

Anyagvizsgálók Lapja

Az Ország vezető szaklapja

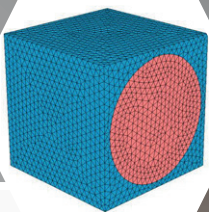
Megkezdődött a
Paks II. Atomerőmű 5. blokk
reaktortartályának gyártása

A lap kiemelt
támogatója:



PAKS II. Zrt.

PAKS II. Zrt.



PPS-karbonszál
kompozit
multiscale
modellezése

Digitális ikrek

100 éve született
Pungor Ernő

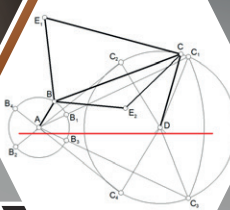


Atomerőművek
minőségbiztosítása

1. Anyagipari
ANKÉT



Az álomtól a
valósáig:
Bay Zoltán
emléke



Interjú Méhész
Istvánnal



Technikatörténeti
rovat:
Karok, csuklók,
vonalzók és
körzők

2024/I.
lapszám

JEGYZET – NOTE

TÓTH László	3
Jegyzet	
Note	

ANYAG, ANYAGSZERKEZET – MATERIAL, MATERIAL STRUCTURE

FILE Máté, HURI Dávid, KÁLLAI Imre, MANKOVITS Tamás, Andreas KAPSHAMMER, MAJOR Zoltán	4
PPS-karbonszál kompozit multiscale modellezése	
Multiscale modeling of a PPS-carbon fibre composite	
KAZUP Ágota, KONCZ-HORVÁTH Dániel, GÁCSI Zoltán	10
Dendritközi porozitás töretfelületen történő kvantitatív vizsgálata	
Quantitative examination of interdendritic porosity on fracture surface	

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS (MINŐSÉG, MEGBÍZHATÓSÁG)

SOMOGYI Sándor	15
Néhány gondolat az atomerőművek minőségbiztosításáról	
Some thoughts on quality assurance of nuclear power plants	

HÍREK – NEWS

TRAMPUS Péter	16
A 20. Roncsolásmentes Vizsgálati Világkonferenciáról	
About 20th World Conference on Non-Destructive Testing	
BÁNKI Attila	17
Megkezdődött a Paks II. Atomerőmű 5. blokk reaktortartályának gyártása	
Paks II. Nuclear Power Plant Unit 5 reactor pressure vessel manufacture has started	
SZABÓ Barna	20
Digitális ikrek	
Digital Twins	
GARÁDI János	22
Nemzetközileg elismert tudós, egyetemi tanár, tudományszervező, politikus, generációk példaképe 100 éve született	
Ernő Pungor, Internationally Renowned Scientist, University Professor, Science Manager, Politician, Role Model for Generations, Was Born 100 Years Ago	
BABCSÁN Norbert	26
A Magyar Anyagipari Technológiai Platform megtartotta 1. Anyagipari Ankétjét	
The Hungarian Materials Technology Platform held its 1st Materials Industry Forum	
BIRÓ Gyöngyvér, DOBRÁNSZKY János, HARGITAI Hajnalka, HARNISCH József	27
Gyorsjelentés a 11. AGY-konferenciáról	
Flash report on the 11th AGY conference	
GÁTI József	28
A XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia margójára	
On the sidelines of the XXXII. International Welding Conference	
SKOPÁL István	30
Szabványügyi tájékoztató – 2023	
Standardisation information – 2023	

PORTRÉ – PORTRAIT

SKOPÁL István	33
Beszélgetés Mészáros Istvánnal	
Interview with István Mészáros	
MÁRKI-ZAY Lajos	37
Az álomtól a valóságig	
From dream to reality	

ÉRDEKESSÉGEK – POINT OF INTEREST

LACZIK Bálint	42
Karok, csuklók, vonalzó és körzők	
Arms, joints, rulers and compasses	
Keresztrejtvény - Crossword	47

Mélyen tisztelt Olvasóim!



A magyar nyelv csodálatos struktúrájára, élethelyzetek sokaságát egyszerűen kifejező „mondásaira” támaszkodva első mondatomat úgy írhatom le, hogy „*az egyik szemem sír, a másik pedig nevet!*”! Olyan helyzetet minden Tisztelt Olvasó már bizonyosan átélt, amikor e mondás jutott eszébe. Bajban csupán akkor volt, amikor meg kellett részleteiben is magyarázni azt a helyzetet, amelyiket anyanyelvünk egyszerű mondásával értékelt. „*Az egyik szemem sír*” mondatrész azt próbálja érzékeltetni, hogy a 2024/I. lapszámot tartja kezében az Olvasó, noha már a 2024/II. lapszámnak is nyomdagépek zakatolását kellene hallgatnia. Ne szépítsem a helyzetet! Nem egyszerű feladat támogatót találni! PAKS II építkezései új lendületet vettek. Megindult a reaktortartály csonkgyűrűinek kovácsolása az oroszországi Szentpétervárhoz közeli Kolpinoban. Bánki Attila tollából élvezetes, fényképekkel illusztrált közlemény olvasható lapszámunkban nem csupán erről, hanem az építkezés jelenlegi állásáról is, az eddigi eseményekről és a prognosztizált jövőről is. E témakörre kiválóan rezonál a Minőségbiztosítási rovat vezetőjének, Somogyi Sándornak a „*Néhány gondolat az atomerőművek minőségbiztosításáról*” címmel megjelenő közleménye, amelyben az egységes ASME rendszer kialakulásának körülményeit foglalja össze.

A „vezérlő csillagom” „*a másik pedig nevet*” mondatrész, hűen fejezi ki a lapszám tartalmasságát, a közlemények sokszínűségét és azt a tényt, hogy a 2024-es esztendő várhatóan könnyebben zárhatjuk. Erre utalnak egyrészt a MAROVISZ 2024. május 21-én, valamint a MAE egy nappal későbbi, május 22-én tartott közgyűléseinek tapasztalatai. Mindkét szakmai szervezet segíti a tervezett lapszámok megjelenését, támogatók szervezését, valamint a „papíralapú” folyóirat előfizetőinek növelését, hiszen a lapszámok nem csupán tartalmasok, hanem ízléses kivitelűek, így akár a könyvespolcok kedvenc darabjai is lehetnek.

Jelen lapszámban visszatérünk Pungor Ernő születésének Centenáriumára a Fiemei sírkertben. 2024 március 1-jén szervezett rendezvényen Latorcai János, az Országgyűlés alelnöke, miniszterháza, Hudecz Ferenc akadémikus, az MTA természettudományi alelnöke, Móczár Gábor a Nemzeti Örökség Intézetének főigazgatója méltatta a nemzetközi hírű tudós, kiváló tudományszervező, széles látókörű szakember ránk hagyott életművét, annak eredményeit. Garádi János tollából született tudósítást őrzi e lapszámunk a következő generációk számára.

A Magyar Mérnökakadémia a Magyar Tudományos Akadémia Anyagtudományi Albizottságával és a Magyar Innovációs Szövetség K+F Tagozatával együttműködve „Magyar Anyagipari Technológiai Platform”-ot hozott létre. Tevékenységének fókuszában a hazai anyagipari szektor stratégiai tervezése és fejlesztése szerepel. Az 1. Anyagipari Ankét a társított anyagok lehetséges jövőbeni szerepére koncentrált. A rendezvényről Babcsán Norbert tudósít.

Lapunk 2023/3 számában az Energiatudományi Kutatóközpont munkatársainak tollából megjelent egy érdekes közlemény, amelyben a „Digitális Pár” (Digital Twin) kifejezés első alkalommal olvasható közleményeinkben (ismereteim szerint). A gondolatkör részletesebb kifejtésére megkértem nemzetközileg ismert és elismert Szabó Barna professzort (St. Louis), a végeselemes módszer p-változatának kidolgozóját. Rövid írása a „Hírek” rovatban olvasható.

A következő lapszám közleményei a Győrben, 2024. június 5-7. között zajló Anyagvizsgálat a Gyakorlatban (AGY) konferenciásozaton soron következő AGY 11 előadásaiból kerülnek válogatásra.

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
Dr. Somogyi Sándor
Spisák Bernadett
Szűcs Pál

Nemzetközi szerkesztőbizottsági tagok:

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

Az elektronikus folyóirat szerver háttérét biztosítja:

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

Az Anyagvizsgálók Lapja honlapja:

www.anyagvizsgaloklapja.hu



PPS-karbonszál kompozit multiscale modellezése

Multiscale modeling of a PPS-carbon fibre composite

File Máté^a, Huri Dávid^b, Kállai Imre^c, Mankovits Tamás^d, Andreas Kapshammer^e, Major Zoltán^f

^aDiehl Aviation Hungary kft., tervezőmérnök, mate.file@eng.unideb.hu

^bDebreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, adjunktus, huri.david@eng.unideb.hu

^cDiehl Aviation Hungary kft., mérnökségvezető, imre.kallai@diehl.com

^dDebreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, tanszékvezető, tamas.makovits@eng.unideb.hu

^eJohannes Kepler Universität Linz, Institute of Polymer Product Engineering, kutató, andreas.kapshammer@jku.at

^fJohannes Kepler Universität Linz, Institute of Polymer Product Engineering, intézetvezető, zoltan.major@jku.at

Kulcsszavak

végelelemes szimuláció,
multiscale anyagmodell,
szakítóvizsgálat,
mikroszkópos vizsgálat,
kompozit

Keywords

finite element simulation,
multiscale material model,
tensile test,
microscopic analysis,
composite

Absztrakt

Jelen kutatás egy PPS-karbonszál kompozit végelelemes modellezését mutatja be multiscale anyagmodell felhasználásával. A modellezés alapjául szobahőmérsékleten és 150°C-on végzett szakítóvizsgálatok, illetve a keresztmetszet mikroszkópos vizsgálata által nyújtott eredmények szolgáltak. Az alapanyag megfelelő modellezéséhez létrehoztunk egy egységcellát, majd 0°-os és 90°-os orientációjú szakítóvizsgálat eredményeket felhasználva egy optimalizáló algoritmus segítségével illesztettük az anyagmodelleket, és meghatároztuk a vizsgált alapanyagot építő elemek anyagi tulajdonságait. A kapott multiscale modelleket ezután a 45°-os orientációjú próbatestek eredményeivel összehasonlítva ellenőriztük.

Abstract

This work presents the finite element modelling of a PPS-carbon fibre composite material using multiscale constitutive models. Results from tensile tests done at room temperature and 150°C, as well as cross-section microscopy, were used as the basis for the modelling. To model the material behaviour, a unit cell was created, and the 0° and 90° tensile test results were used to fit the material model. An optimization algorithm was used to complete this task, and it also computed the material properties of the composite components as well. The created material models were compared to results of the 45° orientation tensile test specimens, and their accuracy was determined.

1. Bevezetés

A kompozit anyagok terhelésre adott válaszábanak leírására jelenleg három modellezési eljárás ismert [1-3]. Egyik a makro modellezés, amely esetében a szál, illetve mátrix által alkotott szerkezetet egy anyagnak tekintjük, egy ortotrop anyagmodellt alkalmazva [3-6]. A legkomplexebb eljárás a mikro modellezés, ahol az építőelemeket minden pontban modellezzük. Ez az eljárás rendkívül nagy számítási kapacitást igényel, így a gyakorlatban ennek alkalmazása háttérbe szorult [3, 7, 8].

A két modellezési eljárás közé sorolható a jelen munkában is alkalmazott mezo (multiscale) modellezés. Ebben az esetben a szálszerkezetet egy egységcellává egyszerűsítjük. Az egységcella magában hordozza a mátrix és a szálerősítés anyagmodelleit (esetenként a köztük lévő kapcsolatot is), illetve geometriája közelíti a valódi alapanyag elrendezését. Az egységcellán homogenizált anyagi tulajdonságokat tudják a végelelemes modell elemei anyagmodellként felhasználni. Az egységcella tehát magában hordozza a felépítő anyagok, illetve a teljes kompozit szerkezet tulajdonságait is. Ezen modellek tehát lehetőséget nyújtanak a szálszerkezet figyelembevételére, a végelelemes szimulációk számítási kapacitásának túlzott megnövelése nélkül. Az egységcella létrehozására két módszer ismert: kiszámítható a felépítő anyagok alapján, valamint kiszámítható a kompozit szerkezeten mért értékek alapján. Ez utóbbi eljárás visszafertő tervezésre (reverse-engineering) is alkalmas, mivel kiszámíthatóak a felépítő anyagok tulajdonságai is [3, 6, 9-12].

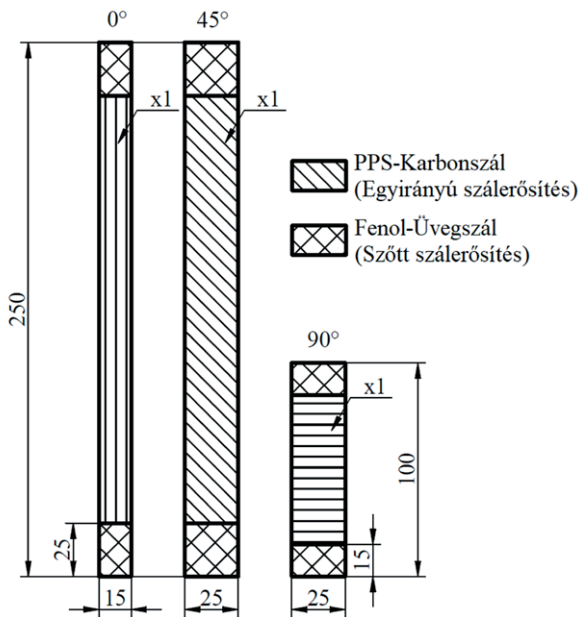
Egy kompozit alapanyag a merevségi és a szilárdsági jellemzőinek meghatározásához számos 0° és 90°-os szakítóvizsgálatra, nyíró vizsgálatra és nyomóvizsgálatra van szükség. A fent említett mezo modellek alkalmazása nagyban lerövidítheti ezt a folyamatot, mivel az

egységcella karakterizációja során akár nem megfelelő mennyiségű mérési eredmény is megadható, és optimalizáló algoritmusok segítségével a mérési eredmények hiánya áthidalható.

Munkánk során egy egyirányú szálerősítésű kompozit modellezését végeztük el szobahőmérsékleten, illetve 150°C-on. A modellezéshez csak 0° és 90°-os orientációjú szakítóvizsgálatok eredményeit használtuk fel. A modellezés során a rugalmas tulajdonságokra helyeztük a hangsúlyt. A 0° és 90°-os orientációjú próbatestek értékei alapján létrehozott multiscale modelleket pedig 45°-os orientációjú szakítóvizsgálatok eredményeivel hasonlítottuk össze, ezzel meghatározva a modellek pontosságát.

2. Anyagok és módszerek

A szakítóvizsgálatokat az ISO 527-5-ös szabvány szerint végeztük [13]. A próbatestek geometriája eltért a szabvány által javasolt méretektől, mivel a rendelkezésre álló kompozit lemez méretei nem tették lehetővé a szabványos méretű próbatestek kimunkálását. A munka alapanyagát egyirányú szálerősítésű polifenilén szulfid (PPS)-karbonszál kompozit alkotta. A Johannes Kepler Universität Linz, Institute of Polymer Product Engineering által szolgáltatott 1 mm vastag kompozit lemezből az anyagi tulajdonságok meghatározásához 0° és 90°-os orientációkban munkáltunk ki szakítópróbatesteket. A modellek ellenőrzéséhez pedig további szakítópróbatesteket vágtunk ki 45°-os orientációban. A próbatestek befogásra szolgáló felületeire 1 mm vastagságú fenol-üvegszál kompozit lemezeket ragasztottunk LOCTITE HY4080 ragasztó segítségével. A próbatestek méreteit az 1. ábra szemlélteti. Az eltérő próbatest méreteket a rendelkezésre álló kompozit lemez lehető legjobb kihasználása miatt választottuk meg.



1. ábra: A különböző szálorientációjú szakítópróbatestek méretei

A próbatestek vizsgálatához egy 10 kN kapacitású INSTRON 68TM-10 egytengelyű anyagvizsgáló gépet használtunk. Az alakváltozást GOM Aramis 12M teljes mező optikai nyúlásmérő rendszerrel követtük. A két rendszer összehangoltan, egyazon adatregisztrációs frekvenciával rögzítette a mért értékeket. A szakítóvizsgálatokat két különböző hőmérsékleten végeztük. Szobahőmérsékleten, illetve 150 °C-os hőmérséklet alatt. A magasabb hőmérsékletű szakítóvizsgálatok klímakamrában zajlottak. A próbatesteket a szakítóvizsgálatok elvégzése előtt 20 percig temperáltuk. A GOM Aramis rendszer a magasabb hőmérsékletű vizsgálatok során a kamra üveglapján keresztül rögzítette a vizsgálatot. Az üveglap optikai mérőeszközök alkalmazása érdekében lencseüvegből készült [14]. Nem megfelelő mennyiségű alapanyag miatt a magasabb hőmérsékletű esetben csak 45°-os és 90°-os próbatesteket vizsgáltunk. A vizsgálat körülményei az 1. táblázatban láthatók, a vizsgálati elrendezés a két különböző hőmérsékleten pedig a 2. ábrán látható.

1. táblázat: A szakítóvizsgálat körülményei

Terhelés módja	Húzó
Terhelés sebessége	2 mm/perc
Adatrögzítés	4 Hz
Hőmérséklet	23±3 °C, 150±3 °C
Páratartalom	50%

A szálszerkezet modellezéséhez mikroszkópos vizsgálatot végeztünk a keresztmetszeten. A vizsgálatához Zeiss Primotech digitális mikroszkópot használtunk. A képeket 500x-os nagyításban készítettük, 5 db képet készítettünk a keresztmetszet különböző pontjaiban, melyeket ImageJ szoftver segítségével dolgoztunk fel. A képeket először 32 bites szürkeárnyalatossá transzformáltuk, majd a képeket fekete-fehérré alakítottuk. A fekete fehér képen elkülönült szálakra pedig a *Hough Circle Transform Plugin* segítségével köröket illesztettünk. A képen a körök által lefedett terület (A_{sz}) és a teljes képek területének (A_k) arányából kaptuk meg a kitöltési tényező százalékos értékét (V_f):

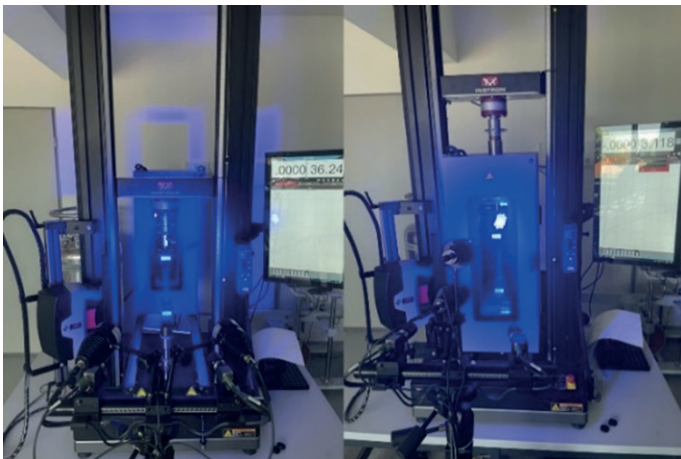
$$V_f [\%] = \frac{A_{sz}}{A_k} \cdot 100. \quad (1)$$

A multiscale modell létrehozásához az Altair Multiscale Designer szoftvert használtuk. A szoftver lehetőséget nyújt előremenő modellezésre, mely esetén az alapanyag építőelemeinek anyagi tulajdonságainak ismeretére van szükség, és a szoftver ezen értékek alapján számolja ki a kompozit viselkedését. Mivel esetünkben a kompozit anyagon mért eredmények álltak rendelkezésre, így a szoftver másik lehetőségét, az inverz anyagmodell karakterizációt alkalmaztuk, mely egy a megbízhatósági tartomány módszeren alapuló optimalizáló algoritmus segítségével működik. Az algoritmus célértékeiként a 0°-os és 90°-os orientációjú próbatesteken mért értékek szolgáltak. A rendszer ezen értékeket próbálta megközelíteni a kompozitot felépítő anyagok paramétereinek változtatásával. A számítás eredményeként tehát nem csak egy lineárisan rugalmas, ortotróp anyagmodellt kaptunk, mely alkalmas az anyag rugalmas tulajdonságainak modellezésére különböző szálorientációk mellett, hanem a rendszer javaslatot adott a kompozitot felépítő anyagok mechanikai tulajdonságaira is.

A multiscale anyagmodellek ellenőrzéséhez, illetve pontosságuk meghatározásához a 45°-os orientációjú laboratóriumi szakítóvizsgálat eredményeit használtuk fel. A mért értékeket összevetettük a 45°-os orientációra meghatározott multiscale anyagmodellel elvégzett numerikus analízis értékeivel. A végeselemes szimulációkat az Altair Hypermesh szoftver, illetve az Optistruct megoldó segítségével végeztük el. A szimulációk célja a laboratóriumi körülmények között elvégzett szakítóvizsgálatok lehető legpontosabb modellezése volt.

3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

A szakítóvizsgálatokat orientációnként és hőmérsékletenként 3-3 próbatesten végeztük el. Az eredményekből kiértékelésre kerültek a modellezés szempontjából legfontosabb, rugalmassági modulus és Poisson tényező



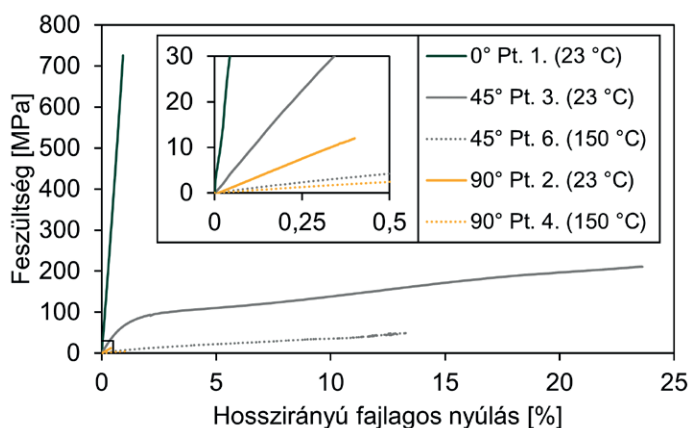
2. ábra: A szakítóvizsgálat mérési elrendezés szobahőmérsékleten és 150 °C alatt hőkamrával

értékek. A 90°-os próbatestek esetében a kis mértékű, keresztirányú alakváltozás miatt a Poisson-tényező meghatározására nem volt lehetőség. Minden orientációban kiválasztottuk a rugalmassági modulus szerint a medián értéket képviselő próbatestet, melyek értékei a 2. táblázatban láthatóak.

2. táblázat: A szakítóvizsgálatok során kapott eredmények medián értékei

Rugalmassági modulus [MPa]			
Hőmérséklet	Orientáció		
	0°	45°	90°
23 °C	66233	8971,4	3152,6
150 °C	-	923,0	518,6
Poisson-tényező [-]			
Hőmérséklet	Orientáció		
	0°	45°	90°
23 °C	0,29	0,82	-
150 °C	-	0,98	-

A feszültség-fajlagos nyúlás görbéket pedig a 3. ábra szemlélteti.



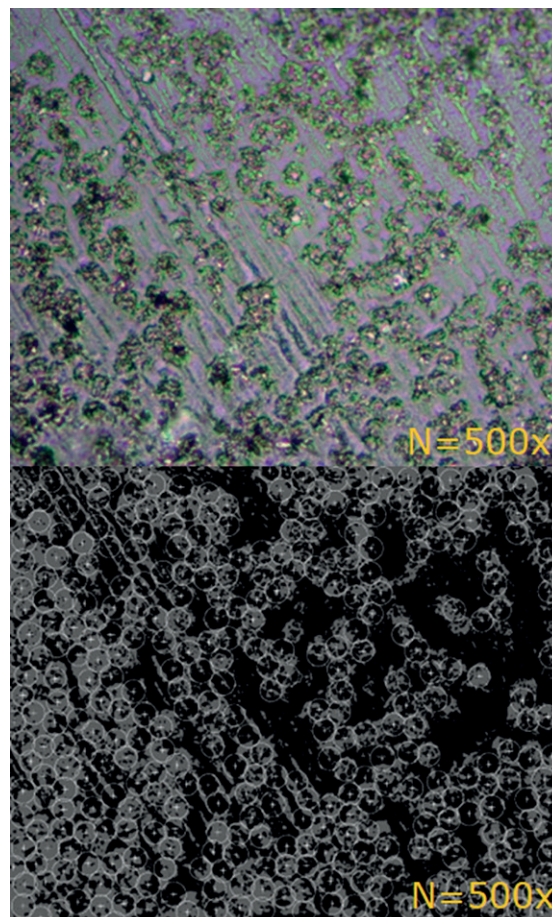
3. ábra: A medián értéket képviselő próbatestek feszültség-fajlagos nyúlás görbéi különböző orientációk, illetve hőmérsékletek mellett

A mikroszkópos vizsgálat során is a modellezés szempontjából legfontosabb érték kinyerésére fektettük a hangsúlyt, mely esetünkben a térfogati kitöltési tényező volt. Egy készített mikroszkópos felvételt, valamint a képre illesztett köröket mutatja a 4. ábra.

Az öt képből kiértékelt térfogati kitöltési tényező medián értéke 64,6%-ra adódott.

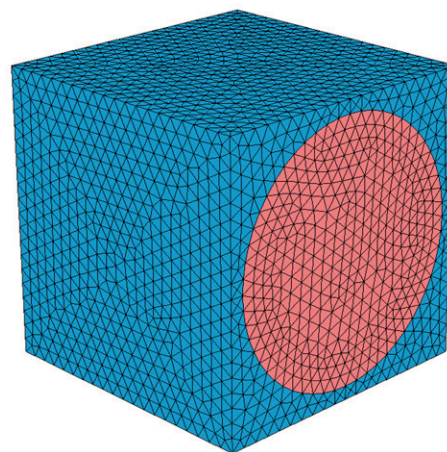
4. Multiscale anyagmodellek létrehozása

Az anyagmodellek létrehozásának első lépése az egységcella létrehozása volt. Az egységcellát az Altair Multiscale designer szoftver előre meghatározott és hálózott egységcella könyvtárából választottuk ki. A rendelkezésre álló alapanyag modellezéséhez az egyirányú egységcellát választottuk. A cella tartalmazta a mátrix és a szálerősítés modelljét is, méretei 1x1x1 egység. Munkánk során a két anyag közötti interfészt nem modelleztük, a kiválasztott egységcella itt egy ragasztott kapcsolatot alkalmaz. A cella hálózása tetraéderekkel történt, az elemek



4. ábra: A keresztmetszet egy mikroszkópos felvétele és az illesztett körök

mérete 0,05 egység. A cella karakterizálásának bemenő paramétere a kitöltési tényező, melyet a laboratóriumi vizsgálat alapján 64,6%-ra állítottunk be. Az egységcella szoftveres képe a 5. ábrán látható.



5. ábra: A 64,6%-os kitöltési tényezővel létrehozott egységcella

Az egységcella létrehozása után a szobahőmérsékletű anyagmodellel folytattuk a munkát. Az inverz karakterizációs módszer célértékeinek a 0° és 90°-os orientációjú próbatestek értékeit adtuk meg a 3. táblázatban látható módon.

3. táblázat: Az optimalizáló algoritmus célértékei szobahőmérsékleten

Rugalmassági modulus szálrányban (E_1)	66233 MPa
Rugalmassági modulus keresztirányban ($E_2=E_3$)	3153 MPa
Poisson-tényező szálrányban ($\nu_{12}=\nu_{13}$)	0,29

Az optimalizáló algoritmus futtatásához szükséges megadni a változók kiinduló értékeit, melyhez a Multiscale Designer szoftver anyagadatbázisában elérhető szénszál és a mátrixot képző PPS műanyag anyagi tulajdonságait használtuk. A kiinduló értékek a 4. táblázatban láthatóak.

4. táblázat: Az optimalizálás változóinak kiinduló értékei szobahőmérsékleten

Szálerősítés (karbonszál)	
Főirányú rugalmassági modulus (E_1)	220632 MPa
Keresztirányú rugalmassági modulus (E_2)	15886 MPa
Főirányú Poisson-tényező (ν_{12})	0,25
Keresztmetszeti Poisson-tényező (ν_{23})	0,2
Nyírási rugalmassági modulus (G_{12})	19857 MPa
Mátrix, szobahőmérséklet (PPS)	
Rugalmassági modulus (E)	3792 MPa
Poisson-tényező (ν)	0,36

Az optimalizáló algoritmus 23 iterációt követően konvergált, a futásidő kb. 8 óra volt. A sikeres konvergálást követően a szoftverből kiolvashatóak voltak a kompozitot félépítő anyagok számított paraméterei, ezen anyagi tulajdonságok az 5. táblázatban láthatóak.

5. táblázat: Az összetevő anyagok optimalizáló algoritmus által meghatározott értékei szobahőmérsékleten

Szálerősítés (karbonszál)	
Főirányú rugalmassági modulus (E_1)	101704 MPa
Keresztirányú rugalmassági modulus (E_2)	4991,2 MPa
Főirányú Poisson-tényező (ν_{12})	0,32
Keresztmetszeti Poisson-tényező (ν_{23})	0,2
Nyírási rugalmassági modulus (G_{12})	19857 MPa
Mátrix, szobahőmérséklet (PPS)	
Rugalmassági modulus (E)	1481,9 MPa
Poisson-tényező (ν)	0,21
Homogenizált anyagi paraméterek, szobahőmérséklet	
Főirányú rugalmassági modulus (E_1)	66233 MPa
Keresztirányú rugalmassági modulus (E_2)	3152,6 MPa
Főirányú Poisson-tényező (ν_{12})	0,29
Keresztmetszeti Poisson-tényező (ν_{23})	0,21
Nyírási rugalmassági modulus (G_{12})	2790 MPa

A Multiscale Designer szoftver optimalizáló algoritmus futásának másik eredménye egy olyan anyagmodell, melyet a Hypermesh szoftver fel tud használni bemenő információként a végelelemes szimulációk elvégzéséhez.

A 150 °C-os esethez is elkészítettük az anyagmodellt. A 0°-os orientációjú próbatesteken a kevés rendelkezésre álló próbatest miatt csak szobahőmérsékleten tudtunk szakítóvizsgálatokat végezni, így a modellezés során a hőmérséklet hatását csak a 150 °C-on mért 90°-os orientációjú próbatesteken tudtuk felhasználni. A hőmérséklet hatását így csak a mátrixanyag mechanikai tulajdonságai reflektálják.

A szobahőmérsékletű esethez hasonlóan a magasabb hőmérsékletű modell létrehozásához is az inverz karakterizációs módszert alkalmaztuk. Célértékként csak egy értéket tudtunk megadni, mely a 150 °C-on mért 90°-os orientációjú próbatest rugalmassági modulusa volt. Az érték a 6. táblázatban látható.

6. táblázat: Az optimalizáló algoritmus célértékei a 150 °C-os esetre

Rugalmassági modulus keresztirányban ($E_2=E_3$)	518,6 MPa
--	-----------

Kiinduló értéként pedig a korábban kiszámított szobahőmérsékletű anyagmodell számított értékeit állítottuk be, melyek az 5. táblázatban láthatóak.

Az optimalizáló algoritmus ebben az esetben lényegesen kevesebb iterációt követően kb. 3 óra után konvergált. Az eredményekben a szálerősítés értékei nem változtak meg az 5. táblázatban láthatóakhoz képest. A 150 °C-os esethez számított mátrixanyag értékei a 7. táblázatban láthatóak.

7. táblázat: Az optimalizáló algoritmus által meghatározott 150 °C-os mátrix értékei

Mátrix, 150 °C (PPS)	
Rugalmassági modulus (E)	114,5 MPa
Poisson-tényező (ν)	0,05
Homogenizált anyagi paraméterek, 150 °C	
Főirányú rugalmassági modulus (E_1)	65746 MPa
Keresztirányú rugalmassági modulus (E_2)	518,6 MPa
Főirányú Poisson-tényező (ν_{12})	0,26
Keresztmetszeti Poisson-tényező (ν_{23})	0,07
Nyírási rugalmassági modulus (G_{12})	285,7 MPa

5. A szakítóvizsgálat végelelemes modellezése és összehasonlítás

A végelelemes modellek elkészítésekor a cél a laboratóriumi körülmények lehető legpontosabb modellezése volt. Mivel a szakítóvizsgálat geometriája, a mechanikai modell kinematikai és dinamikai peremfeltételei szimmetrikusak, így egyszerűsítettük a végelelemes modellt egy 150 x 25 mm-es síklappá, kétdimenziós kiterjedésű héjelemek segítségével. A próbatestek befogó alatt elhelyezkedő területeit nem modelleztük.

A végelelemes modell peremfeltételeit is a szakítóvizsgálatnak megfelelően adtuk meg. A próbatest egyik oldalán, a rövidebb él mentén lekötöttük az X és Z irányú elmozdulás szabadságfokokat, valamint ezen él egyik végpontjában az Y elmozdulás szabadságfokot is. A próbatest másik oldalán pedig megadtuk a terhelést képző X=1 mm-es előírt elmozdulást. A végelelemes modell peremfeltételei a 6. ábrán láthatóak.

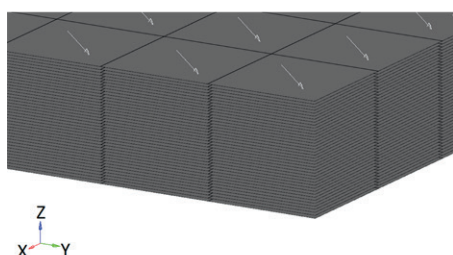


6. ábra: A végelelemes modell peremfeltételei

A peremfeltételek megadása után a modell hálózásra került, a korábban geometriai elemekre megadott peremfeltételeket a szoftver a számítás során fordítja le csomóponti megadásra. Az anyagmodell működéséből adódóan a hálózás során meg kellett adnunk a szálirányt, mely esetünkben 45° volt. Az orientáció megadása mellett a szoftver működéséből adódóan rétegekre kellett osztanunk az 1 mm-es vastagságot. A rétegekre osztást, illetve a szálirány megadását, azaz a laminátumok kezelését a Hypermesh szoftverben a PCOMPP elemi tulajdonság teszi lehetővé. A megfelelő háló létrehozásához konvergencia vizsgálatot végeztünk. Az így kapott háló tulajdonságai a 8. táblázatban láthatóak, a hálót pedig a 7. ábra szemlélteti.

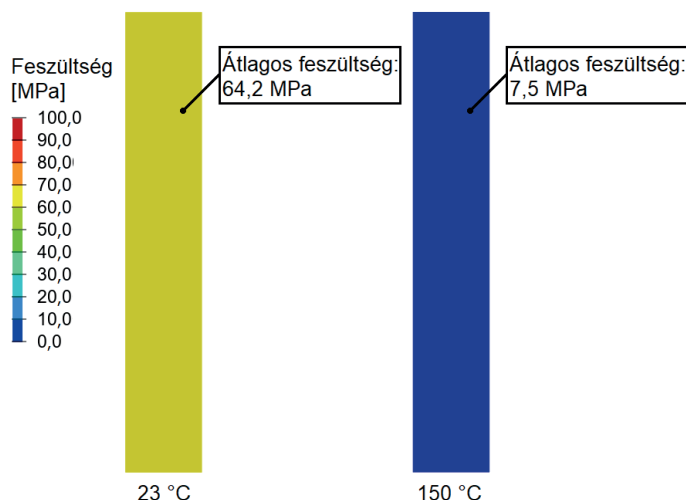
8. táblázat: Az optimalizáló algoritmus célértékei szobahőmérsékleten

Elem típusa	Héjelem
Elem alakja	Négyszög
Elem fokszáma	Lineáris
Elem csomópontjainak száma	4
Elem mérete	1 mm
Elem vastagsága	0,025 mm (40 réteg)
Anyagmodell	MAT8 (Multiscale modell)
Elem tulajdonsága	PCOMPP



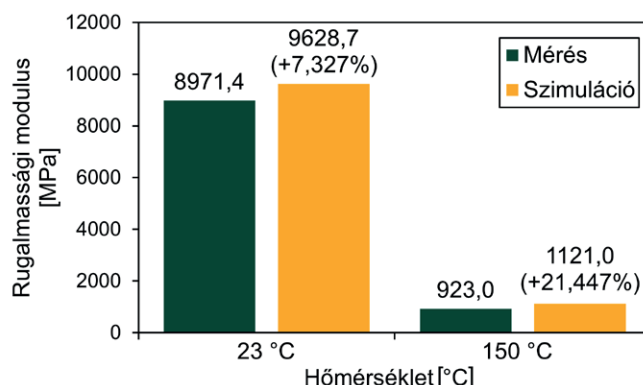
7. ábra: A 45° -os orientációjú száliránnyal diszkrétizált végeleemes modell

A szimulációk elvégzéséhez az Optistruct lineáris megoldót alkalmaztuk. Mindkét hőmérsékletű anyagmodellel elvégeztük a szimulációt. A szimulációk feszültségképei a 8. ábrán láthatóak.



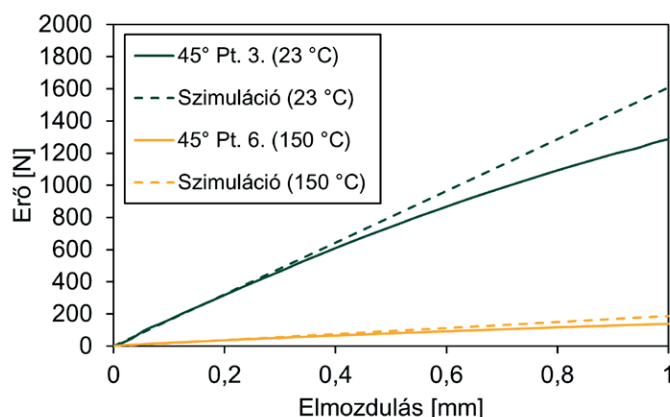
8. ábra: A végeleemes szimulációk feszültségképei az 1 mm-es előírt elmozdulás hatására diszkrétizált végeleemes modell

Kiértékeljük az átlagos fajlagos nyúlás és feszültségértékeket. A kapott értékekből meghatároztuk a modellek rugalmassági modulusát, melyeket össze tudunk vetni a mért 45° -os orientációjú próbatestek rugalmassági modulusával. Az összehasonlítás a 9. ábrán látható. A szimulációk által szolgáltatott eredmények mellett zárójelben a relatív hiba értékét is szemléltettük.



9. ábra: A mérések és szimulációk által szolgáltatott 45° -os orientációjú rugalmassági modulus értékek összehasonlítása

A szimulációk eredményeit összevetettük a laboratóriumi vizsgálatok során kapott erő-elmozdulás diagramokkal is, mely a 2 mm-es elmozdulás értékig a 10. ábrán látható.



10. ábra: A 45° -os orientációjú próbatestek és a szimulációk erő-elmozdulás diagramja

6. Összefoglalás

Ezen munka egy egyirányú szálerősítésű PPS-karbonszál kompozit anyag multiscale anyagmodellel történő modellezését mutatta be. A modellezési feladat elvégzéséhez, illetve a kapott eredmények ellenőrzéséhez laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk. A modellek létrehozásához 0° és 90° -os orientációjú szakítóvizsgálatok, illetve keresztmetszeten végzett mikroszkópos vizsgálat eredményeit használtuk fel.

A laboratóriumi vizsgálatok alapján létrehoztunk egy multiscale anyagmodell szobahőmérsékleten, illetve 150°C -os hőmérsékleten. A végeleemes modelleket a 45° -os orientációjú szakítóvizsgálatoknak megfelelően építettük fel, mivel ezen próbatesteken mért értékeket

használtuk fel a modellek ellenőrzéséhez.

Az összehasonlításához a modell létrehozásához nem alkalmazott 45°-os orientációjú próbatetek eredményeit használtuk fel. Megállapítható volt, hogy a szobahőmérsékletű modell kb. 7,5%-os relatív hibával tudta lekövetni az alapanyag terhelésre adott válaszát. A modell létrehozásához csak két irányú szakítóvizsgálatok és mikroszkópos analízis eredményeit használtuk fel. A szoftver tehát 7,5%-os relatív hibával közelítette meg az alapanyag viselkedését szobahőmérsékleten, hiányos bemenő adatok mellett. A 150 °C-os modell esetében csak a 90°-os orientációjú próbatetek értékeinek célként történő felhasználásával egy újabb optimalizációt végeztünk a szobahőmérsékletű modellen. A magasabb hőmérsékletű esetben nem végeztünk szakítóvizsgálatot. Az így kapott modell a 150 °C alatt mért 45°-os orientációjú próbatetek értékeit kb. 21,5%-os hibával tudta megközelíteni. A hőmérséklet hatására megemelkedett hibaértéket a magas hőmérsékleten végzett 0°-os orientációjú szakítóvizsgálat hiánya okozta. Ezen eredmények hiányában az optimalizációt csak a szobahőmérsékletű modell és a magas hőmérsékletű 90°-os orientációjú próbatetek eredményei alapján futtattuk.

A modellek által mutatott hibaértékek tehát további laboratóriumi vizsgálatok elvégzésével tovább csökkenthetők. További lehetőség a modellek javítására a mátrix nemlinearitásának figyelembevétele és modellezése, ehhez azonban számos további vizsgálatra van szükség. A bemutatott modell tehát lineárisan közelíti az anyag viselkedését.

Az anyagmodellek a teljes alapanyag modellezése mellett javaslatot adtak a felépítő elemek anyagi tulajdonságaira is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OMAA 11öu5 – Entwicklung von Materialmodellen für 3D-gedruckte elastomere und kurzfaserverstärkte Verbundwerkstoffe (Debreceni Egyetem – Johannes Kepler Universität) című pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- [1] Aboudi J., Arnold S. M., Bednarczyk B. A.: *Micromechanics of Composite Materials*. Elsevier, 2013, <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05224-9>
- [2] Fish J.: *Practical Multiscaling*. Wiley, 2013, ISBN: 978-1-118-41068-4
- [3] Wriggers P., Hain M.: *Micro-Meso-Macro Modelling of Composite Materials*. Computational Methods in Applied Sciences, 2007, pp. 105-122. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6577-4_7
- [4] Oddy C., Ekh M., Fagerström M.: *Macroscale modelling of 3D-woven composites: Elasto-plasticity and progressive damage*. International Journal of Solids and Structures, 250, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2022.111696>
- [5] Oddy C., Ekh M., Ekermann T., Hallström S., Fagerström M.: *A framework for macroscale modelling of inelastic deformations in 3D-woven composites*. Mechanics of Materials, 160, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2021.103856>
- [6] Zhuang W., Chen S., Yang X., Liu Y.: *Meso/macroscale study on the shear failure of CFRP laminates considering fibre rotation*. Thin-Walled Structures, 181, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.tws.2022.110105>
- [7] Liu C., Xie J., Sun Y., Chen L.: *Micro-scale modeling of textile composites based on the virtual fiber embedded models*. Composite Structures, 230, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111552>
- [8] Chang C., Zhang Y., Wang H.: *Micromechanical modeling of unidirectional composites with random fiber and interphase thickness distributions*. Archive of Applied Mechanics, 89, 2019; pp. 2563-2575. <https://doi.org/10.1007/s00419-019-01595-0>
- [9] Yin H., Li Q., Iannucci L.: *Meso-scale Finite Element (FE) modelling of biaxial carbon fibre non-crimp-fabric (NCF) based composites under uniaxial tension and in-plane shear*. Composite Structures, 290, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.115538>
- [10] Naouar N., Vasiukov D., Park C. H., Lomov S. V., Boisse P.: *Meso-FE modelling of textile composites and X-ray tomography*. Journal of Materials Science, 55, 2020, pp. 16969-16989. <https://doi.org/10.1007/s10853-020-05225-x>
- [11] Ma D., González-Jiménez Á., Giglio M., dos Santos Cougo C. M., Amico S. C., Manes A.: *Multiscale modelling approach for simulating low velocity impact tests of aramid-epoxy composite with nanofillers*. European Journal of Mechanics - A/Solids, 90, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2021.104286>
- [12] Marszałek J., Stadnicki J., Danielczyk P.: *Finite element model of laminate construction element with multi-phase microstructure*. Science and Engineering of Composite Materials, 27, 2020, pp. 405-14. <https://doi.org/10.1515/secm-2020-0044>
- [13] ISO 527-5:2021 - Plastics — Determination of tensile properties — Part 5: Test conditions for unidirectional fibre-reinforced plastic composites
- [14] INSTRON. Environmental Chambers 3119-600 https://www.instron.com/-/media/literature-library/products/2019/05/3119-600-series-environmental-chambers-brochure.pdf?sc_lang=en-US&ch=112 (2024.05.15.)

Dendritközi porozitás töretfelületen történő kvantitatív vizsgálata

Quantitative examination of interdendritic porosity on fracture surface

Kazup Ágota^a, Koncz-Horváth Dániel^b, Gácsi Zoltán^c

^a Miskolci Egyetem, Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, tudományos segédmunkatárs, agota.kazup@uni-miskolc.hu

^b Miskolci Egyetem, Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, tudományos főmunkatárs, daniel.koncz-horvath@uni-miskolc.hu

^c Miskolci Egyetem, Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, professor emeritus, zoltan.gacsi@uni-miskolc.hu

Kulcsszavak

Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM),
Töretfelület,
Porozitás,
Képelemzés,
Auto-szegmentáció

Absztrakt

A szakirodalomban publikált kutatásokban a töretfelületeken látható dendritközi porozitás kvantitatív vizsgálatának módszertani ismertetése hiányos. Az itt bemutatni kívánt kutatás célja, hogy részletesen ismertesse a dendritközi pórusok töretfelületen, számítógéppel történő elemzését, mely a hagyományos képelemző módszerekkel nem megvalósítható. Öntött AISi7Mg0.3 ötvözet szakítóvizsgálata útján keletkezett töretfelületekről pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételeket készítettünk több nagyításban, majd a MIPAR képelemző szoftver segítségével meghatároztuk a pórusok vetített területéből a pórus területarányt, valamint vizsgáltuk a legnagyobb pórus arányát is.

Keywords

Scanning electron microscopy (SEM),
Fracture surface,
Porosity,
Image analysis,
Auto-segmentation

Abstract

In the research published in the literature, the methodological description of the quantitative examination of the interdendritic porosity visible on fracture surfaces is incomplete. The purpose of the research to be presented here is to describe in detail the computer analysis of interdendritic pores on the fracture surface, which cannot be realized with basic image analysis methods. We took scanning electron microscopic (SEM) images of the fracture surfaces created by the tensile test of cast AISi7Mg0.3 alloy in several magnifications, then using the MIPAR image analysis software, we determined the pore area ratio from the projected area of the pores, and also examined the ratio of the largest pore.

1. Bevezetés

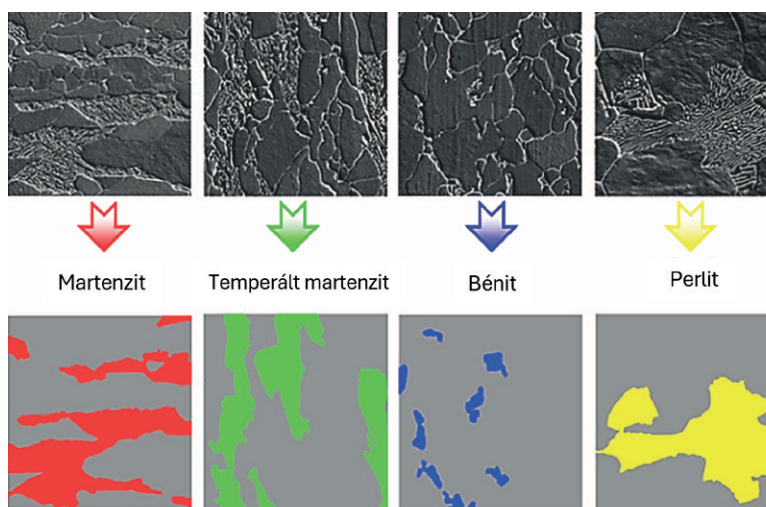
A képelemzés különböző képalkotó módszerekkel készített felvételek (pl. szövetszerkezetéről) számítógéppel történő kvantitatív (számszerű) jellemzése, mellyel meghatározható a rajtuk látható objektumok mennyisége, mérete, morfológiája, orientációja és eloszlása. Szűrkekép esetén az eltérő szűrkeségi szintű objektumok (8 bit-es kép esetén pixelenként 0-tól, ami abszolút fekete, 255-ig, ami abszolút fehér, terjed a szint skála) elválasztása egy szűrkeségi küszöbértékkel történik, amellyel a vizsgálni kívánt területek detektálhatók (kijelölhetők) [1-7].

Mesterséges intelligenciával (MI) a vizsgálandó területek automatizált módon mérhetők meg. A szoftver algoritmusa néhány minta segítségével tanítható, majd önállóan, külső beavatkozás nélkül képes detektálni az objektumokat [7-12]. Az 1. ábrán látható SEM felvételeken egy szerkezeti acél különböző szövetelemeit detektálták az MI segítségével [12-13]. Az algoritmus a betanítása során képes megtanulni és felismerni a különböző szűrkeségi szintű és struktúrájú, több fázisból álló szövetelemeket is. Az ún. „Deep Learning (DL)”, tanításon alapuló vizsgálatokat fokozott odafigyeléssel szükséges elvégezni, mert a betanítási folyamaton múlik az algoritmus detektálási pontossága. A betanítást anyagtudományban jártas szakemberek végzik, akiknek az a feladata, hogy manuálisan nagy pontossággal jelöljék meg a fázisokat és szövetelemeket a felvételeken. A helytelen kijelölés valószínűsége nagyobb a nehezen értelmezhető, összetett anyagokat ábrázoló mikroszkópos képek esetén. A manuális kijelölés munka- és időigényes folyamat lehet. Bizonyos szoftverekben/szoftververziókban nem érhető el közvetlenül adott szövetszerkezet elemzéséhez szükséges, előre elkészített algoritmus, vagy az nem megfelelően alkalmazható

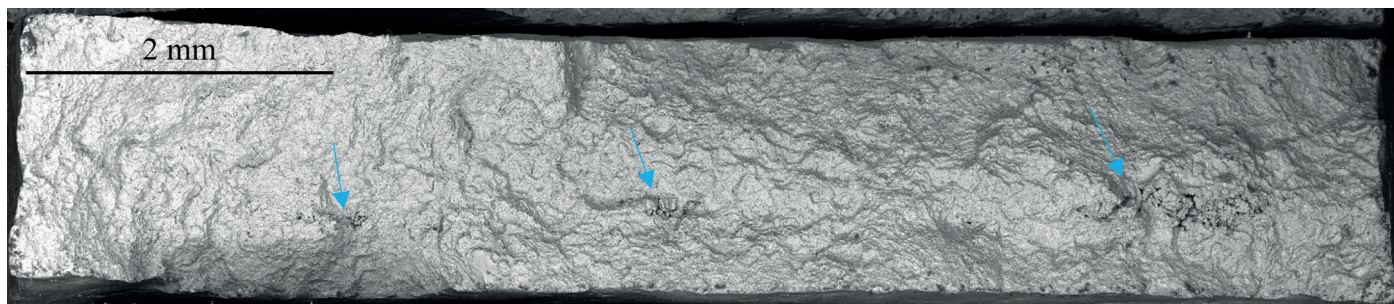
a felvételeken előforduló zajok miatt, így a detektálást a kívánt célnak megfelelően külön kell elvégezni [12].

A töretfelületeken látható dendritközi pórusok szűrkeségi küszöbértéken alapuló elválasztása nem lehetséges a töret jelentősen egyenetlen felülete miatt, ugyanis mind árnyékos, mind erősen fényes területek alkotják a felvételeket. Emiatt különböző mértékű szűrkeségi szint átfedés van a pórus és a háttérterület szűrkeségi szintjei között. Az árnyékos és fényes területek eloszlása inhomogén, arányuk egyenlőtlen. Ezáltal minden egyes pórusról készített SEM felvétel egyedi. Hasonló felvételek képelemző módszereikre nem tértek ki a szakirodalomban, olykor a képelemzés folyamatának leírása a pórusok „körül rajzolásának” bemutatásával terjed [14-22].

Publikációnk célja, hogy bemutassa a töretfelületeken látható dendritközi porozitás képelemzésének a folyamatát, hogy aztán az így kapott eredmények további kutatásokhoz felhasználhatóak legyenek.



1. ábra: A martenzít, temperált martenzít, bainit és perlit fázisok detektálása szerkezeti acél pásztázó elektronmikroszkópos felvételein [12, 13]



2. ábra: Szakító próbatest töretfelületének teljes keresztmetszetét ábrázoló pásztázó elektronmikroszkópos felvétel, melyen a dendritközi pórusok jelölésre kerültek

2. Anyagok és módszerek

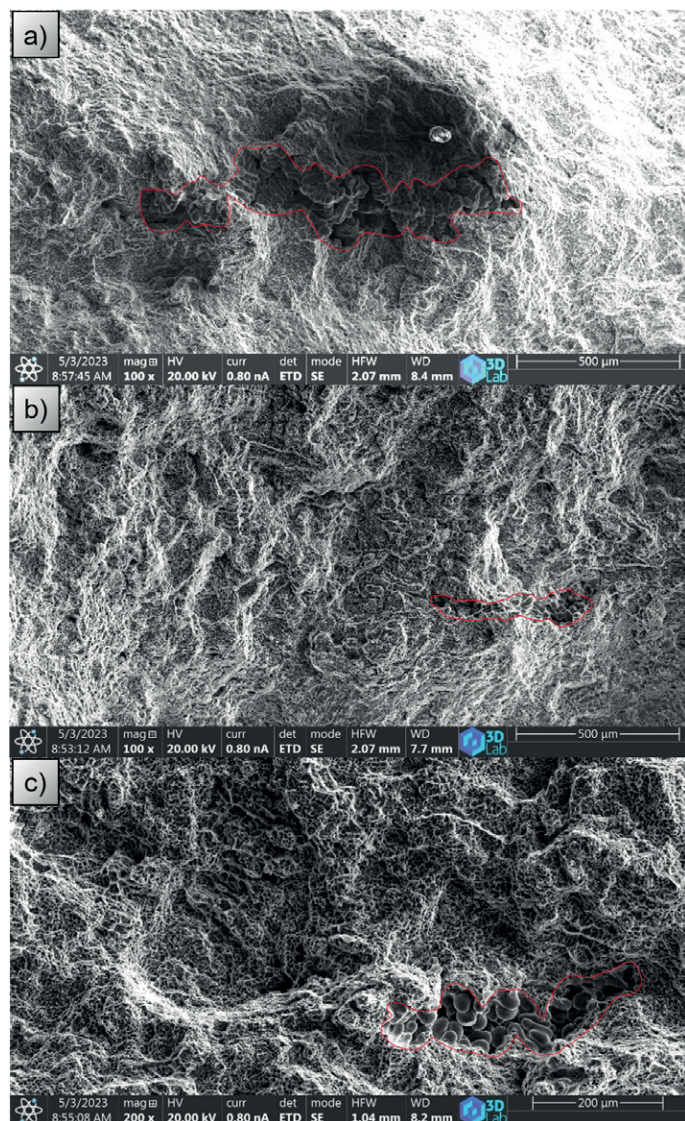
A vizsgálatok során AlSi7Mg0.3 összetételű öntött és hőkezelt autóiipari alkatrészekből kimunkált, összesen 48 db szakító próbatest töretfelületét vizsgáltuk. A próbatestek keresztmetszete $2\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ volt. A 2. ábra egy teljes töretfelületnek a felvételét mutatja be, melyeket

plazma fókuszált ionsugaras pásztázó elektronmikroszkóppal (PFIB-SEM) vizsgáltuk a 3D Finomszerkezet Vizsgáló Laboratóriumban $100\times$, $200\times$ és $500\times$ -os nagyításokban, szekunder elektronsugarak segítségével. A vizsgálat során a töretfelület minden esetben szívós volt. A 3. ábra nagyobb nagyítású felvételeket ábrázol a töretfelületeken lévő dendritközi pórusokról.

A töretfelületekről készült mikroszkópos felvételeket a MIPAR képelemző szoftver segítségével elemeztük auto-szegmentációs algoritmussal. Ennek megfelelően manuális úton megjelöltük a detektálandó pórusokat és azok határvonalát a 3. ábrán látható módon (ld. piros görbék), illetve hasonló módon a felvétel többi részét is, amittől el kívántuk választani a pórusokat. A képelemző algoritmus a jelölések alapján felismerte a pórusok határvonalait (4. ábra). A szakirodalmakban fellelhető, töretfelületeken történő képelemző vizsgálatok is ehhez hasonlóan történhettek [14-22]. A SEM felvételek felbontása a nagyítástól függően $1,36\text{ }\mu\text{m}$ ($100\times$), $0,68\text{ }\mu\text{m}$ ($200\times$) és $0,27\text{ }\mu\text{m}$ ($500\times$) volt.

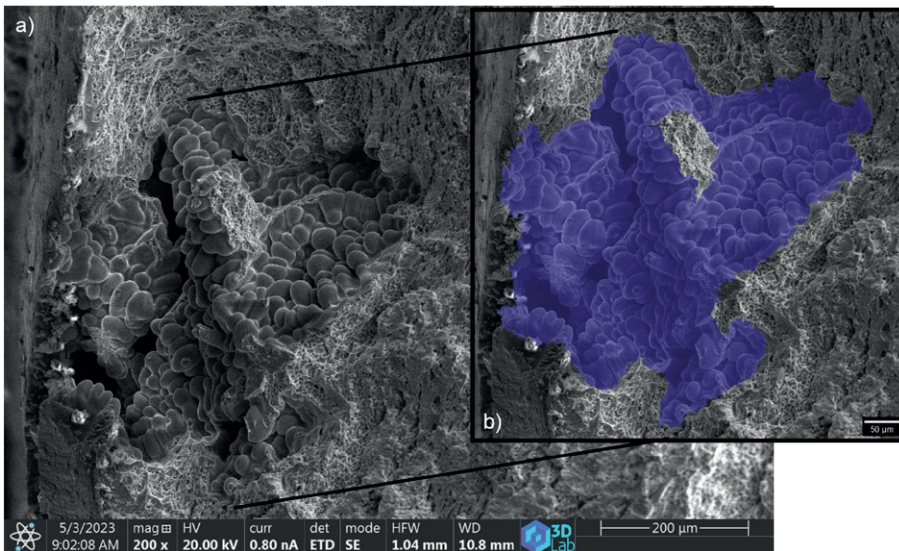
A MIPAR képelemző szoftverben alkalmazható auto-szegmentációs eljárások¹ közül az úgynevezett „Smart Find” algoritmust alkalmaztuk, ami egy éleket és metszõvonalakat keresõ módszerrel való szegmentálást alkalmaz a felvételen látható objektumok határainak automatikus meghatározásához a manuálisan meghatározott jelölõk alapján [23]. Más szakirodalmak szerint a szegmentálás folyamata az úgynevezett „Lazy Snapping” interaktív képmetszõ eszközön alapul, amely a kívágni, vagy jelen folyamatban a detektálni kívánt objektumok határfelületét hatékonyan határozza meg, alacsony kontrasztú élek jelenléte esetén is [26-28].

Az így detektált pórusok jellemzõit számszerûen mértük meg a képelemzõ szoftver segítségével. A pórusok vetített területét ($A_{\text{Proj, töretfelület}}$ [mm^2]) határoztuk meg, majd számoltuk a töretfelületen látható porozitást ($A_{\text{A, Proj, töretfelület}}$ [%]) az (1) összefüggés szerint. Az így meghatározható pórussterület vetített terület, ugyanis a felületnek a felvétel síkjára merõlegesen térbeli kiterjedése van. A próbatestek szakítóvizsgálat során befûzõdött keresztmetszetét ($A_{\text{keresztmetszet}}$ [mm^2]) a 2. ábrán látható teljes töret szélességének (x [mm]) és vastagságának (y [mm]) képelemzõ szoftverrel történõ mérésével határoztuk meg (2). Az elemzés folyamatát az 5. ábra mutatja be.



3. ábra: Dendritközi pórusok nagy felbontású felvételei: a) és b) $100\times$; c) $200\times$

¹ ún. „Smart Find, Geodesic Distance [24] és Marker-alapú Watershed” [25] szegmentációs eljárások.



4. ábra: Pásztázó elektronmikroszkóppal megfigyelt töretfelületen látható dendritközi pórus képelemzése a MIPAR szoftver auto-szegmentációs algoritmusával:

a) szürkekép a töretfelületről,
b) a detektált dendritközi pórus



5. ábra: A töretfelületekről pásztázó elektronmikroszkóppal készített felvételek képelemzésének folyamata

$$A_{A, Proj, töretfelület} = \frac{A_{\sum \text{vetített pórus terület}}}{A_{\text{keresztmetszet}}} 100, \quad (1)$$

$$A_{\text{keresztmetszet}} = xy. \quad (2)$$

3. Eredmények és diszkusszió

A töretfelületek kvantitatív elemzésével számos kutatás foglalkozik, viszont nem kellő részletességgel mutatják be annak folyamatát [14-22]. A felületen meghatározott pórusjellemzők, mint például a pórusok vetített területének ($A_{Proj, töretfelület}$), vagy területarányának ($A_{A, Proj, töretfelület}$) változását hasonlítják össze az öntvények mechanikai paramétereinek változásával (pl. a folyáshatárral, szakítószilárdsággal és nyúlással). A pórusok mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásának és a köztük lévő kapcsolat megismerésének kérdése kulcsfontosságú a tönkremeneteli folyamatok mélyebb megértéséhez, ami elősegíti az öntészeti gyártástechnológia és a szabványok fejlődését.

Apórusszerkezet hatással van a húzó terhelés során végbemenő deformáció heterogenitására a szakítóvizsgálat

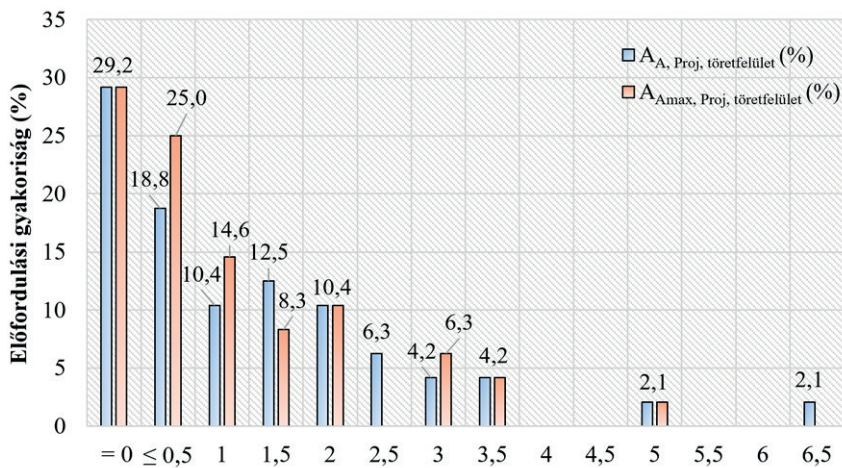
során. A pórusok csökkentik a terhelé anyag mennyiségét adott keresztmetszeten, valamint az összetett morfológiájú, egyenetlen felületekkel rendelkező pórusok mentén nagyobb feszültségállapotok alakulnak ki. A terhelés tengelyirányában vetített pórusterület bizonyos mértékig jellemzi a pórusok térbeli kiterjedését [29-30]. Minél nagyobb és összetettebb morfológiájú egy pórus, annál inkább befolyásolja a tönkremenetel folyamatát, s a törési felület rajta keresztül alakul ki [16, 21-22, 30-31]. Emiatt az össz-pórus területarány/térfogatarány vizsgálatán túl kiemelt figyelmet kell fordítani a legnagyobb méretű pórus vizsgálatára. A töretfelületen a legnagyobb pórus ($A_{\max, Proj, töretfelület}$ [mm²]) számos alkalommal megegyezett a vizsgált térfogat, azaz a szakító próbatest jeltávon belüli térfogatának legnagyobb térfogatú pórusával, ami miatt úgy vélik, az $A_{\max, Proj, töretfelület}$ megbízhatóbban alkalmazható a törési nyúlás becslésére, mint az $A_{A, Proj, töretfelület}$ pórusjellemző [21-22]. Teng és munkatársai szintén ezen az állásponton vannak [16].

Szakirodalmi kutatások alapján a porozitás ($A_{A, Proj, töretfelület}$) a folyáshatárt kevésbé befolyásolja, közöttük negatív irányú, kis meredekségű lineáris a kapcsolat [14-15, 18-20, 32]. A szakítószilárdság szintén lineáris kapcsolatban áll a porozitással, viszont a kapcsolatukat

leíró függvény meredeksége nagyobb, mint a folyáshatár esetén [14, 33]. A porozitás és a legnagyobb vetített területű pórus méretének növekedésével a nyúlás csökken, a kapcsolatukat leíró függvény lehet lineáris, kvázi-lineáris, illetve nemlineáris függvény. A függvény jellegét a nyúlási sebesség befolyásolhatja [19]:

- lineáris: $A_{A, Proj, töretfelület}$, $A_{\max, Proj, töretfelület}$ [16, 34],
- kvázi-lineáris: $A_{A, Proj, töretfelület}$ [17, 19-20],
- nemlineáris függvény: $A_{A, Proj, töretfelület}$ [14, 19, 35-36].

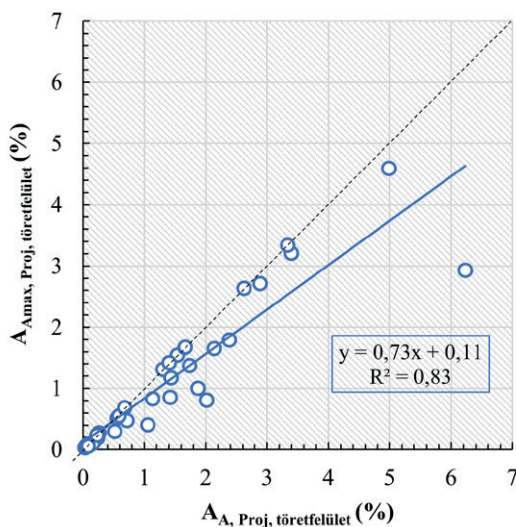
Az általunk mért pórusjellemzők összehasonlíthatósága érdekében a legnagyobb vetített területű pórusok területarányát (3) ábrázoltuk az összterületarány mellett, így a 6. ábrán az $A_{A, \max, Proj, töretfelület}$ [%], illetve az $A_{A, Proj, töretfelület}$ [%] előfordulási gyakorisága látható. 29,17%-ban (azaz 14 esetben a 48-ból) az értékek nullával egyenlőek, tehát a töretfelületen nem voltak láthatóak pórusok. Megvizsgáltuk a két jellemző viszonyát is, amit a 7. ábra mutat be, lineáris függvényillesztéssel az R² értéke 0,83. 13 minta esetén egy-egy önálló pórus volt a töretfelületen, melyek közül maximálisan 3,34% volt a pórus területarány. Az ábrán ezek az adatpontok az x=y összefüggést leíró szaggatott vonalra esnek. További kutatások során a meghatározott



6. ábra: A töretfelületeken meghatározott legnagyobb vetített területű pórus területaránya ($A_{Amax, Proj, töretfelület}$) és a porozitás ($A_{A, Proj, töretfelület}$) előfordulási gyakorisága

eredményeket össze fogjuk hasonlítani a próbatestek mechanikai jellemzőivel. Figyelembe fogjuk venni a pórusok térbeli eloszlását, keresztmetszeti elhelyezkedésüket és a kristályosodott szövetszerkezetet is. Az eredményeket rangos nemzetközi folyóiratcikkben fogjuk megjelentetni.

$$A_{Amax, Proj, töretfelület} = \frac{A_{Amax, Proj, töretfelület}}{A_{keresztmetszet}} 100 \quad (3)$$



7. ábra: A töretfelületen meghatározott porozitás és a legnagyobb méretű pórus területarányának kapcsolata

4. Összefoglalás

A kutatás célja a térbeli kiterjedéssel rendelkező töretfelületeken látható dendritközi pórusok képelemző módszerének a kidolgozása, bemutatása és alkalmazása volt annak érdekében, hogy

1. gyakorlatiasan ismertessük az egyedi anyagszerkezeti struktúrák képelemzésének lehetőségét, melyek a hagyományos szűrkeségi szinteken alapuló képelemző módszerekkel nem megvalósíthatók;
2. valamint, hogy az eredményeket további vizsgálatokhoz használjuk fel.

A képelemzéssel számszerűen, objektív módon jellemezhetők a felvételeken látható objektumok, így a pórusok is. A töretfelületek esetében viszont a hagyományos eljárással, a felvételt alkotó pixelek szűrkeségi szintjei alapján történő elválasztással a pórusok nem azonosíthatók, mivel jelentős, illetve különböző mértékű szűrkeségi szint átfedés van a pórus és a felvétel többi részének szűrkeségi szintje között. Szükség van manuális úton az egyes objektumok megjelölésére, amit a mesterséges intelligencia használ fel a vizsgálandó területek pontos detektálására. Kutatásunkban a MIPAR képelemző szoftverben található „Smart Find” auto-szegmentációs algoritmust alkalmaztuk, ami élek keresésével szegmentálja a pórusokat a felvétel többi részétől.

A töretfelületeken, illetve a próbatestek teljes és lokális tönkremeneteli térfogatában 2D-s és 3D-s elemzésekkel meghatározott pórusjellemzők mechanikai paraméterekkel való kapcsolata korrelációs együtthatók és regressziós analízisek segítségével kifejezhetők, amit kutatásunk további szakaszában fogunk vizsgálni.

Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3-II. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- [1] Gács Z., Sárközi G., Réti T., Kovács J., Csepeli Zs., Mertinger V.: Sztereológia és képelemzés (pp 27-31; 127-139; 176-190). WellIPress, PHARE, Miskolc, 2001 ISBN 963 86137 69
- [2] Gács Z., Barkóczy P.: Számítógépi képelemzés Miskolc, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2009
- [3] Gács Z., Simon A., Pázmán J.: Fémkompozitok (pp 122-130; 147-196). Miskolci Egyetem kiadó, Miskolc, 2011 ISBN 978 963 661 979 4
- [4] Kim, Y., Hanif, A., Usman, M., Park, W.: Influence of bonded mortar of recycled concrete aggregates on interfacial characteristics – Porosity assessment based on pore segmentation from backscattered electron image analysis. Constr. and Build. Mater., 212, 2019, pp. 149–163. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.265>
- [5] Kazup Á.: Alumínium ötvözet félfolyamatos öntésekor kialakuló szövetszerkezetének vizsgálata. Diplomamunka, Miskolci Egyetem, 2020
- [6] Calkovský, M., Müller, E., Meffert, M., Firman, N., Mayer, F., Wegener, M., Gerthsen, D.: Comparison of segmentation algorithms for FIB-SEM tomography of porous polymers: Importance of image contrast for machine learning segmentation. Mater. Charact., 171, 2021, pp. 110806. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2020.110806>
- [7] Li, L., Yang, J., Liu, W. W., Ren, P.: Overview of the application of quantitative backscattered electron (QBSE) image analysis to characterize the cement-based materials. Constr. and

- Build. Mater., 406, 2023, pp. 133332. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133332>
- [8] Ge, M., Su, F., Zhao, Z., Su, D.: Deep learning analysis on microscopic imaging in materials science. *Mater. Today Nano*, 11, 2020, pp. 100087. <https://doi.org/10.1016/j.mtnano.2020.100087>
- [9] Bangaru, S. S., Wang, C., Zhou, X., Hassan, M.: Scanning electron microscopy (SEM) image segmentation for microstructure analysis of concrete using U-net convolutional neural network. *Automation in Constr.*, 144, 2022, pp. 104602. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104602>
- [10] Bihani, A., Daigle, H., Santos, J. E., Landry, C., Prodanovic, M., Milliken, K.: MudrockNet: Semantic segmentation of mudrock SEM images through deep learning. *Computers & Geosciences*, 158, 2022, pp. 104952. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2021.104952>
- [11] Li, P., Zhao, W., Fu, C., Pan, T., Ji, X.: Segmentation of backscattered electron images of cement-based materials using lightweight U-Net with attention mechanism (LWU-Net). *Journal of Build. Eng.*, 77, 2023, pp. 107547. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107547>
- [12] Ragone, M., Shahabazian-Yassar, R., Mashayek, F., Yurkiv, V.: Deep learning modeling in microscopy imaging: A review of materials science applications. *Progress in Mater. Sci.*, 138, 2023, pp. 101165. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2023.101165>
- [13] Azimi, S. M., Britz, D., Engstler, M., Fritz, M., Mücklich, F.: Advanced Steel Microstructural Classification by Deep Learning Methods. *Sci. Rep.*, 8, 2018, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20037-5>
- [14] Lee, C. D.: Effects of microporosity on tensile properties of A356 aluminum alloy. *Mater. Sci. Eng. A*, 464 (1–2), 2007, pp. 249–254. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.01.130>
- [15] Teng, X., Mae, H., Bai, Y., Wierzbicki, T.: Statistical analysis of ductile fracture properties of an aluminum casting. *Eng. Fract. Mech.*, 75 (15), 2008, pp. 4610–4625. <https://doi.org/10.1016/j.engfractmech.2008.04.016>
- [16] Teng, X., Mae, H., Bai, Y., Wierzbicki, T.: Pore size and fracture ductility of aluminum low pressure die casting. *Eng. Fract. Mech.*, 76 (8), 2009, pp. 983–996. <https://doi.org/10.1016/j.engfractmech.2009.01.001>
- [17] Lee, C. D.: Effect of damage evolution of Si particles on the variability of the tensile ductility of squeeze-cast Al–10%Si–2%Cu–0.4%Mg alloy. *Mater. Sci. Eng. A*, 527, 2010, pp. 3144–3150. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.01.061>
- [18] Lee, C. D., Youn, J., Lee, Y., Kim, J.: Effect of eutectic Si particles on the defect susceptibility of tensile properties to microporosity variation in Al–xSi binary alloys. *Mater. Sci. Eng. A*, 678, 2016, pp. 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.09.111>
- [19] Lee, C. D., Youn, J., Kim, Y.: Effect of strain rate on the defect susceptibility of tensile properties to porosity variation. *Mater. Sci. Eng. A*, 683, 2017, pp. 135–142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.12.007>
- [20] Lordan, E., Lazaro-Nebreda, J., Zhang, Y., Dou, K., Blake, P., Fan, Z.: On the relationship between internal porosity and the tensile ductility of aluminium alloy die-castings. *Mater. Sci. Eng. A*, 778, 2020, pp. 139107. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139107>
- [21] Liu, R., Zheng, J., Godlewski, L., Zindel, J., Li, M., Li, W., Huang, S.: Influence of pore characteristics and eutectic particles on the tensile properties of Al–Si–Mn–Mg high pressure die casting alloy. *Mater. Sci. Eng. A*, 783, 2020, pp. 139280. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139280>
- [22] Zhang, Y., Zheng, J., Xia, Y., Shou, H., Tan, W., Han, W., Liu, Q.: Porosity quantification for ductility prediction in high pressure die casting AM60 alloy using 3D X-ray tomography. *Mater. Sci. Eng. A*, 772, 2020, pp. 138–781. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138781>
- [23] MIPAR user manual: Segmentation. <https://www.manula.com/manuals/mipar/user-manual/latest/en/topic/adaptive-threshold> (2024. 01. 07.)
- [24] Protiere, A., Sapiro, G.: Interactive Image Segmentation via Adaptive Weighted Distances. *IEEE Transactions on Image Process*, 16 (4), 2007, pp. 1046–57. <https://doi.org/10.1109/TIP.2007.891796>
- [25] Meyer, F.: Topographic distance and watershed lines. *Signal Process*, 38 (1), 1994, pp. 113–125. [https://doi.org/10.1016/0165-1684\(94\)90060-4](https://doi.org/10.1016/0165-1684(94)90060-4)
- [26] Li, Y., Sun, J., Tang, C. K., Shum, H. Y.: Lazy Snapping. *Proceedings from the 31st International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM Transactions on Graphics*, 23 (3), 2004, pp. 303–308. <https://doi.org/10.1145/1015706.1015719>
- [27] Lin, Z., Zhang, Z., Zhu, Z. Y., Fan, D. P., Liu, X. L.: Sequential interactive image segmentation. *Computational Visual Media*, 9 (4), 2023, pp. 753–765. <https://doi.org/10.1007/s41095-022-0302-8>
- [28] Mathworks: Lazy Snapping. https://au.mathworks.com/help/images/ref/lazysnapping.html?fbclid=IwAR2J9Pa4oUPgNONBTnFC9MG2R6wiFmvKYBHxuy0azu25CY0TH_bB6Q6vHfM (2024. 01. 07.)
- [29] Murakami, Y., Endo, M.: Effects of defects, inclusions and inhomogeneities on fatigue strength. *Int. J. Fatigue*, 16, 1994, pp. 163–182. [https://doi.org/10.1016/0142-1123\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0142-1123(94)90001-9)
- [30] Kazup Á., Gácsi Z.: AlSi7Mg0.3 ötvözet in situ szakítóvizsgálata számítógépes röntgen tomográfia (CT) segítségével. *Doktorandusz Almanach*, 2 (2), 2023, pp. 7–13. ISSN 2939-7294
- [31] Yang, B. C., Chen, S. F., Song, H. W., Zhang, S. H., Chang, H. P., Xu, S. W., Zhu, Z. H., Li, C. H.: Effects of microstructure coarsening and casting pores on the tensile and fatigue properties of cast A356-T6 aluminum alloy: A comparative investigation. *Mater. Sci. Eng. A*, 857, 2022, pp. 144106. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.144106>
- [32] Lee, S. G., Patel, G. R., Gokhale, A. M., Sreeranganathan, A., Horstemeyer, M. F.: Variability in the tensile ductility of high-pressure die-cast AM50 Mg-alloy. *Scripta Mater.*, 53 (7), 2005, pp. 851–856. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2005.06.002>
- [33] Surappa, M. K., Blank, E., Januet, J. C.: Effect of macro-porosity on the strength and ductility of cast Al-7Si-0.3Mg alloy. *Scripta Metall.*, 20, 1986, pp. 1281–1286. [https://doi.org/10.1016/0036-9748\(86\)90049-9](https://doi.org/10.1016/0036-9748(86)90049-9)
- [34] Zhou, B., Meng, D. H., Wu, D., Tang, J. F., Chen, R. S., Li, P. J., Han, E.-H.: Characterization of porosity and its effect on the tensile properties of Mg-6Gd-3Y-0.5Zr alloy. *Mater. Charact.*, 152, 2019, pp. 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2019.04.021>
- [35] Gokhale, A. M., Patel, G. R.: Quantitative fractographic analysis of variability in tensile ductility of a squeeze cast Al–Si–Mg base alloy. *Mater. Charact.*, 54 (1), 2005, pp. 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2004.10.003>
- [36] Gokhale, A. M., Patel, G. R.: Origins of variability in the fracture-related mechanical properties of a tilt-pour-permanent-mold cast Al-alloy. *Scripta Mater.* 52 (3), 2005, pp. 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2004.09.011>

Néhány gondolat az atomerőművek minőségbiztosításáról

Some thoughts on quality assurance of nuclear power plants

Három egymástól független, de mégis összekapcsolható esemény történt 1979-ben az atomerőművi minőségbiztosítás történetében. Egy filmbemutató, egy súlyos atomerőművi meghibásodás és egy új minőségbiztosítási szabvány megjelenése.

A Kína szindróma c. filmet¹ 1979. március 16-án mutatták be az USA-ban, a hazai bemutatóra csak évekkel később, 1984. január 12-én került sor, amikor a Paksi Atomerőmű 1-es blokkja már két éve üzemelt.

Az amerikai atomenergetikai lobby nevetséges fikciónak és az iparág elleni lejárató propagandának nevezte a filmet. Tizenkét nappal a premier után azonban megtörtént a Three Mile Island atomerőmű meghibásodása, ahol nagyon hasonló folyamatok történtek, mint a vásznon. A filmben egy ambiciózus televíziós stáb helyszíni riportot készít egy atomerőműben. A forgatás során, amikor vezetőjük éppen a vezénylőterem feladatait ismerteti, szemtanúi lesznek egy vészhelyzetnek, amit az operatőr titokban filmre vesz. Megpróbálnak utánajárni a dolognak, azonban az illetékesek eltussolják az ügyet és letiltják az anyagot. A tévések a vezénylőben dolgozó mérnöktől megtudják, hogy valójában súlyos nukleáris baleset történt.

A film ötlete visszavezethető egy korábbi meghibásodásra, amely a Dresden, Illionis Atomerőműben történt 1970. június 5-én². Ekkor egy nyomásmérő műszer meghibásodása vészleállítást indított el, ami a reaktor vízszint veszélyes csökkenésével járt, amit az automata rendszer visszapótol. A reaktor vízszint regisztráló berendezés írszerkezete időközben fennakadt, így a kezelők nem a tényleges szintet látták, ezért kézi úton próbálták a normál szintet beállítani. Amikor a kezelő megütögette a regisztráló berendezést, az visszaállt a helyére, de mintegy két órába telt, mire sikerült stabilizálni a reaktort. A kezelők nem figyelték a másik vízszintjelzőt, ami viszont végig hibátlanul működött.

Térjünk vissza a filmhez. A reaktor visszaíndítása előtti tesztnél a vezénylő mérnöke szívárgást észlelt az egyik szivattyú körvarratán. Megnézte a radiográfiai felvételeket és rájött, hogy a filmek a varrat ugyanazon szakaszáról készültek. Sajnos, ritkán ugyan, de ez a valóságban is előfordulhat. Sokféle oka lehet ennek, magam is találtam ilyen filmeket.

A filmben a mérnök nyomatékosan kérte, hogy késleltetés a reaktor újraindítását, vizsgálják meg újra a varratot, de az üzemfelügyelő azt akarta, hogy semmi ne akadályozza az újraindítást. Akit érdekel a folytatás, megnézheti a filmet.

A filmben bemutatott problémák minőségbiztosítási hiányosságokra vezethetők vissza, beleértve a személyzet képzési hiányosságait is.

Az első jelentős és talán legalaposabban kivizsgált atomerőművi baleset 1979. március 28-án történt az USA-ban, a Three Mile Island, Pennsylvania atomerőműben. Két héttel a baleset után Carter elnök 12 tagú vizsgáló bizottságot nevezett ki, melynek vezetésével John G. Kemény professzort, a Dartmouth College elnökét bízta meg. A bizottság meglepően gyorsan, 1979. október 30-án benyújtotta a jelentését³, melyet a tagok egyhangúan fogadtak el.

Kemény professzor később így írt a bizottságról⁴:

„...Carter elnök kinevezett egy 12 főből álló bizottságot, amelyben semmi közös nem volt, ha csak az nem, hogy együttesen képviselték azt a maximális különféleséget, amit a Fehér Ház egyáltalán képes volt előállítani. Különbözők voltunk szak-képzettségben, szakmai tapasztalatokban, hagyományainkban és az atomenergetikáról vallott nézeteinkben... a csoport tagjai szerencsére jó képességű és végtelenül munkabíró embereknek bizonyultak, így végül is a fontosabb körülményekre vonatkozólag olyan mennyiségű meggyőző bizonyítékot sikerült összegyűjtenünk, hogy ez az elképesztően sokszínű bizottság végül egyhangú döntést hozott. Bizonyos szemszögből ezt joggal nevezhetjük az 1979-es év csodájának.”

Nos, Kemény professzor is magyar, családja 1940-ben, a második zsidó törvény elfogadása után emigrált Amerikába. Matematika professzor volt, de számítástechnikai szakemberként talán jobban ismerték. Részletes életrajza megtalálható a Wikipédián és más weboldalon⁵.

A meghibásodás egy jelentéktelennek tűnő üzemzavarral indult, nyitott állapotban beragadt a térfogatkiegyenlítő biztonsági szelepe. A vezénylő személyzete félreértette a helyzetet, lekapcsolta az üzemzavari zóna hűtő rendszert, ennek következtében a reaktorban lévő fűtőelemek egy része megolvadt, de végül sikerült megelőzni a katasztrófát.

A meghibásodásról később számos jelentés és tanulmány készült, ezek ma is hozzáférhetők.

A Kemény jelentés keményen bírálta a gyártót és az

¹ Kína-szindróma c. film: <https://mozikatalogus.hu/film/kina-szindróma>

² Wikipedia: Dresden Generating Station: https://en.wikipedia.org/wiki/Dresden_Generating_Station#Incidents

³ The Need for Change, the Legacy of Tmi: Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island, U.S. Government Printing Office: 1979 0 - 303-300

⁴ Kemény G. János: A Three Mile Island leckéje, Fizikai Szemle, 1992/4 121.o.

⁵ Informatikatörténeti fórum: Kemény János: <https://itf.njszt.hu/szemely/kemeny-janos-gyorgy>

üzemeltetőt, a minőségbiztosítás, karbantartás, üzemeltetés, a személyzet képzése, az információ áramlás és a menedzsment hiányosságai miatt és megkérdőjelezte az NRC (Nukleáris Szabályozó Bizottság) tevékenységének hatékonyságát is. Az üzemeltető rendelkezett az NRC követelményeknek⁶ megfelelő minőségbiztosítási rendszerrel, de az NRC csak a biztonsági osztályba sorolt atomerőművi szerkezetek, rendszerek és berendezések minőségbiztosítási követelményeit írja elő, így nem vonatkozik az atomerőmű egészére. Az NRC nem határozta meg a független felülvizsgálatok követelményeit, ami általános gyakorlat, más veszélyes üzemek esetén.

Az NRC nagyon gyorsan, már november 20-án közölte választát a Kemény jelentésre. Erről talán majd más alkalommal írok, ez a cikk a minőségbiztosítással foglalkozik.

Az ANSI (Amerikai Nemzeti Szabvány Intézet) Nukleáris Szabványügyi Igazgatótanácsa felismerve, hogy túlságosan sok, párhuzamos követelmény vonatkozik az atomerőművek minőségbiztosítási rendszereire, 1975-ben közleményt adott ki, amely szerint:

„Egyetlen minőségbiztosítási szabványt kell alkalmazni a nukleáris tevékenységekre”.

Ugyanezen évben, az ANSI szabványosító testületként akkreditálta az ASME-t, s az újonnan alakult ASME Nukleáris Minőségbiztosítási (NQA) Bizottsága átvette az N45 szabványosítást.

Az NQA Bizottság olyan szabványban gondolkodott, amely összhangban áll az atomerőművi szabályozási követelményekkel, de nem korlátozódik a biztonsági osztályba sorolt szerkezetekre, rendszerekre és rendszerekre, mint a már említett 10 CFR 50 B, hanem alkalmazható azokra a területekre és tevékenységekre is, amelyek elengedhetetlenek az atomerőművi beruházások megvalósításához és az erőművek megbízható üzemeltetéséhez.

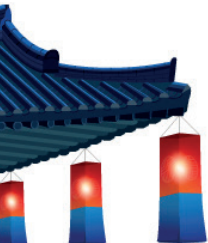
Ennek eredményeként, 1979. augusztus 31-én megjelent az ASME NQA-1-1979 szabvány⁷.

Bár a szabvány a Three Miles Island erőmű meghibásodása után, még a Kemény jelentés októberi benyújtása előtt jelent meg, már megoldást kínált az erőmű egészére alkalmazható minőségbiztosítási követelményekre is. Az NQA-1 azóta is széles körben alkalmazott, az egyik legjobb atomerőművi minőségbiztosítási szabvány.

Dr. Somogyi Sándor

⁶ NRC 10 CFR 50 B, „Atomerőművek és fűtőelem újrafeldolgozó üzemek minőségbiztosítási követelményei”

⁷ ASME NQA-1-1979. Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilities, August 31, 1979.



Exclusive Sponsor
EVIDENT

20th WCNDT

20th World Conference on Non-Destructive Testing

Songdo Convensia, Incheon, Korea

27-31 May 2024



A 20. Roncsolásmentes Vizsgálati Világkonferenciáról

Május 27-e és 31-e között Incheon-ban (Korea) rendezték meg a pandémia miatt többször – végül négy évvel – elhalasztott 20. Roncsolásmentes Vizsgálati Világkonferenciát (World Conference on Non-Destructive Testing, WCNDT). Ennek rendezője a Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Bizottság (The International Committee on Non-Destructive Testing, ICNDT), vendég látó intézménye a Koreai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség volt. A konferencián kb. 3000-en vettek részt, többségben Ázsiából, kb.1000 előadás hangzott el és

kb. 200 kiállító mutatta be termékeit. Három magyar volt jelen: Dr. Ladányi Péter, Dr. Varga Dezső és én. A minden tekintetben nagyszabású rendezvényen 12 párhuzamos szekcióban hangzottak el előadások, amelyeket az NDT.net fog közzétenni. A konferencia és a kiállítás minden igényt kielégített.

Az Anyagvizsgálók Lapja következő számában részletes értékelést adunk a rendezvényről.

Trampus Péter

Megkezdődött a Paks II. Atomerőmű 5. blokk reaktortartályának gyártása

Paks II. Nuclear Power Plant Unit 5 reactor pressure vessel manufacture has started

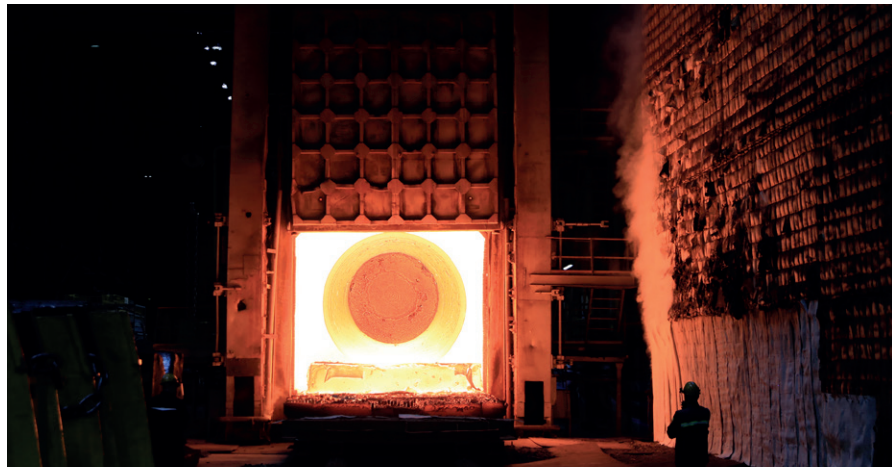
2024. április 11-én ünnepélyes keretek között megkezdődött a sokak által az „erőmű szíveként” emlegetett, a Paks II. Atomerőmű V. blokkjához tartozó reaktortartály csonkgyűrűinek kovácsolása az oroszországi Szentpétervárhoz közeli Kolpino városában az AEM Technologies, JSC AEM-Special Steels gyárában.

A gyártásengedélyt az Országos Atomenergia Hivatal 2022. augusztus 25-én adta ki.

A teljes engedélykérelem dokumentációs csomagja több mint 730 dokumentumból állt, melyeknek együttes terjedelme meghaladta a 12 ezer oldalt. Az engedélykérelemben szereplő műszaki, technológiai és minőségügyi dokumentumok mind megfeleltek az orosz, a magyar és az európai uniós előírásoknak.

A gyártás engedélyezése és a gyártásindító (ún. readiness) audit lebonyolítását követően az alapanyagok beszerzése következett.

A reaktortartályhoz 2024 április elején ívkemencében megolvasztott különleges acélból (15Cr2NiMoVA [1]) vákuumkamrában öntötték ki a két nyers darabból (bugából) álló fő-elemet, amelyek a két darab csonkzóna alapanyagaként szolgálnak. Ezek együttes tömege több mint 600 tonna.



Reaktortartály csonkgyűrű buga első kihozatala a kemencéből a kovácsolási művelethez 1100 °C-on

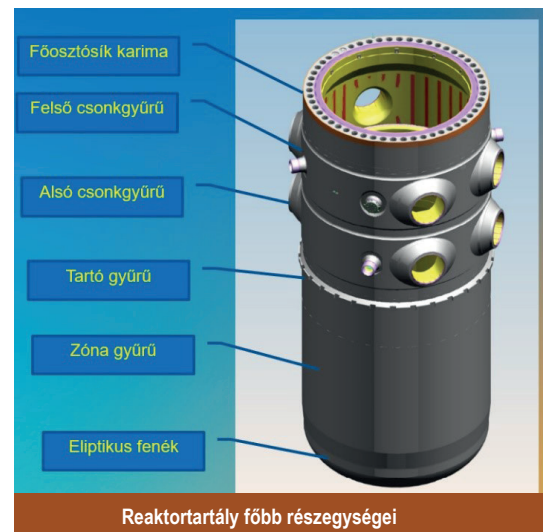
történő végrehajtásának (<850°C) anyagtulajdonságokra kiható kockázataira.

A reaktortartály az alábbi fő részegységekből áll:

- Főosztósík karima
- Felső csonkgyűrű
- Alsó csonkgyűrű
- Tartógyűrű
- Zónagyűrű
- Elliptikus fenék



Reaktortartály csonkgyűrű öntése



Reaktortartály főbb részegységei

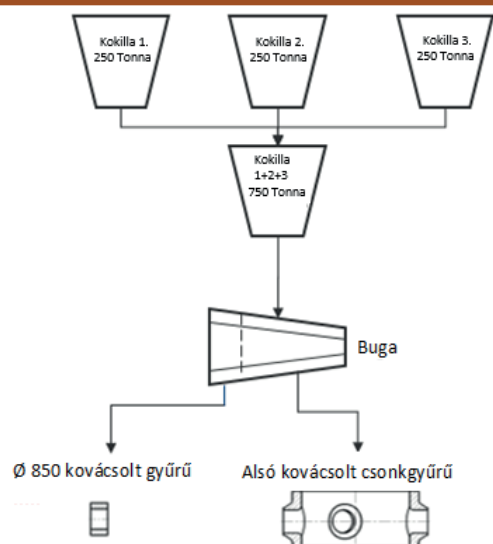
Ezt követően április 11-én elkezdődött az öntvények vágása, kovácsolása, lyukasztása, majd nyers méretre történő kovácsolása, illetve méretre történő forgácsolása.

A gyűrűk kovácsolása 1220 és 850°C közötti hőmérsékleten, egy 12.000 tonnás présgéppel történik. A folyamat, a műveletek sorrendje jól megtervezett ütemterv alapján zajlik, tekintettel a kovácsolás túl alacsony hőmérsékleten

A gyártási folyamat sajátossága, hogy a Paks II. Atomerőmű reaktortartálya az első olyan berendezés, amely az NP-105-18 (Federal Rules and Regulations in the Field of the Use of Atomic Energy "Regulations for Control of Metal of Equipment and Pipelines of Nuclear Power Installations at Manufacture and Assembly") szabályzás alapján készül Oroszországban. A korábbi nukleáris iparra vonatkozó hasonló szabályzat a PNAE G-7 sorozat volt.

Az új, alkalmazandó szabványnak megfelelően már az alapanyag öntési folyamata is megváltozott.

Ennek köszönhetően biztosított, hogy az alsó csongyűrű és a csongokhoz csatlakozó 850 mm átmérőjű próbagyűrű – amely a helyszíni szerelésnél az első szerelési varrat próbahegesztésére szolgál – egy bugából legyen kialakítható, ezzel biztosítva az azonos szövetszerkezeti és mechanikai anyagtulajdonságokat.



Alsó csonggyűrű öntési sémája



Buga befogása az első kovácsolási művelethez



12.000 tonnás prés gép első alakítási művelete

A felső gyűrűből hasonló módon lett kialakítva a csongokhoz tartozó testgyűrű is, ugyanakkor a ZÜHR (zóna üzemmzavari hűtőrendszer) csongjai és a hozzá tartozó csővezetékek is az első öntésből lesznek kialakítva.

Az idei év végéig az ütemtervek szerint lezajlik a csongok mélyhúzósa, a főosztósík karima, a tartógyűrű, a zónagyűrű, valamint a felügyeleti próbatestekhez szükséges gyűrű és az elliptikus fenék kialakításához szükséges gyűrű öntése, kovácsolása és forgácsolása.



Csonggyűrű 500 mm falvastagságig történő kovácsolása



Csonggyűrű 300 mm falvastagságig történő kovácsolása

Az egyes elemeken az alábbi vizsgálatokat végzik el:

- kémiai összetétel meghatározása;
- normál és emelt hőmérsékletű mechanikai vizsgálatok (szakító- és ütőmunkavizsgálat, kritikus ridegtörési hőmérséklet meghatározása, hajlító vizsgálat);
- nemfémes zárványok meghatározása;
- alapfém szemcseméret meghatározása;
- makroszerkezeti vizsgálat;
- kristályközi korróziós vizsgálat;
- ferittartalom-mérés;
- roncsolásmentes vizsgálatok: ultrahangos anyagvizsgálat, szemrevételezéses vizsgálat.

Az elliptikus fenék – amelynek kialakítása különleges folyamat – a kolpinói gyárban, kovácsolt gyűrűből kerül legyártásra. Volgodonszkban a JSC AEM-technology ("ATOMMASH") gyárában. A folyamat első lépéseként a kovácsolt gyűrűt keresztben elvágják, a gyűrűt szétfeszítik, és a keletkezett – hozzávetőlegesen négyzet alakú – lemezt 1020 °C-on egy 16.000 tonnás présgéppel – több lépcsőben – mélydomború „edényfenék” (tartályfenék) formájúra préselik.

Az elkészült félkész termékek összeállítására szintén a volgodonszki gyárban kerül sor.

A majd kétéves gyártási folyamat során az elemek több különböző megmunkálási (technológiai) műveleten mennek keresztül, mint például az egyes gyűrűk összehegesztése, feszültségcsökkentő hőkezelése, a teljes belső felület plattírozása stb.

A gyártás során az alábbi anyagvizsgálati eljárásokat alkalmazzák:

- mágnesezhető poros anyagvizsgálat (MT);
- folyadékbehatolásos anyagvizsgálat (PT);
- szemrevételezéses vizsgálat (VT);
- radiográfiai anyagvizsgálat (RT);
- ultrahangos anyagvizsgálat (UT);
- örvényáramos vizsgálat (ET);
- nyomáspróba, tömörségvizsgálat (LT).

A reaktortartály méretei lenyűgözőek: készítője mintegy 330 tonna, magassága több mint 11 méter, átmérője 4,5 méter, a legnagyobb falvastagsága pedig közel 300 milliméter.

A gyártási folyamat azért is különbözik a többi eddigi oroszországi projekttől, mert egyszerre kell megfelelni az orosz, a magyar és az európai uniós követelményeknek, szabványoknak.



Az építési terület madártávlatból

A többi hasonló projekt minőségügyi és minőségellenőrzési tervének 4-500 ellenőrzési pontjához viszonyítva, a magyar fél többletkövetelményeinek következtében több mint 730 különböző ellenőrzési pontra bővült. Az orosz fővállalkozónak, a Joint-Stock Company Atomstroyexportnak, a Paks II. Zrt-nek (megrendelőnek) és az Országos Atomenergia Hivatal, illetve a hatóság által feljogosított független ellenőrzőszervezet képviselőinek egyaránt jóvá kell hagynia a vonatkozó ellenőrzési pontokat, amelyek igazolásának hiányában, a gyártásban soron következő folyamatok nem kezdődhetnek meg.

A minőségügyi megállítási és visszatartási pontok alapján végzett vizsgálatok és ellenőrzések együttesen elősegítik, hogy a VVER-1200 típusú reaktortartály minimum 60 évig, mintegy 300 °C-os üzemi hőmérsékleten, illetve 162 bar üzemi nyomáson biztonságosan ellássa a feladatát, továbbá a különleges kovácsolt alapanyagának és a gyártási folyamatoknak köszönhetően üzemidő-hosszabbítás esetén ez az idő akár 100 évre is kitolódhasson.

A Paks II. Atomerőmű beruházási területén jelenleg is nagyon látványos munkák folynak. Elkészült a résfal, amely 2,7 kilométer hosszan veszi körül a két új VVER-1200 típusú egység területét. A fal egy méter vastagsággal és 32 méter mélységgel öleli körül az építés területét. Jelenleg a talajszilárdítási munkák zajlanak, amelynek alapvető célja az, hogy a szilárdított talajra épülő épületek és építmények megkövetelt állékonysága és földrengésállósága biztosított legyen. A tervek szerint az idei év végéig megtörténik az első adag beton beöntése az alaptestbe, amely ettől a ponttól kezdve folyamatos betonöntési tevékenységet ró a munkában résztvevő cégekre.

Bánki Attila

programelem-felelős, Paks II. Zrt.

Digitális ikrek Digital Twins

A digitális ikrek első alkalmazása az 1960-as években történt, amikor az Apollo űrhajó program „élő modellje” néven volt ismeretes. Amikor az Apollo 13 fedélzetén egy oxigénpalack felrobbant, a NASA¹ többféle szimulátort használt, és az űrhajó fizikai modelljét digitális szimulációkkal egészítette ki. Ezzel létrejött egy digitális iker, amelyet a balesethez vezető események elemzésére és megoldást kereső javaslatok kidolgozására használtak. A „digitális iker” kifejezést John Vickers, a NASA egyik mérnöke, jóval később javasolta. Míg a kifejezést általában fizikai objektumok modellezésével társítják, szervezeti folyamatok ábrázolására is használatos. A következőben csak fizikai objektumok digitális ikreivel foglalkozunk.

Egy 2021-ben megtartott vitaindító előadásban a digitális ikrek gondolatának jelenlegi felfogásáról a NASA áttekintése olvasható [1]. Ez az előadás a következő idézetet tartalmazza a 2. számú hivatkozásból:

„A digitális iker olyan virtuális információs konstrukciók összessége, amely teljes mértékben leír egy tervezett vagy tényleges fizikai objektumot a mikro/atom szinttől a makro/geometriai szintig. Optimális esetben minden olyan információ, amelyet egy fizikai objektum tesztelése során megszerezhetünk, ugyancsak megszerezhető a digitális ikerből.”

Úgy gondolom, hogy ez a megfogalmazás közelebb áll egy túlságosan ambiciózus célkitűzéshez, mint a digitális ikrek funkcionális meghatározásához. Pozitívum az az elvárás, hogy a szimuláció eredményeinek megbízhatósága összevethető kell legyen egy fizikai kísérlet adatainak megbízhatóságával. Megjegyzendő, hogy ez csak akkor lehetséges, ha a matematikai modelleket a kalibrációs tartományukon belül használjuk [3]. Negatívum, hogy bármely fizikai objektum leírása „a mikro/atom szinttől a makro/geometriai szintig” nem szükséges és nem is kivitelezhető. A szimulációs projekt célja nem egy fizikai rendszer leírása A-tól Z-ig, hanem a kívánt értékek előrejelzése, mint például a várható kifáradási élettartam, biztonsági határok, határterhelés, deformáció, sajátfrekvencia és hasonlók. Ennek fényében a következő meghatározást javaslom:

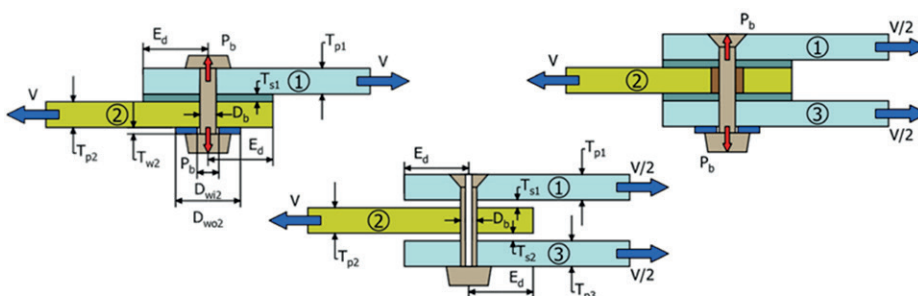
„A digitális iker olyan matematikai modellek halmaza, amelyek egy tervezett vagy meglévő fizikai objektum működését jellemző értékek előrejelzésére szolgálnak. Amikor a matematikai modelleket a kalibrálási tartományukon belül használjuk, az előrejelzések megbízhatósága összehasonlítható egy fizikai kísérlet megbízhatóságával.”

A matematikai modellek halmaza tartalmazhatja egy komponens egyetlen modelljét vagy több, egymással kölcsönhatásban lévő komponens modellt. A digitális ikrek létrehozásának motivációja jellemzően az objektum életciklus menedzsmentjének követelményeiből fakad: nagy értékű objektumokat a teljes életciklusuk során figyelik, és a digitális ikerpárt alkotó modelleket új adatokkal frissítik, amikor azok elérhetővé válnak. Ez a modellfejlesztési projektek általános keretébe tartozik, amelynek részletei megtalálhatók a „*Modellfejlesztés a mérnöki tudományokban*”² című blogban, részletesebben a 3. számú hivatkozásban. A kalibrációs tartomány minden matematikai modell meghatározó tulajdonsága.

Példa: Komponens iker

Az SFAT as Single Fastener Analysis Tool (egyetlen rögzítőelemet elemző eszköz) rövidése. SFAT a fejlett intelligens alkalmazások családjába sorolható, amely fém vagy rétegelt (laminált) lemezek egyszeres és kettős nyírási csatlakozásainak átfogó elemzésére szolgál. Ugyancsak jó példa a komponens ikrekre, és rávilágít a digitális ikrek fejlesztésével kapcsolatos technikai kihívásokra.

SFAT sok lehetőséget kínál a fém vagy rétegelt (laminált) lemezek elemzéséhez olyan formában, hogy azokat rétegről rétegre vizsgáljuk, vagy pedig un. homogenizált anyagként kezeljük. Különböző kialakítású kötések, kapcsolódások vehetők figyelembe, mint például kiálló vagy süllyesztett fejűek. A rétegek kötőeleme lehet tömör vagy üreges. Az érintkező rétegek közötti vékony felület geometriai és anyagi tulajdonságai definiálhatók (pl. a felület tisztasága). A kialakuló nyíróterhelés elemezhető persely vagy persely nélküli kialakítással, ill. a kötőelemek előfeszítésének esetleges figyelembevételével is. Ezen lehetőségeket szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra: Egyetlen rögzítőelemet elemző eszköz. Példák használati esetekre

¹ National Aeronautics and Space Administration

² Dr. Szabó Barna: Model Development in the Engineering Sciences: <https://www.esrd.com/model-development-in-engineering-sciences/>

Példa: Nagyértékű objektumok

Jó példa a magas értékű objektumok ikreire a nagy betongátak szerkezeti állapotának ellenőrzése. A franciaországi Provence-ban épült Malpasset-gát 1959-es összeomlását követően a Világbank előírta, hogy minden pénzügyi támogatást igénylő gátprojektet modellezni és tesztelni kell az olaszországi *Modellek és Szerkezetek Kísérleti Intézetében*³ (ISMES). Ezt követően az ISMES-t megbízták egy olyan rendszer kifejlesztésével, amely figyelemmel kíséri a nagy gátak szerkezeti állapotát. A gátakat műszerekkel látták el, és egy numerikus szimulációs keretrendszert fejlesztettek ki, amelyet ma digitális ikernek hívunk, és amelyet a műszerek által jelzett anomáliák kiértékelésére használnak.

Már kezdetben nyilvánvaló volt, hogy a numerikus közelítési hibákat kis tartományokra (tűrésekre) kell korlátozni annak érdekében, hogy azok a mérési hibákhoz képest elhanyagolhatóan kicsik legyenek. A számítások elvégzéséhez az 1970-es évek második felében az ISMES-en egy p-verzió alapuló végelelemes programot hozott létre Dr. Alberto Peano, (volt DSc. hallgatóm) irányításával. Ez a program még ma is használatban van FIESTA néven [4].

A digitális ikrek létrehozása a modellfejlesztés minden aspektusát felöleli. Ebből következik, hogy a modellben foglalt feltevésekkel kapcsolatos hibákat külön kell kezelni a numerikus közelítés hibáitól, valamint ellenőrzési, érvényesítési és bizonytalanság-számszerűsítési eljárásokat kell alkalmazni. A modellt frissíteni és újra kalibrálni szükséges, amikor új elgondolásokat javasolnak, vagy új adatok válnak elérhetővé. Az egyetlen különbség az, hogy a digitális ikrek esetében a frissítések a fizikai objektum élettartama során gyűjtött egyedi objektum-specifikus adatokat is tartalmaznak.

Modellfejlesztési projekteket **progresszív, stagnáló és nem megfelelő** kategóriába soroljuk. Egy modellfejlesztési projekt progresszív, ha a kalibrálás tartománya növekszik, stagnáló, ha nem növekszik, és nem megfelelő, ha a problémamegoldó gépezet nem konzisztens a matematikai modell megfogalmazásával, vagy nem teszi a megoldás ellenőrzését lehetővé [3]. A szimuláció irányításának célja biztosítani, hogy a digitális ikrek fejlesztése

progresszív legyen. Sajnos a szimulációk helyes irányításának gyakori hiánya miatt a modellfejlesztési projektek túlnyomó többsége nem megfelelő minősítést érdemel.



Prof. Dr. Szabó Barna

*Engineering Software Research and Development, Inc.
St. Louis, Missouri USA*

Irodalomjegyzék

- [1] Allen, D. B. Digital Twins and Living Models at NASA. Keynote presentation at the ASME Digital Twin Summit. November 3, 2021.
- [2] Grieves, M. and Vickers, J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt and A. Alves (eds) Springer International Publishing, Switzerland, pp. 85-113, 2017.
- [3] Szabó, B. and Actis, R. The demarcation problem in the applied sciences. *Computers and Mathematics with Applications*. 162 pp. 206–214, 2024.
- [4] Angeloni, P., Boccillato, R., Bonacina, E., Pasini, A., Peano, A. Accuracy Assessment by Finite Element P-Version Software. In: Adey, R.A. (ed) *Engineering Software IV*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1985. https://doi.org/10.1007/978-3-662-21877-8_24

A felelős szerkesztő megjegyzése: Bármilyen kérdést, észrevételt, kezdeményezést örömmel várunk és továbbírtunk Szabó professzor úrnak.

³ Istituto Sperimentale Modelli e Strutture, Bergamo

Nemzetközileg elismert tudós, egyetemi tanár, tudományszervező, politikus, generációk példaképe 100 éve született

Ernő Pungor, Internationally Renowned Scientist, University Professor, Science Manager, Politician, Role Model for Generations, Was Born 100 Years Ago

Pungor Ernő, hazánk egyik legjobban ismert nemzetközi hírű tudósa, az Antall kormány egykori minisztere, születésének 100. évfordulójára emlékeztek tisztelői, barátai, egykori miniszterháza, tanítványai és egykori munkatársai a Fiumei úti Nemzeti Sírkert tudós parcellájában.



A Nemzeti Örökség Intézete által szervezett megemlékezésen **Móczár Gábor** főigazgató üdvözlő beszédében kiemelte, hogy az általa vezetett intézet kiemelt fontosságot és figyelmet fordít arra, hogy a hazai tudományos élet egykori jeles képviselőiről méltó módon megemlékezzen. Ez az alkalom is ezen törekvések egyik állomása. Nagy örömmel nyugtázta, hogy ilyen sokan eljöttek a világhírű tudós megemlékezésére. Ez évben több kiváló tudósra fogunk emlékezni, akik 100 éve születtek és itt nyugszanak.



Az üdvözlő köszöntő után a jövőre 200 éves évfordulóját ünneplő Magyar Tudományos Akadémia részéről **Hudecz Ferenc** alelnök tartotta meg Pungor Ernő akadémikus tudományos életútjának méltatását, melyből idézünk.



„Tisztelt Hölgyeim és Uraim! Kedves Emlékezők!

A magyar kutatói közösség minden generációjában szép számmal akadnak kiemelkedő eredményeket elérő tudósok. Közöttük olyanok is, akik a kutatás mellett iskolateremtő tanárok is egyben. Sokkal kevesebben vannak azonban azok, akik nemcsak tudományterületük művelésében és az egyetemi katedrán, hanem tudományszervezőként is maradandót alkotnak.

Pungor Ernő akadémikus e kevesek egyike volt.

Az érdeklődő, jól tanuló vasszécsényi fiú saját bevallása szerint otthonról hozta magával a munka szeretetét, a tenni akarást. Erős, autonóm személyiségként jellemezte magát, és ilyennek mondták őt mások is.

Mint oly sok kutató esetében, nála is meghatározó jelentőségű volt a pályaválasztásban egy pedagógus. Egy beszélgetésben meleg szavakkal emlékezett meg arról, hogy negyedik gimnáziumi évében kémia tanára, Komlósi Ágoston a kiadott tankönyvet félrerakatta, és helyette ő adta elő a kémiát úgy, hogy az mindenkinek élvezet is legyen. „A kémiát általában nem nagyon szeretik a gyerekek. Ennek sok esetben a tanár az oka, aki nem tudja úgy előadni, elmagyarázni, hogy élményt jelentsen számukra” – magyarázta sok-sok évvel később immár akadémikusként.

Számára viszont élményt jelentett. Belevetette magát a tudományba, sőt Komlósi tanár úrtól a negyedik gimnáziumi év végén megkapta az elsőéves kémiai egyetemi könyveket, Gróh Gyula három könyvét, amelyeket – mint fogalmazott – gyakorlatilag megtanult.

Pungor Ernőnél a kutatói életpályához alapvetően szükséges kíváncsiság akadályt nem ismerő elhivatottsággal és szorgalommal párosult. Mikor például azzal szembesült, hogy a kémiai szakirodalomban a német nyelvet felváltotta az angol, egy angol nyelvű kémiai folyóirat és egy szótár segítségével olyan szintre jutott, hogy egy hónap után már a szótárra sem volt szüksége a folyóirat további olvasásához. Pedig – mint mondta – a legelső ismeretlen szó a „the” volt.

De nem csak tanult, tanított is. Miután a Pázmány Péter Tudományegyetemen 1948-ban megkapta a kitüntetéses vegyészdiplomát, Schulek Elemér professzor meghívására az egyetem Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszékén kezdett dolgozni. Eleinte másodéves hallgatókat oktatott az analitikai laboratóriumban. Bevezetett egy új rendszert, amelynek lényege az volt, hogy heti két órában megbeszélték a szervetlen kémia kapcsolatát az analitikával. Mint elmondta, „gyakorlatilag együtt dolgoztunk a hallgatókkal”. Élete alkonyán, visszatekintve pályájára, arról beszélt, hogy igazán nem is tudja: oktató vagy kutató-e. Szavai szerint igazi oktató nem létezhet anélkül, hogy elmélyült és eredményes kutatásokat ne folytatna. Egy kutatónak természetesen az egész életét elsősorban a kutatási témák megoldása tölti ki, de az, hogy a sok elmélet, amit az ember kigondol, jó-e vagy nem, hogy hogyan kell kiválasztani közülük az ígéretes, ahhoz szükséges a tudományos iskola.

Fiatalkutatóként a gyógyszervegyészet alapjait megteremtő Schulek professzor munkáiba kapcsolódott be, aki a halogén-cianidok és interhalogén vegyületek kémiája, illetve analitikai alkalmazása, a kén- és szelénvegyületek, valamint a peroxidok vizsgálata területén alkotott maradandót. Bár talán a „bekapcsolódott” helyett a „belevetette magát” lenne a pontosabb kifejezés, hiszen visszaemlékezései szerint: „Volt úgy, hogy egész éjszaka bent voltam, vagy késő éjszakáig dolgoztam. Az életem 30 évét kitöltő kutatómunkának az egyik kiindulópontja volt ez.”

Hudecz Ferenc alelnök úr a visszaemlékezését így folytatta:

„Tisztelt Emlékezők!

Pungor Ernő értette az alapkutatások jelentőségét. Tisztában volt vele, milyen fontos megérteni egy-egy jelenséget. Hogy a kutatót izgató „miértekre” további konkrét cél nélkül is választ lehessen adni. Ugyanakkor izzig-vérig innovátor is volt. Meggyőződéssel hitte és vallotta, hogy nem csupán a „fejekben kell megszületni” a kutatási eredményeknek, hanem termékeket is kell készíteni belőlük. Ő maga az ionszelektív elektródákat, a különböző műszereket említette példaként. Ha valamit a fejébe vett, akkor pedig kész volt érte küzdeni. Az általa szükségesnek tartott fejlesztések megvalósításához, a kutatás bővítéséhez

például az akkori Országos Tervhivaltól kapott támogatást, és hozott létre munkahelyeket, miután bemutatta, hogy Amerikában 160 fős csoportot hoztak létre a téma kutatására és fejlesztésére.

A Veszprémi Vegyipari Egyetemen megalapított analitikai kémiai iskolájának fő profilja is az elektroanalitika, azon belül az ionszelektív elektródok kutatása volt. Már a kezdet kezdetén felismerte az újfajta potenciometriás elektródokban rejlő nagyszerű lehetőségeket. Fiatalkutatójaival együtt bejelentett szabadalma alapján indult el Magyarországon a világon elsőként az ionszelektív elektródok gyártása.

A megosztott világban, a „vasfüggönyt” virtuálisan áttörve, lett része a kor nemzetközi tudományos közösségének. Figyelt és próbálta meghonosítani idehaza a külföldön látott módszereket.

A nemzetközi elismerés sem maradt el, és már a kutatások kezdeti szakaszában meghívást kapott eredményeinek nemzetközi konferencián való ismertetésére és publikálására. Tisztában volt vele, hogy az a tudományos eredmény, amit nem ismernek, szinte nincs is. Ezért különösen fontosnak tartotta, hogy folyamatosan és rendszeresen publikáljon. 1949-ben jelent meg az első hosszabb tudományos munkája, majd 1950-től már sorra jelentek meg a cikkei. Annak ellenére, hogy szakmai munkája mellett szinte mindig voltak egyéb, időigényes feladatai is, arra törekedett, hogy évenként 3-4 közleménye legyen.”

Kutatni csak önzetlenül lehet, mondta alelnök úr, majd így szólt.

„Tisztelt Hallgatóság!

Pungor Ernő bárhol volt is, és bármin dolgozott is, teljes szívből csinálta. Soha nem volt csupán egy a sok közül. Ő mindig kivívta magának az elismerést. Azt, hogy az első között emlegessék. Akadémikusként viszonylag fiatalon, a 65. születésnapján kapta meg a Közgyűlés előtt a Magyar Tudományos Akadémia legrangosabb tudományos díját, az Akadémiai Aranyérmet, amellyel a díjazott teljes tudományos munkásságát ismerik el. Büszke volt rá, teljes joggal.

Tudását, tapasztalatát a rendszerváltoztatás után a tudományszervezésben kamatoztatta, méghozzá a legmagasabb szinten. Pontosan látta, hogy miként a politikai-gazdasági szerkezetben is szükség van a változtatásra, úgy a tudományos életben is elkerülhetetlen az átalakítás, a kor követelményeinek megfelelő modernizáció. 1990-ben felkérték az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság vezetésére, majd 1990 decemberében tárca nélküli miniszterré nevezték ki. Az OMFB elnökeként elindított egy tehetségeket kutató, valamint ezzel párhuzamosan – a magyar infrastruktúra rendkívül elhanyagolt állapota miatt – a kutatás és fejlesztés infrastruktúrájának javítását célzó pályázati rendszert. Ő indította el hazánkban a nemzetközi pályázatot is. 1994 és 2001 között a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány alapító főigazgatója, majd élete végéig tudományos tanácsadója volt.”

Beszédét ezekkel a szavakkal zárta.

„Tisztelt Emlékezők!

Pungor Ernő akadémikus gróf Széchenyi István nyomán a kiművelt emberfők sokaságában látta az ország erejét. Mint mondta, „gondolatokra, ötletekre, kreativitásra van a legnagyobb szükség”. Egész életében ontotta is magából őket. Életművét akkor ápoljuk méltó módon, ha szellemiségét megőrizzük és örököül hagyjuk az utánunk következő kutatói generációnak is.”

A tudományos méltatást követően Prof. Dr. Latorcai János az országgyűlés alelnöke, Pungor Ernő egykori minisztertársa beszédének kezdetén hangsúlyozta, hogy „Az egyetem célja olyan tudással és készségekkel felruházni a hallgatókat, amelyek segítségével egy életen át meg fogják érteni az újat, a jobbat és lépés tudnak tartani a változásokkal.”



A megjelenteket üdvözölve:

„Tisztelt Elnök Úr! Tisztelt Professzor Úr! Kedves családtagok!

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!”

Majd így folytatta beszédét: „ az imént idézett gondolat híven tükrözi azt a szellemiséget, amely végig kísérte professzor- és miniszter társam, Pungor Ernő, sokszor küzdelmes, ugyanakkor rendkívül sikeres életpályáját. Hudecz Ferenc professzor úr felidézte számunkra a Vasszécsenyből, de leginkább a Szombathelyi Faludi Ferenc gimnáziumból a Magyar Tudományos Akadémiára vezető, a kezdetektől Groó Gyula professzor úr által egyengetett utat és az annak legfontosabb állomásait jelentő szakmai és tudományos eredményeket.

Pungor Ernő számára mindig is a tudomány, az egyetem, de főként a kutatás és a fejlesztés, a kutatóintézetek világa jelentette azt a helyet, ahol otthon érezte magát, ugyanakkor nemcsak a tudományos megismerés és megértés, hanem az emberi kapcsolatok

**bővítése, a kutatási eredmények alkalmazása is élen-
ken foglalkoztatta.**

Így lett a rendszerváltást követően az országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, valamint az Országos Atomenergiái Bizottság, majd 1992 és 1994 között a Magyar Űrkutatási Tanács elnöke, és így kapcsolódott be a politikába előbb címzetes államtitkárként, majd a tudományokkal, a kutatói foglalkozó tárca nélküli miniszterként.

Ekkor kerültünk szorosabb munkakapcsolatba, miközben a műszaki felsőoktatásban eltöltött hosszú évek során is már több alkalommal találkoztunk, s nemcsak szűken vett szakmai-tudományos, hanem valódi emberi beszélgetéseket is folytattunk egymással.

Ekkor kerültem vele olyan közelebbi kapcsolatba, melyből megismerhettem, hogy **Professzor úr széleskörű humán műveltséggel rendelkező, rendkívül olvasott ember**, és ekkor vált egyértelművé számomra, hogy nagyon is **egymáshoz közelállóan látjuk és értékeljük a világot**, az abban végbemenő eseményeket.

A 90-es évek elején kezdődő munkánkban az is közös volt, hogy mindketten a műszaki felsőoktatásban, illetve az ahhoz szorosan kapcsolódó iparágakban meglévő ismereteinkre, kapcsolatainkra támaszkodtunk.

Egyik első közös előadásunkra a második Magyar Minőségi Héten került sor, melyet még számos követett. Külön ki kell emeljem az 1993 és 1994 közötti németországi útjainkat, melyeknek elsődleges célja az új ipar- és energiapolitika, valamint az új típusú kutatóintézeti hálózatok bemutatása, és természetesen a német működő tőke bevonása volt.

Olyan energiapolitikával jelentkeztünk, amelyben a termelő és szolgáltató szektorban a magyar dominancia egyértelműen megmaradt volna és a forrásbevonás révén lehetőség adódott volna a szükséges fejlesztések végrehajtására is. 20% kivásárlás, 20% tőkeemelés, ami a tulajdon egyharmadának megszerzését jelentette volna, magyar management-jogok biztosítása mellett.

Mindezt 1994 áprilisában a Hannoveri vásárban tartott előadásainkkal is megerősítettük és az eseményt záró rendkívül sikeres fogadást követően joggal reménykedhettünk is, hogy jó úton járunk és a magyar érdekeknek megfelelően sikerül modernizálnunk a hazai kutatást és fejlesztést, az ipart és az energiaszolgáltatást.

És ez csupán csak egyetlen szegmense volt a magyar gazdaság teljeskörű átalakításának, annak a folyamatnak, mely piacgazdasági körülmények között kívánta működő- és versenyképessé tenni hazánkat.

Ebben a rendkívüli feladatban nagy szükség volt az Antall-, illetve a Boross-kormányban jelenlévő műszaki, gazdasági szakembereknek a cselekvést merészen felvállaló szemléletmódjára. Boross Péter, Kádár Béla, Pungor Ernő, Schamsula György, Szabó Ivan és jómagam képviseltük ezt a világlátást, sokszor másokkal szemben is. Utólag visszatekintve nem állíthatom, hogy kamikaze kormányunk, ahogy Antall József miniszterelnök úr fogalmazta, mindenben hibátlanul teljesített volna, de a hazai ipar megmentése és azzal összefüggésben a



kutatás-fejlesztés területén elért eredményeinkre mind a mai napig büszkén tekinthetünk vissza.

Minisztersége idején Pungor Ernő professzor emberi és szakmai tekintélyével, a tudományos szervezetekben kifejtett szerepvállalásával, széles körű szakmai **kapcsolataival nem csak ahhoz járult hozzá, hogy a magyar kutatók bekapcsolódjanak a tudomány nemzetközi vérkeringésébe, hanem ahhoz is, hogy a magyar gazdaság újra fejlődő pályára álljon.**

A Cern-be, az Űrkutatási Bizottságba is beléptette hazánkat, az alkalmazott kutatások területén pedig a német Freunhofer Intézetek mintájára elindította a Bay Zoltán intézeteket.

Pungor Ernő minisztersége alatt sem hagyott fel a tudomány művelésével, így könnyű volt visszatérnie újra a tudomány világába, 1994-től a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatóintézet főigazgatójaként dolgozott, illetve nyugdíjas egyetemi tanárként segítette a jövő műszaki értelmiségének felemelkedését.

Nemcsak kutató, hanem a munkatársait és a tehetséget becsülő, a fiatalok előmenetelét segítő, igazi tanár volt. Olyan ember, aki mindig, mindenkivel

szemmagasságba tudott kerülni, olyan ember, akinek ajtaja mindig nyitva állt a tanácsot, a segítséget kérők előtt.

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Életutunk az 1994-es választásokat követően kissé eltávolodott, hiszen professzor úr számára a politika csak egy fontos kitérő volt a tudományos életből, míg számomra az a folytatást jelentette, még akkor is, ha mind a mai napig magam sem tudtam, de nem is akartam elszakadni az egyetem világától.

Pungor Ernő sokszor hangoztatta, hogy nem szereti, ha tudósnak nevezik, mert szerinte „tudós az aki, már meghalt, a többiek csak kutatók”. A tudós kifejezést ugyanis statikus fogalomnak tartotta, míg a kutatót dinamikusnak, folyamatosan fejlődőnek, szellemileg gyarapodónak.

Az oktatásban is a kutatást tartotta elsődlegesnek, de világosan láthatóan már életében közmegebecsült tudóssá vált.

Ennek szellemében élt és dolgozott, egészen addig, amíg a Jóisten magához nem szólította, s így az Ő, saját mértékével is igazi, nagy léptékű tudóssá vált.

Tudományos eredményei és ránk hagyott szellemi öröksége mind a mai napig él, velünk van és gyarapszik az általa vezetett tanszékek és intézetek, valamint a róla elnevezett Pungor Erdő-díj által is.”

Emlékezését ezekkel a szavakkal zárta: „**Professzor úr, Miniszter úr! Ott, fenn a Jóisten nagy egyetemén és kutató intézetében is dolgozz a tőled megszokott alapossággal, figyelj ránk és segíts minket abban, hogy utat ne tévesszünk.**”

A megemlékezés végén az előadók és Kozma Atyát követően a jelenlévő szervezetek nevében minden képviselő elhelyezte a megemlékezés koszorúját és fejhajlítással adózott Pungor Ernő professzor nagysága előtt.

Prof. Garádi János
tudományos tanácsadó



A Magyar Anyagipari Technológiai Platform megtartotta 1. Anyagipari Ankétját

The Hungarian Materials Technology Platform held its 1st Materials Industry Forum

Budapest, 2024. április 19. – A Magyar Mérnökakadémia, a Magyar Tudományos Akadémia Anyagtudományi Albizottságával és a Magyar Innovációs Szövetség K+F Tagozatával együttműködve rendezte meg az 1. Anyagipari Ankétot.



Az eseménysorozat főszervezője a Magyar Mérnökakadémia egyik tagozataként működő 2023. novemberében alakult Anyagipari Technológiai Platform, ami a magyarországi anyagipari szektor stratégiai tervezését és fejlesztése tűzte zászlajára. A rendezvények résztvevői az elméleti és gyakorlati szakemberek mellett olyan vezetők (innovátorok), akik kiemelkedő szerepet játszanak az anyagipari innováció területén. Az első ankét tematikája a „Lehet-e a társított anyagipar Magyarország egyik kitörési pontja?” mottó köré szerveződött. Dr. Babcsán Norbert, az Anyagipari Technológiai Platform koordinátora köszöntötte a résztvevőket, és részletesen bemutatta a Platform célkitűzéseit és tervezett tevékenységeit. Az előadások során különböző területeken dolgozó szakemberek osztották meg tapasztalataikat és újításait az anyagipari fejlesztések terén. Dr. Babcsán Norbert beszélt az alumíniumhabok kanadai gyártásának online technológizálási folyamatáról, míg Prof. Dr. Meiszel László a kompozitipar hazai helyzetéről és lehetőségeiről tartott előadást. Dr. Balácsi Csaba bemutatta a magyar kerámiaipar high-tech cégeit, míg Dr. Kozma István a CT vizsgálatok fontosságát a fémhabvizsgálatok példáján keresztül mutatta be. Prof. Dr. Orbulov Imre részletesen beszélt az MTA-BME Lendület Nagyteljesítményű Kompozit Fémhab Kutatócsoport munkájáról, míg Dr. Kalmár István hozzáadott érték iparteremtésben betöltött szerepének fontosságát emelte ki.

Időközben a 2. Anyagipari Ankétot 2024. június 14-én a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának

Anyagtudomány és Technológiai Tanszékén is megrendezte a Magyar Mérnökakadémia, a Magyar Tudományos Akadémia Anyagtudományi és Technológiai Tudományos Bizottságával és a Magyar Innovációs Szövetség K+F Tagozatával együttműködve. Az ankétot Dr. Babcsán Norbert, az Anyagipari Technológiai Platform koordinátora köszöntötte a résztvevőket, és röviden bemutatta a Platform célkitűzéseit és tervezett tevékenységeit. Prof. Dr. Szabó Péter János az Anyagtudomány és Technológiai Tanszék vezetője beszámolt a tanszéken folyó anyagtudományi és anyagtechnológiai kutatásokról, Giflo Henrik a Giflo Steel igazgatója a Giflo high-tech acélok magyar tudásbázison alapuló külföldi gyártásáról tartott előadást. Miklósi József a PWC tanácsadója az ipar számára elérhető alkalmazott kutatások pénzügyi lehetőségeit ismertette, Dr. Wiener Csilla docens a magnézium mátrixú kompozit fémhabok mechanikai tulajdonságairól beszélt, míg Vlaszák Lajos a Pilatus Kft. ügyvezetője Magyarország lehetőségeit elemezte a megújuló energia termelőeszközök gyártásában.



Az elkövetkező ankétot szeptember hónapban rendezik a BME Polimertechnika Tanszékén. Az érdeklődők az Anyagtudományi Technológiai Platform és Ankétjainak hírlevelére az **anyagipar@gmail.com** címére írt e-maillal iratkozhatnak fel.

Az ankétsorozatra, minden érdeklődő szakembert várunk!

Dr. Babcsán Norbert
Ügyvezető igazgató, Innobay Hungary Kft.

Gyorsjelentés a 11. AGY-konferenciáról Flash report on the 11th AGY conference

Huszonkét év után az AGY visszatért Győrbe. 2024. június 5–7. között rendezték meg, a Diamond Congress Kft.-vel közösen, a 11. Anyagvizsgálat a gyakorlatban szakmai konferencia és kiállítást.



A 22 évvel ezelőtt elindított konferenciasorozatunk 11. állomásának a megszervezésével ugyanaz volt a legfőbb célja, mint az előző tíznek: személyes találkozási lehetőséget biztosítani a magyar anyagvizsgálati szakma minden szereplőjének. Kik is ők? Az anyagvizsgálati laboratóriumok vezető szakemberei, a hazai gyártó vállalatok anyagvizsgáló szakemberei, az anyagvizsgálati eszközöket forgalmazó kereskedőházak vezető szakértői, valamint a kutatási és oktatási intézmények szakemberei.

fejlesztésében alkalmazott anyagvizsgálati eljárások: a korszerű roncsolásos, roncsolásmentes, képkalkotási és mikroanalitikai vizsgálati módszerek. A 11. AGY konferencia tudományos előadási programja jól mutatja ezt.

A 11. AGY-konferencián – történetében először – kiállítást is rendeztünk. A kiállítók rendkívül jelentős szakmai értéket és tudást hoztak a konferenciára: a jelenkor anyagvizsgálati csúcstechnológiáját és az azokat bemutató szakértőket.

Bízunk abban, hogy a 11. AGY minden résztvevőjének, minden előadójának és minden kiállítójának maradandó élményt nyújtott. A legnagyobb köszönetünket fejezzük ki mindannyiuknak!

A szervezők:

**Biró Gyöngyvér, Dobránszky János,
Hargitai Hajnalka, Harnisch József**



A 11. AGY konferencián résztvevő több, mint száz szakember megismerhette és megvitathatta szakmánk jelenlegi helyzetét, fő irányzatait, a közelmúlt tapasztalatait és az anyagvizsgálati munka során felmerült kihívásokat.

A konferencia – a hagyományokat és az előttünk álló fejlődést figyelembe véve – az anyagvizsgálat széles területét tekintette át. Látványosan nagy hangsúlyt kaptak a Magyarországon kiépült, új ipari ágazatok technológiai



A XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia margójára

On the sidelines of the XXXII. International Welding Conference

2024. június 6-8. között immár 32. alkalommal került megrendezésre a Magyar Hegesztési Egyesület rendezésében a Nemzetközi Hegesztési Konferencia, a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés, a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség, valamint a Magyar Acélszerkezeti Szövetség együttműködésében.

A Dunaújvárosi Egyetemen megrendezett tanácskozás szervezői ez alkalommal az „új eredmények a hegesztés és rokon eljárásainak alkalmazásában, a gépesítés és automatizálás, a biztonságos, az egészséget nem veszélyeztető munkavégzés” témakört helyezték a konferencia tematikájának középpontjába.

A programja június 6-án délelőtt – az Egyetem kedvező adottságait kihasználva – gyakorlati bemutató megnyitásával kezdődött a Hegesztő bázison. Az első két napon a Flexman Robotics Kft., a Crown International Kft., a PedWeld Kft., a Rechen Hegesztőház Kft. és a Tridragon Hegesztéstechnikai Kft. munkatársai mutatták be a gyakorlatban a legújabb hegesztő berendezéseiket, illetve alkalmazásaikat működés közben.

Ezzel párhuzamosan váltak látogathatóvá a konferenciaterem előterében felállított kiállítások, melyek betekintést adtak a KL System Kft., a Panelectrode, a CLOOS Magyarország – CROWN International Kft., a QUALIWELD Welding & Trade Kft., a Soyer Magyarország Kft., valamint a SYRIUS-WELDTech Zrt. újdonságaiba, széleskörű kínálatába, illetve szolgáltatásaiba.

A Konferenciát **Dr. Gáti József**, a Magyar Hegesztési Egyesület és a Konferencia elnöke nyitotta meg, kiemelve, hogy a rendezvénysorozat története egészen 1955-ig nyúlik vissza, amikor első alkalommal került hazánkban megrendezésre az Országos Hegesztési Tanácskozás. Köszöntötte a konferencia résztvevőit **Süli János** országgyűlési képviselő, a házigazda Dunaújvárosi Egyetemért

Alapítvány elnöke, valamint a társegyesületek képviselőiben **Dr. Trampus Péter** professor emeritus, a Magyar Roncsolásmentes Szövetség elnöke.

Megnyitó ünnepség keretében kerültek átadásra azon kitüntetések, mellyel a hegesztő közösség szolgálatában, fejlődésének elősegítésében kimagasló, példamutató tevékenységet végző szakembereket ismeri el az Egyesület. **Életmű Díjat** vehetett át **Dr. prof. em. Palotás Béla** okl. gépészmérnök, hegesztő szakmérnök, a MAHEG alapító tagja, **Gayer Béla** okleveles gépészmérnök, műanyag-felhasználó-, atomerőművi- és nemzetközi hegesztőmérnök, a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés igazgatója.



Az Életmű Díj kitüntetettjei: Palotás Béla és Gayer Béla

Az Egyesület **Zorkóczy Béla Emlékérmét** adományozott **Dr. habil Gáspár Marcell Gyula** okl. gépészmérnök, nemzetközi hegesztőmérnök, tanszékvezető egyetemi docens, és **Dr. habil Májlinger Kornél** okl. gépészmérnök, hegesztő szakmérnök, egyetemi docens, az Egyesület Elnökségi tagjai részére. **Magyar Hegesztésért Kitüntető Oklevelet** vett át **Makk Pirokska**, a Crown International Kft., a Carl Cloos Schweissttechnik GmbH kizárólagos magyarországi képviselője tulajdonos ügyvezető igazgatója, az Egyesület korábbi elnökségi tagja, valamint **Jobbágy Mihály** hegesztő műszaki szakember, minősített hegesztő, nemzetközi kiemelt hegesztő. **Kaiser Ute** külkereskedő, a Dincox-H Kft. korábbi ügyvezetője akadályoztatása miatt későbbi időpontban veheti át az elismerést.



A megnyitó pillanatai. Az elnökség tagjai: **Bíró László** MHE igazgatóhelyettes, **Dr. Gyura László** MAHEG alelnök, **Dr. András István** DUE rektor, **Dr. Gáti József** MAHEG elnök, **Süli János** a Dunaújvárosi Egyetemért Alapítvány elnök, **Dr. Trampus Péter** MAROVISZ elnök, **Aszmann Ferenc** MAGÉSZ elnök, **Kuti János** MAHEG főtitkár



XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia résztvevői

A Magyar Hegesztési Egyesület két évente, a konferenciát megelőzően Rittinger János névvel fémjelzett pályázatot hirdet a magyar nyelven oktató egyetemeken alapképzési, mesterképzési vagy hegesztő szakmérnöki oklevelet szerzett hallgatók részére. **Rittinger János díjat** vehetett át ez alkalommal Kiss Dominik, a Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkezet-tani és Technológiai Intézet CAD/CAM szakirányú MSc szakon végzett gépészmérnöke, és **Sárossy Áron**, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék alapképzési szakon végzett gépészmérnöke. Az elismerő okleveleket Gáti József, az értékes díjakat Bodorkós Gergely, a Rechen Hegesztőház Kft. ügyvezetője adta át.

A megnyitót követő plenáris ülésen három átfogó szakmai előadás hangzott el, elsőnek **Felföldiné Kovács Ágnes**, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés fenntarthatósági igazgatóhelyettese „A világ- és a hazai acélipar helyzete” című előadását követhette nyomon a hallgatóság.

Dr. Trampus Péter prof. em., a MAROVISZ elnöke „A roncsolásmentes vizsgálat hozzájárulása a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához” témakörébe kalauzolta a hallgatóságot.

A plenáris előadások sorát **Vigassy Csaba**, a Magyar Hidrogéntekológiai Szövetség ügyvezető igazgatója „A hidrogéntekológiák helyzete és lehetőségei a világban és Magyarországon” című előadása zárta.

A nyitó napot követő pénteken egész nap, és szombaton délelőtti szekcióülésekre került sor, melyek közül egy angol nyelven folyt. A hét szekcióülésen 32 előadást követhettek

nyomon a résztvevők, többek között a különböző szerkezeti és rozsdamentes acélok, alumínium ötvözetek, polimerek hegeszthetőségéről, a kézi lézeres hegesztés biztonsági kérdéseiről, és gyakorlati hegesztési tapasztalatairól, a mesterséges intelligencia alkalmazásáról a képkalkáló vizsgálatok értékelése során.

A tanácskozás előadásai ISBN számmal ellátott elektronikus kiadványban jelennek meg, mely felkerül a MAHEG honlap Tudástárába. A Programbizottság által szakmai szempontok alapján kiválasztott közlemények szerzői felkérést kapnak eredményeik részletesebb kifejtésére, amelyek a Hegesztéstechnika folyóirat Tudományos Rovatában, vagy angol nyelvű cikk esetén az impaktfaktoros Periodica Polytechnica Mechanical Engineering folyóiratban kerülhetnek publikálásra.

A konferencia színvonalas lebonyolítását, a részvételi díjak korlátozott értéken tartását a fő támogatók, így a Linde Gáz Magyarország Zrt., a Crown International Kft., a Flexman Robotics Kft. és a Messer Hungarogáz Kft. szponzorálása tette lehetővé.

A jelenlévők véleménye alapján sikeres tanácskozásra került sor, mely nemcsak a szakmai ismeretek átadását biztosította, hanem időbeosztása révén lehetőséget adott a gyakorlati bemutatók látogatására, a kiállítások megtekintésére, a konzultációkra, mindemellett a kapcsolatok kialakítására és bővítésére, a kötetlen baráti beszélgetésekre.

Találkozunk két év múlva, 2026. tavaszán, a XXXIII. Nemzetközi Hegesztési Konferencián!

Dr. Gáti József
MAHEG elnök

SZABVÁNYÜGYI TÁJÉKOZTATÓ – 2023

Standardisation information – 2023

E tájékoztatóban azoknak a Műszaki Bizottságoknak a tavalyi évről szóló jelentéseit ismertetjük, melyekben a MAROVISZ képviselteti magát.

MSZT/MB 410 Roncsolásmentes vizsgálatok

2023. évi tevékenység

Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven bevezetett szabványok

MSZ CEN/TR 10377:2023	Szabványos rutin eljárások előkészítésének irányelvei hullám-hosszdiszperzív röntgenfluoreszcenciás spektrometria esetén
MSZ EN ISO 18563-1:2023	Roncsolásmentes vizsgálat. A fázisvezérelt ultrahangos berendezések jellemzése és igazoló ellenőrzése. 1. rész: Vizsgálókészülékek (ISO 18563-1:2022)
MSZ EN ISO 7963:2023	Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. A 2-es számú kalibrációs testre vonatkozó előírás (ISO 7963:2022)

Magyar nyelven kiadott szabványok

Az MSZT/MB 410 2023-ban nem dolgozott ki magyar nyelvű szabványt.

2023. évi ülések

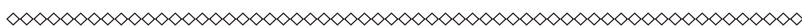
Az MSZT/MB 410 2023-ban nem tartott ülést.

2024. évben várható tevékenység

Még nincs elfogadott munkaprogram (2023. decemberében).

Fordításra váró szabványok

MSZ EN ISO 10675-1:2022	Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Radiográfiai vizsgálatok átvételi szintjei. 1. rész: Acél, nikkal, titán és ötvözetek (ISO 10675-1:2021)
MSZ EN ISO 10675-2:2022	Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Radiográfiai vizsgálatok átvételi szintjei. 2. rész: Alumínium és ötvözetek (ISO 10675-2:2021, 2022. februári helyesbített változat)
MSZ EN 17290:2022	Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. Erózió és/vagy korrózió miatti vastagságcsökkenés vizsgálata TOFD-módszerrel
MSZ EN 17501:2022	Roncsolásmentes vizsgálat. Hőterképes vizsgálat. Lézergerjesztésű aktív termográfia
MSZ EN ISO 17405:2022	Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. A hegesztett, hengerelt és robbantott platfírozás vizsgálati módszere (ISO 17405:2022)
MSZ EN ISO 23864:2022	Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Ultrahangos vizsgálatok. Automatizált, teljesen fókuszáló módszer (TFM) és kapcsolódó technológiák alkalmazása (ISO 23864:2021)
MSZ EN ISO 19232-5:2022	Roncsolásmentes vizsgálat. A radiográfiai felvételek képminősége. 5. rész: A képéletlenség és az alapvető térbeli felbontás értékének meghatározása kéthuzalos képminőségjelzőkkel (ISO 19232-5:2018)



MSZT/MB 318 – Kazánok és nyomástartó edények

2023. évi tevékenység

Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven bevezetett szabványok

MSZ EN 12952-3:2023	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 3. rész: A kazán nyomással terhelt részeinek tervezése és szilárdsági számítása
MSZ EN 12952-8:2023	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 8. rész: Kazánok gáznemű és folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezéseinek követelményei
MSZ EN 12952-9:2023	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 9. rész: Kazánok szilárd, porított tüzelőanyagú tüzelőberendezéseinek követelményei
MSZ EN 12952-16:2023	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 16. rész: Kazánok szilárd tüzelőanyagú, rostélyos és fluidágyas tüzelőberendezéseinek követelményei
MSZ EN 303-5:2021+A1: 2023	Fűtőkazánok. 5. rész: Szilárd tüzelőanyagokkal üzemelő, kézi és automatikus táplálású, legfeljebb 500 kW névleges hőteljesítményű fűtőkazánok. Terminológia, követelmények, vizsgálat és megjelölés
MSZ EN 13445-2:2021/A1: 2023	Nem fűtött nyomástartó edények. 2. rész: Szerkezeti anyagok
MSZ EN 13445-4:2021/A1: 2023	Nem fűtött nyomástartó edények. 4. rész: Gyártás

Magyar nyelven kiadott szabványok

MSZ EN 12952-2:2022	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 2. rész: Kazánok és segédberendezéseik nyomással terhelt részeinek szerkezeti anyagai
---------------------	--

2023. évi ülések

Az MSZT/MB 318 2023-ban nem tartott ülést.

2024. évben várható tevékenység

Még nincs elfogadott munkaprogram (2023. decemberében).

Fordításra váró szabványok

MSZ EN 12952-5:2022	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 5. rész: A kazán nyomással terhelt részeinek gyártása és kivitelezése
MSZ EN 12952-6:2022	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 6. rész: A kazán nyomással terhelt részei gyártásának, dokumentációjának és megjelölésének ellenőrzése
MSZ EN 12952-10:2022	Vízcsöves kazánok és segédberendezéseik. 10. rész: A megengedettnél nagyobb nyomás ellen védő biztonsági eszközök követelményei
MSZ EN 15776:2022	Nem fűtött nyomástartó edények. A legfeljebb 15%-os szakadási nyúlású öntöttvasból kialakított nyomástartó edények és a nyomással terhelt részek tervezési és gyártási követelményei
MSZ EN 17124:2022	Hidrogén-üzemanyag. Termékspecifikáció és minőségbiztosítás a gáznemű hidrogént kiszolgáló hidrogén-töltőállomásokhoz. Járművek protoncsere-membrános (PEM-) üzemanyagcellái
MSZ EN 17527:2022	Héliumkriosztátok. A megengedettnél nagyobb nyomás elleni védelem
MSZ EN 308:2022	Hőcserélők. Vizsgálati eljárások a levegő-levegő hővisszanyerő elemek teljesítményének megállapítására
MSZ EN ISO 20519:2022	Hajók és tengeri szerkezetek. Cseppfolyósított földgáz tartalmazó üzemanyagtartályok töltési előírása (ISO 20519:2021)

Korszerűsítendő, eredeti MSZ szabványok

MSZ-05-65.0005:1979	Helyhez kötött üzemű légtartály
MSZ-05-95.0025:1975	Nyomástartó edények. Csőláb állóhengeres készülékek alátámasztására
MSZ-05-95.0026:1976	Nyomástartó edények. Hegesztett készülékláb
MSZ-09-85.0021:1989	Kényszeráramlású forróvízkazánok távhőrendszeri alkalmazásának követelményei
MSZ-09-96.0721:1985	Gőz- és forróvíz-kazánok. A gáztüzelő berendezések biztonságtechnikai követelményei
MSZ-09-96.0722:1985	Gőz- és forróvíz-kazánok. Az olajtüzelő berendezések biztonságtechnikai követelményei
MSZ-09-96.0723:1985	Gőz- és forróvíz-kazánok. A szénportüzelő berendezések biztonságtechnikai követelményei
MSZ-09-96.0731:1985	Gőz- és forróvíz-kazánok felállítása és üzemeltetése. Biztonságtechnikai követelmények
MSZ-09-96.0732:1985	Gőz- és forróvíz-kazánok kiegészítő berendezései. Műszaki követelmények
MSZ-09-96.0733:1986	Kazánok és nyomástartó edények vizsgálo nyílásai
MSZ-09-96.0734:1988	Gőz- és forróvíz-kazánok. Üzemviteli biztonságtechnikai ellenőrzések
MSZ-09-96.0735:1988	Fűtött nyomástartó edények. Biztonságtechnikai követelmények
MSZ 13834-2:1985	Csőköteges acél hőcserélők. Műszaki követelmények
MSZ 14258:1983	Helyhez kötött gőzkazánok típusai és jellemzői
MSZ 1728:2019	Cseppfolyósított propán-bután gázokat tároló, föld feletti tartályok újraminősítése külső ellenőrzés, vastagságmérés és a maradék élettartam becslése alapján
MSZ 1752:1996	Kazán és nyomástartó edény gépkönyve
MSZ 4664:1983	Gőzturbinák fogalommeghatározásai
MSZ 4668:1983	Generátorok gőzturbináinak típusai és jellemzői
MSZ 4673:1985	Gőzturbinák általános műszaki követelményei és vizsgálata
MSZ 4676:1980	Gőzturbina és segédberendezései hatásfokának és egyéb jellemzőinek meghatározása

MSZT/MCS 903 – Megfelelőségértékelés

A Műszaki Csoport titkárságától nem érkezett beszámoló jelentés. Az alábbi információk a MAROVISZ képviselőjétől származnak.

2023. évi tevékenység

Jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven bevezetett szabványok

MSZ EN ISO/IEC 17043:2023	Megfelelőségértékelés. A jártassági vizsgálatot szervezők általános kompetenciakövetelményei (ISO/IEC 17043:2023)
---------------------------	---

2023. évi ülések

A műszaki bizottság 2023-ban nem tartott ülést.

Skopál István

MAROVISZ képviselő az MSZT-ben



44. Balatoni Ankét

A GTE Százhalombattai Területi Szervezete és a Magyar Hegesztési Egyesület (**MAHEG**), mint társszervező 2024-ben is megrendezi, hagyományos formában, az őszi Balatoni (korábbi nevén Csopak) Ankétjét.

Nyomástartó rendszereket üzemeltető létesítmények élettartam hosszabbítása címmel

Az ankét helyszíne: Hotel Magistern, Siófok

Az ankét időpontja: 2024. november 14-16.

További részletek a GTE honlapján: <https://events.gteportal.eu/44-balatoni-anket/>



Felhívás

A nyomástartó rendszerek biztonságával kapcsolatban 1979-ben, Répcelakon 1969. január 2-án bekövetkezett ipari katasztrófa 10. évfordulóján indult, évenként megrendezett „Csopaki-rendezvény”, később **Balatoni Ankét** értékeinek megőrzéséhez kötődően a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) és Magyar Olaj- és Gázipari Múzeum (MOGIM) **„NYOMÁSTARTÓ RENDSZEREK BIZTONSÁGÁÉRT DÍJ”** elismerést alapított a következő célkitűzéssel:

- A díjat azok a nyomástartó-rendszer tervezők, fejlesztők, gyártók, üzemeltetők, vizsgálók, oktatók, hatósági szakemberek kaphatják, akik munkájuk során huzamosabb időn keresztül az alapítói célban megfogalmazott tevékenységet végezték.
- A bronz plakett és oklevél mellett a díjazott pénzjutalomban is részesül, amelynek összegében a Károly Róbert verette „arany forint” mindenkori értéke az irányadó.
- Az évenkénti egy díjazott személy kiválasztásában a hazai szakembergárda javaslata alapján a díj Kuratóriuma dönt.
- A díj átadására a Balatoni Ankéton ünnepélyes keretek között kerül sor, első alkalommal 2017-ben.
- A díj Alapító Okirata a GTE honlapján megtekinthető.

Tisztelettel kérjük szakembereinket, hogy javaslataikat néhány soros indoklással **2024. szeptember 1-ig** küldjék meg a következő címekre:

Funk Orsolya: penzugy@gteportal.eu és
Tóth László: laszlo.toth@bayzoltan.hu

Amennyiben a díj összegének fedezésében és az ebben rejlő reklámértékben kíván tájékozódni, úgy az előbbieken megadott címeznél érdeklődjön, ahonnan kimerítő tájékoztatást kaphat.

Az alapítók meggyőződéssel vallják, hogy a műszaki szakmai közösség erősödését, társadalmi szerepének tudatosítását szolgálják azzal, hogy az arra érdemes, és szakmánk közösségének tiszteletére érdemes kollégánk munkáját ezúton éves rendszerességgel elismeri.

Eddigi díjazottak:

2017 Kurucz István
2018 Fehérvári Attila
2019 Bacskai Antal
2020 (a rendezvény elmaradt)

2021 Gyarmati István
2022 Németh János
2023 Wiegand Krisztina

Beszélgetés Méhész Istvánnal

Interview with István Méhész

Kérdező/Questioner: Skopál István

Méhész Istvánnal 1991-ben találkoztam először, oktatóként a SZTÁV¹ első örvényáramos tanfolyamán. Jó tíz évvel később pedig már együtt együtt dolgoztunk az AGMI² „színeiben”. Korrekt, precíz munkatársat és családjára igen büszke embert ismerhettem meg személyében.

Meséld el, kérlek, hogyan jutottál el a repülőgépekhez és a MALÉV anyagvizsgáló laboratóriumába?

Igaz, hogy Budapesten a IX. kerületben lakom kétéves korom óta, de a XVIII. kerületbe jártam általános iskolába és gimnáziumba. Szüleim is abban a kerületben voltak pedagógusok, ráadásul apai nagymamám a Ferihegyi Repülőtértől (akkor még úgy hívták) nem messze lakott. Így hát a gimnáziumi érettségi megszerzése után, amikor úgy gondoltam, hogy szakmát fogok tanulni, elsők között jutott eszembe, hogy repülőgépek közelében dolgozzak. 1977-től kétéves repülőgép-szerelő szakmunkásképzőbe jártam. Az elméleti oktatás Szigetszentmiklóson volt, a gyakorlati képzés pedig a Ferihegyi Repülőtér újonnan épült Oktatási Központjában. Tulajdonképpen itt szerettem meg a kerozinfüst szagát. A képzés után a motorműhelyben kezdtem dolgozni, ahol futóművek, fékek és az IL-18-as légcsavarok javításával foglalkoztunk, valamint a TU-134-es és a TU-154-es repülőgép-hajtóművek kisebb javításával és esetleges cseréjével. Ez utóbbiak jelentették a műhely legkomolyabb feladatait. Itt találkoztam először azokkal a kollégákkal, akik az akkor számomra még elég különösnek tűnő eszközökkel vizsgálták a futóművek és hajtóművek egyes alkatrészeit, vagyis ekkor szembesültem először a roncsolásmentes anyagvizsgálattal. Később sorkatonaként is repülő alakulatnál voltam, ahol szintén láttam, sőt segítettem is a futómű kerekek örvényáramos repedésvizsgálatát.

Munka mellett, esti tagozaton jártam a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola Általános Gépész Üzemmérnök szakára. Harmadéves voltam, amikor úgy döntöttem, hogy átkérem magam az anyagvizsgáló laboratóriumba, ami akkor a Minőségellenőrzési Osztályhoz (MEO) tartozott, vagyis közvetlenül a legfőbb MALÉV vezetés alá. Azt gondoltam, ez lesz az a műszaki terület, amivel mérnökként szívesen foglalkoznék később is. Akkori kollégáimnak, Dr. Kovács Miklós laboratóriumvezetőnek, Filep Györgynek és Petki Istvánnak köszönhetően már a szakdolgozatomat is a TU-134-es repülőgép D-30-as



hajtómű kompresszortárcsájának ultrahangos vizsgálatából írhattam. Össze kellett hasonlítanom az orosz ultrahangos műszert az általunk használt német típussal, illetve kísérleti vizsgálatok és számítások alapján javaslatot tettem az ultrahangos vizsgálófej hangnyalábjának módosítására is. Egyik konzulensem Fücsök Ferenc volt, aki szintén sokat segített ennek a vizsgálati eljárásnak a megértésében.

Milyen vizsgálatokban vettél részt annak idején Ferihegyen? Melyek voltak a legérdekesebb munkáid?

A laboratórium egyik leggyakrabban alkalmazott vizsgálati eljárása az örvényáramos felületi repedéskeresés volt. A repülőgépek sárkányszerkezete acél és duralumínium vázra épített, duralumínium lemezből állt. Ezek az ötvözetek az acélnál érzékenyebbek a kifáradásra, vagyis mechanikai igénybevétel hatására hamar megjelenhetnek felületükön a repedések. A repülőgéptörzs és a szárnyak borítását alkotó lemezeket minden kiváltás körül és a szegecsek között időszakosan át kellett vizsgálni. Nem egyszer találtunk szegecsfuratokból kiinduló repedéseket, melyeket sokszor csak úgy „javítottak”, hogy a repedésűcsöt megfúrták – eloszlatva a felgyülemlett feszültséget. Ha a következő ellenőrzésnél mégis tovább repedt a lemez, akkor jöhetett a foltlemezzel történő javítás, vagy nagy ritkán egy teljes lemez cseréje. Örvényáramos vizsgálatot más alkatrészekben is végeztünk, így fordult elő, hogy az egyik éjszakai műszakban egy TU-154-es repülőgép futóművének mozgató rudazatán egy feltűnően nagy repedést találtam, amiről szétszerelés után derült ki, hogy a rudazat-bekötőfűl teljes keresztmetszetének kétharmadát tette ki. A vizsgálat közben terhelt állapotban lévő rudazaton annyira össze volt nyomódva a repedés, hogy örvényárammal nem lehetett látni annak teljes hosszát, de a kontrollként alkalmazott folyadékbehatolásos vizsgálat igazolta a gyanúkat.

Sok esetben használtunk speciális vizsgálófej-megvezető eszközöket, hogy a nehezen elérhető helyeken is végre tudjuk hajtani a vizsgálatokat. Ilyen volt az a vizsgálat is, amiből a szakdolgozatomat írtam. Egy, a hajtómű külső

¹ Szakmai Továbbképző és Átképző Vállalat

² Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRT



Kezdő repülőgép-szerelőként Ferihegyen

köpenyén képzett, hozzávetőlegesen 50 mm átmérőjű nyíláson vezettük be az 500 mm hosszú eszköz végére szerelt pici ultrahangos fejet. A csatoló olajat egy vékony csővecskén, kézi pumpával juttattuk a vizsgálófej alá. Tulajdonképpen vakon kellett megtalálni a vizsgálati pozíciót, amit előzetesen rajzon „tanultunk meg”. A behelyezés után rögzítettük a vizsgálófejet, majd a hajtómű tengelyét egy kézi hajtókarral átforgatva szkenneltük le a vizsgálandó területet. Az egyik ilyen vizsgálatnál találtunk a kompresszortárcsán egy repedést, ami miatt le kellett szerelni a hajtóművet és ki kellett küldeni a gyártóhoz. Két év múlva kapott a MALÉV egy levelet, amiben megköszönték, hogy megtaláltuk a repedést, aminek a mérete épp akkora volt, amekkorának mértem.

Az ilyen találatok és eredmények miatt nagyon büszke voltam magunkra. Később is örültem, ha vizsgálat közben csodálkozó, érdeklődő emberek vettek körül bennünket. Mindig jó érzés volt, hogy olyan munkám van, amihez kevesen értenek, de bíznak bennünk és elfogadják a véleményünket. Denevéreknek hívtak minket, mert tudták, hogy sokszor vizsgálunk ultrahanggal, ráadásul az örvényáramos készülékhez tartozott egy feltűnő, narancssárga fülhallgató, ami minden indikációnál hangjelzést adott. Talán azt gondolták, hogy az ultrahangot hallgatjuk?!

Nagy utat jártál be az elmúlt bő négy évtizedben Ferihegytől Százhalombattáig, vagyis a MALÉV-tól a MOL-ig. Mely állomásokon keresztül vezetett ez az út, és milyen feladataid voltak az egyes helyeken?

Az első nagy változás akkor történt a munkámban, amikor 1992-ben a MALÉV kiszervezte a karbantartási tevékenységet, és megalakult az Aeroplex of Central Europe Kft. Ekkor mentem át a Malév Oktatási Központba szakoktatónak, vagyis én MALÉV-os maradtam. Repülőgép-szerelő tanulók gyakorlati oktatásában vettem részt. Szerettem, mert jó volt a tantestület és akkor derült ki az is, hogy örököltam szüleimtől némi pedagógusi vénát. Több évben voltam kérdezőtanár az Országos Szakmai Tanulmányi Versenyen, ahol a mi tanítványaink is jól szerepeltek. Az anyagvizsgálatot persze mindig becsempészttem az oktatásba: hol előadás, hol pedig gyakorlati

bemutató formájában.

Sajnos 2000-ben már elindult az a folyamat, ami végül a MALÉV 2012-es megszűnéséhez vezetett. Elsőként a tanműhelyt építették le, szüntették meg. Nem volt lehetőségem arra, hogy visszamenjek a laboratóriumba. Közel egy évig még „kerítésen belül” piackutatóként segítetttem a Lufthansa Technik Budapest Kft. megalapítását, de mivel ekkorra megváltoztak a repülőgépes anyagvizsgálók képesítésének szabványi feltételei, anyagvizsgálóként ott sem tudtam elhelyezkedni. Így 23 év után megszűnt számomra a kerozinfüst szaga. Ez a 23 év persze későbbi munkámra, gondolkodásomra is rányomta bélyegét: bárhol dolgoztam, mindenhol elsődleges volt a repülés-, illetve a műszaki biztonság!

Számomra természetes volt, hogy az anyagvizsgálathoz térjek vissza. Szerencsére mindig tudtam annyit foglalkozni vele, hogy megtarthattam a tanúsítványaim érvényességét, így először a Siemens Erőműtechnika Kft. roncsolásmentes laboratóriumának lettem a vezetője. A gyártói vizsgálatok mellett hőerőművekbe jártunk vizsgálni, és itt tanultam meg igazán a gyártói szabványok szerinti vizsgálattervezést. Itt volt kollégám Hegedűs Sándor. Az ő támogatásával szereztem meg több vizsgálati eljárásból is a 3-as szintű minősítést. Külföldi, anyagvizsgálati témában megjelent cikkeket ajánlott elolvasásra, érdekesebb vizsgálatok publikálására ösztönzött és ő vezetett be az anyagvizsgálat oktatásába is.

Néhány év után az AGMI ZRt anyagvizsgáló mérnöke lettem, ahol újra volt alkalmam „örvényáramozni” is. Örültem, hogy megismertem ennek az eljárásnak a repülőtéren alkalmazott nagyfrekvenciás kézi vizsgálatlól eltérő, más változatait: a többfrekvenciás, számítógép-vezérelt módszertől a sokcsatornás módszereken át az előmágnesezéssel kiegészített alacsonyfrekvenciásig. Az AGMI ZRt színeiben évente több alkalommal segítettük a Paksi Atomerőmű anyagvizsgáló szakembereinek munkáját, ahol igazán különleges körülmények között, szinte minden ismert vizsgálati eljárást alkalmaztunk. Nagyon szerettem azt a munkát, ugyanis a szemlélet, a manipulátoros munkák jellege és a környezet is hasonlított a repülőtérhez. Ebben az időszakban dolgoztam először digitális ultrahangos és örvényáramos készülékekkel és a fázisvezérelt ultrahangos technikával is itt találkoztam először bemutató előadásokon.

AGMI-sként dolgoztam először a Dunai Finomító területén is, ahova néhány év múlva elhívtak egy kisebb céghez laboratórium-vezetőnek, majd a TÜV Rheinland Budapest Kft.-től kértek fel arra, hogy segítsem az anyagvizsgáló laboratórium újraakkreditálását. Szakmailag kihívást jelentő, Magyarországon még újdonságnak számító, ultrahangos és mágneses technikák alkalmazásával jelentünk meg Szíriában és Szaúd-Arábiában több alkalommal is. Izgalmas, tanulságos munka volt mindegyik, és bár a technikák mélyebb tanulmányozására nem volt lehetőségünk, a jelentések megírásához át kellett olvasni az elérhető belföldi és külföldi szakirodalmat.

Kényszerű lépés volt, de utólag örülök annak, hogy dolgozhattam Miskolcon, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási



Fázisvezérelt vizsgálókészülék beállítása
a miskolci laboratóriumban

Közhasznú Nonprofit Kft.-nél. Igaz, hogy már előtte elvégeztem egy fázisvezérelt ultrahangos vizsgálói tanfolyamot (az elsőt, amit Magyarországon a MAROVISZ szervezett), de itt, a Bay Zoltán Kft.-nél sikerült igazán megismernem ezt a technikát. Külföldi projektek folyamán összehasonlító vizsgálatokat végeztünk ezzel a módszerrel, különleges átmeneti varratokhoz készítettünk vizsgálati terveket, és lehetőségem volt részt venni a valós vizsgálati folyamatnak a szimulációs változattal való összehasonlításában is.

Bármennyire szerettem azt a munkát, Miskolc kicsit messze volt a családomtól, ezért aztán elfogadtam azt a lehetőséget, ami Százhalombattán, a Dunai Finomító területén adódott: Laboratórium-vezetőt kerestek a MOL csoporthoz tartozó karbantartó vállalat, a Petrolszolg Kft. éppen alakuló roncsolásmentes laboratóriumába. Nagy lelkesedéssel láttam munkához! Kerestünk a területen egy régóta nem használt műhelyépületet, melyet a saját elképzeléseink szerint alakíthattunk ki. Néhány régebben beszerzett vizsgálóeszköz mellé újakat is vásároltunk, és hamarosan úgy dolgozhattunk, ahogy megkeresésemkor elvárásként hangoztatták: mértékadó laboratóriumként.

Néhány év alatt derült ki, hogy a mértékadó laboratórium tevékenységével kapcsolatban akkori vezetőmmel nem egyezett a véleményünk, így újabb kényszerű lépéssel átkerültem egy akkor szerveződő új csapatba, a Megbízhatósági Mérnökségre, ahol többek között műszaki tervek ellenőrzésével foglalkoztunk. Új vezetőim felismerték, hogy személyemben olyan szakember került hozzájuk, aki egy olyan terület fejlesztésében lehet segítségükre, aminek nagyon régóta nem volt igazán szakértő gazdája. Így rám bízta az anyagvizsgálati tervek alapsémáinak összeállítását, és a MOL felkérésére a MOL csoport anyagvizsgálati szabályzatát is én állíthattam össze.

Zárszóként még egy mondat az előzőekhez: Minden kényszerű váltást rossz volt megélni, de én minden régebbi munkatársammal jó viszonyban maradtam és minden régebbi főnökömnek a szemébe tudok nézni.

Vannak persze kényszerű lépések egy szakmai úton,

de mi késztetett váltásra a többi esetben?

Legtöbbször az, hogy új dolgokat próbáljak ki. Ezért kezdtem el az oktatásokat, ezért tanultam meg az egyes eljárások újabb és újabb technikáit. Közben egyre több ipari területtel kerültem kapcsolatba és nem utolsósorban sok segítőkész embert ismerhettem meg. Alapvetően minden munkahelyemről elmondhatom, hogy új dolgokat tanultam, amiket a későbbiekben sikerrel hasznosíthattam, így egyik váltást sem bánom, egyik sem volt elvesztegetett idő.

Az Ultrahangos Szakbizottság vezetőjeként hogy látod, mi kellene ahhoz, hogy a szakbizottságok igazi szakmai műhelyek legyenek?

Nagyon röviden: idő és pénz! És ami meg is van: jó szakemberek!

De nem akarom elviccelni a választ. Amikor én lettem az Ultrahangos Szakbizottság vezetője, néhány igazán jó szakembert kértem fel arra, hogy segítsék a Szakbizottság munkáját. Ma sem kérnék fel másokat, legfeljebb felkérnék másokat is. Néhányszor meg is tettem és ekkor szembesültem azzal a két nehézséggel, amivel kezdtem a válaszomat: Sablonosan hangzik, de a mai rohanó világban nincs ideje a szakembereknek arra, hogy újításokkal, fejlesztésekkel, közösségépítéssel foglalkozzanak. Én még emlékszem arra, hogy a MALÉV laboratóriumban a polcokon sorakoztak azok a természetes, vagy művi hibákkal rendelkező munkadarabok, amiket különböző műhelyekből nem engedünk kidobni, mert alkalmasnak találtak őket arra, hogy gyakoroljunk rajtuk és esetleg új technikákat kísérletezzünk ki. A szakdolgozatomhoz szükséges kísérleteket is ilyeneken végeztem el. Aztán a 90-es években egyszer csak az összes ilyen ereklyét kidobatták velünk. Csak a hivatalos azonosítóval ellátott, gyári referencia darabok maradhattak a laboratóriumban – és ezzel vége lett a kísérletezésnek és minden önálló kezdeményezésnek. Később, ahogy láttam, ez országos jelenség volt. Még ha meg is maradtak az ereklyeként összegyűjtött referencia darabok, nem volt idő arra, hogy fejlesztő tevékenységet is folytassanak a laboratóriumok. Szóval úgy látom, hogy ez a kedv, ez az indíttatás veszett ki az emberekből.

A másik dolog a pénz. Köztudott, hogy ezt a tevékenységet még mindig nem fizetik meg eléggé. Sok oka van ennek, de szerintem sajnos még mindig kevesen ismerik fel, hogy ezekre a vizsgálatokra azért kell költeni, hogy elkerüljük az olyan sérüléseket, baleseteket, katasztrófákat, üzemkieséseket, amiknek az ára – ha csak az anyagi részét számoljuk, akkor is – sokszorosa lehet a vizsgálati költségeknek. Az alacsony vizsgálati díjak következménye az, hogy nincs pénz új eszközökre, fejlesztésre, és a vizsgálatokat sem tudják megfizetni. Így a legjobb szakemberek is kénytelenek elhagyni a pályát.

Hogy mi lehet a megoldás szerintem? Közvetlenebb, sűrűbb párbeszéd a megrendelővel, egy kis önreklám – és itt nem személyesre gondolok, hanem a szakma

népszerűsítésére – vagyis külsőleg is meg kellene újulni. Például érdemes lenne a MAROVISZ logót több helyen feltüntetni, esetleg megújított formában. Ilyen módon akár megrendelői rendezvényeken is meg lehetne jelenni. Javasoltam már egy szakmai gyűű alapítását is, amit az viselhetne, aki elért egy bizonyos szintet ebben a szakmában. Minél több helyen jelenne meg egy, a roncsolásmentes vizsgálatra utaló logó, annál többen kérdeznének rá, hogy mi is ez? Az így megtalált, megszólított cégeket már fel lehetne kérni akár kisebb, szakbizottsági szintű rendezvények szponzorálására is, és akkor a MAROVISZ tagok térítésmentesen vagy legalább nagyobb kedvezményekkel vehetnének részt ezeken az eseményeken, és sokkal vonzóbb lenne MAROVISZ tagnak lenni. Fontosnak tartanám, hogy a szakbizottságok olyan bemutatókat szervezzenek, amivel növelhetnék az érdeklődők tájékozottságát, illetve amivel olyan fórumot hoznának létre, ahol minden laboratóriumnak lenne lehetősége megmutatni az esetleg csak általuk alkalmazott érdekesebb technikákat, újdonságokat.

Akik közelebbről ismernek, tudják, hogy szenvedélyes fotós vagy. Mi fogott meg a fényképezésben, ami szakma és művészet is egyben? Melyek a kedvelt fotós témáid?

Hogy mi tetszett meg először? A laborálás sötétkamrában. Általános iskolában nem jártam ugyan fotószakkörre, de az iskolai laboratóriumban néhányszor láttam ilyet, és mivel szerettem a kémiát is, megfogott, ahogy a vegyszerek hatására kialakul a kép a fotópapíron. Később, amikor már elkezdtem dolgozni, az első fizetéseimből vásároltam magamnak egy akkor korszerűnek számító filmes, tükörreflexes kamerát, amit ha néha kézbe veszek, még ma is szeretem a fogását, és hallani, érezni exponálás-kor a tükör csapódását. Sok fotós könyvet elolvastam és

sokféle technikát kipróbáltam, természetesen a filmhívást és a nagyítást is. Elsősorban a családot fényképeztem, aztán úton-útfélen mindent. Feleségem szerint minden traktornyomot és fűszálat lefényképeztem. Később fotós tanfolyamra is jártam, ahol szintén sok műfajban kipróbálhattam magam. Persze ma már én is digitális fényképeket készítek. Sokat fényképezek a természetben és nagyon szívesen készítek portré képeket. Mindenhol a különleges megvilágításokat keresem – a fények, árnyékok játékát – és a különleges formákat, portréknál pedig igyekszem mindenkinek a természetes énjét megmutatni.

Nemrég mentél nyugdíjba. Amennyire ismerlek, nehezen tudom elképzelni, hogy teljesen elszakadjál az anyagvizsgálattól. Vannak-e már terveid ezen a téren?

Szerencsére évek óta hívnak roncsolásmentes vizsgálatot oktatni, nyugdíjasként is szívesen veszek részt a fiatal szakemberek képzésében ameddig igény van rá. Eleinte nyitottam egy füzetet, amibe vázlataimat írogattam és azok alapján mondtam el az anyagot, rajzolgattam táblára az ábráimat. Később, amikor valahol megláttam egy ultrahangos vizsgálat animációját, elhatároztam, hogy olyan vetített előadásokat készítek, amiben én is megmozgatom a magyarázó rajzaimat. Azóta minden általam oktatott eljáráshoz van ilyen animációkkal teli PowerPoint-os vetítése, amit az aktuális tanfolyamok előtt otthon mindig javítgatok, megújítok. Bízom benne, hogy a hallgatóknak segít ez a rajzmozgató módszerrel megérteni a vizsgálatok alapjait!

Néhány év óta a MAROVISZ Személytanúsítási Iroda megbízásából a vizsgáztatásokban is részt veszek. Hiszem, hogy az új tananyagnak és a korszerű vizsgarendszernek köszönhetően egyre felkészültebb anyagvizsgálók kerülnek ki a kezeink közül.

Úgy legyen! Kívánok Neked mindehhez jó egészséget és szép, tartalmas nyugdíjas éveket a családdod körében! Köszönöm a beszélgetést!

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



Az álomtól a valóságig From dream to reality

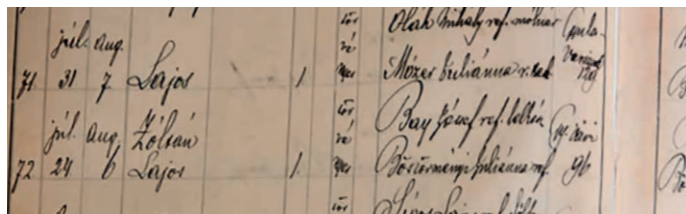
A felelős szerkesztő megjegyzése: A fényképek minősége miatt a szerző nevében is elnézést kérünk, de az értékes és visszahozhatatlan történetek közkincsé tétele érdekében az elkallódott eredeti képek másolatát használtuk.

Bay Zoltán, a hazáját elhagyni kényszerülő tudós "Az élet erősebb" című könyvében így búcsúzik szülőföldjétől:

„HEGYESHALOM MAGYARORSZÁG: Jobbra tőle a nagyvilág, balra az én hazám. Azon veszem észre magam, hogy ez a tábla kezdi nekem elibém hozni, amit most elhagyok. A fehértornyos kis falut, az élet legelső és legigazibb benyomásait. Ha az életünkben van valami érték, az abból van, hogy valamit meg tudunk menteni a gyermekkorunkból. Egyszer olvastam egy fantáziaregényt, melyben a szellemek elmennek messzire, megelőzik a fényt, és visszanézve a múltat látják. Akkor azt gondoltam, ha lehetséges volna ez a lehetetlen, én mindig odamennék, ahonnan a gyermekkoromat látnám. Ez a tábla nagyon gazdag. Ebbe benne vannak az én későbbi diákéveim is az ősi debreceni kollégiumban, ez jelenti nekem az apám, anyám sírját, az itt maradt családomat, az élet küzdelmeit, melyek nélkül nem élet az élet.” Ez egy irodalmi „Búcsú szimfónia”.

Én most megpróbálom gondolatban megelőzni a fényt, és megeleveníteni egy múlt század eleji mezítlábas kisfiú gyermekkorát.

Bay Zoltán alig több mint 120 évvel ezelőtt, 1900. július 24-én délután 4. órákor született, hazánk akkori mértani középpontjához közeli Gyulaváriban, Bay József református lelképásztor és Böszörményi Julianna gyermekeként. Rögtön túl kellett élnie élete első komoly megpróbáltatását, ugyanis burokban született. A gyakorlott bábaasszony azonban időben kiszabadította. Pár évvel később torokgyíkban (diftériában) betegedett meg, az orvosok már lemondtak róla, sírhelyét is kijelölték. Édesanyja gondos ápolásának köszönhetően azonban ezt a megpróbáltatást is túlélte.



Bay Zoltán születésének bejegyzése

Mielőtt a gyermekkort felidézném, meg kell említenem néhai Toró Tibor professzor urat, az MTA külső tagját, akivel az 1970-es 1980-as években nagyon sokat találkoztam Temesváron és Magyarországon is. 1987-ben egy temesvári, Bega parti sétánk alkalmával – ott nem kellett tartani attól, hogy lehallgatnak bennünket – azt mondta nekem:

„Gyulán élsz, csillagász és fizikus vagy, a te feladatod kell legyen, hogy Bay Zoltán szülőhelyén emléket ápoljad. Létesítened kell egy emlékszobát vagy egy emlékmúzeumot Gyulaváriban.” Ezt megtisztelő feladatnak tekintettem, és ennek a szép feladatnak ma is igyekszem eleget tenni.



Toró Tibor, fizikus

Hosszú és kalandos út vezetett oda, hogy a Bay Zoltán állandó kiállítás 2017. október 4-én Gyulai József akadémikus úr megnyithatta a régi községháza épületében.

Az utca túloldalán ott van a régi parókia helyén álló mai, a templom és az öreg iskola, mintegy csokorba kötve. Ez a hely volt a kisfiú gyermekéveinek helyszíne. A kisfiú „az élet legelső és legigazibb benyomásait” innen egy életre magával vitte.

Volt az udvaron kacsaúsztató, ott állt az istálló. Poros volt az utca, nem volt villanyvilágítás, a rádió és a televízió még születése előtti álmát aludta.

Édesapjától, és súlyos testi fogyatékos keresztanyjától – Böszörményi Rózától – nagyon sokat hallott a világ újabb és újabb csodáiról, amik élénken foglalkoztatták fantáziáját.



Gyulavári református templom

A nekem írt leveleiben, elküldött írásaiban mindig olvashatók olyan történetek, melyek gyermekkorát idézik. Ezek egy részét leghitelesebben Bay Zoltán szavaival oszthatom meg a kedves olvasókkal. Annál is inkább, mivel életének erről az időszakáról a legtöbbeknek kevés ismerete van.

Visszaemlékezései közül néhány:

„Az udvarunkban lévő kacsaszató medence fölé lánchidat építettem, melynek papír szalagjai hasonlítani akartak a pesti Lánchídra és melynek deszka pallóján át lehetett járni.”

„Századunk első évtizedében két nagy ipari előretörés foglalkoztatta az embereket, az autó és a repülés. Az autómobil hamarosan megjelent Gyulavári országútján, mert ott ment el egyik Erdélybe vivő fő utunk. Órákra kiültem a nagyútra, hogy meglássak egy autót és hamarosan én is „föltaláltam” egyet. Ennek a motorja hengerre csavart kótél volt, amit a benneülő húzott, úgy forgatta a kerekeket”...

„Amikor Blériot átrepülte a Csatornát, mindjárt megértettem a képes újságokból, hogy a gépet a légcsonar előrehúzza, a szárny pedig, mint sárkány, fenntartja. Ez vitt sárkányépítésre, amiben nagy művészetre tettem szert”...

„A sárkányok különféle alakúak voltak, sok közülük hasonlított Blériot gépére. „Egyszer bizony megtörtént, hogy a nagy „tudományom” visszafelé sült el és majdnem szegyenbe hozta a falut.

A templom melletti udvarunkból engedtem fel a sárkányt, mely a jó szélben kétszer magasabbra ment fel, mint a torony. A spárka közepe a torony csillagjánál volt és egy kis oldalszél a sárkányt addig-addig mozgatta, amíg a spárka beleakadt a villámhárító csillagjába. Én, hogy kiszabadítsam, rángattam a spárgát mígnem az elszakadt a kezem és a torony között s a sárkány kikötve maradt a torony csúcsán. Nagy öröm volt ez mindaddig, míg a szél el nem állt és akkor a sárkány lefityegett a torony derekára. Még mindig nem vettem észre a veszélyt, amit ez rejtegetett.

Mert másnap, harmadnap a szél hol felemelte, hol visszajuttatta a sárkányt a toronyra. Negyednap megjelent nálunk a kurátor és a bíró, a falu két legfontosabb „hivatalának” viselője és előadták, hogy ez szegyenbe hozza a falut”

„Én az ezutáni napokban nagy büntudattal mentem mindég aludni és azzal próbáltam vigasztalni magamat Arany János szavaival a Toldiból, hogy:

„Kinek az ég alatt már senkije nincsen,
Ne féljen, felfogja ügyét a jó Isten”

de aztán elkezdtem gondolkodni: hát hogy fogja fel az én ügyemet, mikor én éppen az Ő házáat csúfoltam meg?”

„Szerencsére az égben nem ilyen gyermeklogikával dolgoznak. Kiderült ez egyik következő nap reggelén, mikor a harangozó széles mosollyal jött be a paróchiára és elújságolta, hogy az éjszaka egy nagy szélvihar elvitte a toronyról a sárkányt. Hozzátette: megszabadultunk a szegyéntől!”

„De van a toronyról maradandóbb emlékem is; mert a mi

udvarunkból nézve ott sétált el mögöttem a Hold. Olyan közel látszott a toronyhoz, hogy azt kérdeztem a nagytól: ha felmáshnák a toronyra, meg tudnám-e tapogatni a Holdat? A felnőttek mosolyogtak rajtam, de nem lekicsinylően, és ez nagy tanulság volt nekem, mert jóindulatúan nézték el a naivságot. Később, mikor csakugyan megtapogattuk a Holdat mikrohullámokkal Újpestről, sokszor eszembe jutott a régi kép: a Hold a torony mögött.”

„Gyulavárinak és a Nagyalöldnek tiszta ege különben elindította az én csillagászati érdeklődésemet is. Északon a Sarkcsillag, a Göncölök, a Cassiopeia korai barátaim lettek. Na meg azután az üstökösök; kettő is volt 1910-ben; a második a híres Halley üstökös, melynek farka egy májusi hajnalban áterte a féleget. 76 évvel később itt Washingtonban a csillagdába kellett elmenem, hogy újra lássam (nem sok embernek adatik meg), de most siralmas képet nyújtott. Milyen szerencsénk volt akkor 1910-ben!”

„Iyenek voltak a gyermekkori emlékek és még valami, ami sokkal több, amit nem lehet jelzőkkel részletezni, csak egyetlen szóval kifejezni: a boldog gyermekkor.”

„Nekem a gyermekkorom emlékei a leginkább megmaradók, a legértékesebbek, a legszebbek.”

Ez a boldog gyermekkor Édesapja korai halálával 1910. november 11-én véget ért.

A kisfiú férfi támasza az életben ezt követően 9 évvel idősebb József bátyja lett. Debrecenbe költöztek, Bay Zoltán a debreceni Református Kollégium diákja lesz. 8 éven keresztül egy padban ül Szabó Lőrincsel, a legjobb barátal, és ott érettségizik. A debreceni Zeneiskolában zongorázni tanul.

Bátyja elvégzi a teológiát és Nagyszalontára kerül, anyai nagybátyja mellé segédlelkésznek. 1918-tól 1934-ig Zsádányban, majd 1935-1954-ig Gyomán teljesít szolgálatot. Ettől kezdve Bay Zoltán szabadságait e két helyen tölti.

1926-ban egy maga építette 5 csöves telepes rádióval érkezik Zsádányba. Feltehetően ez volt az első rádió Békés megyében. Esténként az ablakba helyezett hangszórón át a falubeliek is hallgathatják.

„Azt suttoják, hogy biztosan egy pici emberke van a masinában elrejtve, és ha meghallja, hogy csúnyán beszélnek, akkor elárulja a tiszteletes úrnak.” /Bay Zoltánné, Ducitól./

Zsádányban egyetemi tanárként is nagy lelkesedéssel építi és eregeti magasba a sárkányokat.

Bay Zoltán érettségi után a Pázmány Péter Tudományegyetemen matematikát és fizikát tanul. Az Eötvös Kollégium tagja. Az egyetem elvégzése után gyakornok majd tanársegéd az Elméleti Fizikai Tanszéken. Ezt követték a berlini évek, majd 1930-tól a szegedi Egyetem Elméleti Fizikai Tanszékének egyetemi tanára. Szegeden köt életre szóló barátságot Szent-Györgyi Alberttel.

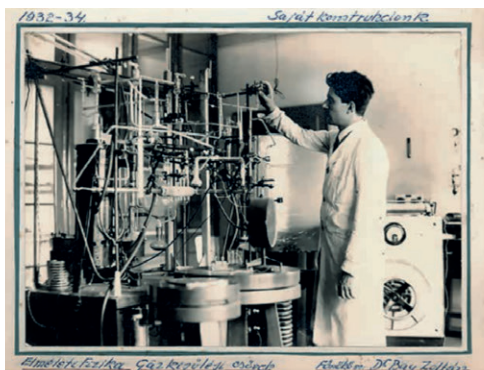


A két jó barát, Szent-Györgyi Albert és Bay Zoltán, Szegeden

Az intézetében – sokakat megdöbbenve – kísérleti laboratóriumot hozott létre, ahol egyebek mellett gázkisülési csövekkel is kísérletezett.



Gyulavári templomtoronytól a Holdig



Bay Zoltán laboratóriuma a szegei Elméleti Fizika Intézetben



Bay Zoltán a Tungsramban Horthy Miklós kormányzó látogatásakor

1936-ban Aschner Lipót meghívására elfogadja az Egyesült Izzó (Tungsram) kutatólaboratóriumának vezetését. 1938-tól a Műegyetemen létrehozott Atomfizikai Tanszéket is vezeti.

Amikor Horthy Miklós kormányzó 1938-ban meglátogatta a Tungsramot, Bay Zoltán vezette végig a gyárban. A fenti fénykép ekkor készült. Bay Rózsa, amikor ezt nekem ajándékozta, elmesélte, hogy ez csak egy fél fénykép, mert a teljes képen Horthy Miklós kormányzó volt Bay Zoltán mellett. Amikor Bay Zoltán 1948-ban elhagyta Magyarországot, a család attól tartva, hogy egy házkutatás során ez bajt okozhat nekik, a kép másik felét levágták.

Katonai megbízásra a második világháborús években az Egyesült Izzóban (Tungsramban) a Bay-csoport a magyar radar megépítésén fáradozott. Bay Zoltánban, a gyermekkori álmra is gondolva felmerült a gondolat, hogy meglehetne próbálni mikrohullámú jelekkel elérni a Holdat. Munkatársai nagy lelkesedéssel fogadták az elképzelést. A felettesek pedig engedélyezték a kísérleteket. Bay Zoltán tökéletesen tudta, hogy ez mit jelent.

„Engem főleg az vezetett, hogy új területre lépünk a tudományban: az űrben való kísérletezés területére.”

Egy romokban heverő országból 1946. február 6-án minden kétséget kizáróan sikerült a Holdról visszaverődő jeleket felfogni. A gyermekkori álm valósággá vált.

Bay Zoltán tisztában volt ennek jelentőségével, és így fogalmazott:

„...a megvalósuló jövő fantasztikusabb lesz, mint minden megálmodott jövő. Az ember elindult azon az úton, amelyen haladva csillagközi polgára lesz a világegyetemnek.”

1. A sikeres holdvisszhang kísérletek az űrkutatás aktív korszakának kezdetét jelentették az emberiség történetében.
2. A gyulavári templomtorony tudománytörténeti szimbólummá vált.
3. Az egykor ott játszadozó kisfiú a radarcsillagászat atyja lett.

1947. július 9-én Gyomán köt házasságot Herczegh Juliannával. Az eskető lelkész nagytiszteletű Bay József. Az esküvői fényképet unokaöccse, Zolko készítette.



Bay Zoltán és Herczegh Julianna esküvőjén ifj. Bay Zoltán unokaöccsének a felvétele, valamint a Szentgyörgyi Albertékkel együtt töltött közös yacht kirándulás a Karib-tengeren

1948-ban hazája elhagyására kényszerült.

Tudományos karrierje, és Szent-Györgyi Alberthez fűződő barátsága az Egyesült Államokban folytatódott.

1985-ben Bay Zoltánék és Szentgyörgyi Alberték közös yacht kirándulást tettek a tengeren. Bay Zoltánné (Duci) mesélte nekem, hogy a 90. évén túl „Albi a szemem láttára többször is fejest ugrott a tengerbe a yachtról!”

Amikor egy banketten Neil Armstronggal megismerkedett,

akkor az első ember, aki a Holdra lépett, azt mondta neki: „Tudom professzor úr, hogy ön az, aki már előttem is elérte a Holdat.” Biztosak lehetünk benne, hogy senki másnak nem mondott ilyet.



Ilyés Gyula, akinek szépapja a 18. század végén volt lelkész Gyulaváriban, mintha nekik, a Hold két megostromolójának írta volna:

„Ős érintetlenség, megérint,
meg, szép szűz, termékeny kezünk.
Halandóságot fogansz, és mink
rejtelmesen kiterjedünk.
Hold, megostromolt égitest, ki
ott vagy, s már nem vagy helyeden,
ahogy te véges kezdesz lenni,
úgy lesz a létünk végtelen.
Nincs amin át ne tudna kelni
az Akarat, a Szerelem”

Bay Zoltán édesapja 1891-1892-ben a rogyadozó régi templom helyett újat építtetett. Ezt márványtábla örökíti meg a templom parókia felé néző északi oldalán.

Ezzel szemben a parókia déli falán 1991. október 26-án Kedves Ferenc, a Tungsram Bródy Kutatójának igazgatója leplezte le azt az emléktáblát, amelynek elhelyezéséért igen nagy harcot kellett vívniuk.



A templomépítő édesapa márványtáblája a templom falán



Bay Zoltán emléktáblája a parókia falán

Amikor egy emléktábla elhelyezésének ötletével felkerestem Kádár Péter lelkész urat (aki akkor országgyűlési képviselő is volt), azonnal mellém állt. Együtt tervezgettük az emléktáblán látható domborművet, és az emléktábla szövegét. (Mai napig őrzöm ezeket a papírokat.)

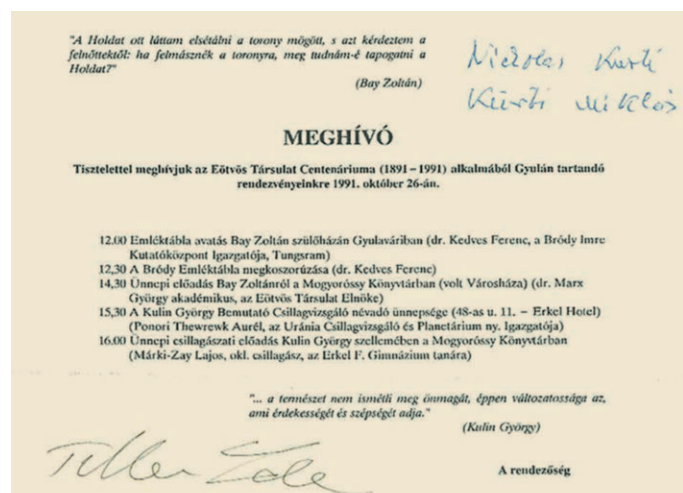
Az Önkormányzat tiltakozott, mondván, hogy élő személyről van szó. Végül a parókia déli homlokzatán való elhelyezéssel minden ellenvetést leszereltünk, mivel az nem közterület, és ott azt helyezhetünk el, amit akarunk.

Amikor Marx György professzor úr megtudta tőlem, hogy emléktáblát fogunk elhelyezni Gyulaváriban, megkért, legyen ennek leleplezési időpontja az Eötvös centenáriumi megemlékezések befejező napja.

Kérésére a táblára rávésztük azt is, hogy elhelyezése az Eötvös Centenáriumi alkalmából történik. Ez vezethetett oda, hogy sokan úgy értelmezték ezt, hogy az Eötvös Társulat helyezte el.

Marx György a leleplezést megelőző percekben felhívta Bay Zoltánt washingtoni lakásán, aki így telefonon keresztül hallgathatta azt a déli harangszót, mely az ünnepség kezdetét jelentette.

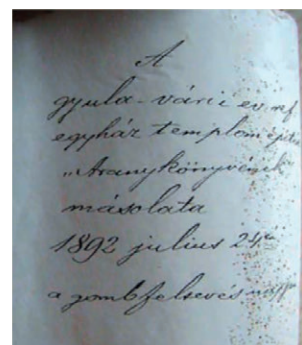
Pár nappal korábban, Jászberényben egy anketon találkoztam Teller Edével és Kürti Miklóssal, akiket meghívtam az eseményre. Közölték, hogy szívesen részt vennének, mert gimnazista korukban Bay Zoltán kocatárú (gyakorló tanárú) volt, de 26-án már nem lesznek Magyarországon. A meghívót azonban aláírták.



Az emléktábla avatásának meghívója Teller Ede és Kürti Miklós aláírásával

A már 100 esztendőes templomot 1992-ben renoválták, és 1995 augusztusának első felében a torony bádógosmunkái is befejeződtek. Amikor a régít leemelték, a toronygombban egy acélhengert találtak, belsejében egy irattekercssel. Erről én újságból értesültem.

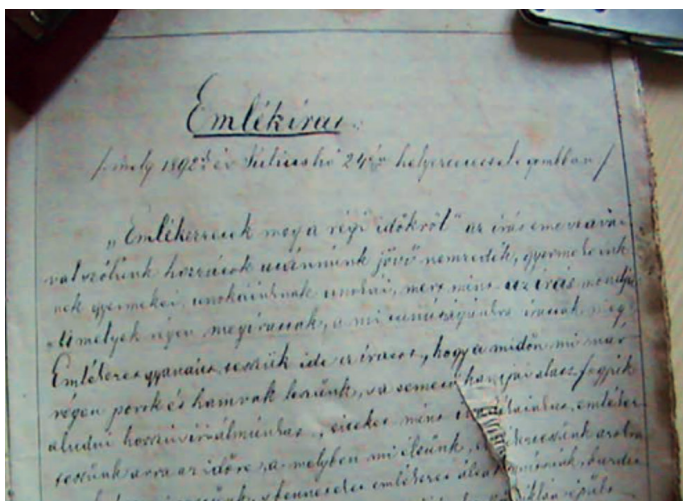
Szeptemberben Magyarországra látogatott Bay Zoltánné Krisztina unokájával. Zoltán bácsi bátyjának gyermekeivel, Bay Rózsával és ifj. Bay Zoltánnal Gyulára is eljöttek a Bay Zoltán Gimnáziumba. Onnan együtt mentünk Gyulaváriba. Először a temetőben mondtunk imát, Bay Zoltán sírjánál, majd a parókiaira mentünk. Eszembe jutott a gombban talált irat, és megkértem Hegedűs István lelkész urat, hogy mutassa meg nekünk. Az elővett acélhengeren jól látszódnak két golyótalálat. Szerencsére a benne lévő irattekercs csak kicsit pörkölődött meg, és olvasható állapotban megmaradt.



A toronygombban talált irattekercs

Amikor kivette belőle a papírtekercset, és elébünk helyezte az asztalra, egy pillanatig megbűvölve néztem. Nézzék-nézzék mondtam többször is. De hát mit? Kérdezték. Hát a dátumot: 1892. június 24. Zoltán Bácsi éppen 8 évvel később született. Ez az Aranykönyv másolata a támogatókról és adományokról. Volt azonban ebben még egy emlékirat is. Kisimítva az Édesapja által fogalmazott és leírt kéziratot, meghatódva olvastuk:

„Emlékezzetek meg a régi időkről” az írás eme szavaival szólunk hozzátok utánunk jövő nemzedék, gyermekeinknek gyermekei, unokáinknak unokái, mert mint az írás mondja: „A melyek megíratk, a mi tanúságunkra íratk meg”. Emlékezet gyanánt tesszük ide ez iratot, hogy midőn mi már régen porok és hamvak leszünk, s Emlékirat (mely 1892. év július 24-én a temető hantjai alatt helyeztetett el a gombban) fogjuk aludni hosszú síri álmunkat, titeket ivadékaikat emlékeztessük arra az időre, a melyben mi éltünk, emlékeztessük azokra a melyeket mi tettünk, s benneteket emlékezet által tanítsunk, buzdítsunk szent vallásunk, s az ezen, mint erős, törhetetlen kősziklán épült anyaszentegyházunk iránti forró szeretetre.”



Emlékirat (mely 1892. év július 24-én
helyeztetett el a gombban)

Az egykori kisiút, szinte vonzotta a torony. Valahol mögötte sétált a Hold a nyári éjszakákon, odaláncolva a kisiú tekintetét, akinek születésnapjának hónap, nap dátuma, feltehetően mindenki által rég elfeledve, ott pihent a sisakgombban.

Ha Bay Zoltán megéri ezt a felfedezést, talán így fogalmazott volna:

Most értettem meg a nagy csodát. Azt, hogy az én Édesapám mit tett azért 1892. július 24-én, hogy azokon a régi boldog nyári estéken, valami rejtélyes módon, gyermeki tekintetem odaláncolódjon kedves kis szülőfalum templomtornyához és a mögötte elsétáló Holdhoz.

Köszönöm Édesapám – elindítottál egy úton, amelynek eljuttattam a végállomásáig.

Bay Zoltán egy előadásán gyönyörűen fogalmazta meg Istenhitét és a tudomány iránti szeretetét, alázatát:

„Az a magasan a mienk fölött álló értelem, mely a természet törvényeiben megnyilvánul, s melynek parányait igyekszünk ellesni, a lényege a világnak. A kép megnyugtató, mert azt jelenti, hogy részesei vagyunk a végtelenségnek, eredményei egy végtelenül magas értelemnek; nincs okunk csüggedni.”

Most pedig képzeletben álljunk oda a parókia udvarán a templom és az iskola közé. Ha Zoltán bácsi is ott lehetne velünk, biztosan Reményik Sándor sorait idézné:

„E templom s iskola között
Futkostam én is egykoron,
S hűtöttem a templom falán
Kigyulladt gyermek-homlokom.
Azóta hányszor éltem át ott
Lelkem zsenge tavasz-korát!
Ne hagyjátok a templomot,
A templomot s az iskolát.”



Templomkert,
balra az iskola, jobbra a templom

Azt mondaná nekünk: Ne hagyjátok a templomokat és az iskolákat. Ne hagyjuk hitünk és tudományunk szentélyeit, mert drága Hazánk és talán egész Európa megmaradása a tét.

Márki-Zay Lajos

csillagász, matematika-fizika tanár, Bay Zoltán szülőfalujában,
Gyulaváriban a Bay Zoltán állandó kiállítás gondozója

Karok, csuklók, vonalzók és körzők

Arms, Joints, Rulers and Compasses

Őszinte tisztelettel ajánlom e kis dolgozatot egykori mesterem és atyai barátom, Dr. Horváth Árpád (1907-1990) technikatörténész emlékezetének. Akinek „A tüzes gép – Fejezetek a gőzgép történetéből” című könyve (Táncsics Könyvkiadó, Bp. 1963) alapvetően meghatározta mérnöki életpályám, hivatásom megválasztását.

Két évszázadon keresztül a dugattyús gőzgép a munkagépek és járművek meghajtásának kizárólagos berendezése volt. A dugattyú egyenes vonalú, alternáló mozgásának folyamatos forgó mozgássá alakításához és a gőzbevezetés vezérlésére a legkülönbözőbb mechanizmusok szolgáltak.

Néhány évtizeddel korábban még széles körben használták őket, napjainkra azonban szinte teljesen eltűntek a zárt kinematikai láncú szerkezetek. A gőzmozdony bonyolult vezérművétől a mérnöki rajztábla paralelogramma vonalzó vezetéken át a lapátkerek hajó lapátjainak állását szabályozó szerkezetig megannyi érdekes mechanizmus született.



*Klasszikus mérnöki rajztábla
paralelogramma mechanizmussal*

A karos-csuklós szerkezetek tervezésének grafikus és analitikus módszerei mély elméleti alapokra épültek. A XIX. század matematikai kutatásainak egy napjainkra eléggé elfeledett - érdekes fejezete foglalkozott a mechanizmus struktúrák és méretek vizsgálatával.

A jelen összeállítás a síkbeli karos mechanizmusok történetének néhány érdekes elemét villantja fel.

A párizsi Bibliothèque Nationale állományában 1825-ben fedezték fel az európai művészet- és technikatörténet egyedülállóan szép és érdekes

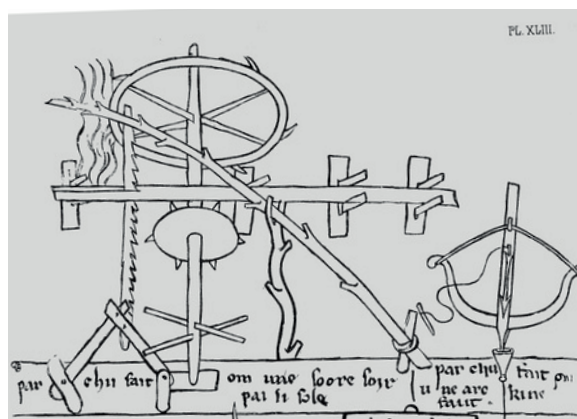
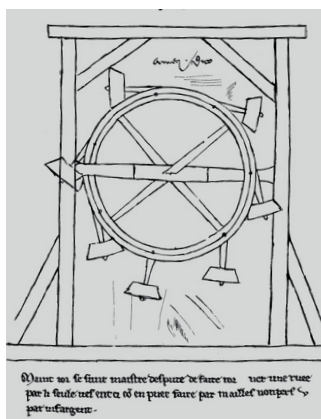
összeállítását, Villard de Honnecourt XIII. századi vázlat- és jegyzetgyűjteményét. A Magyarországot többször meglátogató mérnök komoly szerepet töltött be a tatárjárás pusztításait követő újjáépítésben. A történész kutatók kilenc francia, egy német és hét magyar egyházi létesítmény tervezésében és építésében találták meg Villard közreműködésének dokumentumait [1, 2].

A francia mester épületekről, emberekről és állatokról remekbe készült vázlatai mellett különösen érdekesek a korabeli gépezetek ábrái. Az alaprajzok, az oszlopok, boltívek, ácsszerkezetek látványképeinek szinte fényképszerű tökéletessége mellett bizarr ellenpontot képeznek a mechanikus szerkezetek nehézkes rajzai [3].

A technikatörténet első, örökmozgóról készült ábrája mellett azonban egyértelműen felismerhető és értelmezhető a vízikerekkel hajtott, csuklós mechanizmussal mozgott fűrészgép szerkezete.

A későbbi századok során a karos, csuklós szerkezetek a gépek legfontosabb elemei lettek.

Juanello Turriano (1501-1585) regényes alakja a technika történet mellett a spanyol folklórban, a szépirodalomban és a képzőművészetben egyaránt felbukkan. A különlegesen tehetséges mérnök előbb V. Károly (1500-1558) német-római császár, majd II. Fülöp (1527-1598) spanyol király udvari mechanikusaként tevékenykedett. Első uralkodójának roppant bonyolult óraszerkezeteket és rugómozgatóval hajtott, mozgó figurákat¹ készített. Toledó egyik bizarr nevezetessége a „Fabábu utcája” (Calle del Hombre de Palo). A legenda szerint ebben a sikátorban járt a mester fából faragott szolgálja, aki alamizsnát koldult és a kocsmából hordozta gazdájának az enni-és innivalót [4]².



Villard örökmozgója és csuklós fűrészgép mechanizmusa [3]

¹ Turriano egyik felhúzzható, mozgó szerzetes bábuját a budapesti Szépművészeti Múzeum gyűjteménye őrzi.

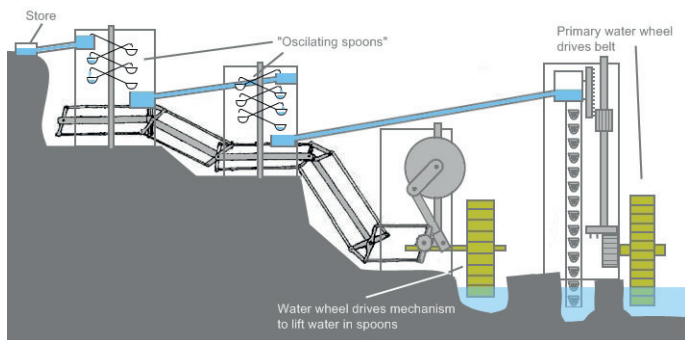
² A történet legújabb feldolgozása Antonio Lazaro „Memorias de un hombre de palo” című regénye (Suma, 2009)

Turiano leghíresebb műve a toledói királyi palota vízellátó mechanizmusa volt. A Tagus folyó vizét 90 méter magasságra emelő, gigantikus szerkezet a korabeli szépírodalomban is megjelent. Don Quijote szerzője, a jó barát Miguel de Cervantes (1547-1616) több, magyar nyelvre is lefordított novellájában írt az elképesztő masináról. Turiano másik cimborája, a festő El Greco (1541-1614) toledói tájképein örökítette meg a vízemelő készülék látványát.

A gépezet leginkább hitelesnek számító ábráit és szöveges leírását a kortárs Agostino Ramelli (1531-cca. 1610) hadmérnök *Le diverse et artificiose machine del Capitano Agostino Ramelli* címmel 1588-ban, olasz és francia nyelven írott könyvéből ismerjük [5].

A másfél évszázadon át, naponta kb. 14.000 liter vizet szállító mechanizmust két, a folyó vizébe merülő lapátkerék hajtotta. Az egyik kerék egy csuklós edényláncot mozgatott (az ábrán „Primary water wheel drives belt”). Az edények a folyó vizében telítődtek, majd felemelkedve, pályájuk legmagasabb pontján átfordulva a vizet egy gyűjtő medencébe ürítették. A medencéből a víz egy ferdén elhelyezett csövön a gép legeredetibb részéhez, a billegő tálcák láncolatához folyt át.

A tálcákat a másik lapátkerékkel hajtott paralelogramma mechanizmusok kapcsolódó láncolata billegette („Water wheel drives mechanism to lift water in spoons”). Az éppen alul lévő tálcákba a hozzájuk tartozó tálcák kivezető csövéből folyt át a víz, majd a paralelogramma szerkezet az alulso tálcákat megemelte és a felsőket lesüllyesztette. A felemelkedett tálcák a mellettük lévő tálcákba öntötték át tartalmukat, ezután a csuklós láncolat ismét emelte a vízzel telített, és süllyesztette az üres tálcákat.



Turiano vízemelő szerkezetének egyszerűsített vázlata

forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Artificio_de_Juanelo

Az elképesztő mechanizmusnak napjainkra már csak néhány töredéke maradt meg. A spanyol Juanello Turiano alapítvány [6] honlapján azonban a teljes szerkezet remekbe készült digitális rekonstrukcióját csodálhatjuk.

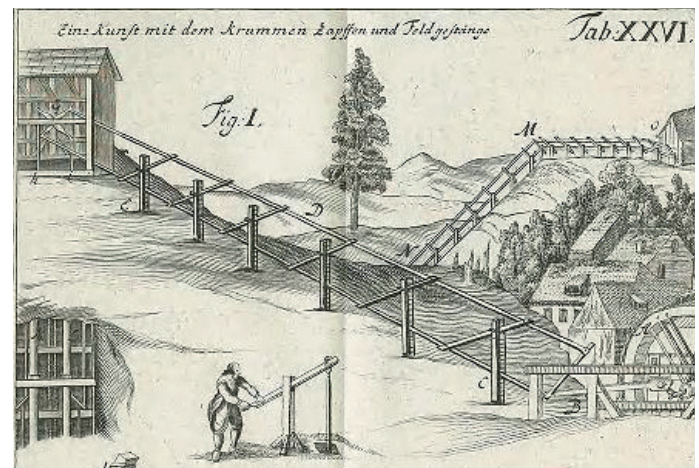
Hosszú időn át a folyók vízárma volt az egyetlen, szinte mindig rendelkezésre álló és felhasználható energiaforrás. A bányák közelében azonban legtöbbször nem voltak megfelelő folyók. A XVI. századtól kezdődően a német, angol és svéd bányákban a szivattyú és emelőgépek hajtására számos, ún. Stangenkunst³ szerkezetet alkalmaztak.

³ Angol forrásokban a szerkezet „flatrod” néven ismeretes.

⁴ A súrlódási veszteségek a betáplált energia cca. 80 %-át emésztették fel.

A folyóvíz által forgatott lapátkerék forgattyúval mozgatott egy sok száz méter (olykor több kilométer) hosszú csuklós rudazatot. A szerkezet vízszintes, párhuzamos rúdjaiknak összekapcsolt paralelogramma mechanizmusai bár hatalmas súrlódási veszteséggel továbbították az energiát⁴, ám a bővíző folyókkal hajtott gépezetek magas hegyekre is közvetíthették a mozgást.

A XVII-XVIII. századi technika értékes dokumentuma Jacob Leupold (1674-1727) tíz kötetes „Theatrum Machinarum” című összeállítása, szakszerű, német nyelvű leírással és remek ábrákkal ismerteti a bizzar szerkezeteket.



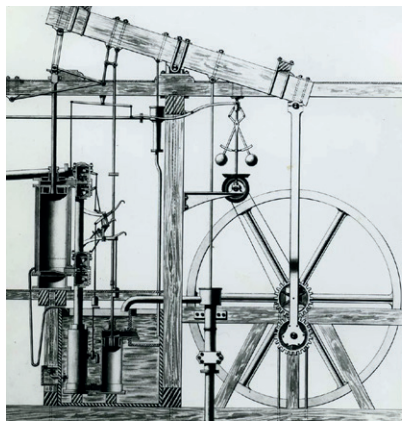
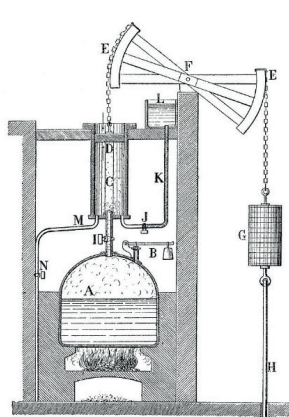
Folyóvízzel hajtott csuklós rúdlánc Jacob Leupold könyvéből

forrás: <https://archive.org/details/theatrimachinar1leup/page/n687/mode/2up>

Az atmoszférikus gőzgépekben a hasznos munkát a légnemzés végezte. Az angol szénbányákba betörő vizet szivattyúzó Newcomen-féle szerkezet elrendezését következő ábra bal oldali képe szemlélteti. A függőleges C hengerben a D dugattyú alá bevezetett gőzt lekondenzáltatva a külső atmoszféránál kisebb nyomás jött létre, a levegő tehát lenyomta a dugattyút. A dugattyúhoz kapcsolt lánc a gép felső részén billegő E himba bal oldali íves felületére érintőlegesen simulva lehúzta azt. A himba jobb oldali íves felületéhez csatlakozó lánc egyúttal megemelte a H bányavíz szivattyú rudat és egy adag vizet szívott fel a mélyből. A következő ütemben a G súly lehúzta a himba jobb oldalát és a másik oldali lánc a dugattyút felemelte. A hengerbe újból gőzt vezetve majd a gőzt lekondenzáltatva a ciklus ismétlődött.

James Watt kettős működésű gőzgépében a dugattyú mindkét oldalához felváltva vezették be, majd kondenzáltatták le a gőzt. Az atmoszféra az egyik munkáütemben felülről lefelé, a másikban alulról felfelé nyomta a dugattyút. A Newcomen-gép csak húzásra használható láncával nyilván nem lehetett a himbát mozgatni. Watt egyik zseniális találmánya a dugattyút a himbához kapcsoló csuklós mechanizmus volt, lásd a következő ábra jobb oldali kiemelt részét.

A Watt-féle paralelogramma közelítő egyenesbe vezető



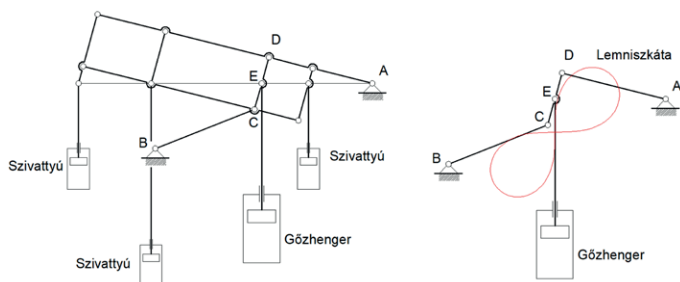
Newcomen és Watt féle atmoszférikus gőzgépek

forrás: <https://www.britannica.com/technology/steam-engine>

mechanizmus egyszerűsített vázlatán az A és B állványcsuklókhoz az AD és BC karok kapcsolódnak, amelyeket a CD kar köt össze. ACD kar E jelű középpontja az ún. lemniszkáta görbét írja le. A lemniszkáta középső része igen jól közelíti az egyenest.

A gőzhenger dugattyúrúdja az E csuklónál kapcsolódott az ABCD négycsuklós mechanizmushoz.

A gőzgép himbájához kapcsolt különféle szivattyúk rudjai is közelítőleg egyenes vonalon mozogtak, amennyiben a kapcsolódó csuklók az AE egyenesen helyezkedtek el.



Watt gőzgépének himbás mechanizmusa

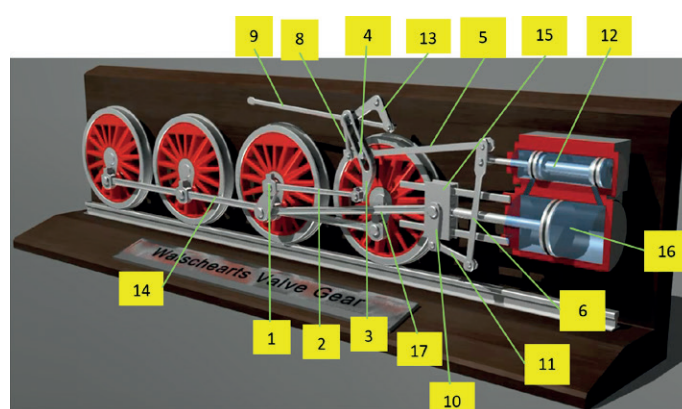
A csuklós mechanizmusok különösen fontos és látványos alkalmazásai voltak a különféle⁵ gőzmozdony vezérművek. Az 1820-as évektől már használtak különféle csuklós-csúszkás rudazatokat a friss és a munkát végzett fáradt gőz vezetés szabályozására. Az európai vasutak legtöbbszörre a Heusinger⁶-Walschaert⁷ féle mechanizmust alkalmazták.

A 16 dugattyú a 15 keresztfej közvetítésével működtette a 17 hajtórudat. A hajtórúd a 13 forgattyúval mozgatta a mozdony hajtott kerekét és a 14 csatlórúddal a további csatló kerekeket. A dugattyú egyik oldalához a friss gőz bevezetését, és az ellenkező oldalról a munkát végzett fáradt gőz elvezetését a 12 tolattyú szabályozta. A tolattyút a 6 elősietési lengőkar mozgatta. A lengőkar alsó csuklója a 11 jelű lengő összekötőhöz, felső csuklója a tolattyú

vonórúdjához kapcsolódik. A 11 rudat a 10 kar közvetítésével a 15 keresztfej mozgatta.

A mozdony sebességét a mozdonyvezető a hengerbe vezetett friss gőz mennyiségével, az ún. töltéssel szabályozta. A 9 kormányrúddal mozgatott 13 kormánygerendely a 8 jelű függvassal emelte vagy süllyesztette az 5 tolattyú vonórúdjához kapcsolt 4 kulissza követ. A kulissza kő a hajtott mozdonykerék 1 ellenforgattyújáról a 2 ellenforgattyú rúddal visszahajtott 3 jelű kulissza hornyában csúszkált, és az 5 vonórúddal mozgatta a tolattyút. A tolattyú löketének hosszát a kulisszakő helyzete határozta meg. Az álló mozdony egyik vagy másik irányba indítását a mozdonyvezető a tolattyú megfelelő helyzetbe állításával, majd a gőznek a tolattyúszekrénybe vezetésével hajtotta végre.

A gépészmérnök hallgatók egyetemi képzésében egykor



Heusinger-Walschaert rendszerű gőzmozdony vezérmű

fontos szerepet töltöttek be a működő szerkezetek. A gépelemek tudományos vizsgálatának egyik megalapozója, Robert Willis (1800-1875) a cambridge-i egyetem professzora kezdte el a csuklós mechanizmusok szemléltető modelljeinek gyűjtését.

A gépszerkezettant tudományos rendszerbe foglaló Franz Reuleaux (1829-1905) számos nyelvre lefordított, nagy hatású tankönyve [7] mellett különösen értékes a nevét viselő, közel 200 darabból álló géptani modell gyűjtemény. A patinás külföldi műszaki egyetemeken féltve őrzött relikviái a II. világháború pusztításait túlélte, finoman megmunkált kis szerkezetek [10, 11].

Az euklideszi síkgeometria szerkesztéseihez a körzöt és a vonalzót használjuk. A szerkesztésekkel ismert pontok körül húzott körök és ismert pontpárookra illesztett egyenesek metszéspontjait állítjuk elő. A metszéspontokat aztán további körök és egyenesek szerkesztéséhez használunk fel.

A körző elvileg egzakt eszköznek tekinthető, hiszen működési elve a kör definíciójának megfelel: a körző rajzoló hegyével szerkesztett vonal minden pontja a besúrt

⁵ Az európai vasutaknál ritkán vagy egyáltalán nem használt, a feltalálók nevével jelölt gőzmozdony vezérművek: Stephenson, Allan, Marshall, Gooch, David Joy, Hackworth, Blake-Knowles, lásd [9]

⁶ Edmund Heusinger von Waldegg (1817-1886) német mérnök a nevét viselő konstrukciót 1849-ben, Walschaerts-től függetlenül találta fel és szabadalmaztatta.

⁷ Egide Walschaerts (1820-1901) belga mérnök 1844-ben találta fel a mechanizmust.



Reuleaux-féle csuklós mechanizmus modellek

központi hegytől állandó távolságban van.

A vonalzónál azonban semmiféle elvi megfontolással sem igazolható, hogy a segítségével szerkesztett vonal bármely két pontja közti távolság a legrövidebb.

Georg Mohr (1640-1697) dán matematikus 1672-ben publikálta „Euclides Danicus” című könyvét, amelyben bebizonyította, hogy valamennyi euklidészi szerkesztés csupán körző alkalmazásával elvégezhető. Mohr munkája teljességgel feledésbe merült, érdekes eredményét teljességgel függetlenül Lorenzo Mascheroni (1750-1800) olasz matematikus 1797-ben „La geometria del compasso” című könyvében publikálta. Mascheroni munkája kora tudományos bestsellere lett, a geometria iránt különösen fogékony Bonaparte Napóleon (1769-1821) is érdeklődéssel forgatta.

A vonalzó nélkül, csupán pontos méretű csuklós karokkal egyenest szerkesztő mechanizmust Charles-Nicolas Peaucellier (1832-1913) francia mérnöki tábornok 1864-en fedezte fel. Peaucellier munkáját nem ismerve Yom Tov Lipman Lipkin (1845-1875) orosz zsidó matematikus 1870-ben publikálta a napjainkban mindkettőjük nevével jelzett Peaucellier-Lipkin inverzort. Az $AD=AF$, $AB=AC$, $CD=DE=EF=FC$ hosszúságú karokkal kialakított szerkezet C csuklója az A állványcsuklón halad át. Közben az E csukló az A-n és B-n átmenő „e” egyenesre merőleges „f” egyenes vonalán mozog.

A körzővel, vonalzóval, valamint egyéb speciális

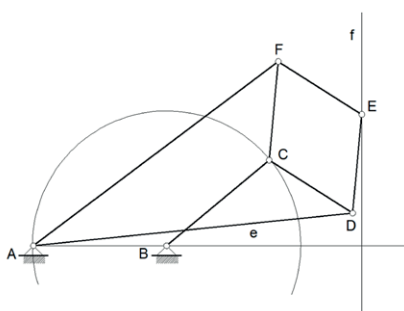
eszközökkel végezhető geometriai szerkesztések átfogó elméletét tárgyalja a magyar matematikai irodalom nemzetközi viszonylatban is egyedülálló [12] remek könyve.

Alfred Bray Kempe (1849-1922) angol matematikus 1876-ban publikált érdekes tétele szerint tetszőleges n-ed fokú algebrai síkgörbe előállítható csuklós mechanizmusok alkalmas láncolatával.

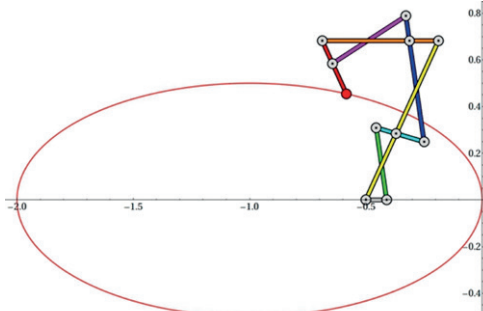
A zárt kinematikai láncú szerkezetek alapeleme a négycsuklós mechanizmus. A szembeötlően egyszerű konstrukció BC csatlóeleméhez mereven kapcsolt E1 és E2 csuklók a legkülönbözőbb hatod fokú görbéket írnak le. Samuel Roberts (1827-1913) nevezetes tétele szerint egyazon csatlógörbe három különböző négycsuklós mechanizmussal hozható létre [13].

Valamely előírt csatlógörbéhez a görbét legalább néhány pontjában érintő mechanizmus méreteinek meghatározása mindmáig az egyik legnehezebb tervezési feladat. A hatalmas elméleti és szerkesztési apparátussal dolgozó Burmester⁸-Alt⁹ eljárást a német mechanizmus iskola követői használták. Ugyanezen probléma megoldására szolgált a nyersen gyakorlatias amerikai szellem érdekes terméke, a [14] összeállítás.

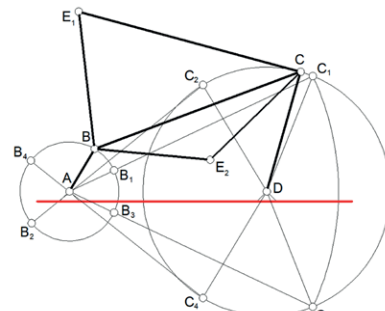
Az eredeti alakjában nyomtatott¹⁰, hatalmas méretű könyv az $AB=1$ hosszú vezető taggal meghajtott, különféle BC, CD és AD tagméretű négycsuklós mechanizmusok jellegzetes csatlógörbéit mutatja be. Egy-egy lapon a BC csatló vonallal párhuzamos, $\frac{1}{2}$ osztású négyzetháló



Peaucellier-Lipkin féle inverzor mechanizmus



Ellipszis szerkesztése csuklós mechanizmus láncsal

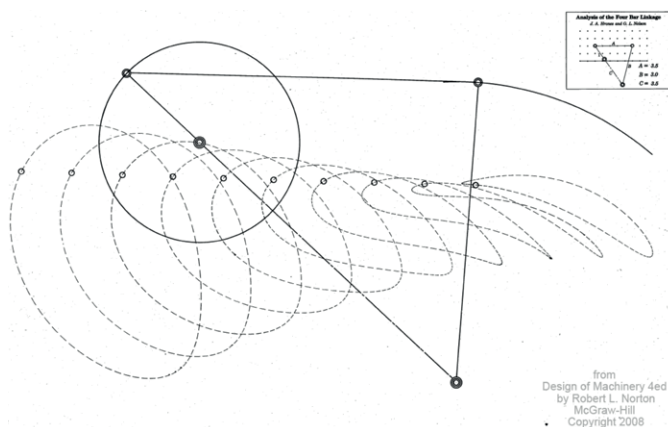


A négycsuklós mechanizmus geometriai elemei

⁸ Ludwig Burmester (1840-1927) német matematikus

⁹ Hermann Alt (1889-1954) német matematikus

¹⁰ Az Internetről szabadon letölthető, lásd pl. https://www.diywalkers.com/uploads/5/3/3/9/53394177/hrones_and_nelson_atlas.pdf



Egy tipikus oldal a [14] összeállításból

egyes pontjai által leírt görbék szerepelnek. A 730 lap mindegyikének jobb felső sarkában elhelyezett tájékoztató ábra a mechanizmus karméreteit és a csatló pontok helyeit mutatja.

Napjainkra a digitálisan vezérelt villamos hajtások a pályakövetési feladatok egyszerű, pontos megoldását adják; a bonyolult csuklós mechanizmusok eltűntek a modern ipari berendezésekből, ám a művészeti alkotások között a legkülönösebb változatokkal találkozhatunk. Theo Janssen (1948-) sok száz korból és csuklóból összeállított lépegető szörnyetegei a holland tengerpart népszerű, bizzar látványosságai.

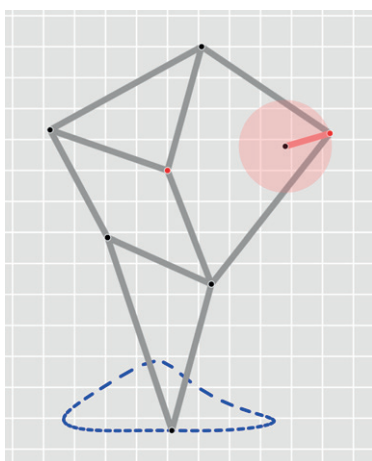
Jansen 1990 óta készíti strandbeest (hollandul strandállat) nevű, mozgó, legtöbbször szél által hajtott kinetikus szerkezeteit. Valamennyi modell a Jansen-mechanizmusokból épül fel, amelyek egy-egy tengely forgását a lábak lépegető mozgására alakítják át. A sajátos felépítés biztosítja, hogy a szörnyeteg könnyebben haladjon a homokon, mintha kerekeken közlekedne. Az evolúciós számítási technikák (genetikus algoritmusok) alkalmazásával olyan kinetikus szobrok jöttek létre, amelyek bizonyos mértékig képesek alkalmazkodni a környezetükhöz. Jansen nyilatkozata szerint: "...olyan csontvázakat készítetek, amelyek képesek a széllel járni. Idővel ezek a

csontvázak egyre jobban alkalmazkodnak az elemekhez, például a viharokhoz és a vízhez, és végül csordákban szeretném ezeket az állatokat kitenni a partokra, hogy a saját életüket éljék."

Laczik Bálint

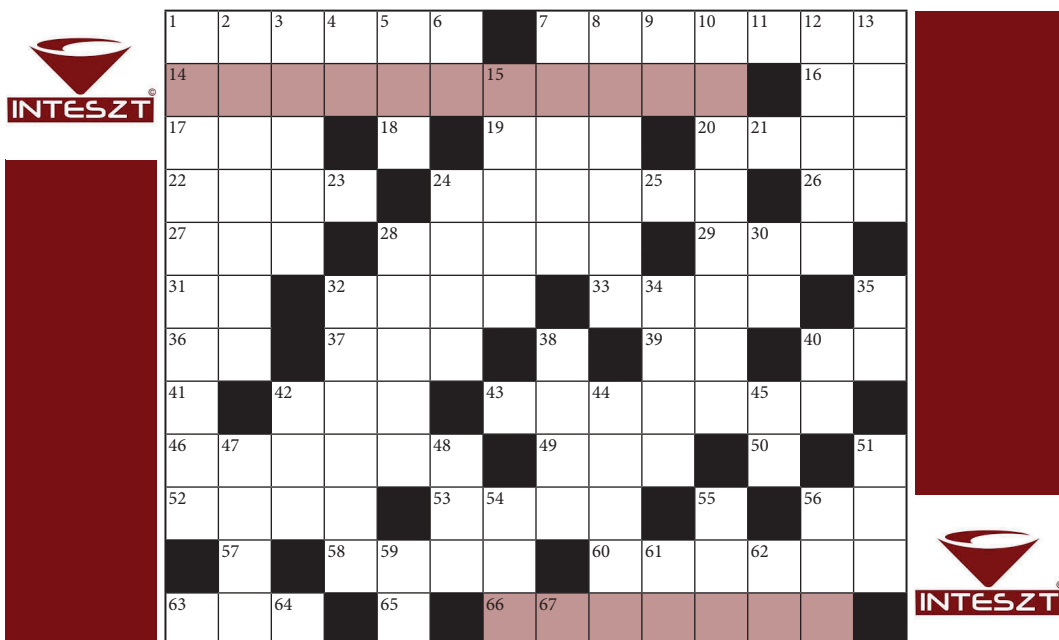
Irodalomjegyzék

- [1] Takács I.: Villard de Honnecourt utazása a művészettörténetben, *Ars Hungarica*, 1994 (22. évfolyam, 1-2. szám), 15-19 o.
- [2] Gerevich L.: Villard de Honnecourt Magyarországon, *Művészettörténeti Értesítő* 20. évfolyam (1971) 81–105
- [3] The Medieval Sketchbook of Villard de Honnecourt: <https://zlibrary.to/filedownload/the-medieval-sketchbook-of-villard-de-honnecourt-0> (Megtekintés: 2024.05.31.)
- [4] La leyenda del hombre de palo: <https://www.paseostoledomagico.es/leyenda-hombre-de-palo/> (Megtekintés: 2024.05.31.)
- [5] Agostino Ramelli's Theatre of Machines (1588): <https://publicdomainreview.org/collection/agostino-ramelli-theatre-of-machines/> (Megtekintés: 2024.05.31.)
- [6] Animación en 3D del Artificio de Juanelo Turriano: <https://youtu.be/MwU6m9tjM2A> (Megtekintés: 2024.05.31.)
- [7] Reuleaux, F.: *Lehrbuch der Kinematik*, Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1900
- [8] Hámori I., Varga J.: *A gőzmozdony*, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1962
- [9] Beggs, J.S.: *Mechanism*, McGraw-Hill Book Company, inc. New York-Toronto-London, 1955
- [10] Franco, W., Trivella, A., Quaglia, G.: *Mechanism and Machine Science Educational Workshop Based on Schröder-Reuleaux Ancient Models of Politecnico di Torino*, *Advances in Historical Studies*, 2020, 9, 295-311, <https://www.scirp.org/journal/ahs>
- [11] Reuleaux Kinematic Mechanisms Collection: <https://digital.library.cornell.edu/collections/kmodl> (Megtekintés: 2024.05.31.)
- [12] Szőkefalvi Nagy Gy.: *A geometriai szerkesztések elmélete*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968
- [13] Visualizing Roberts-Chebyshev Theorem: <https://www.youtube.com/watch?v=bWXu8c2hHT8> (Megtekintés: 2024.05.31.)
- [14] Hrones – Nelson: *Analysis of the Four Bar Linkage*, John Wiley & Sons Inc., New York Chapman & Hall, Limited, London, 1951



Theo Janssen alapmechanizmusa és egyik, szél hajtotta tengerparti szörnyetege

Anyagvizsgálók Lapja keresztrejtvény



Vízszintes

1. Jegyzetelget
7. Vándorárus
14. 200 éve született politikus, városrendező, utazó (Frigyes)
16. Radon
17. Latin köszöntés
18. Névelő
19. Oroszlán név
20. Kis orr
22. Mezőgazdasági gép márka
24. Átvizesedés
26. RAM fajta
27. Áraszt
28. Román női név
29. Három oroszul
31. Szkandium
32. Imaginárius is lehet
33. Tulajdonod
35. Hosszú magánhangzó
36. Latin csont
37. Aztán hangtalanul!
38. Tesla
39. Mutatószó
40. A közelebbi
41. Német autók jele
42. Macskaszó
43. Lehetőséget megragad
46. Herélt sertés

Függőleges

49. Középen enged!
50. Tudás kezdete!
51. Kén
52. Thaiföld régi neve angolosan
53. WEB áruház
55. Zorró jele
56. Házállat
57. Ábécénk első betűje
58. Ritka név
60. Ízes
63. Állami bevétel
65. Olasz autók jele
66. 100 éve született idegenben (Izrael) élő írónk (Imre)
1. Az ipari forradalomra jellemző
2. Számbavétel
3. Női név
4. Autó gyártó cégcsoport
5. A kisebbik ceruza elem jele
6. Tan kert!
7. Nagy sós víz
8. Vörösmarty Mihály verse
9. Zakó páratlanul!
10. Nobel-díjas elméleti fizikus
11. Ajánlott levél jele

12. Becézett nőnév
13. Arab férfinév
15. Viselkedés
21. Régi
23. Magánhangzó
24. Lendület
25. Hosszú magánhangzó
28. Ez idő után
30. Kard rész!
32. Ilyen ikrek is vannak
34. Somogyi község
35. Aroma
38. Női név
40. Közelre mutató szó
42. Magyarországi tudományos köztestület
43. Kálium
44. Eszes
45. Keresztül
47. Rémül
48. Brit igen
51. Nem édes
54. Dicséret
55. Állatok bemutató helye
56. Nem vak
59. Kettőzve édesség
61. Vörösvértest antigén fehérjéjének jelzése
62. Acél fontos ötvöző elemének vegyjele
64. Óra kezdete!
67. Olasz autók jelzése

A helyes megfejtők között a **INTESZT Méréstechnika Kereskedelmi és Szolgáltató 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: **2024. augusztus 5.**

A 2023/IV. lapszám keresztrejtvényének nyertese: Szűcs Pál



AEMI Atomenergia Mérnökiroda Kft.

Általános Mérnöki Divízió

- beruházáslebonyolítás
- műszaki ellenőrzés
- generál tervezés
- kivitelező projektvezetői támogatás
- felelős műszaki vezetés
- közbeszerzési/beszerezési eljárás műszaki támogatása

Nukleáris Divízió

- reaktorfizika
- reaktor termohidraulika
- reaktor fűtőelemek viselkedése
- reaktor szimulátorok és a reaktorzóna online monitorozása
- fúziós kutatások

Műszaki Divízió

- szerkezetintegritás elemzés, öregedéskezelés
- mérnöki numerikus modellezés
- állapotértékelés, roncsolásmentes vizsgálattervezés
- digitális és intelligens megoldások
- műszaki kutatás - fejlesztés