

Anyagvizsgálók Lapja

Az Ország vezető szaklapja

Anyagvizsgálat a
minőség szolgálatában



A lap kiemelt
támogatója:

MAE

Magyar
Anyagvizsgálók
Egyesülete



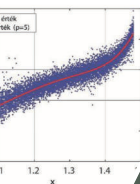
Szerkezet-
integritási
és Roncsolásmentes
Vizsgáló
Szakmérnök –
2. évfolyam



Könyvismertető



Portré:
Geréb János
MAE elnökök
Szilárd Leó



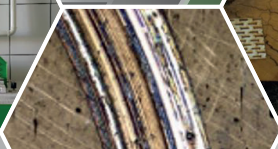
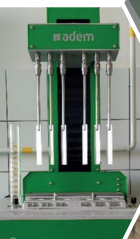
Változatos témájú
szakmai cikkek



DELISA Workshop –
Látogatás a Bohunicei
erőműben



Látogatás a Toyota
Múzeumban,
Japánban



2023/I.
lapszám

A MAGYAR ANYAGVIZSGÁLÓK EGYESÜLETÉNEK CÉLKITŰZÉSEI A 2023. ÉVRE

1. JÁRTASSÁGI VIZSGÁLATOK SZERVEZÉSE

A MAE együttműködést alakított ki a WESSLING Kft.-vel jártassági vizsgálat indítására. Az előre tervezésnek fontos alapja a hazai laboratóriumok meglévő akkreditációinak felmérése – elsősorban a MAE tagok között – hogy számukra érdekes és értékes körvizsgálatokat szervezhessünk.

2. SZAKMAI NAPOK, ONLINE MUNKACSOPORTOK LÉTREHOZÁSA

Cél az anyagvizsgálati szabványok területén elkezdett aktivitás folytatása. Az elnökség online felületre is áthelyezte ezen tevékenységét, és tématerületek kijelölésével online munkacsoportot hozott létre a szabványok szaknyelvének ápolásáért. Ezen tevékenység összehangolása más szakmai szervezetek hasonló tevékenységével.

További célfeladat a laboratóriumi akkreditálási ügyekben egy konzultációs fórum létrehozása.

3. A KÖVETKEZŐ AGY KONFERENCIA SZERVEZÉSÉNEK ELŐKÉSZÍTÉSE

A 2024-ben Győrben rendezendő 11. Anyagvizsgálat a gyakorlatban konferencia előkészítése elkezdődött. Zajlik a kiállítók és előadók megkeresése, nagy hangsúlyt fektetve – a konferencia nevéhez méltóan – a kifejtendő témák gyakorlati megközelítésére és bemutatására. A tagokkal szoros együttműködésben és a felnövekvő új generáció bevonásával kerülnek a témakörök meghatározásra.

4. MARKETING TEVÉKENYSÉG NÖVELESE

Cél: a tagság számára hasznos funkciók felmérése és fejlesztése. A MAE-honlap frissítése és üzemeltetése. A MAE népszerűsítése, vonzóvá tétele a szakmát művelő vállalkozások és egyéni tagok részére.

- Anyagvizsgálók Lapjának támogatása, cikkek generálása.
- Szakdolgozati témák kiírása laboratóriumok, ipari partnerek segítségével.
- Szakdolgozat ill. diplomamunka pályázati feltételek aktualizálása, meghirdetése.

5. AZ EGYESÜLET KAPCSOLATRENDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE

Fontos célkitűzés a tagság bővítése. Új jogi és egyéni tagok elérése és bevonása, valamint a szakmai civil szervezetekkel az együttműködés továbbfejlesztése, a potenciális partnerek felmérése, és az együttműködés formáinak egyeztetése.

6. KÖZGYŰLÉSEK ÉS ELNÖKSÉGI ÜLÉSEK LEBONYOLÍTÁSA

Az Elnökségi ülések ütemezését az egyesület munkatervének végrehajtása határozza meg, a kihelyezett elnökségi üléseket szakmai programok is kiegészítik.

Az egyesület beszámolóinak elfogadása, rövid- és hosszú távú célok elfogadása a tagsággal együtt az éves rendes Közgyűlésen történik.

Mélyen tisztelt Olvasóim!



Átléptünk a 2023-as esztendőbe. „Új Év, új tervek” szokták volt mondani bölcseink. Az új terveket bizonyára nagyon sok olvasónk megfogalmazta és talán még mindig ezek szellemében él, még a „jégtörő Mátyás” utáni időkben is! A lapszám összeállítójának csapata is próbált megfogalmazni célokat. Ezeket röviden és címszavakban talán így lehetne összefoglalni:

- az évek változása érzékelhető legyen lapunk címlapján is, de csak olyan mértékben, mint azt önmagunkon még elviseljük,
- a lapszámok megjelenését próbáljuk mindig úgy időzíteni, hogy idővel olvasóink már úgy várják, mint a „nyugdíjat hozó postást”,
- segítsük az anyagvizsgálók szakmai közösségeinek (MAROVISZ és MAE) munkáját és információcseréjét friss, naprakész hazai és nemzetközi hírekkel,
- hitelesen számoljunk be szakmai köreink hazai és nemzetközi eredményeiről, elismeréseiről, nemzetközi projektekben való szerepléseiről,
- aktívan vegyünk részt a nemzetközi szakmai tendenciák hazai megismertetésében, a szemléletformáló hatásainak érzékeltetésével,
- támogassuk mindazon szakembereinket, akik szabadidejük terhére rendezvényeket, tanfolyamokat szerveznek annak érdekében, hogy értelmes és hasznos személyes kapcsolatokra alapozott szakmai élet alakuljon ki hazánkban,
- folyamatosan tudatosítsuk szakembereinkben a szakmai „múlt – jelen – jövő” egységét, azt a gondolkodási módot, hogy a múlt ismerete nélkül nem érthet meg a ma eseményeit és esélyed sincs a jövő formálására,
- nyomatékosan hangoztassuk a műszaki- és természettudományok szerepét az új értékek létrehozásában és a meglevő értékek megőrzésében, biztonságának megítélésében,
- aktívan járuljunk hozzá az új értéket előállító közösség tagjainak a társadalmi rétegződésben is tükröződő helye megteremtésében,
- különös hangsúlyt fektessünk a szakmai tudás fontosságának hangoztatására és aktívan vállaljunk részt a szakmai képzések megszervezésében oktatási intézményeinkkel közösen.

Biztosan van olyan olvasónk, aki a felsorolást nézve azonnal rákérdezne: „nem túlzottak-e a felsorolt célok”? Van olyan is, aki „rákontráz” és folytatja az előző mondatot: „pláne egy évente négy alkalommal megjelenő szűk szakmai folyóiratnál”. Bizton állíthatom, hogy a célok reálisak. Csupán nyitni kell, és helyt kell adni az egyes lapszámokban a megfogalt célkitűzésekhez kötődő témaköröknek. Erre folyamatosan törekszünk egyrészt a szerkesztői csapat nemzetközössítésével, új témakörök, rovatok indításával, nemzetközi projektek eredményeinek bemutatásával, ipartörténeti közlemények megjelentetésével, szakmérnöki kurzusok szervezésében való részvétellel, a vélemények társadalmasításával, hazai és nemzetközi konferenciák tapasztalatainak bemutatásával. A felsorolást itt is folytathatnám, de e lapszámomban inkább köszönetet mondok a rovatvezetőknek, Laczik Bálintnak, Fodor Olivérnek és Skopál Istvánnak, akik nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy a nyitottság mellett olyan területek is megjelenjenek a lapban, amelyet a Tisztelt Olvasó a lapot kézbe véve nem lapozgat, hanem céltudatosan keres. Külön köszönet a Szerzőknek, hiszen munkájuk nélkül nincs mit közölni!

A Szerkesztő Bizottság minden tagja sok sikert és kellemes élményeket kíván a soron következő RAKK rendezvény minden résztvevőjének azzal a megjegyzéssel, hogy a következő lapszámunkban a legélvezetesebb előadások írásos változatát olvashatják!

Tóth László
felelős szerkesztő

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

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)
Dr. Dudra Judit (főszerkesztő)
Erdei Réka (digitális szerkesztő)

Hazai szerkesztőbizottsági tagok:

Dr. Divós Ferenc
Fodor Olivér
Kecskés Péter
Dr. Koncsik Zsuzsanna
Dr. Laczik Bálint
Lutor Attila
Dr. Mankovits Tamás
Skopál István
Spisák Bernadett
Szűcs Pál

Nemzetközi szerkesztőbizottsági tagok:

Dr. Bitay Enikő (Románia)
Dr. Djorde Dobi (Szerbia)
Dr. Dusza János (Szlovákia)
Dr. Kristián Máthi (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



JEGYZET – NOTE

TÓTH László	3
Jegyzet	
Note	

ANYAG, ANYAGSZERKEZET – MATERIAL, MATERIAL STRUCTURE

FÜLÖP Fruzsina, MAROS BERKES Mária	6
TiBN és különböző DLC fedőréteges bevonatrendszerek tribológiai teljesítőképessége	
Tribological behaviour of TiBN and DLC top-layered coating systems	
HARTYÁNYI Máté, NAGY Roland, BARTHA László, PUSKÁS Sándor	13
Tenzidek emulgeáló hatásának meghatározására alkalmazott módszerek összehasonlító vizsgálata	
Comparative study of the methods to determine the emulsifying effect of surfactants	

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATOK – NON-DESTRUCTIVE TESTING

RÉGER Mihály, GÁTI József, HORVÁTH Richárd, FÁBIÁN Enikő Réka, OLÁH Ferenc, HUSZÁK Csenge, BUBONYI Tamás	17
Gáztömör nyomásos alumínium öntvény porozításának roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálata	
Porosity of gas-tight aluminum alloy die cast part – destructive and non-destructive examination	
KOMÁN Szabolcs, BALOGH Mátyás Zalán	25
Vasúti faaljak vizsgálata	
Examination of wood sleepers and bearers	

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS, ÉLETTARTAM GAZDÁLKODÁS - RELIABILITY ASSESSMENT, LYFE CYCLE MANAGEMENT

SZABÓ Barna	28
Kit illet meg az utolsó szó?	
Who should have the last word?	

HÍREK – NEWS

TÓTH László, TRAMPUS Péter, MANKOVITS Tamás	33
Szerkezetintegritási és roncsolásmentes vizsgáló szakmérnök képzése, II. évfolyam	
2nd Special Course on „Structural Integrity and Non-destructive Testing” has been finished	
SPISÁK Bernadett	36
IGF27 Konferencia beszámoló	
Report on IGF27 Conference	
ERDEI Réka	38
Workshop a fő szerkezeti elemek integritásának értékeléséről a leszerelt Bohunice V1 atomerőmű bevonásával	
Workshop on Integrity Assessment of Main Structural Components Using Decommissioned Bohunice V1-NPP	

PORTRÉ – PORTRAIT

TÓTH László	41
A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) elnökeinek portréja – Czekelius Aurél (1910-1914)	
Presidents of the Hungarian Association for Material Testing – Aurél Czekelius (1910-1914)	
TÓTH László	43
Beszélgetés Geréb Jánossal	
Interview with János Geréb	
HARGITTAI István	46
A feltaláló Szilárd Leó	
The inventor Leo Szilard	

ÉRDEKESSÉGEK – POINT OF INTEREST

MAJOR Zoltán Egy kiállítás (g)épei – gondolatok egy autóipari történeti kiállítás megtekintése után – Toyota Commemorative Museum of Industry and Technology, Nagoya Japán The machines of an exhibition – reflections after visiting a car history exhibition – Toyota Commemorative Museum of Industry and Technology, Nagoya Japan	48
DOBRÁNSZKY János Észrevételek az FKI és a VASKUT történetéhez Addition to the history of FKI and VASKUT	54
LACZIK Bálint Stevensonék tornyai Stevensons' lighthouses	57
TÓTH László Könyvismertetés: Egy nagy tudós gondolataiból idézhető Neumann János; Válogatta és szerkesztette Hargittai Balázs, Hargittai István Book review: Thoughts of a Great Scientist Quotable John von Neumann János; Compiled and Edited by Hargittai Balázs, Hargittai István	60
Keresztrejtvény - Crossword	62



Előfizetés megújítás! Még most sem késő!

Ne felejtse el

a meglévő előfizetését megújítani vagy
új előfizetését elindítani!

Írjon a marovisz@marovisz.hu email címre!



Tribological behaviour of TiBN and DLC top-layered coating systems

TiBN és különböző DLC fedőréteges bevonatrendszerek tribológiai teljesítőképessége

Fruzsina Fülöp^a, Maria Berkes Maros^b

^aInstitute of Materials Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Informatics, University of Miskolc, PhD student, fulop.fruzsina@uni-miskolc.hu

^bInstitute of Materials Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Informatics, University of Miskolc, full professor, maria.maros@uni-miskolc.hu

Kulcsszavak

DLC bevonat,
tribológia,
karctérkép,
TiBN bevonat,
kopásvizsgálat

Absztrakt

A hidegalakító szerszámok élettartama jelentősen növelhető tribológiai bevonatok alkalmazásával. Szerkezetüket és anyagukat az alkalmazástól függően választjuk meg, emellett teljesítőképességüket nagymértékben befolyásolja a terhelés típusa. Cikkünkben egyrétegű TiBN és különböző alátétréteges DLC bevonatokat vizsgáltunk kopásos és karcolásos igénybevételek között. A legjobb karcállóságot a TiBN, míg a legkedvezőbb kopásállóságot a DLC fedőréteges bevonatrendszerek mutatták. A közölt eredmények, a vizsgált bevonatok átfogó karcárosodás-mechanizmus térképével együtt, hasznos információt nyújtanak a szerszámbevonatok célszerű megválasztásához, a tribológiai teljesítőképesség optimalizálásához.

Keywords

Diamond-like carbon,
tribology,
scratch map,
TiBN coating,
wear test

Abstract

The application of different tribological coatings increases the lifetime of cold-forming tools. The structure and material of coatings are selected according to application, but their performance depends on the loading type. This paper investigates monolayer TiBN and different multilayer diamond-like carbon coating systems under wear and scratch-type tribological loading conditions. The best scratch resistance was shown by the single-layer TiBN, while the multilayer DLC coating systems provided the most favorable wear performance. The published results, with the tested coatings' comprehensive scratch damage mechanism map, provide useful information for the appropriate coating selection.

1. Introduction

Nowadays, automotive producers have increased pressure to simultaneously reduce costs, increase tool life, and pay attention to environmental regulations. One of the most effective methods for this is the surface treatment of cold-forming tools, especially the application of coatings with unique and tailored properties [1-4]. There are numerous methods to produce coatings, of which the so-called Plasma-Assisted Chemical Vapor Deposition (PACVD) is increasingly applied due to its advantages [5-7].

In terms of the composition and structure of coatings, multilayer coatings conquer broader applications [8-12], through which the favourable properties of the individual coating layers can be efficiently combined, providing better resistance to various damages and increasing their performance in a particular application field.

Using TiBN ceramic monolayer on the surface of the tools can significantly increase the hardness up to 3500–5000 HV (where HV is the Vickers hardness number) [13] and improve the abrasive wear resistance, thus increasing the service life [14].

During industrial application, these tools can also be exposed to highly corrosive circumstances, which can be efficiently reduced by the TiBN coatings [15]. Another advanced solution for increasing the wear resistance of tools is the application of multilayered Diamond-Like Carbon (DLC) coating systems, which are receiving increasing attention from industry professionals due to their unusually low $\mu=0.01-0.1$ friction coefficient achievable in different tribopairs [16].

These multilayer DLC coatings combine the benefits of the sp^2 and sp^3 bonds and depending on their ratio, the coatings' properties can be adjusted to a wide scale of requirements of different applications [17].

Diamond-like carbon coatings are widely used in electronics, tribology, and biomedical and optical

applications. Friction between the contact surfaces exposed to mechanical stress consumes a lot of invested energy and destroys the surfaces, for which problem the application of DLC coatings can be a good solution. Their advantages make them suitable for application in the automotive industry, such as the coatings of tappets, camshafts, finger roller followers, camshaft sprockets, piston rings, and pistons [18, 19].

Choosing the most suitable coating for a given application is essential to increase the tools' performance. The current paper aims at comparing the tribological performance of different ceramic coating systems widely applied for tools in the industry. The tribological behaviour is characterized under scratch and wear type loadings representing the most critical causes of tool failures. The most important questions the authors seek answers are the following.

1. Which coating is the best choice under scratch-type loading conditions?
2. Which coating performs best in ball-on-disk wear-type loadings?
3. Which coating characteristics have the most decisive role in terms of increasing the scratch and wear resistance of the studied tool steel?

2. Materials and methods

2.1 Test samples and substrate material

The substrate material of the tested specimens is an X210Cr12 (1.2080) cold work tool steel with the following characteristic constituents: 2wt% C, 0.25wt% Si, 0.35wt% Mn, 11.5wt% Cr, and the rest is Fe.

The excellent wear resistance and edge durability of this steel is provided by the high Cr and C content and the tempered martensitic microstructure, produced by hardening at 980°C for 30 min, cooling in nitrogen at $p=6$ bar pressure, and tempering at 350°C for 2 hours. The test specimens are $\varnothing 30 \times 6$ mm ground and polished discs.

2.2 Investigated coatings

During this research work, single-layer TiBN and different multilayer DLC top-coated systems, namely TiBN+DLC, TiAlN+DLC, and CrN+DLC, were compared with the uncoated reference material.

TiBN monolayer coating is produced using Plasma Enhanced Magnetron Sputtering (PEMS), i.e., a Physical Vapor Deposition (PVD) process, which provides excellent mechanical and tribological properties to the coatings [20].

A pre-heating is applied at 260 °C for 2h, followed by ion-etching at 280 °C for 30 min. The coating is produced by Ar⁺ ion bombarding a Ti+TiB target at T=260 °C for 2h in an active N atmosphere. The TiBN, TiAlN, and CrN sublayers for the investigated multilayer coatings were produced similarly.

The multilayer coatings have hydrogenated DLC top coatings produced by the PACVD process [21], having a cemented carbide (WC+Co) intermediate adhesion layer deposited by PVD, similar to the CrN sublayer. The layered architecture of the coating systems is seen in Figure 1.

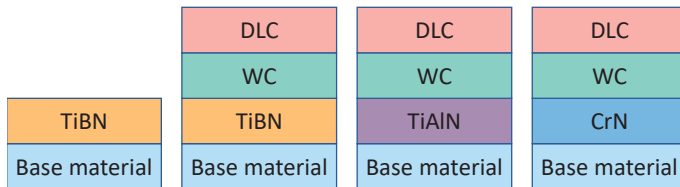


Figure 1. The layer architecture of the investigated coatings

2.3 Test procedures

The HV0.01 coatings' hardness and substrate hardness, i.e., the hardness of the uncoated samples, were measured by the microVickers test method (MITUTOYO MVK-H1), applying F=0.1 N normal load. The thickness of coatings was determined by the ball cratering method (Calotest) [22] (instrument: Anton Paar-Calotest Compact CAT2c). The test was accomplished by applying a Ø30 mm quenched steel ball as a wearing counterpart, a rotational speed of n=3000 1/min, and a wearing time of t=3 min.

The tribological behaviour of the different coating systems was characterized by ball-on-disc type wear tests and instrumented scratch tests.

The ball-on-disc tests were accomplished on a UNMT-1 multifunctional surface tester (producer: CETR– Center for Tribology, Incorporation), applying three different normal loads of F=5, 10, and 20 N, and sliding speed of 10 mm/s. The friction counterpart was a Ø6 mm SiC ball, and the wear track radius was R=3 mm, and the total sliding distance was 288 m. Measurements were performed in dry sliding conditions at room temperature, at a relative humidity of 50 %. Friction coefficient diagrams vs sliding distance were recorded by the test machine.

The specific wear rate was calculated according to Eq.(1):

$$k = \frac{V}{F \cdot L}, \quad (1)$$

where k is the specific wear rate [mm³/Nm]; V is the worn

volume [mm³]; F is the loading force [N], and L is the total sliding distance [m]. The worn volume was approximated by Eq. (2):

$$V = 2R\pi \cdot A = 2R\pi \cdot \left[\frac{\arcsin\left(\frac{t}{D}\right)}{360} \cdot \frac{1}{2} D^2 \pi - \left(\frac{t \cdot \sqrt{D^2 - t^2}}{4} \right) \right], \quad (2)$$

where V is the worn volume in mm³; A is the worn cross-section approximated by a spherical cup; R is the wear track radius in mm; t is the width of the wear track in mm; measured by optical microscopy (OM); and D is the diameter of the friction counterpart ball in mm.

The scratch tests in a progressive loading mode were accomplished on an instrumented scratch tester, type SP15 (Producer: Sunplant, Hungary). The normal load increased from 2 to 150 N, and the loading force gradient was 10 N/mm. The velocity of the sample holder table was 5 mm/min, and the total scratch length was 15 mm. The diameter of the craters created during the ball cratering method and the morphology of the wear tracks obtained during ball-on-disc tests, and the scratch grooves were investigated by optical microscopy (Zeiss Axio Observer D1m).

During the hardness test 5-5, in the case of the other tests, 3-3 valid measurements by tested material/coating have been accomplished.

3. Results and discussion

3.1 Hardness test

HV0.01 microVickers hardness was measured on both uncoated and coated specimens. The results are shown in Figure 2.

Compared to the uncoated samples, the TiBN coating possessed a two times greater hardness, while the hardness of the DLC top-layer of the multilayer coatings was almost four times greater and was independent of the dominant sub-layer.

It should be mentioned that the coating hardness measured with the applied normal loads represents the so-called composite hardness of the coated system, i.e. not of the hard coating alone. Using such hardness characteristic is purposeful since, on the one hand, a substrate-free coating hardness is very difficult to define.

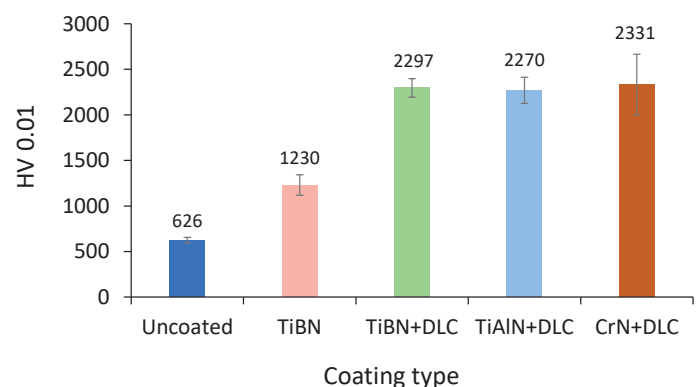


Figure 2. Surface hardness of the investigated samples (HV0.01)

On the other hand, the tribological behaviour of the coating systems depends on the composite hardness, which is defined by the substrate and coating system together [23, 24].

3.2 Layer thickness measurements by the ball cratering method

The layer thickness values for the monolayer TiBN and the multilayer coatings with DLC top layer are shown in Figure 3.

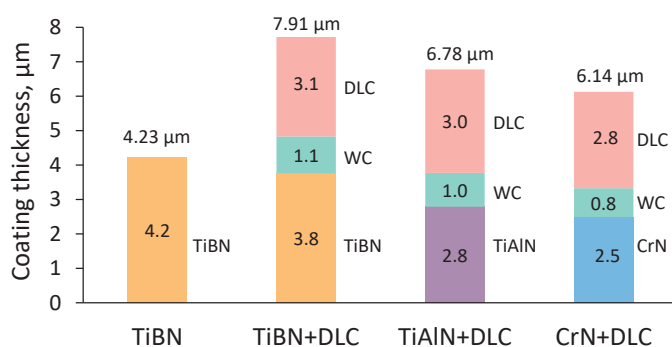


Figure 3. The thickness of the different layers of the tested coatings

The smallest (4.23 μm) layer thickness was observed for the single-layer TiBN coating, while the TiBN+DLC multilayer coating possessed the largest one (7.91 μm). The total thickness of the TiAlN+DLC and CrN+DLC multilayer coatings were similar, 6.78 μm and 6.14 μm, respectively. The thickness of the DLC top layers was closely identical (2.8 ÷ 3.1 μm) for the three multilayered coating systems.

3.3 Ball-on-disc wear tests

The wear tests were accomplished on the uncoated substrate, as a reference material, and on the TiBN, TiBN+DLC, TiAlN+DLC, and CrN+DLC coatings.

The characteristic friction coefficient curves obtained at $v = 10 \text{ mm/s}$ and $F = 20 \text{ N}$ loadings are illustrated in Figure 4. The curves provide information on the possible controlling wear mechanism, as follows. In the case of the uncoated substrate material, the friction coefficient stabilizes at the 120-200 m sliding distance. Then it shows a decreasing character, suggesting a tribofilm formation in the form of iron oxide compounds, characteristic for steels that provide lubrication during repeated sliding.

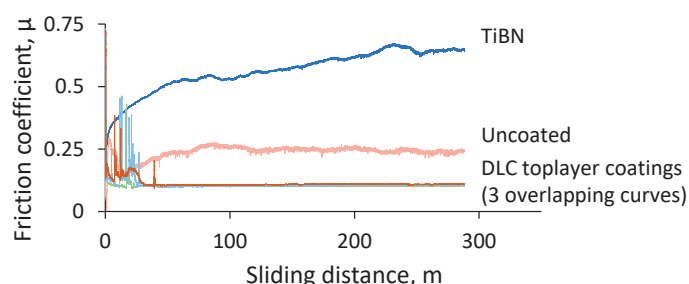


Figure 4. The friction coefficient curves obtained during ball-on-disc wear tests for the uncoated and differently coated systems ($v = 10 \text{ mm/s}$, $F = 20 \text{ N}$)

In the case of the TiBN coating, the stabilization of the friction coefficient occurs at much longer, i.e., at $s = 250 \text{ m}$ sliding distance, and the steady-state friction coefficient value ($\mu_{\text{steady}} = 0.6 \div 0.7$) is significantly higher compared to the uncoated reference samples. Due to the formation of hard debris particles originating from the coating, the dominant wear mechanism is three-body abrasive wear, due to which the coefficient of friction is high.

In contrast to the single TiBN monolayer, if using an additional DLC top-layer on it, i.e., in the case of the TiBN+DLC coating system, the stabilization occurs very early, at 30 m, and a much lower steady-state coefficient of friction, $\mu_{\text{steady}} = 0.1 \div 0.2$ is obtained that is common for DLC top-layers. This phenomenon is also observed for the curves of the other two DLC top-layered systems having different sub-layers. The curves for the three studied DLC multilayer systems appear as overlapping curves in the diagram. This very low coefficient of friction is about half and one-third of that of the uncoated state. Thus DLC top-coating may be advantageous to reduce the friction of the tool on this substrate material efficiently.

The steady-state friction coefficient values for the different loading conditions are presented in Table 1, reflecting that the monolayer TiBN coating showed less favourable friction behaviour than the uncoated reference material for all tested loading forces. The lowest μ value obtained in the case of the DLC top-layers and its loading force dependence is explained by the tribochemical wear, which happens for the hydrogenated DLC coatings in dry sliding friction at certain higher loading conditions, supposedly because the necessary activation energy of the tribochemical reactions is supplied by the increased loading force [25–28].

Table 1. The steady-state friction coefficient derived from the ball-on-disc test

Loading force, F [N]	Steady-state friction coefficient, μ_{steady}				
	Uncoated	TiBN	TiBN+DLC	TiAlN+DLC	CrN+DLC
5	0.29	0.6	0.2	0.2	0.2
10	0.05	0.7	0.1	0.1	0.1
20	0.26	0.6	0.1	0.1	0.1

For all multilayer DLC top-coating systems, the type of the supporting sub-layers did not significantly affect the friction behaviour of the coating system, being the DLC top-layer dominant in the friction behaviour under the given loadings. This fact is reflected by the integrity of the DLC coatings kept throughout the total sliding distance, as seen in Figure 5.

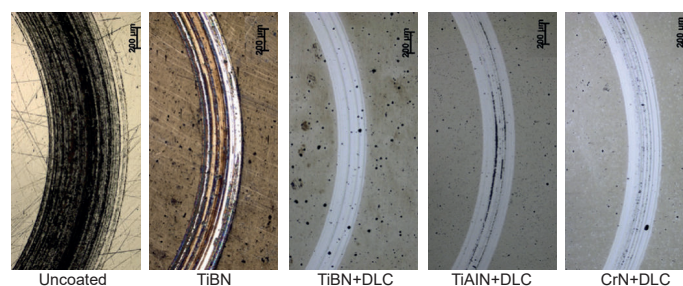


Figure 5. OM photos of the worn tracks on uncoated and coated samples ($v = 10 \text{ mm/s}$, $F = 20 \text{ N}$)

The width of the wear tracks, formed at identical loading conditions (at $v=10\text{ mm/s}$, $F=20\text{ N}$), were also measured in these optical microscopic images.

The worn cross section and the worn volume were then calculated by Eqs (1) and (2) and are illustrated in Fig. 6.

Based on the results, the uncoated specimen had the largest worn volume (14.6 mm^3), while the second largest one (5.6 mm^3), being an order of magnitude lower, was obtained for the TiBN monolayer.

The most wear-resistant coatings were the TiBN+DLC system, followed by the CrN+DLC and the TiAlN+DLC systems in the ranking (3.9, 4.6 and 4.5 mm^3 , respectively).

When evaluating these results, it is essential to consider that the total layer thickness of the TiBN+DLC coating was the largest one of that of all tested coating systems, while the thickness of the TiBN under-layer was also the largest one of that of the applied sub-layers. This condition can play an important role in the better wear resistance of these coatings. The reason for the non-uniform layer thicknesses is the generally used internal standards of the industrial producer, developed for the particular type of these coatings. The specific wear rate (k) changed analogously with the worn volume (Figure 6) that follows from its interpretation, given by Eq. (1).

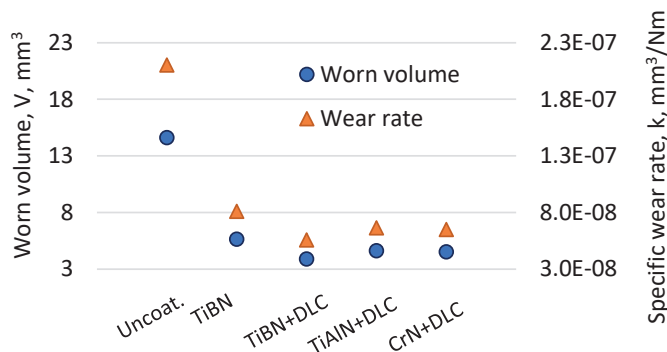


Figure 6. The worn volume and specific wear rate (ball-on-disc test, $v=10\text{ mm/s}$, $F=20\text{ N}$)

The calculated k values for the uncoated sample and the TiBN, TiBN+DLC, TiAlN+DLC and CrN+DLC systems were 21, 8.1, 5.6, 6.6 and $6.5 \cdot 10^{-8}\text{ mm}^3/\text{Nm}$.

3.4 Scratch test results

The most important findings were that the TiBN monolayer system and the DLC top-layered coating with TiBN under-layer operate with different scratch mechanisms. In the current study, completing the group of the DLC top-layered systems, the characteristic damage mechanisms for all of these multilayer coating systems were similar, as follows. Partial Tensile Cracking (PTC) and complete Tensile Cracking (CTC), Lateral Cracking (LC), Wedging Spallation (WS), and Total Delamination (TD), while in the case of the mono-layered TiBN coating Partial Recovery Spallation

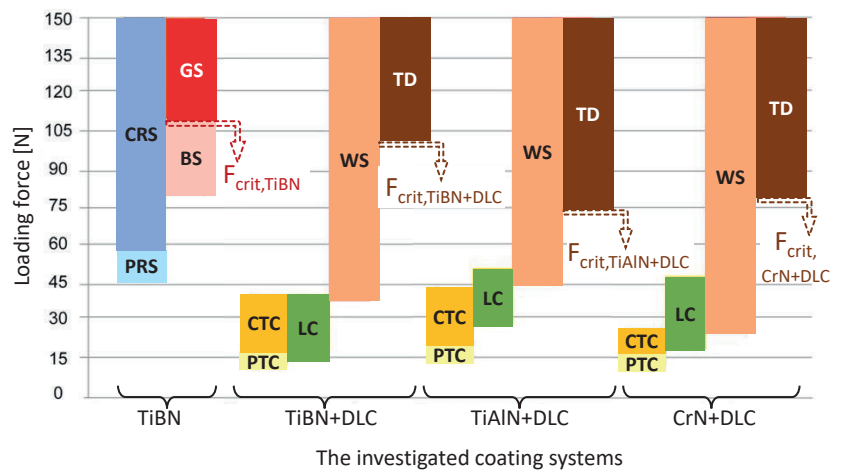


Figure 7. The scratch damage mechanism map of the investigated coatings

(PRS) and Complete Recovery Spallation (CRS) Buckling Spallation (BS), and Gross Spallation (GS) of the coating was found. These damage mechanisms and the associated critical and subcritical loads are summarized in the form of a scratch damage mechanism map (Figure 7). The damage mechanisms appearing at different subcritical and critical loads for the different coatings are represented by unified colours.

It is easily seen from the map that the monolayer TiBN and multilayer DLC top-coat systems represent two different groups of scratching behaviour characterized by different subcritical and critical damage mechanisms at different loadings. It is also clear that all tested DLC top-coat systems have identical failure mechanisms. The only difference for the DLC systems with different under-layers is the slight variation of the subcritical and critical loads.

Regarding all the tested tribosystems, the F_{crit} load – causing the total delamination or gross spallation of the coating – was the highest ($F_{\text{crit}}=109\text{ N}$) for the monolayer TiBN coating, while among the DLC top-coat systems, the most favourable case ($F_{\text{crit}}=101\text{ N}$) was realized by the one having the TiBN underlayer.

The weakest scratch resistance of all the tested coating systems was observed in the case of the DLC coating with CrN under-layer.

4. Discussion

For a comprehensive evaluation of these findings, test results are summarized in Figure 8, comparing the percentage change in hardness, coefficient of friction, and wear rate concerning that of the reference material while displaying the scratch test results numerically since these latter characteristics cannot be interpreted on the uncoated raw material.

Based on this overview chart, the following conclusions can be established:

The wear rate was lowered for each tested coating systems compared to the uncoated material. The decrease was 62% ÷ 73%. The wear rate was closely related to the surface hardness of the coatings. i.e., with increasing the hardness, the wear resistance was significantly improved.

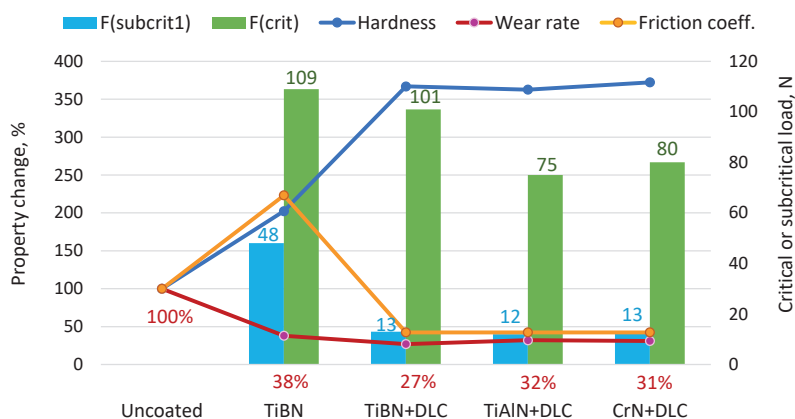


Figure 8. Results of tribological investigation of the different coated samples

The friction coefficient did not change analogously with the wear rate. For the monolayer TiBN, besides an improvement of the wear resistance (decreasing wear rate), a significant increase in the coefficient of friction was observed.

The lowest (0.1-0.2) steady-state friction coefficient was measured for the DLC top-coat systems, which are about one-third of that of the reference material (0.04-0.3) due to their tendency to a tribofilm formation, while for the TiBN monolayer coating, prone to abrasive wear, this value fell between 0.6-0.7, which was two times greater compared to the uncoated reference sample. This behaviour can be explained by the different controlling wear mechanisms of the TiBN monolayer coating, compared to that of the reference material and DLC top-coat systems, as mentioned above.

The wear resistance of the tested coatings didn't correlate with the scratch resistance. The monolayer TiBN had the best scratch resistance regarding the Fcrit and Fsubcrit forces but showed the lowest wear resistance among the tested coatings. In terms of the measured Fcrit and Fsubcrit values, this coating surpassed the multilayer DLC systems by 8-45% and 270-300%, respectively.

In contrast, the scratch resistance of DLC top-coated multilayer systems lagged far behind that of the monolayer TiBN while showing excellent wear resistance with a 16-29% lower wear rate than that of the TiBN monolayer system.

During scratching of the multilayer DLC top-coat systems having different sub-layer architecture, the subcritical events related to the initial failure of the DLC top-layer occurred at closely identical subcritical forces (12-13N), while a more expressed difference was found in terms of the critical loading force (75-101N), related to the final failure of the coating influenced by the characteristics of the under-layers.

It is important to mention that the accuracy of the reported material testing data is influenced by several external and internal factors characteristic of each type of measurement.

The detailed discussion of the type and effect of these factors exceeds the framework of the current paper. However, the statistical features defined for the different test results summarized

in Table 2. can help evaluate the reliability of the executed test procedures.

The repeatability of the different measurements can be characterized by the variation coefficient of the test data, which varied from 4.4 to 6.3% for the microVickers tests, and from 6.4 to 13.1% for the coating thickness values. Regarding the wear test characteristics, the range of the variation coefficient was 1.1... 5.6% for wear track width data, 0...10.8% for the friction coefficient values and 3.9... 21.8% for the wear rates obtained during the ball-on-disc wear testing. During progressive loading scratch testing, the variation coefficient of the critical force values changed between 6.0 and 20.1%

These values were characteristically the highest in the case of the CrN+DLC coating system, indicating a considerably higher inhomogeneity of the coating, especially in terms of the coating hardness, which directly affects the wear rate and scratch resistance. To increase the reliability of these tribological results, the influencing factors should be thoroughly analyzed and kept constant as much as possible.

5. Summary

Considering the objective of the publication, the literature data and the results of the performed tests, the following conclusions can be drawn.

1. The investigated PACVD DLC top-coated systems are the most favourable in terms of wear resistance

Table 2. Overview of the statistical features obtained for the different test data

Coating type	Hardness, HV0.01			Coating thickness, (Calotest) s, µm			Ball-on-disc wear test									Progr. loading scratch test		
							Width of the wear track, t, µm			Friction coefficient, (v=10 mm/s, F=20 N), µ, -			Wear rate, kx10 ⁻³ , mm ³ /Nm			Critical load, F _{crit} , N		
	Average	St. Dev.	Var. coeff., %	Average	St. Dev.	Var. coeff., %	Average	St. Dev.	Var. coeff., %	Average	St. Dev.	Var. coeff., %	Average	St. Dev.	Var. coeff., %	Average	St. Dev.	Var. coeff., %
Uncoated	626	30.7	4.9	-	-	-	788.0	39.0	5.0	0.26	0.01	3.70	21.0	3.1	14.7	-	-	-
TiBN	1230	50.5	5.0	4.2	0.4	8.9	378.0	7.0	1.9	0.58	0.07	10.77	8.1	0.3	3.9	109	6.5	6.0
TiBN+DLC	2297	101.2	4.4	7.9	0.5	6.4	267.0	15.0	5.6	0.11	0.01	5.25	5.6	0.7	11.7	101	13.1	12.9
TiAlN+DLC	2270	143.2	6.3	6.8	0.9	13.1	315.0	5.0	1.6	0.11	0.00	0.00	6.6	0.3	5.0	75	6.8	9.1
CrN+DLC	2331	334.1	14.3	6.1	0.5	7.4	308.0	3.0	1.1	0.11	0.00	0.00	6.5	1.4	21.8	80	16.1	20.1

characterized by the wear rate.

2. The best scratch resistance – represented by the highest critical force causing the coating delamination – was observed for the PEMS PVD monolayer TiBN coating.
3. Regarding the factors having the most decisive role in the wear and scratch resistance of the tested coatings, the following conclusions can be made.
 - 3.1. In terms of wear resistance, coating hardness, and dominant wear mechanism, the beneficial effect of tribochemical wear, characteristic of the DLC coatings, should be emphasized. The latter one, parallel with the friction coefficient, is controlled by the type of the top layer.
 - 3.2. The type of the applied sublayer slightly modified the wear resistance of the multilayer coatings having the same DLC top coating. The performance was the best applying a TiBN under-layer, while it was the weakest using the TiAlN sub-layer.
 - 3.3. Regarding scratch resistance, layer adhesion is the dominant factor, which was the most favourable for the monolayer TiBN coating.

Summarizing these results with attention to the appropriate coating selection, the most important findings of the research are as follows:

All tested ceramic coating systems improved the tribological performance compared to the uncoated state. In terms of wear resistance, the TiBN+DLC multilayered system, while regarding scratch resistance, the TiBN monolayer provides the best performance on the given quenched and tempered X210Cr12 steel substrate.

References

- [1] Fontaine, J., Donnet, C., Erdemir, A.: Fundamentals of the Tribology of DLC Coatings, Donnet C., Erdemir A. (eds) Tribology of Diamond-Like Carbon Films. Springer, Boston, MA, 2008 https://doi.org/10.1007/978-0-387-49891-1_5
- [2] Sedlaček, M., Podgornik, B., Vizintin, J.: Tribological properties of DLC coatings and comparison with test results, Materials Characterization, 59., 2008 <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2006.12.008>
- [3] Y. Li, Y., Zheng, G., Zhang, X., Cheng, X., Yang, X., Xu, R.: Cutting force, tool wear and surface roughness in high-speed milling of high-strength steel with coated tools, Journal of Mechanical Science and Technology, 2019 <https://doi.org/10.1007/s12206-019-1033-3>
- [4] Sousa, V. F. C., Silva, F. J. G.: Recent Advances on Coated Milling Tool Technology—A Comprehensive Review. Coatings, 10(3), 235, 2020 <https://doi.org/10.3390/coatings10030235>
- [5] Heim, D., Holler, F., Mitterer, C.: Hard coatings produced by PACVD applied to aluminium die casting, Surface and Coatings Technology, 116-119, 530–536. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(99\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(99)00104-8)
- [6] Das, S., Jana, S., De, D., Gangopadhyay, D., Mondal, A.: Low temperature growth of diamond-like nanocomposite films prepared by PACVD from Ar diluted siloxane plasma, Materials Research Express, 2019 <http://dx.doi.org/10.1088/2053-1591/ab4d80>
- [7] Grendayorov, A., S., Zhulkov, M. O., Solovyev, A. A., Oskomov, K. V., Semenov, V. S., Chernavsky, A. M., Sirota, D. A., Karmadonova, N. A., Malashchenko, V. V., Litvinova, L. S., Khazaikhamatova, O. G., Gazatova, N. D., Khlusov, I. A.: Surface characterization and biological assessment of corrosion-resistant a-C:H:SiO_x PACVD coating for Ti-6Al-4V alloy, Materials Science and Engineering, C, 123, 112002., 2021
- [8] Chang, Y. Y., Yang, Y. J., Weng, S. Y.: Effect of interlayer design on the mechanical properties of AlTiCrN and multilayered AlTiCrN/TiSiN hard coatings, Surface and Coatings Technology, 125637, 2020
- [9] Grigoriev, S., Vereschaka, A., Milovich, F., Sitnikov, N., Andreev, N., Bublikov, J., Sadov, I.: Investigation of the Properties of Ti-TiN-(Ti,Cr,Mo,Al)N Multilayered Composite Coating with Wear-Resistant Layer of Nanolayer Structure, Coatings, 10(12), 2020 <https://doi.org/10.3390/coatings10121236>
- [10] Yuan, Z., Guo, Y., Li, C., Liu, L., Yang, B., Song, H., Zhai, Z., Li, H., Staedler, T., Huang, N., Jiang, X.: New multilayered diamond/β-SiC composite architectures for high-performance hard coating, Materials & Design, 108207, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108207>
- [11] Shapoval, S., Spodyniuk, N., Datsko, O., Shapoval, P.: Research of efficiency of solar coating in the heat supply system, Pollack Periodica, Accepted manuscript, ISSN: 1788-3911, <https://akjournals.com/view/journals/606/aop/article-10.1556-606.2021.00420/article-10.1556-606.2021.00420.xml?body=pdf-23898>, 2021
- [12] Bozsaky, D.: Recent studies on thermodynamic processes in nano-ceramic thermal insulation coatings”, Pollack Periodica, 14(1), 107-116., 2019 <https://doi.org/10.1556/606.2019.14.1.11>
- [13] Son, M. J., Kang, S. S., Lee, E.-A., Kim, K. H.: Properties of TiBN coating on the tool steels by PECVD and its application, Journal of Materials Processing Technology, 130-131, 266–271, 2002 [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00748-3](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00748-3)
- [14] Kovačić, S., Cajner, F., Landek, D.: Wear Resistance of TiN/TiCN and TiN/TiBN Multilayer Coatings Applied on Hot Work Tool Steel, Key Engineering Materials, 674, 257–262., 2016 DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.674.257
- [15] Behrens, B.-A., Bach, F.-W., Moehwald, K., Deißer, T. A., Biströn, M.: Use of a TiBN Multilayer Coating for Wear Reduction, AIP Conference Proceedings, 2007 <https://doi.org/10.1063/1.2740949>
- [16] Mannan, A., Sabri, M. F. M., Kalam, M. A., Masjuki, H. H.: Tribological Properties of Steel/Steel, Steel/DLC and DLC/DLC Contacts in the Presence of Biodegradable Oil, Journal of the Japan Petroleum Institute, 62(1), 11–18., 2019 <http://hdl.handle.net/10453/161801>
- [17] Wei, Q., Narayan, J.: Superhard diamondlike carbon: preparation, theory, and properties, International Materials Reviews, 45(4), 133–164., 2000 <https://doi.org/10.1179/095066000101528340>
- [18] Zahid, R., Hassan, M. B. H., Varman, M., Mufti, R. A., Kalam, M. A., Zulkifli, N. W. B. M., Gulzar, M.: A Review on Effects of Lubricant Formulations on Tribological Performance and Boundary Lubrication Mechanisms of Non-Doped DLC/DLC Contacts, Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 42(4), 267–294., 2016 <https://doi.org/10.1080/10408436.2016.1186599>
- [19] Al Mahmud, K. A. H., Kalam, M. A., Masjuki, H. H., Mobarak, H. M., Zulkifli, N. W. M.: An updated overview of diamond-like carbon coating in tribology, Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 40(2), 90–118., 2014 <https://doi.org/10.1080/10408436.2014.940441>
- [20] El-Rahman, A. M. A., Wei, R.: A comparative study of conventional magnetron sputter deposited and plasma enhanced magnetron sputter deposited Ti-Si-C-N nanocomposite coatings, Surface

- and Coatings Technology, 241, pp74-79. 2014
- [21] Fülöp, F.: Hidegalakító szerszámacél különböző összetételű, PVD és PACVD eljárással készült kerámia bevonatrendszerének összehasonlító tribológiai vizsgálata, <http://midra.uni-miskolc.hu:80/?docId=38086>, 2021
- [22] DIN EN 1071-2 (2003): Advanced technical ceramics - Methods of test for ceramic coatings - Part 2: Determination of coating thickness by the crater grinding method, pp1-17.
- [23] Siddiqui, S. A.; Favaro, G.; Berkes Maros, M.: Investigation of the Damage Mechanism of CrN and Diamond-Like Carbon Coatings on Precipitation-Hardened and Duplex-Treated X42Cr13/W Tool Steel by 3D Scratch Testing, Journal of Materials Engineering and Performance, 31, 7830-7842., 2022 <https://doi.org/10.1007/s11665-022-06812-6>
- [24] Maros, M. B.; Siddiqui, S. A.: Tribological Study of Simply and Duplex-Coated CrN-X42Cr13 Tribosystems under Dry Sliding Wear and Progressive Loading Scratching, Ceramics, 5, 1084-1101., 2022 <https://doi.org/10.3390/ceramics5040077>
- [25] Yazawa, S., Minami, I., Prakash, B.: Reducing Friction and Wear of Tribological Systems through Hybrid Tribofilm Consisting of Coating and Lubricants, Lubricants, 2(2), pp90-112., 2014 <https://doi.org/10.3390/lubricants2020090>
- [26] Erdemir, A., Donnet, C.: Tribology of diamond-like carbon films: recent progress and future prospects, Journal of Physics D: Applied Physics, 39(18), R311-R327., 2006 DOI: 10.1088/0022-3727/39/18/R01
- [27] Charitidis, C., Koumoulos, E., Dragatogiannis, D.: Nanotribological Behavior of Carbon Based Thin Films: Friction and Lubricity Mechanisms at the Nanoscale, Lubricants, 1(2), pp22-47., 2013 <https://doi.org/10.3390/lubricants1020022>
- [28] Yang, L., Neville, A., Brown, A., Ransom, R., Morina, A.: Friction reduction mechanisms in boundary lubricated W-doped DLC coatings, Tribology International, 70, pp26-33, 2014 <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2013.09.020>



Előadások - Betekintő

Trampus Péter	Paradigmaváltás a roncsolásmentes vizsgálatban - úton az NDE 4.0 felé
Szávai Szabolcs, Dudra Judit, Erdei Réka	NDE 4.0 szerepe és lehetőségei
Tóth László, Trampus Péter, Mankovits Tamás	Szerkezetintegritási és roncsolásmentes vizsgálo szakmérnöki képzés
Török Béla, Rácz Árpád	Röntgensugaras roncsolásmentes módszerek alkalmazása régészeti leletek vizsgálatánál
Koroknai László, Dr. Pór Gábor, Szabados Ottó, Agócs Mihály, Molnár János, Kocsó Endre, Gárdonyi Gábor, Morvai Tibor, Csicsi Zsuzsanna	3D akusztikus mikroszkóp gépészeti és vezérlő szoftverének fejlesztése
Aleksandar Hiršl	APR vizsgálatok hőcserélő berendezéseken
Takács Csaba, Rózsahegy Péter	Gőzfejlesztő csövek vizsgálata APR eljárással
Geréb János	Az AE műszerezés evolúciója Magyarországon
Joó Gyula	Petrolkémiai alkalmazott tömörségvizsgálatok
Méhész István	Műszaki folyamatok tervezése a Petrolszolg Kft-nél
Mirjana Opačić, Aleksandar Sedmak, Gordana Bakić, Nenad Milošević, Nikola Milovanović	Application of advanced NDT methods to assess structural integrity of pressure vessel welded joints (Fejlesztett NDT módszerek alkalmazása nyomástartó edények hegesztett kötésein, szerkezeti integritásának felmérésében)
Samu Tamás, Bulla Péter Ágoston, Szabó Richárd	Vegyipari termelés támogatása NDT eszközökkel
Horváth Márk	Ipar 4.0 karbantartás roncsolásmentes eszközökkel (drónok, robotok, PTZ kamerák)
Homoki Ádám	Vasúti kerekek futófelületének ultrahangos vizsgálata
Magyar Katalin	Állapotalapú karbantartás és online gépdiaagnosztika jelentősége a fenntartható fejlődés tükrében (SDG irányelveknek való megfelelés)
Maloveczky Anna, Takács Sándor	Sprinkler rendszerben végbemenő biológiai korrózió sebességének becslése ultrahangos falvastagságmérés alapján
Mészáros István Attila, Berecz Tibor, Kemény Dávid	Korrózióálló acélban lezajló spinodális bomlási folyamat NDT vizsgálata
Windisch Márk, Maloveczky Anna, Rigó István, Veres Miklós, Dankházi Zoltán, Vida Ádám	Felületérősített Raman-spektroszkópiában alkalmazott, lézerrel létrehozott SERS-hordozó vizsgálata
Szabó József	Roncsolásmentes szabványosítás hírei
Tallósy Judit	Laboratóriumok akkreditálása a gyakorlatban
Szabó Tamás	Comet Mesofocus – A röntgen technológia új generációja
Pál Csaba	Nyomástartó berendezések időszakos szerkezeti vizsgálata komplex akusztikus emissziós mérésekkel
Dénesné Wiegand Krisztina	Brexit és az UKCA jel
Szűcs Pál	MSZ EN ISO 9712:2022, ami az anyagvizsgálókra vonatkozik
Ralph Giese	Digitális radiográfia az új 9712 tükrében
Fücsök Ferenc	A MAROVISZ jártassági vizsgálatok tapasztalatai és jövője
Ralf Zeiberts	Repedések előjelzése röntgenfluorográfiával
Benedek Béla	Röntgenscövek fókuszfolt mérése digitális technikával
Horváth Márk	Roncsolásmentes minőség ellenőrző eszközök a gyártási folyamatokban (Ultrahang, videó endoszkóp és érintés alapú ellenőrzések és mérések)

Tenzidek emulgeáló hatásának meghatározására alkalmazott módszerek összehasonlító vizsgálata

Comparative study of the methods to determine the emulsifying effect of surfactants

Hartyányi Máté^a, Nagy Roland^b, Bartha László^c, Puskás Sándor^d

^aPannon Egyetem, PhD hallgató, hartyanyi.mate@mk.uni-pannon.hu

^bPannon Egyetem, tudományos főmunkatárs, nagy.roland.dr@almos.uni-pannon.hu

^cPannon Egyetem, Professzor Emeritus, bartha.laszlo@almos.uni-pannon.hu

^dMOL Nyrt, EOR főmérnök, puskas@mol.hu

Kulcsszavak

EOR,
tenzidek,
emulgeáló hatás,
módszerek

Absztrakt

A vegyipari technológiákban és az olajiparban sokszor találkozhatunk emulziókkal. Az emulziót alkotó fázisok rendszerint normál körülmények között egymással nem elegyednek, ezért az emulziós fázis stabilizálásához felületaktív anyagokra van szükség. Ezen felületaktív anyagok minősítésére és vizsgálatára alkalmas módszer lehet az emulgeáló hatás vizsgálata, amit hagyományosan rázóhengeres kézi módszerrel végeznek. Munkánk során a harmadlagos kőolaj kitermelésben alkalmazott tenzidek fejlesztésénél használt rázóhengeres emulgeáló hatásvizsgálat adatait egy szabványosított vizsgálati eljárás elvégzésére alkalmas félautomata vizsgálati módszerrel mért adatokkal hasonlítottuk össze.

Keywords

EOR,
surfactants,
emulsification effect,
methods

Abstract

Emulsions are often used in chemical technologies and in the oil industry. The phases that make up an emulsion do not usually mix under normal conditions, so surfactants are needed to stabilise the emulsion phase. A suitable method for qualifying and testing these surfactants may be the emulsification effect test, which is traditionally performed by manual bottle test methods of mixing the phases. In our work, we compared the traditional emulsification by bottle test used in the development of surfactants for enhanced oil recovery with a semi-automated test method could be more suitable for standardised testing methods.

1. Bevezetés

Emulzióknak az olyan rendszereket nevezzük, amelyek legalább két egymással nem elegyedő fázisból állnak. Ezek közül az egyik apró cseppek formájában oszlik el a másik, folytonos fázisban. Ilyen diszperz rendszerek alkalmazásával ötvözhető az egymással nem elegyedő fázisok előnyös tulajdonságai, ami nagymértékben hozzájárul széleskörű alkalmazásukhoz. A vegyipari technológiákban és a mindennapokban sokszor találkozhatunk emulziókkal. A leggyakrabban a kozmetikumok, gyógyszerek, festékek és élelmiszerek előállításánál fordulnak elő, azonban a kőolajiparban és még számos egyéb iparágban is megtalálhatók ilyen rendszerek [1]. Az olajipari emulziók két nagy csoportja különböztethető meg. Ezek az ún. kívánatos és nemkívánatos emulziók. Utóbbi esetben a kőolajtermelés vagy feldolgozás során keletkező emulziók károsak a berendezések üzemmenetére vagy a céltermékekre. Ezek előfordulása esetén a feldolgozás és vizsgálatok célja a fázisok szeparációja. Ezzel ellentétben, amikor kívánatos a jelenlétük, akkor az emulzióképzés a cél [2]. Ilyenek például a bitumen emulziók, nehézőolaj csővezetési emulziók, emulziós üzemanyagok, a kútfúrásnál alkalmazott fúróiszapok, vagy a harmadlagos kőolaj kitermelésben in-situ előállított kőolaj emulziók [3].

Az emulziót alkotó fázisok normál körülmények között rendszerint egymással nem elegyednek, ezért a stabilizálásához felületaktív anyagokra van szükség. Az emulziók stabilitását és azok minőségét a részben a fázisok szétválási folyamatai határozzák meg. Ezek a következők: felúszás (ülepedés), koaguláció, flokkuláció és aggregáció [4]. Ezen folyamatok végbemenetelét és sebességét a környezeti körülmények (pl. hőmérséklet, nyomás stb.), az alkalmazott fázisok tulajdonságai, az alkalmazott felületaktív anyagok és az előállításakor befektetett energia határozza meg [5].

Az ipari alkalmazásokban az emulziók és az emulgeáló hatás vizsgálatának célját tekintve a vizsgálatok módja különbözhet. Ha az emulgeáló hatás vizsgálatának célja a gyártás ellenőrzése, akkor a felhasznált anyagok és az előállítás módja állandó és sok esetben a vizsgálatok szabványosítottak. Abban az esetben, ha kutatás-fejlesztésben alkalmazzák ezen vizsgálatot, akkor a cél lehet a folytonos és diszperz fázisok alkalmazhatóságának vizsgálata, az alkalmazott felületaktív anyagok és egyéb segédanyagok fejlesztése, vagy az előállítás módjának optimalizálása. Ezen esetekben a vizsgálati módszerek nem, vagy csak ritkán szabványosítottak, azonban fontos a vizsgált paraméteren kívül a többi változó változatlanságát biztosítani a vizsgálati eredmények összehasonlíthatósága miatt.

A harmadlagos kőolaj kitermelésben alkalmazott tenzidek szelekciós vizsgálatára világszerte előszeretettel alkalmazott módszer az emulgeáló hatás vizsgálata. Ezen vizsgálatok alapjai hasonlóak, azonban kisebb eltérések vannak a fázisok homogenizálása, vagy a vizsgálati idő hosszát tekintve [6-8].

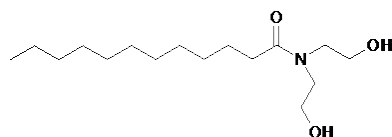
Célunk a harmadlagos kőolaj kitermelésben a tenzidek és kőolajipari adalékok fejlesztésére alkalmazott hagyományos, rázóhengeres kézzel végzett emulgeáló hatás vizsgálati módszer összehasonlítása a szabványosított vizsgálati módszerek elvégzésére alkalmas félautomata vizsgálati eljárással.

2. Felhasznált anyagok

Vizsgálataink során az algyői kőolajmező réteghőmérsékleteit vettük alapul. A réteghőmérséklet 98 °C, azonban laboratóriumi körülmények között ezen a hőmérsékleten a vizsgálatok kivitelezése nem lehetséges, ennek következtében méréseinket 80 °C hőmérsékleten végeztük el.

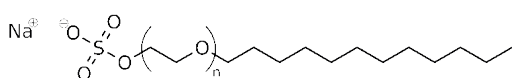
2.1 Felhasznált tenzidek és tenzidkompozíció

A vizsgálatokhoz anionos és nemionos tenzideket, valamint ezekből készített tenzidkompozíciót használtunk. Nemionos tenzidként a kókuszszírsav-dietanolamint (Coco-DEA) választottuk (1. ábra).



1. ábra: Kókuszszírsav-dietanolamin reakciótermék molekulaszervezete

Anionos tenzidként a nátrium-lauriléterszulfátot (SLES) használtuk. Ennek molekulaszervezetét a 2. ábrán mutatjuk be.



2. ábra: Nátrium-lauriléterszulfát molekulaszervezete
 $n_{\text{átlag}} = 2,5$

A felhasznált tenzidek fontosabb tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat: Felhasznált tenzidek fontosabb tulajdonságai

Tenzid jelölése	Coco-DEA	SLES
Típus	nemionos	anionos
Fő komponens	kókuszszírsav-dietanolamin	Nátrium-lauriléterszulfát
HLB érték	13,5	40
Hatóanyag tartalom	85%	70%
Küllem	sárgás, viszkózus folyadék	fehér paszta
Gyártó	Croda	EMAL
CAS szám	68603-42-9	151-21-3

A vizsgálatokhoz tenzidkompozícióként a Coco-DEA és SLES jelölésű tenzidek 1:1 tömegarányú elegyét használtuk. A tenzidoldat készítése során a kimért tenzideket 15 g/l hatóanyag koncentrációban oldottuk fel a rétegvízben.

2.2 Felhasznált kőolaj

A vizsgálatok elvégzéséhez az algyői kőolajmező kőolaját használtuk fel, amelynek fontosabb tulajdonságait a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat: Felhasznált kőolaj fontosabb tulajdonságai

Tulajdonság	Érték
Sűrűség, g/cm ³ (d _{25,4})	0,8242
API sűrűség	38,7
DV, mPas (25 °C)	45,0
KV, mm ² /s (25 °C)	51,5
Kw (Watson féle karakterizáló tényező)	12,8
Kőolaj karakter	Paraffinos

A felhasznált kőolaj tulajdonságait tekintve könnyű paraffinos jellegű kőolajnak tekinthető.

2.3 Felhasznált rétegvíz

A vizsgálatokhoz használt rétegvizet szintetikusan állítottuk elő a kísérletek elvégzése előtt. A rétegvíz elkészítéséhez felhasznált sók mennyiségét a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat: A szintetikus rétegvíz elkészítéséhez felhasznált sók

Felhasznált só	Koncentráció, g/l
NaCl	0,5
CaCl ₂	0,2
NaHCO ₃	2,6
CH ₃ COONa	2,6
Összes sótartalom	5,9

A szintetikus rétegvíz összetételének alapjául az algyői kőolajmező rétegvize szolgált. A rétegvíz elkészítéséhez analitikai tisztaságú kristályvizmentes sókat használtunk, melyeket először egyesével oldottunk desztillált vízben és az oldódást követően elegyítettük az elkészült sóoldatokat. Elsőként a nátriumsók oldatait, majd végül a kalcium sókét állítottuk elő. Az elkészített oldatot azonnal felhasználtuk.

3. Vizsgálati módszerek

Az emulgeáló hatás mérése az olajos és vizes fázisok (tenzid oldat) elegyítésével történt. A vizsgálathoz a két fázis előre meghatározott mennyiségének bemérésére van szükség. Az EOR célú tenzidek vizsgálatánál a két fázis térfogataránya általában 50-50 %. Vizsgálatainkhoz mi is ezt a fázisarányt választottuk. A fázisok bemérése után azok elegyítése következik. Ennek módja az egyes vizsgálati módszerektől függően változhat. A homogenizálást követően a vizsgált kőolaj/víz rendszerben jelenlevő fázisok meghatározása az ülepedési idő eltelte után történik. Méréseink során az ülepedési idő egy óra volt. Vizsgálatainkat 80 °C hőmérsékleten végeztük.

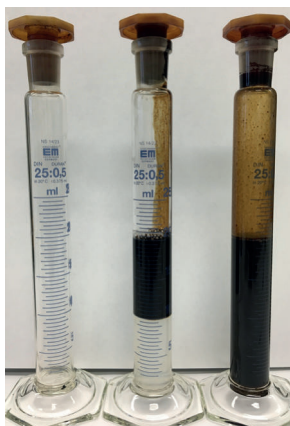
3.1 Emulgeáló hatás vizsgálata rázóhengeres kézi módszerrel

A rázóhengeres kézi módszerrel végzett emulgeáló hatás vizsgálathoz 25 ml névleges térfogatú rázóhengert használtunk. A vizsgált fázisok szükséges mennyiségének kimérése ebbe történt. A vizsgálathoz összesen 20 ml minta szükséges. 50-50 % térfogatarányú minták esetén ez 10 ml olajos és 10 ml vizes fázist jelent [9]. A vizsgálatokhoz használt rázóhengerek a 3. ábrán láthatók.

A fázisok homogenizálását a rázóhengerek lezárása után, azok 30 alkalommal való megfordításával végeztük. A homogenizálást követően a minták temperálására szárítoszekrényt alkalmaztunk. A vizsgálati idő letelte után az egyes fázisok meghatározása szemrevételezéssel történt [9].

3.2 Emulgeáló hatás vizsgálata automatizált módszerrel

Az automata készülékkel végzett vizsgálati módszer esetén a vizsgálatokhoz 100 ml névleges térfogatú vizsgáló hengert használtunk. Az egyes fázisokat ebbe mértük be.



3. ábra: Rázóhengeres kézi módszerrel végzett emulgeáló hatáshoz használt rázóhengerek
a) minta bemérése előtt (baloldalon);
b) minta bemérése után (középen);
c) homogenizálás után (jobboldalon)

Ezen vizsgálati módszer esetén a teljes mintaigny 80 ml, ami 50-50 % térfogatarányú minták esetén 40-40 ml olajos és vizes fázist jelent. Az automata módszerrel végzett emulgeáló hatás vizsgálatokhoz használt készülék a 4. ábrán látható [10].



4. ábra: Automatizált módszerrel végzett emulgeáló hatás vizsgálatához használt készülék

Az olajos és vizes fázis bemérését követően a mintatartót a készülékbe helyeztük. A készülék a mintát vízfürdőben temperálja és a beállított hőmérséklet elérése után az előre megírt program alapján elvégzi a fázisok homogenizálását. Az elegyítés lapátkeverők segítségével a megadott keverési sebességgel és keverési idővel történt. Vizsgálatok során 1500 fordulat/perc keverési sebességet és 30 másodperc keverési időt alkalmaztunk. A vizsgálati idő elteltével a készülék kamerafelvételt készít a mintáról és a felvétel alapján a számítógép meghatározza a fázisok mennyiségét, illetve szükség esetén operátori felülírás is lehetséges [10].

3.3 Módszerek és eredményeik összehasonlítása

A kétféle módszer összehasonlítását a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat: A módszerek összehasonlítása [9, 11]

Összehasonlítási szempont	Rázóhengeres kézi módszer	Automatizált módszer
Berendezés igény	Rázóhenger és szárítószekrény	Emulgeáló berendezés
Mintaigény összesen	25 ml	80 ml
Temperálás	Szárítószekrényben homogenizálás után	Vízfürdőben homogenizálás előtt
Homogenizálás módja	Kézzel	Automata módon, lapátkeverővel
Eredmények kiértékelése	Szemrevételezéssel	Fénykép alapján, automata módon vagy operátori beavatkozással
Maximális vizsgálat egyidejűleg	Szárítószekrény és munkaerő kapacitásától függ	6 minta/készülék
Ismételhetőség (szakirodalmi)	10 %	5 %

Az automatizált módszer ismételhetősége alapján megbízhatóbb, aminek egyik oka, hogy a keverés intenzitása nem függ a vizsgálatot végző személytől, valamint, hogy a minták keverés előtti temperálása miatt a vizsgálati hőmérséklet pontosabb. Azonban hátránya, hogy egy berendezéssel kevesebb minta vizsgálható párhuzamosan és a vizsgálatokhoz szükséges minta igény is több.

4. Eredmények

Elsőként a módszerek ismételhetőségét Coco-DEA jelű tenzid esetén vizsgáltuk meg. Az eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze.

5. táblázat: A módszerek ismételhetőségének vizsgálata

Mérés sorszáma	Emulziós fázis térfogataránya rázóhengeres kézi módszerrel, %	Emulziós fázis térfogataránya automatizált módszerrel, %
1	57,5	99
2	52,5	100
3	60	98
4	63	99
5	62	97
Átlag	59	98,6
Szórás	4,20	1,14
RSD%	7,11	1,16

A két módszer közül az RSD% (relatív szórás) érték alapján az automata módszerrel végzett vizsgálatok a megbízhatóbbak az elvégzett vizsgálatok alapján.

A vizsgálatokat végrehajtottuk a többi tenzid alkalmazásával is. A rázóhengere kézi módszerrel végzett emulgeáló hatásvizsgálatok eredményeit a 6. táblázatban foglaltuk össze.

6. táblázat: Rázóhengeres kézi módszerrel végzett emulgeáló hatás eredmények

Alkalmazott tenzid	Coco-DEA	LES	Coco-DEA és LES elegye
Olajos fázis, tf%	0	0	5
Emulziós fázis, tf%	59	53	47,5
Vizes fázis, tf%	41	47	47,5

A rázóhengeres kézi módszerrel végzett emulgeáló hatás vizsgálata során az egyedi tenzidek alkalmazása esetén olajos fázist nem tapasztaltunk, csak vizes és emulziós fázisokat. A két tenzid elegyének alkalmazása esetén viszont mind a három fázis jelenlétét tapasztaltuk. Az automatizált módszerrel végzett vizsgálatok eredményeit a 7. táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat: Automatizált módszerrel végzett emulgeáló hatás eredmények

Alkalmazott tenzid	Coco-DEA	LES	Coco-DEA és LES elegye
Olajos fázis, tf%	1	0	0
Emulziós fázis, tf%	99	56	66
Vizes fázis, tf%	0	44	34

Az automatizált módszerrel végzett emulgeáló hatás vizsgálata esetén a Coco-DEA jelű esetén olajos és emulziós fázist, a másik két esetben vizes és emulziós fázist tapasztaltunk.

A két módszer eredményeit összehasonlítva jelentős eltérést tapasztaltunk. A különbség megmutatkozott egyrészt a jelenlevő fázisok számában, ami minőségi különbségre enged következtetni, és a fázisok térfogatarányában is, ami mennyiségi különbséget is jelent az emulzióban.

5. Összefoglalás

Munkánk során a harmadlagos kőolaj kitermelésben használt tenzidek vizsgálatánál alkalmazott rázóhengeres kézi emulgeáló hatásvizsgálati módszert hasonlítottuk össze egy szabványosított mérés elvégzésére alkalmas automatizált vizsgálati módszerrel. Ellenőriztük a mérések ismételhetőségét kőolaj-szintetikus rétegvíz rendszer használata esetén. Továbbá megvizsgáltuk az emulgeáló hatást különböző tenzidekkel és egy tenzidkompozícióval. A vizsgálataink során arra a következtetésre jutottunk, hogy a két módszerrel mért eredmények között jelentős eltérés van, aminek oka az emulzió létrehozásakor alkalmazott keverés intenzitása és időtartama közti különbség. Az automata berendezéssel végzett vizsgálatok esetén az ismételhetőség jobb, amit a szakirodalom alapján a várakozások és a mérési eredményeink is alátámasztottak. Ezek alapján a két különböző módszerrel mért emulgeáló hatásjellemzők eredményei nem hasonlíthatók össze, azokat külön kell kezelni.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- [1] Binks, P. B.: Modern Aspects of Emulsion Science (1st ed., pp 1-55). The Royal Society of Chemistry, 1998 ISBN 0-85404-439-6
- [2] Schram, L. L.: Emulsions Fundamentals and Applications in Petroleum industry (1st ed.). American Chemical Society, 1992 ISBN 0-8412-2006-9
- [3] Abubakar, A. U., Ismail, B. M. S., Aliyu A. S., Rashidah B. M. P.: A review of petroleum emulsions and recent progress on water-in-crude oil emulsions stabilized by natural surfactants and solids. Journal of Petroleum Science and Engineering, 165, 2018, pp. 673–690. doi:10.2118/77497-pa
- [4] Kokal, S. L.: Crude Oil Emulsions: A State-Of-The-Art Review. SPE Production & Facilities, 20(01), 2005, pp. 5–13. doi: https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.03.014
- [5] Schramm, L. L.: Emulsions, foams, and suspensions: fundamentals and applications (1st ed.). John Wiley & Sons, 2006 ISSN 978-3-527-30743-2.
- [6] Puerto, M., Hirasaki, G. J., Miller, C. A., Barnes, J. R.: Surfactant systems for EOR in high-temperature, high-salinity environments. SPE journal, 17(01), 2012, pp. 11-19 doi: 10.2118/129675-PA
- [7] Kang, W., Sarsenbekuly, B., Turtabayev, S., Yang, H., Zhu, T., Aidarova, S., Issakhov, M.: Study on the influence of emulsification property of functional polymers on enhanced oil recovery and its mechanism. Journal of Petroleum Science and Engineering, 185, 2020, pp. 106627 doi: 10.1016/j.petrol.2019.106627
- [8] Luan, H., Zhou, Z., Xu, C., Bai, L., Wang, X., Han, L., ... & Li, G.: Study on the Synergistic Effects between Petroleum Sulfonate and a Nonionic-Anionic Surfactant for Enhanced Oil Recovery. Energies, 15(3), 2022, pp. 1177 doi: 10.3390/en15031177
- [9] Nagy, R., Sallai, R., Bartha, L., Vágó, Á.: Selection method of surfactants for chemical enhanced oil recovery. Advances in Chemical Engineering and Science, 5(02), 2015, pp. 121 doi: 10.4236/aces.2015.52013
- [10] Hartyányi, M., Nagy, R., Bartha, L., Puskás, S.: Kókuszszírsav-dietanolamid emulgeáló hatásának vizsgálata a keverés intenzitásának függvényében kőolaj-rétegvíz rendszer esetén. Műszaki Szemle, 78, 2021, pp. 16-22. ISSN 2458-0201
- [11] GreenLab: Automated Demulsibility Tester. https://greenlab.hu/admin/data/file/20180122/gl-adem-eng_2018-01.pdf (2022.08.25.)

Gáztömör nyomásos alumínium öntvény porozitásának roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálata

Porosity of gas-tight aluminum alloy die cast part – destructive and non-destructive examination

Réger Mihály^a, Gáti József^b, Horváth Richárd^c, Fábrián Enikő Réka^d,
Oláh Ferenc^e, Huszák Csenge^f, Bubonyi Tamás^g

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

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

^d egyetemi docens, fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu; ^e tanársegéd, olah.ferenc@bgk.uni-obuda.hu; ^f intézeti mérnök huszak.csenge@bgk.uni-obuda.hu

^g Miskolci Egyetem, Fémtechnológiai és Nanotechnológiai Intézet, tudományos segédmunkatárs, fembubo@uni-miskolc.hu

Kulcsszavak

alumíniumöntvény,
nyomásos öntés,
gáztömörégi követelmény,
porozitás,
impregnálás,
computer tomográfia,
metallográfia,
UV megvilágítás,
scanning elektronmikroszkóp

Absztrakt

A nyomásos alumíniumöntvények minőségét a porozitás alapvetően meghatározza. A porozitási szint és a porozitási üregrendszer jellemzése roncsolásmentes módon computer tomográfias eljárással, roncsolásos úton metallográfiai módszerrel lehetséges. A tanulmány egy gáztömör minőségű, impregnált állapotú öntvény szivárgás szempontjából kritikus térfogatrészen computer tomográfias és metallográfiai összehasonlító vizsgálatát részletezi. A megvizsgált síkmetszeteken a folytonossági hibák darabszáma átlagosan 10-11 hiba/mm², területaránya 1,3 %. Az összes hiba 3-5 %-a 100 µm-nél, 40-60 %-a 10 µm-nél nagyobb egyenértékű átmérővel rendelkezik. Az impregnálás eredménye metallográfiai csiszolatokon optikai mikroszkóppal UV fény alatt vizsgálható. Az optikai mikroszkópos vizsgálat alapján az impregnáló gyantával kitöltött üregek területaránya mintegy 50 %, de a telítetlen üregek darabszám aránya ennél lényegesen magasabb. A scannig elektronmikroszkópos vizsgálatok eredménye azt igazolta, hogy az összetett geometriájú üregrendszer néhány elemét csak részben tölti ki az impregnáló gyanta. Mivel az optikai mikroszkóppal készített nagy felbontású metallográfiai makrofotó és ugyanazt a sítot bemutató computer tomográfias (mikro CT) felvétel összehasonlítása lehetőséget ad a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati eredmények együttes elemzésére, ezért ebben a cikkben részletesen ismertetésre kerül a kiválasztott alkatrész CT és optikai mikroszkóppal történt vizsgálatának eredménye, valamint a két módszer használhatósága és korlátja.

Keywords

aluminum alloy,
die casting,
gas-tightness requirement,
porosity, impregnation,
computed tomography,
metallography,
UV illumination,
scanning electron microscope

Abstract

The quality of aluminum alloy die-cast parts is essentially determined by porosity. The characterization of the porosity level and of the porosity cavity system is possible by non-destructive computed tomography and by destructive metallographic examination. This paper details a comparative study of the critical volume fraction of an impregnated gas-tight quality cast by computed tomography and metallography. The average number of discontinuity defects in the investigated plane sections is 10-11 defects/mm², with an area ratio of 1.3 %. 3-5 % of all defects are of equivalent diameter greater than 100 µm, and 40-60 % are greater than 10 µm. The result of the impregnation process can be examined by UV light on metallographic specimen. Optical microscopy under UV illumination shows that the area fraction of cavities filled with impregnation resin is about 50 %, but the proportion of unfilled cavities is significantly higher. The results of scanning electron microscopy confirmed that some elements of the complex geometry of the cavity system are only partially filled with impregnation resin. Since the comparison of a high-resolution metallographic macro-photograph taken with an optical microscope and a CT image of the same plane provides an opportunity to analyse the results of the destructive and non-destructive examination together, this paper will describe in detail the results of the CT and optical microscope examination of the selected part, as well as the usefulness and limitations of both methods.

1. Bevezetés

Az alumíniumöntvények kristályosodását mintegy 5-7 %-os zsugorodás kíséri. A kristályosodási térfogatváltozás, valamint a gáziporozitás és levegőbezáródás mértéke többféle nyomásos öntészeti eljárással kompenzálható (pl. olvadákezelés, utánnyomás, utánömörítés), melynek eredményeként egy minőségi öntvény porozitása 0,2-0,5 %-ra csökkenthető. Ha gáztömörség a követelmény, akkor általában ezen érték sem megengedhető. A porozitási üregek lezárására és a szivárgási folyamatok megakadályozására a műgyantával történő beitatás, az impregnálás alkalmazható. Az öntvényeket általában teljesen készremunkált állapotban impregnálják. A folyamat főbb lépései a következők: vákuumozás, műgyantába bemelegítés vákuum alatt, légköri nyomás alkalmazása az impregnáló gyanta folyadékfelszínén, üregkitöltés, kiemelés, mosás hideg vízzel, mosás forró vízzel, ez utóbbi közben megtörténik a gyanta kikeményedése is, 90-95 °C hőmérsékleten. A művelet többségében hatékony és üzembiztos technológia, de szivárgások ennek ellenére gyakran előfordulnak, ezért a gáztömörégi követelménnyel gyártott szerkezetek szerelősorán a szivárgó öntvények kiszűrésére héliumos szivárgásellenőrzést végeznek minden öntvényen.

Szivárgási jelenségek elsősorban a megmunkált

felületekhez kapcsolódóan tapasztalhatók, mivel az öntvény külső öntött felülete a belső zsugorodási üregrendszert általában gáztömören lezárja. (A bifilm oxidhártján keresztül történő szivárgási jelenséget ebben a tanulmányban nem vizsgáljuk). Az öntvény belsejében lévő – eredendően zárt üregrendszer – a megmunkálás során nyitott rendszerré válhat. A forgácsolással kimunkált furatok, menetek belső felületei elmentesíthetik a porozitási üregrendszerek nyomvonalait, melynek eredményeképpen a szivárgási folyamat gyakran a belső furatokon keresztül valósul meg.

Az impregnált öntvények szivárgásának feltételezhetően az az oka, hogy a bonyolult alakú, változó keresztmetszetű zsugorodási üregrendszer impregnálási hatékonysága korlátozott. Egy összetett geometriájú üregrendszer kis keresztmetszetű szakaszain keresztül mind a vákuumozás, mind a műgyantával való telítés folyamata akadályozott lehet, különösen igaz ez akkor, ha kapilláris jellegű szakaszokat is tartalmaz az üregrendszer.

Az alumíniumöntvényből készült nyomásosan öntött alkatrészekben porozitás elsősorban a nagyobb keresztmetszetű szelvényrészekben alakulhat ki. Ha a porozitás az öntvény egészére nézve megfelelő értékű, akkor is bizonyos öntvényrészekben gáztömörégi szempontból kritikus lehet a lokális porozitás mértéke. Az öntvényrész porozitásának csökkentésére irányuló technológiai

megoldások a porózus anyagrész tömörödését eredményezik. Ezek a megoldások a porozitás térfogatát erőteljesen lecsökkentik, ugyanakkor a már létrejött zsugorodási üregrendszer nem feltétlenül szűnik meg. A tömörödés eredményeként az is előfordulhat, hogy az üregrendszer jellemző keresztmetszetei, üreg és csatornaméretei lecsökkennek.

A porozitási üregrendszer elemeinek roncsolásmentes vizsgálatának korszerű eljárása a computer tomográfias módszer. Az eljárás lehetőségeit, pontosságát és az eredmények elemzési módját számos tanulmány részletesen tárgyalja [1-8].

A nyomásos öntéssel készült alumínium ötvözetek porozitása nem csak a gáztömörség, hanem a kifáradási tulajdonságok miatt is meghatározó jelentőségű. Garb és tsi. [9] ebből a célból végeztek kiterjedt computer tomográfias (mikro CT) vizsgálatosorozatot alumínium ötvények mikroporozitásának statisztikai jellemzésére. Kétféle felbontást (3 és 8 μm) alkalmaztak annak felmérésére, hogy a felbontóképesség hogyan befolyásolja a porozitás eloszlás meghatározásának minőségét. A felbontóképesség korlátozta a vizsgálható térfogat nagyságát, a 6 mm átmérőjű hengeres mintát 3 μm -es felbontással 5,4 mm hosszúságban, 8 μm -es felbontással 15,5 mm hosszúságban tudták vizsgálni (0,155 és 0,490 cm^3). A 3 μm -es felbontással vizsgált 0,155 cm^3 -es térfogatban mintegy 7000 db pórust detektáltak. Az azonosított pórusok egyenértékű átmérőjére különböző statisztikai eloszlási függvényt illesztettek, az eloszlási görbe maximuma 8-10 μm körüli értékre adódott. A szerzők megállapították, hogy a zsugorodási pórusok gyakorta nagy térfogatú térrészeket tartalmaznak, melyeket vékony, a felbontóképesség határa alatti méretű üregek kötnek össze. Közel azonos feltételek között végzett vizsgálatokat és hasonló eredményeket közöl Weidt és tsi. [10] tanulmánya Al-Si-Cu ötvözetekre vonatkozóan.

Limodin [11] a porozitás és a mechanikai tulajdonságok kapcsolatát elemző tanulmányában Al-Si-Mg ötvözet szerkezetét ismerteti. A mikro CT vizsgálat 1,7 μm voxel mérettel történt. A szerző megjegyzi, hogy kompromisszumot kellett találni a felbontás és a mintaméret között, mivel a nagy felbontás kevésbé reprezentatív eredményt ad. Végül 3,8 és 18 mm^3 -es térfogatrészek elemzése mellett döntöttek. A képfeldolgozás, binarizálás az ImageJ szoftverrel történt a szürke képen alkalmazott küszöbérték definiálásával. A 18 mm^3 -es mintában 1104 pórust azonosítottak, ez fajlagosan 61 pórus/ mm^3 . A bonyolult alakú pórusok méreteloszlását a Feret átmérő függvényében adták meg, a leggyakoribb érték 16 db/ mm^3 30-40 μm körüli Feret átmérőnél adódott.

A mikro CT és metallográfiai vizsgálati eredményekkel feltárt pórusok, és a kifáradási jellemzők összefüggését tárgyalja Nicoletto és munkatársainak tanulmánya [12]. Az AlSi7Mg alapanyagú minta vizsgált térfogata 12,5 mm^3 volt 1,7 μm voxel méret alkalmazásával. Néhány pórus CT eljárással és metallográfiai úton feltárt alakját bemutatják a szerzők, de a méretekre és az eloszlásra vonatkozó statisztikai adatokat nem közlik. Megállapították, hogy

az azonosított pórusok nagyobb üregrészek, valamint az azokat összekötő keskeny csatornák összetett rendszerének tekinthetők.

Az alumíniumötvözet ötvények komplex geometriájú üregrendszereinek impregnálására vonatkozóan igen kevés a rendelkezésre álló, megbízható szakirodalmi vizsgálati információ. Az impregnálást végző, valamint az impregnálószert előállításával foglalkozó vállalatok kiadványai tájékoztató jellegű adatokat szolgáltatnak. Irányított pórusszerkezetű szinterelt fémötvözeteken végzett laboratóriumi impregnálási kísérletek szerint [13] a 100 μm alatti méretű pórusok mindenképpen telítődnek. A kiadvány szerint impregnálási problémát elsősorban a 100 és 500 μm közötti pórusok lezárása jelenthet, ezeknek mintegy harmada a kísérletek szerint nem záródik be. 500 μm pórusméret felett lényegében hatástalannak mutatkozott az impregnálás a szintereléssel készült minták gáztömörségének biztosítására. Az Al-Si-X anyagú gáztömörségi követelményű nyomásos öntéssel készült alkatrészek pórusszerkezete a fentiek szerint zömében 100 μm alatti jellemző méretű üregeket és csatornákat tartalmaz, ennek ellenére az impregnálás gyakorta nem biztosítja a szivárgási útvonalak lezárását.

Soga és tsi. [14] az üregrendszerben lévő impregnálógyanta computer tomográfias úton történő kimutatását és vizsgálatát tűzték ki célul. Az eljárás az impregnálógyanta, az alumínium mátrix, valamint az üregekben lévő gázok eltérő rendszáma okozta kontraszt különbség detektálásán alapul. A beszámoló szerint egyszerű geometriájú ötvényekben a nagyobb, több mm-es üregek gyantával való kitöltöttsége megítélhető (voxel méret 100 μm). A szerzők nem térnek ki a kisebb méretű (10-100 μm) és bonyolultabb térbeli geometriájú üregek vizsgálati lehetőségeire.

Az elmondottak alapján állítható, hogy a porozitással, szivárgási útvonalak kialakulásával kapcsolatosan számos részletkérdés még nem tisztázott. A jelen tanulmány célja egy gáztömörségi követelménnyel gyártott, az impregnálás ellenére szivárgást mutató ötvényrészben a porozitás és a potenciális szivárgási útvonalak geometriai jellemzőinek meghatározása metallográfiai és tomográfias módszerekkel, illetve a metallográfiai és CT vizsgálat használhatóságának összehasonlító elemzése, a módszerek használhatóságának és korlátainak bemutatása.

2. Vizsgálati anyag és vizsgálati módszerek

A porozitási térkép meghatározását egy ipari körülmények között, sorozatgyártásban készült EN AC 46000 AlSi9Cu3(Fe) anyagú kompresszor ötvény célszerűen kiválasztott részén végeztük el. A nyomásos öntés után készre munkált, impregnált ötvény a szerelést megelőző héliumos ellenőrzési műveletben a belső és a külső tér között szivárgást mutatott, így kikerült a gyártásból. A szivárgást a vékony falú hengeres ötvény nagyobb falvastagságú csonkrészén azonosították. A csonkrész homloklapfelülete megmunkált, oldalfelülete öntött állapotú. A csonkrész a kapcsolódó elemek csatlakoztatása céljából furatokat tartalmaz, ebből az egyik furat belső felületét menetmángorlással alakították ki. A külső tér felé

szivárgás a menetmángorolt furat belső részén keresztül valósult meg.

Részletes szerkezetvizsgálatot az 1.a ábrán látható öntvény darabon végeztünk. A kimunkált minta a csonkrész menetmángorolt furatának mintegy 4,5 cm³-es térfogatú környezetét tartalmazza, így feltételezhető volt, hogy a szivárgási jelenséggel összefüggő folytonossági hiányok is megtalálhatók ebben a térfogatrészben. A hibaeloszlási jellemzők meghatározása egyrészt computer tomográfias (mikro CT), másrészt metallográfiai módszerrel történt. A mikro CT vizsgálatok egy YXLON FF35 berendezésen történtek, ennek egy jellemző áttekintő eredményét mutatja az 1.b ábra felvétele. A minta viszonylag nagy térfogata 30 µm-es felbontást tett lehetővé, ez $2 \cdot 10^8$ térbeli képpont detektálását jelentette, mely 196 GByte adatot eredményezett. Megjegyzendő, hogy Garb [9], Weidt [10] és Limodin [11] mérése nagyságrendileg ugyanennyi voxel leképezésével történt, de a jobb felbontás eléréséhez lényegesen kisebb mintaméretet alkalmaztak.

A metallográfiai vizsgálat céljára a mintát az 1.a ábrán látható pozícióban metallográfiai beöntőgyantába ágyaztuk. A vizsgálatokat az alapsíkkal párhuzamos síkokban metallográfiai előkészítést (csiszolás, polírozás) követően maratás nélkül hajtottuk végre. A minta teljes keresztmetszetét bemutató áttekintő metallográfiai felvételek OLYMPUS DSX1000 típusú opto-digitális mikroszkópon készültek 3,4 µm felbontással. A feltárt szerkezet elemeinek nagyobb felbontású felvételei részben az opto-digitális mikroszkópon, részben JEOL JSM 5310 LA scanning elektronmikroszkópon készültek.

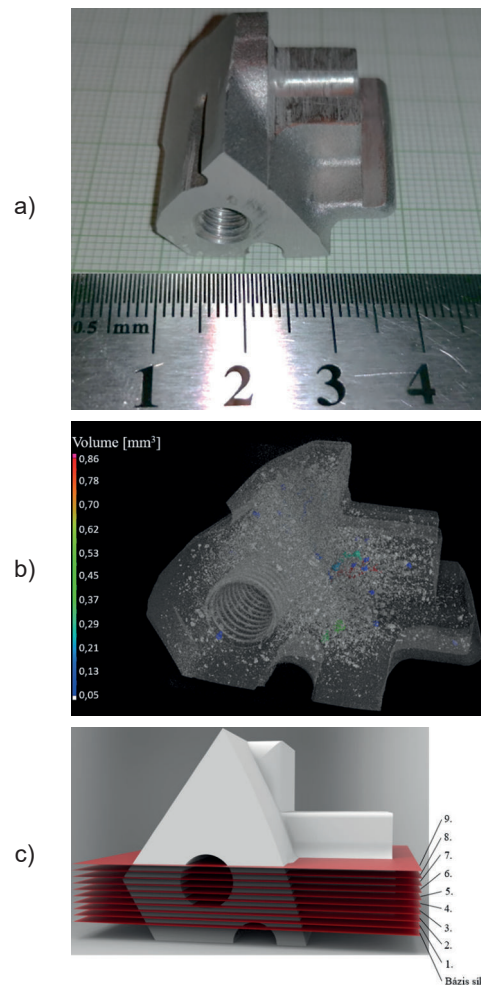
Az optikai vizsgálat síkja rekonstruálható a mikro CT eredmények alapján is, így a metallográfiai és CT vizsgálati eredmények egy adott vizsgálati metszetre vonatkozóan összerendelhetők. A kétféle eljárással készült felvételek elemzésére az ImageJ 1.52a képfeldolgozó szoftvert alkalmaztuk.

Az impregnáló gyanta ultraviola fényben fluoreszkál, így UV megvilágítás alkalmazásával a metallográfiai úton feltárt felületeken lévő üregek impregnáló gyantával való kitöltöttsége ellenőrizhető. Az UV megvilágítású mikrofelveleleket az OLYMPUS DSX1000 opto-digitális mikroszkópon Labino 135 UV reflektor alkalmazásával készültek. Tapasztalataink szerint az üregekben lévő impregnáló gyanta mikro CT vizsgálatnál nem mutatható ki.

3. Eredmények

3.1 A zsugorodási üregrendszer jellemzése

A vizsgálati minta metallográfiai módszerrel feltárt polírozott felületű metszetén a zsugorodási üregek, gázhólyagok és egyéb folytonossági hiányok optikai módszerrel azonosíthatók. A több cm²-es mintafelület áttekintő, ugyanakkor megfelelő felbontású leképezése érdekében panoráma felvételsorozat készült. Egy-egy makrofelvétellel a mintaméret aktuális nagyságától függően 48-72 db 100-szoros nagyítású fénykép automatikus összeillesztésével készült. A 3D-s CT vizsgálat adathalmazából a csiszolat síkjának pozíciója a minta geometriai adatainak

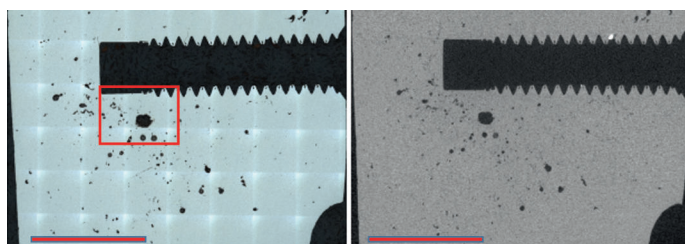


1. ábra: A szivárgási tartományból kimunkált öntvény és a mikro CT vizsgálatnál abban azonosított folytonossági hiányok, valamint a metallográfiai csiszolatok síkjainak definiálása

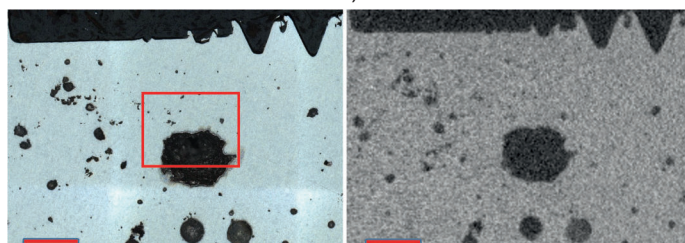
a) A minta fotója
b) A mintában azonosított hibák összessége
c) Metallográfiai metszetek sorszámai

ismeretében meghatározható, így rekonstruálható a vizsgált síkra vonatkozó kétdimenziós CT felvétel. Az optikai mikroszkóppal készített metallográfiai makrofotó és az ugyanazt a síkot bemutató CT felvétel összehasonlítása lehetőséget ad a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati eredmények együttes elemzésére.

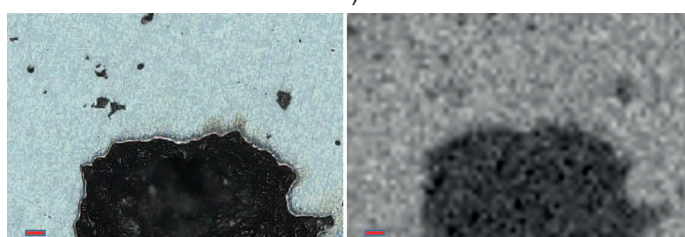
Az optikai és CT vizsgálati eredmények szisztematikus összevetésére 9 vizsgálati síkban került sor. A vizsgált metszeteket az alapsíkkal (lásd 1.c ábra) párhuzamos pozícióban, attól 0,7-7,1 mm közötti távolságban jelöltük ki. Példaként a 2. ábrán az alapsíkkal párhuzamos, attól 3,9 mm-re lévő (6. számú metszet) síkban feltárt keresztmetszet látható. A baloldali felvételek metallográfiai eljárással készültek, a jobb oldalon a CT vizsgálat eredménye látható. A 2.a ábra két felvétele a teljes mintafelületet mutatja, ebben a metszetben a minta konvex területe 6,3 cm². A menetmángorolt furat pozíciója és a nagyobb egyedi hibák azonos elhelyezkedése bizonyítja, hogy a metallográfiai csiszolat és a 2D CT felvétel azonos síkot ábrázol. A vizsgált keresztmetszetben számtalan kisebb-nagyobb folytonossági hiány látható, ezek nagyrésze a kétféle vizsgálati



a)



b)



c)

2. ábra: A 6-os számú metszet metallográfiai (balra) és mikro CT (jobbra) felvételei

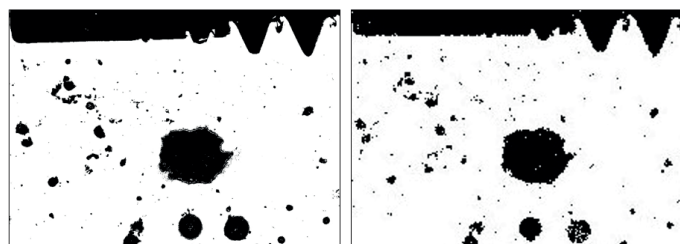
a) A teljes metszet áttekintő képe (lépték 10 mm)

b) A 2.a képen jelzett részlet kinagyítva (lépték 1 mm)

c) A 2.b ábrán jelzett részlet kinagyítva (lépték 0,1 mm)

módszer alkalmazásával egymásnak megfeleltethető. A 2.a ábrán jelzett részlet kinagyított felvételei láthatók a 2.b ábrán. A nagyobb méretű egyedi folytonossági hiányok azonossága itt is szembetűnő, de a kisebb méretű hibák beazonosítása már nem egyértelmű. A CT felvétel egy nagyságrenddel kisebb felbontása, valamint a CT eljárásból természetesen adódó gyengébb képminőség a kisebb hibáknál a kontúrok elmosódását, így az alakzatok bizonytalan azonosíthatóságát eredményezi. Nagyon jól látható ez a különbség a 2.b ábrán jelzett felületrész tovább nagyított részletén (2.c ábra). A nagy üreg kontúrja lényegesen elmosódottabb, és néhány kicsi üreg nem is azonosítható a CT felvételen. Bár a CT képek felbontása 30 μm , a képminőség miatt a biztonsággal azonosítható objektumok méretének alsó határa 50-60 μm környékén van.

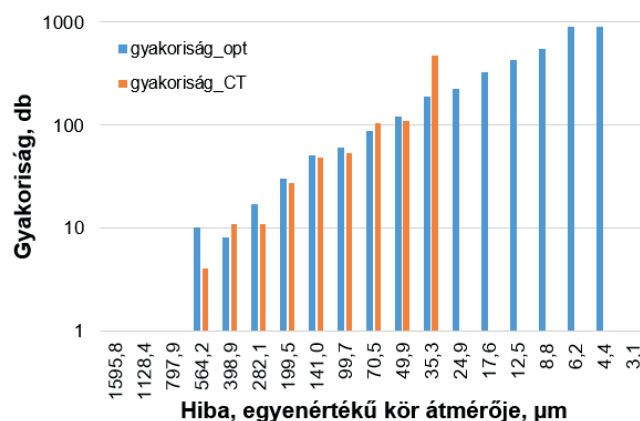
A metszeti felvételek kiértékelését binárisra alakított képeken végeztük. A szürke képek binarizálást az ImageJ szoftver automatikusan felajánlott küszöbértékével hajtottuk végre. A műveletet követően képprojekció nem történt. A CT felvételek esetén, a gyengébb képminőség miatt a binarizálás során megnövekedett a néhány pixel méretű hamis jelek száma. Ilyen esetekben a bináris képen eróziós és dilatációs műveleteket szokás alkalmazni, ugyanakkor – tapasztalataink szerint – a műveletsor információ torzuláshoz vezet. A 3. ábrán a 2.b ábra optikai és CT felvétele látható a binarizálást követően. Megfigyelhető, hogy



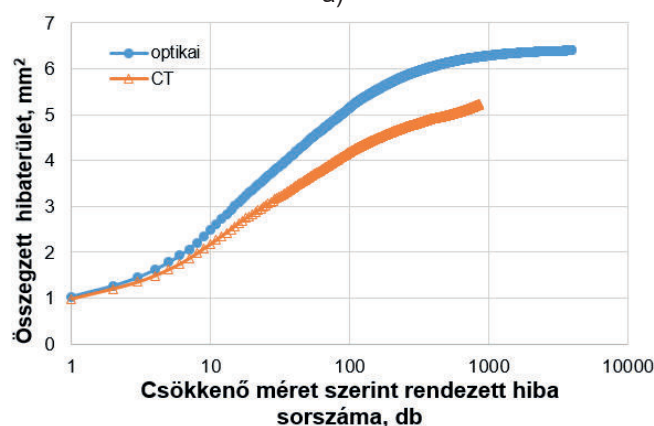
3. ábra: A 2.b ábra felvételei binarizálás után (balra metallográfiai, jobbra mikro CT)

a jobb oldali binarizált CT felvételen számos 1 pixel méretű folytonossági hiány látszik, mely a referenciának tekintett optikai képen (bal oldalon) nem található meg. A nagyobb üregek területének megbízható kiértékelése érdekében nem alkalmaztunk eróziós és dilatációs képprojekciót. Az optikai felvételek binarizálása során is előfordulhat hasonló jelenség, de a lényegesen jobb képminőség miatt ennek hatása kisebb.

A 2.a ábrán látható teljes mintakeresztmetszetben optikai úton 3901, a CT felvételen összesen 849 darab hiba detektálható. Az azonosított hibák méreteloszlását a 4.a ábra diagramja mutatja. Ezen a diagramon a hibaméret jellemzésére az adott hiba területével azonos területű kör átmérőjét, azaz az egyenértékű körátmérőt alkalmazzuk.



a)



b)

4. ábra: A 6. számú metszeten azonosított folytonossági hiányok értékelése

a) Hibaméret (egyenértékű körátmérő) gyakorisági eloszlása

b) A csökkenő sorrendbe rendezett hibaterületek összefüggvényei

A hibák gyakorisága, számossága a méret csökkenésével erőteljesen növekszik, mind a metallográfiai, mind a CT vizsgálati eredmények alapján. A CT felvételen a 35 µm egyenértékű hibaméret kategóriában azonosított magasabb értéket a szürke kép binarizálása okozza a fent elmondottak szerint. A 35 µm egyenértékű hibaméret kategória reprezentálja a néhány pixel méretű folytonossági hiányok jelenlétét a CT felvételen.

A CT eljárással több, mint 3000 darab hiba, azaz az összes hibaszám mintegy 78 %-a nem mutatható ki, mivel ezek mérete a CT felbontóképesség határa alá, a 4-30 µm egyenértékű átmérő tartományba esik. Ugyanakkor ez a hibamennyiség a hibaterület mintegy 19 %-át adja, vagyis a CT eljárással a vizsgált metszetben lévő hibás terület több, mint 80 %-a kimutatható volt. Ha a síkban mért hibaterület függvényében csökkenő sorrendbe rendezzük a detektált hibákat, majd 1-től n-ig ($n \leq$ hibák száma) képezzük a hibaterületek összegét, akkor a 4.b ábrán bemutatott diagramot kapjuk. Az összefüggvényt reprezentáló pontok értéke adja meg a detektált hibák területének összegét, ennek maximális értéke az optikai eljárás esetén 6,4 mm², a CT eljárásnál 5,3 mm².

A CT hibaterület összefüggvény folyamatosan az optikai úton meghatározott hibaterület összefüggvény alatt halad. A legelső, vagyis a legnagyobb folytonossági hiba (2. ábra felvételein látható legnagyobb hiba) területének értéke az optikai képen 1,03 mm², a CT felvételen 0,98 mm². Az első tíz legnagyobb hiba összesített területe is hasonló különbséget mutat, ez az értékpár 2,48 és 2,17 mm². Az első 849 – vagyis a CT-vel detektált maximális hibaszámig – összesített hibaterület optikai úton meghatározva 6,259 mm², CT-vel 5,222 mm². Az optikailag detektált 3901 hiba összesített területe 6,340 mm². A csak a metallográfiai csiszolaton azonosított 3901 – 849 = 3052 darab hiba az összesített hibaterületből 6,340 – 6,259 = 0,081 mm² tesz ki, arányaiban ez a teljes mennyiség 1,3 %-a.

A fentiek szerint a metallográfiai csiszolaton és a CT vizsgálattal meghatározott hibaterület összefüggvények között szisztematikus eltérés van. Ezt bizonyítja az is, hogy a csökkenő sorrendbe rendezett optikai és CT hibaterület adatpárookra meghatározott lineáris korrelációs együttható $R=0,993$ -ra adódott. Az adatpárookra illesztett egyenes iránytangense $m=0,912$, vagyis a minta felületén a CT eljárással meghatározott hibaterület átlagosan az optikai úton detektált hibaterület 91,2 %-a. A 2.b ábrán bemutatott metszetek azonos látóteret azonos nagyításban mutatnak, és szemrevételezéssel is megállapítható, hogy a CT felvételeken kirajzolódó alakzatok méretei kisebbek, mint a metallográfiai csiszolaton. A különbséget feltehetően az eltérő képkalkotási mód és eltérő felbontás okozza.

A fent bemutatott elemzést a vizsgálati minta kilenc metszetében végeztük el, a mérési sorozat eredményeit az 1. táblázat foglalja össze. A hibaterület átlagértéke alapján a metallográfiai (optikai) vizsgálattal kimutatható hibaterület 83 %-a CT felvételeken is azonosítható, vagyis a CT vizsgálattal a hibás területek mintegy 17 %-a nem mutatható ki. Ez a 17 %-os területarány a hibák darabszámának 80 %-át jelenti. A méret szerint csökkenő sorrendbe rendezett

optikai és CT hibaterület adatpárookra elvégzett lineáris korrelációs számítás alapján a kilenc metszetre vonatkozó korrelációs együttható átlaga $R=0,981$. A CT eljárással, illetve optikailag meghatározott hibaterületek aránya 0,644 és 0,942 között mozog, az átlagérték $m=0,827$.

A metallográfiai, optikai vizsgálat alapján a 100 µm-nél nagyobb hibák számaránya 3-5 %, területaránya 65-80 %. A 30 µm-nél (vagyis a CT felbontásnál) nagyobb méretű hibák számaránya 10 és 30 % között mozog a kilenc metszeten az összes hiba számához viszonyítva. Ez a 10-30 % darabszámú hiba reprezentálja az összes detektált hiba 75-95 %-át (2. táblázat).

1. táblázat: A minta kilenc metszetében elvégzett mérési sorozat eredményei

Metszet sorsszám	Távolság a bázistól, mm	Hibás terület aránya a mintafelületen, %			Hibák fajlagos darabszáma, db/mm ²			opt/CT hibaterület korrelációja	
		opt	CT	CT/opt	opt	CT	CT/opt	m	R
1	0,7	2,20	1,09	0,79	24,81	1,79	0,07	0,792	0,974
2	1,2	1,53	0,83	0,80	21,61	1,46	0,07	0,799	0,990
3	1,5	1,18	0,83	0,80	12,78	1,37	0,11	0,801	0,974
4	2,8	0,83	0,78	0,94	2,65	0,27	0,10	0,942	0,982
5	3,2	1,13	0,80	0,64	13,02	1,25	0,10	0,644	0,968
6	3,9	1,23	1,05	0,91	7,48	1,70	0,23	0,912	0,993
7	4,6	1,05	0,71	0,77	4,75	1,50	0,32	0,769	0,983
8	5,9	1,06	0,75	0,91	3,51	1,30	0,37	0,906	0,980
9	7,1	1,39	1,13	0,88	4,83	2,00	0,41	0,877	0,986
átlag		1,29	0,88	0,83	10,60	1,41	0,20	0,827	0,981
szórás		0,40	0,16	0,09	8,10	0,49	0,14	0,093	0,008

2. táblázat: Hibaarány az egyenértékű átmérő tartományokban

Egyenértékű átmérő, µm	Hibák számának aránya, %	Hibás terület aránya %
>100	3-5	65-80
> 30	10-30	75-95
>10	40-60	95-98

4. Az üregek kitöltöttsége

Az öntvények gáztömörsege a szivárgási útvonalak lezárásával, a külső és belső teret összekötő üregrendszerek impregnálásával biztosítható. Az előzőekben bemutatott több ezer, metallográfiai és CT vizsgálattal azonosított üreg lehet egy átmenő üregrendszer része, vagy egy lokális, elszeparált folytonossági hiány, ez utóbbi alapvetően nem befolyásolja a gáztömörséget. A szivárgó üregrendszer bonyolult térbeli alakja miatt egy síkmetszeten azonosított üregről nem állapítható meg, hogy az a szivárgásban szerepet játszik-e, vagy sem. Ha az üreg impregnálóanyagot tartalmaz, akkor annak folytatása bizonyosan kapcsolódik valamelyik külső felülethez, de ha a gyanta jelenléte nem igazolható, és az öntvény bizonyítottan szivárgó, akkor nem zárható ki, hogy az üreg egy szivárgási útvonal eleme. A CT vizsgálat a térbeli üregrendszer kimutatási határ alatti méretű szakaszait – ez jelen esetben 30 µm – nem detektálja, és ezzel a vizsgálattal az üregek gyantával való telítettsége sem bizonyítható. A hagyományos megvilágítású optikai fémmikroszkóp sem alkalmazható az üregek

telítettségének megállapítására, mivel az üreg a 2. ábrán látható sötét tónusú foltként jelenik meg, függetlenül attól, hogy van-e benne gyanta, vagy nincsen. Az üregekben lévő gyanta kimutatása csak csiszolaton, vagy töretfelületen végzett scanning elektronmikroszkópos vizsgálattal, vagy UV fényben történő vizsgálattal lehetséges. Mindkét eljárás csak a vizsgált felületen lévő impregnálószert feltárására alkalmas.

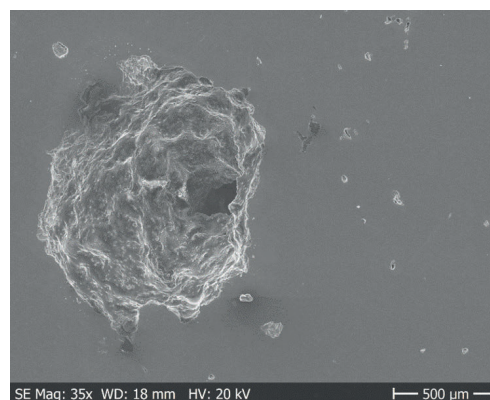
Az üregekben lévő impregnálógyanta kimutatását a jelen kutatásban az 5., 6., és 9. számú metszet scanning elektronmikroszkópos vizsgálatával, a 9. számú metszet esetében pedig részletes UV megvilágításos optikai mikroszkópos vizsgálattal végeztük. Az 5. ábra az impregnálógyantával telített és nem telített üregek néhány jellegzetes felvételét mutatja be.

Az 5.a ábra képe a 2. és 3. ábrán is látható mm-es nagyságú üregről készült scanning elektronmikroszkóp alkalmazásával. Az üregben impregnálószert nem található, az üreg felületén alumíniumoxid fátolszerű hártva nyomai láthatók. Az üreg alján lévő körszelvényű nyílás arra utal, hogy a feltehetően gázzárvány, vagy levegőbezáródás miatt kialakult üreg a felszín alatt folytatódik. Az 5.b ábra konkáv alakzatokat kitöltő impregnálógyanta szigeteket mutat. Az alapvetően homorú felületekkel határolt üregek valószínűleg a zsugorodás miatt alakultak ki. A felvételen számos 10-30 µm-es nagyságrendbe eső, gyantával ki nem töltött üreg is felfedezhető, néhol közvetlenül a gyantát tartalmazó folytonossági hiányok közelében. Ez a felvétel is azt valószínűsíti, hogy a zsugorodási üregrendszer geometriailag igen bonyolult, változó keresztmetszetű képződmény.

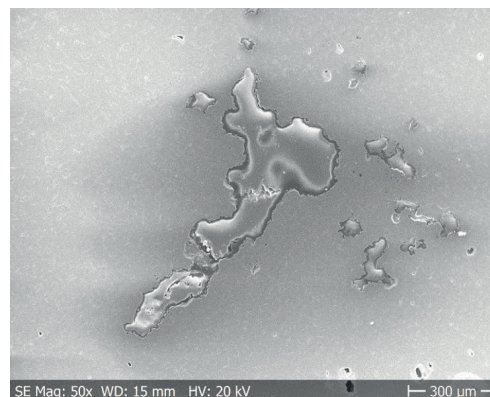
Az 5.c és d ábra egy összetettebb, gyantával részben kitöltött üreget mutat. Az 5.c ábra bal oldalán, a csiszolat síkja alá benyúló anyagfolytonossági hiány a jobb oldalon látható vékonyabb csatornával alkot egy rendszert. Az 5.c ábrán jelölt részlet, vagyis a kisebb és nagyobb keresztmetszetű üregrészek találkozási pontja látható kinagyítva az 5.d ábra felvételén. Az üregrendszerben a nyíllal jelzett részen egy 15-20 µm-es szűkület azonosítható, ennek a jobb oldalán található rész gyantát tartalmaz, a bal oldali nem. Feltételezhető, hogy az impregnálás során a gyanta a jobboldali üregrészen keresztül áramlott az üregrendszerbe, de a bal oldali rész kitöltése valamilyen okból nem fejeződhetett be. A nyíllal jelzett szűkület bizonyosan megnövelte az áramlási ellenállást (5.d ábra), így valószínűleg a nyomáskülönbség, vagy a rendelkezésre álló időtartam nem volt elegendő a bal oldali üreg kitöltéséhez.

A 6.a ábra a 9. számú metszet teljes felületét ábrázolja világos látóterű megvilágításban, a 6.b felvétel ugyanezt a felületet mutatja UV fényben történő képalkotás esetén. Az impregnálógyanta fluoreszcens tulajdonságai miatt a gyantával töltött folytonossági hiányok kékes-fehéres színben világítanak, míg az alpmátrix lila árnyalatú. A mintadarab körül és a furatban a metallográfiai melegbeágyazó gyanta struktúrája látszik. Mindkét felvétel azonos, 3,4 µm felbontású, így a két kép részleteinek szisztematikus összehasonlítása lehetőséget ad minden egyes üreg esetében annak eldöntésére, hogy az tartalmaz-e impregnálógyantát

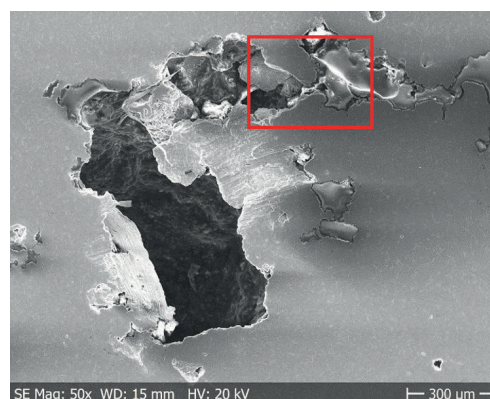
a)



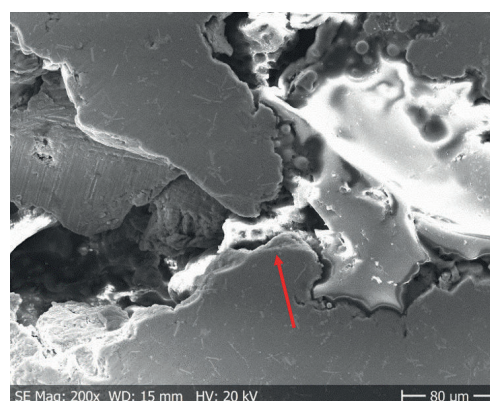
b)



c)



d)



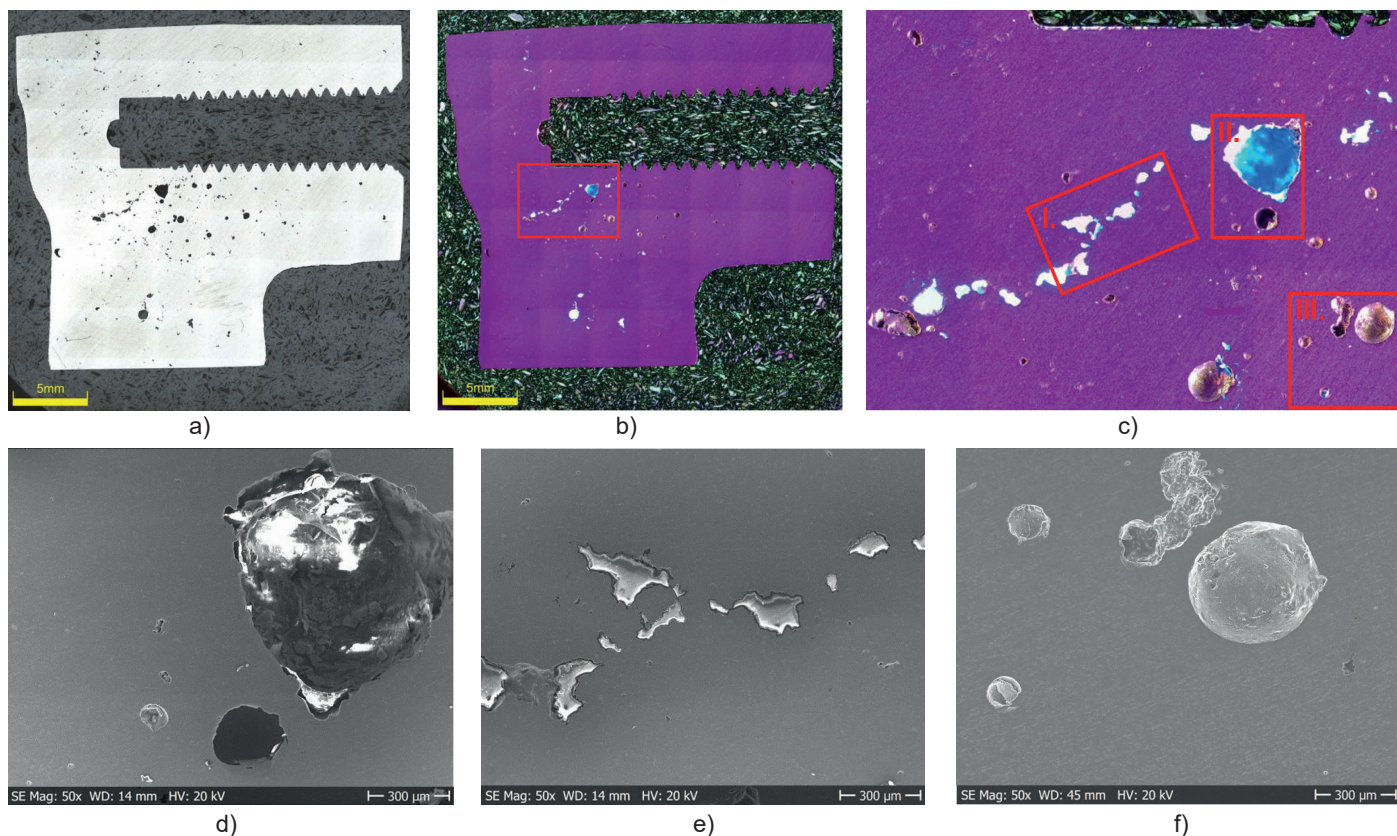
5. ábra: A metallográfiai csiszolaton azonosított üregek néhány jellegzetessége

a) A 2. és 3. ábrán látható mm-es nagyságú üreg (6. számú metszet)

b) Gyantával kitöltött zsugorodási üregek (6. számú metszet)

c) Összetett üregképződmény az 5. számú metszeten

d) Az 5.c ábrán jelzett részlet nagyobb nagyításban



6. ábra: A 9. számú metszeten azonosított anyagfolytonossági hibák jellegzetességei

- a) A teljes felület világos látótérben
- b) A teljes felület UV megvilágításban
- c) A 6.b ábra kiemelt részlete
- d) A 6.c ábra I. részlete
- e) A 6.c II. ábra részlete
- f) A 6.c III. ábra részlete

vagy sem. Az egyirányú UV megvilágítás miatt az üregek szélei fehéresen csilognak, így az automatikus képelemzés ezekre a felvételekre csak korlátozottan alkalmazható. Az egyes területek nagyobb nagyításban történő szemrevételezése alapján az impregnálógyantával való fedettség az összes üregfelület mintegy felére becsülhető. Ha ebből a szempontból az üregek darabszámát vizsgáljuk, akkor a nem telített – elsősorban kisméretű – üregek gyakorisága lényegesen meghaladja a telített üregek számosságát. A gömbszerű folytonossági hiányok – néhány kivételtől eltekintve – általában nem tartalmaznak gyantát, ezek valószínűleg szeparált gázzárványoknak tekinthetők.

A 6.c ábrán a furat közelében lévő gyantával kitöltött üregfűzér látható nagyobb nagyításban. A jobb felső harmadban található nagyobb üreget és annak környezetét szemlélteti a 6.d ábra scanning elektronmikroszkópos felvétele. A nagy üreg egyértelműen tartalmaz gyantát, a körülötte lévő gömbszerű és szabálytalan alakú kisebb üregek nem. A fűzrszerű zsugoradási üreg sor elektronmikroszkópos felvételén is jól látható a gyanta jelenléte (6.e ábra), de a gömbszerű üregben itt sem azonosítható az impregnálószor (6.c ábra jobb alsó harmadában lévő üregek a 6.f ábrán). Az UV megvilágítású optikai mikroszkópos vizsgálati eljárás a tapasztalataink szerint egyértelműen azonosítja a metallográfiai csiszolaton az impregnálógyantát tartalmazó üregeket.

5. Összefoglalás

A kiemelkedő gondosságu olvadékezelési és öntészeti technológiával, gáztömörségi követelménnyel gyártott, nyomásosan öntött alumínium ötvözet alkatrészek esetében az impregnálást követően is előfordulhat tömörségi probléma, elsősorban a nagyobb keresztmetszetű és furatokat is tartalmazó öntvényrészek esetében. A szivárgás feltehetően a gázzárványok és zsugoradási üregek alkotta összefüggő, bonyolult geometriájú szivárgási útvonalakon alakul ki. Az optikai mikroszkóppal készített metallográfiai makrofotók és az ugyanazt a síkot bemutató CT felvételek összehasonlítása lehetőséget adott a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati eredmények együttes elemzésére. A bizonyítottan szivárgó öntvényrész részletes metallográfiai és mikro CT vizsgálata alapján az alábbi főbb megállapítások tehetők:

- A kritikus térfogatrész síkmetszetein a folytonossági hibák darabszáma a vizsgálati sík pozíciójától erősen függ (5 és 25 db/mm² között változik), az átlagos értéke 10-11 hiba/mm².
- A síkmetszeten a folytonossági hiányok felületaránya 0,8 és 2,2% között változik, az átlagos érték 1,3%.
- Az összes hiba 3-5%-a 100 μm-nél, 40-60%-a 10 μm-nél nagyobb (egyenértékű) átmérőjű, vagyis a

hibák mintegy fele $10\mu\text{m}$ alatti mérettel jellemezhető. A $100\mu\text{m}$ -nél nagyobb hibák adják az összes hibaterület 65-80 %-át.

- A CT eljárással az összes hibaszám mintegy 78 %-a nem mutatható ki, mivel ezek mérete a CT felbontóképesség határa alá esik, ($4\text{-}30\mu\text{m}$ egyenértékű átmérő).
- Az alkalmazott mikro CT berendezés $30\mu\text{m}$ -es felbontása az összes hiba 10-30 %-ának (darabszám), és a hibás terület 75-95 % (területarány) azonosítását tette lehetővé.
- Az optikai mikroszkópos metallográfiai és a CT eljárással meghatározott hibaméretek között szisztematikus eltérés állapítható meg. A metszeti síkokon CT-vel megállapított hibaméret a – referenciaként szolgáló – metallográfiai úton meghatározott értéknek 82,7 %-a az összes vizsgált metszet együttes értékelése alapján.
- A folytonossági hiányok egy része impregnáló gyanút tartalmaz. Az UV megvilágítással elvégzett optikai mikroszkópos vizsgálat az egyedi üregek kitöltöttségének ellenőrzésére alkalmas. Szemrevételezéses becslés alapján az összes hibafelület mintegy 50 %-a gyanút tartalmaz, de a telítetlen üregek darabszám aránya ennél lényegesen magasabb.
- Bizonyítottá vált, hogy egy üregrendszer esetében részleges feltöltődés, illetve részleges impregnálódás is előfordulhat, melyet a scannig elektronmikroszkópos vizsgálatok igazoltak.
- Az UV megvilágítású optikai mikroszkópos vizsgálati eljárás a tapasztalataink szerint egyértelműen azonosítja a metallográfiai csiszolaton az impregnálóanyagot tartalmazó üregeket.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Somogyi Istvánnak, a Hanon Systems Auto Parts Hungary Ltd. minőségügyi mérnökének, Nyeste Viktornak, a Hanon Systems műszaki munkatársának és Orosz Sándornak, az Euraseal Szolgáltató Bt. technikai vezetőjének a kutatáshoz szükséges mintadarabok és technológiai információk átadásáért, valamint Filep Ádámnak, a Miskolci Egyetem Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet munkatársának a CT vizsgálat végrehajtásában nyújtott segítségért.

A kutatás a 2019-1.1.1-Piaci KFI-2019-00462 projekt pénzügyi támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Jaques, V. A., Du Plessis, A., Zemek, M., Šalplachta, J., Stubianová, Z., Zikmund, T., & Kaiser, J. (2021). Review of porosity uncertainty estimation methods in computed tomography dataset. *Measurement Science and Technology*, 32(12), 122001. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac1b40>
- [2] Carmignato, S. (2012). Computed tomography as a promising solution for industrial quality control and inspection of castings. *Metallurgical Science and Technology*, 30(1).
- [3] Jolly, M. R., Prabhakar, A., Sturzu, B., Hollstein, K., Singh, R., Thomas, S., ... & Shaw, A. (2015). Review of non-destructive testing (NDT) techniques and their applicability to thick walled composites. *Procedia CIRP*, 38, 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.07.043>
- [4] Simon, M., & Sauerwein, C. (2000, October). Quality control of light metal castings by 3D computed tomography. In 15th world conference on non-destructive testing.
- [5] Zhuang, L., Shin, H. S., Yeom, S., Pham, C. N., & Kim, Y. J. (2022). A novel method for estimating subresolution porosity from CT images and its application to homogeneity evaluation of porous media. *Scientific Reports*, 12(1), 16229. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20086-x>
- [6] Kokhan, V., Grigoriev, M., Buzmakov, A., Uvarov, V., Ingacheva, A., & Shvets, E. (2020, January). Segmentation criteria in the problem of porosity determination based on CT scans. In Twelfth International Conference on Machine Vision (ICMV 2019) (Vol. 11433, pp. 378-385). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2558081>
- [7] Reedy, C. L., & Reedy, C. L. (2022). High-resolution micro-CT with 3D image analysis for porosity characterization of historic bricks. *Heritage Science*, 10(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00723-4>
- [8] Felberbaum, M. (2010). Porosity in Aluminum Alloys (No. THESIS). EPFL. <https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-4639>
- [9] Garb, C., Leitner, M., Tauscher, M., Weidt, M., & Brunner, R. (2018). Statistical analysis of micropore size distributions in Al-Si castings evaluated by X-ray computed tomography. *International Journal of Materials Research*, 109(10), 889-899. <https://doi.org/10.3139/146.111685>
- [10] 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. <https://doi.org/10.1080/13640461.2018.1467105>
- [11] Limodin, N., El Bartali, A., Wang, L., Lachambre, J., Buffiere, J. Y., & Charkaluk, E. (2014). Application of X-ray microtomography to study the influence of the casting microstructure upon the tensile behaviour of an Al-Si alloy. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 324, 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2013.07.034>
- [12] Nicoletto, G., Konečná, R., & Fintova, S. (2012). Characterization of microshrinkage casting defects of Al-Si alloys by X-ray computed tomography and metallography. *International journal of fatigue*, 41, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2012.01.006>
- [13] Lloyd, G. (2012). Finding a Solution to the Eternal Problem of Porosity in Casting. *Die Casting Engineer*, 40.
- [14] Soga, N., Bandara, A., Kan, K., Koike, A., & Aoki, T. (2021). Micro-computed tomography to analyze industrial die-cast Al-alloys and examine impregnation polymer resin as a casting cavity sealant. *Production Engineering*, 15, 885-896. <https://doi.org/10.1007/s11740-021-01071-1>

Vasúti faaljak vizsgálata

Examination of wood sleepers and bearers

Komán Szabolcs^a, Balogh Mátyás Zalán^b

^aSoproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet, egyetemi docens, koman.szabolcs@uni-sopron.hu

^bKaposvári Munkácsy Mihály Gimnázium, matyas.zalan@icloud.com

Kulcsszavak

talpfa,
váltóalj,
szilárdság,
tartósság

Keywords

wood sleeper,
bearer,
strength,
durability

Absztrakt

A roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek körébe tartozó szemrevételezés több anyagtudományi területen használatos eljárás. A vizsgálat során az érvényben lévő, vonatkozó szabványok és előírások figyelembevételével hoz döntést a vizsgáló a megfelelőségről. A faanyag alapvető tulajdonságai miatt ez a módszer azonban nehézségbe ütközik. Ez elsősorban a faanyag inhomogén és anizotróp szerkezetének köszönhető. Gyakorlatilag nem találkozzunk két azonos tulajdonsággal rendelkező mintával. A vasúti faaljak minősítését is megnehezíti ez a bonyolult szerkezet, ezért is fontos a megfelelő szakértelem a talpfák átvételénél. A vasúti közlekedés biztonsága és a minél hosszabb élettartamú faaljak beépítése kiemelkedően fontos a vasúti felépítményeknél. Jelen cikk a minősítési folyamat szempontjából legproblémásabb területeket ismerteti.

Abstract

The visual inspection, as a part of non-destructive material testing methods, is a procedure used in several areas of material science. During the examination, the examiner makes a decision on compliance of the subject by taking into account the relevant standards and regulations in force. However, due to the basic properties of wood, this method is always difficult. This is primarily due to the inhomogeneous and anisotropic structure of the wood. In practice, we do not come across two samples with the same characteristics. This complicated structure also complicates the qualification of wooden railway sleepers, which is why proper expertise is important when accepting sleepers. The safety of railway traffic and the installation of rails with the longest service life are extremely important for railway superstructures. This article describes the most problematic areas of the qualification process.

1. Bevezetés

A talpfákat továbbra is használják világszerte a pályaépítésben a normál pályáknál, váltószerkezeteknél, hidaknál, kisvasutaknál, alagutakban. Kedvező rezgés- és zajterhelési tulajdonságai miatt 160 km/h-nál kisebb vonatsebességnél alkalmazható. A különböző speciális igényeknek megfelelően könnyen megmunkálhatók, egyedi nyomtávra alakíthatók. Hegyi vasutak esetében az éles ívű vonalak kialakításánál is előnyös. A földalatti pályák kialakításánál kis súlyuk miatt könnyen szállíthatók, gép nélkül is könnyen mozgathatók. Környezetbarát módon hidak esetében a tölgyből készült hídfák védőszerrel való telítés nélkül is alkalmazhatók.

A faaljak a betonalkjakhoz képest a hajlítás, nyomás és rugalmasság szempontjából előnnyel rendelkeznek, viszont érzékenyek a biotikus károsításokra [1]. Szélsőségesen hideg éghajlatokon a betonalkjak használata nem lehetséges, mivel a repedésekben megfagyott nedvesség az alj tönkremeneteléhez vezet [2]. A faaljak élettartama a vasúti pályában 3-6-szorosára növelhető telítőszerrel való kezelést követően. Maximális élettartamuk kb. 30 év [3].

A jó minőségű vasúti talpfák képesek ellenállni a környezeti hatásoknak, például az időjárási viszonyoknak és kártevőknek, és hosszú élettartamot biztosítanak. A rossz minőségű vasúti talpfák azonban rövidebb élettartamuknak köszönhetően hamar meghibásodásokat okozhatnak, és fenyegethetik a biztonságos vasúti közlekedést.

A még telítetlen faaljak minőségi követelményeinek megfelelőségét az MSZ EN 13145:2001+A1:2012 [4] jelzetű szabvány tartalmazza. A szabvány széleskörűen leírja azokat a minőségi jellemzőket és megengedett fahibákat, amik alapján elfogadható egy faalj. Többek között meghatároz fafajokat, különböző minőségi előírásokat, gyártási paramétereket, formákat, méreteket, tűréseket, valamint tartóssági és védőkezelési kritériumokat. A

minősítés tételes vizsgálattal történik, tehát a későbbiekben védőszerrel való telítésre, majd beépítésre kerülő faaljak minden egyes darabja egyenként kerül átnézésre. A minősítést hazánkban az erre a szabványra akkreditált státusszal rendelkező vizsgálószervezet végzi, ami éves szinten kb. 15-18.000 db normáltalpfa és 1500-2000 m³ váltótalpfa minősítését jelenti.

A minősítés során vannak olyan tényezők, amelyek mérhetők, számszerűsíthetők, így a szabvány alapján könnyebben megállapítható az adott szempont szerinti megfelelőség. Ilyenek például a talpfák méretei, amelyek meghatározott tűrések közötti tartományban fogadhatók el. Hasonlóan megítélhető a fagömbösség, vetemedés, csavarodás, teknősödés, évgyűrűszélesség, rostlefutás vagy például a gyártás során keletkező benyomódások mértéke. Vannak azonban olyan fahibák, amelyek a minősítéskori nem megfelelő hozzáértés hiányában, a vasúti pályába beépítésre kerülve, az élettartam, vagy a csökkent szilárdság következtében komoly problémát okozhatnak. Ezek közül emelnénk ki néhányat, amelyek a leggyakoribbak a gyártás folyamán, illetve a beépítés után. Ezek az anyagvizsgálatoknak egy olyan módszerét igénylik, amelyek általában nem kivitelezhetők sem helyszíni, sem laboratóriumi műszeres mérésekkel.

2. Alkalmazott fajok

Valójában a vasúti talpfa gyártásának első lépése már az erdőben megkezdődik a fajok kiválasztással. Széldöntött, hó- vagy jégtörés által károsított, villámsújtott alapanyag nem használható fel. A szabvány az 1. táblázatban található, hazánkban beépítésre kerülő fajokot ajánlja.

A fajok beazonosítása szakértő szemet kíván, mivel a fűrészüzemekben történő minősítés alkalmával nincs lehetőség laboratóriumi vizsgálatokra, illetve az alkalmanként átnézendő több ezres darabszám sem teszi ezt lehetővé.

1. táblázat: Szabvány által ajánlott fafajok

Botanikai név	Magyar név
Európai keménylombosok	
Quercus robur	Kocsányos tölgy
Quercus petraea	Kocsánytalan tölgy
Quercus pubescens	Molyhos tölgy
Fagus sylvatica	Közönséges bükk

Fűrészáru esetében ez a felületi minőségnek köszönhetően még nehezebb, mint mondjuk egy bútor vagy dísz tárgy esetén. Különös figyelmet igényelnek a tölgyek (1. ábra), mivel a fahasznosítás szempontjából el kell különíteni a csertölgyet az úgynevezett nemestölgyektől. A csertölgyek természetes tartóssága messze elmarad a nemestölgyekétől, ezért faalként való alkalmazása kerülendő.



1. ábra: Csertölgy (balra) és nemestölgy (jobbra) hosszszelvénye

3. Repedések

A telítés megfelelően előkészített talpfa esetében végezhető csak el a kívánt mértékben, ami elsősorban a nedvességtartalomra vonatkozik. Ha a faanyag sejtüregei vízzel vannak telítve, akkor oda nem lehet a védőszert bejuttatni, ezért előzetesen szárítani kell azt. A szárítás sebessége sem mindegy, mert a túl gyors száradás különböző deformációk és nagyméretű repedések keletkezéséhez vezet. A túl hosszú ideig tartó természetes szárítás – időjárás-tól függően – pedig lehetővé teszi a korhasztó gombák megtelepedését.

A száradás természetes velejárója a repedés. Amennyiben ez nem látható a faanyagon, akkor valószínűsíthető, hogy még túl magas a nedvességtartalma. A repedések különböző okokból alakulhatnak ki. Lehet száradás eredménye, de akár a fagy hatására létrejövő repedés is. Annak megítélése, hogy ez milyen folyamat eredményeképpen jött létre, és az mennyire befolyásolja a beépítendő talpfa szilárdságát és élettartamát, azt a szemrevételező szakembernek kell eldöntenie minden egyes darabnál (2-3. ábra).

4. Göcsösség

A fahibák nélkülözhetetlen velejárói a faanyagoknak. Több szempontból is károsak lehetnek a felhasználás során. Csökkenthetik a talpfák szilárdságát, élettartamát, vagy megnehezíthetik beépíthetőségüket.

Agöcsösség az egyik leggyakoribb és a legfontosabb fahiba, ami valójában az ágak fatestben maradó részét jelenti.



2. ábra: Elfogadható száradási repedések a keresztmetszeten



3. ábra: Nem elfogadható gyűrűs elválás a keresztmetszeten

Egészségi szempontból lehetnek egészségesek, korhadtak, illetve a kettő közti átmenet (4. ábra). A normál fatesthez való kapcsolódás szempontjából pedig a két végét a jól benőtt, illetve a kieső göcs. A göcsök a talpfák szilárdsági tulajdonságait jelentősen ronthatják, illetve gombakárosított ághely esetében fertőzési gócpontnak számítanak. Annak megítélése, hogy a szilárdság és élettartam szempontjából elfogadható-e még a talpfában lévő göcs, a szemrevételezés során kerül megállapításra. Ennél a fahibánál is nehezíti a megítélést az, hogy két egyforma ághely, a méretét, alakját, talpfában elhelyezkedő helyét, egészségi állapotát tekintve nincsen.



4. ábra: Egészséges göcs telített (balra) és korhadt göcs (jobbra) telítetlen tölgy váltóaljon

5. Védőszeres telítés utáni vizsgálatok

A fafajokra összességében elmondható, hogy természetes állapotukban, illetve védőszerkezelés után el kell érniük a tartósságra vonatkozó szabvány megfelelő osztályú besorolását. A talpfák és váltóaljakon a faanyagvédőszer behatolási mélységét ellenőrizni kell. Ennek legegyszerűbb módja a növedékfűrő használata,

amelynek segítségével olyan kisméretű minta vehető az anyagból, amely nem befolyásolja szilárdsági jellemzőit, illetve minimálisan bontja meg a védőszer által képzett „burkot” a faaljon. A védőszer behatolási mélysége egy növedékcsap segítségével már könnyedén megállapítható (5. ábra). A fatest főbb részei és a fafajok között is nagy szórás mutatkozik a telítési mélységet illetően. A geszt – ami a fatest belső, elhalt része – nem, viszont a szíjács – ami a fatest külső, életfolyamatokban résztvevő része – telíthető védőszerrel. Míg a tölgy esetében csak néhány mm a telítési mélység, addig a bükk esetében ez több cm is lehet. Természetesen ezt minden esetben befolyásolja az alkalmazott telítési technológia.



5. ábra: Növedékcsap telített tölgy váltóaljból

A védőszeres telítés után, beépítés előtt újra ellenőrizni kell a talpfákat elsősorban az alaki megfelelőség szempontjából (6. ábra). A magas nyomáson történő védőszerbevitel és a nedvességtartalom változása olyan hibákat eredményezhet, mint pl. a vetemedés, teknősödés vagy csavarodás. Ezek elsősorban a vasúti pályába való beépíthetőség szempontjából károsak. További problémát jelenthet, hogy a nem megfelelő mélységű telítés után, a repedések mentén a talpfa belső része már nem rendelkezik védelemmel.

6. Összefoglalás

A vasúti pályák felépítményének fontos elemei a talpfák, váltóaljak és hídfák. Biztonsági és gazdaságossági szempontból is az a cél, hogy megfelelő minőségű aljak kerüljenek beépítésre, és minél hosszabb ideig maradjanak a pályában. A talpfák minősítési folyamatában találunk olyan jellemzőket, amelyek meghatározása egyértelmű, mint például a geometriai méretek. Több jellemző azonban a faanyag inhomogén szerkezetéből adódóan nem számszerűsíthető. Ezek a fahibák jelentős hatással vannak



6. ábra: Telítés utáni görbült tölgy váltóalj (balra), nem megfelelő mélységű telítés utáni repedés (jobbra)

a vasúti faaljak szilárdságára és élettartamára. Annak megítélése, hogy ezek jelentenek-e kockázatot, megfelelő szakértelemmel rendelkező szakemberek tudják csak megállapítani. A minősítés folyamata a megfelelő geometriai méretekre kialakított talpfák egyenkénti szemrevételezésével történik, és a telítőszerrel való kezelés utáni újbóli minősítéssel végződik. A végtermék, és ezáltal a vasúti közlekedés biztonsága csak ennek az anyagvizsgálati módszernek az eredményeként garantálható.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Djarwanto, D., Suprpti, S., Rulliaty, S.: Service Life of Railway Wood Sleepers in Indonesia. Wood Research Journal. 2018/6. pp. 1-7. 10.51850/wrj.2015.6.1.1-7.
- [2] Medvedev, I. N., Parinov, D. A., Shakirova, O. I. Railroad ties produced from modified wood for cold climate regions. 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 392 012064. DOI 10.1088/1755-1315/392/1/012064B
- [3] Fischer, Sz., Eller, B., Kada, Z., Németh, A.: Vasútépítés ("Railway construction" in Hungarian). Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2015. ISBN 978-615-5298-68-4
- [4] MSZ EN 13145:2001+A1:2012: Vasúti alkalmazások. Vasúti pálya. Sí- és váltóalj fából

Kit illet meg az utolsó szó?

Who should have the last word?

Szabó Barna

Washington University in St. Louis, Professor, szabo@wustl.edu;
A Magyar Tudományos Akadémia külső tagja

Kulcsszavak

modellfejlesztés,
törésmechanika,
szimulációk irányítása,
kalibrálás tartománya,
validálás

Keywords

model development,
fracture mechanics,
simulation governance,
domain of calibration,
validation

Absztrakt

A matematikai modellek evolúciós folyamatok termékei. A szimulációk irányításának egyik kulcsfontosságú célja az, hogy akadálymentes környezetet teremtsen és tartson fenn a matematikai modellek szisztematikus fejlesztésére. A matematikai modellek megfogalmazását a repedések terjedésének modelljeivel szemlélítjük a lineáris törésmechanika területén. Egy új modellcsaládot javasolunk, amely várhatóan kibővíti a jelenleg használt modellek alkalmazhatóságát.

Abstract

Mathematical models are products of open-ended evolutionary processes. One of the key objectives of simulation governance is to establish and maintain a hospitable environment for the evolutionary development of mathematical models. The conceptual development of mathematical models is illustrated through models of crack propagation in linear elastic fracture mechanics. A new family of models is proposed that is expected to broaden the scope of the currently available models.

A címben feltett kérdés azoknak szól, akik matematikai modellek megalkotásával foglalkoznak, vagy matematikai modellek felhasználásával kapott adatok alapján hoznak döntéseket. Másképpen fogalmazva, az a kérdés, hogy van-e tökéletes matematikai modell, és ha volna és megtalálnánk, honnan tudnánk, hogy tökéletes modellre találtunk?

A felvetett kérdés azért időszerű, mert matematikai modellek mára nélkülözhetetlenné váltak a műszaki gyakorlatban, továbbá a műszaki és az alaptudományokban is. Fontos tehát tudnunk, hogy milyen feltételek mellett indokolt az, hogy higgyünk a matematikai modellek előrejelzéseiben. Ezzel kapcsolatban megemlíti David Hume¹ egyik híres mondását: *“A bölcs ember a hitét a bizonyítékokhoz igazítja”*.

A válasz az, hogy senkit sem illet meg az utolsó szó és nincsenek abszolút tökéletes matematikai modellek sem. A modellek fejlődése egy evolúciós folyamatnak tekinthető. Ahhoz, hogy megértsük miért van ez így, tisztázni kell néhány alapvető fogalmat, nevezetesen: modell-függő realizmus, a modell érvényességének, jóságának megerősítése (validálás) és végül a vonatkozó szimulációs folyamatok szabályozása, irányítása (simulation governance).

A legfontosabb témánkhoz kapcsolódó általános fogalom neve: "modell-függő realizmus" (model-dependent realism). Ez az a filozófiai álláspont, amely szerint a fizikai valóság különböző megnyilvánulásait csak matematikai modellek által ismerhetjük meg. Stephen Hawking a világhírű elméleti fizikus így fogalmazott: *“Én azt a pozitívista álláspontot képviselem, miszerint egy fizikai elmélet csak egy matematikai modell, és értelmetlen azt kérdezni, hogy megfelel-e a valóságnak. Mindössze annyit várhatunk el, hogy az előrejelzései összhangban legyenek a megfigyelésekkel”* [1].

A modell-függő realizmus fogalmát Hawking a következő

példával világította meg: A föld felszíne nem síkba fejthető felület, a földfelszín alakzatait (távolságokat, szögeket, területeket) nem lehetséges torzítás nélkül síkban ábrázolni. A Mercator vetület jó közelítést ad a gömb és az érintő henger érintkezési pontjai körül, de azoktól távolodva növekszik a torzulás mértéke [2]. Hasonlóképpen, a matematikai modellek jó közelítést képesek adni a modellt jellemző paraméterek megengedett intervallumaiban, de azokon túl a közelítés minősége romlik.

Mit értünk matematikai modell alatt? Minden matematikai modell olyan transzformációnak tekinthető, amely a beviteli adatokat (**D**) a kiviteli adatokba (**F**) transzformálja. Az (1) kifejezésben a jobbra mutató nyíl azon műveletek összességét jelzi, amit matematikai modellnek nevezünk. A nyíl alatt álló **p** azt hangsúlyozza, hogy a műveleteket a műveletek eredményét meghatározó paraméterek jellemzik. Ezeket a paramétereket kalibrációs mérések alapján állítjuk be.

$$(\mathbf{D}, \mathbf{l}) \xrightarrow{\mathbf{p}} \mathbf{F}, \quad (\mathbf{D}, \mathbf{p}) \in \mathbb{C} \quad (1)$$

Matematikai modellek megfogalmazása során általánosan elfogadott összefüggéseket és kiegészítő hipotéziseket alkalmazunk. Ezek alapján a modell előrejelzéseit megfelelő kísérletekkel vagy megfigyelésekkel ellenőrizzük, és a kiegészítő hipotéziseket szükség szerint módosítjuk. A kiegészítő hipotézisek megfogalmazása kreatív tevékenység, mivel a kiegészítő hipotézisek függenek a megfogalmazó sajátos meglátásaitól és szubjektív feltevéseitől is. A fenti kifejezésben álló **l**-vel (ez az **l** az idea szóra utal) azt jelöltük, hogy a transzformáció általában szubjektív elemeket is magában foglal.

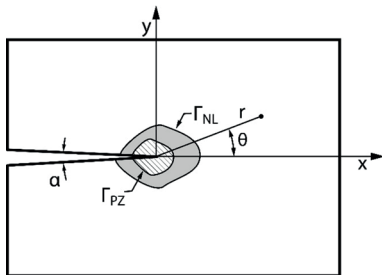
A $(\mathbf{D}, \mathbf{p}) \in \mathbb{C}$ kifejezés pedig azt jelzi, hogy a **D** adatoknak és a **p** paramétereknek bizonyos feltételeket kell kielégíteniük, amelyek a modell megfogalmazásával és a modell beállításával kapcsolatosak.

¹ Skót filozófus (1711-1776).

Példa: lineáris törésmechanika

A fentiekben megfogalmazottakat a lineáris törésmechanika példáján keresztül illusztráljuk. A cél egy rugalmas testben létező repedés hosszának becslése egy adott nagyciklusú, periodikusan ismétlődő terhelés ciklusszámának függvényében. Adva vannak a geometriai méretek és anyagtulajdonságok.

A modell megfogalmazása a következő megközelítéson alapszik: Tekintsünk egy olyan lemezalakú testet, amelyben éles bevágás van, lásd az 1. ábrát. Terhelés esetén a csúcspont (az origó) környékén nem alkalmazhatók a lineáris rugalmasságtan egyenletei, mivel nagy (és részben képlékeny) lesz az alakváltozás. Lehetséges továbbá, hogy még a kontinuummechanika nagy alakváltozásokat figyelembe vevő egyenletei sem alkalmazhatók, mivel kis repedések is keletkezhetnek, illetve terjedhetnek el. Ezt a tartományt Γ_{PZ} jelöli, ahol a PZ betűpár az angol "process zone" rövidítése. A Γ_{PZ} és a Γ_{NL} közötti szürkével árnyékolt tartományon még érvényesek a kontinuummechanika egyenletei, de a lineáris rugalmasságtan egyenletei már nem. Az alapvető feltevés az, hogy a Γ_{NL} -re felírt lineáris rugalmasságtan egyenleteinek megfelelő peremértékek meghatározzák az azon belüli nemlineáris alakváltozásokat, és azokon keresztül a Γ_{PZ} által határolt tartományon végbemenő irreverzibilis folyamatokat is.



1. ábra: Lemez alakú test éles bemetszéssel. Jelölések.

A bemetszés csúcspontjának környékén a feszültségmező kielégíti a kétdimenziós rugalmasságtan egyenleteit és a bemetszés peremfeltételeit: az utóbbiak szerint zérus a bemetszésen ható normál- és nyírófeszültségek értéke és a feszültségmezőt a következőképpen adhatjuk meg:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^{\infty} c_i r^{\lambda_i} \begin{Bmatrix} \phi_x^{(i)}(\theta) \\ \phi_y^{(i)}(\theta) \\ \phi_{xy}^{(i)}(\theta) \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

ahol λ_i sajátértékeket, $\phi_x^{(i)}$, $\phi_y^{(i)}$, $\phi_{xy}^{(i)}$ pedig sajátfüggvényeket jelöl [3].

A lineáris törésmechanikában zérus a bemetszés az ábrán α -val jelölt szöge, a sorfejtés első tagjának c_1 együtthatója a feszültségintenzitási tényezővel arányos, míg $\lambda_1 = -1/2$. Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban feltételezzük, hogy az x tengely a feszültségmező

szimmetria tengelye.

A lineáris törésmechanika alapvető feltevése az, hogy a (2) egyenletben az első tag kivételével a feszültségmező sorba fejtésének minden tagját elhanyagolhatjuk. Ez azt eredményezi, hogy a Γ_{NL} -en ható peremértékeket a sorfejtés első tagja határozza meg.

Első pillantásra talán hihetetlennek hangzik, hogy a (2) egyenletben csak az első tag szükséges ahhoz, hogy a repedés csúcs környékén zajló komplikált nemlineáris jelenségekből adódó repedéshossz változás értékét meghatározzuk. Ennek az a magyarázata, hogy a $\lambda_1 = -1/2$ sajátérték kivételével a többi λ_i mindegyike pozitív (lásd például [3]). Ezért amikor az r sugár zérushoz tart, akkor az első tag kivételével minden tag ugyancsak zérushoz tart, míg az első tagnak végtelen a határértéke. Tehát az is szükséges, hogy Γ_{NL} -t magába foglaló legkisebb kör átmérője megfelelően kicsi legyen.

Paul Paris² nevéhez fűződik az úgynevezett Paris törvény (Paris law) [4]:

$$\frac{da}{dN} = C(K_{\max} - K_{\min})^m, \quad a_1 \leq a \leq a_2 \quad (3)$$

ahol a jelöli a repedés hosszát, N a ciklus-szám, $K_{\max}$ és $K_{\min}$ a feszültségintenzitási tényező maximuma és minimuma, C és m pedig mérésekkel meghatározott anyagállandók. Lásd ugyancsak [5]. Az $a_1 \leq a \leq a_2$ feltétel azért szükséges, mert a C és m anyagállandók csak a modell beállításánál használt repedéshosszokra, vagyis a kalibrációs tartományra érvényesek.

A (3) egyenlet kapcsolatot létesít a lineáris rugalmasságtan egyenleteiből számítható feszültségintenzitási tényező (K) és a repedéshossz növekedési sebessége között. Ha mindkét oldal logaritmusát vesszük, akkor látható, hogy $\log(da/dN)$ a $\log(K_{\max} - K_{\min})$ változó lineáris függvénye. A modellfejlesztés terminológiájában a Paris törvény egyike a lehetséges kiegészítő hipotéziseknek, amely számos kísérleti eredmény alapján érvényesnek tekinthető a vonatkozó kalibrációs tartományokon belül.

A Paris törvénynek több változata létezik, lásd például [6-7]. Walker [8] a következő változatot javasolta:

$$\frac{da}{dN} = C(K_{\max}(1-R)^{\gamma})^m, \quad (4)$$

ahol $R = K_{\min}/K_{\max}$ a terhelés aszimmetria tényezője (cycle ratio) és γ egy mérésekkel meghatározott anyagállandó. Helikoptereket jellemző terhelési ciklusok esetén például 0,2 és 0,36 között van az R értéke [9]. Az $R = 0$ és $\gamma = 0$ esetekben nincs különbség a 3. és 4. egyenlet között.

Valójában, az a megszorítás, hogy $\log(da/dN)$ és $\log(K_{\max}(1-R)^{\gamma})$ között lineáris összefüggés áll fenn,

² Amerikai mérnök professzor (1930-2017).

nem szükséges. Bevezetve a

$$x = \log_{10} \left(K_{\max} (1-R)^{\gamma} \right),$$

$$y = \log_{10} \left(\frac{\Delta a}{\Delta N} \right), \quad (5)$$

$$y = f(x)$$

jelöléseket, a repedés hosszának növekménye ciklusonként (vagyis $\Delta N=1$) a következőképpen írható:

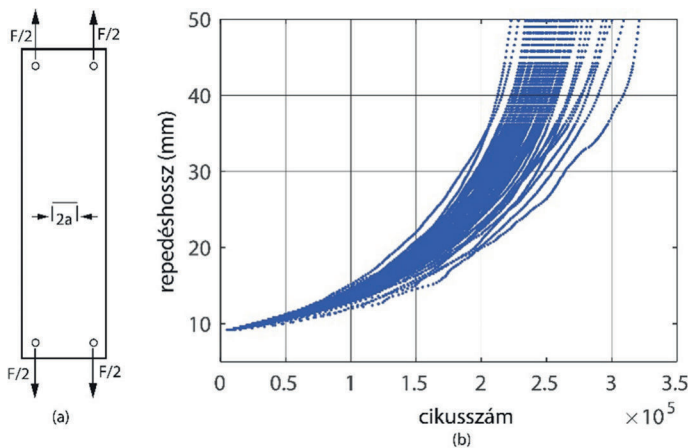
$$\Delta a = 10^{f(x)}. \quad (6)$$

Elegendő tehát a kísérleti úton meghatározott (a_i, N_i) , $i = 1, 2, \dots, m$ adatokból és $K_{\max}$, R és γ már ismert értékeiből kiszámítani a $\Delta a_i / \Delta N_i$ hányadosok értékeit, továbbá az azokhoz tartozó $K_{\max}^{(i)} (1-R^{(i)})^{\gamma}$ értékeket. Ezek az adatok meghatározzák az

$$x_i = \log_{10} \left(K_{\max}^{(i)} (1-R^{(i)})^{\gamma} \right) \text{ és } y_i = \log_{10} (\Delta a_i / \Delta N_i)$$

értékeket. Ezekből az adatokból megkapjuk az $f(x)$ függvényt. Legegyszerűbb feltételeznünk, hogy az $f(x)$ jól közelíthető polinomokkal, melyekre nézve a legkisebb négyzetek módszerét használjuk az ismeretlen együtthatók meghatározására.

Számpéldánkban Virkler [10] adatait használjuk az előzőekben bevezetett modell felépítésére. A felhasznált adatok hatvannyolc 2024-T3 alumíniumötvözetből készült próbatest törésmechanikai vizsgálatának az eredményei. A próbatestek 0,1 inch (2,54 mm) vastag, 22,00 inch (558,8 mm) hosszú és 6,00 inch (152,4 mm) széles, középben repedt panelek voltak. A próbatestek alakja a 2(a) ábrán látható.



2. ábra: a) a próbatestek alakja; b) mért adatok

Az állandó amplitúdójú terhelés maximuma 5,25 kp (23,35 kN), minimuma 1,05 kp (4,67 kN), a terhelés frekvenciája 20 Hz volt. Az a-val jelölt fél repedés hossz kezdeti értéke 9,00 mm, végső értéke 49,80 mm volt. Ebben az intervallumban mindegyik próbatest ciklusszáma 164 pontban adott. Ez azt jelenti, hogy összesen $68 \times 164 = 11\,152$ mérési adat állt rendelkezésünkre, lásd a 2(b) ábrát.

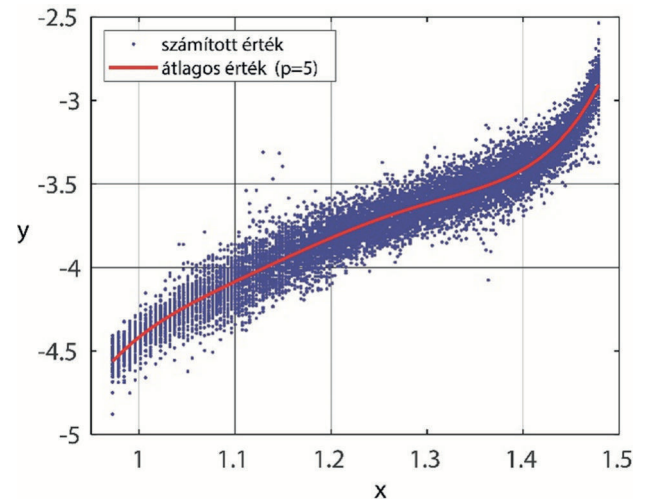
Virkler az átlagos mérési hibát 0,00141 mm-re, a terhelés hibáját 0,2 %-ra becsülte. Tekintve, hogy az $f(x)$ függvény meghatározásában a repedés hosszak különbségeit osztjuk a ciklusszámok különbségeivel, a mérési hibák növelik a számított adatok szórását.

A számértékek tekintetében figyelembe kell venni, hogy megtartottuk Virkler tanulmányában használt egységeket, ahol K szokásos amerikai mérték egységeiben (ksi $\sqrt{\text{in}}$), míg a repedés hossz mm-ben adott.

Az adatokból számított (x_i, y_i) értékpárokat a $\gamma = 0$ esetén a 3. ábra szemlélteti. Az átlagértékeket a legkisebb négyzetek módszerével határoztuk meg. Ez megfelel annak a feltevésnek, hogy $y(x)$ normál eloszlást követ, amelynek ötödrendű polinommal közelített átlagértéke:

$$\bar{y}(x) = 397,8x^5 - 2369,5x^4 + 5631,1x^3 - 6676,9x^2 + 3953,8x - 940,83 \quad (7)$$

és szórása: $s=0,0956$. Ez sok lehetséges és plauzibilis statisztikai modell egyike, formailag pedig a legegyszerűbek közé tartozik.



3. ábra: Adatokból számított értékek és azok átlagos értékei

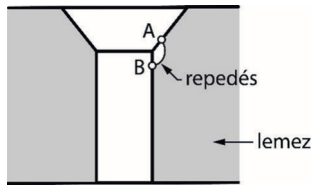
Mellőzve a részleteket megjegyezzük: megvan annak is a lehetősége, hogy adott terhelési ciklus és kezdeti repedés hossz ismeretében meghatározzuk, mekkora annak a valószínűsége, hogy a repedés hossz egy előre megdott intervallumban legyen. Ez a lehetőség feltétlenül szükséges a matematikai modellek prediktív teljesítményének kiértékeléséhez, továbbá a modellek jóságának, érvényességének ellenőrzéséhez (a validáláshoz) [11].

Korlátok

Az (1) egyenletben szerepel a $(D, p) \in \mathbb{C}$ kifejezés, amely azt jelzi, hogy a D adatoknak és a p paramétereknek bizonyos feltételeket kell kielégíteniük. Példánk esetében, a Virkler adatokat használtuk a modell (7) egyenletben lévő paramétereinek meghatározására. A kalibrálás tartománya (C) meghatározza az anyagot (2024-T3 alumíniumötvözet), az alkalmazási területet (lemezek), a terhelési módot (síkban ható megoszló terhelés), a terhelés

mértének felső határát, valamint a repedéshossz és a vastagság arányát $a/t \geq 3,5$. Ezekon a korlátokon belül a modell érvényesítettnek vehető.

Matematikai modellek alkalmazásában a leggyakrabban előforduló hibák a $\mathbb{C}$ -vel jelölt tartományban lerögzített korlátok túllépésével kapcsolatosak. A törésmechanikában különösen gyakori hiba az, ha a kalibrált repedéshosszaknál sokkal kisebb méretű repedésekre történik az alkalmazás. A repülőgépiparban például nagyon fontos a kisméretű kezdeti repedések vizsgálata. Erre a 4. ábrán látható egy példa. Ebben a példában a repedésfront-közei feszültségmező egészen más jellegű, mint a kalibrálás során használt próbatestben. Az eltérés fokozott mértékben jelenik meg az A és B jelű metszéspontok környékén.



4. ábra: Példa: kisméretű kezdeti repedés

Általánosítások

A Paris törvény kétdimenziós feszültségmezőkre vonatkozik. Tekintve, hogy minden test háromdimenziós, beleértve a kalibrálásnál használt próbatesteket is, fennáll az a hallgatolagos feltételezés, hogy háromdimenziós feszültségmezőket elegendő pontossággal közelíti a repedésfront mentén a (2) egyenlet, amelyben a repedésfront-menti változót s -el jelölve: $a_i = a_i(s)$. A törésmechanikában ez az általánosan elfogadott feltevés egyike. A gyakorlat azt mutatja, hogy ez a feltevés, a repedésfront végpontjaihoz közeli pontoktól eltekintve, valóban indokolt. A repedésfront végpontjaiban viszont a feszültségmező radikálisan eltér a kétdimenziós feszültségmezőktől. Ezekben a pontokban a feszültségintenzitási tényező valószínűleg zérus, bár ez a feltevés elméletileg mindeddig tisztázatlan maradt.

A K feszültségintenzitási tényező összefüggést létesít a lineáris rugalmasságtan egyenleteinek megoldásából származó feszültségmező és az 1. ábrán bejelölt nemlineáris zónában végbemenő mechanikai folyamatok között. A két térdimenzióban $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ a K mértékegysége. Három térdimenzióban a repedésfront mentén a végpontokat közelítve a feszültségmező egyre inkább eltér a kétdimenziós mezőtől és a végpontokban a K -nak megfelelő együttható mértékegysége már nem $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$. Ezért három térdimenzióban elvi nehézségekbe ütközik a K értelmezése.

A fent vázolt nehézség elkerülése végett bevezetünk egy funkcionált, amely számítható a háromdimenziós lineáris rugalmasságtan egyenleteiből származó feszültségmezőből, és két dimenzióban arányos a feszültségintenzitási tényezővel. Legyen

$$P_{\alpha\lambda\rho} = \frac{1}{\rho^\alpha V_c} \int_{\Omega_c} |x|^\alpha \sigma_1^\lambda \sigma^{-1-\lambda} dx dy dz, \quad a \geq 0, \quad 0 \leq \lambda \leq 1, \quad \rho > 0 \quad (8)$$

a kérdéses funkcionál. Ebben az x a helyvektort jelöli egy olyan koordináta-rendszerben, melynek origója a repedésfront egy tetszőleges pontja és a koordináta-rendszer úgy helyezkedik el, hogy az x tengely merőleges a repedés frontjára, az y tengely merőleges a repedés síkjára vagy annak érintő síkjára, továbbá σ_1 az első főfeszültséget, σ a von Mises-feszültséget jelöli, és az α , λ és ρ mind beálítható paraméterek. Az integrálás tartománya:

$$\Omega_c = \{x \mid \sigma_1(x) > 0, |x| < \rho\}, \quad V_c = \int_{\Omega_c} dx dy dz. \quad (9)$$

A fenti definíció azon az elgondoláson alapszik, hogy a lineáris megoldásnak megfelelő főfeszültség és a von Mises-feszültség szorzatának súlyozott átlaga közötti kapcsolat legalább olyan jól meghatározza a Γ_{PZ} -n belüli folyamatokat, mint a K . Ezt a feltevést mérési adatok alapján természetesen érvényesíteni kell.

Kétdimenziós feszültségmező esetén $\lambda = 1$, $\alpha = 1/2$. A feszültségintenzitási tényező és a $P_{\alpha\lambda\rho}$ közötti összefüggést a következő képlet adja meg:

$$K = \frac{\pi\sqrt{2\pi}}{3} \lim_{\rho \rightarrow 0} (\sqrt{\rho} P_{\alpha\lambda\rho}). \quad (10)$$

Ez azt jelenti, hogy a már meglevő da/dN és ΔK közötti összefüggések kis változtatással érvényesek maradnak a da/dN és $\Delta P_{\alpha\lambda\rho}$ közötti összefüggésekre is. A $P_{\alpha\lambda\rho}$ kifejezés jelentős előnye az, hogy áttekinthető értelmezést ad a háromdimenziós repedésfrontok minden pontjára nézve, továbbá kiterjeszthető az éles bemetszések eseteire is.

Természetesen az előzőekben bevezetett $P_{\alpha\lambda\rho}$ funkcionál egyike a sokféle választási lehetőségnek. A prediktor és a statisztikai modell megfogalmazása intuíción és tapasztalatokon alapul. Objektív módszerek vannak alternatív megfogalmazások relatív teljesítményének kiértékelésére. Az alkalmazott matematikai modellek evolúciós folyamatok eredményeként jönnek létre és fejlődnek ki mind az alaptudományokban, mind pedig a műszaki tudományokban is [11].

Előretékinés

A több mint hatvan évvel ezelőtt megfogalmazott Paris modell (Paris law) egy evolúciós folyamat első stádiumába sorolható. Bizonyos megszorítások figyelembevételével érvényesítettnek tekinthetjük a kalibrálás tartományán belül (amit $\mathbb{C}$ -vel jelöltünk). A probléma az, hogy a műszaki gyakorlatban igény van olyan alkalmazásokra, amelyek jóval kívül esnek a Paris modell megfogalmazásában feltételezett kétdimenziós feszültségmező korlátain és a kalibrálás tartományán. A 4. ábrán látható kis repedés egy példája ennek. Az azon estekre vonatkozó alkalmazások, melyekre nézve a maradó feszültségek is befolyásolják a repedések kialakulását és terjedését, ugyancsak kívül esnek a Paris modell bevezetése során alkalmazott feltevéseken, azaz nem alkalmazható rájuk a Paris modell.

A matematikai modellek fejlesztése nyílt folyamat, amely függ egyrészt a szakemberek kreatív elgondolásaitól,

másrészt a rendelkezésükre álló adatoktól. Idővel mindkét területen fejlődés várható. **Ez indokolja azt az állításunkat, hogy senkit sem illet meg az utolsó szó.** Mindig lesz lehetőség arra, hogy új adatok és új elgondolások alapján fokozzuk a modellek prediktív teljesítményét, bővítsük a kalibrációk tartományát, hatásosabb modelleket fogalmazzunk meg.

Ipari szinten szükség lenne olyan szervezeti keret létrehozására, amely a matematikai modellek szisztematikus fejlesztését és tesztelését tekintené fő céljának. A szimuláció irányításának kulcsfontosságú feladata, hogy barátságos környezetet hozzon létre és tartson fenn a matematikai modellek megbízhatóságának és prediktív teljesítményének folyamatos fejlesztésére [12-13].

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond Eric J. Tuegel professzornak a Virkler adatállományhoz való hozzáférés biztosításáért.

Hivatkozások

- [1] Stephen Hawking, Roger Penrose: A tér és az idő természete. Talentum Tudományos Könyvtár, Budapest, 1996.
- [2] Stephen Hawking, Leonard Mlodinow: A nagy terv, Akkord Kiadó, Budapest, 2011.
- [3] Szabó B., Babuška I.: Finite Element Analysis. Method, Verification and Validation. 2nd edition. John Wiley & Sons Inc. Hoboken NJ 2021.

- [4] Paris P. C., Gomez M. P., Anderson W.E.: A rational analytic theory of fatigue. The Trend in Engineering, 13(1), 9-14, 1961.
- [5] Tóth L.: A törésmechanika alapelvei. <https://mek.oszk.hu/01100/01190/>
- [6] Tóth L., Yarema, S. Y. Formation of the science of fatigue of metals. Part 1. 1825–1870. Mater Sci. 42, 673–680, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11003-006-0132-3>
- [7] Tóth L., Romvári P., Nagy Gy.: Adalékok a fáradt repedés terjedési sebességét leíró összefüggésekhez, Gép 33, 325-333, 1980.
- [8] Walker K.: The effect of stress ratio during crack propagation and fatigue for 2024-T3 and 7075-T6 aluminum. In: Effects of Environment and Complex Load History on Fatigue Life, ASTM STP 462, pp. 1–14, 1970. DOI: 10.1520/STP32032S
- [9] Khosrovaneh A. K., Dowling N. E., Berens A. P., Gallagher J. P.: Fatigue life estimates for helicopter loading spectra. NASA Langley Research Center CR-181941, December 1989.
- [10] Virkler D. A., Hillberry B. M., Goel P. K.: The statistical nature of fatigue crack propagation. Transactions of the ASME - Journal of Engineering Materials and Technology. Vol. 101, pp. 148–153, 1979.
- [11] Szabó B., Babuška I.: Methodology of model development in the applied sciences. Journal of Computational and Applied Mechanics, Vol. 16, No. 2, (2021), pp. 75-86 DOI: 10.32973/jcam.2021.005
- [12] Szabó B., Actis R.: Simulation governance: Technical requirements for mechanical design. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 249–252 158–168, 2012.
- [13] Szabó B., Actis R.: Planning for simulation governance and management. Bechmark. July 2021



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA
HIRDESSZEN NÁLUNK!

**Érje el a szakmai partnereit,
leendő ügyfeleit!**

Hirdessen
az Anyagvizsgálók Lapjával!

Lehetőséget biztosítunk
a nyomtatott kiadványban,
honlapunkon,
vagy a közösségi médiában
hirdetéseinek megjelenítéséhez.

Egyedi árajánlatért írjon az alábbi e-mail címre:

avilap.szerk@gmail.com



Szerkezetintegritási és roncsolásmentes vizsgáló szakmérnök képzése

II. évfolyam

2nd Special Course on „Structural Integrity and Non-destructive Testing” has been finished

Újabb évfolyam szerveződött hazánk unikális és egyben interdiszciplináris képzésére. Ha nagyon leegyszerűsítjük a képzés célját, akkor az mondható, hogy a cél olyan specializáció elérése, amely a következő kiegészítő kompetenciákkal várja fel a mérnököket:

1. Mit kell tenni a már évtizedeket üzemelt mérnöki szerkezetek biztonságának és még adott időtartamig történő biztonságos üzemeltethetőségének megítéléséhez?
2. Milyen roncsolásmentes vizsgálati eljárást válasszunk a szerkezetekben található eltérések detektálásához?
3. Hogyan, milyen módszerekkel értékelhetők az eltérések szerepe az üzemeltetés biztonságának megítélésében?
4. Hogyan és milyen eszközökkel modellezhetők az üzemi viszonyok és ezek hatása a beépített anyagok károsodási folyamataira?

Az első, 2020/21-es évfolyam tapasztalatait közkinccsé tettük¹. Most, 2023. január 19-én újabb 13 fő tett sikeres államvizsgát, megvédve önállóan összeállított szakdolgozatukban felsorakoztatott eredményeiket.

A korábbi gyakorlatnak megfelelően kértük a hallgatókat, hogy név nélkül mondják el érzéseiket, jó és rossz tapasztalataikat, amelyekkel a jövőben segíthetjük szakmai és marketing tevékenységünket. A felmerülő gondolatokat igyekeztünk keretek, kérdések köré csoportosítani, annak érdekében, hogy azon problémákra nagyobb hangsúlyt fordítsunk a jövőben, amelyek általánosnak tekinthetők. A feldolgozás tapasztalatait, a véleményeket így kérdésenként foglaljuk össze azzal a megjegyzéssel, hogy a válaszok a „lakonikusan rövid”-től és a „részletesen alátámasztott”-ig terjedtek.



A sikeres államvizsga utáni pillanatok

1. Hogyan szerzett tudomást e szak meghirdetéséről?

- „Az egyetem honlapjáról.”
- „A Debreceni Egyetem Műszaki Karának honlapján és Facebook hirdetésében találkoztam először ezzel az új képzéssel, de a helyi rádióadásokban is szóltak a Műszaki Kar és a MAROVISZ megállapodása alapján induló új képzésről.”
- „Kollégák hívták fel a figyelmemet rá.”
- „Érdekelt a témakör a munkám miatt és a tanulmányok folytatásában támogatók között a jelenlegi cégem is szerepelt. Szerettem volna szakmérnöki diplomát szerezni, és utánanéztem a képzéseknek a témában, akkor láttam, hogy a Debreceni Egyetem is szervez ilyen kurzust és gondolkodás nélkül jelentkeztem.”
- „Az internetről.”
- „Az első, korábbi csoport tagjától, aki még a COVID járvány ellenére is tudott jót mondani a képzésről.”
- „Ott szeretném kezdeni, hogy engem egy személyes találkozó indított el abba az irányba, hogy hasznos lenne ismét beülni az iskolai padba. A találkozást Eger városában, egy roncsolásmentes anyagvizsgálói konferencián éltem át. Tanár Úr tartotta az előadását, és a képzés népszerűsítésén fáradozva, érdekes párhuzamot vont a hegesztőmérnök és a roncsolásmentes anyagvizsgáló szakmérnök képzés között. Talán ismét szóba került Répcelak, és

az ott történt tragédia, ami felhívta a figyelmét a szakma képviselőinek, hogy bizony komoly lemaradásban vagyunk, lépni kell, ha fel akarunk zárkózni a fejlett nyugati országok iparához, ill. ha hasonló ipari tragédiákat el akarunk kerülni a jövőben.”

2. Miért választotta ezt a témakört?

- „Hegesztőmérnökként és roncsolásmentes anyagvizsgálóként szerettem volna az elméleti ismereteimet elmélyíteni, aktuális, korszerű képzésben részt venni ezen a szakterületen.”
- „A tanárok, oktatók személye is garancia volt a magas színvonalú képzésre, egyben hiánypótló ismeretek a hazai műszaki felsőoktatásban.”
- „Ebben a munkakörben dolgoztam és most is kapcsolódik a munkakörömhöz.”
- „Roncsolásos anyagvizsgáló mérnök vagyok, arra gondoltam, ezzel kiegészíthetem a tudásomat.”
- „Mert kapcsolódik a munkakörömhöz.”
- „Tervezőként az anyag kiválasztás (megválasztás) és roncsolásmentes vizsgálat eléggé a „levegőben lógott”, így ezek beillesztését tevékenységembe hasznosnak reméltem.”
- „Gyakorló hegesztőmérnökként, nem egyszer találtam magam abban a kellemetlen szituációban, hogy a konstrukcióval

¹ Anyagvizsgálók Lapja. 2021/III. 66-68. old.: https://avilap.hu/view_article.jsp?article=1221 (Megtekintés: 2023.03.06.)

egyetemben döntést kellett hoznunk egy feltárt eltérésről, indikációról. Munkahelyemen minden osztály persze addig elemezgette a hibát, amíg az egy másik osztály felelőtlen műszaki hozzá nem értésére volt visszavezethető. Szóval addig tettük fel egymásnak a kinosabbnál kinosabb kérdéseket, míg a másik bele nem unt. Érdemi válaszok, strukturált műszaki megoldás nem érkezett.”

3. Milyen ismereteket várt el a képzéstől?

- „A törésmechanika, a károsodások elemzése és a roncsolásmentes vizsgálati területeken szerettem volna a legújabb ismereteket, módszereket elsajátítani. A végeselemes modellezés mára már megkerülhetetlen lett a mérnöki gyakorlatban, ez számomra teljesen új ismereteket adott.”
- „Én inkább a roncsolásmentes anyagvizsgálati oldal technológiáinak megismerését vártam.”
- „Nem volt prekonceptióm. Érdekes, a műszaki látókörömet szélesítő képzést vártam. A munkám során meglévő hibaanalízis feladatkörhöz szerettem volna új szempontrendszert, háttéranyagokat megismerni. Ki akartam kerülni a szokásos komfortzónámból.”
- „Azt, hogy megkapjam a roncsolásmentes vizsgálatok módszereinek áttekintését, betekintést nyerjek számos tudományág világába (törésmechanika, vizsgálati eljárások, szerkezetintegritás). Ezen a területen szeretném magam tovább fejleszteni, az ehhez szükséges ismereteket maradéktalanul megkaptam a nemzetközileg is elismert professzoroktól.”
- „Anyagvizsgálati módszereket, újdonságokat szerettem volna mélyebben megismerni.”
- „Olyanokat, ami egy tervezői területen biztosabb mozgást, érzést segít elő.”
- „A konferencián a Tanár Úr azt ígérte, a tervezett képzés olyan ismereteket fog nyújtani, amelynek segítségével a berendezések biztonsága alaposabban megítélhető. A mondat valahogy így hangzott: „Mi, Debrecenben olyan mérnököket képzünk, akik a megszerzett tudással képesek lesznek felelősségteljes döntést hozni egy szerkezet élettartamáról, üzemben tartásának kockázatáról.”

4. Mivel szeretné kiegészíteni a képzést?

- „Bővebb anyagismereti, metallográfiai ismeretekkel és a roncsolásos vizsgálatokkal.”
- „Amennyiben lehetséges, akkor „élő-üzemi” roncsolásmentes vizsgálatok bemutatása, valamint roncsolásos laborban való törésmechanikai vizsgálatok végzése, vagy bemutatásokkal történő szemléltetése lenne hasznos.”
- „Véleményem szerint a hibaanalízis, károsodás elemzések és ehhez kapcsolatos anyagvizsgálatok nem eléggé hangsúlyosak. Legalábbis nekem hiányzott.”
- „Például több gyakorlati témával, készülékismeret kialakítására irányuló kurzusokkal, gyár/üzemlátogatásokkal (pl. Paks, MOL finomító stb.)”
- „Anyagtudományi ismeretekkel, gyakorlati, életszerű számítási példák kidolgozásával, levonható következtetések megfogalmazásával.”
- „Mi van, akkor ha” kérdések megfogalmazásával és megválaszolásának módzataival szinte minden érintett témakörben.”

- „Nem állítom, hogy érdemben hozzá tudnék szólni a paksi atomerőmű üzemidő meghosszabbításának műszaki dokumentumaihoz, de legalább kaptam egy átfogó képet, hogyan készülnek ezek, milyen eszközök, módszerek, műszaki irányelvek segítik a döntéshozók munkáját.”

5. Mit tartott felesleges ismereteknek?

- „A matematikai tárgyakat, esetleg egy félévbe sűríteni és helyette más szakmai tárgyat indítanék.”
- „Túl sok elméleti síkú károsodási tananyag volt, amelynek a feldolgozása nehezen kivitelezhető, ha nem lehet társítani hozzá gyakorlatot. Ezen elméletek megértéséhez szükséges olyan gyakorlati bemutató, amivel illusztrálni lehet egy káreseményt.”
- „Számomra nem volt ilyen terület, témakör.”
- „Aszak elvégzése során nem tartottam semmit sem feleslegesnek.”
- „Statisztikai módszerek, Gépi tanulás tantárgyak kisebb óraszám-ban kerülhetne a tantervbe.”
- „Egy újszülöttnak minden vicc új” hozzáállással felesleges ismeretek számomra nem voltak.”
- „Nehéz megítélni a „mi a jó és mi felesleges”, inkább az lehet releváns kérdés, hogy „ki a jó és ki a nem annyira jó előadó”. A témakörök érdekesek.”

6. Mely ismeretek átadását tartotta leghatékonyabbnak és miért?

- „A törésmechanika, a végeselemes szimuláció és a károsodások elemzése volt a leghatékonyabb.”
- „A képzés során látogatást tettünk a TVK káreseményi múzeumában, amely sok újdonsággal szolgált. A káresemények megtörtént valós és nagyon szemléltető példák.”
- „Biztonság, megbízhatóság, kockázat tantárgy és egyes roncsolásmentes anyagvizsgáló előadások (MMM, RTG), illetve a károsodás típusok. A hatékonyság alatt azt értem, hogy sikerült megértenem, valamennyire koherensen kezelve a tantárgyat. Sikerült megértenem egyfajta gondolkodásmódot, ami a szerkezetintegritást illeti. Munkahelyemen végzünk végeselemes számításokat, funkció-tesztet és jelentős konstrukciós kompetenciával is rendelkezünk. Ezeknek a társosztályoknak a munkáját értettem meg jobban, az ő munkájukba láttam bele.”
- „A szakmérnöki oktatás ezen irányát kidolgozó vezető oktatók által tartott előadások során érezhető volt az az átélés, amelyet az iparágban eltöltött munkájuk során építettek fel. Szenvedélyességüknek és szakértelmüknek köszönhetően nagyon hatékony volt az általuk tartott előadás. Egy pillanatra sem unatkoztam óráik során, példáikat a való életből, karrierjükből merítették, hitelesen foglalták össze a különböző eseteket.”
- „Roncsolásmentes anyagvizsgálatok és a törésmechanikai alapismeretek.”
- „Megérttem a törésmechanika helyét, szerepét a szerkezetek biztonságának megítélésében.”
- „Mindannyiunk nagy kedvence volt a „Törésmechanika”, ill. az „Üzemeltethetőség megállapításának mérnöki módszerei”.
- „A törésmechanika megértéséhez, nincs jobb módszer, mint amit az oktatás is követett, végig kell számolni egy adott példát.”

7. Mely témakör/témakörök magyar nyelvű változatát tartja a leggyorsabban kiegészítendőnek.

- „A végeselemes modellezést.”
- „A roncsolásmentes vizsgálattechnológiákban több gyakorlati megközelítésű vizsgálatot lehetne bemutatni. Nagyon jó lehetőség lenne „élet-szerűen”, akár a gyakorlatban bemutatni egy kiemelt fontosságú létesítményben (atomerőmű, finomító).”
- „A roncsolásmentes vizsgálattechnológiákban több gyakorlati megközelítést lehetne fejleszteni.”
- „A törésmechanika. Ez a legérdekesebb része, ugyanakkor – előképzettség híján – ez a legnehezebben követhető, elsajátítható.”
- „Az előadásokon kívül egyfajta jegyzet, tankönyv sokat segített volna több tantárgynál is.”
- „Nem találkoztam ilyennel.”
- „Anyagtudományi ismeretek, gyakorlati, életszerű számítási példák.”
- „Törésmechanika kidolgozott számítási példákkal, gyakorlati alkalmazásokkal és a begyakorláshoz példatárral (ugyanúgy, mint a matematikai tárgyaknál középiskolában).”

8. Milyen gondolatai, ötletei, javaslatai vannak a képzés színvonalának emelésére?

- „Anyagvizsgáló memókként hirdetném meg a képzést, kiegészítve a roncsolásos vizsgálatok elméletével és gyakorlatával. A szerkezetintegritási rész szerintem színvonalas, erősíteném a képzést még a végeselemes modellezés és szimuláció magasabb óraszámával, valamint a roncsolásmentes vizsgálatok gyakorlatával.”
- „Több roncsolásmentes/roncsolásos vizsgálat gyakorlati bemutatása.”

- „Egy kicsit mélyvíznek éreztem egyik-másik tantárgyat. Nyilván az én hibám is, mivel nem volt szakirányú előképzettségem és roncsolásos területéről érkeztem. Ugyanakkor az előadók, tanárok szaktudása kiemelkedő volt.”
- „Nagyon hasznosnak találtam a TVK, kiállításának megtekintését. Ha van rá lehetőség, a jövőben javasolnám a Bay Zoltán Intézet miskolci laborjának a bejárását is. Az „Üzemeltethetőség megállapításának mérnöki módszerei” tárgyban leadott előadás jobban megragadna, ha azt lehetne pár konkrét káreseményhez kötni.”

9. Véleménye szerint megszervezhető-e hazánkban ipari szintű iparágakra fókuszáló hasonló képzés annak figyelembevételével?

- „Szerintem igen, a szervezésbe, oktatásba bele lehetne vonni, az adott terület szakmai szervezeteit (pl. GTE, MAHEG), cégeket, a Magyar Mérnöki Kamarát, a Kereskedelmi és Iparkamarát.”
- „Azt gondolom a képzés anyagi vonzata nem akadályozza olyan ismeretek elsajátítását, amelyeket a piaci szereplőktől lehet megtanulni. Továbbá szükséges olyan kiemelt iparágak képviselőit meghívni, akik ezen ismereteket át tudják adni esetleg a gyakorlati oktatással, bemutatóval egybekötve.”
- „A saját területemből kiindulva szkeptikus vagyok. Többször szerettem volna speciális képzéseken részt venni (pl. alumínium szövetszervezete és vizsgálata, emissziós spektrométeres vizsgálat és elmélet stb.) a saját területünkön, de a képzés sosem indult el, létszámihiány miatt. Szerkezetintegritás témában lehet, hogy biztatóbb a helyzet (az érintett iparágak: kőolajfeldolgozás, erőművek).”
- „Természetesen megszervezhetőnek tartom.”
- „Az ilyen jellegű képzésekre ciklikusan mutatkozik igény (~3-5 évente).”

Végezetül pedig engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy a válaszok közül egy olyan mondatra utaljunk, amely az ilyen kurzusok egy nagyon lényeges szerepét emeli ki.

A folyosói beszélgetések, egymás munkahelyi tapasztalatainak megvitatása, az ország különböző pontjairól érkező mérnök kollegák érdekes történetei, a személyes kapcsolatok mind, mind olyan járulékos pozitív élmény, ami a résztvevőket lelkiében is gazdagítja. Mindenki számára csak ajánlani tudom! (A Nagyerdő, gyönyörű; a gyógyfürdő kellemes, a „Csak hal” bisztró különleges, és ezeket lehetne vég nélkül sorolni!)

Köszönjük a végzett hallgatóink őszinte véleményét. Ki-kí elolvassa az egybegyűjtött gondolatokat, benyomásokat, mindenki saját maga vonja le a következtetéseket mind általánosságban, mind pedig a konkrét kérdésekre kapott tématerületről. A közlemény szerzői, akik a szakmérnöki kurzus tematikájának összeállítói, részben megvalósítói, örömmel és elgondolkozva olvasták a véleményeket, benyomásokat, de a tapasztalatok alapján már iparági sajátosságokat is megjelenítő kurzus előkészítését is elkezdték. Témája röviden: szerkezetintegritás – roncsolásmentes vizsgálat – gázállapotú hidrogén szállítása gázvezetékben. Hogy meddig is jutottunk? Az Egerben március 21-23. között tartott RAKK2023 rendezvény egyik előadása ezt fogja taglalni.

Hogy a 2023-ban szakmérnöki diplomát szerzettek meddig jutottak? Érzékeltesse ezt ez a fénykép.



A 2023-ban diplomát kapott szakmérnök hallgatók egy csoportja

Tóth László, Trampus Péter, Mankovits Tamás

IGF27 Konferencia beszámoló

Report on IGF27 Conference



Az IGF (Italian Group of Fracture) a törés a szerkezeti integritás témakörben megrendezte a 27. Nemzetközi Konferenciáját a Törés és a Szerkezeti Integritás (IGF27 - International Conference on Fracture and Structural Integrity) területén, melyet a római Sapienza mérnöki karán tartottak meg 2023. február 21-24. között. A rendezvény az eredetileg kiírt dátumhoz (február 22.) képest egy nappal korábban kezdődött a rendkívüli nagy jelentkezési szám (közel 150 előadó) miatt.

Az előadásokból készített cikkek a Procedia Structural Integrity egyik számában fognak megjelenni, amely az Elsevier által kiadott (Scopus, WoS és Google Scholar által indexált) kiadvány, és az ESIS-rendezvényekre összpontosít. A kiválasztott szerzőket továbbá felkérjük, hogy a Frattura ed Integrità Strutturale szakfolyóirat (Scopus- és WoS-indexálva) különszámában bővített változatot nyújtsanak be a kutatási témáikból.

Az idei rendezvény az előadások számát tekintve is egyedi, de a feldolgozott témakörök is elég széles skálán mozogtak, melyek a következők (a teljesség igénye nélkül):

Analitikus, modellezési és fizikai modellek; Biomechanika; Kerámiák károsodása; Kompozitok; Számítógépes mechanika; Beton és kőzetek; Kúszás; Törésmechanika; Károsodás és törés dinamikus terhelés alatt; Szerkezetek tartóssága; Környezet által támogatott törés; Hibaelemzés és esettanulmányok; Fémek fáradása; Hibaanalízis; Fraktográfia és fejlett metallográfia; Törés vegyes módú és többtengelyű terhelés alatt; Ütközés és dinamika; Innovatív ötvözetek; Lineáris és nemlineáris törésmechanika; Anyagok mechanikai viselkedése és képelemzés; Heterogén anyagok károsodása; Kísérletek és modellezés; Nanoszerkezetű anyagok; Roncsolásmentes vizsgálatok; Képlékeny és rideg repedésterjedés és törés; Polimerek törése és fáradása; Valószínűségi törésmechanika; Alkatrészek megbízhatósága és élettartamának meghosszabbítása; Javítás és utólagos felszerelés; Szendvicspanelek integritása, Szerkezeti integritás; Hőmérséklet hatás.

A rendezvényen került átadásra az IGF szervezet által a Manson-Coffin, valamint a Paolo Lazzarin IGF díj is.

A Manson-Coffin IGF díjat (érmet) kiemelkedő tudósoknak ítéltek oda a fáradással kapcsolatos jelenségek modellezésére kidolgozott új elméletek és módszerek formalizálásához, megvalósításához és validálásához való alapvető hozzájárulásuk elismeréseként. Az érmet első

alkalommal 2019-ben, azaz száz évvel S. S. Manson és százkettsével L. F. Coffin születése után ítéltek oda. E két kutató meghatározó szerepet játszott az időben változó terhelés alatti károsodás megértésében, amikor egymástól függetlenül javaslatot tettek a ciklikus képlékeny-rugalmas alakváltozások használatára az élettartam értékelésére az alacsony/közepes ciklusú fáradási rendszerben. A díjat elsőként 2019-ben Neil M. James vehette át, majd 2021-ben José António Fonseca de Oliveira Correia és idén, őket követhette Aleksandar Sedmak, az ESIS (Európai Szerkezetintegritási Szervezet) új elnöke.

A Paolo Lazzarin IGF díjat az IGF a 2014-ben hirtelen elhunyt Paolo Lazzarin professzor emlékére hirdette meg. Prof. Paolo Lazzarin kutatásával nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy innovatív helyi megközelítésekkel oktassa a hallgatókat és fiatal kutatókat a fáradásos törés számításainak területén. A díjat olyan kiemelkedő munkák elismeréseként adományozzák, amelyek jelentős mértékben hozzájárultak vagy hozzájárulnak a feszültségmezők elméleti, numerikus és kísérleti vizsgálatához, valamint az anyagok törésének és fáradásának értékeléséhez anyagfolytonossági hiányok jelenlétében. A díjat először 2019-ben, Lazzarin professzor halálának ötödik évében alapították, és kétfévente olyan személyeknek ítéltek oda, akik a tudomány és az oktatás területén kiemelkedően hozzájárultak a fent említett kutatási területekhez. A díjat Filippo Berto (2019) és Liviu Marsavina (2021) után az idei rendezvényen Stavros Kourkoulis vehette át.

A díjazottak egy-egy előadásban mutathatták be kutatási témáikat, így Alexandar Sedmak a *Fáradásos repedésterjedés numerikus szimulációja* címmel, Stavros Kourkoulis pedig a *"matematikai" repedések ajkán fellépő rugalmas érintkezési feszültségek számszerűsítése* címmel tartott előadást.

A konferencián Magyarországról a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. két munkatársa vett részt, Erdei Réka és Spisák Bernadett. Előadásuk címe: *A repedés terjedésének szimulációja GTN képlékeny károsodási paramétereken alapuló virtuális repedészárási technikával*.



További információk a konferencia honlapján:
<https://www.igf27.eu/igf27>

Beszámolót összeállította:
Spisák Bernadett

1991 óta az anyagvizsgálat első számú szakmai lapja

www.anyagvizsgaloklapja.hu



A lapról

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (MAROVISZ) kiadványa, mely negyedévente jelenik meg online és nyomtatott formában, Prof. Dr. Tóth László felelős szerkesztő gondozásában.

A folyóiratot 1991-ben alapította Szappanos György. A legendás főszerkesztő, Dr. Lehofer Kornél halála előtt a MAROVISZ vette át a folyóiratot az alapítótól.

A folyóirat célja

Tájékoztatja a szakembereket, akik a különböző iparágakban az anyagvizsgálat, a műszeres analitika, a minőségbiztosítás és az állapotellenőrzés szakterületeken tevékenykednek.

Összekapcsolja – közleményeivel és a szerkesztőség közvetítésével – a módszer- és rendszerfejlesztőket, a gyártókat és a forgalmazókat, a fejlesztőket és az alkalmazókat.

A folyóirat tematikája

Az Anyagvizsgálók Lapja lektorált, szakcikkeket közöl, és rovatokba szerkesztve mutatja be az új vizsgálati, ellenőrzési és modellezési módszereket.

Ezen túlmenően bemutatási lehetőséget ad az új készülékek, műszerek, vizsgálgépek, a műszaki diagnosztikai-, számítástechnikai alkalmazások, a korszerű anyagok, valamint a vonatkozó szabványok számára.

Publikáljon!

Hirdessen!

Fizessen elő!

Olvasson!



Kiadja a MAROVISZ

www.marovisz.hu
1191 Budapest, Üllői út 206. B/II.
+36 1 / 278 0632
marovisz@marovisz.hu

Felelős szerkesztő: Prof. Dr. Tóth László

@ avilap.szerk@gmail.com (kézirat beküldés)
info@anyagvizsgaloklapja.hu
+36 30 / 932 2690

Workshop a fő szerkezeti elemek integritásának értékeléséről a leszerelt Bohunice V1 atomerőmű bevonásával

Workshop on

Integrity Assessment of Main Structural Components Using Decommissioned Bohunice V1-NPP

INSTITUT
FRANÇAIS
SLOVAQUIE

DELISA LTO

STU
SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



A DELISA-LTO EURATOM projekt keretein belül a Szlovák Műszaki Egyetem EU támogatással és francia hozzájárulással workshopot szervezett fiatal kutatók részére az atomerőművek hosszútávú biztonságos üzemeltetésének kérdéskörére. A rendezvény 2023. február 6-10. között került megrendezésre a szlovák Kočovce (Kocsóc) településen.

A Téli Egyetemen az STU Nukleáris és Fizikai Mérnöki Intézetének 9 hallgatója, a prágai (ČVUT) és a brnoi (VUT) cseh műszaki egyetemek 4 hallgatója, az UJV Řež 4 munkatársa és a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. 6 munkatársa vett részt. Az előadásokat francia (EDF, IZEN), cseh (UJV Řež) és szlovák (VUJE, UJD, STU) szakemberek tartották.

A rendezvényen a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-től Kulcsár Benedek, Pusztai-Spisák Bernadett, Ungár Péter és Erdei Réka vett részt a Szerkezetintegritási és Gyártástechnológia Osztályról, valamint Gál Viktor és Takács Csaba az Anyagvizsgálati Osztályról.

A konferencián lehetőségük volt meglátogatni a Bohunicei V1 Atomerőművet, melynek az 1. és 2. blokkját már leállították. A leállított és jelenleg leszerelés (sugármentesítés, bontás, radioaktív hulladék kezelése) alatt álló erőmű VVER-440 típusú, nyomottvízes reaktor, hasonlóan a Pakson is üzemelő reaktorokhoz. Az egész napos látogatáson a teljes leszerelési folyamatot megismerhették, meglátogatták az ellenőrzött területeket, melyeknél jelenleg is aktívan folynak a munkálatok. A kirándulás az információs központban ért véget, ahol szakértői előadásokat hallgathattak meg, és megnézhatték a komponensek leszerelése során végzett munkálatokról készült videókat is.



Az előadások során a hosszú távú üzemelés (LTO – long term operation) szabályozási rendszere és az egyes erőművi komponensek degradációs folyamatai mellett az LTO szempontjából fontos intézkedéseket (mint például a megeresztő hőkezelés a reaktortartály esetére, melyre Pakson jelenleg még nem volt szükség) is megismerhették.

A konferencián a kutatóknak ki kellett dolgozniuk egy-egy fő komponens LTO programját, melyekhez az utolsó nap egy-egy előadás is társult. Kollégáink a reaktortartály, a gőzfejlesztő és a csővezetékek hosszú távú üzemelését készítették elő a projektfeladatok során. A Téli Egyetemet a szervezők ünnepélyes oklevélátadással és beszédekkel zárták.

A workshop a DELISA-LTO EURATOM projekt megvalapozásaként segítette elő a fiatal kutatók munkáját, valamint tovább bővítette a Bay Zoltán Kutatóintézet Mérnöki Divíziójának kompetenciáit és tudását a nukleáris iparban. Emellett fontos megjegyezni, hogy a megszerzett tudás nem csak a projekt szempontjából releváns, hanem az MVM Paks Atomerőmű Zrt.-ben zajló További Üzemidő Hosszabbítás projekt során is többszörösen hasznosítható.

További információ,
az előadások anyaga és képek
a DELISA-LTO honlapján:

<https://delisa-lto.eu/workshop1/>

Beszámolót összeállította:
Erdei Réka



■ A MAE MEGALAKULÁSÁNAK RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE ■

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete 1897. június 16-án alakult, amely a II. Világháború utolsó évében megszűnt.

A Gépipari Tudományos Egyesület megalakulása (1949) után az anyagvizsgálati tevékenység a Technológiai Szakosztály keretében folyt, majd 1957-ben megalakult az Anyagvizsgáló Szakosztály. Egy termékeny periódust követően a Szakosztály tevékenysége már nem elégíti ki napjaink követelményeit. 1997-ben megalakult a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (MAROVISZ). Bár a roncsolásmentes vizsgálatok is része az anyagvizsgálatnak, a külön állást indokolja a speciális képesítés megszerzése és annak képzési, vizsgáztatási követelményei.

A MAE újra alakításának gondolatát Dr. Tóth László vetette fel a 100. évfordulón, de akkor az alakuló MAROVISZ és még működő Anyagvizsgáló Szakosztály mellett nem látszott célszerűnek még egy további szervezet létrehozása. Az eltelt idő viszont igazolta a gondolat létjogosultságát.

Az Alakuló Ülésre 2012. március 26-án az MTA kutatóház VIII. emeleti tárgyalójában került sor 26 fő jelenlétében.

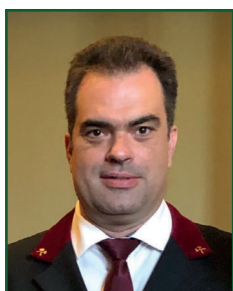
■ A MAGYAR ANYAGVIZSGÁLÓK EGYESÜLETÉNEK VEZETŐSÉGI TAGJAI ■



Dr. Bíró Gyöngyvér
elnök



Dobránszky János
alelnök



Dr. Barkóczy Péter



Dr. Hargitai Hajnalka



Dr. Mankovits Tamás



Tóth Péter



Dr. Vida Ádám

■ SZÁMVIZSGÁLÓ BIZOTTSÁG ■

- Illyi János |
a Számvizsgáló Bizottság elnöke
- Fodor Olivér
- Szűcsné Hajnal Katalin

■ SZAKMAI ETIKAI BIZOTTSÁG ■

- Dr. Fábián Enikő Réka |
a Szakmai Etikai Bizottság elnöke
- Dr. Fehér András
- Horváth Lászlóné

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) elnökei

Presidents of the Hungarian Association for Material Testing

Tetmajer Lajos (Ludwig Tetmajer von Przerwa; Korompa, 1850. július 14. – Bécs, 1905. január 31.) 1895 szeptemberében életre hívta a nemzetközi anyagvizsgáló szövetséget (Internationalen Verband für Materialprüfungen der Technik – Association internationale pour l'essai des matériaux). A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete 1897. június 16-án alakult meg azzal az alapvető céllal, hogy Magyarországot a nemzetközi szervezetben önállóan képviselje. A 100. évfordulón elindult kezdeményezés 2012-ben végül beért: újra megalakult a MAE. Az egyesület mindenkori elnökei emblemikus személyiségek voltak: nem egy-a-sok-közül sapkadísznek vagy pénzosztogató jószágnak használták ezt az elnöki stallumot, hanem a lehető legtöbbet vállalták az anyagvizsgáló szakma fejlődéséért, a magyar anyagvizsgáló szakemberek összefogásáért.

Ezek voltak az Egyesület elnökei. Álljon itt a névsoruk:

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

A 14 nevet felsorakoztató névsorból lapunk korábbi számaiban már tizenegy szakember életének mozzanataival találkozhattak a Tisztelt Olvasók. Most a magyar hídépítők egy újabb kiváló képviselőjének, Czekelius Aurél (1844-1927) életébe, annak eredményeibe tekinthetünk be. A MAE elnöki feladatát Rejtő Sándor előtt, 1910-1914 között töltötte be.

Czekelius Aurél (1910-1914)

Édesapja Czekelius Frigyes, az osztrák-magyar államvasúttársaság resicai uradalmának és bányáinak vezérigazgatója. Középiskoláit Temesváron végzi. A műegyetemen 1869-ben diplomát szerzett szakember a korát meghatározó fejlesztési vonulatába, a vasútépítésbe kapcsolódik be. Ezt követően a neves hídépítők csoportjának egyik jelentős képviselőjévé válik. Ne feledjük, hogy a XIX. század második fele a „vasútépítés aranykora”. Ezt szemlélteti a Vasúti lexikon [1] adatai alapján összeállított lenti ábra [2], amely az akkori Magyarország vasútvonalának növekedését jellemzi. Így nem véletlen, hogy Czekelius Aurél egyik első, 1874-ben megjelent közleménye is a közetek szilárdsági tulajdonságaival foglalkozik [4]. Budapestre visszatérve különböző minisztériumi beosztásokban fokozatosan a vasútvonalaktól nem független hidak [5,6] építésének és tervezésének irányítója, egyik vezető egyénisége. Életének főbb mozzanatai a következőkben foglalható össze [7-10]:

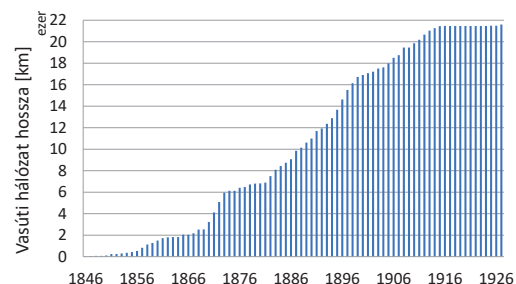


Czekelius Aurél [3] (1844. okt. 5., Csiklovabánya – 1927. nov. 14., Budapest)

- Középiskolai tanulmányait Temesváron végezte.
- 1869-ben a budai műegyetemen megszerzi diplomáját.
- 1869-től MÁV alkalmazott, a mai Románia-Ukrajna határfolyója, a Tisza két oldalán elhelyezkedő Máramarossziget-Akna-szalatina vasút építésében segédmérnök, noha a mai 8600 lakosú település 1880-ra datálja a vasútvonal megnyitását [9] és a Vasúti Lexikon [1]

sem említi e vonalszakasz átadásának dátumát. A két település távolsága kevesebb, mint 6 km. Az ukrán oldalon Ján Ludvik Hoch néven ugyanezen településen született, majd a később angolszász médiamogulként Robert Maxwell (1923-1991) név alatt futott be, megalapítva a Pergamon kiadót, megvásárolva a brit Daly Mirrort és a nyelvoktatásban közismert Berlitz iskolákat [12].

- 1873-tól a Margit híd építésvezetőségében segédmérnök.
- 1881-89 között a Közmunka- és Közlekedésügyi Minisztérium Műszaki Tanácsának tagja.
- 1885-89 periódusban középítési felügyelő és a szerkesztési iroda vezetője.



A hazai vasúthálózat növekedése [7]

- 1889-94 intervallumban a Kereskedelemügyi Minisztérium Szerkesztési Osztályának vezetője.
- 1894-1904 között Duna-híd szakosztályának vezetője.
- 1904-1905 periódusban a III. szakosztályának főnöke, (közúti hidak és magasépítési feladatok).
- 1904-től a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet tagja.
- 1910-14 intervallumban a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének elnöke.

Beosztásai:

- 1887-től műszaki tanácsos,
- 1892-től minisztériumi osztálytanácsos,
- 1894-től szakosztályfőnök,
- 1905-ben vonul nyugdíjba.

Az egyik úttörője volt a Martin-acélok hídszerkezetekben történő felhasználásában [5-7]. A következő hidak konstrukciós és építési munkáiban vett aktívan részt:

- 1894 Erzsébet híd (Budapest), láncait a Diósgyőri Vasmű állította elő. E híd megnyitásától mintegy negyedszázadon át „világrekordernek” számított, mint a világ első acélpilonos lánchídja, és amely 23 évig volt a világ legnagyobb nyílású lánchídja [13];
- Ferenc József híd, amelynek történetét Szántó Alberttel közösen megírja [14]. „Irodalmi működés iránti hajlamai nem voltak” – jegyzi meg Gállik István emlékbeszédében [10];
- Erzsébet híd, Komárom;
- Ferenc József híd, Pozsony;
- Tisza-híd, Tiszaújváros;
- Maros-híd, Marosújvár;
- Vág-híd, Puhó (ma Szlovákia, Puchov);
- Margit híd, Budapest;
- Összekötő vasúti-híd, Budapest.



Czekelius Aurél, Szántó Albert: A budapesti Ferenc József híd építésének története. Budapest, 1896, Pátria [14]

Az 1905-ben történt nyugdíjazását követően visszavonultan élt, tevékenységéről viszonylag kevés adat található. Ennek oka alapvetően egyéniségéből és életviteléből következik [10]. Búcsúbeszédében Gállik István ezt a következő mondatokkal jellemzi:

„Mint ember mintaképe volt a szigorú, csak a hivatásának élő puritán hivatalnoknak, közszereplést, társadalmi érvényesülést nem keresett, magánéletében a visszavonult, zárkózott agglegény életét élte, szintén nőtlén fivérével, ennek halála után özvegy nővérével vezetve közös háztartást”



Czekelius Aurél síremléke a Kispesti temetőben [16]

Az 1927. november 14-én bekövetkezett halálát követően temetésére november 17-én került sor, ahol Forster Gyula helyettes államtitkár mondott búcsúbeszédet a farkasréti temetőben. Síremléke jelenleg a Kispesti Temetőben található [15,16].

Tóth László

Irodalomjegyzék

- [1] Vasúti lexikon A-tól Z-ig. Főszerkesztő Urbán Lajos. Műszaki Könyvkiadó. Budapest 1991.
- [2] Tóth L.: Az anyagvizsgálat fejlődése hazánkban az elmúlt évszázadban. Anyagvizsgálók Lapja. Válogatás 2012. p.17-26.
- [3] Az Innoteka Magazin technikatörténeti blogja; Európa legszebb hídja: https://inno-anno.blog.hu/2014/01/06/europa_legszebb_hidja (Megtekintés: 2023.03.02.)
- [4] Czekelius A.: Az építési kövek szilárdsági viszonyairól. Magyar Mérnök- és Építészegylet Közleményei 1874. p. 377-388.
- [5] Gállik I.: Történelmi visszapillantás régebbi Duna-hidjaink építésére I. Technika, 1941. 1. p.13-24.
- [6] Gállik I.: Történelmi visszapillantás régebbi Duna-hidjaink építésére II. Technika, 1941. 2. p.45-56.
- [7] Gállik I.: A budapesti Duna-hidak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [8] Új magyar életrajzi lexikon, Magyar Könyvklub, 2001. 1032 old.
- [9] Tóth L.: Példaképek – műszaki alkotók – magyar mérnökök. 1. füzet. Közúti Szakgyűjtemény. Kiskőrös. Útgazdálkodási és Koordinációs Igazgatóság. 1995.
- [10] Gállik I.: Czekelius Aurél emlékezete. Anyagvizsgálók Közlönye. 1928. p. 4-9.
- [11] Wikipédia: Aknaszlatina: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Aknaszlatina> (Megtekintés: 2023.02.26.)
- [12] Pogácsa Z.: A globális elit. Kossuth Kiadó, 2022. p.50-66.
- [13] Impress magazin: 50 éves az egykori világrekord, az Erzsébet híd: <https://impressmagazin.hu/50-eres-az-egykori-vilagrekorder-az-erzsebet-hid/> (Megtekintés: 2023. 03.02.)
- [14] Könyvtár Hungarika: A budapesti Ferenc József híd építésének története: https://library.hungaricana.hu/hu/view/SZAK_DUNA_Muzealis_1896_ferenc_jozsef_hid/?pg=0&layout=s (Megtekintés: 2023.02.05.)
- [15] Budapesti Temetkezési Intézet Zrt. Kispesti Temető c. kiadványa.
- [16] Find a Grave: Aurél Czekelius: <https://www.findagrave.com/memorial/166543958/aurél-czekelius> (Megtekintve: 2023.03.02.)

Beszélgetés Geréb Jánossal

Interview with János Geréb

Kérdező/Questioner: Tóth László¹

A hazai roncsolásmentes vizsgálók Geréb Jánost úgy ismerik, mint az egyetlen olyan vizsgáló szakembert, aki a berendezéseit is önmaga gyártja. Neve elválaszthatatlanul összenőtt a „Defectophone” és „Sensophone” kifejezésekkel. Az anyagvizsgálati berendezések gyártóinak piacán pedig a Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft. fémjelzi az akusztikus emissziós vizsgálathoz, annak indikációinak elemzéséhez, értelmezéséhez kötődő tevékenységeket, valamint a széleskörű ipari alkalmazásokban szerzett tapasztalatokat.

A leghosszabb út is az első lépéssel kezdődik! A Te életutad hogyan kezdődött?

Szerencsés esetben mindenki életét alapvetően meghatározhatja az alaposan megfontolt, kellően előkészített és sikeresen végrehajtott pályaválasztás. Az én esetemben ez némileg félrecsúszott...

A budapesti Fazekas gimnázium matematika tagozatos osztályában érettségiztem 1971-ben, rengeteg nagyon tehetséges osztálytársammal együtt. Osztályfőnökünk Komlós Gyula „Bácsi”, matektanárunk Kőváry Károly „Kavics” volt. Én nem tartoztam a legjobb matekosok közé, osztályzataim négyes és ötös között szórtak. Viszont harmadik és negyedik osztályban a heti tíz matekórából kettő „Gépi programozás” néven futott. Ada-Winter Péter tanárunk hatására el is döntöttem: én számítógépes programozó leszek.

1971-ben Magyarországon ilyen egyetemi képzés csak a szegedi JATE-n indult. A családi tanács úgy döntött, hogy ha már ki kell repülnöm a családi fészekből és kollégiumba kell költöznöm, a lúd legyen kövér, és próbálkozzam először külföldi egyetemen. Erre kockázat nélkül volt is lehetőség, hiszen a felvételi procedura ezekre - a döntéssel együtt - jóval megelőzte a hazai felvételeket. Ki is választottuk az „Elektronikus számítógépek” szakot egy szovjet egyetemen.

Az már csak Kijevben, az egy hónapos közös nyelvi előkészítőn vált nyilvánvalóvá, hogy az „Elektronikus számítógépek” kifejezésben a hangsúly nem a „számítógépek” szón, hanem az „elektronikus” jelzőn van: ez az erősen szakosodott tanszék kifejezetten gyengeáramú, főleg digitális elektronikai villamosmérnöki képzést nyújt. Szakmai szempontból ez számomra szinte a nulláról való indulást jelentette. Ez azért nem rettentett vissza, mert voltak közöttünk olyanok is, akik már amatőrök voltak ilyesmivel, és tőlük átragadhatott rám is valami.

A Lvovi Műszaki Egyetemen a szakmai tárgyakat sok kiváló professzor, előadó és tanársegéd oktatta. Közülük rám a legnagyobb hatást Igor Mihajlovics Visencsuk tette. Egészen bizonyos vagyok abban, hogy miatta lett belőlem többé-kevésbé sikeres villamosmérnök.



Hogyan lett a számítógépes programozóból, villamosmérnökből akusztikus emisszióval foglalkozó fejlesztő?

Első munkahelyem a Videoton Számítástechnikai Gyár Fejlesztési Intézete volt – Budapesten, ennek közelében laktunk. Itt a cég egyik zászlóshajójának, a sornymatónak a fejlesztésével foglalkoztam, és mivel közel s távol én voltam az egyetlen oroszul is beszélő mérnök ezen a témán, a nemzetközi együttműködési tárgyalásokon is nekem kellett részt vennem. Így ismerkedtem meg a KFKI-MSZKI főosztályvezetőjével, Báti Ferencel, akihez 1980 nyarán már szívesen átmentem volna dolgozni. Sajnos, abban az időben a KFKI-ban éppen felvételi zárlat volt, de egy véletlen folytán mégis lehetőség nyílt a KFKI egy másik intézetébe, az AEKI-be átmenni. Így kerültem augusztusban az AEKI Mérés-automatizálási Osztályára, mint az akusztikus-emissziós (AE) műszerfejlesztés hardver felelőse.

A téma irányítója Péter Attila osztályvezetőhelyettes volt. Ő ismertette meg az AE technika részleteivel, fizikai alapjaival, és az általa már elkezdett elektronikai fejlesztésekből is sok mindent tudtam hasznosítani. Úgy gondolom, hogy minden későbbi esetleges eredményem nagyon nagy részben az ő által nyújtott támogatásnak is köszönhető.

Az AEKI-be kerülésem egyben igazi mélyvízbe ugrás volt: már az év végére össze kellett hoznom egy nagyon ad-hoc egycsatornás valamit, hogy a legalapvetőbb próbákat és kísérleteket elkezdhesük. Ezt a következő évben egy kísérleti négycsatornás készülék követte, mellyel már valódi – bár még eléggé kezdetleges – méréseket is végezhetünk. Az első igazi, ipari megbízások alapján végzett vizsgálatok is ezzel a műszerrel történtek. Elkezdődött egy 32-csatornás nagyberendezés, egy Ikarus autóbuszba épített mozgó AE-laboratórium fejlesztése is. Ezek az eszközök képezik a hazai fejlesztésű AE berendezések első generációját.

¹ Tisztelt Olvasó! Véletlenül se gondolja, hogy Skopál István babérjaira török. Ezt a rovatot Ő találta ki és gondozta is szorgosan. Mindnyájunk életében vannak azonban olyan periódusok, amelyek „egész embert” kívánnak. Geréb Jánost még Ő kérte fel interjúalanyként azzal, hogy a stafétabotot átveszem.

Az AE vizsgálat során egy indikációt, egy „hangot” regisztrálsz. Honnan lehet tudni a hang forrását és annak fizikai hátterét?

A műszerezés és a hozzá tartozó számítógépes szoftver az AE technikának csak az egyik fele: még lényegesebb a hozzá tartozó fizikai, kristályszerkezetű, hullámterjedéstan és egyéb szilárdságtani, törésmechanikai, gépészmérnöki stb. tudás. Ezekhez az ismeretekhez a VASKUT csapatával a legelső mérésektől kezdve folytatott, sokéves együttműködés során jutottunk hozzá. Csak a legnagyobb tisztelettel tudok szólni Fehérvári Attiláról, aki – millió más feladata mellett – tudásának átadásában, valamint az AE vizsgálatok szervezésében, végrehajtásában, szakmai kiértékelésében fáradhatatlanul dolgozott.

Első piacképes berendezésed a Defectophone volt. Milyen előzmények után és mikor jelent meg?

Néhány évnyi tapasztalatgyűjtést követően már formálódni kezdett az elképzelésünk arról, hogy milyennek is kellene lennie egy igazi AE műszernek. Ezt nagyon komolyan vettük, rengeteget tanácskoztunk, egyeztettünk, még ipari formatervezőt is igénybe vettünk. Kialakult egy négy-csatornás, könnyen hordozható, egyszerűen kezelhető, mikroprocesszorral vezérelt, számítógépes interfésszel is rendelkező műszer koncepciója. És 1984 végére megszületett a Defectophone.

A Defectophone olyan lett, amilyenre megálmodtuk, sőt – a szüntelen hardver és szoftver továbbfejlesztéseknek és bővítéseknek köszönhetően – még annál is jobb. Igazi piaci siker lett belőle, Magyarországon nagyon sok példányt adtunk el, de sok került a Szovjetunióba, sőt néhány más európai és ázsiai országba is. A felhasználók leginkább egyetemek, kutatóintézetek voltak, de több, roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozó cég is belevágott az AE ellenőrzésekbe. Megoldódott az AE technikához értő, tanúsított szakértőgárda oktatása, kiképzése is. Sok publikáció született, hazai és nemzetközi konferenciákon, kiállításokon vettünk részt. Kialakult Magyarországon is az AE roncsolásmentes vizsgálati technikát alkalmazók kis közössége.

A hazai AE kutatások eredeti céljával összhangban a Defectophone-nal megkezdődtek a paksi atomerőműben is az AE vizsgálatok. Ezt a munkát kezdetben a KFKI és az ERŐKAR munkatársai végezték. A paksi reaktortartályok nyomáspróbája során ezek a mérések egyre bővülő csatornaszámmal, majd harminc éven át, egészen a paksi atomerőmű élettartam-növelését célzó munkák befejezéséig tartottak.

Hogyan alakult át a Defectophone készülék Sensophone műszerré?

Az 1990-es évek legelejére, miután számtalan vizsgálatban, mérésben vettünk részt, és jól ismertük a műszerünk tulajdonságait és korlátait, továbbá megismertük az AE technika aktuális eredményeit a világban, számomra

nyilvánvalóvá vált, hogy ezeket a korlátokat a Defectophone koncepciójával már nem léphetjük át. A mikroelektronika és a számítástechnika fejlődése is lehetővé tette, hogy kardinálisan új berendezést hozhassunk létre. Ez sajnos a KFKI keretein belül nem látszott lehetségesnek, ezért két kollégámmal együtt elhagytuk az Intézetet, és egy kis kft által biztosított ajánlattal élve nekiláttunk a fejlesztésnek. Két év megfeszített munka után az új Sensophone műszernek két úgy-ahogy működő, de még csak kísérleti példányra állt rendelkezésünkre.

A rendszerváltást közvetlenül követő évek gazdasági örvényei sajnos ekkorra maguk alá temették a kft-t. Kénytelenek voltunk mindhárman új állás után nézni, félbeszakítva a munkát. Egymással és az AE szakmával azért kapcsolatban maradtunk, de a fejlesztést néhány éven át szabadidőben, hobbiként folytathattuk csak.

És egyszer csak, szinte égi ajándékként azért, hogy nem engedték kihunyni a tüzet, megrendelést kaptunk egy 32-csatornás Sensophone berendezésre. A megrendelést az ÁEF Kft. közvetítette nekünk, és ők finanszírozták az alkatrészbeszerzéseket is. Végül, a rendelés teljesítésével visszaigazolódta az erőfeszítéseink, melyekkel átvéveltük a legnehezebb éveket.

Hasonló konstrukcióban, továbbra is az ÁEF Kft-n keresztül, a 2000-es évek elejéig még több, különböző kivitelű, kisebb csatornaszámú Sensophone AED-40 műszert is értékesítettünk Magyarországon. Az igazi áttörés azonban még váratott magára.

Mintegy fél évszázada szakmai és baráti szálak fűznek két kijevei intézethez, a Szilárdság Problémái Kutatóintézet és a Paton hegesztési intézet munkatársaihoz. Ez utóbbi igazgatója L. M. Lobanov – aki többször is volt hazánkban – sokszor dicsérőn emlegette neved és gyümölcsöző együttműködéseket. Mi is rejlik e mögött?

A nyolcvanas évek közepétől az akusztikus-emissziós témakörben is elindult egy KGST-n belüli nemzetközi együttműködés. Ebben a vezető szerepet a kijevei Paton Elektrohegesztési Kutatóintézet játszotta. Évente, más-más tagországban voltak találkozók, eszmecsere, és ezeken – hagyományosan, mint a témában egyetlen oroszul beszélő – magyar részről mindig én vettem részt. Amikor a kijevek megismerkedtek a mi új műszerünkkel, az annyira megtetszett nekik, hogy abbahagyták a már elindított saját fejlesztésüket, és teljesen átálltak a Defectophone alkalmazására és otthoni terjesztésére.

A rendszerváltás persze ennek is véget vetett. A KFKI és a Paton intézet közötti kapcsolat is megszakadt, és ebben talán az is közrejátszott, hogy én elhagytam az Intézetet. De a rákövetkező 10 évben – bár sokat próbálkoztam – nekem sem sikerült kapcsolatban maradnom velük.

És egyszer csak, ismét „szinte égi ajándékként” azért, hogy nem engedték kihunyni a tüzet, 2001-ben a kijevek újra jelentkeztek. Kiderült, hogy egy sikertelen műszerfejlesztési kaland után, amikor már égető eszközhiányban szenvedtek, megint az eszközbe jutottam.

Ettől kezdve a Paton intézet és köztem, majd 2002-től az akkor létrejött Geréb és Társa Műszaki Fejlesztő Kft.-vel valóban szoros együttműködés indult. Ez a mi részünkről hardver- és szoftverfejlesztési feladatokat és Sensophone műszerszállítást jelentett, ők saját szoftverrendszert és alkalmazásokat fejlesztettek, érzékelőket gyártottak, megrendeléseket szereztek, üzembehelyezést, szervizelést, támogatást nyújtottak egészen a legutóbbi időkig. A fontosabb üzembehelyezéseken én is mindig a helyszínen voltam, de ők is többször ellátogattak Magyarországra, hogy egy-egy érdekesebb kísérletben, fontosabb közös vizsgálatokban részt vegyenek.

Nyilvánvaló, hogy a minőségi ipari berendezésfejlesztés komoly szakmai felkészültségű fejlesztői munkaerőt,

jelentős költségfordítást igényel. Bevételek nélkül egyetlen cég sem képes ezt hosszabb távon biztosítani. Ezért lett döntő jelentőségű a Paton intézettel folytatott szoros szakmai és üzleti kapcsolat, mely lehetővé tette, hogy a ma már negyedik generációs, Sensophone márkanévű akusztikus-emissziós berendezéscsalád a folyamatosan fenntartott fejlesztések nyomán ma is egyértelműen korszerű legyen és olyan is maradjon, a magyar és az ukrán piacokon szinte egyeduralkodó, de az egyéb nemzetközi piacokon is egyre erőteljesebben megjelenő szerepet játsszon.

Ilyen szoros szakmai és nyilvánvaló emberi kapcsolatok és az Internet adta technikai lehetőségek alapján már természetesnek tekinthető az, hogy az AE vizsgálatok helyszíne és az on-line jelfeldolgozás földrajzi helyei akár jelentős távolságban lehetnek egymástól. Ezt meggyőzően igazolták 5 m³-es hajdúszoboszlói tartályok (helyszíni) felszakító vizsgálatának tapasztalatai is. Ennek eredményeiről, tapasztalatairól részletes beszámoló is készült (Anyagvizsgálók Lapja, 2019/III. 34-45. old).



Geréb János előadást tart (2003)

Kedves János! Nagyon köszönöm, hogy betekintést engedél életedbe, szakmai pályád kialakulásába és annak eredményeibe. Most értettem meg igazán, hogy miért is találkozhattam fényképpel egy Boris Paton, az Ukrán Tudományos Akadémia elnökének előszavával írt, igazán szép kivitelű könyvben, amelyet 2019-ben kaptam Lvívben a szerzők egyikétől. Tevékenységed elismeréséül álljon itt e kép a következő generációk biztatására. Neked pedig nagyon jó egészséget kívánok szakmád képviselőinek és jómagam nevében is.



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 **2022-től** elérhető.

A **nyomtatott kiadvány negyedévente** – teljesen megegyező tartalommal, mint az online letölthető számok – **előfizetéses formában** jelenik meg.

Amennyiben igényt tartana rá, kérem jelezze a MAROVISZ felé az alábbi email címen:

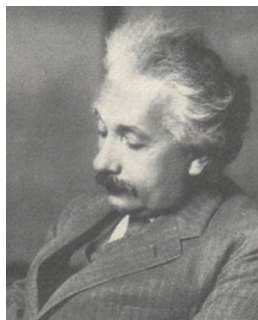
marovisz@marovisz.hu



A feltaláló Szilárd Leó

The inventor Leo Szilard

Szilárd Leó (1898–1964) 125 éve született Budapesten és a kaliforniai La Jolla városban halt meg. Hamvainak fele a Fiumei úti Nemzeti Sírkertben nyugszik az akadémikus parcellában. A hamvak másik felét a New York Állambeli Corvallis városában temették el. A tudománytörténet egyik legszínesebb egyéniségeként tartják számon. Életének két legismertebb mozzanata a következő volt. 1933-ban Londonban egy közlekedési lámpaváltás arra



Szilárd Leó és Albert Einstein.
Ed Westcott felvételei az amerikai energiaügyi minisztérium fényképtárából és szívésségéből

a gondolatra juttatta, hogy ha lenne olyan elem, amely atommagja neutronbombázásra felhasadna és egy elnyelt neutron után két neutront bocsátana ki, akkor megfelelő mennyiség jelenlétében nukleáris láncreakció jönne létre és megvalósulna az atomenergia termelés. Az elgondolást Szilárd szabadalmaztatta és a szabadalmat letétbe helyezte a brit Admirálisnál, vagyis titkosította, nehogy rossz kezekbe kerüljön. A másik híres történet azzal indult, hogy 1938 végén egy berlini kísérletben megfigyelték a maghasadást és ezzel gyakorlati lehetőségévé vált az atombomba kifejlesztése. Szilárd kezdeményezésére 1939 nyarán Albert Einstein (1879–1955) levélben figyelmeztette Franklin D. Rooseveltt amerikai elnököt egy esetleges német atombomba veszélyére. Amikor Szilárd megkereste Einsteint a levél gondolatával, majdnem két évtizedes barátságuk új fejezete kezdődött.

Szilárd 1919 legvégén hagyta el Magyarországot. Távozásának előzménye az volt, hogy nacionalista diákok fizikailag megakadályozták, hogy a zsidó Szilárd a katonai szolgálat után folytathassa az 1. világháború miatt félbeszakított műegyetemi tanulmányait. Így lett 1920-ban Berlinben mérnökhallgató, de szorgalmasan látogatta a tudományegyetemen hetente szervezett fizika kollokviumokat is. Ott ismerkedett meg Einsteinnel a 41 éves világhírű tudós és a 22 éves egyetemista között szoros barátság alakult ki. Közös érdeklődésükbe tartozott a kozmológia és a vallás, továbbá a műszaki dolgok. Mindkét tudóst elsősorban elméleti munkáik tették ismertté, de mindkettőjüknek volt tehetsége és érdeklődése a technikai újítások iránt. Az 1920-as években Berlinben sok időt töltöttek együtt.

Mindkettőjüket megrázta a hír, hogy egy többgyermekes család minden tagja meghalt, amikor mérgező gázokkal és mechanikus szerkezettel működő hűtőszekrényük meghibásodott és a mérges gáz a lakás légterébe szivárgott. Ezek a hűtőgépek akkoriban váltották fel a hagyományos jégszekrényeket. A kémia még csak mérgező gázokat tudott ajánlani a hűtőgépekben történő alkalmazásra, amelyekben a mozgó alkatrészek miatt nagy valószínűsége volt a szivárgásnak. Szilárd és Einstein három különböző megoldást is javasolt mindkét kockázati tényező kiküszöbölésére. Olyan hűtőgépeket terveztek, amelyekben nem voltak mozgó alkatrészek és nem alkalmaztak mérgező gázokat. Számos szabadalmat

nyújtottak be, amelyek közül többet is megvásároltak hűtőgépek gyártásával foglalkozó német és svéd cégek. Érdekes volt kettejük megállapodása a jogdíjakról, amelyekből egyenlően részesültek, kivéve, ha Szilárd részesedése kisebb lett volna, mint tanársegédi fizetése, mert abban az esetben az egész összeg Szilárdot illette meg. Olyan tekintélyes cégek tartoztak az ügyfelek közé, mint az A.E.G. A prototípusok elkészítéséhez elhívták Budapestről Korodi Albert

(1898–1995) villamosmérnököt, aki a Szilárd-Einstein-féle hűtőgépeken évekig dolgozott német laboratóriumokban, majd visszatért Magyarországra. A hűtőgépek sohasem kerültek tömeges gyártásra. Nagyon zajosak voltak, volt olyan cég, amely azért vette meg a szabadalmat, hogy ezzel már piacon levő berendezését védje, végül pedig a korábbi hűtőgépek mérgező gázait idővel sikerült nem-mérgező freonokkal (halogénezett szénhidrogénekkel) helyettesíteni. A freonokról csak évtizedekkel később derült ki, hogy tönkre teszik az ózonréteget és nemzetközi egyezményekkel kellett alkalmazásukat visszaszorítani. Az egyik Szilárd-Einstein hűtőgép elvi megoldását később sikerrel alkalmazták az elsősorban hasadó üzemanyag termelését szolgáló (ún. breeder) atomreaktorokban.

Szilárd a továbbiakban már Einstein részvétele nélkül folytatta feltalálói tevékenységét. Szabadalmaztatott különféle gyorsítókat és más berendezéseket. Leírásai színvonalasok voltak, ellátva a megfelelő műszaki rajzokkal. Azonban, miután kigondolta az úttörő megoldásokat és megtörtént a szabadalmaztatás, tovább már nem foglalkozott a témával. Az egyetlen kivétel az atomreaktorra vonatkozó, Enrico Fermivel (1901–1954) közösen benyújtott szabadalma volt, amelyet az atombombát megépítő Manhattan-tervben alkalmaztak. Az anyagvizsgálatok fontosságát hangsúlyozó példa, hogy még a Manhattan-terv beindulása előtt Szilárd a grafitban találta meg a nukleáris láncreakció ellenőrzésére szolgáló ún. moderátort. A grafit tisztasága döntő volt és Szilárd kiderítette a nagytisztaságú grafit beszerzési forrását. Ebben az esetben a legapróbb részletekre is figyelt. A német fizikusok szennyezett grafitot használtak és amikor kudarcot vallottak, kénytelenek voltak a kevésbé előnyös nehézvizet alkalmazni.

Szilárd egyetlen pillanatra sem tétlen agya mindig készen állt új ötletek generálására, függetlenül attól, hogy mennyi előismerettel rendelkezett bármelyik szóba kerülő témában. Egyszer egy biológussal beszélgetve az illető szerette volna Szilárdot tájékoztatni legújabb kutatásairól. Megkérdezte Szilárdot, hogy mennyi előismeretet tételjezen fel, mielőtt belevágna az ismertetésbe. Szilárd azt válaszolta, hogy tételjezen fel végtelen intelligenciát és nulla előismeretet – tanulságos kiindulópont!

Hargittai István

www.grimas.hu

PROFI AZ ANYAGVIZSGÁLATBAN

30 év
1993-2023

GRIMAS



PONTOSSÁG HOZZÁÉRTÉS MEGBÍZHATÓSÁG

Széleskörű termékskálánkkal minden általános és egyedi ügyféligényre ajánlunk megoldást!

Kínálatunk többek között...

- ✓ 2D röntgen kabinok
- ✓ 3D CT munkaállomások
- ✓ Rétegvastagságmérés
- ✓ Vágás, beágyazás, képfeldolgozás
- ✓ Mechanikai vizsgálatok
- ✓ Termográfia
- ✓ Online vizsgálatok



www.grimas.hu

Nálunk elérhető akár a **nano felbontás** is!

Egy kiállítás (g)épei – gondolatok egy autóipari történeti kiállítás megtekintése után

– Toyota Commemorative Museum of Industry and Technology, Nagoya Japan

The machines of an exhibition – reflections after visiting a car history exhibition

Bevezetés

Nincs Toyota autóm, nem is volt soha, és nem is terveztem, hogy a közeljövőben veszek egyet. Hogy ez később megváltozik-e, az az én esetemben főként attól függ, hogy mennyire fog elterjedni a hidrogén hajtás a következő évtizedben és milyen áron lesz elérhető.

Addig is a kutatói szabadságom első részét, 3 hónapot Japánban a Toyohashi Műszaki Egyetemen, mint főhadiszálláson töltöttem, és innen utazgatók és látogatók meg más japán egyetemeket, illetve vállalatokat is. Már egyetemista koromban is Miskolcon nagy csodálójá voltam a japán kultúrának és a technológiáknak, emiatt tankörtársaimat gyakran traktáltam az innen-onnan megszerzett japán példákkal. Ezért nagy öröm számomra, hogy több mint másfél évtizedes szakmai együttműködésemet japán egyetemi és ipari kollégákkal ezzel a három hónappal most megkoronázhatom. Próbálom ellesni és megérteni, hogy japán barátaim milyen irányokban fejlesztenek az engem érdeklő területeken; mint pl. a korszerű, a körkörös gazdasági modellnek is megfelelő szerkezeti anyagok és technológiák, kompozitok, hibrid anyagok és szerkezetek, gyors prototípus tervezés és gyártás, szimulációs modellek, hidrogén technológia. Magyarazatot is keresek ugyanakkor arra a tézisemre is, hogy miért lassult le a 60-as évektől a 90-es évek végéig dübörgő japán gazdasága és technológiai fejlődése, miért lehet ma inkább Korea a technológiai élvonalas.

Amennyiben eddigi útjaim során a Japánban látottakat összefoglalni szeretném, mindenképpen Paul Gauguin híres festménye a *"Honnan jövünk, mik vagyunk és merre megyünk"* villan fel agyamban.

Látogatás a Toyota múzeumban

A múlt héten ellátogattunk Nagoyába, az ottani Toyota Múzeumba [1], ami Nagoya főpályaudvarától nem messze található. Az első benyomás a hely hangulata, mi több, a varázsa. Az építészek, a belsőépítészek, valamint a műszaki és muzeológus szakemberek egy egyedi hatású, dinamikus teret hoztak létre ebben a múzeumban. A látogató az első lépéstől az első kiállított darab után már biztos benne, hogy itt gondosan és aprólékosan megterveztek mindent azért, hogy át tudják adni a vállalat üzenetét. Így a látogatók többsége gondolom nem is csalódik, mint ahogy én sem.

"Innovation from Tradition" ez ugyan a Joanneum Research (Graz, Ausztria) szlogenje is, de nekem rögtön ez jutott az eszembe, ahogy beléptem a Textilipari Pávilonba [2]. Ugyanis a Toyota alapítója a textiliparban kezdte munkáját a múlt század elején. Tojoda Szakicsi valamint fia, Tojoda Kiicsiró nem az autókhoz, hanem elsősorban a szövőgépekhez értett. Tojoda Szakicsi 1890-ben készítette el első szövőgépét, majd a húszas években megalkotta a világ első automatikus utántöltésű, állandó sebességű szövőgépét, a Toyota Type G-t. Azt hiszem innen indul a Toyota több évtizedes sikertörténete. Mindenesetre a gyár rendkívül büszke erre az időszakra, és a látogatók először a textilipari gépgyártás történetével és ebben a Toyota jelentős szerepével ismerkedhetnek meg. A látványon túl, a kiállított gépek jelentős részét be lehet indítani, pontosabban a működést szimuláló mechatronikát bekapcsolni, és a gépeket működés közben tanulmányozni. A mechatronika, különben még ha nem is elsődlegesen japán találmány volt, pontosan az a terület, amit remekül műveltek évtizedeken át és művelnek mind a mai napig. A digitalizáció viszont mintha, már legalábbis

ezen a magas szinten, nem ivódott volna be olyan mélyen a társadalomba és az ipari technológiai tevékenységekbe.

De térjünk vissza a kiállításra. Az első lépéssel a látogató a Taisho-korszak (1912-1926) és a Showa-korszak korai szakaszában (1926-1989) működő fonómalomba lép be. Ez a több, mint 3468 m² alapterületű, tágas kiállítóterem az eredetileg a Taisho-korszakban épült fonómalomban található, és az oszlopokat, a gerendákat és a vörös



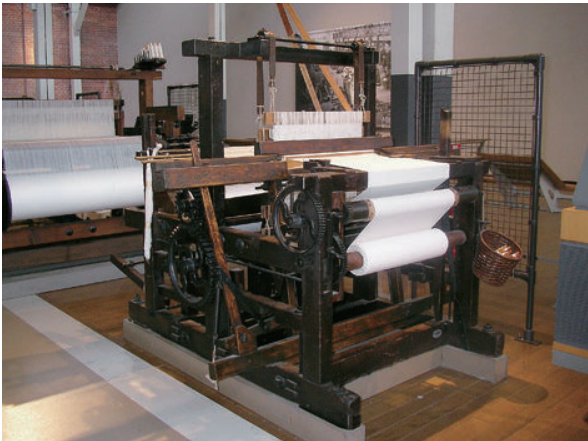
Gauguin, *"Honnan jövünk, mik vagyunk és merre megyünk"*

Beszámolómat a következő két részre bontom:

- Látogatás a Toyota múzeumban
- A hidrogén, mint energiaforrás a gépkocsiknál

tégla falakat, eredeti állapotokat megtartva használták az építészek a múzeum tervezésénél. Az órási teremben a korai fonó- és szövőeszközöktől a mai mechatronikával

felszerelt textiltigépekig mintegy 100 működőképes gép látható. A magyarázatot és a demonstrációkon keresztül könnyebben megérthetjük a technológia fejlődését, ismerhetjük meg a gyártási folyamatot. Ha mégsem, a személyzet lelkesen bemutatja és részletesen elmagyarázza a teljes folyamatot a cérna fonásától a ruha szövéséig. És még egyszer hangsúlyozom, minden működik, vagy a működés élő szimulációja indítható egy gombnyomással.



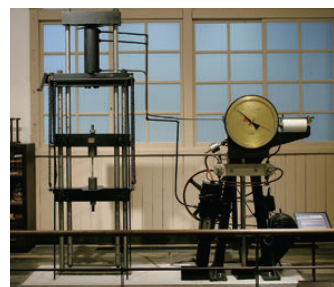
*Egy Toyota szövőszék a múlt század elejéről
(a múzeum szívésségéből)*

Innen továbbhaladva az "Automobile Pavilionba" [3] jutunk, ahol a Toyota több évtizedes autófejlesztéseit és gyártástechnológiáit mutatják be különböző szemszögekből. A pavilon úgy néz ki, mintha egy egész autógyár egy hatalmas sportarénában lenne elhelyezve. A kiállítás több zónából áll: (i) az autóipar kezdeti időszaka, (ii) autófejlesztés elmúlt évtizedei, (iii) a jelenlegi autótechnika, a gyártástechnológia fejlődése, valamint a (iv) "Ki volt Kiichiro Toyoda" című kiállítás a cég alapítójáról? A kiállítás ebben a részében is egy rendkívül gazdag és látványos képanyag mellett a munkagépeket és keresztmetszeti modelleket nemcsak megnézni lehet, hanem kipróbálni is. A látogató minden érzékszervével követheti a kiállított modelleket, a nézelődés mellett elindíthatja és megfigyelheti a különféle mechanizmusokat, valamint meghallgathatja az előidézett hangokat is. Mint a textilipari kiállításon, itt is minden kipróbálható és MINDEN működik. Ami rögtön megragadott, hogy nemcsak autókat állítanak ki, hanem megmutatják azt is, hogy hogyan gyártunk autót [4, 5].

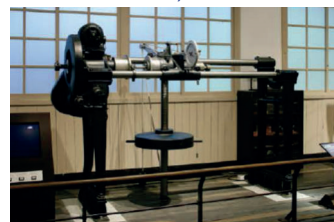


*Hogyan gyártunk autót?
(a múzeum szívésségéből)*

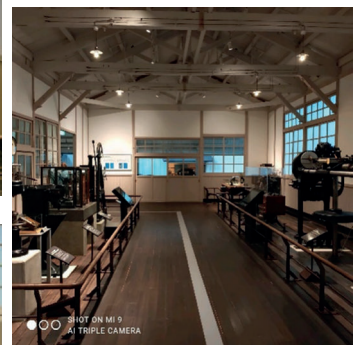
Amikor Kiichiro Toyoda elkezdett autókat tervezni és gyártani, dicséretes módon különös hangsúlyt fektetett az anyagokkal kapcsolatos kérdésekre, problémákra is. A japán acéltipar abban az időben nem volt képes stabil minőségű acélanyag-ellátást biztosítani az autógyártáshoz. Emiatt Kiichiro úgy döntött, hogy cégének az acélanyagokat nemcsak vizsgálnia és minősítenie is kell, hanem ezen a területen alapkutatást is kell végezni az autók megbízható tömeggyártása érdekében. Tehát Toyoda úr megalapította azt a Toyota Anyagvizsgáló Központot, amelyet az akkori japán császári egyetemek laboratóriumaival egyenértékű, legújabb technikát képviselő vizsgáloberendezésekkel szerelt fel. A labor eredeti épületét egy az egyben beépítették a kiállítási csarnokba, ahol az anyagvizsgáló gépek és laboratóriumi műszerek mellett az akkori prototípusgyártás és gyártás is helyett kapott.



a)



b)



c)

*a) Szakítógép, b) Csavarógép és
c) Az anyagvizsgáló kiállítás távlati képe
(a múzeum szívésségéből)*

A prototípusgyártásnak az egyik fontos eleme volt a motorblokk tervezése és gyártása. A Toyota akkori mérnökei, már korábban, a fonó- és szövőgépek gyártásánál intenzíven alkalmazták az öntési technológiát. A motor hengerblokkja azonban összetettebb formájú és vékony falvastagsággal rendelkezik, és ezt sokáig nem tudták legyártani azzal a textilipari know-how-val, amivel akkor

rendelkeztek. 1934 májusától hónapokig próbálkoztak, küzdöttek, a források szerint kb. 500-600 hengerblokkot elpazarolva, míg végül augusztusban sikerült az első megfelelő minőségű blokkot legyártani. A prototípusgyártás másik fontos eleme volt az autó karosszériájának a tervezése. Miután még nem rendelkeztek CAD szoftverrel, kézzel rajzolták és fából munkálták ki az első prototípusokat.

A képen látható AA modellt 1936-ban mutatták be, ami a görbült felületeinek teljes harmóniájával szerintem egyszerűen tökéletesre sikerült. Hogy eladható is legyen, kb. 10%-kal olcsóbban árulták, mint az akkori amerikai autómódelleket.



A Toyota AA modellje 1936-ból
(a szerző saját felvétele)

A nagycsarnok első részében az 50-es évektől mutatják be az autók, majd a másodikban az autóiipari technológiák fejlődését napjainkig. Mint valamikori technológus mérnök különösen ezt a második részt tartom figyelemreméltónak. Ebben a részben annak a Koromo gyárnak egy részét reprodukálták, amely a Toyota első gyára volt a Showa-korszak első éveiben (1935-1945), amikor az autók tömeggyártása megindult. Ez a rész a Toyota AA típusú személygépkocsi gyártási lépéseit mutatja be, valamint az öntés, kovácsolás, megmunkálás, préselés, lakkozás és összeszerelés gyártási folyamatait is [6].



A nagyterem látképe
(a szerző saját felvétele)

A kiállítás tovább folytatódik az 50-es és 60-as évek technológia fejlesztéseinek a bemutatásával. Megjelent a mechatronika és az automatizálás. Majd a 90-es évek és a robotizált gyártás következik. Kohómérnök feleségemmel többször elindítottuk a robotizált karosszéria összeszerelés szimulációs modelljét és csodáltuk a robotok összehangolt, szinte kecsesnek mondható mozgását.



Robotok összeszerelik a karosszériát
(a múzeum szíveségéből)

Természetesen bemutatják a műanyagok alkalmazásának elterjedését az autógyártásban is a szükséges gyártóberendezésekkel, szerszámokkal valamint a legyártott alkatrészekkel együtt.



Egy japán fröccsöntőgép autómódellekkel
(a szerző saját felvétele)

Az egész technológia szekció stílszerűen a virtuális gyár (digitális iker) bemutatásával fejeződik be. Azért a digitalizáció szele megcsapta a japánokat is (és itt nem ritkán 40-50 km/h-ás szelek fújnak a tengerparton), de valahogy itt hiányérzetem van.

Viszont lenyűgöző egy helyen és tematikusan megszerkesztve látni mintegy 90 év szinte valamennyi fontos gyártástechnológiai fejlesztését. A kiállítás ezen részét, de gondolom a teljes autótechnikai részt is hatékonyan lehetne használni a mai mérnöki oktatásban is. Legszívesebben összecsomagolnám az egészet és hazavinném, majd letenném vagy Linzben vagy Debrecenben. Mindenesetre megpróbálom a bemutatott demonstrációs videókból néhányat megszerezni és ezt majd az oktatásban is felhasználni.

A japánokról el lehet mondani, hogy egy hagyomány és tekintély tisztelő nép. Ez a mindennapi életben is látható, formálisan rendkívül udvariasak nemcsak a vendégeikkel, hanem egymással is. Ugyanakkor rendkívül erős a társadalmi, vállalati, családi hierarchia szerepe. Egyáltalán nem szeretik a hirtelen változtatásokat, az ismeretlen helyzeteket. MINDENT a végtelenségig elemeznek, de utána

legnagyobb gondossággal, a részletek iránti alázattal végzik el a feladatot. És ezzel a mentalitással évtizedekig rendkívül sikeres voltak, de még ma is minden problémájuk ellenére sem lehet őket sikertelennek nevezni. Érdeklődve figyelem, hogy az alapító atyák szellemében, hogyan kormányozzák tovább országuk, vagy a Toyota esetében a vállalat hajóját.



Toyoda Kiicsiró mellszobra a múzeum parkjában [7]

A hidrogén, mint energiaforrás a gépkocsiknál

Manapság a Toyota kapcsán a legtöbbször feltett kérdés, hogy miért nem gyártanak több elektromos autót. Néhány szemelvény a témában a kedvenc autós internetes oldaláról [8]:

“A Greenpeace kutatásában a Toyota végzett az utolsó helyen, csakúgy mint tavaly. A nulla kibocsátású - tehát elektromos vagy hidrogénnel hajtott - autók mindössze a Toyota eladásainak 1 százalékát teszik ki. Ebből a szemszögből a dolog nem meglepő, hiszen jelenleg csak a bZ4X és a Mirai felelnek meg az előbbi kitételnek. A Greenpeace szerint jelenleg a Toyota jelentősen le van maradva a többi autómárkához képest környezetvédelmi szempontból.”

“A Toyota Motor Corp. közelmúltban kinevezett új vezérigazgatójától, Sato Kojitól sokan azt várják, hogy vizsgálja felül a világ jelenlegi legnagyobb autógyártójának” [9]

elektromos autókkal kapcsolatos stratégiáját. Főként a villanyautó-fanatikusok fogják számon kérni rajta, ha úgy látják, hogy a Toyota nem mozdul el elég gyorsan a tisztán elektromos meghajtású autók gyártása felé. A villanyautó-evangelisták biztosan minden olyan döntését elfogadják utasítani, ami nem a tisztán elektromos meghajtás forszírozásáról szól. Szüksége lesz lelki erőre és kitartásra, hogy ennek ellenálljon.

A mostani személyes élményeim után kíváncsian várom ez ügyben a további fejleményeket, hiszen ezt a nyomást már az elődje sem bírta ki [10, 11]. További érdekes fejleménye az úgynevezett, hogy

“Jack Hollis, a Toyota amerikai értékesítési vezetője nemrégiben így érvelt a fórumán részt vevő érdeklődőknek, képzeljék el, hogy egy maréknyi lítiumot tart a kezében. Tegyük fel - folytatta - hogy ez a mennyiség egy darab 68 ezer dollárba kerülő tisztán elektromos, hét darab 48 ezer dolláros konnektorból tölthető, és száz 30 ezer dolláros Prius hibrid gyártásához elég. Ezek az autók hasonlóan mérséklék a károsanyag-kibocsátást.” [12, 13]

Ennek megfelelően, nem meglepő, hogy a kiállításon sincs akkumulátoros villanyautó. Van viszont hibrid:

“A Toyota Motor Europe az elmúlt év végén jelentette be, hogy megkezdte 5. generációs hibrid hajtásláncainak gyártását az új Corolla számára. A legújabb Toyota hibrid elektromos, alacsony károsanyag-kibocsátású hajtásláncokat a Toyota Motor Manufacturing Poland (TMMP) és a Toyota Motor Manufacturing UK (TMUK) gyártja majd a TMUK és a Toyota Motor Manufacturing Turkey (TMMT) új Corollaihoz.” [14]

És van hidrogén üzemű Toyota, ezekből több is. Többek között az alábbi képeken látható kiállítási darabokat tekintethetjük meg.



A Toyota Mirai metszete, a kép közepén a sárga tárgy a 700 bar nyomást tartó hidrogén tank

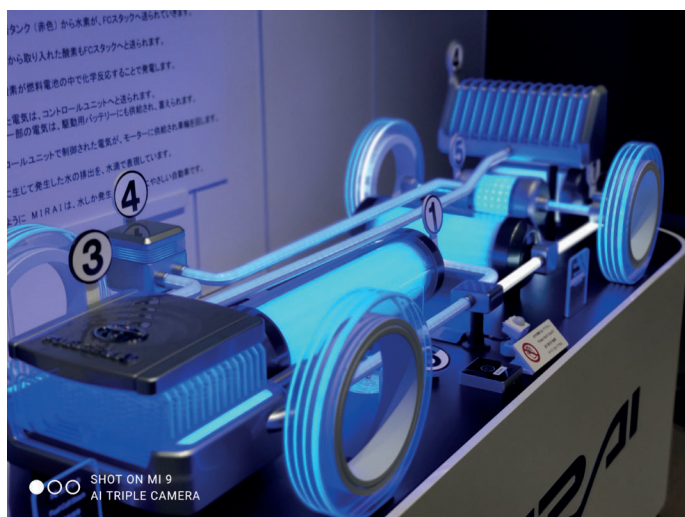
(a szerző saját felvétele)



A Toyota Mirai

(a szerző saját felvétele)

A Toyota Mirai korábbi változatai korábban már Magyarországon is megjelentek, a szakemberek kiróbbálhatták a korábbi verziókat a forgalomban is. A legújabb típust várhatóan ez év végén mutatja be a Toyota a szakembereknek, majd később a nagyközönségnek is.



A hidrogén hajtású szimulációja
(a szerző saját felvétele)

A hidrogén alapú technológiák, a hidrogén hajtású és az autógyártás mellett a Toyota támogatja a független tudományos kutatásokat a hidrogén technológiák területén. Az egyik ilyen legújabb publikációt a Science Direct-en [15] is olvashatjuk. A cikk megállapításainak egy részét érdemes lenne Magyarországi viszonyokra is megvizsgálni és ezeket adaptálni.

Néhány további szemelvény (gyöngyszem) a témában a Totalcar-tól [16]:

“Az elkövetkező évtizedekben vélhetően inkább a használati járművekben és ipari környezetben fogjuk viszontlátni, hisz a nagy dízelekre nem alternatíva az esztelen villanyosítás (nyersanyagszűkében a Tesla Semi több tonnás akkumulátora egyszerűen nonszensz), személyautóba meg még drága a hajtású hajtású - kíváncsi volnék, hogy az alapáron 33 milliós Lexus LS500h 2-3 millió forintos haszonkulcsából mennyi marad meg az exkluzív felszereltséggel 33 milliós Mirainál. Ha tippelni kéne, nem sok.” [17]

“Ez a trend valahol szomorú, mert a Mirai csodálatos, a benne lévő technológia ingyenc falat, mérnöki delikatesz. A normál akkumulátoros autókkal szemben ez különösen szembeötlő, hisz az akku-inverter-villanymotor felépítés elvi szinten nem több a német turisták sapkáján szokásos ventilátornál. Használat közben nem is tűnne fel, hogy milyen rettenetesen összetett technológiának parancsolunk lábfejjel, hisz áramforrástól felfelé a Mirai is csak egy villanyautó. Jól leplezi, hogy egyébként három darab, tíz centis falvastagságú, karbonból és mindenképp is készült, széthelytelen, 10000 psi (~690 bar) nyomás alatt lévő tartályban foryog a sűrített hidrogén, a cellák pedig – egyebek mellett – platina katalizátorral elemi szinten szétbontott atomokból csíholnak áramot - egy megvehető, közforgalomra alkalmas járműben. Mi ez, ha nem százenszifkón.” [17]

Összefoglalás

Adott a világ legnagyobb autógyára és az egyik legjelentősebb technológia konglomerátuma több

évtizedes töretlen fejlődéssel és egyértelműen vezető szereppel a mindenkor technológia fejlesztésében [18]. Minden példájuk azt mutatja, hogy nemcsak mindig időben ismerték fel a trendeket, hanem még többnyire az adott technológia vezető szerepét is megszerezték. Ugyanakkor a vállalat egyáltalán nem hajlandó követni a ma világszer- te elfogadott trendeket. Elviseli, hogy már-már karakter- gyilkosság szintjén pocskondiázzák a környezetvédelem és a károsanyag-kibocsátás területén. Nem rohan esze- veszetten a Tesla útján az akkumulátoros villanyautók fejlesztésében és gyártásában. Úgy tűnik nem hajlik sem politikai érvekre, sem pedig pénzügyi nyomásra ebben a tekintetben. Ugyanakkor minden hivatalos anyagában hangsúlyozza a károsanyag-kibocsátás csökkentésének a jelentőségét, egyértelműen hitet tesz a fenntartható fej- lődési célok mellett [19] és folyamatosan hangsúlyozza ezek jelentőségét. Ezentúl fejleszti a hidrogén hajtású autókat, amikről legalábbis Európában minden szakértő nagyon óvatosan, de többnyire inkább negatívan nyilatko- zik. Mindezek felett, a technológiát eladja a legnagyobb konkurens egyikének is [20,21], aki úgy tűnik inkább megveszi és nem fejleszt egy sajátot.

Na most akkor mi van? – tehetjük fel a kérdést magunk- ban. Megtörik a Toyota és lélekszakadva elkezd más- t fejleszteni, vagy megtartja az álláspontját és a trendeket változtatja meg. Kíváncsian várom a következő fejlemé- nyeket, várok türelmesen az első hidrogén autómra, de addig is igyekszem a hidrogén hajtású buszt, mint utas itt Japánban nemcsak kipróbálni, hanem a próbaüzemel- tetések első tapasztalatairól is információkat szerezni.

Major Zoltán

Irodalomjegyzék

- [1] Toyota Commemorative Museum of Industry and Technology, <https://www.tcmiit.org/english/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [2] Textilipari Pavilion <https://www.tcmiit.org/english/exhibition/textile/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [3] Automobile Pavilion <https://www.tcmiit.org/english/exhibition/car/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [4] Az autógyártás kezdetei (<https://www.tcmiit.org/english/exhibition/car/car01/>) (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [5] Prototípusgyártás <https://www.tcmiit.org/english/exhibition/car/car01/car01-3/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [6] A gyártástechnológiák kiállítása <https://www.tcmiit.org/english/exhibition/car/car05/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [7] Tojoda Kiicsirő mellszobra <https://www.japan-experience.com/all-about-japan/shizuoka/museums-galleries/sakichi-toyoda-memorial-house> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [8] Környezetvédelem <https://totalcar.hu/magazin/hirek/2022/09/10/zoldites-teren-nem-allnak-tul-jol-a-japan-nagymarkak/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [9] Világpiaci pozíció <https://totalcar.hu/magazin/hirek/2023/02/07/meg-mindig-toyotat-vesznek-a-egtobben-vilagszer- te/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [10] Miért nem gyárt a Toyota villanyautót https://hvg.hu/cegauto/20221220_A_Toyota_elnoke_megint_elmagyarazta_

- miert_nem_hisz_totalis_villanyautozasban (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [11] A Toyota új vezetője <https://index.hu/gazdasag/2023/01/26/lemondas-elnok-vezerigazgato-toyota-hibrid-autok-lexus-autogyarto/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [12] A hibrid Prius <https://totalcar.hu/magazin/hirek/2023/02/24/toyota-prius-hibrid-elektromos/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [13] A toyota új elnökének a tervei <https://www.autonews.com/commentary/next-toyota-ceo-koji-sato-will-change-ev-pace-should-he> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [14] A Toyota 5. generációs hibrid hajtása <https://www.toyota-europe.com/news/2022/5th-generation-hybrid-powertrain> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [15] Kojima, H., Nagasawa, K., Todoroki, N., Ito, Y., Matsui, T., Nakajima, R.: Influence of renewable energy power fluctuations on water electrolysis for green hydrogen production, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 48, Issue 12, 2023, pp. 4572-4593. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.11.018>
- [16] Autókról közérthetően <https://totalcar.hu/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [17] Toyota Mirai magyarországi menetpróbája 2021-ben https://totalcar.hu/tesztek/2021/06/09/menetproba_toyota_mirai_2021_uzemanyagcella_linde_hidrogen_tolto/ (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [18] History of Toyota <https://global.toyota/en/company/trajectory-of-toyota/history/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [19] SDGs Initiatives <https://global.toyota/en/sustainability/sdgs/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [20] A BMW is Toyota hidrogénnes hajtást épít be a kísérleti modeljeibe https://totalcar.hu/magazin/hirek/2023/02/28/401-loeros-hidrogenes-ix5-tel-tesztel-a-bmw-toyota-technikaval/?utm_source=index.hu&utm_medium=doz&utm_campaign=link (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)
- [21] A BMW és a Toyota együttműködése <https://totalcar.hu/magazin/hirek/2023/02/28/401-loeros-hidrogenes-ix5-tel-tesztel-a-bmw-toyota-technikaval/> (Megtekintés dátuma: 2023.03.01.)



Észrevételek¹ az FKI² és a VASKUT³ történetéhez

Addition to the history of FKI and VASKUT

A hazai tudományos kutatás múltjához kapcsolódóan az Anyagvizsgálók Lapja a legutóbbi számaiban [1-5], szép és adatgazdag cikkeket közölt a magyar anyagvizsgálati szakma két, egykor igen fontos kutatóintézetének tevékenységéről: Csanády Andrásné Bodoky Ágnes írta meg az Fémipari Kutató Intézet (FKI) történetét, Fehérvári Attila pedig, négy felvonásban, a Vasipari Kutató Intézet (VASKUT) történetét. Mindkét cikk nagyszerű mementója annak a korszaknak, amelyben a magyar anyagvizsgálati, anyagtechnológiai, kohászati és bányászati szakmák – valamint a velük szorosan együttműködő felsőoktatás – rendkívüli teljesítményt értek el még az évtizedeken át tartó, diktatórikus politikai-gazdasági rendszer körülményei közepette is.

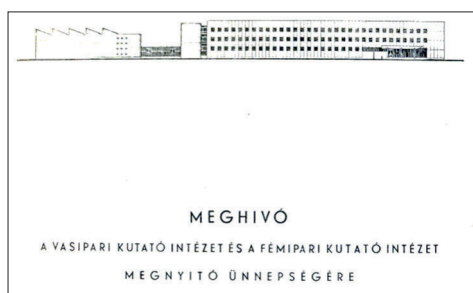
Fehérvári Attila cikkeiből jól látható: rendkívül alaposan ismeri az intézet történetét. Annak alapítása és elindulása éveiben azonban még nem dolgozott ott. Talán emiatt tekint másféle élmények alapján a két kutatóintézet megszületésének időszakára. Én itt igyekszek a történeti források talaján maradni. A Fémipari Kutató Intézetet ugyanis nem 1951-ben alapították, miként a Vasipari Kutató Intézetet sem 1952-ben, hanem – miként a szerzők ezt pontosan le is írják – jóval korábban. Az áljubileumoknak mindössze annyi alapja lehet, hogy ekkor kapták a címben szereplő elnevezésüket. De ez még hetven év múltával sem lehet elegendő ok a történelemharmonizálásra. Csanády Andrásné Bodoky Ágnes világosan el is mondja: „az intézmény neve 1951-ben Fémipari Kutató Intézet (FKI) lett. Ez történt 70 éve”.



A VASKUT egykori cégtáblája és az FKI törzsgárdai jelvénye

Az elmúlt évtizedekben egyébként számos alkalommal adott hírt a szakmai sajtó az intézmények valódi jubileumairól. Ezekből a cikkekből álljon itt néhány példa: a valódi jubileumokról szóló cikkek címei magukért beszélnek.

- Tízéves a Vasipari Kutatóintézet. *Kohászati Lapok*, 92 (1959:5) 204.
- Verő József: A Vasipari Kutató Intézet 10 éve. *Kohászati Lapok*, 92 (1959:7) 331–332.
- 20 éves a Fémipari Kutatóintézet. *Magyar Alumínium*, 5 (1968:3–4) 125.
- Jubileumi előadássorozat a Fémipari Kutató Intézet 20 éves fennállása alkalmából. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 101 (1968:7) 293–294.
- Ruhmann Jenő: A Vasipari Kutató Intézet 20 éves jubileumi ünnepsége. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 102 (1969:9) 406.
- Verő József: A Vasipari Kutatóintézet 20 éve, jelene és jövője. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 102 (1969:11) 464–467.
- Szőke László: Visszapillantás a Vasipari Kutatóintézet 20 éves jubileumi ünnepségeire. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 102 (1969:11) 468–470.
- Verő József: A 20 éves Vasipari Kutatóintézet Öntödei Szakosztálya. *Bányászati és Kohászati Lapok. Öntöde*, 20 (1969:11) 241.
- A Fémipari Kutató Intézet 25 éves jubileumáról. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 106 (1973:8) 365–366.
- Zambó János: A 25 éves Fémipari Kutató Intézet. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 106 (1973:8) 366–370.
- A Fémipari Kutató Intézet 25 éves jubileumi ünnepsége. *Magyar Alumínium*, 10 (1973:8) 241–244.



Meghívó a VASKUT és az FKI megnyitó ünnepségére

¹ A felelős szerkesztő mindig is arra törekedett és törekszik most is, hogy a lehető legobjektívebb képet hagyjon a következő generációkra. Ettől vezérelve örömmre szolgált mind Csanády Andrásné Bodoky Ágnes, mind pedig Fehérvári Attila hallatlan energiával összeállított közleménye. Ugyancsak örömmel vettem Dobránszky János pontosító szándékkal írt észrevételeit, amelyet természetesen továbbítottam az eredeti cikkek Szerzőinek annak érdekében, hogy a közlés előtt a vitás kérdésekben vagy közös nevezőre juthassanak, vagy érveiket kifejthessék.

² Csanády Andrásné Bodoky Ágnes állásfoglalása: Köszönet Dobránszky Jánosnak a kiegészítő irodalomkutatásért, de a témakört a magam részéről lezártak tekintem.

³ Fehérvári Attila állásfoglalása: A kommunista hatalomátvételt követő évben, 1949-ben megkezdődött az az ipar erőltetett fejlesztése, amelynek támogatására elhatározták a Vasipari Kutató Intézet és a Fémipari Kutató Intézet megalapítását. Az általam idézett tudósok ezt tekintették az alapítás évének. A kormányzat hatalmas összeget különített el egy székház építésére és felszerelésére, amely 1951-ben valósult meg. Itt új helyen, feltételekkel és szervezetben kezdődött meg a munka, ezért joggal tekinthetjük 1951-et az alapítás évének. Ezt erősíti meg az általam is bemutatott meghívó, amely 1951. szeptember 12-ére, a Vasipari Kutató Intézet és a Fémipari Kutató Intézet megnyitó ünnepségére szól.

- A Vasipari Kutató Intézet 25 éves jubileumi ünnepe. Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat, 107 (1974:10) 479–480.
- Horváth János: 25 éves a Vasipari Kutató Intézet Öntödei Osztálya. Bányászati és Kohászati Lapok. Öntöde, 25 (1974:10) 217–218.
- 40 éve alapították a Fémipari Kutató Intézetet, a hazai alumíniumipar tudományos bázisát. Magyar Alumínium, 25 (1988:10) 313–315.

A mindkét kutatóintézetet alapító Gillemot Lászlót a VASKUT igazgatói székében követő Verő professzor a következőképpen idézte fel az alapítás részleteit:

„Az 1949. április 23-án kelt 3600 számú Korm. rendelet több más intézmény között a Vasipari Kutató Intézet létesítését is elrendelte. Gillemot László egyetemi tanár, akadémiai levelező tag, az akkor már működő Alumínium- és Könnyűfém Kutató Intézet igazgatója kapott megbízást az újonnan alapított Intézet megszervezésére és abban a munka megindítására. Május 1-i hatállyal kezdődött meg az Intézet első munkatársainak kinevezése. Ennek megfelelően a Korm. rendelet keltét kell a Vasipari Kutató Intézet születésnapjának tekinteni, 1949. május elsejét pedig a működése kezdőpontjának /.../ Gillemot László, az intézet szervezője 1952. december 1-ig igazgatója is maradt”.

Az idézett szöveget Verő József írta, a Vasipari Kutató Intézet 10 éve című cikkében, amely a Kohászati Lapok 1959. évi 7. számának 331-edik oldalán olvasható. A szóban forgó kormányrendelet – 3600/1949. (IV. 23.) Korm. rendelet az ipari kutatás megszervezéséről – alapján pontosítani lehet az adatokat:

„2. § (1) Az ipari kutatási szervek a következők: /.../ 1. már működő intézetek: /.../ Alumínium és Könnyűfém Kutató Intézet /.../ 2. a jelen rendelet alapján létesítendő szervek: a) intézetek: Vaskutató Intézet”.

A két legendás professzor között egy nagyon tanulságos levélváltás zajlott le 1974 tavaszán az akkor már öt évvel korábbi, a 20 éves évfordulóra írt Verő-cikknek az alapításról szóló pontatlanságai miatt (a BME levéltárában fennmaradt levelek másolata a mellékletben elolvasható).

Fehérvári Attila kétrészes cikkéből fontos részleteket lehet megismerni, de néhány részletet illetően pontosítani szeretném az adatokat.

- Az 1940-es évek végén a Gillemot professzor vezette tanszék pontos neve Mechanikai Technológiai Intézet volt.
- 1952-ben nem kellett az intézetet kettéosztani, mivel az alapításuktól kezdve önálló intézetek voltak, „csak” mindkettőnek Gillemot László volt a megalapítója és az igazgatója.
- Verő József már 1947-ben akadémikus lett, az MTA levelező tagja, 1949-ben pedig az MTA rendes tagja.

- Romvári Pál csak 1966-tól 1968-ig volt egyetemi tanár a Zorkóczy-tanszéken, utána pedig, 1990. december 31-ig tanszékvezető egyetemi tanár a Romvári-tanszéken (az adat forrása: Anyagvizsgálók Lapja, 3 (1993:3) 123–125).

Az egykori FKI és VASKUT bár fogyó, de még szép számmal élő és meg nem törő népe időnként összegyűlik, és fel-feleleveníti a régi szép időket. A tanúk azonban egyre fogynak. Ezért is illeti nagy-nagy köszönet Csanády Andrásné és Fehérvári Attilát azért, hogy összegyűjtötték és megírták a magyar ipar és a magyar tudományos kutatás egykor nagyszerű intézményeinek a történetét. Hálás lehet az utókor az Anyagvizsgálók Lapjának is, amiért nem csak helyet adott a cikkeknek, de inspirálta is a szerzőket.

Dobránszky János

Irodalomjegyzék

- [1] Csanády Andrásné Dr. Bodoky Ágnes: A Fémipari Kutató Intézet (FKI) 70 éves jubileuma (1951-2021) - Anyagtudományi töredékek (1971-1997), Anyagvizsgálók Lapja, 2021/IV. lapszám, pp. 61-75.
- [2] Fehérvári Attila: A Vasipari Kutató Intézet 70 éves-jubileuma (1952-2022) - I. rész, Anyagvizsgálók Lapja, 2022/I. lapszám, pp. 60-66.
- [3] Fehérvári Attila: A Vasipari Kutató Intézet 70 éves-jubileuma (1952-2022) - II. rész, Anyagvizsgálók Lapja, 2022/II. lapszám, pp. 76-82.
- [4] Fehérvári Attila: A Vasipari Kutató Intézet 70 éves-jubileuma (1952-2022) - III. rész, Anyagvizsgálók Lapja, 2022/III. lapszám, pp. 61-65.
- [5] Fehérvári Attila: A Vasipari Kutató Intézet 70 éves-jubileuma (1952-2022) - IV. rész, Anyagvizsgálók Lapja, 2022/IV. lapszám, pp. 92-98.

Melléklet

(Gillemot László levele Verő Józsefhez; 1974. április 22.)

„Kedves Józsi!

Mint már egyszer a Szakcsoport ülésén említettem, a Vasipari Kutató Intézet 20 éves jubileumán elmondott és a Bányászati és Kohászati Lapokban közölt beszéd az Intézet alapításával kapcsolatban igen sok tévedést tartalmaz, amelyet engedj meg, hogy itt számodra helyreigazítsak.

A történelmi tények a következők: engem a legjobb emlékezetem szerint 1949. március 1-én neveztek ki a Vasipari Kutató Intézet igazgatójának azzal a megbízással, hogy annak megszervezésére és felépítésére tegyek javaslatot. Ekkor már a Fémipari Kutató Intézet igazgatója voltam 1948 óta, amelynek az alapjait a Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai Intézetében teremtettem meg. Feladatom úgy szólt, hogy terjesszem Minisztertanács elé a Vasipari Kutató Intézet felépítésének terveit, ami 1949 novemberében meg is történt. Nyomatékosan felhívnam szíves figyelmeteket arra, hogy nem 1949 novemberéig kellett volna felépíteni a Vasipari Kutató Intézetet, ami márciustól novemberig egy tökéletes abszurdum, hanem az építés koncepcióját kellett elkészíteni, ami szintén hatalmas feladat, de ez viszont el is készült. 1949 novemberéig egyik intézetnek sem volt építkezési beruházása, mert ezt 1949 novemberében szavazta meg a Minisztertanács. Alapvetően téves tehát a cikk azért, mert úgy hangzik, mintha 1949 novemberében kellett volna az Intézetnek készen lennie és hosszú késéssel csak 1951 szeptember 1-re készült el. Ezzel szemben a valóság az, hogy 1949



Igazolólap az 1956-os forradalom leverése után

novemberében szavazták meg az építkezést és 1951 szeptember 1-én a felépített, megszervezett és berendezett Vasipari Kutató Intézet megnyitotta a Fémipari Kutató Intézettel együtt. Ezek szerint 1949. márciusától novemberéig tehát mintegy 7-8 hónap alatt készült el a tervezés és szervezés és a telek megkeresésével, a szükséges építési engedélyek beszerzésével, valamint a műszerbeszerzéssel együtt 1 és 3/4 év alatt épül fel a két intézet jelenlegi telephelye. Ne tarts szerénytelennek, ha azt állítom, hogy ez akkor és azóta is szinte egyedülálló teljesítmény volt, tehát rendkívül meglepően érintett beszéded és cikkednek a megállapítása.

A Nehézipari Központban semmiféle olyan csoport nem működött, melynek feladata a Vasipari Kutató Intézet megalapítása lett volna, a való tény az, hogy én személy szerint a Nehézipari Központ Műszaki Fejlesztési Főosztályának a vezetője voltam, de a feladataim között a Vasipari Kutató Intézet nem szerepelt, más pedig ezzel a kérdéssel ott nem foglalkozott.

Mindezt azért tartom szükségesnek helyreigazítani, mert a Fémipari Kutató Intézet már a lezajlott 25 éves jubileumán egy régi kedves munkatársam emlékeztetett arra, hogy az alapítási év és azt követő évek fizetési lajstromain engem nem találtak, jöllehet tudták, hogy az Intézetet én alapítottam és vezettem tovább is. Ugyanigy nem vagyok található a Vasipari Kutató Intézet fizetési lajstromjain sem, mert kb. 1951 tájékán fedezte fel az illetékes főnök azt, hogy nekem egyik intézetnél sincsen fizetésem, jöllehet kinevezett igazgató vagyok mind a két helyen. Miután éveken át fizetés nélkül vezettem az intézeteket, rendkívül nagy súlyt helyeznék arra, hogy legalább ez a tényleg önzetlen tevékenységem ne egy torz tükröképpen maradjon meg, mint ahogy a 20 éves évfordulón elmondott beszéded és a Kohászati Lapokban leközölt cikk a fentieket figyelembevéve a valósággal sajnos nem egyezik. Bár a vonatkozó okmányok tudomásom szerint az Intézetben vannak és nem nálam, az elmondottakat velem együtt végigcsinálta pl. Illyés Tibor a Fémipari Kutató Intézet jelenlegi gazdasági igazgatóhelyettese. Azt pedig Te is tudod már, hogy 1952 szeptember 1-én felszerelve, megszervezve és üzemképes állapotban adtam át Neked az Intézetet.

Baráti Üdvözlettel,
Dr. Gillemot László"

Verő József válaszevele Gillemot Lászlóhoz; 1974. április 30.

„Kedves Barátom!

A Vaskut alapításának hiteles történetét leíró kedves leveledre úgy érzem, válaszolnom illik. Nem azért teszem, hogy mentegessem magamat a történelmi hűség elleni vétségeimért, hanem inkább azért, hogy én is helyesbítsek az 1969. évi események történetén. Főleg arra szeretnék hivatkozni, hogy a jubileum napján elmondott beszédem és az, ami később a Bányászati és Kohászati Lapokban megjelent, nem ugyanaz a szöveg. A lap szerkesztőségébe ugyanis rövidítve kérte tőlünk a beszéd szövegét; ezt a rövidebb szöveget nem én készítettem, sőt az emlékezetem szerint nem is láttam. Az eredeti szövegben például aligha szerepelt az a mondat, hogy az épületnek 1949 őszére kellett volna elkészülnie, hiszen pontosan emlékszem, hogy az akkor alakuló akadémiai bizottságnak egyik ülésén, 1950 késő tavaszán bemutattad az épület tervét. Az idézett szerencsétlen mondat talán úgy született meg, hogy az átdolgozó rövidség kedvéért összevonta a tervezést és építést. Kerestük a beszéd eredeti, teljes szövegét, de nem sikerült nyomára akadni; én magam se őriztem meg.

Felvetődik természetesen a kérdés, miképpen kellene korrigálni, legalább azt az ominózus mondatot. Azt őszintén szólva nem tartanám célszerűnek, hogy az 1969-ben megjelent közleményre hivatkozva, helyesbítő szöveget közöltessek ugyanott, bár erre is hajlandó vagyok, ha szükségesnek tartod. Jobb megoldásnak látszik, ha leveledet a Vaskut irattárába, az alapítás és indulás iratanyagába helyeztetem, hogy az intézet múltjával majdan foglalkozók hiteles forrásként felhasználhassák. Az alapítás történetése vonatkozó, csak megközelítően is ennyire részletes dokumentum ugyanis nem létezik az irattárunkban.

Ha ez a megoldás elnyeri a tetszésedet, egyik utolsó igazgatói ténykedésem lesz az erre vonatkozó intézkedés.

Véleményedet a jövő heti személyes találkozásunkkor gondolom élőszóval közölheted velem. Az intézet egyébként még mindig birtokomban van, legalább papíron, mert utódomnak még nem adhattam át.

Baráti üdvözlettel
Dr. Verő József "



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA PUBLIKÁLJON NÁLUNK!

Írjon szakmai vagy általános
témájú cikket

az

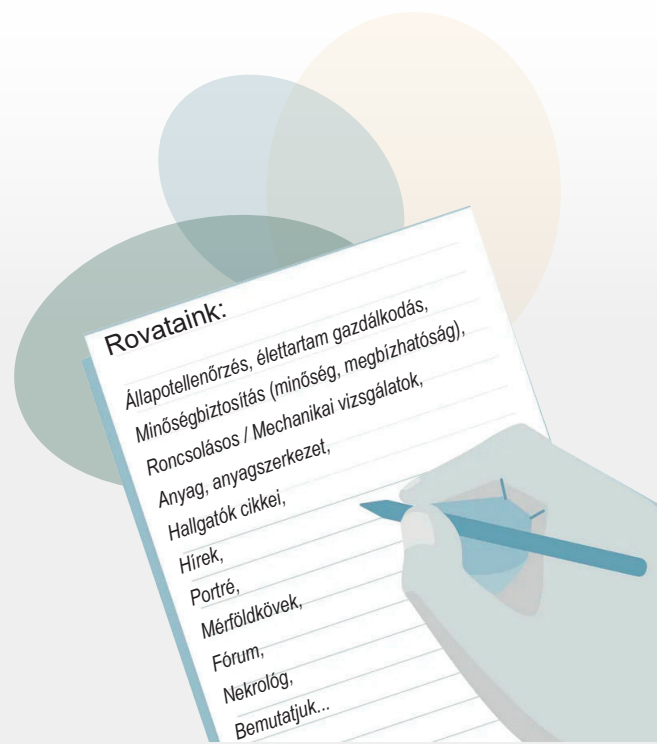
Anyagvizsgálók Lapjába!

Részletekért látogassza meg honlapunkat,
vagy írjon az alábbi email címek valamelyikére:

info@anyagvizsgaloklapja.hu

avilap.szerk@gmail.com

www.avilap.hu



Stevensonék tornyai

Stevensons' lighthouses

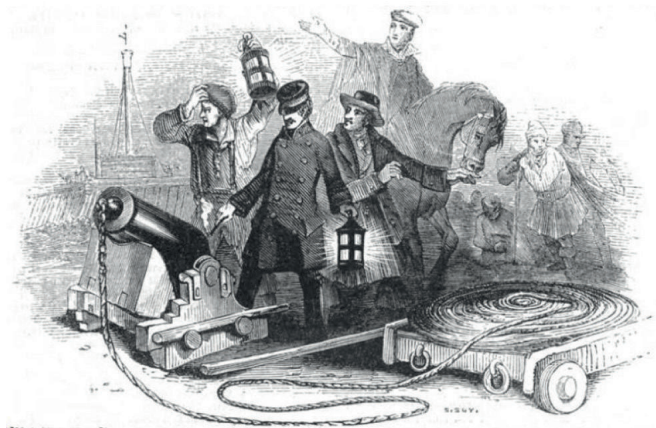
Az ír kocsmazene fergeteges ritmusú dalai gyakran igen tragikus történeteket mesélnek. A vidám népdalok valóság ihlette szövegében gazdag rakományok, utasok és tengerészek sokasága vész a viharos tengerbe.

George William Manby hajóskapitány 1807. február 18-án tehetetlen, megrendült szemlélője volt egy hatalmas tengerjáró pusztulásának. Manby életét ettől kezdve a vízi közlekedés biztonságosabbá tételének szentelte; egyik nevezetes találmánya a partközelségben zátonyra futott hajók legénységének próbált segíteni. A parton álló mozsár lövedékéhez egy hosszú, erős kötelet rögzítettek, a hajó fölött átlőtt golyóbis magával ragadta a kötelet, amely – szerencsés esetben – rögzítette a veszélybe került hajót.

A kötélen azonban gyakran elszakadt, máskor repülés közben lángra lobbant, az esetleg éppen a hajóba csapódó lövedék pedig még tovább fokozhatta a bajt.

Nagy-Britannia sziklás, zátonyos vidékein a XVIII-XIX. században roppant gyakran történtek balesetek. A rengeteg áldozattal járó szerencsétlenségek egyik fő oka a partokról készült térképek pontatlansága volt. A mappák hibáit a napjainkra leginkább csak Robinson Crusoe történetéről ismert, a maga korában azonban a legkiválóbb tényfeltáró újságíróként dolgozó Daniel Defoe is éles hangú cikkekben kifogásolta.

A különösen veszedelmes helyeken régóta jelzőtüzekkel próbálták segíteni a hajósokat. A tüzek kioltása, majd félrevezető fényjelekkel a hajók éppenséggel katasztrófába irányítása mellett a hajóroncsok kifosztására, a maradványok hasznosítására egy egész gonosz iparág szakosodott. A tengeri kereskedelem azonban nem állt le, és persze a szerencsétlenségek is folytatódtak. A több évszázada működő, patinás Lloyds biztosító társaság adatai szerint a XIX. század kezdetéig a brit szigetek környékén évente több száz hajóbaleset történt.



Manby kapitány mozsárból kilőtt mentőkötele [3]

A még 1514-ben, VIII. Henrik által alapított, és Trinity House Corporation néven mindmáig működő szervezet biztosította a part menti hajóközlekedést segítő jelzéseket. A világítótornyok hálózatának kiépítése és üzemeltetése

gazdasági szempontból is fontos feladat volt. A tornyok építési és üzemeltetési jogát az állami szervezet bérlelte ki. A jelző fényekkel biztosított kikötőkből ki- és befutó hajók tulajdonosai a vízi jármű méretétől függő, szabott díjakat fizettek a tornyok üzemeltetőinek.

Eddystone a Cornwall-i partvidék legveszedelmesebb zátonyának számított. A parttól 14 mérföld távolságban fekvő sziklaszigeten elsőként Henry Winstanley emelt világítótornyot.

Az akkoriban zajló pfalzi örökösödési háború okán, a szigeten dolgozó Winstanley-t és munkásait egy francia hajó legénysége elfogta. Az Admirális lordjai szabadon bocsátásuk érdekében kérelemmel fordultak XIV. Lajos francia királyhoz. A Napkirály állítólag azt mondta: „*Franciaország Angliával áll háborúban, nem az emberi-séggel*”, és szabadon bocsátatta az építőket.

Az 1698-ban befejezett, díszes épület különlegesen erős, a legveszélyesebb tengeri viharoknak is ellenálló konstrukció volt. 1703. november 26-án minden korábbinál rettenetesebb fergeteg támadta meg Anglia középső és déli részét. A Londonban is hatalmas pusztítást végző vihar előtt Anna királynő a St. James palota pin-céjébe húzódva keresett menedéket.

A vihar érkezésének hírére Winstanley az építményébe vitte magát, mert közvetlen tapasztalatot kívánt szerezni a torony nyújtotta, tökéletes biztonságról. A sok ezer épületet romba döntő, sok ezer hajót elsüllyesztő vihar azonban alkotójával együtt elsöpörte az első eddystone-i világítótornyot.



Winstanley világítótornya [4]

A veszélyes sziklára épült második tornyot szerencsétlenül járt elődjénél erősebbre építették. Az újabb alkotás fél évszázadon át adott útbaigazító fényjelzést a hajósoknak, a pusztulását azonban ez sem kerülte el. A torony tetején égő jelzőlámpa gyertyái lángba borították az egész, kívülről fával burkolt épületet.

A toronyban szolgáló három őrnök halovány esélye sem volt a felülről lefelé terjedő tűz eloltására. Egyikük, a matuzsálemi korú Henry Hall különlegesen bizzarr sérülést szenvedett. Az égő torony ólom fedelének egy megolvadt cseppje éppen a felfelé bámuló szerencsétlen tátott szájába esett, aki azt rögtön le is nyelte.

Az öröket a torony teljes leégését követően, öt nap múltán tudták csak elszállítani a toronynál nem sokkal nagyobb területű szigetről. A szörnyű galacsint lenyelt szerencsétlen őr ezután még másfél hétig élt, halála után felboncolták, a gyomrában talált fémdarabot máig a Skót Nemzeti Múzeumban őrzik.

Eddystone harmadik világítótornya az angol ipari forradalom egyik legkiválóbb mérnöke, John Smeaton építette fel. Smeaton számos különleges konstrukciós és technológiai újdonságot vezetett be. Az építészet történetében az alapok kitűzéséhez elsőként ő használta a teodolit műszert. A kör keresztmetszetű, forgás hiperboloid alakú torony alapját nagyon pontosan megmunkált, puzzle-szerűen illeszkedő gránit tömbök alkották. Az egymásra rakott rétegek elmozdulását a kövekbe fűrt fém csapok akadályozták.

A pontosan illeszkedő felületek közötti hézagokat Smeaton az ókori római kőművesek által jól ismert, ám később évszázadokra elfelejtett, majd újra felfedezett cementtel töltötte ki. Ugyanezzel az anyaggal sikerült a torony külső felületén időtálló, vízzáró bevonatot kialakítani.

Az eddystone-i torony jellegzetes alakja és szerkezeti kialakítása évszázadokra mintát adott a hasonló objektumok tervezőinek.

A hányatott sorsú építmény harmadik változata 1882-ig hibátlanul állta a tenger és a viharok támadásait. Ekkor azonban kiderült, hogy a sziklaalap kezd veszíteni a stabilitását. Smeaton remekművét a teljes, 120 lábnyi magasság harmadáig visszabontották, és mellette építették fel a jelenleg is működő világítótornyot.



Az Eddystone-i torony, előtte Smeaton épületének torzója [5]

A brit világítótornyok történetének legfontosabb személyei a Stevenson család tagjai voltak. A két évszázadon át működött családi vállalkozást Thomas Smith alapította meg. A mozgékony skót üzletember két hitvesét is elvesztette. Harmadikként egy özvegyasszonyt vett feleségül, akinek előző házasságából született fiát, a különösen gyors észjárású Robert Stevensont saját gyermekeként szerette, nevelte és hamarosan üzlettársának is fogadta.

A kirobbanóan tehetséges, igen jó műszaki érzékkel rendelkező Robert beleszeretett gyámja első házasságából született leányába, összeházasodtak, és négy fiuk született. Ők valamennyien, majd később a Stevenson család további generációinak csaknem valamennyi férfi tagja építőmérnöki képzést nyert, és mindegyikük a Smith ősapja alapította családi vállalkozásban munkálkodott. Az ismétlődő keresztnevek sorában harmadik Robert leginkább „A kincses sziget”, valamint a „Doktor Jekyll és Mr. Hyde” történetek szerzőjeként ismeretes. A skótok nagyra becsült nemzeti írója volt az egyetlen, más életútra tévedt kakukkfőka az öt nemzedéken át világítótornyokkal foglalkozó mérnök családban. Ám a kalandos történetek szerzője is eredetileg műszaki pályára készült, azt elhagyva azonban később több könyvet írt családja mérnöki munkálkodásairól.

A tornyok szerkezetének és berendezéseinek folyamatos

fejlesztése, az újabb és újabb, egyre jobb megoldások módszeres kikísérletezése a Stevenson család edinburgh-i kutató laboratóriumában folyt. A kutatási eredményekre hamarosan szükség támadt. Skócia keleti vidékén, a parttól 12 mérföldre rejtőző Bell Rock az egyik legalattomosabb tengeri akadály volt. Dagály idején 16 lábnyi víz rejtette a sziklazátonyt, amely legtöbbször még apály idején sem vált láthatóvá. A szirt nevét is magyarázó legenda szerint hajdan harang kongott a szirten, ám a harangot egy holland kalóz elrabolta – ettől kezdve egymást követték a szerencsétlenségek.

1799 decembere különösen viharos volt. Az angol flotta egyik legnagyobb hadihajója a Bell Rock szikláján szenvedett végzetes balesetet. A szerencsétlenséget senki sem élte túl. A brit Parlament gyorsan határozott: a veszélyes zátony jelzésére megoldást kell találni. Többen lehorgonyzott hajó állandó jelzőfényét javasolták, a Stevenson dinasztia első nagy mérnöke, az első Robert világítótorny létesítésére nyújtott be pályázatot. A torony építésére azonban egy másik vállalkozó, a Stevensonnál kissé alacsonyabb árajánlatot tevő John Rennie kapott megbízást, azzal a különös kiegészítéssel, hogy a különlegesen nehéz építkezés műszaki vezetését Robert Stevenson végezze.



A Bell Rock világító torony építése [6]

A többnyire víz borította sziklazátonyon először egy roppant erős gerenda állványszerkezetet rögzítettek. A munka igen lassan haladt, a dolgozók olykor napokig a szirt mellett horgonyzó hajón várakoztak a megfelelően alacsony vízszintű apályok rövid időszakaira.

A gerendákra emelt segédtorony a továbbiakban az építés valamennyi mozzanatát segítette. Itt pihentek és étkeztek a munkások, működtek az anyagmozgatást segítő csőrök, sőt még a kőfaragó szerszámok újra élezését végző kis kovácműhely is itt kapott helyet. A jól bevált segédtorony a későbbi világítótornyok építésének nélkülözhetetlen eszköze lett.

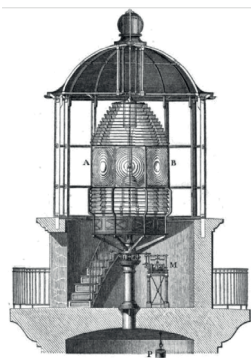
A torony alakját és az egymáshoz kapcsolódó, pontosan illeszkedő gránit tömbökből álló szerkezet ötletét Stevenson az Eddystone-i épületből vette át. Smeaton dolga azonban lényegesen egyszerűbb volt, hiszen az ő tornya nagyrészt száraz területen állt, csupán nagyobb viharok idején támadta a víz.

A gyakran víz alatt lévő sziklán rettenetesen nehéz volt az alapozás, majd az egymásra épülő rétegek kialakítása. A legmagasabb dagályszint fölé érve azonban a munka nagyon meggyorsult.

Az építési megbízást elnyert Rennie a négy évig tartó munka során mindösszesen három alkalommal látogatta meg a helyszínt, építésvezetőjével is leginkább csak levélben konzultált.

A század egyik csodájaként üdvözölt alkotást a korabeli írófejedelem, Sir Walter Scott is meglátogatta, és magaslató verset rögtönzött a nagyszerű építmény naplójába.

Az első világítótornyokban homorú tükrökkel erősített fényű gyertyák, a XIX. század első évtizedétől már kanócos olajlámpák világítottak. A domború, nagyító üveglencse a fókuszpontjából induló szóródott fénysugarakat párhuzamosítja. A több mérföldre világító reflektorhoz azonban olyan hatalmas méretű lencsére lett volna szükség, amelyet a korabeli szakipar képtelen volt elkészíteni. A francia Fresnel testvérek által feltalált lencse állandó vastagságú lemezén egyenlő távolságban párhuzamos bordamin-tázat van. Ez a furcsa, rácsos üvegeszköz a klasszikus nagyítóhoz hasonló optikai tulajdonságokkal rendelkezik, a domború lencsénél azonban lényegesen kisebb tömegű, sokkal egyszerűbben gyártható. A világítótornyok reflektoraiban ma is Fresnel lencsét használnak.



Fresnel lencsés optika és a reflektort mozgó szerkezet [7, 8]

A jelzőfény szabályos változása a veszélyes hely beazonosítását segítette. A továbbfejlesztett világító berendezések közepén égett a lámpa, a Fresnel lencsék komplikált rendszere pedig folyamatosan forgott. A működtető mechanizmust a hagyományos toronyórákhoz hasonlóan felhúzható és lassan süllyedő súlyok hajtották.

A tornyokban dolgozó – legtöbbször sokat próbált, nyugdíjas tengerészek – szolgálatát aprólékos regulák irták elő. A Bell Rock-i őrknek a reflektor olajjal feltöltése, a kanóc rendszeres szabályozása, a nyolc percnként egyet forduló gépezet kezelése mellett még megannyi más teendőjük akadt. A szolgálattevők kötelessége volt vasárnaponként a brit zászló felvonása, előírászerű egyenruhában a Szentírás olvasása, valamint a közösen elmondott déli imádság.

A monotonia és a tengeri viharok mellett pedig még egy különleges munkahelyi ártalom is fenyegette őket. A folyamatosan forgó optikai rendszer súrlódási veszteségeinek csökkentésére fejlesztették ki a higanyban forgó talpcsapágyakat. A mechanizmust mozgó súlyokat naponta

többször, újra és újra felcsörlőző, a világító berendezést olajjal feltöltő toronyőrök valamennyien súlyos mérgezést kaptak a gyilkos fémfolyadék alattomosan párolgó cseppjeitől.

1801-ben a Wales-i Smalls világítótornyban ketten szolgáltak. A sűrű, szűk területen hónapokra összezárt, közismerten rossz viszonyban lévő őrk egyike azonosíthatatlan okból életét veszítette, társa pedig megőrült. A felügyelő hatóság a szörnyű esetet követően elrendelte, hogy a tornyokban egyszerre legalább három személynek kell szolgálni. Ám ez sem jelentett tökéletes biztonságú megoldást. 1900-ban a Külső Hebridákhoz tartozó Flannan sziget világítótornyának mindhárom őre nyomtalanul eltűnt, soha nem sikerült kideríteni, mi történt velük.

A viharok korbácsolta, kietlen tornyok és az ismertté vált tragédiák jónéhány izgalmas írást ihlettek. Edgar Allan Poe, Jules Verne, Virginia Wolf regényei mellett több film játszódik a nyomasztó épületekben. A valóságos és a kitalált történetekből az Eggers testvérek 2019-ben remek fekete-fehér horror filmet raktak össze.



A Lighthouse (2019) film két szereplője [9]

A kísérteties helyszínek ma már kevésbé izgalmasak: 1983 óta egyetlen világítótornyban sincs állandó emberi felügyelet.

Laczik Bálint

Irodalomjegyzék

- [1] Bella Bathurst: The Lighthouse Stevensons, Harper Perennial 2005, ISBN 978-0-00-720443-4
- [2] Az Eddystonei világító torony, Felső Magyarországi Minerva, 1832 November, pp. 859-868.
- [3] Wikipedia: George William Manby: https://en.wikipedia.org/wiki/George_William_Manby (megtekintés dátuma: 2023.03.02.)
- [4] Wikipedia: Eddystone-világítótorny: https://en.wikipedia.org/wiki/Eddystone_Lighthouse (megtekintés dátuma: 2023.03.02.)
- [5] Lighthouse Accommodation: Eddystone Lighthouse: <https://lighthouseaccommodation.co.uk/directory/eddystone-lighthouse/> (megtekintés dátuma: 2023.03.02.)
- [6] Stevenson (Robert): An Account of the Bell Rock Light-House, 1st edition, Edinburgh, 1824
- [7] Wikipedia: Fresnel lens: https://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_lens (megtekintés dátuma: 2023.03.02.)
- [8] National Park Service: <https://www.nps.gov/fiis/learn/historyculture/fresnel-lens-history.htm> (megtekintés dátuma: 2023.03.02.)
- [9] Esquire: The Lighthouse Director Wades Through the Mysterious Ending of His Nautical Nightmare <https://www.esquire.com/entertainment/movies/a29504100/the-lighthouse-ending-explained-director-robert-eggers-interview/> (megtekintés dátuma: 2023.03.02.)

Könyvismertetés

Egy nagy tudós gondolataiból idézhető Neumann János

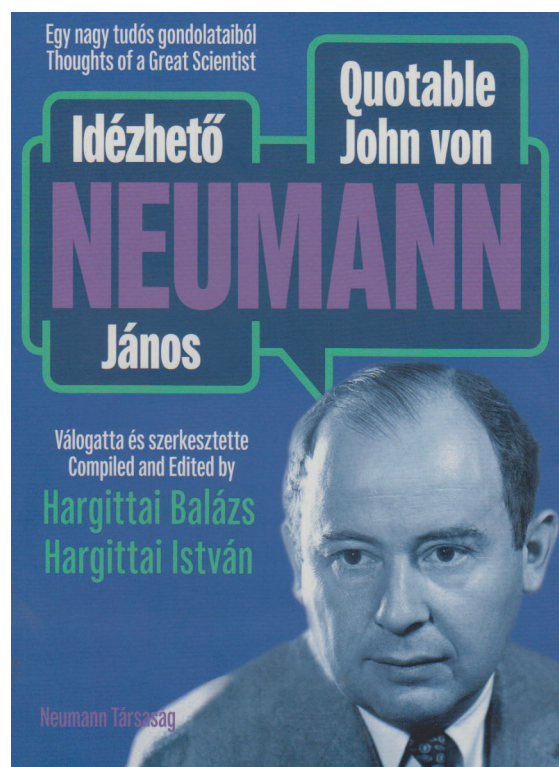
Válogatta és szerkesztette Hargittai Balázs, Hargittai István

Book review: Thoughts of a Great Scientist Quotable John von Neumann János
Compiled and Edited by Hargittai Balázs, Hargittai István

Kortársaimtól, az egyre idősödő korosztályom tagjaitól jól érzékelhetően sűrűbben hallom azt a kiszólást, hogy „*nekem már nem lehet meglepetést okozni!*”! Úgy látom, hogy mégis részessülhetünk ilyenben, méghozzá kellemes meglepetésben! Most, 2023 elején a Hargittai-család „fiú-vonulata” tette le asztalunkra ezt, méghozzá nagyon szép kivitelben. A Szent-Ferenc Egyetem kémia professzora (Loretto, Pennsylvania, U.S.A.) Hargittai Balázs és édesapja, Hargittai István a BMGE professor emeritusa, számos külföldi egyetem tiszteletbeli doktora és akadémiai tagja a Neumann Társaság gondozásában olyan könyvet jelentett meg Neumann János (1903-1957) születésének 120. évfordulója alkalmából, amelyet „öröm kézbe venni”. Az idézőjelbe szorított kifejezés nem is képes érzékelteni azt a hangulatot, érzéshullámot, amelyet a könyv címlapjára rápillantva, majd kézbe véve és az oldalakat lapozgatva előnti a Tisztelt Olvasót!

Az alig több mint 100 oldal terjedelmű könyv igazán a hazai könyvkiadás színfoltjának tekinthető. Az ok kettős. Egyrészt a tartalom, másrészt a forma tekintetében. Ami a tartalmat illeti lépünk vissza valamivel több mint egy évszázadot, amelyet a NATURE egyik ezen évszázadban megjelent cikke tartalmában így jellemzett; a XX. századot *Budapestben írták*. Az idézőjelet elhagytam, mert az egyéni fordítás nem annyira lényeges, mint a mondanivaló. A 2000-es évek elején megjelent Fizikai Szemle egyik lapszáma beégette olvasóiba azt a 21 világformáló nevet, amelyekre méltán büszke lehet a magyar nemzet minden tagja. Többségük a Duna budai partja mentén született egy 40-50 éves intervallumban és bontakoztatta ki tehetségét már a középiskolai tanulmányai során is. Ezek egyike volt Neumann János is. Életrajzi adatait nem kívánom ismertetni, hiszen sok-sok szerző megírta már mind nagyobb terjedelemben¹, mind pedig a XX. századot formálók szűkebb – bővebb körét érintve^{2,3,4}, de lányának emlékirataiban⁵ is sok új és valóban közeli, belső emberi tulajdonságokat eklatánsan kifejező pillanatot ismerhet meg a Tisztelt Olvasó. Ez utóbbi mű eredeti, 2012 évi kiadása során készült videofelvételén pedig ki-kí a saját személyes benyomást is bővítheti. Az eredeti angol kiadást a magyar olvasóinak Szegeden 2013-ban dedikálta Neumann János születésének 110. évfordulóján.

Inkább a kezemben tartott és a bemutatandó könyv kapcsolataira utalnék. Ennek 2. oldalán az a fénykép látható, amely az előbbinek címlapja, az örömteli apa (Neumann János) és a világra nyitott, mosolygós lánya, Marina von Neumann Whitman. A „női társadalom” érdek érvényesítésért folyamatosan küzdő és igazán nagy sikereket felmutató, immáron 88 évét taposó „Neumann-lány” 2021. július 20-án a következőket írta a könyv szerzőinek:



„Amikor otthon volt, a legfontosabb együtt töltött időnk a reggeli volt, mielőtt elkezdte a munkáját, én meg az iskolát. Nem volt könnyű felszínes vidámsága és kedélyessége mögé hatolni, amellyel apám védekezett a világgal szemben, és eljutni egyéniségének lényegét adó mély cinizmusához és pesszimizmusához. Gyakran hozott zavarba személyiségének hirtelen megváltozása. Az egyik pillanatban még valamilyen lehetetlen szójátékkal kacagtatott meg, amit átmenet nélkül követett a szinte biztosan elkerülhetetlen nukleáris háború jóslata. Mindkét megnyilvánulás jellemző volt egyéniségére”.

A könyv nagyszerűsége az, hogy a fenti mondatokat ennek eredeti angol változata követi, és nem csupán itt, hanem e megoldás kiterjed a könyv egészére, az „Előszó”-tól az utolsó, a „Válogatás a szerkesztők magyar nyelvű könyveiből” részig. Éppen az előszóból tudható meg, hogy a könyvet döntően Hargittai Balázs neve „jegyezi”, mert amerikai egyeteme támogatta abban, hogy 2022. tanév első szemeszterét e könyv előkészítésre Budapesten töltsse. Egy vázlatos életrajzot követően a Neumann Jánosnak tulajdonított mondások tematikus gyűjteményével találkozhat a Tisztelt Olvasó természetesen mindkét (magyar és angol) nyelven. A témakörök egyrészt tágak, hiszen teljes mértékben átölelik mindennapi életünket, de fellelhetők közöttük az egyén-specifikusak is.

Teljesen biztos vagyok abban, hogy aki csupán a felsorolást átfutja, azonnal meglátja a személyhez és az emberi lét attribútumaihoz kötött témákat. Álljon itt csupán a felsorolás:

*Élet Európában és a távozás. Védelem és a bomba. Politika.
A tudós. Matematika. Gazdaságtudomány. Számítógépek.
Időjárás és éghajlat. Emberi tulajdonságok. Humor. Vallás.
Betegség. A tudomány jövője.*

Gondolom, hogy a Szerkesztők a 13 kiválasztott témakörrel nem Neumann János tragikusan rövid, mindössze 54 éves földi létére utaltak.

Külön gratuláció illeti a szerkesztőket az egyes témakörhöz tartozó fényképek válogatásáért. Azt mondanom sem kellene, hogy az „Élet Európában és a távozás” fejezet egy 1924-ben készült családi fényképpel indul, míg a „Védelem és a bomba” rész egy Los Alamosban 1945. július 16-án (első kísérleti atomrobbantás) készített. A dicséret sora nem kerülheti el Kiadót, a Neumann János Számítógép-tudományi Társaságot sem, hiszen mind a könyv, mind pedig az abban megjelenő fényképek olyannyira esztétikusak, részletdúsak, hogy erre találták ki azt a mondást, mely szerint „örömmel és jóérzéssel vehető kézbe és fogatható a könyv”. Hogy e mondat mennyire

nem túlzás, pillantsunk a címlapra, amelyen még a hajszálak is megszámlálhatók!

Ha sikerült felkelteni a könyv iránti érdeklődést, a megrendelő lap innen letölthető:

<https://njszt.hu/hu/webform/megrendelolap-hargittai-balazs-hargittai-istvan-idezheto-neumann-janos>

A Szerzőket mindenképpen tisztelet és elismerés illeti e kiváló gondolat megvalósításáért, de ugyanilyen elvárás és olvasói remény is az, hogy legalább a „marslakók” bölcsességeire hivatkozhatunk a jövőben, azaz a bemutatott könyv csupán első tagja egy megkezdett könyvsorozatnak. Engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy a bemutatást egy sajátos idézettel fejezzem be (88.old):

„Csak Budapestről jöhetett az, aki utánad lép be a forgóajtóba, és előtted lép ki belőle.”

„Only a man from Budapest can enter a revolving door behind you and emerge ahead of you.”

Tóth László



■ MAE TAGSÁG REGISZTRÁCIÓ ■

Ha szeretne MAE tag lenni, akkor a letölthető nyilatkozat megküldésével vagy a legközelebbi taggyűlésen való leadásával tud belépni az egyesületbe.

MAE egyénre vonatkozó belépési nyilatkozat

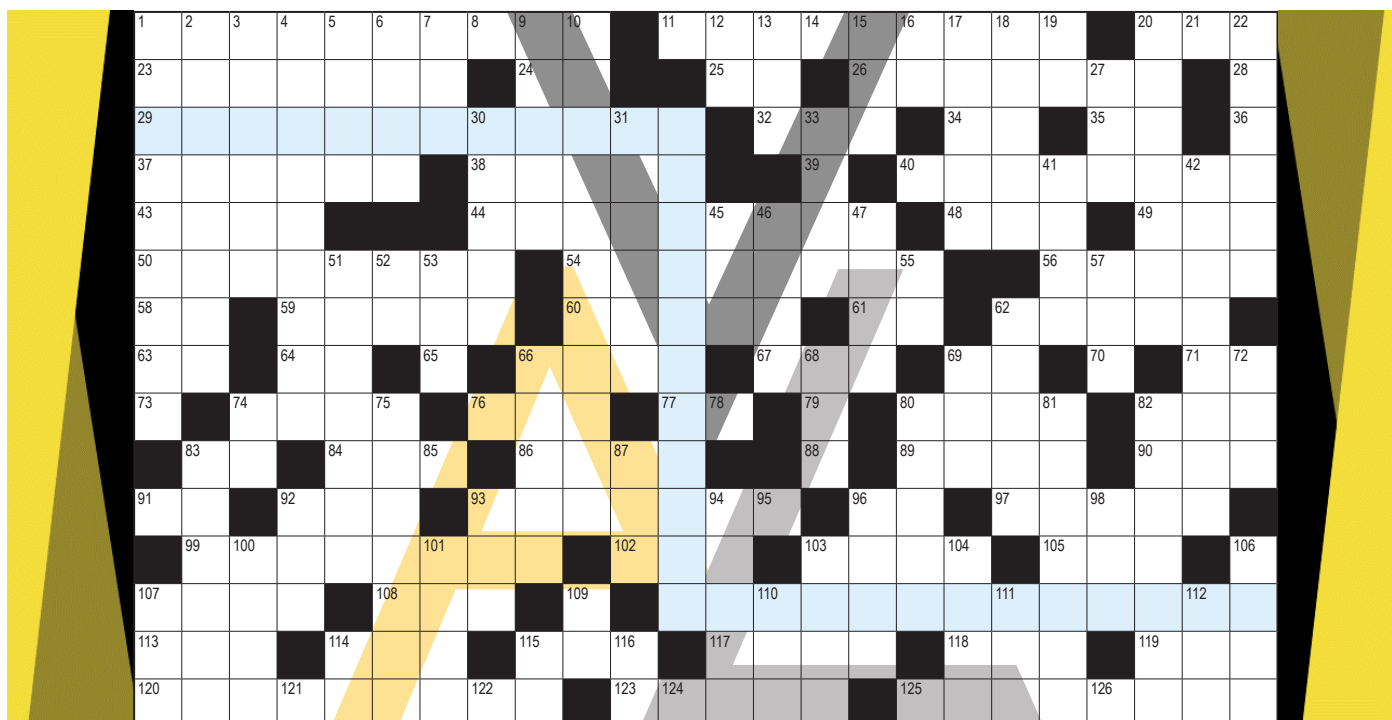
MAE jogi tagra vonatkozó belépési nyilatkozat

Ide küldje vissza: titkarsag@mae2012.hu

GRIMAS

Anyagvizsgálók Lapja keresztrejtvény

GRIMAS



Vízszintes

- 1 Mozgáskorlátozottság
11 Finom italt áruló
20 Husáng
23 Germán származású hadvezér
24 Azonos mássalhangzók
25 Házi állat
26 Említve
28 Ajánlott levél jele
29 **Megfejtés: A Grimas Kereskedelmi Kft. 2023-as mottója**
32 Apró
34 Gokart eleje!
35 Oxidálódik
36 Osztrák autójel
37 Had
38 Szerencsejáték
39 A pápai állam autójel
40 Ravaszdi lakása
43 Latin enyém
44 Időhúzás
48 Fekete István egyik rókája
49 Nem állt
50 Betű kimondva
54 Olasz labdarúgó csapat
56 Előre
58 Revű része!
59 Hajviselet
60 Testőrség
61 Vércsoport rendszer részei
62 Zsolti s nélkül!

- 63 Talmi
64 Vonó belül!
65 A mágneses fluxussűrűség mértékegysége
66 Becéztett női név
67 Kínai uralkodó dinasztia
69 Személyes névmás
70 Bolt hátulja!
71 Elektromos járműmárka
73 Kén vegyjele
74 Számok csoportja
76 Egy angolul
77 Nemesgáz vegyjele
79 És vége!
80 Szomszéd főváros angol neve
82 Szélhárfa
83 Igavonó
84 Állatkert
86 Német mag
88 19-es rendszámú alkálifém
89 Férfi név
90 Orosz mi
91 Magad
92 Kíván a végén!
93 Szláv nyelv
96 Repülőgép típus
97 Lent
99 Figyelmen kívül hagy
102 Irány
103 Csavar
105 Színész (Béla)
106 Névelő

- 107 Étlap eleje!
108 Etap vége!
109 Szájtátás hangja
113 Vacak
114 Angol tonna
115 Becéztett női név
117 Dalbetét
118 Központi égitestünk
119 Az első nő
120 Toxikál
123 Tapad
125 Szabályos mértani test

Függőleges

- 1 Gyors italozás
2 Hozzá száll
3 Egéstermékkel szennyezett
4 Felöltötté válás időszaka
5 A te személyed
6 Német énekesnő
7 Hangtalanan terc!
8 Kötőszó
9 Anyátlanodik
10 Skót település
11 Japán autójel
12 Kutyaház
13 Dicséret
14 Oxigén vegyjele
15 Hézag
16 Ellenérték
17 Énekes madarak

- 18 Gyerekünk gyereke
19 Este közepe!
20 Összeszed
21 Bolt közepe!
22 Bökező vendéglátás
27 Levél vége!
30 Oxigén régieken
31 Begyűjtés
33 Orosz férfinév
40 Sugár
41 Mezőgazdasági
42 Kártyázott
45 Lazít
46 Siparadicsom Svájcban
47 Mustra vége!
51 Elektromos töltést hoz létre
52 Természetes alapú logaritmus
53 Nem itt
55 Alkotmányvédelmi Hivatal röv.
57 Női hangnem
62 Óra márka
66 Német nagybácsi
68 Tanintézet rövidítve
69 Angolszász név
72 Átló vége!
74 Észak Olasz folyó
75 Képernyő
76 Toll része!
78 Sugár
80 Látszik
81 Nevelőapa vége!
82 Késői étkezés

- 83 Alulra
85 Részben ropog!
87 Vörös, zöld, kék
91 Tett kezdete!
92 Grafikus videó megjelenítő eszköz rövidítése
93 Mocsár
94 Széldarabol
95 Római ötven
96 Helység név, melyről bor van elnevezve
98 A másikat
100 Oxidálódik
101 Folyosó
103 Leteremt
104 Sütemény
106 Anarchia kezdete!
107 Építéstechnológia és menedzsment rövidítés
109 Kötőszó
110 Ír Köztársasági Hadsereg
111 Súlyegység
112 Latin köszöntés
114 Mássalhangzó kiejtve
115 Nem az
116 Tollal firkál
121 Hosszmérték jele
122 Mutatószó
124 Latin alfa
125 Oktatás kezdete!
126 Élet eleje!

A helyes megfejtők között a **Grimas Kereskedelmi Kft.** által felajánlott ajándék kerül kisorsolásra.

A megfejtéseket az avilap.szerk@gmail.com email címre várjuk, ahol a tárgy mezőbe tüntesse fel a "Keresztrejtvény" kifejezést.

Beküldési határidő: **2023. május 5.**

A 2022/IV. lapszám keresztrejtvényének nyertese: Halász-Kiss Beáta

■ ONLINE FÓRUM A SZAKNYELVÜNK ÁPOLÁSÁÉRT ■

Egyesületünk munkatervében szerepel, hogy kialakítunk egy, az interneten könnyen elérhető munkafelületet, úgynevezett on-line fórumot, amely lehetőséget ad a közös – ámde kíméletesen körülmények közepette végezhető – szakmai munkára.

Ennek a közös munkának az alapvető célja az anyagvizsgálat magyar szaknyelvének és más szakterületek magyar szaknyelvének ápolása.

A munka közösen vagy egyénileg is végezhető, bármikor elkezdhető és bármikor félbehagyható, és az egyesületi tagokon kívül más szakmák szakemberei is bekapcsolódhatnak.

Az on-line fórumot (egyelőre) „tudományos közmunkatérnek” neveztük el, a helyet számára tagtársunk, a BME ATT metallográfiai laboratóriuma biztosította.

Az egyesület elnöksége határozatot hozott arról, hogy elindítja az on-line fórumokat. Ennek alapján meghívom önt is erre a közös munkára, melynek részleteit a munkafelületen olvasható leírás megadja. Kérem továbbá, hogy ezt a felhívást ossza meg azokkal a munkatársaival, akik vélhetően érdeklődnek valamennyire a szakmáink szaknyelvi kihívásai iránt.

Az on-line, tudományos közmunkatér szakágai a következők:

- mcs-1 Additív gyártás
- mcs-2 Anyagkárosodási szakkifejezések
- mcs-3 Hegesztési és egyéb kötési eljárások
- mcs-4 Hőkezelés - alapvető szakkifejezések
- mcs-5 Korrózió - alapvető szakkifejezések
- mcs-6 Lézeres megmunkálások
- mcs-7 Mechanikai anyagvizsgálati szabványok magyar nyelvű címe
- mcs-8 Mikroszerkezeti és felületanalitikai vizsgálatok szakkifejezései
- mcs-9 Roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások elnevezése
- mcs-10 Szakítóvizsgálat - alapvető szakkifejezések
- mcs-11 Tribológia - alapvető szakkifejezések

A belépéshez elegendő az alábbi címre kattintatni:

A MAE on-line, tudományos közmunkatere

A MAGYAR ANYAGVIZSGÁLÓK EGYESÜLETÉNEK JOGI TAGJAI

- ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.
- AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Zrt.
- Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem | Anyagtudomány és Technológia Tanszék Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem | Polimertechnika Tanszék
- Farkas Anyagvizsgáló Bt.
- Grimas Ipari Kereskedelmi Kft.
- HÁMOR Zrt.
- Magyar Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetség (MAROVISZ)
- Miskolci Egyetem | Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet"
- MTDL - Magyar Tartály Diagnosztikai Laboratórium Kft.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
- NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft.
- Orszak NOVUM Kft.
- Széchenyi István Egyetem | Anyagtudomány és Technológia Tanszék
- Volvid Zrt.

TÁRSSZERVEZETEK, ÜZLETI PARTNEREINK

- Universitas-Győr Nonprofit Kft.
- Magyar Hegesztési Egyesület
- Magyar Ipari Karbantartók Szervezete
- Magyar Anyagtudományi Egyesület

MÉDIAPARTNEREINK

- Gyártástrend Magazin
- Anyagvizsgálók Lapja

