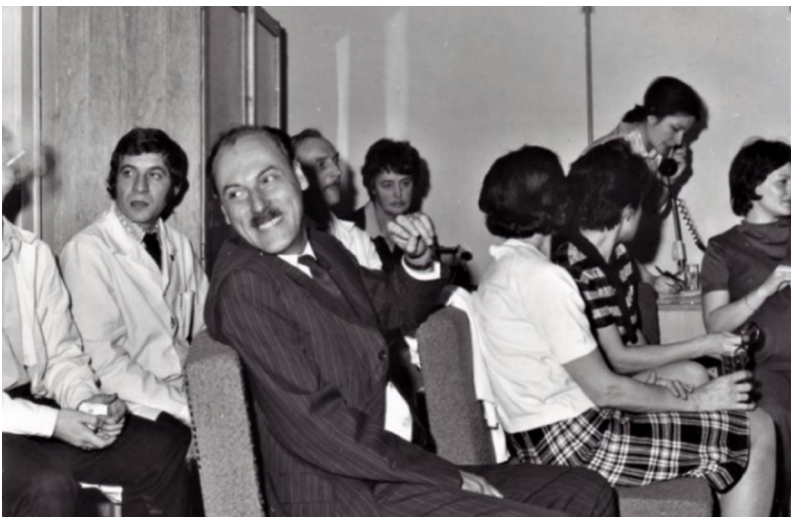
volt laboratóriumvezető²⁵ és a **T15 Mérés- és Műszertechnikai Laboratórium**: Farkas Ferenc mérnök, (aki korábban is az intézetben dolgozott²⁶). Dr. Groma Géza titkárnője Sík Jenőné, Judit volt.

Az alumíniumipar kedvező gazdasági helyzete már 1968-ban lehetővé tette az ország első elektronsugaras mikroanalizátorának (ESMA) az MTA Geológiai Kutató Laboratóriumával közös beszerzését, majd 1971-ben pásztázó elektronmikroszkópjának (SEM), később tömegspektrométerrel felszerelt termoanalizátorának stb. beszerzését és alkalmazását.

Szakmai életutamban meghatározó volt a felkérés, amit **1970-ben** kaptam, hogy fokozat nélküli ELTE kutatóvegyész létemre vállaltam el a T₁ főosztályon az Elektronsugaras laboratórium vezetését.

Várhegyi Győző 1970-ben az FKI-s Szontagh Endre²⁷ elektrokémiai úton előállított alumíniumoxidjainak a **Csepeli ELMi laborban** elkészített vizsgálatait megismerve, személyesen keresett meg a saját **vanádium** anyagainak **transzmissziós elektronmikroszkópos** vizsgálatával összefüggésben. Erről írt közleményünkkel még 1970 folyamán – a FKI támogatásával – részt vehettem a Grenobleban rendezett VII. Nemzetközi Elektronmikroszkópos Konferencián²⁸. Ez a konferencia maradandó élményt jelentett a számomra, meggyőzött arról, hogy az innovatív anyagvizsgálati kutatások túlnyomó része használja az **elektronmikroszkópokat**, **elsősorban a transzmissziós elektronmikroszkópokat és a legkülönbözőbb új elektronmikroszkóp változatokat**. Ebben – a napjainkban is érvényes felismerésben – később sem csalatkoztam.

A 70-es években a T₁ főosztályon a legtagabb értelemben vett alumíniumipari technológiák rutin feladatai mellett lehetőség nyílt a szilárdtest vizsgáló módszerek célorientált fejlesztésére és az Intézetben és az iparágban adódó technológiai feladatok **szilárdtestfizikai és szilárdtestkémiai** megalapozására. Ilyen például az Al-Mg-Zn ötvözetekben kiváláskor végbemenő fémfizikai folyamatok tisztázására (Groma Géza MTA doktori munkája), a nagytisztaságú alumínium vezetési



1973 karácsony: középen Dr. Groma Géza

tulajdonságainak vizsgálatára (Dr. Kovács Istvánné Dr. Csetényi Erzsébet)²⁹, az alumínium anódos oxidációja során keletkező színezett rétegek mikroszerkezetének feltárására (Csanády Andrásné)³⁰ majd az alumínium és ötvözetek felületén keletkező „természetes” és hőkezeléssel befolyásolt oxidrétegek tulajdonságaiban az alumínium



1976. Osztály összejövetel a Béke szállóban.

Bal oldalon: Kocsárdi Éva, Groma Géza, Kürti Judit, Hidvégi Éva, Jobb oldalon: Hidvégi Egon, Kovács Erzsike, Csanády Ágnes, azonosítatlan személy, Kürti Zoltán (az osztály fényképeinek készítése, műszeres felvételeinek sokszorosítása Kastaly Károlyné fotós munkaköre volt).

²⁵ Az Elektronsugaras Laboratórium kutatói is változtak az idők folyamán, a törzstagságot dr. Stefániai Vilmos, (1972-től) dr. Csordás Tóth Anna, (1975-től) Imre Aladárné (ő már korábban is az intézetben volt), majd dr. Turmezey Tibor képezték.

²⁶ A Mérés- és Műszertechnikai Labor munkatársai voltak még: Kovács Ferenc, Makrai Ferenc, Bodonyi Gábor, Lázár Attila, Dallos Tibor, Szeleczy János, Gombos Márton, Pálkás Ferencz.

²⁷ Csanády A., Szontagh E., Romhányi K.: The complex electronmicroscopic study of anodic aluminium oxid layers, Kristall und Technik, 11 (1976) 171-181

²⁸ Gy. Várhegyi, Á. Csanády: Elektronmikroskopische Untersuchungen von metallotermisch hergestellten Vanadiumprodukten, VII.-e Congres Int. de Microscopie Electronique, Grenoble, 1970, 411. Konf. kiadvány.

²⁹ Kovácsné Csetényi E., Vassel K.: Magyar Alumínium 7/12 (1970) 358-361.

G. Groma, E. Kovács-Csetényi, Reversion and reaging in an AlZnMg alloy, Philosophical Magazine, 32/10, (1975) 869-872.

³⁰ Csanády A.: Transmission electron microscopy and X-ray analysis of coloured films prepared by ultramicrotome without embedding, J. of Mat. Sci. 14 (1979). 745-747

szennyező elemei szerepének kiderítésére (Csanády Andrásné kandidátusi munkája³¹ stb.).

Az Intézet anyagi bevételeihez hozzájárult pl. az *aluminium hidrogéntartalmának rutin vizsgálatához* vásárolt francia mérési eszköz (ITHAC) később szabadalmaztatott átalakítása (dr. Hidvégi Éva és Dr. Kovácsné, Csetényi Erzsébet), vagy az *aluminium öntés közben végbemenő áramlási folyamatainak tanulmányozására* (dr. Bujdosó Ernő - dr. Tóth Lajos) kidolgozott új, korábban nem alkalmazott módszer, amit jól lehetett külföldön is értékesíteni.

1.6 A T₁ Anyagszerkezetvizsgáló Osztályról és ezen belül a T₁₃ Elektronsugaras Laboratórium életéről

Az Osztály Laboratóriumainak bevételi kötelezettségei voltak, hasonlóképpen, mint korábban a Csepel Művekhez tartozó Elektronmikroszkóp Laboratóriumnak. Ezt túlnyomó részben az intézetben, vagy az iparágon belül felmerült tevékenységekhez kapcsolódó megbízásaikkal teljesítették. Azok a nagyműszerek, amelyekkel az *Elektronsugaras Laboratóriumban* dolgoztunk nem csak nagyon költségesek voltak, de karbantartásuk, alkatrészeik is komoly kiadást jelentettek a Főosztály számára. Ezért ennek a laboratóriumnak eredményes *marketing munkát* is kellett kifejtetni, hogy más hazai ipari kutatóhelyekről is kapjunk megbízásokat. Ez főleg a 70-es évek első éveiben sokféle témát jelentett. Alig győztem a minták mibenlétéhez tartozó szakmai háttereket tisztázni. Ezek ismeretéhez ugyanis ragaszkodtam. Gémes Mihály vegyészmérnök munkatársam nagy türelemmel készítette a különböző mintákról sokszor értelmetlenül is megkövetelt felvételeket. Antal Andrásné, Ági, kedves névrokonom, kémia-fizika szakos tanárnő olyan kiváló kezelője lett az egyre többoldalúan felszerelt SEM berendezésünknek, hogy később ő vette át a Csepeli Fémműben az elektronmikroszkóp laboratóriumot. Az első években a Veszprémben végzett Wojnarovitsné Hrapka Ilona is dolgozott velünk, aki később átmént a SZIKKTI³²-be, ahol szintén egy a FÉMKUT-éhoz hasonló kutatóegységet hoztak létre.

A külső munkakapcsolatok kialakításának színhelyei voltak az egyesületek és konferenciák. A MTESZ MATE³³ Elektronmikroszkóp Szakosztályban már a FÉMKUT előtti időkben is sokat tevékenykedtem. Ma már mosolyt fakasztó az a lelkes nyüzsgés, amit nemcsak országon belül, de a jórészt nyugati kapcsolatokkal szűkösen ellátott szocialista országok (NDK, Lengyelország, Csehszlovákia, Bulgária) kutatóival együtt folytattunk. Ne feledjük azonban, hogy akkor a *személyes kommunikációnak* igen fontos szerepe volt. 1973-ban Balatonfüreden rendeztük a VIII. Magyar Elektronmikroszkópos Konferenciát. Ekkor már jó néhány munkával szerepelt *Elektronsugaras Laboratóriumunk*.

Aztán sorra következtek a különböző konferenciái szereplések. Konferenciákat nemcsak mi elektronmikroszkóposok, de a Diffrakciós szakcsoport, a „vaskutasok” is szervezték pl. a Kohászati Konferenciákat.

A 70-es évek sokszínűsége visszatükröződik publikációs jegyzékemben is, lásd MTMT:

csanadyne.bodoky.agnes.

- 1972 VI. Magyar Diffrakciós Konferencia, Siófok;
Alumínium Konferencia, Székesfehérvár;
- 1973 VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok, Balatonszéplak;
VII. Arbeitstagung "Elektronenmikroskopie", Berlin;
(Konf. kiadvány)
VIII. Magyar Elektronmikroszkópos Konferencia,
Balatonfüred;
- 1975 VIII. Arbeitstagung "Elektronenmikroskopie", Berlin;
Lengyel Elektronmikroszkópos Konferencia, Wisla;
IX. Magyar és Regionális Elektronmikroszkópos
Konferencia, Veszprém;
- 1976 Alumínium Korróziója és Korrózióvédelme, Konferencia,
Budapest;
- 1977 IX. Kohászati Anyagvizsgáló Napok, Balatonaliga;
XV. Prágai Elektronmikroszkópos Konferencia, Prága;
X. Magyar Elektronmikroszkópos Konferencia,
Esztergom;
- 1978 9. Tagung „Elektronenmikroskopie, Dresden;
4. Tagung „Mikrosonde2, Dresden;
- 1979 X. Kohászati Konferencia, Balatonaliga stb.

Fontos alkalmak voltak az ELTE Általános Fizika Tanszéke által Visegrádon szervezett őszi *Fémfizikai Iskolák*, ahová sok helyről, pl. a Debreceni Egyetemről is jöttek, sok jó előadás hangzott el és hasznos megbeszélések zajlottak.

Az Intézetben már korábban kiépítették a német (NDK), csehszlovák, lengyel és szovjet kutatóintézeti együttműködések. Az Anyagvizsgáló Főosztály élt ezekkel a lehetőségekkel, de ezeken kívül a korábbiakat meghaladó kapcsolatokat hozott létre a magyar egyetemi, akadémiai és egyéb kutatóhelyekkel is (ELTE Alkalmazott Fizikai Tanszék Dr. Kovács István és mtsai., MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet Dr. Pócsa Jenő féle csoport Dr. Barna Péter és Dr. Barna Árpád, Vasipari Kutató Intézet Dr. Fuchs Erik és mtsai., BME Dr. Giber János és mtsai., MTA Szervetlen kémiai Kutató Laboratórium Dr. Bertóti Imre és mtsai. stb.) Ezekben a kapcsolatokban fontos szerepe volt a

³¹ Csanády A.: Adalékelemek hatása alumínium-oxidrétegek fizikai és kémiai tulajdonságaira, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1983. Az új megállapításokhoz szükség volt az „in situ” elektronmikroszkópos módszerekre és az új felületanalitikai eljárásokra. Ezekhez a lehetőségekhez részben ösztöndíjas tanulmányutamat során jutottam.

³² A SZIKKTI azaz Szilikátipari Központi Kutató Tervező Intézet szintén hasonló anyagtudományi fejlesztést kívánt megvalósítani, mint a FÉMKUT. Ez a labor később Wojnarovitsné vezetésével már privatizált változatban is eredményes maradt.

³³ MTESZ-MATE: Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének, Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesülete

formálódó új anyagtudományi szemléletnek.

A T₁₃ laboratóriumban jól szervezett munka folyt, azonban szükség volt arra is, hogy vidám, kötetlen alkalmakat is szervezzünk. Erre volt jó a többé-kevésbé fentről elvárt „brigád” összejövetel. Az alábbi kép egy ilyen alkalommal készült 1982-ben.



A képen balról jobb felé haladva: Csordás T. Anna, Lázár Attila†, (a műszerészekről) Imre Irénke†, Sík Jenőné (Judit)†, Heim Julika, Gémesi Mihály, Bárány Kriszta†, a szemüveges munkatárs is a műszerészekről volt, aztán én következem és Pálincás Feri†. Pálincás Feri rendkívül felkészült ismerője és nélkülözhetetlen gondozója volt nagyműszereinknek.

Sajnos az Intézet szervezetéből és az egyes részlegek szigorú bevétel kötelezettségeiből fakadó *belső érdeklentékek* és főképpen a vállalatok érdeklősége a mennyiségi termelésben sok esetben megakadályozta az eredmények hasznosítását.

Osztályunk feladatai legalább annyira, bizonyos időszakokban erőteljesebben, irányultak a *timföldgyártás kutatási és minőségjavítási feladataira, mint az alumíniumgyártás kérdéseire* és ezekből az Elektronsugaras Laboratóriumnak is bőven jutott feladat^{34,35}. Ez érthető, ha az *akkori Alumíniumipari Tröszt teljes vertikumához tartozó vállalatok sorát áttekintjük*³⁶. Az intézet kiterjedt nemzetközi kapcsolatokat ápol az ICSOBA-val (lásd 21. lábjegyzet) és a Timföld Osztály nemzetközileg is nagyra becsült vezetője *Solymár Károly* (1934-2010) jó kapcsolatokkal

rendelkezett az UNIDO³⁷ vonatkozó részlegével is. Így vált lehetségessé, hogy az intézet felvállalhatott UNIDO tanfolyamokat és ebbe a laboratóriumunkat is bevonta. Ez a gyakorlatokkal is egybekötött elméleti oktatás jegyzetírással is együtt járt. Így született először 1979-ben a magyar, angol, és később kínai nyelven is megjelent munkám³⁸, majd 1991-ben egy következő hasonló tananyag³⁹.

1.7 Dr. Groma Géza váratlan halála és a mozgalmas 80-as évek

Dr. Groma Géza halála 1980-ban váratlanul következett be. Nagy veszteség volt az Osztálynak, sokunknak, nekem is. Sok emberi és szakmai szál kapcsolta össze azt a szakmai hálózatot, amihez még én is tartoztam.

Dr. Turmezey Tibor fiatal fizikus vállalta a főosztály vezetését. Figyelemre méltó felkészültsége, szervező és kapcsolatteremtő képességei jó légkört teremtettek a kutatómunkához. Tovább épült a vállalatokkal és egyetemi tanszékekkel (pl. Miskolc) az együttműködés.

A székesfehérvári kutató részleg szintén fiatal fizikusai (Banizs Károly, Lakner József, Imhof János) elsősorban az üzem aktuális technológiáinak (hengerlés, sajtolás stb.) fémfizikai elemzésével foglalkoztak. Vítális László vegyészhez a korróziós kérdések tartoztak.



Az 1979-es tanfolyam népes serege: surinamiak, kínaiak, jamaicaiak, indiaiak, vietnamiak és egyéb afrikaiak

³⁴ Gy. Bárdossy, Á. Csanády, A. Csordás Tóth: Scanning electron microscope study of bauxites of different ages and origins, Clay and Clay Miner., 26 (1978) 245-262.

³⁵ Csordás -Tóth Anna, Csanády Á., Zöldi J.: Timföldhidrátok elektronmikroszkópos minősítése, BKL Kohászat 114 (1981) 406-409.

³⁶ https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyar_Alum%C3%ADniumipari_Tr%C3%B6sztt, letöltve 2019. 10. 5.

³⁷ UNIDO: United Nations Industrial Development Organization.

³⁸ Csanády Andrásné: Timföldipari nyersanyagok, közbelső- és végtermékek morfológiája, UNIDO jegyzet, ALUTERV-FKI, 1979., UNIDO Group Training in Production of Alumina, Vol. 5. Ágnes Csanády, „Physico-chemical Characteristics and Analyses of Bauxite, Red Mud, Alumina hydrate and Alumina. angol nyelvű kiadvány, kínai fordítás: 1981, Peking.

³⁹ Ágnes Csanády and Anna Csordás-Tóth, Surface Analysis and morphological studies of special products, in Workshop on Co-Products and By-products of the Bayer Aluminium Production, ALUTERV-FKI, 1991, Budapest.

A budapesti anyagtudománnyal foglalkozó fizikus csapat a 80-as évek első felében az öntés során végbemenő folyamatok kutatását választotta. Gondosan elemzett alapanyagok segítségével, tisztázott körülmények között előállított, főképpen Al-Fe és Al-Fe-Si ötvözetek intermetallikus fázisainak szerkezet és összetétel vizsgálatával egybekötött alapkutatását Turmezey Tibor fizikus kezdeményezésére, vele együtt később Griger Ágnes fizikus, Stefániay Vilmos villamos mérnök, Lendvai Anna⁴⁰ és Ipacs László fizikus folytatta. Akik nem járatosak a szilárdtest fizika világában nem tudhatják, hogy a sokféle típusú és az anyag előállításának öntési, hőkezelési körülményeitől függő intermetallikus fázisok ekkor kerültek a tudományos érdeklődés homlokterébe és a szakkönyvekbe. Az alumínium termékek minőségének javításában a Fe és Si elemeknek kiemelt a jelentősége⁴¹. Ezekben a munkákban Dr. Kovácsné Dr. Csetény Erzsébet is részt vett, miközben egyéb témákkal is foglalkozott⁴². A 80-as évek második felétől már a gyors-hűtött poranyagok, illetve ezek különböző módon végzett feldolgozott változatainak tanulmányozása adott – közben létrejött új osztálynak – jó lehetőséget a kutatásokhoz.

Saját munkám tekintetében meghatározó volt az a három hónapos állami ösztöndíjas tanulmányút, amit sokadik eredménytelen pályázás után elnyerhettem és 1980 őszén a Stuttgarti (Büsnau) Max Planck Fizikai Intézetben mintáim in situ HVEM elektronmikroszkópos vizsgálatával⁴³ eltölthettem és ahová aztán később is többször is új feladataimmal visszatérhettem. A fenti intézet és az ALUTERV-FKI között létrejött együttműködést később szerződés is rögzítette.

Kandidátusi védésem után⁴⁴ a 80-as évek második felétől gyors-hűtött alumínium bázisú biner AlMn és AlFe szalag anyagokkal kísérleteztem, másrészt párologtatott vékonyréteg párok (AlMn, AlFe, AlCr és AlNi) között lejátszódó szilárdfázisú reakciókkal majd mechanikailag őrlött

anyagok interdiffúziójával vizsgáltam az intermetallikus fázisok keletkezését. (Lásd: 13 és 14 lábjegyzeteket) Ezek a munkák vezettek a kvázikristályok (QC) és nanoszerkezetű anyagok területére.

1986-tól minden kutatónak komoly lehetőségeket jelentett az OTKA⁴⁵ létrehozása és az akkor már elnyerhető egyéb kutatási pályázatok.

Az egész T₁ osztály a székesfehérvári részleggel is folytatta az ipari problémák anyagtudományi igényességgel végzett feltárását⁴⁶. A budapesti intézetben belül is adódtak egyéb feladatok, pl. alumínium kondenzátor fóliák fajlagos felületének növelése kémiai és fémfizikai szempontok érvényesítésével⁴⁷. Ezenél a témáknál az elektronmikroszkópos módszereken kívül fontos szerephez jutottak azok a felületanalitikai vizsgálati eljárások is, amelyekkel az Intézet nem rendelkezett (SIMS, ESCA stb.), de amelyek már a kandidátusi munkámnál is esetenként nélkülözhetetlennek bizonyultak⁴⁸.

Munkatársaimmal és a MTESZ MATE Elektronmikroszkópos szakosztályának sok önkéntes és áldozatos tagjával, továbbá a MOTESZ⁴⁹ Patológus szakosztályával együtt 1984-ben sikeresen rendeztük meg Budapesten a **8. Európai Elektronmikroszkópos Kongresszust**. Ez alkalommal ünnepelte az Elektronmikroszkópos Társaságok Nemzetközi Szövetsége (International Federation of Societies for Electronmicroscopy: IFSEM)⁵⁰ 30 éves fennállását is. 5 kontinens 38 országából, ezen belül 27 európai országból érkeztek a résztvevők, **2400 oldalon 952 publikációt tartalmaz a Kongresszus három angol nyelvű kötete: Vol.1. Instrumentation physics and materials science application I.; Vol.2. Applications II., Film session, Life sciences I.; Vol.3. Life sciences II.**⁵¹

A kongresszus sikerét az a jó együttműködés tette lehetővé, ami a két szakterület között hagyományosan megvalósult.

⁴⁰ A. Griger, A. Lendvai, V. Stefániay, T. Turmezey: On the Phase Diagrams of Al-Fe and Al-Fe-Si Systems, Materials Science Forum, 13-14/1 (1987) 331-336.

⁴¹ Á. Csanády, I. Imre-Baán, Á. Griger, T. Turmezey: The effect of iron and silicon on the anodic oxide layers on aluminium, EUREM 1984, Budapest, Electron Microscopy, Vol 2. 1205-1206.

⁴² E. Kovács-Csetényi, T. Tamás, T. Turmezey, I. Kovács, A. Juhász: Superplasticity of AlMgSi alloys, Journal of Materials Science, 27/11 (1992) 6141-6145.

⁴³ A HVEM: High Voltage Electron Microscope-ban, azaz nagyfeszültségű elektron mikroszkópban történő in situ hőkezelésekkel.

⁴⁴ Csanády A.: Adalékelemek hatása alumínium-oxidrétegek fizikai és kémiai tulajdonságaira. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1983.

⁴⁵ Csanády Andrásné: Az alumínium korróziósebességét csökkentő adalékok és ezek hatásmechanizmusának feltárása elektrokémiai és egyéb felületanalitikai módszerekkel. (1991-1996) 2788.

⁴⁶ Á. Csanády, L. Vitális: Rasterelektronmikroszkopische Untersuchungen von SRK Bruchflächen bei den Legierungen ALZnMg, Aluminium (Düsseldorf) 54, (1978) 452.

⁴⁷ Á. Csanády, L. Botlyán, I. Imre-Baán, J. Zábráczy, F. Dömölki, D. Marton, T. Drexler: Anode foils of Al electrolytic capacitors – SEM, TEM, SIMS and XRD studies, EUREM 1984, Budapest, Electron Microscopy, Vol 2. 1207-1208.

⁴⁸ A. Csanády, D. Marton, L. Kövér, J. Tóth: Characterization of Aluminium Semiproduct Surfaces By Electron- and Ion beam methods, In: 7th Int. Light Metal Congress, Leoben, Ausztria, 1981.6.22.-6.26. pp 2018-219.

⁴⁹ MOTESZ: Magyar Orvostársaságok és Egyesületek Szövetsége.

⁵⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/International_Federation_of_Societies_for_Microscopy#National_bodies (letöltve 2020.6.25) Csanády Andrásné ennek a szervezetnek volt egyik vezetőségi tagja (1989-1997).

⁵¹ 1996-ban a Magyar Elektronmikroszkópos Szakosztály története belekerült az „Advances in Imaging and Electron Physics the growth of electron microscopy” (Vol.96) 1996, Academic Press kötetébe: The Hungarian Group of Electron Microscopy, Szabolcs Virágh, Ágnes Csanády, p. 181-193.

CONGRESS ORGANIZATION

ORGANIZING COMMITTEE

Sz. Virágh (Chairman)	A. Kádár
Á. Csanády (Secretary)	G. Lusztig
L. Surján (Treasurer)	B. Madarász
G. Arató	L. Pogány
E. Bácsy	I. Pozsgai
Á. Barna	Gy. Radnóczy
P. B. Barna	P. Röhlich
M. Bencsáth	Zs. Schaff
A. Csordás Tóth	V. Stefániay
E. Czárán	F. Sudár
I. Dódon	D. Szabó
A. Jánossy	A. Tóth
H. Jellinek	T. Turmezey
F. Jó	I. Zs. Nagy

PROGRAMME AND PROCEEDINGS

Sz. Virágh (Chairman)
Á. Csanády
P. Röhlich

E. Bácsy	Gy. Radnóczy
P. B. Barna	L. Surján
A. Csordás Tóth	D. Szabó
E. Czárán	B. Szikora
L. Pogány	

EXHIBITION

L. Surján
V. Stefániay



Megnyitó Ünnepség a DUNA-INTERCONTINENTÁL szállóban.
Mellette egy oldalon Kapolyi László ipari miniszter, másik oldalon
Prof. Szentágothai János az MTA elnöke.

nyilvánvalóvá vált, hogy az alapkutatás fontos tevékenysége az ismert nagy vállalatoknak is.

Ezt a megállapítást visszaigazolták azok az általában konferenciák kapcsán külföldi vállalatoknál tett látogatások, ahol beszélgetve az adott ország alumíniumipari kutatóival meggyőződhattünk arról, hogy ők is figyelik a mi munkáinkat, nemcsak mi az övéiket. (1981 7th Int. Light Metal Congress, Leoben-Vienna; 1986 Nagoya, Sumitomo Light Metal Industries; 1987 Peking, Beijing Laboratory of Electron Microcopy; 1989 Oslo, Porsgrunn, Trondheim, Norsk Hydro ASA stb.).

1.8 Az Intézet 1987-es átszervezése

Dr. Várhegyi Győző 1984-es távozása után egyik átszervezés követte a másikat.

Az 1987-ben bekövetkezett átszervezés során az akkori vezetők Keébe György FKI igazgató és Fernezely Sándor ALUTERV részleg vezető többféle, már folyamatban lévő változtatáshoz keresték a megoldást. Egyrészt aktuálissá vált a Kémiai osztály vezetőjének, Dr. Lovasi Józsefnek nyugalomba vonulása, másrészt az anyagtudomány műveléséhez esedékes támogatás számára egy kisebb, de hatékonyabb anyagtudományi egységre volt szükség. Ennek érdekében ketté kellett választani a korábbi Anyagszerkezetvizsgáló Főosztályt. A főosztály egyik feléből létrejött egy, az újonnan kínálkozó anyagtudományi lehetőségeket megvalósító és alkalmazási célokra törekvő (gyorshűtött alumínium por gyártás, porkompozitok örlése, szabályozott sebességű öntési eljárások megvalósítása stb.) részleg dr. Turmezey Tibor fizikus vezetésével.

Az új anyagok technológiájának kidolgozását irányító főosztályvezető és főbb kutatói hangsúlyt helyeztek a publikálásra is: dr. Lendvai Anna 1983-ban egyetemi doktori dolgozatot készített: „Szilárd-folyékony

Érdekes feladatot jelentett számomra 1985-ben a világ alumíniumipari nagy vállalatainak publikációs és innovációs aktivitásának vizsgálata⁵² az akkor használatos nagy adatbázisokban. dr. Bujdosó Ernő (1932-2014) korábban az Izotóp laboratórium vezetője, 1979-ben az MTA Könyvtárának lett munkatársa. 1986-ban jelent meg könyve, amit még ma is figyelembe vesznek⁵³. Szívesen vont be munkatársaival az ott végzett munkába, és tette lehetővé, hogy számomra is fontos kérdéseket megvizsgálhassunk. Nevezetesen, hogy miképpen viszonyulnak a világban és Európában az alapkutatáshoz a fontos nagy alumíniumipari vállalatok és ezek mennyiben jelzik azokat a tendenciákat, amelyeket aztán alkalmazott kutatással és szabadalmakká formálnak. Mennyire vagyunk lemaradva tőlük, melyik adatbázisokat célszerű a leginkább használni stb. A SCI adatbázis hátrányaként kellett elkönyvelni, hogy nem tartalmazza a vezető, kifejezetten alumíniumipari folyóiratokat, ennek megfelelően hiányoznak ezen alumíniumipari szaklapok idézettségi adatai (esetemben is), továbbá az ezekben közölt cikkeknek az SCI adatbázis folyóirataira vonatkozó idézetei is. Napjainkra, felgyorsult világunkban sok minden megváltozott az információszerezés területén, de akkor fontos volt, hogy a kialakult hivatkozási rangsorban jó helyezést kapott a HUNGALU⁵⁴ és

⁵² E. Bujdosó, I. Katkó, Á. Csanády: Alumíniumipari nagyvállalatok publikációs és innovációs aktivitásának vizsgálata. Magyar Alumínium, 22 (1985) 385-391.

⁵³ Bujdosó Ernő: Bibliometria és tudománymetria, MTA Könyvtára, 1986.

⁵⁴ Magyar Alumíniumipari Tröszt (MAT), majd Magyar Alumínium Rt. (HUNGALU).

fázisátalakulás $AlFe$ és $AlFeSi$ ötvözetben” címmel. Dr. Kovácsné Dr. Csetényi Erzsébet, a fémfizikai módszerek alkalmazásának és fejlesztésének területén még nyugdíjba vonulása előtt 1991-ben „A mikroszerkezetek és mechanikai tulajdonságok kapcsolata alumínium ötvözetek technológiai folyamataiban” című értekezése alapján lett a fizikai tudományok doktora. dr. Griger Ágnes fizikus az őrlés és röntgen technikák alkalmazója szintén 1991-ben kandidátusi címet nyert „Intermetallikus fázisok kialakulásának és átalakulásának meghatározása $Al-Fe$ és $Al-Fe-Si$ rendszerekben röntgendiffrakciós módszerekkel” című munkájával. Fontos tagja volt az együttesnek dr. Stefániay Vilmos villamosmérnök, akinek az irányításával megépült a gyorshűtött alumínium ötvözetek porgyártó berendezése⁵⁵, és aki az összes kutatásban nemcsak kísérleti és vizsgálati, de elméleti tudásával is erősítette a csapatot⁵⁶. Később a BME Gépészmérnöki Karán ismét készített egy porgyártó berendezést.

Engem – mivel még 1983-ban megszereztem a Kémiai Osztályon kandidátusi fokozatomat „Adalékelemek hatása alumínium-oxidrétegek fizikai és kémiai tulajdonságaira” című értekezésemmel – felkértek, hogy az átszervezés kapcsán legyek vezetője az intézet, egyesített Kémiai osztályából és a korábbi T_1 osztály másik feléből kialakított új Főosztálynak.

A korábbi Anyagszerkezetvizsgáló egység (T_1) szétválasztása nehéz folyamat volt, a harcias Kémiai Osztály nem lelkesedett az új megoldásért és először én se fogadtam el Sillinger Nándortól (1986 óta az ALUTERV-FKI vezérigazgatójától – ekkor még nem Dr. – és egyben a Magyar Alumínium (MAL Rt) fejlesztési igazgatójától) a megbízást, mivel a felkínált feltételek a létesítendő új Főosztály számára nem voltak vállalhatóak. Végül kompromisszumként Sillinger Nándor az én egységemnek ítélte a nagyberendezésekkel történő gazdálkodást és ezt követően megindulhatott a munka.

Ennek az új, összevonással létrejött M5 egység elsődleges kötelezettségét az intézeti szakterületekkel és az iparvállalatokkal történő szoros együttműködés jelentette. Feladata lett:

- a Tröszthez tartozó iparvállalatok egymásra épülő gyártási folyamataiban keletkező termékek (kiindulási-, köztes- és végtermékek) kémiai és fizikai minőségének megbízható és mindenki által elfogadható meghatározásához szükséges újabb módszerek és

eszközök kidolgozása, **egységesítése és alkalmazása**⁵⁷;

- a fentiekhez szükséges az intézetben előállított hitelesítő mintasorozatok (etalonok) minősítése és kiszemelése, elterjesztése (ezek részben már korábban is folyó tevékenységek voltak);
- új anyagvizsgáló javaslatok és módszerek megismertetése az iparvállalatokkal. Erre a célra létrehoztunk egy rendszeres fórumot az iparági laboratóriumok mérnökeivel, anyagvizsgálóival történő találkozásokhoz, majd hol a Főosztályon, hol a különböző iparági vállalatok laboratóriumaiban tartottunk előadásokkal és laborlátogatásokkal összekapcsolt alkalmakat;
- az intézetben belüli kutatók, vagy külső megbízók vizsgálati igényeinek teljesítése.

Azok, akik a másik csapatban értő kezelői voltak a nagyberendezéseknek, maguk használhatták azokat.

Néhány egyedi, már kevésbé alkalmazott vizsgálati módszer kutatói (J. Kürthy, I. Tassy) még egy ideig átmeneti helyzetben voltak. Ekkor azonban még volt rá lehetőség, hogy megvalósíthassunk piacképes, hasznos elgondolásokat. Egyik ilyen sikeres új tevékenység volt az alumínium ipar legkülönbözőbb ágazataiban és műhelyeiben keletkező porok gyűjtéséhez alkalmas eszközök készítése, majd az ezekkel összegyűjtött porok elemzése. Az elemzés nemcsak munka- és környezetvédelmi információkat nyújtott, de támpontot kínált hasznosításokhoz is. Eredményei egy igen rangos kiadványban jelentek meg⁵⁸.

A munka 4 laboratóriumi egységben történt, főosztályvezetői munkámat jól képzett titkárnő Péterfalvy Ildikó és Molnárné Kotek Ibolya, majd később már csak Ibolya segítette. Ekkor már az Intézetben egy egységes gépi bevételel-költség elszámolási rendszert vezettek be, ehhez egy egyedi számítógépet kapott a Főosztály. A laboratóriumi egységek a következők voltak:

M 51 Elektronmikroszkóp és Elektronsugaras analízis

Laboratóriumvezető dr. Csordás Tóth Anna fizikus, kutatók: Imre Aladárné, rövid ideig Nagy Péter, Varga László, egyéb fontos személyek: Pálincás Ferenc, Bárány Endréné, Dobosi Marika és Kohári Judit.

M 52 Röntgen és egyéb szerkezetvizsgálatok

Laboratóriumvezető dr. Sasvári Judit fizikus, kutatók: Sajó István vegyész, aki számos külföldi alumíniumipari vállalatban értékesített röntgendiffrakciós szoftvert

⁵⁵ dr. Turmezey Tibor és dr. Stefániay Vilmos: Új anyagok az alumínium porkohászatban, ALUTERV-FKI, Magyar Alumínium, 1987., 24/11, 379-386.

V. Stefániay, A. Lendvai, T. Turmezey: Microstructure and properties of RS/PM $Al-Fe-Co$ alloy, Journal of Materials Science, 31/7, 1996, 3763-3768.

⁵⁶ V. Stefániay, Á. Griger, T. Turmezey: Intermetallic phases in the aluminium-side corner of the $Al-Fe-Si$ alloy system, Journal of Materials Science, 22, 1987, 539-546.

⁵⁷ Ezen vizsgálatok összehangolásához igen komoly gazdasági érdekek kapcsolódtak, a vállalatok egymásközi elszámolásában fontos gazdasági lehetőségek rejlettek. Még Dr. Groma Géza életében 1979 novemberében Dr. Dózsa Lajos HUNGALU vezérigazgató megbízta az Intézetet a trösztli vállalatok anyagvizsgáló helyzetének akkori felmérésével. Ezt a felmérést T_1 Osztály a Kémiai Osztállyal és a Mechanikai Anyagvizsgáló Laboratóriummal együtt készítette el a vállalatok által kitöltött adatlapok és személyes konzultációk alapján. 1980 júniusában Dr. Várhegyi Győző terjesztette elő az anyagot a Trösztben az összes vállalat képviselői és az Anyagvizsgálat részéről: Major Gabriella (Kémia), Csanády Andrásné és Turmezey Tibor (Anyagtudomány) és Éva András (Mechanikai Anyagvizsgálat) részvétele mellett. „Az anyagvizsgálat helyzete az alumínium iparban” címmel.

⁵⁸ A. Csordás Tóth, B. Szikora, J. Kürthy-Komlósy, I. Tassy: Preparation and characterization of some particulate materials in the aluminium industry. Scanning Electron Microscopy, Vol 5. No.4. 1991.pp 989-1000.

dolgozott ki, amivel nemcsak magának, de az Intézetnek is hírnevet szerzett, dr. Papp Katalin fizikus, Dr. Farkas László fizikus és technikusok.

M 53 Klasszikus kémiai analízis és később ionkromatográfia (IC)

Laboratóriumvezető dr. Kálmán Éva vegyészmérnök és a klasszikus kémiai analízishez szükséges nagylétszámú technikus gárda.

M 54 Műszeres kémiai analitikai eljárások

Laboratóriumvezető Dr. Záray Gyula⁵⁹ vegyész, a kémiai tudományok kandidátusa (1980), kutatók: dr. Tatár Enikő, dr. Borsodi Magdolna vegyészmérnök, dr. Kulcsár Emília vegyészmérnök, és technikusok.

Az ALUTERV-FKI-ben a különböző részlegekben az alumíniumipari beruházási lehetőségek következtében, főképpen az 1987-ben bekövetkezett átszervezés során jónéhány igen korszerű kísérleti-üzemi, technológiai-kutató berendezés megépítésére és részben beszerzésére kerülhetett sor. Ilyen például a fél folyamatos tuskó öntődék felújítása (Laárné Endrődi Mária, Csernai Bálintné; nagytisztaságú, vékony (~0,2 mm) alumínium huzal előállítására csúszvahúzó berendezés készítése (Dékány Endre); az alumínium (ötvözetek) gyorsított porainak előállítására szolgáló berendezés megépítésére és alkalmazására (Stefániay Vilmos); alumínium őrlőberendezések és őrlmények előállítására szolgáló berendezés elkészítésére (Griger Ágnes és Ipacs László); eszköz (Hosokawa malom) beszerzésére alumíniumnak és más fémeknek őrlés közben lejátszódó szilárdfázisú reakcióinak tanulmányozásához és bevonatok készítésére alkalmas ötvözet porok készítéséhez (Csanády Andrásné, Pintérné Csordás Tóth Anna); ionkromatográfának, kis mennyiségű ionok gyors és hatékony elválasztására alkalmas folyadékkromatográfia eszközeinek a beszerzésére (Kálmán Éva). Hasonlóképpen lehetőség volt az M5 egység nagyműszeres fizikai és kémiai vizsgálati berendezéseinek korszerűsítésére és egyes módszereinek fejlesztésére.

Engem az új feladat nem akadályozott meg abban, hogy az időközben elkezdett új témát, a kvázikristályos és nanokristályos anyagok kutatását tovább műveljem (lásd 13-es és 14-es lábjegyzeteket). Az M5 főosztályon dolgozó Imre Aladárné Baán Irén (1938-2017) egyetemi doktori címet szerzett és Pintérné dr. Csordás Tóth Anna az Intézet megszűnését követő új munkahelyén PhD fokozatot szerzett korábbi doktori munkája nyomán. Sajó István kutató munkássága országon belül és kívül elismertté és sikeressé tette.

Az Intézetnek az alumínium félgyártmány fejlesztéssel és beruházással kapcsolatban álló kutatói és vezetői,



*Az M5 főosztály munkatársai.
1990-ben a teljes létszám velem együtt 39 fő volt, ebből egyetemet végzett 19 fő.*

és így az anyagvizsgálattal és kutatással foglalkozók is, a félgyártmány gyártó vállalatok (Székesfehérvári Könnyűfémű (KÖFÉM), Inota, Kőbányai Könnyűfémű (KÖBÁL) stb.) több lépésben véghezvitt korszerűsítése során, amely számos szovjet és nyugati (francia, japán, német stb.) technológiai berendezés beüzemelésével és technológiai know-how átvételével, továbbá megvalósításával járt, sok tapasztalathoz és ismeretanyaghoz jutottak.

1992-ben az Intézet fokozatos felszámolása keretében én is sokakkal együtt (Dr. Kovácsné Dr. Csetényi Erzsébet, dr. Tóth Lajos és mások) nyugdíjba mentem. Az M5 főosztály vezetője dr. Gillemot László gépészmérnök lett – korábban a Mechanikai Anyagvizsgálat irányítója – aki egészen a felszámolásig működtette.

1996-ban habilitáltam a BME Vegyészmérnöki Karán, majd 1998-ban nyertem el az MTA Doktora címet „Szilárdfázisú reakciók metastabil alumínium-átmeneti fém anyagrendszerekben (gyorsított szalagokban, vékonyréteg rendszerekben és őrlő porkompozit porokban)” című értekezésemmel, (bíráló bizottságomban: fizikus, vegyész és kohász is volt).

Sokat jelentett, hogy a habilitációt az akkor még működő Intézetben és annak nyomdaja segítségével készíthettem el.

A felszámolás után szinte minden a főosztályon dolgozó és a szakmában maradásra törekvő kutató megfelelő munkahelyhez jutott. Többen kerültek az MTA Központi Kémiai Kutató Intézetébe, akikkel később, amikor én már a BAY-ATI-ban voltam, ismét együtt dolgozhattunk különböző projekteken. Kicsit úgy, mint a régi időkben. Voltak, akik az MTA KFKI-ben folytathatták munkájukat, velük se szakadt meg a kapcsolat. (A sok hazai projektből számomra kiemelkedett a „Thin film” project of the EU Research Fund for Coal and Steel⁶⁰)

⁵⁹ Dr. Záray Gyula 1995-ben lett a Kémiai Tudományok Doktora, majd 1996-ban habilitált az ELTE-n és ott lett egyetemi tanár.

⁶⁰ Péter Németh, Ágnes Csanády, Katalin Papp, Anna Cs. Pintér, László Szabó, Zoltán Pászti, Attila Tóth és Erika Kálmán, Mat. Sci. Forum, Vol. 589 (2008) pp 433-338.

Fenti összefoglalásban többet írtam a „fémek” területről, de aki ismerte az Intézetet, az tudja, hogy a teljes vertikum, így a bauxit és timföldgyártás, továbbá a kohászat fejlesztése és sok egyéb itt nem említett szakterület is mind fontos részét képezték az Intézet munkájának. Az Intézet tervezőinek export munkálataiban és az egyéb, itt fel nem sorolt területek (pl. korund, agyagásványok stb.) kutatóinak kutatási célkitűzésében is meghatározó szerepe volt az anyagvizsgálatnak (pl. Dr. Imre Aladár kandidátusi munkájában). dr. Fehér Iván egykori évfolyamtársam a Timföld Osztály műszeres analitikai feladatainak felelőse volt. **Különleges célfeladatokat teljesítő anyagvizsgáló eszközökkel más részlegek is rendelkeztek.**

Epilógus

1997-ben közlési céllal foglalkoztam az ipari kutatóintézetekkel, ezen belül felszámolásuk történetével is. Az íráshoz szükséges adatokat, a területért felelős minisztériumban szereztem meg. Írásom azonban kéziratban maradt (lásd 2. lábjegyzet). Ebből idézem az alábbi sorokat.

„...**1992-ben az ipari tárca** nemzetközi tender alapján megbízta az Arthur D. Little (ADL) nemzetközi tanácsadó céget az ágazati K+F intézetek átvilágítására. Az ADL **18 ipari K+F intézetet** értékelt, **256 technológiai területet** azonosított, ahol akkor közel **1000 fő tudományos munkatárs és mérnök és 1600 fő technikus dolgozott**. A jelentés szerint mintegy **6 intézetben megfelelő volt** a kutató-fejlesztő tevékenység, jó néhány intézetben szükségesnek látszott egyes tevékenységek leépítése és mintegy **4 intézet már ekkor nyilvánvalóan kiesett a K+F intézményi körből**. Hasonló, de szűkebb kört érintő felmérésből még akadt jó néhány.

A kutató-fejlesztő intézetek **1992-ben** – az állami vagyon részeként – az újonnan alakult **privatizációs szervezet**hez kerültek. A privatizációs szervezet az ipari K+F intézeteket egy erőteljesen felértékelt vagyonnal **gazdasági társaságokká** alakította anélkül, hogy az intézetek adósságállományát rendezte volna és forgóeszköz ellátottságukat biztosította volna.

Sajnos az iparvállalatok privatizációja során a privatizációs szervezet nem képviselte és nem érvényesítette (tiszteltet a kivételnek) a kutatás és az ipari kutatóintézetek érdekeit. Erről, az egész műszaki fejlesztés és kutatás jelenlegi helyzetét is nagymértékben befolyásoló körülményről alig esik szó!

1991-94 években a Kormány az ágazati K+F intézeteket **válságkezelési problémáik megoldására a Központi Műszaki Fejlesztési Alap** terhére **300 millió forint céltámogatásban** részesítette. E keretből **14 intézmény** nyert támogatást pályázati formában.

Az **1992-ben** vizsgált intézeti körből **1994. év végére 7 intézet** felszámolásra került, ill. végelszámolással megszűnt.

Az **1995. évi** privatizációról szóló törvény **11 kutató-fejlesztő társaság** tulajdonosi jogkörének ellátását az **ipari, kereskedelmi és idegenforgalmi miniszter** hatáskörébe helyezte.

1994-1996 között a megmaradt 11 kutató-fejlesztő

társaság állandó likviditási problémákkal küszködött, eladósodásuk fokozatosan nőtt, bár tevékenységük veszteségesége jelentősen csökkeni látszott. **Létszámuk 1992-hez viszonyítva 45%-kal, 1994-hez viszonyítva 17%-kal csökkent.**

A létszámleépülés mechanizmusában általában megfigyelhető, hogy a remélt privatizációban majdan résztvevőkön kívül (ez nem szakmai szelekció) először a felkészültebbek hagyják el a süllyedő hajókat. Ezzel az intézmények versenypozíciói tovább gyengülnek. Sorsdöntővé azonban az az alkalmazotti korstruktúra válik, amely a leépülés sok esetben már évtizedes folyamata során a **fiatal utánpótlást** szinte teljesen nélkülözi. Az intézmények tevékenységük megváltozása és létszámuk leépülése következtében olyan ingatlanokkal és eszközökkel rendelkeznek, amelyek működésükhöz nem feltétlenül szükségesek. Ez részben elnyújtja a leépülés folyamatát, előidézhetheti, hogy eladósodásuk saját források terhére egy ideig kezelhetővé válik...”

Az ALUTERV-FKI nem bizonyult pozitív példának, így **1997-ben megtörtént jogutód nélküli felszámolása**. Ennek következtében a közel félévszázados Intézet megszűnésének lassú, de biztos folyamata a 90-es évek végére számos, ha nem is minden, technológiai és egyéb kutatási eszköz megsemmisüléséhez vezetett.

Nem volt mindegy, hogy kit milyen életkorban ért utol a rendszerváltás zűr-zavara és ki milyen stratégiát akart vagy tudott megvalósítani jövője érdekében. Az intézet megpróbálta nagy létszámú alkalmazottjait kíméletesen leépíteni. A dolgozók kiegyensúlyozott korfája lehetőséget biztosított egy fokozatosság megvalósításának. A női technikus gárdából igen sokan vették igénybe a kedvezményes előnyugdíj lehetőségét. Később egy általános rendelkezés alapján mindenkinek, aki elérte már a nyugdíj korhatárt, *illetett nyugdíjba mennie*. Azok, akik kutatóként szerettek volna tovább dolgozni, azoknak ez előbb vagy utóbb sikerült. Több aktív intézeti munkatárs már 1996. folyamán átkerült a KFKI-be. (dr. Griger Ágnes, dr. Csordás Tóth Anna, Dobosy Mária, dr. Gillemot László és dr. Horváth Márta).

Lehet, hogy ez az írás azt a látszatot keltette, hogy ebben az intézetben és annak osztályain minden jól, nehézségek és emberi konfliktusok nélkül zajlott, ez nyilvánvalóan téves. Különösen megtévesztő volna ezt arra az időszakra vonatkoztatni, ami a rendszerváltás körüli, már nem a szakmára vonatkozó átalakulás izgalmaival és az emberi magatartás formák sokféleségével volt kapcsolatos. Azonban egy olyan emlékiratnak, amit jobb híján egyvalaki készít el, akinek emlékei, iratai stb. alapján születik meg egy szűk területtel foglalkozó írás, nem az a feladata, hogy a nehézségekre emlékeztessen, vagy bölcs gondolatokat fogalmazzon meg egy letűnt korszakról. Még kevésbé, hogy az azután következett eseményeket minősítse. Azt azonban szívből remélem, hogy némileg sikerült eloszlatni azt a vélekedést, hogy az intézetben csak „matatás” folyt.

2014-ben a Nemzetközi Krisztallográfia év során egy szép bélyegen használták fel az egyik közleményem felvételét. Jó dolog volt még egyszer olvasni az egykori



Description of the stamp and the First Day Cover

The flower-like image on the stamp is an electron microscope photo of icosahedral quasicrystal aggregates of an aluminum-manganese alloy, which were prepared in 1985 by Dr. Ágnes Csanády and her colleagues at the Hungarian Aluminum Industry Development Center. The background behind the "flowers" features an electron diffraction pattern from an icosahedral quasicrystal. The perfect pentagonal symmetry is highlighted in the diagram. The image featured on the First Day Cover also depicts quasi-periodic crystals of an aluminum-manganese alloy, which were photographed with an electron microscope by Prof. An-Fung Tsai of Tohoku University, Japan.

2014-es Nemzetközi Krisztallográfia év során készített bélyeg és a egy közlemény felvétele

intézet nevét.

Ha ez a jubileumra készített összeállítás néhány még élő, egykori fémkutatsnak segít a múlt felidőzésében, akkor már elérte célját!

A fenti töredék mindössze negyedszázados korszakról próbál ízelítőt adni. Azóta eltelt **újából egy negyedszáza** és a sok szétszaladt, még emlékező munkatárs is túljutott már sorsa egy **újabb negyedszázadán**. Szívből kívánom, hogy sokaknak sok minden jusson még eszébe ezen a jubileumon, *olyan, ami jobb kedvre deríti!* Elnézést kérek tévedéseimért és azoktól, akiknek az én szűk szakterületemen belül kimaradt a neve, továbbá mindazoktól, akik az intézet sok más fontos szakterületén dolgozva meg se jelenhettek ebben az írásban. Bizony sok mindenről kellett volna és lehetett volna még írni. Minden kiegészítés javára válik az emlékezésnek.

MELLÉKLETEK

Az 1971-ben létrehozott T1 Anyagvizsgáló osztály laborvezetőinek életrajzai

Ezekből néhány Dr. Sólyom Jenő akadémikus „Fizika Magyarországon 1945-1959 között” c. írásában megtalálható Névpont szövegek kismértékű változtatásával készültek.

Dr. Groma Géza, fizikus (1925-1980)

A háború miatt csak 1946-ban kezdte tanulmányait, 1950-ben szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet. A végzés után 1959-ig az ELTE Kísérleti Fizika Tanszékének volt tanársegédje. A Pócza Jenő vezette II. sz. Kísérleti Fizika Tanszék megszüntetésekor őt is elküldték az egyetemről. Ezután a Csepel Vas és Fémművekben – a Csepeli Fémmű részlegében – kapott megbízást a Fémfizikai Laboratórium létrehozására. 1971-től a Fémipari Kutató Intézet Anyagszerkezet-vizsgáló osztályát vezette. Kutatási területe az anyagtudomány, a fémfizika, az iparilag hasznosítható ötvözetek vizsgálata. 1969-ben szerezte meg a Fizikai Tudományok kandidátusa fokozatot a: „Fázisátalakulások 60 at%Cu, 20 at%Ni, 20 at%Mn ötvözetben” című értekezésével. Halála előtt néhány héttel nyújtotta be a: „Fázisátalakulások nemesíthető AlZnMg ötvözetekben” című akadémiai doktori értekezését, de megvédeni már nem tudta. A Fizika Doktora fokozatot 1981-ben posthumusz kapta meg.

Dr. Bujdosó Ernő, fizikus (1932-2014)

1957-1979-ig a Fémipari Kutató Intézet Radioaktív Izotóp Laboratóriumának vezetőjeként dolgozott. 1958-ban az MTA ATOMKI-ban készített értekezése alapján egyetemi doktori címet szerzett. Két éven át az Egyesült Államokban a Montana University-n volt vendég professzor. Munkássága nyomán terjedtek el a nukleáris módszerek a magyar alumínium iparban. Hosszabb ideig dolgozott az MTA Könyvtárban, majd 1986-ban az Országos Atomenergia Hivatal elődjéhez az Országos Atomenergia Bizottság Titkárságához került, ahol 2002-ig nyugdíjazásáig a Kutatás-fejlesztési Főosztály vezetőjeként dolgozott.

(http://www.atomki.hu/files/2018/04/Atomki_kronologia)

Dr. Kovács Istvánné Dr. Csetényi Erzsébet, fizikus (1936-2015)

1954-ben kezdte egyetemi tanulmányait az ELTE fizikus szakán. 1959-ben szerzett fizikus oklevelet. 1959-1964-ig az MTA MÜFI munkatársa volt. 1964-ben átmént a Fémipari Kutató Intézetbe (FKI)-be, ahol a fémfizikai mérések felelőse lett. 1971-től az FKI-ban, majd a jogutód ALUTERV-FKI-ban az Anyagszerkezetvizsgáló Osztályon a Fémfizikai Laboratórium vezetőjeként dolgozott. 1974-ben védte meg kandidátusi disszertációját: „Kismennyiségű adalékelemek hatásának vizsgálata nagytisztaságú alumíniumban” címmel. Kutatási területei: a volfrám rekristallizációjának vizsgálata, (MÜFI) az alumíniumalapú ötvözetek fizikai tulajdonságainak vizsgálata, illetve az alumíniumötvözet félgyártmányok technológiájának fejlesztése. 1992-ben „A mikroszerkezetek és mechanikai tulajdonságok kapcsolata alumíniumötvözetek technológiai folyamataiban” c. értekezése alapján kapta meg az MTA fizikai tudományok doktora címet. 1991-ben ment nyugdíjba. Még jó ideig dolgozott az ELTE Általános Fizika Tanszékén.

Dr. Gadó Pál, fizikus (1933-2016)

Középiskoláit a Budapest- Fasori Evangélikus gimnáziumba végezte. 1952-től az ELTE fizikus szakán tanult, 1957-1971-ig a HIKI-ben dolgozott, majd 1969-től az Egyesült Izzóban volt tudományos munkatárs. 1971-ben kandidátusi fokozatot szerzett „Oxygen hiányhelyek a volfrám oxid kristályszerkezetében” című dolgozatával. 1971-1986-ig osztályvezető helyettes volt az FKI-ban, majd annak jogutódjában az ALUTERV-FKI-ban, ahol a Röntgen Laboratórium vezetője és főképpen bauxitok röntgen vizsgálatával foglalkozott. Részt vett a Mozgássérültek Országos Egyesületének megalakításában, ahol 1986-ban a Szövetség főtákarává választották. 1991-től a Szövetség alelnöke, 2011-től tiszteletbeli elnöke és az elnökség tagja volt. 1990-ben létrehozta Piliscsabán a SILO társas otthont, az Önálló Élet Központot.

Dr. Tóth Lajos, fizikus (1929-2012)

Tóth Lajos 1947-ben kezdte egyetemi tanulmányait az ELTE-n, 1952-ben szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet. Végzése után az ELTE Kísérleti Fizika Tanszékén kezdte pályáját tanársegédként. Az egyetemről történt eltávolítása után 1959-től a Vasúti Tudományos Kutató Intézetben, majd 1971-től nyugdíjba vonulásáig (1991) az FKI-ban, majd annak jogutódjában

az ALUTEV-FKI-ban dolgozott. Mindkét helyen izotópos anyagvizsgálattal foglalkozott. 1974-ben doktorált a Veszprémi Egyetemen. A vörösiszap ülepítésének vizsgálatára kifejlesztett izotópos technológiát és felszerelést Magyarországon kívül részben nyugdíjazása után több fontos bauxittermelő országban (Jamaica, Irán, India, Vietnam) is üzembe állította.

Csanády Andrásné Dr. Bodoky Ágnes vegyész (1935-

1953-ban kezdte el tanulmányait az ELTE vegyész szakán, ahol 1958-ban végzett. Átmeneti munkahelyeket követően 1960-1964-ig a Híradástechnikai Kutató Intézet (HIKI) Alkatrész Laboratóriumában volt segéd-, majd tudományos munkatárs (fontos témája: a vákuumpárolgatott SiO dielektrikumú kondenzátor kifejlesztése), onnan a Csepel Vas és Fémművek Anyagvizsgáló Laboratóriumához tartozó Elektronmikroszkóp Laboratóriumba ment át, ahol először kutatóként, majd 1968-tól laboratórium vezetőként dolgozott. 1971-1991-ig, nyugdíjazásáig a Fémipari Kutató Intézetben (FKI), majd annak jogutódjában az ALUTERV-FKI-ban az Anyagszerkezetvizsgáló Osztályon laborvezető - majd 1987-től az Anyagtudományi osztályon főosztályvezető volt. 1983-ban az MTA Kémiai Osztályán védte meg kandidátusi dolgozatát: „Adalékelemek hatása alumínium-oxidrétegek fizikai és kémiai tulajdonságaira”. 1991-ben ment nyugdíjba. Külföldi munkavállalását követően 1994-ben az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságban (OMFB-ben) 9 hónapig elnökhelyettesként tevékenykedett. 1996-ban habilitált a BME Vegyészmérnöki Karán. 1998-ban nyerte el az MTA Doktora fokozatot: „Szilárdfázisú reakciók metastabil alumínium-átmeneti fém anyagrendszerekben.” (gyorshűtött szalagokban, vékonyréteg rendszerekben és őrlött porkompozitokban) című munkájával. 2000-től–2011-ig először szakértőként, majd laboratórium vezetőként a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet (BAY-ATI) munkatársa volt. Az MTA Műszaki Osztály Anyagtudományi és Technológiai albizottságának tagja.

Az FKI 70-es és 80-as éveit meghatározó vezető személyiségeinek rövid szakmai életrajzai (szubjektív válogatás)

Részletesebb életrajzok olvashatók Dr. Horváth János, kohász kollega búcsúztató megemlékezéseiben, amelyek az alábbiakban megadott internet helyeken érhetők el. Ezek értékét fokozza, hogy a búcsúztatott személyek életének részletesebb leírását az interneten egyébként nem, vagy csak nehezen lehet megtalálni.

Dr. Várhegyi Győző kutatási igazgatóhelyettes

https://www.ombkenet.hu/images/stories/kohaszat2015_5pdf
Elhunyt Dr. Várhegyi Győző, Kohászat, 148 évf. 5. szám, 2015, 64 old.

Fenti szöveg rövid kivonata:

Várhegyi Győző (1929-2015) 1929. március 31-én született Sopronban, ott járt középiskolába a soproni bencés gimnáziumba, majd a Soproni Egyetemen

szerezett kohómérnöki diplomát. Az egyetem elvégzése után a Fémipari Kutató Intézetbe került. 1952-1955 között ösztöndíjas aspiránsként Moszkvában folytatta tanulmányait, ezek befejezéseként megvédte kandidátusi disszertációját. Hazatérve munkáját a Fémipari Kutató Intézetben (később ALUTERV-FKI) folytatta, tudományos munkatársként, később osztályvezetőként, majd 1959-ben tudományos igazgatóhelyettesként. Szenvedélyesen gyűjtötte és rendszerezte az ásványokat. 1968-ban lett a műszaki tudományok doktora. 35 éven át oktatott a Miskolci Egyetemen. Megalapította, majd elnöke lett a Ritkafém Tárcaközi Bizottságnak és szervezője a Ritkafém Konferenciáknak. 1983-ban kinevezték a Veszprémi Egyetem Szervetlen Kémiai Technológiai Intézete igazgató egyetemi tanárává, ahonnan 1991-ben ment nyugdíjba. 1991-1996 között a HUNGALU Rt. igazgató tanácsának tagjaként tevékenykedett. Aktív tagja volt az MTA Metallurgiai Bizottságának. Mintegy 250 publikációja jelent meg hazai és nemzetközi kiadványokban.

Dr. Zámbo János 1968-1986-ig a Fémipari Kutató Intézet (később ALUTEV-FKI) igazgatója

https://www.ombkenet.hu/images/stories/kohaszat2015_2pdf
Elhunyt Dr. Zámbo János, Kohászat, 148 évf. 2. szám, 2015, 64 old.

Fenti szöveg rövid kivonata:

Zámbo János (1932-2015) 1932-ben született Babócsán. Középiskoláit Csurgón a ref. gimnáziumban végezte, majd a Veszprémi Vegyipari Egyetemen 1954-ben szerzett vegyészmérnöki diplomát, elektrokémia szakon. Diplomamunkája egy kísérleti elektrolizáló kád létrehozása volt. Az aspirantúra éveit a Moszkvai Szinesfém és Arany Intézetben töltötte, tevékenysége a timföldgyártásra irányult. Hazatérve 1957 végén az Almásfüzitői Timföldgyárba került, ahol a Központi Laboratóriumban a kutatócsoport, majd a timföld üzem vezetője lett. Kandidátusi disszertációját 1958-ban védte meg. Kutatásai főképpen a bauxitok feltárására és az aluminátlúgok szerkezetére irányultak. Ez utóbbival kapcsolatos eredményeinek előadása 1981-ben az International Light Metals Konferencia (AIME) legjobb előadása címet kapta. 1959-ben a Fémipari Kutató Intézetbe kerülve a Timföld- technológiai Osztály vezetője lett. 1962-ben bekapcsolódott a KGST munkájába, majd 1971-től-1986-ig a KGST alumíniumipari tudományos Tanácsának elnöke volt. 1968-ban kinevezték igazgatónak a Fémipari Kutató Intézetbe (később ALUTERV-FKI). 1975-ben megszerezte a MTA Műszaki Tudományok doktora fokozatot. Ebben az időben folytak Korbában, Tulcseában, Birácsban, Obrovácon és Jamaikában a timföldgyárak valóban a világszínvonalal összemérhető előkészítési, üzembehelyezési és fejlesztési munkálatai. Ő is abban a szerencsében részesült, hogy nem kellett részt vegyen a hazai alumíniumipar leépítésében, mert az UNIDO főtanácsosaként megbízást kapott egy-egy, az ALUTERV-FKI-hoz hasonló profilú kutatóintézet létrehozására Vietnamban (1986-1989), majd Indiában (1989-1996). 1997-től részt vett egy nagy mérnöki szervezet (Kaiser Engineering) budapesti munkájában, majd 2001

után egy tanácsadó iroda keretében ápolta a hazai és nemzetközi alumíniumipari kapcsolatokat.

Dr. Zámbo Jánosról a halála után egy Csurgón létesített alapítvány emlékkönyvet adott ki.

Dr. Solymár Károly (1934-2010) az ALUTERV-FKI (korábban FKI) Timföldtechnológiai Osztály vezetője

https://www.ombkenet.hu/images/stories/kohaszat2011_01.pdf
Elhunyt Dr. Solymár Károly, Kohászat, 144 évf. 1. szám, 2011, 56 old.

Fenti szöveg rövid kivonata:

1934-ben született Dorogon, Középiskoláit Esztergomban a ferencesrendi Szent István Gimnáziumban végezte. Egyetemi tanulmányait a Veszprémi Egyetem Nehézipari szakán folytatta. 1957-ben diplomázott az egyetem elektrokémiai szakán. Innen került a Fémipari

Kutató Intézetbe, ahol sikeresen oldotta meg első kutatási feladatát, a gallium kinyerését az alumínát lúgból.

1964-ben lett a Timföldtechnológiai Kutatási Osztály vezetője. Fő célkitűzése a timföldgyártás hatékonyságának és versenyképességének növelése volt. Kutatási eredményeiről több, mint 150 közleményben számolt be, számos szabadalmát, eljárását a gyakorlatban is bevezették. Doktori értekezését a bauxitok technológiai értékeléséről írta. Elismert és nemzetközileg jegyzett timföldgyártási szakemberként gyakran kérték fel szakértőnek Jamaikában, Kínában, Vietnámban, Indiában, Iránban és másutt. Neve összefonódott az ICSOBA, Bauxit-, Alumíniumoxid és -hidroxid Kutató Nemzetközi Bizottságával. Tagjává választotta a TMS az amerikai bányászati és kohászati egyesület tudományos tanácsa.

A "Felelős Szerkesztő" megjegyzései

Ha a Tisztelt Olvasó eljut az előző közlemény olvasásában eddig a pontig, akkor mindenképpen elgondolkodik azon, hogy a „történet” valójában mit is mond igazán számunkra, a mindennapi ember, a gondolkodó számára. Röviden: volt egy intézet, ahol

- az idegen nyelveket hétköznapi szinten használták olvasásra, közlésre, a szakmában való tájékozódásra,
- az alumíniummal és ötvözetekkel kapcsolatos ismereteket nemzetközi szinten művelték,
- a magyar tudást kivitték a „nemzetközi színpadra”,
- a kornak megfelelő színvonalú, nagyértékű berendezésszállomány szinten „üzemeltetett” a hozzáértő szakembergárda ismereteik bővítésére,
- fél évszázadon át folyamatosan bővült a hazai és nemzetközi szakmai életben, iparban hasznosítható tapasztalat,
- egy generáció biztos, természettudományos alapokkal rendelkező energiája halmozódott fel.

És ennek sorsáról döntött a kevésbé biztos alapokon nyugvó politika anélkül, hogy végig gondolta volna

- hogyan hasznosítható az a tudás, ami felhalmozódott ebben közösségben,
- hogyan hasznosulhat az a nemzetközi kapcsolatrendszer, amely kiépült,
- mi lesz a nagyértékű berendezésekkel,
- hogyan hasznosul egy generáció által a tudás megszerzésébe fektetett energia?

A kérdések sokaságát lehetne sorolni és sokan, főleg a természettudományos alapokon gondolkodók fel is teszik ezeket azoknak, akik kevésbé szilárd (de sziklaszilárdnak hirdetett) alapokon döntenek. Itt és most, ebben a közleményben Csanády Andrásné Bodoky Ágnes, az MTA doktora bemutatta a Fémipari Kutató Intézet rövid történetét, eredményeit, szakmai pályafutását, amelynek végeredménye az „1997-ben megtörtént jogutód nélküli felszámolás”. Sajnos a hazai kutatóintézetek zöme ilyen sorsra jutott [1]. A hivatkozott kézirat az „Ipari kutató intézetek” csoportjában nem tárgyalja a bemutatott Fémipari Kutató Intézet sorsát ugyanúgy, mint a következő lapszámunkban tárgyalni kívánt, földrajzilag közvetlen szomszédját,

a Vasipari Kutató Intézetet sem. Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy szó szerint idézzek [1].

„A rendszerváltáskor összeomló magyar ipari rendszer tönkre tette a kutatóintézetek nagy részét is, a kutatók szétszéledtek, nyugdíjba mentek, vagy valamilyen kft-ben próbáltak közvetlenül pénzt hozó tevékenységre áttérni. Hatalmas, több évtizeden, egy évszázadon keresztül felhalmozódott tudás vált az enyészet martalékává, pedig a magyar tudósgárda nemzetközileg is elismert volt...”

„A rendszerváltást megelőzően mintegy 130 ipari és mezőgazdasági kutatóintézet létezett. Ezek a rendszerváltás során vagy megszűntek, vagy kft-kre estek szét. Nagyon kevés az, amely erősen megfoghatkozott létszámmal, de megmaradt”

„Hogyan és miért omlott össze a magyar ipar,” kérdés körbejárását nagyban segítheti Csath Magdolna professzorasszony könyve [2], avagy a már hivatkozott Lóránt Károlynak a magyar vaskohászattal és annak „zászlóshajójának elsüllyedésével” foglalkozó munkája [3]. A „miért”-tel kapcsolatban Balázs Ervin akadémikus egy interjúbán ezt így vélelmezi [1]:

„1990-ben a rendszerváltás hajnalán az egyik nagy baj a mezőgazdaság területén az volt, hogy a rendszerváltó politikus értelmiség között a mezőgazdaság részéről nem volt senki. És a fiatal jogászok, közgazdászok elfelejtkeztek arról...”

Számomra úgy tűnik, hogy a rendszerváltó politikus értelmiségi rétegben sem az ipar, sem az azt megalapozó, kiszolgáló kutatói réteg sem képviselhette magát, azaz maradtak a „fiatal jogászok, közgazdászok”, akik elfelejtkeztek arról...

Irodalomjegyzék

- [1] Lóránt K.: A műszaki és természettudományos kutatóhelyek átalakulása a rendszerváltás során és azt követően. (kézirat). RETÖRKI, 2015. december.
- [2] Csath M.: Rendszerváltás a gazdaságban, avagy hogyan tűnt el a magyar ipar? Kairosz kiadó, 2015.
- [3] Lóránt K. (szerk): Az acélváros végnapjai. Hogyan semmisült meg húszezer ember munkahelye a Lenin Kohászati Művekben? Antológia Kiadó, Lakitelek 2017.

Tóth László

Farkas Béla (1941 - 2021)

Ez év nyarán elbúcsúztattuk Farkas Bélát, a hazai roncsolásmentes vizsgáló közösség egy kiváló képességű és hihetetlen nagy gyakorlati tapasztalatú tagját.

Béla 1969-től 1979-ig a Dunai Vasmű Minőség Ellenőrző és Anyagvizsgáló Főosztálya keretében működő Roncsolásmentes Vizsgálati Osztály Spirálcső Minőségellenőrző Csoportjának volt a vezetője. Eleinte kettő, később három spirálcső gyártó gépsor tartozott hozzá, ahol a rádiológus és ultrahangos anyagvizsgálók, továbbá a minőségellenőrök – irányításával – folyamatos műszakban végezték munkájukat. Ezen időszak alatt többek között a Dunai Vasmű gyártotta a Barátság 2 és az Adria kőolajvezeték csöveit 610 mm átmérő és 8 mm falvastagság méretben, valamint a Testvériség gázvezeték és a Budapesti földgáz körvezeték csöveit 813 mm átmérő és 10 mm falvastagság méretben. Nemcsak a csoportjának a vezetését végezte, hanem tevékeny résztvevője volt a spirálcső gyártás komplex, számítógépes ultrahangos minőség szabályozó rendszere kifejlesztésének és üzembe állításának. Tűlzás nélkül mondható, hogy ez a maga korában (1970-es évek) a state-of-the-art színvonalat jelentette. A spirálcső gyártás a Dunai Vasműben olyan színvonalon folyt, hogy az innen kikerülő gázcsövekből épített nagynyomású vezetékek egyikénél sem történt robbanás.



Béla számára Dunaújvárosból egyenes út vezetett az időszak legnagyobb, ipartörténeti jelentőségű projektjéhez, az atomerőmű létesítéséhez, majd üzemeltetéséhez történő csatlakozáshoz. Pakson megszervezte és 1997. évi nyugdíjba vonulásáig vezette az Anyagvizsgálati Osztály Roncsolásmentes Laboratóriumát. A Paksi Atomerőműben kiválóan tudta gyümölcsoztetni a Dunaújvárosban megszerzett szakmai tapasztalatait. Oroszlánrésze volt nemcsak laboratóriuma személyi állománynak a fejlesztésében, hanem az atomerőmű időszakos

roncsolásmentes ellenőrzési rendszerének a kiépítésében és bevezetésében is. Mind a mai napig alkalmazzák az erőműben azokat az anyagvizsgáló keretprogramokat, amelyeket vezetésével dolgoztak ki. Neki és laboratóriuma munkatársainak jelentős része van abban, hogy az atomerőmű ma is biztonságosan működik.

Farkas Béla kiemelkedő tudású, nagy munkabírási és megbízható szakember volt, akit beosztottjai tiszteltek, és akire főnökei mindig számíthattak. Értékes tagját veszítette el a hazai roncsolásmentes vizsgáló közösség. Emlékét megőrizzük!

Trampus Péter

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA ÚJRA NYOMTATOTT VÁLTOZATBAN

16 év után újra kézbe vehetik

az olvasók

az Anyagvizsgálók Lapját!

A lap újjászerveződött csapatának köszönhetően az első nyomtatott verzió előreláthatólag **2022-től** lesz elérhető.

Terveink szerint a **nyomtatott kiadvány negyedévente** – teljesen megegyező tartalommal, mint az online letölthető számok – **előfizetési formában** jelenne meg.

Amennyiben igényt tartana rá, kérem töltse ki az alábbi linken elérhető **előfizetői igényfelmérést!**

<https://forms.gle/eCuNMV6xg7ETjqYa9>



Tisza Miklós (1949 - 2021)

Furcsa érzésekkel ülök itt volt tanszék- és intézetvezetőnk, Tisza Miklós professzor íróasztala felett ezen az álmos, novemberi vasárnap délelőtt.

Van ebben valami sorsszerűség, hogy én itt, most Öt búcsúztatom. Úgy néz ki, hogy ez az iroda mind az Ő, mind az én életutamban egy meghatározó helyszínné vált. Ő csaknem három évtizedet töltött e iroda falai között és élte át benne vezetőként a rendszerváltozás után összeomló nehézipar okozta bizonytalanságot, a kétlépcsős oktatási rendszerhez történő csatlakozásunk oktatásszervezési kihívásait és az egyetemi kancellária rendszer bevezetését. Ezen kihívásokhoz alkalmazkodni csak megfelelő időben megfelelő döntéseket hozó vezetők tudtak sikeresen. Neki ez nagy valószínűséggel sikerült, hiszen a volt Mechanikai Technológiai Tanszék és jogutódja az Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet a múltban és a jelenben is a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának egyik meghatározó Intézete. A három évtized alatt vezetőként hozott döntései közül egy kisebb horderejű döntésével nekem biztosított lehetőséget, hogy az egyetemi tanulmányaim lezárása után a Miskolci Egyetemen dolgozhassak. Nagy valószínűséggel ez a döntése is ebben az irodában született. Sokan vagyunk úgy, hogy a családi, baráti, munkatársi körünk-ből egy-egy ember neve hallatán beugrik a számunkra legjellemzőbb tulajdonsága. Nekem Tisza professzor neve hallatán, ami először eszembe jut, az a mérhetetlen munkabírása, amit fiatalokat megszálgató meny-nyiségben és rendkívül magas színvonalon végzett. Ez egyértelműen alátámasztható életútja legfontosabb állomásai és elért eredményeivel.

Tisza Miklós középiskolai tanulmányait szülővárosában a debreceni Mechwart András Gépipari Technikumban végezte, abban az intézményben, amely kiváló szakemberek sokaságát adta az akkori Nehézipari Műszaki Egyetemnek. Egyetemi tanulmányainak lezárásaként, 1972-ben kitüntetéses gépészmérnöki oklevelet szerzett. Az egyetem akkori oktatóinak már hallgatói éve alatt a látóterébe került, példamutató tanulmányi eredményének és közösségi szerepvállalásának köszönhetően. A Mechanikai Technológiai Tanszék akkori vezetője Romvári Pál Professzor úr invitálására a Tanszék Képlékenyalakító Szakcsoportjához csatlakozott végzése évében. Ez a tudományterület aztán egész pályafutása egyik meghatározó területeként végig



kísérte. Egyetemi doktori címet szerzett 1977-ben, műszaki tudományok kandidátusa címet 1981-ben és végül műszaki tudományok doktori címet 1995-ben. 1991-től egyetemi tanár, amely beosztást a 70 évesen bekövetkező nyugdíjazásáig betöltött.

Ezzel párhuzamosan szintén 1991-től Tanszékünk, Intézetünk vezetője 65. életéig 23 éven át, majd még további 5 évig intézeti tanszékvezető. 2019-től a Miskolci Egyetem Professzor Emeritusa. A Sályi István Doktori Iskola tanácsának 1993-tól tagja. 2009-től 2019-ig a

Doktori Iskola Elnöke. Mérnök generációkat oktatott, mérnökök ezrei Tőle tanulták meg a Metallográfia és Képlékenyalakítás tudományát. A volt miskolci egyetemisták első egyetemi élménye, a Dékáni kézfogást követően a hétfőn reggel 8 órától kezdődő Metallográfia, később Anyagtudomány előadás volt, amit csaknem négy évtizeden keresztül Tisza Professzor oktatott. A 2021/22-es tanév az első, amikor ez nem így volt. Oktató, nevelő munkájának gyümölcse számtalan egyetemi jegyzet, egyetemi tankönyv, amit nyelvismeretének köszönhetően idegen nyelven is megírt. Talán többen nem tudják, de az általa írt Metallográfia tankönyvet arab nyelven is megjelentették.

Szakmai munkáját a szüntelen újat akarás jellemezte, szakmai pályafutása alatt folyamatosan és példaadóan képezte magát, többször megújítva tudását. Korosztályával szinte az elsők között ismerte fel a számítástechnika szerepét a technológiai tervezés területén. Már a 80-as években kollégái közül többekkel grafikus alapon, de számítógépes környezetben működő szerszámtervező szoftver fejlesztésében vett részt. A számítógéppel segített technológiai- és szerszámtervezés aztán egész életében egy meghatározó kutatási területe maradt. A 90-es évek közepén, szinte egyidejűleg a szoftver megjelenésével, találkozott az AutoForm alkalmazással, aminek magyarországi elterjesztésében vitathatatlan érdemeket szerzett. Magam is dolgoztam vele ezen a területen és sokszor tisztelettel figyeltem azt a kötelességtudatot, alaposágot és tudásszomjat, amit az újabb és újabb verziók megsajátításába fektetett.

Az oktatási módszertanban is folyamatosan képezte magát. 2020-ban a világjárvány hatására bevezetett online oktatás talán Neki okozta a legkisebb kihívást, mert bölcs előre látásával már évekkal előtte kidolgozta tantárgyai online oktatási lehetőségét a mindenkori

e-learning rendszerek keretein belül, példát mutatva Intézetünk kollektívájának.

Vezetőként folyamatosan törekedett az oktató-kutató utánpótlás nevelésére. 1991-es tanszékvezetői megbízatása első évtizede a Mechanikai Technológiai Tanszék akkori oktatói gárdája tudományos előmenetelének aktív, fontos időszaka volt. Kollégáit bízta és támogatta a fokozatszerzési folyamataikban. Ezt egész pályafutása során fontosnak tartotta. Mindezekkel párhuzamosan hosszú éveken át töltött be egyetemi vezető tisztségeket. 1986-1989-ig osztályvezető a Tudományos Osztályon, 1987-1999-ig projektigazgató a Projekt Irodán, majd az Intézményfejlesztési Program Irodán.

Egyetemi vezető beosztásai közül kiemelkedik a 2000-2003 között betöltött fejlesztési rektorhelyettesi pozíció. Ekkor az Egyetemfejlesztési projekt vezetőjeként részt vesz az Egyetem ma ismert megjelenésének kialakításában. Ez időben készül el az A/1 tanulmányi épület teljes felújítása a XXXII., XXXIII. és XXXVII. új nagyterem és a jelenlegi főbejárat.

Tudományos teljesítménye nemzetközi szinten ismert és elismert. Megszámlálhatatlan idegen nyelvű publikáció, konferencia előadás fűződik a nevéhez. Hosszan sorolhatnám nemzetközi és hazai szakmai szervezetekben betöltött szerepét, tisztségeit. Ezek közül mégis külön megemlíteném az IDDRG (International Deep-Drawing Research Group) Nemzetközi Mélyhúzási Kutatócsoportot, aminek 1989-től tagja, 1994-től elnök helyettese, 1996-98 között elnöke. Elnöksége alatt, 1996-ban elsőként Magyarországon megszervezte az

IDDRG konferenciát Egerben, majd 2007-ben második alkalommal Győrben.

Mikor halálhírért megosztottam a bizottsági tagokkal többen megdöbbenésüket fejezték ki a hír hallatán. Az IDDRG-ben betöltött szerepére a vele egykorú svájci Pavel Hora Professzor szavai világítanak rá leginkább:

„Miklós az egyik pillére volt az IDDRG szervezetének. Munkássága hidat épített számos Közép-Kelet Európai országba. Nagy úrt hagy maga után”.

Oktatói-kutatói munkájáért, szakmai és közéleti tevékenységéért Gépészmérnöki Kari Emlékérem, a Signum Aureum Universitatis, GTE Zorkóczy Béla Emlékérem, a Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje elismeréseket vehetett át. 2014-ben a Miskolci Egyetem Díszpolgári címmel tüntette ki.

Tisza professzor a jelenben élt, de mindig a jövőben gondolkodott. Másfél héttel a sajnálatosan bekövetkezett halála előtt egy online megbeszélésen az általa 25 éven keresztül figyelemmel követett szoftver új verziójának magyarországi bevezetésével kapcsolatos teendőkről egyeztettünk. Sajnos ennek közös elsajátításában már nem tud részt venni.

Tisztelt Tisza Professzor úr, kedves Miklós! Isten veled, nyugodj békében!

Lukács Zsolt

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

„Az NKFIH-1267-2/2020 számú, Roncsolásmentes folyamatkövetés tématerület című projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1-TKP2020) pályázati program finanszírozásában valósult meg”



A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

A Magyar Tudományos Akadémia programsorozata

*A konferencia szervezésére a
MTA Magyar Tudomány Ünnepe keretében
került sor.*

A konferencia szervezője a Dunaújvárosi Egyetem
www.uniduna.hu



A Tudományos Diákköri Konferencia szervezői:
Dr. Pázmán Judit tudományos és kutatási rektorhelyettes
Dr. habil Kővári Attila TDT elnök
Dósáné Pap Györgyi TDT titkár
Melkovics János Tehetséggondozási munkacsoport vezető

TUDOMÁNYOS HÉT 2021

A DUNAÚJVÁROSI EGYETEMEN



„Az NKFIH-1267-2/2020 számú, Roncsolásmentes folyamatkövetés tématerület című projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1-TKP2020) pályázati program finanszírozásában valósult meg”



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROGRAM