



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu



A lap kiemelt
ipari partnere a
25 éves KE-TECH Kft.

25



ketech.hu

Roncsolásmentes anyagvizsgáló eszközök forgalmazása,
szervize, kalibrálása, ipari röntgenátvilágítás

KE-TECH

MAROVISZ-DÍJ - Az idén kit ér a megtiszteltetés?



Korábbi díjazottjaink:

- Mit jelent ez az elismerés?
- A szakma csúcsán
- Amikor a hírnév kötelez

Sínvizsgáló kocsi

Amikor az anyag-
vizsgáló nem vizsgál



Technology you can trust.

- ✓ **Kompakt**
- ✓ **Hatékony**
- ✓ **Megbízható**



GUIDED ULTRASONICS LTD.

www.guided-ultrasonics.com

Legyen szó szűrő jellegű, vagy folyamatos állapot-ellenőrzésről, a csővezetékek korróziós hibái nem kerülhetik el a figyelmét. Wavemaker G4 vizsgálóegységeink a legkorszerűbb sík hullámokkal vizsgáló (GWT) rendszerek, nagy hatótávolságú feltérképező vizsgálatához. A technológia úttörőiként, harminc év tapasztalataival és folyamatos fejlesztéssel igyekszünk hozzájárulni csővezetékeinek és létesítményeinek biztonságához.

www.ketech.hu



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

A Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség Lapja
MAROVISZ

Az ország vezető szaklapja.
Alapítva: 1991-ben.

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

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

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

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

fax: (36-1) 278-0633;

e-mail: info@anyagvizsgaloklapja.hu

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

Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztőbizottsága:

Dr. Dívós Ferenc

Dr. Gillemot László

Harnisch József

Kecskés Péter

Lutor Attila

Dr. Mertinger Valéria

Skopál István

Szűcs Pál

Zsoldos Zsuzsanna

Dr. Tóth László, felelős szerkesztő

Dr. Trampus Péter, felelős kiadó



Az elektronikus folyóirat szerver háttérét a

tripladuplav.hu
webstúdió biztosítja.



ISSN: 1215-8410

JEGYZET

Az Anyagvizsgálók Lapja megújulása szükségszerű, mert egyre nagyobb időközökben és rendszertelenül jelent meg. Ennek oka egyrészt az egyre kevesebb hazai anyagvizsgálattal kapcsolatos publikáció megszületésének, másrészt a Szerkesztő Bizottság ki-fulladásának a következménye.

Egy új Felelős Szerkesztő személye, egy megújuló Szerkesztő Bizottság, a lap formai megváltoztatása, egy szóval egy megújult szemlélet mentheti meg a Lapot a megszűnéstől.

Ennek érdekében tett lépéseket a MAROVISZ és a jövőben még inkább támaszkodni kíván a MAGYAR Anyagvizsgálók Egyesületének aktív közreműködésére is.

Az említett megújulás többirányú. Egyrészt tartalmi, másrészt formai változtatások megtételére törekszünk. A tartalmi változások a fontosabbak így kezdjük ezzel. Alapvető cél az, hogy minden lapszám egy adott szakmai terület pillanatnyi állását mutassa be. Ez nem jelent mást, mint egy olyan részletes irodalmi össze-foglalást, amelyek minden disszertációban megtalálhatók. A nagy munkával, sok ráfordítással készülő szintetizáló fejezetek többnyire nem hasznosulnak igazán a széles szakmai körben. A magyar nyelvű igen szegényes szakirodalom – a tudományos minősítések jelenlegi követelményrendszere ennek bővítését nem preferálja, sőt (!) – növelése valósulhat meg, ha lehetőséget biztosítunk e közlemények megjelentetésére. A korábbi szóhasználatlaltal „célszámok” megjelentetését célozzuk meg. Ezeket csupán néhány szerző állítja össze. Ebből a megfontolásból erősíteni kívánjuk kapcsolatainkat a hazai Doktori Iskolákkal. Ugyancsak tartalmi változást jelent az egyes lapszámok finanszírozásának biztosítása oly formában, hogy egy-egy számban csupán egyetlen cég hirdetései szerepelnek, többnyire a szakmai témakörhöz direkt módon kapcsolódva. Az adott lapszám megjelenését finanszírozó cég egyben korlátlanul használhatja marketing anyagként. A formai változások egyrészt követhetők a megjelenő lapszámokon, másrészt a terjesztésben élni kívánunk a jelen kor minden lehetőségével. Amit következetesen megtartunk, az a lap alaposan átgondolt struktúrája, témakörei.

Dr. Gillemot László - Prof. Dr. Tóth László

**Magyar elnök az Európai Roncsolásmentes
Vizsgálati Szövetségének (EFNDT) élén:
Prof. Trampus Péter,
a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (MAROVISZ) elnöke**

Budapesten 2015. április 28-29.-én tartotta szokásos éves közgyűlését az EFNDT¹, ahol az a megítéltetés hazánkat, hogy az elkövetkezendő 3 évre az április 29.-én tartott szavazás eredményeként Trampus Pétert választotta új elnökként az európai szövetség. Az 1998-ban megalapított szövetség nyitott minden európai roncsolásmentes vizsgálatokat képviselő szervezet tagjaként fogadni azzal a megkötéssel, hogy országonként csak egyetlen szervezet képviselheti az adott országot a szövetség tagjaként. Hazánkat e szövetségben jelenleg az 1997-ben alapított MAROVISZ² képviseli, amelynek 10 éve, 2005-ben választott elnöke Prof. Trampus Péter, aki mindjárt a kezdeteknél világos, egyértelmű programot hirdetett meg mind a szakmai, mind pedig a képviseleti tevékenység tekintetében³.

Ez a világos célkitűzés és következetes munka, valamint Trampus Péter személyisége vezetett oda, hogy az idén az EFNDT elnöke lett. A tisztséget az elmúlt-éssokszempontbólátmeneti-3esztendőben sikeresen töltötte be Dr. Matthias Purscke, akit Jutta Koehn segített a titkári feladatok ellátásában. A zászlóbontást követően az új elnök programbeszé-



Az új elnök első megbízatása a „zászló-bontás”, amelyet látható örömmel tett meg. Mellette az új titkárságvezető, Nagy Annamária személyében.



Az EFNDT leköszönő (Dr. Matthias Purscke, a DGZfP elnöke) és az új elnök

dében egyrészt kihangsúlyozta, hogy „egészséges” állapotú nemzetközi szervezetet kapott elődeitől, másrészt pedig arra törekszik, hogy a nemzeti szervezetek egyenként és kapcsolatrendszerük tekintetében is erősödjének, hiszen igazán erős nemzeti szervezetek egysége lehet az európai szervezet legbiztosabb fundamentuma. A „feladat – eszköz – vizsgáló személyzet” hármasban a „feladat”-ot mindig a jól prosperáló ipar generálja, az „eszközpark” folyamatosan fejlődik a mikroelektronikai ipar dik-tálta fejlődéssel összhangban. Legnagyobb kihívást

¹ <http://www.efndt.org/>

² <http://www.marovisz.hu/>

³ <http://www.marovisz.hu/szakmaielet/publikaciok/item/a-marovisz-celkituzesei>



Trampus Péter megtartja nyitóbeszédét

az elkövetkezendő periódusban a „vizsgáló személyzet” folyamatos karbantartása, ismereteinek bővítése jelenti mind a nemzeti, mind pedig az európai szinten. E személyzettanúsítási követelményeket foglalja egységbe az EN ISO 9712 szabvány, amelynek való megfelelést hosszú távon a tagországok szakemberinek üzembiztosan teljesíteniük kell. Ez

lehet ugyanis a biztosítéka annak, hogy a roncsolásmentes vizsgálati szakma a termék biztonságának megítélésében a méltó helyére kerül.

Az anyagvizsgálattal és hegesztéssel foglalkozó hazai szakembereink közül a most megválasztott Trampus Péteren kívül Gillemot László (1912-1977) akadémikus és Konkoly Tíbor (1924-2000) volt az, aki hazánkat a nemzetközi szakmai szervezetekben ilyen magas szinten képviselhette. Az előbbi 1973-75 között az International Institute of Welding (IIW) alelnöke, míg az utóbbi 1995-97 között töltötte be ugyanezen funkciót és mintegy 10 éven át a Technikai Bizottság tagja is volt.

Jómagam és a szakmai közösség nevében szívből gratulálok Trampus Péternek, hogy ilyen szinten képes képviselni a hazánkat és a hazai szakmai közösséget! Végezetül tekintsük át azon élet egyes mozzanatait, amelyek az EFNDT új elnökét a jelenlegi pozícióba vezették⁴.

Tóth László
egyetemi tanár

⁴ a részletesnek tűnő életrajz tekintetében csupán egyetlen dolog biztos: nem teljes!



Az EFNDT megválasztott elnöksége

Trampus Péter életrajza (kivonat)

- 1972 – gépészmérnök, BME Gépészmérnöki Kar
- 1972 – Csepeli Acélmű, kutató mérnök
- 1973 – Csepeli Acélmű Anyagvizsgáló Laboratórium vezetője
- 1979 – Képlékenyalakítási Szakmérnök, BME
- 1982 – Paksi Atomerőmű Minőségbiztosítási Osztály vezetője
- 1985 – Dr.-Ing. fokozatot szerez levelező aspiránusként Drezdában (honosítással a TMB a műszaki tudomány kandidátusa fokozatként ismeri el)
- 1990 – a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ösztöndíjasa Finnországban,
- 1991 – a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ösztöndíjasa az USA-ban,
- 1992 – a Paksi Atomerőmű vezérigazgatói törzsének vezetője,
- 1996 – 2003 a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (Bécs) Nuclear Power Division munkatársa,
- 1990 – 1999 - Pécsi Akadémiai Bizottság Műszaki és Földtudományok Szakbizottságának tagja (majd 2006-tól újból),
- 2003 – 2004 az Európai Bizottság Egyesített Kutatóintézetének Energia Intézetében (Petten, Hollandia) vendégkutató,
- 2005 – től a elnöke a Magyar Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetségnek (MAROVISZ),
- 2007 – az MTA doktora fokozatot szerezte meg,
- 2003 – 2008 a Paksi Atomerőmű üzemidő hosszabbítás programjának a kidolgozásával kapcsolatos feladatokkal foglalkozik,
- 2008 – a Debreceni Egyetem AMTC Műszaki Kar Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszékének a docense,
- 2009 – 2013 egyetemi tanári kinevezés a Debreceni Egyetem AMTC Műszaki Kar Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszékére,
- 2010 – habilitáció a Debreceni Egyetemen,
- 2011 – től az MTA Anyagtudományi és Technológiai Bizottság Szerkezetintegritási Albizottság vezetője,
- 2012 – 2015, az Európai Roncsolásmentes Vizsgálók Egyesületei Szövetségének (EFNDT) alelnöke,
- 2013 – a Dunaújvárosi Főiskola Gépészeti Tanszékének kutatóprofesszora
- 2014 – től az Európai Szerkezetintegritási Egyesület Magyar Nemzeti Bizottság elnöke
- 2015 – től az Európai Roncsolásmentes Vizsgálók Egyesületei Szövetségének (EFNDT) elnöke.**

GE Mentor Visual iQ

Nagy felbontású rendszer
- akár 1,2 megapixeles CCD*

Nagyméretű, 7" érintőkijelző

Továbbfejlesztett optikai méret-
meghatározás 3D-szkenneléssel,
precíziós vizsgálatokhoz

Opcionális UV-fényforrás FPI (PT)
vizsgálathoz.

*MVIQ HD modell, 2018. első félévtől elérhető.



GE XL Vu™ sokoldalú videóendoszkóp

A nagy teljesítményű fényforrás
mindenféle vizsgálati körülmények
között elegendő megvilágítást
biztosít, ami a világos, éles felvételek
készítésének záloga.

Opcionális mérési funkcióval.



GE XL Lv™ általános célú videóendoszkóp

A GE belépő modellje, mely a kiváló
képmínőséget a legszükségesebb
funkciókkal ötvözi egy könnyű és
kompakt készülékben.

MÁGNESES MÉRÉSEK A RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATBAN

Dr. Mészáros István

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Anyagtudomány és Technológia Tanszék,

1111. Budapest, Bertalan Lajos u. 7. (MT épület, 109.)

meszaros@eik.bme.hu

http://www.att.bme.hu/munkatarsak/mesaros_istvan

Nagy örömmel fogadtam el Dr. Tóth László professzor Úr, az **Anyagvizsgálók Lapja** című folyóirat főszerkesztője felkérését, hogy írjak egy összefoglaló cikket a Lap számára a mágneses anyagvizsgálat alapjairól és az e területen végzett munkámról. Remélem, hogy a **Tisztelt Olvasók** hasznosnak és informatívnak fogják találni a leírtakat.

A cikkben bemutatott eredmények és az elméleti háttér részletesebb ismertetése, bővebb hivatkozásjegyzékkel megtalálható egy korábbi dolgozatomban [1].

1. Bevezetés

Az ötvözetek szövet-, illetve diszlokációs szerkezete, feszültségi állapota és mágnes tulajdonságai közötti számos esetben összefüggéseket ismerhetünk fel, ami a szerkezeti acélok esetén gyakran lehetőséget ad mechanikai tulajdonságaik indirekt vizsgálatára, illetve a szerkezetükben bekövetkező változások gyors és roncsolásmentes kimutatására.

E cikkben –a teljesség igénye nélkül– igyekszem röviden bemutatni az anyagvizsgálatban alkalmazható mágneses mérések, azaz a mágneses anyagvizsgálati eljárások fizikai, illetve fémtani alapjait. Bemutatom azokat a mágneses mérési összeállításokat, amelyeket felépítettem a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszékén az anyagvizsgálati, valamint kutatási feladatok végzéséhez. A mágneses mérések anyagvizsgálatban való alkalmazásának példaként ismertetem a lean-duplex korrózióálló acélban képlékeny hidegalakítás hatására történő martenzites fázisátalakulásnak a mágneses tulajdonságokra gyakorolt hatását, továbbá az ehhez kapcsolódó egyes vizsgálatokat és ezek értelmezését.

Munkáim során elsősorban hőbevitel és/vagy

képlékeny alakítás hatására bekövetkező fázisátalakulási folyamatok és egyes melegsilárd acélokban hőfárasztó, illetve kúszási igénybevétel hatására történő leromlási folyamatok mágneses vizsgálatok segítségével történő nyomon követésével foglalkoztam. Céлом olyan új, mágneses méréseken alapuló roncsolásmentes vizsgálati módszerek és metodikák fejlesztése, amelyek alkalmasak a ferromágneses viselkedésű acélokban végbemenő szerkezeti változások kimutatására és egyes mechanikai tulajdonságok indirekt, roncsolásmentes meghatározására. E mágneses vizsgálati eljárások segítségünkre lehetnek egyes fémtani folyamatok jobb megértésében, továbbá a melegsilárd acélok élettartamának pontosabb becslésében és így hozzásegíthetnek ezek további biztonságos üzemeltetéséhez.

2. Néhány gondolat a roncsolásmentes anyagvizsgálatokról

Energia közlés hatására az anyagok szerkezetében változások következhetnek be. A kívánt tulajdonságú anyagok létrehozására alkalmazott technológiai eljárások esetén az anyag szerkezetét szándékosan, előre megtervezett módon változtatjuk meg. Az anyagok használata, üzemeltetése során azonban nem kívánt változások jöhetnek létre azok szerkezetében, amiket leromlási-, vagy degradációs folyamatoknak hívunk, az ezeket létrehozó energiaközléssel járó külső hatásokat pedig igénybevételnek nevezzük.

Az igénybevétel tehát minden esetben felfogható úgy, mint az anyaggal -valamilyen módon- történő energiaközlés. Így az anyagokban létrejövő nemkívánatos szerkezeti átalakulások, azaz leromlási folyamatok mindig energia közlés hatására keletkeznek és annak eredményeként értelmezhetők.

A létrehozott hatás szempontjából meghatározó az energia közlés módja, továbbá a közölt energia mennyisége és teljesítménysűrűsége. Az igénybevételeket az energia közlés módjai szerint csoportosíthatjuk. Az alábbiakban összefoglaltam a műszaki gyakorlatban leggyakrabban előforduló igénybevételeket, illusztrációként felsorolva néhány jellemző példát:

- * *Mechanikai hatások*, a mechanikai igénybevételek lehetnek statikusak, dinamikusak, ezen belül impulzusszerűek, illetve periodikusan ismétlődőek, eredményezhetnek képlékeny alakváltozást, kopást, fáradást, törést stb.
- * *Termikus hatások*, ezek számos az anyag-tudományban ismert termikusan aktivált folyamat kiváltását okozhatják. Ilyenek egyebek mellett a diffúziós folyamatok, az újrakristályosodás, fázisátalakulások és a kémiai folyamatok, továbbá a hőmérséklet változása által okozott folyamatok, mint például a hősokk hatására kialakuló repedéskeletkezés. Utóbbi közvetlen okaként térfogatrészek egyenlőtlen hőtágulása által keltett mechanikai feszültség jelölhető meg.
- * *Kémiai hatások*, mint például a korróziós folyamatok, vagy az acélok hidrogén hatására történő ridegedése.
- * *Részecske sugárzás hatása*, ami egyebek mellett a szerkezeti acélok ridegedését okozza.
- * *Elektromos hatások*, mint az elektromos átütés, illetve kisülések, az elektromigráció folyamata.
- * *Biológiai hatások*, mint a mikrobiológiai korrózió, az élő szervezetekben bekövetkező bioaktív korróziós folyamatok.
- * *Kombinált hatások*, mint az agresszív kémiai környezet és a mechanikai feszültség együttes hatására bekövetkező feszültségkorróziós folyamat, az emelt hőmérséklet és statikus mechanikai terhelés egyidejű hatására végbemenő kúszási folyamat, a ciklikus hőmérsékletváltozás és mechanikai feszültség hatására történő hőfáradási folyamat.

Az igénybevételek által létrehozott szerkezeti változások, azaz a leromlási folyamatok sokrétűek

lehetnek azonban három fő csoportba foglalhatók. Beszélhetünk szövetszerkezeti változásokról, azaz az anyag metallográfiai szemcseszerkezetében bekövetkező átalakulásokról. Az anyag hibaszerkezetében bekövetkező változásokról, ami a ponthibák, diszlokációk és felületszerű hibák számában és struktúrájában bekövetkező változásokat jelenti. Továbbá makroszkopikus, háromdimenziós hibák létrejöttéről, ahová az üregek, üregsorok, illetve repedések kialakulása tartozik.

Az anyagvizsgálati eljárások során az anyaggal előre megtervezett módon energiát közlünk és annak a külső gerjesztésre adott válaszát vizsgáljuk. A lehetséges gerjesztési módok száma és változatossága óriási. A műszaki gyakorlatban alkalmazott gerjesztési módok – a teljesség igénye nélkül – a következők lehetnek;

- * mechanikai (szakítóvizsgálat, keménységmérés, fárasztó vizsgálat, ultrahangos vizsgálat, akusztikus emisszió vizsgálat, ...),
- * elektromos (örvényáramú vizsgálat, vezetőképesség mérés ...),
- * mágneses (mágneses repedésvizsgálat, mágneses tulajdonságok mérése, Barkhausen-zaj mérése, ...),
- * optikai (vizuális vizsgálat, optikai mikroszkópos vizsgálat),
- * besugárzás (radiográfiai vizsgálatok, röntgen diffrakció, elektron mikroszkópia, EDS, EBSD, Auger-spektroszkópia, ...),
- * termikus (termofeszültség mérése, hőfárasztó vizsgálat, ...),
- * kombinált hatások (kúszás vizsgálat, feszültség korróziós vizsgálat, ...).

A roncsolásmentes anyagvizsgálatok egy része – a hagyományos vizsgálati eljárások – az anyagban lévő, illetve ott kialakult folytonossági hiányok, azaz anyaghibák felderítésére szolgálnak. Ezeket a nemzetközileg elfogadott NDT (Nondestructive Testing), illetve NDE (Nondestructive Evaluation) betűszavakkal rövidítjük. Megjegyzem, hogy az NDT eljárások csoportjába elsősorban egyszerűbb minőségellenőrzési célokra használatos (Quality Control NDT, QC-NDT), amíg az NDE módszerek közé főként a kvantitatív eredményeket is adó (Quantitative NDE, QNDE),

eljárások tartoznak.

A napjainkban fejlesztett, korszerű roncsolásmentes vizsgálati eljárások között már számos olyan vizsgálati módszer is található, amelyek az anyag szerkezetének, illetve az abban bekövetkezett változásoknak a kimutatását is lehetővé teszik. Ezeket gyakran Nondestructive Materials Characterization (NMC) módszerekként említjük. E terminológia szerint tehát az NDT és NDE módszerek jellemzően az anyagban lévő folytonossági hiányok (repedések, üregek) felderítésére és egyes esetekben ezek méretének és elhelyezkedésének meghatározására szolgálnak. Az NMC eljárások pedig az anyag szövet-, illetve hibaszerkezetéről is szolgálnak információval. E módszerek alkalmazása esetén gyakran nemcsak az anyagnak a gerjesztésre adott válaszát, hanem a gerjesztés és a válasz kapcsolatát mérjük és értékeljük.

Az NDT/NDE eljárásokat szokás hibakereső vizsgálatoknak is nevezni, hiszen a különböző fizikai elveken alapuló módszerek célja, a vizsgált szerkezetben lévő belső- vagy felületi folytonossági hibák detektálása [2]. A hiba méretének és elhelyezkedésének meghatározását követően az üzemeltetési paraméterek ismeretében lehet dönteni a hibával való további üzemeltetésről vagy a szerkezet javításáról. A gyártásellenőrzési módszerek a megfelelő, illetve hibás darabok szétválogatására szolgáló, ún. leválogató NDT eljárások. Az ipari gyakorlatban számos NDT eljárást alkalmaznak, amelyek közül a legelterjedtebbek a következők:

- * vizuális vizsgálat (VT),
- * folyadék behatolásos vizsgálat (PT),
- * mágnesezhető poros vizsgálat (MT),
- * ultrahangos anyagvizsgálat (UH),
- * örvényáramú vizsgálat (ET),
- * radiográfiai anyagvizsgálatok (Röntgen, illetve izotópos vizsgálat) (RT),
- * akusztikus emissziós vizsgálat (AE),
- * tömörségi vizsgálat.

A klasszikus roncsolásmentes vizsgálatok részleteire nem térünk ki, ezeket számos alapvető munkában megtaláljuk [5], [6], illetve összefoglaltam korábban egy az anyagtudomány témában íródott egyetemi tananyag az „Az anyagvizsgálat alapjai” című fejezetében [7].

Az előbbieken részletezett, tágabb értelmezés szerinti NMC eljárások például az alábbiak:

- * képkalkító vizsgálatok (SEM, TEM, STM, AFM, MFM ...),
- * diffrakciós vizsgálatok (Röntgen, elektron, neutron ...),
- * kémiai összetétel vizsgálatok (EDS, XPS, spektroszkópia),
- * mágneses tulajdonságok, mágnesezési görbék mérése,
- * permeabilitás mérésre visszavezetett mérések,
- * egyes örvényáramú mérések,
- * nem-lineáris felharmonikusok vizsgálata,
- * mágneses Barkhausen-zajmérés,
- * magnetoelasztikus-zajmérés,
- * maradó mágnesezettséget, ill. ennek eloszlását vizsgáló eljárások,
- * ...

Napjainkban a leromlási folyamatok nyomon követésében, illetve a mérnöki szerkezetek maradék élettartam becslésében egyre jelentősebb az NDT, NDE, illetve NMC vizsgálatok szerepe ezen belül is növekszik a mágneses, illetve az elektromágneses vizsgálati eljárások jelentősége [3], [4]. Jól mutatja ezt, hogy a ScienceDirect adatbázisban fellelhető, az emelt hőmérsékletnek kitett alkatrészek fáradási és kúszási folyamatainak vizsgálatával foglalkozó tudományos közlemények között hozzávetőleg az 1. táblázatban feltüntetett gyakorisággal találhatóak meg az egyes roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások [11].

Amágnesesroncsolásmentesvizsgálatoklehetőségét az anyag mágneses és egyéb pl. mechanikai tulajdonságai közötti kapcsolatok teremtik meg. Számos esetben találhatunk, ugyanis összefüggést az anyagok mágneses jellemzői és egyéb például szilárdsági, fáradási, kúszási, korróziós tulajdonságai között, ami lehetővé teszi egyes anyagtulajdonságok indirekt meghatározását mágneses mérések segítségével. Vagyis a mágneses, illetve mikromágneses tulajdonságok mérése számos esetben roncsolásmentes vizsgálati eljárások kidolgozására adnak lehetőséget. Lényeges azonban, hogy csak akkor használjunk fel anyagvizsgálati célra egy makroszkópikus anyagtulajdonság és valamely mágneses jellemzők között felismert összefüggést, ha megértjük ezek közös

Vizsgálati eljárás	Gyakoriság
Mágneses vizsgálatok <i>mágneses tér mérése, mágnezhető poros vizsgálat (magnetic flux leakage), hiszterézis jellemzők mérése, permeabilitás mérés, Barkhausen-zajmérés, magnetoelasztikus-zajmérés, nem-lineáris harmonikus mérés, Mágneses adaptív teszt, Magnetic Metal Memory vizsgálat, ...</i>	45 %
Ultrahangos vizsgálat	10 %
Örvényáramos vizsgálatok	12,5 %
Egyenáramú potenciálesés vizsgálat	7,5 %
Egyéb vizsgálatok <i>optikai- és elektronmikroszkópos vizsgálatok, keménységmérés, nyúlásmérő bélyeges mérések, replika vizsgálatok, termoelektromos-erő mérés, pozitron annihiláció, ...</i>	25 %

1. táblázat Nagy hőmérsékleten üzemeltetett alkatrészek esetén alkalmazott vizsgálati eljárások gyakorisága.

anyagszerkezet, illetve fémtani háttér, lásd 1. ábra.

Ez biztosítja ugyanis, hogy a felismert összefüggés nemcsak a vizsgált esetre vonatkozóan érvényes, hanem kiterjeszthető, azaz más összetételű, illetve szerkezetű anyagokra is alkalmazható.



1. ábra A mágneses mérések helye az anyagvizsgálatban.

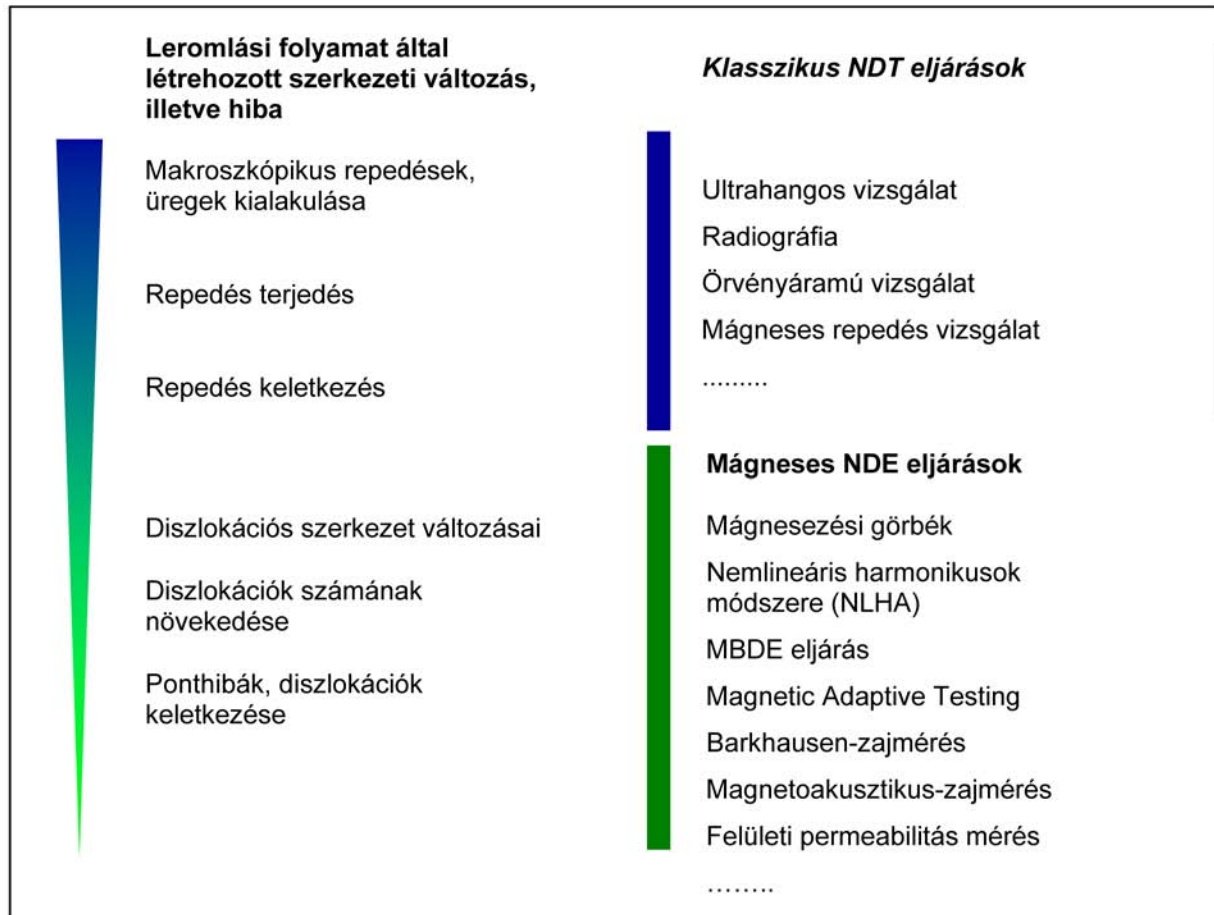
Nyilvánvaló, hogy az egyes NDE vizsgálati eljárások érzékenysége, illetve képességei különböző típusú és eltérő mértékű károsodások kimutatását teszik lehetővé.

Tekintsünk például egy fáradásos törésmegszakítási folyamatot. A fárasztó igénybevétel hatására

kezdetben megváltozik az anyag diszlokációs szerkezete. A diszlokáció-sűrűség növekszik majd a diszlokációk sorokba rendeződve ún. szubszemcse határokat hoznak létre. Nagyszámú fárasztó ciklus hatására megjelennek a repedések, amelyek ebben az esetben szemcséken keresztül – transzkristallin módon – terjednek és makroszkopikus repedéseket létrehozva az anyag töréséhez vezethetnek.

A klasszikus NDT módszerekkel például a mágneses repedésvizsgálattal csak a felületen, illetve felszín közelében elhelyezkedő relatíve nagyméretű (>0,1 mm) repedések kimutatására van lehetőségünk. Vagyis, csak a már jelentősen előrehaladott károsodást tudjuk kimutatni. Azonban a diszlokációs szerkezet változására érzékeny mágneses NDE eljárások (pl. egyes mágneses mérési görbékből származtatható jellemzők mérése [7], [9], mágneses adaptív teszt [10]) már a leromlási folyamat kezdeti szakaszán is képesek egyes szerkezeti változásokat detektálni, így a mérnöki szerkezetek maradék élettartam becslése során különösen eredményesen alkalmazhatóak.

A 2. ábra áttekintő képet ad az egyes vizsgálati technikák alkalmazhatóságáról és megmutatja a leromlás mértékének függvényében az alkalmazható vizsgálatok típusait.



2. ábra Az NDT/NDE vizsgálatok alkalmazhatósága a leromlás mértékének függvényében.
(S. Takahashi ábrája nyomán)

3. Histerézises folyamatok, mágnesezési görbék

A természetben és a társadalomban számos histerézises viselkedésű jelenséget, illetve folyamatot találunk és ismerünk. Ezek közös jellemzője, hogy a folyamatot leíró két mennyiség – amit tekinthetünk gerjesztésnek és válasznak – között matematikai értelemben nem egy-egy értelmű a kapcsolat, s koordináta rendszerben ábrázolva a két mennyiséget hurok jellegű, nemlineáris összefüggést kapunk. A histerézises viselkedés mindig gerjesztésre adott késleltetett választ jelent, amit műszaki értelemben fázistolásként kezelhetünk. Más megfogalmazás szerint a histerézises viselkedésű rendszernek „memória-effektusa” van, vagyis a rendszer válaszjele függ annak „előéletétől”, tehát attól, hogy milyen úton jutott el a rendszer a pillanatnyi állapotába. Néhány ismert histerézist mutató folyamat:

- * Ferromágneses anyagokban ébredő mágne-

ses indukció (B), illetve a mágnesezettség (M) és a külső mágneses tér (H) közötti kapcsolat.

- * Ferroelektromos anyagokban létrejövő elektromos polarizáció (P) és a külső elektromos tér (E) kapcsolata.
- * Egyes anyagok deformációja során a terhelő erő és az alakváltozás kapcsolata (alakemlékező ötvözetek, gumi).
- * Kisciklusú fárasztó igénybevétel esetén a nyúlásamplitúdó (σ) és az alakváltozás (ϵ) kapcsolata.
- * Műszaki szabályzó rendszerek esetén az érzékelt jel és a kapcsolójel kapcsolata.
- * Továbbá számos társadalmi, illetve gazdasági folyamat.

A fenti folyamatok mindegyike érdekes és számos hasznosítható eredménnyel kecsegtet, azonban e cikkben kizárólag az egyes ferromágneses

tulajdonságú szerkezeti acélok hiszterézises viselkedésével foglalkozom.

3.1 Mágneses anyagok és mágnesezési görbék típusai

E cikkben az anyagok mágneses viselkedésére és tulajdonságaira részletesen nem térek ki, az alábbiakban csak röviden, teljességre nem törekvő módon ismertetem az anyagok legfontosabb mágneses tulajdonságait és a rendezett mágneses szerkezetű anyagok legfontosabb mágnesezési görbéit.

Külső mágneses tér hatására az anyagokban mágneses polarizáció lép fel, aminek hatására azok mágneses dipólussá válnak. Ez egyrészt a mintában mágneses momentumok indukálódásával, másrészt, ha a minta eleve tartalmaz (spontán) mágneses momentumokat, ezeknek a külső tér hatására történő rendeződésével történik. A minta makroszkópos mágneses momentuma a térfogatban lévő elemi mágneses momentumok (p_m) eredője. Ennek térfogategységre vonatkoztatott értékét hívjuk a minta mágnesezettségének (M).

Az alapvető mágneses jellemzők közötti kapcsolatok:

A mágneses szuszceptibilitás (κ), illetve a relatív per-

$$M = \frac{1}{V} \sum_i p_m$$

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 (H + M)$$

$$M = \kappa H$$

meabilitás (μ_r) nevű mennyiségeket az anyagok mágneses tulajdonságainak jellemzésére használjuk.

Az anyagokat mágneses tulajdonságaik szerint gyengén mágneses, illetve rendezett mágneses szerkezetű csoportokba oszthatjuk. Az első csoportba a dia- és paramágneses anyagok tartoznak, a másodikba pedig a ferro-, antiferro- és ferrimágneses viselkedésűek.

Zérus külső mágneses térben a diamágneses anyagoknak elemi mágneses momentumuk nincs, mivel az elektronok mágneses momentumai teljes mértékben kompenzálják egymást. Külső mágneses

tér hatására, bennük az elektronpályák deformációja révén mágneses momentum indukálódik. Az indukció-törvény szerint az indukált momentum a külső térrel ellentétes irányú, s nagysága lineáris függvénye a térnek. A diamágneses anyagok szuszceptibilitása tehát negatív, mágneses tér- és hőmérséklet-független. E polarizációs mechanizmus minden anyagban létrejön, de csak akkor észlelhető, ha más erősebb mágneses hatás el nem nyomja.

A paramágneses anyagok rendelkeznek elemi mágneses momentumokkal, de ezek a termikus mozgások miatt statisztikusan rendezetlen irányeloszlást mutatnak, ezért makroszkopikus mágnesezettségük zérus. Külső mágneses tér hatására a momentumok, a termikus mozgás ellenében, igyekeznek beállni a térirányba. Tehát szuszceptibilitásuk pozitív és hőmérsékletfüggő. Tiszta paramágneses anyagok szuszceptibilitása a gyakorlatban elérhető mágneses terek esetén térfüggetlennek tekinthető, azaz mágnesezési görbéjük lineáris. Mágneses telítésük, azaz annak az állapotnak az elérése, amikor a mintában lévő összes mágneses momentum a külső tér irányába fordul, szobahőmérsékleten extrém nagy, a gyakorlatban már nem elérhető nagyságú teret igényel. A mágnesesen rendezett szerkezetű anyagok között fémeket, ötvözeteket és kerámiákat is találunk. Ezek spontán mágneses momentummal rendelkeznek, s egy kritikus ún. Curie-hőmérséklet alatt a kicserélődési kölcsönhatás momentumait egy-egy adott tartományon belül a kristály tengelyeihez képest valamilyen rendbe sorakozatja, tehát létrejön a mágneses doménszerkezet.

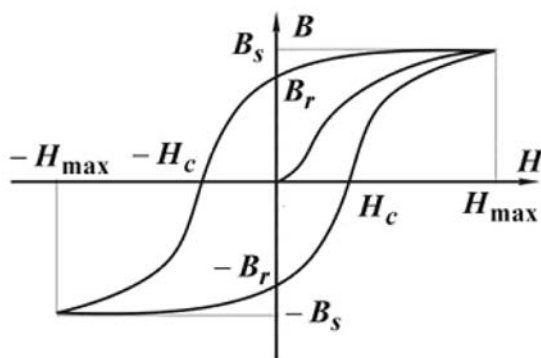
A doméneken belül az atomi mágneses momentumok parallel beállása esetén ferromágneses, a szomszédos momentumok anti-parallel beállása esetén antiferromágneses anyagokról beszélünk. Az antiferromágneses rend speciális megvalósulási formája az ún. ferrimágneses elrendeződés, itt az elemi momentumok ellentett beállításúak ugyan, de abszolút értékben különböznek.

A rendezett mágneses szerkezetű anyagok eredő mágneses momentuma és így mágnesezettsége jelentősen növekszik a külső mágnesező tér hatására, azaz az anyag felmágneseződik. A felmágneseződési folyamat két részfolyamatra bontható: kis tér tartományban, hozzávetőlegesen a mágnesezési görbe inflexiós pontjáig a külső tér irányába orientált

domének térfogatának növekedése a kedvezőtlen irányúak rovására, majd a nagyobb külső terek esetén a mágnesezettség irányának fokozatos befordulása a mágnesező tér irányába. Az előbbi folyamatot doménfal mozgási, az utóbbit momentumforgási tartománynak hívjuk.

A ferro- és ferrimágneses anyagok legfontosabb, klasszikus jellemzője a mágneses hiszterézisgörbe (3. ábra), illetve a belőle származtató mennyiségek. A hiszterézises viselkedést – a Curie-hőmérsékletük alatt – minden ferro- és ferrimágneses anyag esetén tapasztalunk eltekintve azok szuper-paramágneses állapotától.

Ha egy lemágnesezett állapotú ferro- vagy ferrimág-



3. ábra Ferromágneses anyag normál mágnesezési görbéje, valamint a hiszterézis görbéje a telítési- (B_s) és a remanens (B_r) indukció, a koercitív térerő (H_c) továbbá a maximális gerjesztő tér (H_{max}) pontjaival.

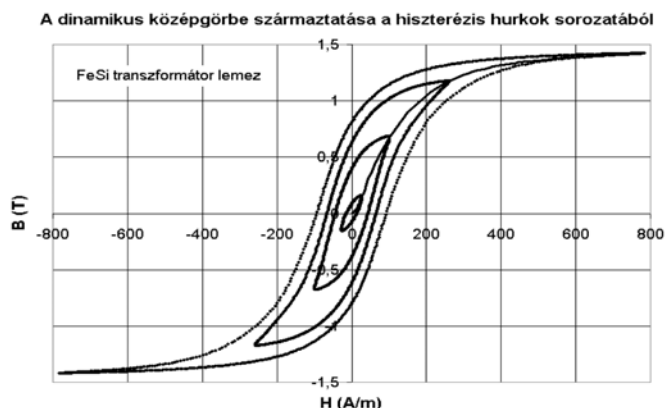
neses mintát külső mágneses térbe helyezünk, akkor a tér növelésével az indukció értéke kezdetben lassan nő, majd hirtelen emelkedni kezd. A görbe végül ismét ellaposodik, és fokozatosan éri el a B_s telítési értéket. A mágnesező tér (H) további növekedésével az indukció csak nagyon kismértékű növekedést mutat. A mágneses tér csökkenésével – szemben a dia- és paramágnesekkel – a mágnesezési görbe nem követi az eredeti vonalát. Zérus lemágnesezési tényezőjű minta esetén, amikor a mágnesező tér nullára csökken, az indukció értéke a B_r ún. remanens indukciót éri el. A külső tér irányát ellenkező értelműre kell változtatni, és H_c -ig, a koercitív térnek nevezett értékig kell növelni ahhoz, hogy a maradék indukciót zérusra kompenzáljuk. Ha ebben az irányban tovább növeljük a térerősséget, újra elérhető a telítés. A

térerősség (abszolút értékének) újbóli csökkenésével egy, az előbbihez hasonló görbe adódik. A telítés, a remanencia és a koercitív tér értéke ugyanaz, mint az előző esetben volt, feltéve, hogy a telítettséig mágneseztük az anyagot. A belső kisebb hurkok (4. ábra), olyan mágnesezési ciklusra jellemzőek, aminek az anyagot nem mágneseztük telítésig. Azt a jelenséget, hogy a mágnesezési görbe nem veszi fel ugyanazokat az értékeket a fel- és lemágnesezésnél, hiszterézisnek nevezzük. Egy teljes ciklushoz tartozó hiszterézishurok azzal az energiamennyiséggel arányos területet zár közre, ami egységnyi térfogatú anyagnak a hiszterézis hurok egy körbejárásával történő mágnesezéséhez szükséges. A mágnesezési folyamat során ez az energia hővé alakul.

A ferro- és ferrimágneses anyagok makroszkopikus mágneses jellemzőinek mindegyike erős hőmérsékletfüggést mutat. Általános törvényszerűség fémek mágneseznél, hogy a telítési indukció (B_s), a hőmérséklettel monoton és annál erősebben csökken, minél jobban megközelítjük a Curie-hőmérsékletet. A koercitív tér változása szintén monoton csökkenő és arányosnak tekinthető az anizotrópia változásával.

A mágneses jellemzők – más anyagtulajdonságokhoz hasonlóan – szerkezet érzéketlen (intrinsic) és szerkezetérzékeny (extrinsic) csoportokba sorolhatók. Az extrinsic jellemzők függenek az anyag szövet és hibaszerkezetétől ellentétben az intrinsic jellemzőkkel, amelyek ezektől függetlenek. Intrinsic jellemzőnek tekinthető a Curie-hőmérséklet és a telítési indukció, illetve telítési mágnesezettség, aminek értéke – állandó hőmérsékleten – a térfogategységenkénti Bohr-magnetonok számától, azaz a kémiai összetételtől függ. Minden további mágneses jellemző, azaz a remanens indukció, a koercitív tér, a permeabilitás értékek, illetve a mágnesezési görbék alakja extrinsic jellemző. A mágneses roncsolásmentes vizsgálatok szempontjából, ahol a szövet, illetve diszlokációs szerkezetben bekövetkező változásokat kívánjuk detektálni mágneses jellemzők mérésével elsősorban, az extrinsic jellemzőknek van jelentőségük.

Mágnesezési görbék alatt értjük a mintában ébredő mágneses indukció, illetve mágnesezettség alakulását a külső, mágnesező tér függvényében, azaz a $B(H)$, illetve $M(H)$ görbék. A hiszterézis görbék



4. ábra A szimmetrikus belső hiszterézis görbék csúcspontjainak mértani helyeként adódó ún. normál mágnesezési görbe (saját mérés FeSi transzformátor lemezen).

lehetnek az origóra szimmetrikusak (central), illetve aszimmetrikusak mintakezdeti mágnesezettségétől függően. A szimmetrikus hiszterézis görbék felvétele a minta lemágnesezését követően történhet. A hurkok lehetnek ún. belső, illetve telítési hiszterézis görbék attól függően, hogy a minta maximális mágnesezettsége eléri-e a mágneses telítés állapotát, azaz azt az állapotot, amikor a minta összes mágneses momentuma a külső, mágnesező tér irányába áll.

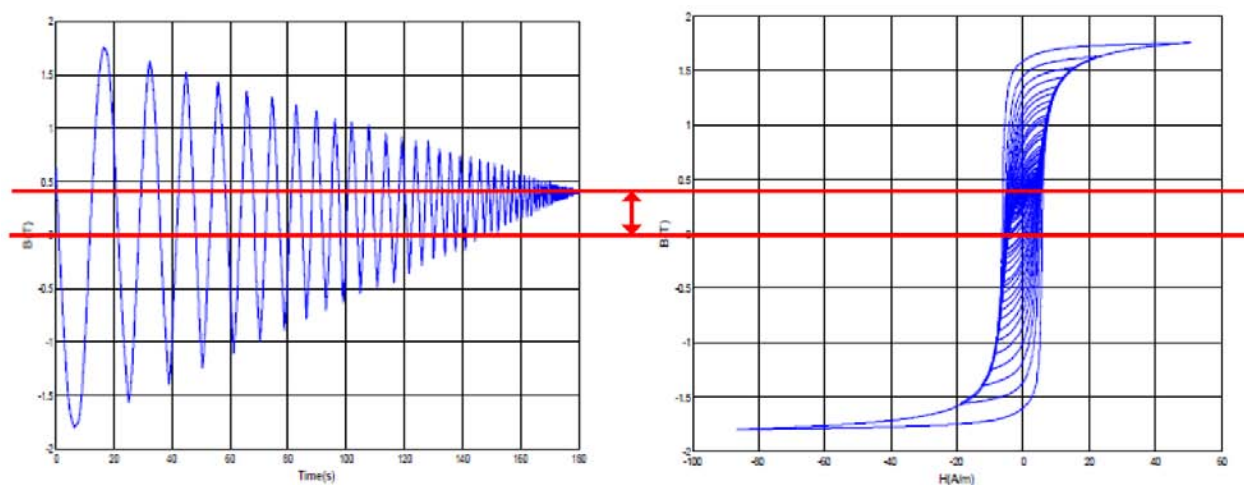
Amint a ciklikus lemágnesezését követően váltóáramú (AC) méréssel felvett szimmetrikus belső (central minor) hiszterézis hurkok csúcspontjai az ún. normál mágnesezési görbét írják le [24]. Azaz, a normál mágnesezési görbe, amit dinamikus közép mágnesezési görbe néven is ismerünk, a central minor hurkok

csúcspontjainak mértani helye (4. ábra) [19], [24].

Szükséges megemlíteni, hogy több a normál görbéhez hasonló alakú, de attól kismértékben eltérő lefutású mágnesezési görbét ismerünk. Egyenáramú méréssel, változtatott polaritással vehető fel az ún. kommutációs görbe. A minta ciklikus lemágnesezését követő zérustól lassan növelt DC gerjesztéssel jutunk az első (initial) mágnesezési görbéhez. Ismert még az ún. szűzgörbe, amit az első mágnesezési görbéhez hasonló módon vesszük fel, a mintát azonban a mérést megelőzően termikusan, a Curie-hőmérséklet fölé való melegítéssel mágnesezzük le [24].

A hiszterézismentes (anhysteretic) vagy ideális mágnesezési görbe definícióját és egyben mérési utasítását Bozorth adta meg [20]. Ennek megfelelően a hiszterézismentes görbe egy pontjának felvételéhez állandó (DC) mágneses térre szuperponált váltakozó (AC) mágneses tér szükséges, ami a kezdeti ciklusban telítésig mágnesezi a mintát majd a nagyszámú további ciklus során amplitúdója monoton csökken a zérusig. A mérési folyamat során a metastabil egyensúlyi állapotban „elakadt” doménfalak leválnak az akadályokról és a külső DC térnek megfelelő egyensúlyi helyzetükbe mozdulnak el, azaz az aszimmetrikus belső hurkok sorozata a hiszterézismentes görbe egy a külső DC térnek megfelelő pontjához konvergál (5. ábra).

A mágnesezettség egyensúlyi állapotait tehát a hiszterézismentes vagy ideális mágnesezési görbe adja meg. A normál mágnesezési görbe pontjai ezzel

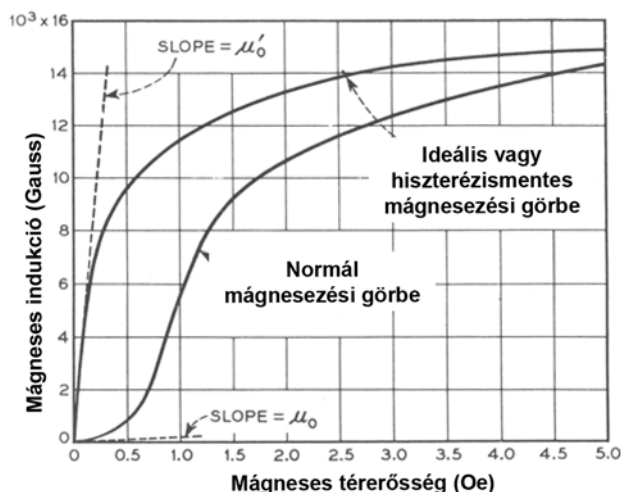


5. ábra Eljárás a hiszterézismentes mágnesezési görbe egy pontjának felvételéhez [20].

szemben – a doménfalak akadályozott mozgásának következtében – nem egyensúlyi (azaz metastabilis) állapotokhoz tartoznak.

A hiszterézismentes görbe meredeksége monoton csökken, a normál mágnesezési görbe meredeksége kezdetben növekszik majd egy maximum elérését követően a telítési állapotig csökken, azaz a normál görbének mindig van inflexiós pontja (6. ábra).

Fogalmazhatunk úgy is, hogy a hiszterézismentes



6. ábra A normál- és a Bozorth-féle hiszterézismentes mágnesezési görbe [20].

mágnesezési görbét a mágneses anizotrópia, amíg a normál mágnesezési görbe alakját az anizotrópia és a doménfalak mozgékonyasága egyaránt befolyásolja. Vagyis, az azonos kémiai összetételű és anizotrópiájú (külső- és belső) de eltérő koercitív terű minták hiszterézismentes görbéje azonos, azonban normál mágnesezési görbéjük eltérő. A normál mágnesezési görbe alakja ún. extrinsic anyagtulajdonságnak tekinthető, azaz függ az anyag szövet- és a kristályhiba szerkezetétől. Ennek megfelelően a könnyen és gyorsan mérhető normál mágnesezési görbe különösen alkalmas a ferro- és ferrimágneses anyagok szerkezeti tulajdonságainak indirekt jellemzésére.

A rendezett szerkezetű mágneses anyagok (ferro-, illetve ferrimágneses) B-H, illetve M-H görbéjének hiszterézise számos fizikai jelenség együttes megnyilvánulása. A főként a párosítatlan elektronok spinmomentumaiból származó, atomi mágnes momentumok rendeződésében és így a mágneses doménszerkezet kialakulásában döntő szerepet játszik a kvantummechanikai kicserélődési kölcsönhatás. Az

átmágneseződési folyamat során a doménszerkezet átrendeződik, a doménfalak elmozdulnak, illetve a mágneses momentumok a termikus gerjesztésből származó hatást legyőzve igyekeznek befordulni a külső tér irányába. A hiszterézis kialakulásában szerepe van a mágneses momentumok kölcsönhatásának, a mágneses anizotrópia jelenségének, a doménfalak – főként kristályhibák, illetve más fémtani fázisok általi – akadályozott mozgásának. A kristályhibáknak a doménfalakra és a mágneses tulajdonságokra gyakorolt hatását a következő (3.2) fejezetben tárgyalom részletesebben.

Az átmágneseződési folyamat és a mágnesezési görbék modellezésére számos lehetőség nyílik. E munka nem vállalkozik a hiszterézis modellek teljes körű tárgyalására csak a műszaki szempontból legfontosabbnak ítélték említésére. A mágneses hiszterézis leírására született modelleket jellegük szerint három fő csoportba sorolhatjuk. Beszélhetünk ún. mikrofizikai, energetikai és makroszkopikus modellekről.

A mikrofizikai modellek kísérletet tesznek a rendkívül nagyszámú (köbcentiméterenként néhány-szor 10^{22} darab) elemi mágnes momentum kollektív mozgásának leírására.

Az úgynevezett energetikai modellek esetén figyelembe vesszük a termodinamikai rendszer belső energiájának (U) lényeges tagjait és a konfigurációs entrópiát (S). Ismert, hogy egy termodinamikai rendszer egyensúlyi állapota a Helmholtz-féle szabadenergia ($F=U-TS$) minimumához tartozóan határozható meg. A legismertebb az ún. Stoner-Wohlfarth modell [15], [14], aminek alapgondolatára számos további energetikai modell is épül. Ezekben általában egydomen méretű, egymással kölcsönhatásban nem álló mágneses részecskéket tételezünk fel s a hiszterézis kialakulásának fő oka a mágneses anizotrópia. E modelleket – egyebek mellett – sikeresen alkalmazzuk a mágneses vékonyrétegek viselkedésének leírására.

A mérnöki alkalmazásokhoz legjobban a viszonylag gyorsan illeszthető makroszkopikus vagy fenomenologikus modellek felelnek meg, amelyekben kizárólag a mérhető fizikai mennyiségek között keresünk összefüggéseket.

A két legismertebb makroszkopikus modellcsalád a

Preisach és a Jiles-Atherton modell. A Preisach [17], [18], illetve az ennek alapgondolatára épülő további számos modell a ferromágneses anyagot nagyszámú, kétállapotú, azaz szögletes elemi hiszterézis operátor segítségével írja le. Ezen eltérő koercitív térrel rendelkező hiszteronok a Preisach eloszlásfüggvénynek megfelelő súllyal befolyásolják a tömbi mágneses viselkedést.

A Jiles-Atherton modell [16] alapgondolata szerint a hiszterézismentes és a normál mágnesezési görbe adott külső mágneses térhez (H) tartozó különbsége arányos a normál mágnesezési görbe H -szerinti deriváltjával, azaz e különbség a mágnesezési folyamat hajtóerejének tekinthető.

Számos további makroszkopikus hiszterézis modellt ismerünk, mint például a rugalmasan és képlékenyen egyaránt deformálódó mechanikai és szerkezeti rendszerekre gyakran alkalmazott Bouch-Wen modell [21] vagy a neurális hálózatok felhasználásával készített modellek [22], [23].

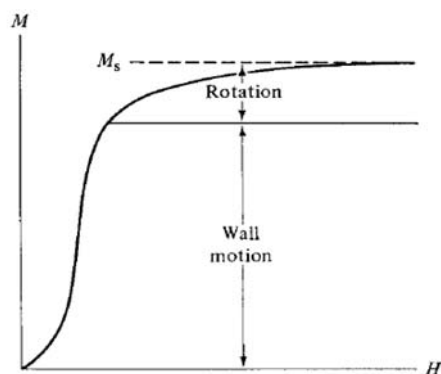
A fenomenologikus modellek közé sorolható az ún. T-modell is [25], [26], ami viszonylag egyszerű, zárt alakú matematikai összefüggésekkel írja le a mágneses hiszterézis jelenségét. A $T(x)$ modell alapgondolata szerint bármely hiszterézis hurok előállítható a hiszterézismentes görbe egyidejű a_i vízszintes és β függőleges szimmetrikus eltolásával. A normál mágnesezési görbe –a definíciójának megfelelően– a szimmetrikus belső hiszterézis görbék (minor hurkok) csúcspontjainak mértani helyeként kerül kiszámításra [25].

3.2 A doménfalak mozgását befolyásoló szerkezeti tényezők

Az alábbiakban igyekeztem röviden összefoglalni, és értelmezni a doménfalak és a kristályhibák kölcsönhatásait.

Az átmágnesezési folyamat két alapvetően eltérő kinetikájú folyamatra bontható. A viszonylag kis külső tér tartományban az átmágneseződés a doménfalak mozgásával, amíg a telítéshez közeli, nagy tér tartományban a mágneses momentumok átfordulásával, azaz a momentumforgással valósul meg (7. ábra).

A doménfalmozgási tartományban a falak olyan módon mozdulnak el, hogy azon domének térfogata,



7. ábra Az átmágneseződési folyamat két eltérő kinetikájú tartománya egy hipotetikus első mágnesezési görbe mentén.

amelyeknek az orientációja megegyezik vagy közel esik a külső mágnesező tér irányához növekszik a szomszédos domének rovasára. A mágneses telítés állapotában az anyagban lévő összes mágneses momentum a külső tér irányába áll be s így a teljes térfogat egy doménné válik, a doménfalak megszűnnek.

A hibamentes egykristályos anyagokban a doménfalak elmozdulása lényegében akadálymentes, mozgásuk a külső térnek folyamatos függvénye, a mágnesezési folyamat reverzibilis.

A kristályhibákat, maradó feszültségeket tartalmazó polikristályos anyagokban az elmozdulni kívánó doménfalak útjába akadályok kerülnek, amik mozgásukat nehezítik vagy lehetetlenné teszik nehezítve ezzel az átmágneseződési folyamatot. Ebben az esetben a doménfalak ugrásszerűen mozognak, az átmágneseződési folyamat vesztességgé, azaz irreverzibilissé válik, ami a Barkhausen-zaj létrejöttét eredményezi.

A doménfalak mozgását „akadályok” (pinning sites) és a maradó mikrofeszültségek egyaránt akadályozzák [27]. Ahol „akadály” alatt értjük az ötvözetekben létrejövő kiválásokat például karbid, foszfid, szulfid vagy egyéb krisztallitokat, az üregeket és repedéseket. Mágneses szempontból az akadályok a környező anyagtól eltérő spontán mágnesezettségű térfogatrészek. Esetenként az akadályok mágnesezettsége zérus, ilyenek például a folytonossági hiányok (üregek, repedések) és a nem mágneses (para-, dia- vagy antiferromágneses) szemcsék.

Az akadályok és a doménfalak kölcsönhatása

A doménből álló mágnesezett térfogat egyensúlyi állapotát meghatározó két legfontosabb energetikai tag; a doménfal energia és a magnetosztatikus energia [27]. Az egyensúlyi doménméret e két tagból álló kifejezés minimalizálásával határozható meg.

$$E = E_{ms} + E_{dw}$$

Amikor az elmozduló doménfal ráfut egy akadályra, azon megakad. Ennek egyik oka a doménfal felületének és így a doménfal energiájának csökkenése (8/a. és 8/b. ábrák). Ha r sugarú gömbnek tételezzük fel az akadályt, akkor a doménfal energia csökkenése $\pi r^2 \sigma$, ahol σ az egységnyi felületű fal energiája. Néel (1944) rámutatott arra, hogy az akadályok (kiválások) felületén kialakuló mágneses póluseloszlás (ún. szabad mágneses pólusok), illetve ennek változása nagymértékben hozzájárul az akadályok falmozgást nehezítő hatásához.

A 8/c. ábra szerinti gömb alakú kiválás felületén kialakuló mágneses póluseloszlás magnetosztatikus energiája az alábbi kifejezés szerint írható fel.

$$E_{ms} = \frac{1}{2} \mu_0 N_d M_s^2 V = \frac{2}{9} \pi \mu_0 M_s^2 r^3 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^3} \right)$$

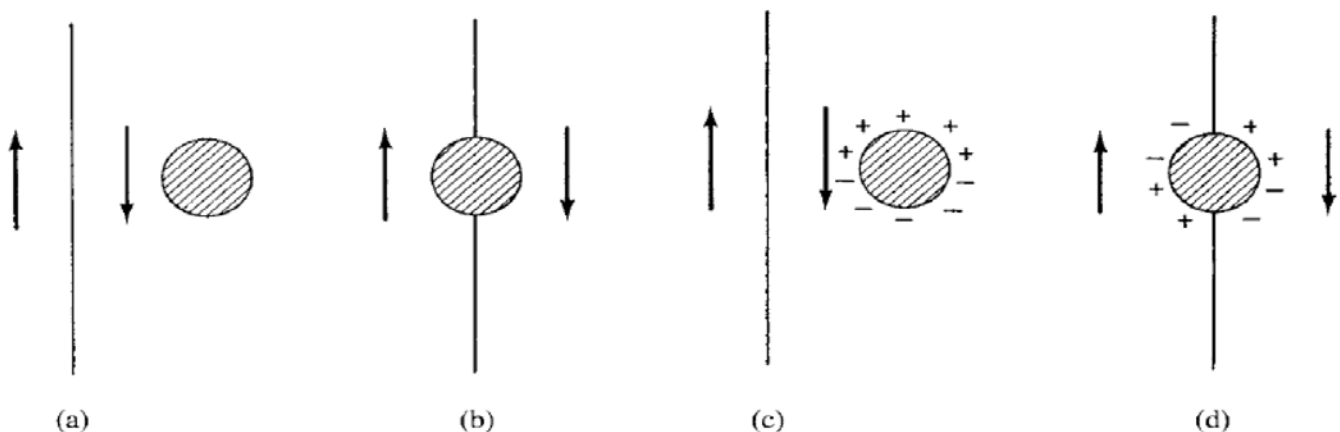
Ahol: N_d a lemágnesezési tényező, M_s a telítési mágnesezettség, V a szemcse térfogata, r a gömb sugara.

Ha a doménfal ráfut egy akadályra a póluseloszlás megváltozik (8/d. ábra), a magnetosztatikus energia közel a felére csökken, amivel a doménfal további mozgását, illetve leszakadását az akadályról nehezíti.

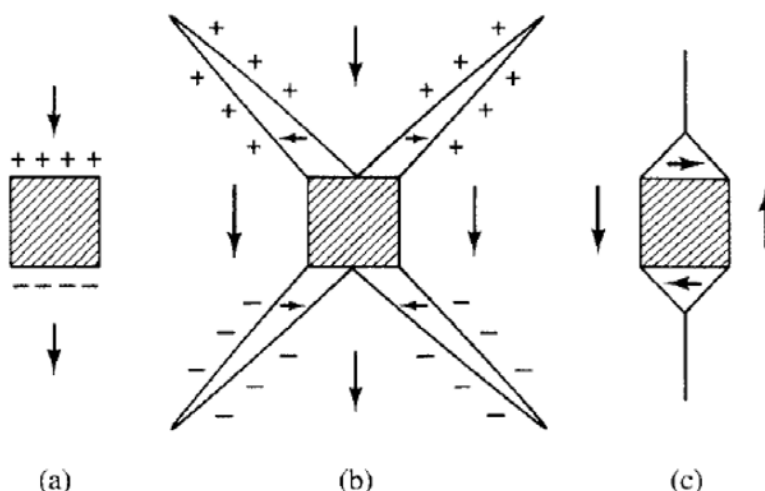
Néel elméleti megfontolások alapján javasolta a tűske (spike) és lezáró (closure) domének feltételezését is. A spike domének létezését 1947-ben Williams igazolta FeSi ötvözetben.

A teljes mértékben a domén belsejében lévő, kocka alakúnak feltételezett kiválás felületén relatíve nagy mágneses pólussűrűség alakul ki (9/a. ábra), amit a kialakuló nagy felületű tűske domének csökkentetnek, illetve a lezáró domének létrejötté megszüntet. Azaz, a kiválás magnetosztatikus energiáját a tűske domének csökkentik, a lezáró domének kialakulása pedig zérusra redukálja. Tehát ha egy doménfal átmetsz egy akadályt annak magnetosztatikus energiája zérusra csökken(het) a lezáró domének létrejöttével. Ennek „ára”, hogy a teljes rendszer energiáját növeli a hozzáadódó domének doménfal energiája, ami azonban elhanyagolható a magnetosztatikus energia csökkenése mellett.

Megállapítható, hogy az akadályok körül kialakuló tűske és lezáró domének erősebb kölcsönhatást mutatnak a mozgó doménfalakkal mint az akadály maga. A doménfal akadályon való áthaladásának lépéseit szemlélteti a 10. ábra. Az elmozdulás során először a lezáró domének hosszúkás, csőszerű doménekké alakulnak, illetve új domének jönnek létre (10/b. ábra) amit a csődomének megnyúlása követ (10/c. ábra). Az átmágneseződés e folyamatai reverzibilisek, azaz



8. ábra Az „akadályok” és a doménfalak kölcsönhatása [27].



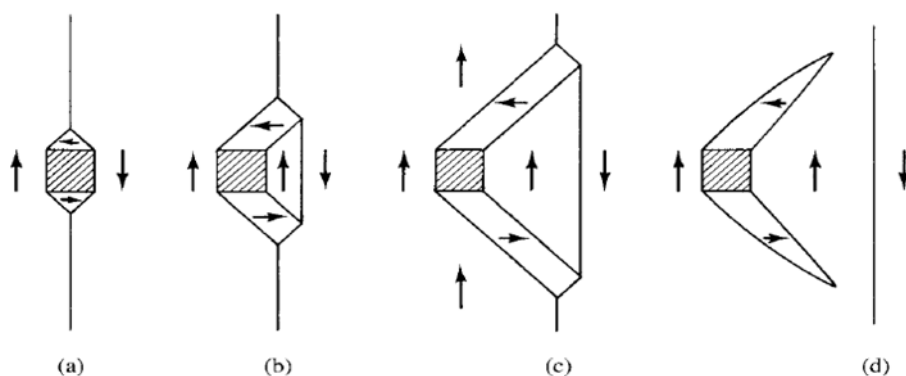
9. ábra A tűske és lezáró domének egy kocka alakú kiválás körül.

a mágnesező tér megszűnésével az eredeti doménkép visszaáll, a folyamat energia veszteséggel nem jár. A fal további, kritikus mértékű elmozdulása során a csődomének lepattannak a mozgó doménfalról és a fal akadálytalanul továbbhalad (10/d. ábra). Ez a mágnesezettség ugrásszerű megváltozását okozó ún. Barkhausen-ugrás, ami már irreverzibilis doménfalmozgást jelent.

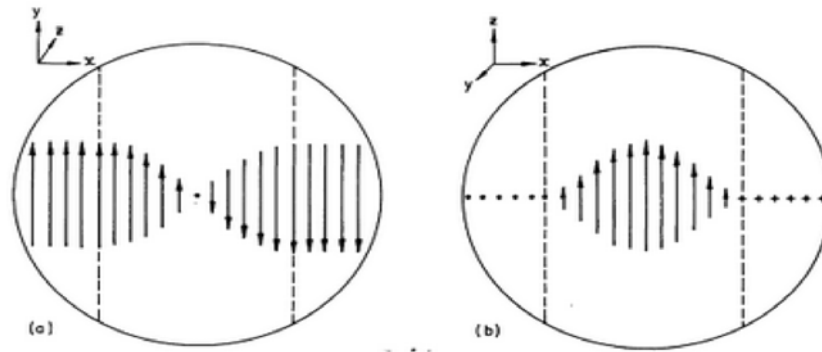
Megállapítható tehát, hogy kis és nagyméretű akadályok egyaránt nehezítik a doménfalak mozgását. A kisméretűek főként annak révén, hogy csökkentik az őket tartalmazó doménfal energiáját, a nagyméretűek pedig a körülöttük kialakuló tűske és lezáró domének révén. Egységnyi térfogatú akadály akkor akadályozza a legnagyobb mértékben a doménfal mozgást, ha mérete közel megegyező az elmozduló doménfal vastagságával.

A mechanikai feszültségek és a doménfalak kölcsönhatása

A mechanikai feszültségeket két alapvető csoportra oszthatjuk. Beszélhetünk külső feszültségekről, amiket külső terhelő erők hoznak létre és maradó feszültségekről, amik az anyagban visszamaradnak a külső terhelés megszűnését követően. A maradó feszültségeket hatótávolságuk alapján feloszthatjuk makro- és mikrofeszültségekre. A makrofeszültségek közel állandóak a szemcseméretet meghaladó méretű tartományokban, amíg a mikrofeszültségek értéke jelentősen változik, sokszor előjele is megfordul a szemcseméretnek megfelelő mérettartományokban. A maradó mikrofeszültségek a kristályhibák, elsősorban a diszlokációk feszültségteréből adódódnak. Ezek a kristályhibák velejárói, azoktól nem választhatók el így a reális anyagok esetén



10. ábra Doménfal akadályon való áthaladásának lépései [27].



11. ábra Egy 180°-os doménfal képe az elválasztott domének irányítottságával párhuzamos (a) és arra merőleges (b) irányokból. A (b) ábra mutatja a doménfal eredő mágneses momentumát, ami a bemutatott esetben merőleges a szomszédos domének irányára [30].

mindig megjelennek. Mérnöki szempontból a maradó makrofeszültségek fontosabbak ugyanis ezek az inhomogén képlékeny alakváltozás hatására, illetve fáradási, törési folyamatok során alakulnak ki. A makrofeszültségek tehát az anyag előéletétől függőek, azonban megfelelő hőkezeléssel nagymértékben csökkenthetők. A makrofeszültségek a röntgen diffrakciós spektrum vonalainak eltolódását, amíg a mikrofeszültségek e vonalak kiszélesedését okozzák.

A külső és a maradó feszültségek mindkét fajtája kölcsönhatásba lép a doménnel és doménfalakkal. Amint az a következőkből kitűnik egymásra gyakorolt hatásukat feszültségterek kölcsönhatásaként is értelmezhetjük.

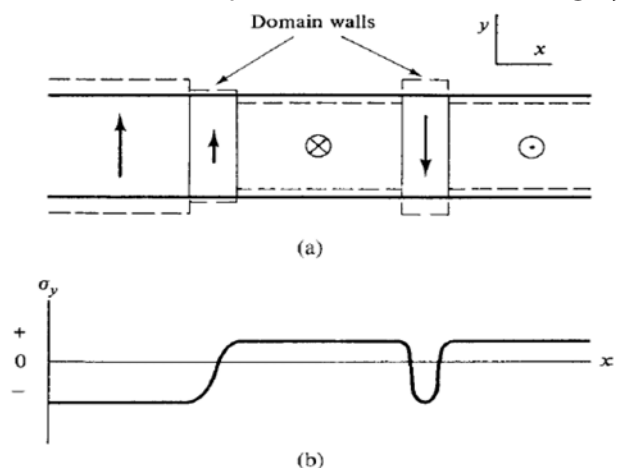
A kristályhibák és doménfalak kölcsönhatása

A kristályhibák mindegyike torzítja a kristályrácsot, ami a hibák környezetében mechanikai feszültségteret (maradó mikro-feszültségek) hoz létre. Ez a feszültségteret léphet kölcsönhatásba a doménfalak környezetében kialakuló feszültségekkel s így hatást gyakorol a falak mozgására.

A doménfalaknak eredő mágneses momentumuk van. Az 11. ábra bemutatja egy 180°-os doménfal képét az elválasztott domének irányítottságával párhuzamos (11/a. ábra) és arra merőleges (11/b. ábra) irányokból. A 11/b. ábra szemlélteti a doménfalnak eredő mágneses momentumát, ami merőleges a szomszédos domének irányára. A magnetostrikció jelensége miatt a mágneses momentummal rendelkező tartományoknak rugalmasan deformálódnak és ezért bennük feszültségek jönnek

létre. Tekintve, hogy a doménfalak vastagsága lényegesen kisebb, mint a domének mérete ezért a doménfalban foglalt anyag rész nem képes szabadon alakváltozni aminek, eredményeképpen a domén és a doménfal között feszültség alakul ki. A 8. ábra által bemutatott esetben ez a feszültség merőleges a domének orientációjára. Fogalmazhatunk tehát úgy, hogy a doménfalak sajátos mikrofeszültséget hoznak létre az anyagban, ami kölcsönhatásba lép a kristályhibák feszültségterével.

A 12/a. ábra által bemutatott eset egy pozitív magnetostrikciójú anyag (pl. acél) spontán mágnesesződés eredményeképpen létrejövő három doménjét mutatja be, az őket elválasztó 90° és 180°-os doménfalakkal. (A szaggatott vonalak érzékeltetik az egyes részek kiterjedését, ha azok szabad alakváltozásra lennének képesek.) A minta hossz tengelye



12. ábra Példa a magnetostrikció által okozott mikrofeszültségekre [27]. (A zéró szint paramágneses állapotú anyagra vonatkozik.)

mentén kialakuló, a magnetostrikcióból eredő feszültség y-komponensét mutatja a 12/b. ábra. A magnetostrikció által létrehozott mikrofeszültségek a $\lambda \cdot E$ nagyságrendjében vannak (ahol: λ a magnetostrikciós állandó, E a Young-modulusz). Ez a szerkezeti acélok esetén 7 Mpa körüli érték, ami viszonylag csekély azonban a domének, illetve doménfalak és kristályhibák közötti kölcsönhatást lehetővé teszi.

Ha a szokásos meghatározástól eltérő módon kristályhibának tekintünk minden olyan rácsbeli képződményt, ami mikrofeszültséget hoz létre a rácsban, akkor a doméneket és a doménfalakat kristályhibaként is értelmezhetjük. Ilyen értelemben a ponthibák, diszlokációk, felületszerű hibák és a domének, illetve doménfalak közötti kölcsönhatásokat tekinthetjük kristályhibák közötti kölcsönhatásoknak, amikben ezek feszültségtérre hat egymásra. A diszlokációknak a doménfalak mozgására gyakorolt

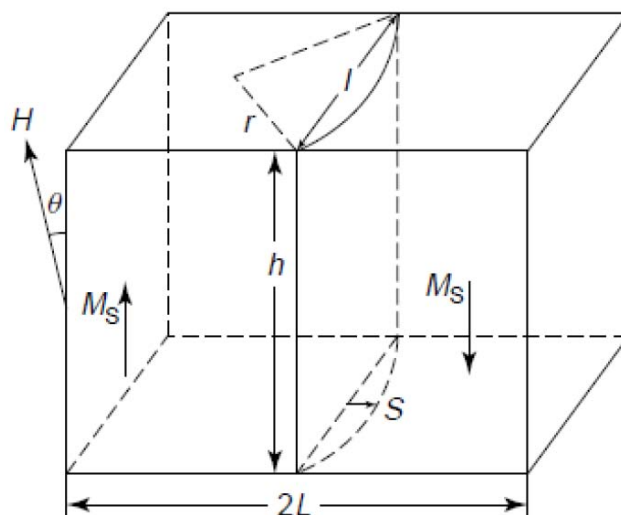
hatás, hogy a diszlokáció körül kialakuló feszültségtér átmérője kisebb, mint a szokásos doménfal vastagság és a diszlokáció vonala általában nem párhuzamos a mozgó doménfallal. Ezért a rendezetlen, diszperz eloszlású diszlokációk viszonylag gyenge kölcsönhatást mutatnak a doménfalakkal. Ha a diszlokációs szerkezet átalakul, a diszlokációk sorokba rendeződnek, diszlokáció láncok, szubszemcse határok jönnek létre úgy azok hatékonyabban akadályozzák a diszlokációk mozgását.

Ismert, hogy a spontán mágneseződési folyamat eredményeképpen kialakuló domének mindig valamelyik könnyű mágnesezési irányba mutatnak. Így az acélok esetén (ahol a könnyű mágnesezési irány az $\langle 100 \rangle$) 90° és 180° -os doménfalak jönnek létre. Ezek mozgási eltérő módon történik. Ha egy 90° -os fal áthalad egy tartományon akkor ott a magnetostrikció jelensége miatt méretváltozás történik, ami megváltoztatja a térfogatrész feszültségi állapotát. A 180° -os fal elmozdulásakor csak a mágnesezettség iránya változik (ellentétesre) így további magnetostrikciós feszültség nem jön létre [28].

A ponthibák, diszlokációk és felületszerű hibák és a doménfalak kölcsönhatásának leírására számos bonyolult analitikus modell készült [29], [30], [31], [32]. Az alábbiakban két modell alap gondolatát és végeredményét mutatom be.

A Kersten-Néel modell [27]

Ez a modell egymástól l távolságban lévő két akadályon elakadt doménfal mozgását vizsgálja. Feltételezi, hogy a doménfal rugalmas membránként írható le, külső tér hatására az elmozdulni kívánó doménfal kihajlik, majd a tér zérusra való csökkenése esetén rugalmasan visszaegyeneseedik leírva ezzel a veszteség mentes, reverzibilis mágnesezési folyamatot (13. ábra).



13. ábra A doménfal deformációja a külső mágnesező tér hatására.

A doménfal kismértékű kihajlásából számított kezdeti szuszceptibilitás (κ_{in}):

$$\kappa_{in} = \frac{\mu_0 M_s^2 l^2 h (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)^2}{3 \gamma_\pi L}$$

A kihajló doménfal amikor eléri a kritikus mértékű kihajlást „lepattan” az akadályokról és tovább halad. A falnak az akadályokról való leszakításához (unpinning) szükséges kritikus tér:

$$H_c = \frac{\gamma_\pi \cos \phi_{kritikus}}{\mu_0 M_s l (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}$$

Ahol: M_s a telítési mágnesezettség, l a távolság a két akadály (pinning site) között, L a domén hosszúsága, γ_π az egységnyi felületű doménfal energiája, h a doménfal magassága (13. ábra szerint), θ_1 és θ_2 a mágnesezettség és a külső mágneses tér relatív szöge a doménfal két oldalán, $\phi_{kritikus}$ a doménfal kritikus

kihajlását jellemző szög (a végpontokon az egyenes doménfal normálisa és a kihajló fal érintője közötti szög).

Látható, hogy az akadályok távolságával a kritikus tér fordítottan arányos, azaz az egymáshoz közeli akadályok doménfal mozgást nehezítő hatása lényegesen nagyobb, mint az egymástól nagy távolságban lévőké.

A Globus-Guyot modell [27]

Ezt a modellt elsősorban ferritek mágneses tulajdonságainak modellezésére fejlesztették, de alkalmazhatónak bizonyult más anyagok esetén is a szemcsehatárokon elakadt, azokon kezdetben rugalmas membránként viselkedő majd a kritikus tér elérésekor azokról leszakadó doménfalak viselkedésének leírására.

A szemcsehatáron elakadt doménfal kismértékű kihajlásából számított kezdeti szuszceptibilitás (κ_{in}):

$$\kappa_{in} = \frac{\mu_0 M_s^2 D}{\gamma \pi}$$

A falnak a szemcsehatárról való leszakításához (unpinning) szükséges kritikus tér:

$$H_c = \frac{2f}{\mu_0 M_s D}$$

Ahol: M_s a telítési mágnesszettség, D a szemcse méret, $\gamma \pi$ az egységnyi felületű doménfal energiája, f a szemcsehatárnak az egységnyi hosszúságú doménfalra gyakorolt akadályozó hatását kifejező tényező („pinning force” amiről feltételezi a modellt, hogy független az alkalmazott külső tértől).

A modell szerint a kritikus tér fordítottan arányos a szemcse mérettel, azaz a kis szemcsék határainak doménfal mozgást nehezítő hatása lényegesen nagyobb, mint a nagyméretűeké. Ez a megállapítás összhangban van a koercitív tér és a szemcse méret között ismert fordított arányossággal.

4. Mágneses mérés technikai és mérés metodiai fejlesztések

E fejezetben ismertetem néhány mérés technikai, illetve műszer fejlesztésem eredményét. Ezek a fejlesztések a Budapesti Műszaki és

Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszékének mágneses anyagvizsgáló laboratóriumában történtek. Későbbi kutatásaink során – számos esetben – ezeket a mérőberendezéseket alkalmaztuk egyebek mellett a leromlási, és a fázisátalakulási folyamatok nyomon követésére. A kifejlesztett mágneses mérőeszközök jól használhatónak bizonyultak az egyetemi oktatási tevékenység során is.

4.1 AC-magnetométer

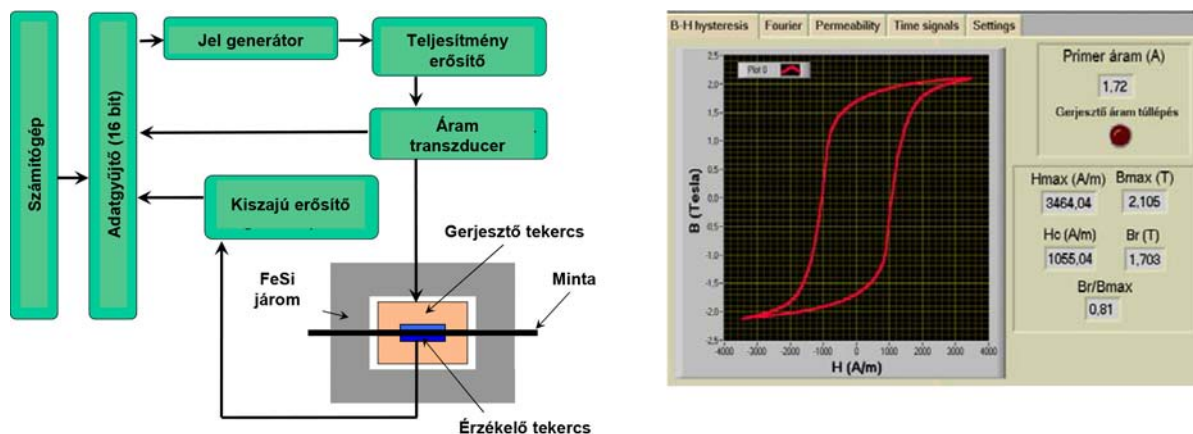
A váltóáramú gerjesztésű (AC) és teljes mértékben számítógép vezérelt magnetométer berendezés blokkvázlatát a 14. ábra mutatja. A mérési összeállítás a hozzá kapcsolódó mérőbefogókkal lehetővé teszi eltérő geometriájú minták mérését, egyebek mellett módot ad toroid, lemez és henger alakú minták mérésére. A lemez alakú minták mérésére ún. SMT (sheet metal tester) elrendezés szolgál, amiben a gerjesztő, illetve a mérőtekerccs a minta körül helyezkedik el. A mágneskör fluxusát a minta végeihez illeszkedő U-alakú, szimmetrikus járom zárja.

A berendezéshez készített saját fejlesztésű vezérlő és kiértékelő programban a mérés paraméterei szabadon változtathatóak. A gerjesztő jel frekvenciája és alakja tetszés szerint, előre programozottan változtatható. A gerjesztő tekercs meghajtását feszültségvezérelt áramgenerátor üzemmódban működő teljesítményerősítő végzi. A mérési összeállítás lehetővé teszi a minták ciklikus lemágnesezését, a szimmetrikus belső hiszterézis alhurkok, a permeabilitás görbe és a normál mágnesezési görbe mérését. Az adattömbökben tárolt mérési adatokból közvetlenül meghatározza a telítési indukció, remanens indukció, koercitív tér, a veszteségi tényező értékét, továbbá a kezdeti és maximális permeabilitás értékeket (14/b. ábra).

4.2 Rezgőmintás magnetométer

A mérőberendezés egy új konstrukciójú rezgőmintás magnetométer (Vibrating Sample Magnetometer – VSM), ami különösen alkalmas szerkezeti acél, illetve lágy és keménymágneses anyagok mágnesezési görbéinek mérésére.

A VSM magnetométer működésének elve, hogy minden mágneses térbe helyezett anyagban mágneses



14. ábra a, Az AC magnetométer és SMT elrendezésű mérőbefogójának vázlatja
b, Az AC magnetométer LabView vezérlőpaneljének egyik képernyőképe

momentum indukálódik, ami arányos a minta mágneses szuszceptibilitásának (κ) és a külső mágneses térerősségnek a szorzatával. Természetesen, a ferro-, illetve ferrimágneses anyagok esetén a szuszceptibilitás a térerősség függvényében nemlineárisan változik. Ha a minta szinuszos rezgőmozgást végez, akkor a közelében elhelyezett egy vagy több detektor tekercsben szintén szinuszos feszültséggel indukálódik. Ez az indukált feszültség arányos a minta mágneses momentumával, a rezgés amplitúdójával és frekvenciájával. Egy megfelelően kialakított referencia tekercs alkalmazásával azonban a mért jel a frekvenciától és az amplitúdótól függetlenné tehető, így a magnetométerrel a minta mágneses momentuma a külső mágneses tér függvényében kalibrálhatóan meghatározhatóvá válik.

A rezgőmintás magnetométerben a mért, mágneses

dipólussal rendelkező mintának ún. szabad mágneses pólusai vannak, azaz a mérés a nyílt mágneskörös mérési elrendezések közé tartozik. Ennek megfelelően a mérési eredmény kiértékelésekor szükséges lehet a minta lemágnesezési tényezőjének figyelembe vétele.

A felépített magnetométer konstrukciója eltér a hagyományos ún. Foner-féle magnetométerektől, ugyanis e mérési elrendezésben a minta a szokásostól eltérő módon a mágneses tér erővonalával párhuzamosan rezeg ezért a magnetométer elrendezést PMVSM-nek (Parallel Motion VSM) neveztem el (15. ábra).

Az új elrendezés előnyei az alábbiak; nagy érzékenység, egyszerűbb és gyorsabb mintacsere és pozícionálás, egyszerűbb detektortekercs elrendezés. Továbbá, mivel a minta rezgőmozgása egy erővonal

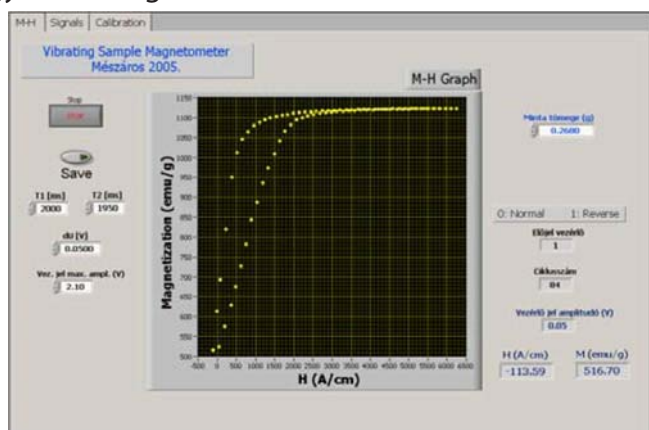


15. ábra A PMVSM berendezés rezgető egysége, rezgő mintatartó rúdja, elektromágnes és a detektor, illetve referencia tekercseket tartalmazó egység.

mentén történik ezért kisebb térfogatban szükséges csak biztosítani homogén mágneses teret, ami kisebb pólusátmérőt így kisebb teljesítményfelvételt is eredményez.

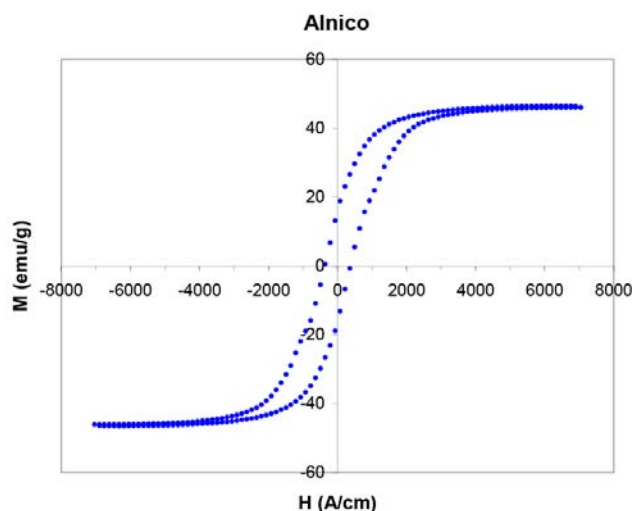
A teljesen számítógépvezérelt és mérésadatgyűjtővel felszerelt berendezés konstrukciója révén illeszkedik a mérnöki gyakorlatban előforduló minta alakokhoz és méretekhez, a vizsgálandó minta egy vízszintesen, alaplódosban 75 Hz frekvenciával rezgő, mintatartó rúd végén található mintatartóban foglal helyet.

A PMVSM magnetométer számos szolgáltatást nyújt. Egyebek mellett alkalmas a minta lemágnesezésére, továbbá a rendszer kalibrációjára, grafikus kezelőfelülete áttekinthető, módot ad a mért adat-sorok mentésére (16. ábra). Az elrendezés lehetővé teszi az 1-400 mg tömegű, ferromágneses minták gyors és megbízható mérését.



16/a. ábra A PMVSM berendezés LabView vezérlőpaneljének egyik képernyőképe.

A magnetométer további fontos előnye, hogy mód van a minta elforgatására a külső mágneses tér irányához képest, így módot ad a mágneses tulajdonságok irányfüggésének vizsgálatára, lehetővé téve a mágneses anizotrópia mérését. A PMVSM berendezés méreténél és alkalmazhatóságánál fogva hasznos eszköze a szerkezeti anyagok mágneses vizsgálataival foglalkozó kutatásoknak, illetve jól felhasználható oktatási feladatokhoz. A PMVSM berendezés főként a mérnöki gyakorlatban előforduló mérési feladatokhoz készült. A mintacsere és beállítás gyors, reprodukálhatósága jó, működése stabil, érzékenysége megfelelő a feladatokhoz. A PMVSM berendezést sikeresen alkalmaztuk lágy- és keménymágneses, illetve szerkezeti acélok mágneses tulajdonságainak tanulmányozására. A berendezés, egyebek mellett,



16/b. ábra

Keménymágneses minta mérése során meghatározott mágnesezettség (M) és mágneses térerősség (H) adatpontok alapján felvett hiszterézisgörbe (saját mérés).

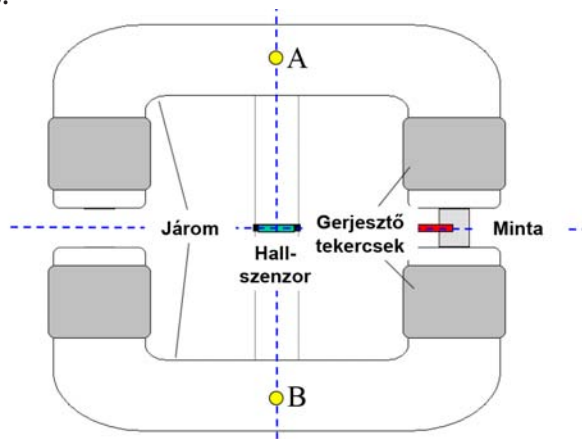
kiválóan alkalmasnak bizonyult a szerkezeti-, illetve melegsziárd acélokban alakítás, hőkezelés továbbá egyes tönkremeneteli folyamatok (fárasztás, hőfárasztás, kúszás stb.) hatására létrejövő szerkezeti változások, mágneses anizotrópia detektálására, továbbá egyes fázisátalakulási folyamatok nyomon követésére. A vizsgált minták, jellegükből adódóan, viszonylag nagyméretűek (tipikusan 50-300 mg) és ferro- vagy ferrimágneses tulajdonságúak. A PMVSM berendezés tulajdonságait több mintán, több mérési sorozatban, körültekintően tanulmányoztam, kalibrálása nikkelből készült, gömb alakú minta segítségével történt. A legfontosabb rendszer adatok az alábbiak; az M és H mérésének pontossága jobb, mint $\pm 1\%$, a mérések reprodukálhatósága $\pm 0.5\%$, érzékenysége tökéletesen megfelelőnek bizonyult szerkezeti acél minták vizsgálataihoz.

A PMVSM berendezést egyebek mellett a következő kutatási feladatok során bizonyult jól alkalmazhatónak:

- * Hőfárasztott melegsziárd acél minták indukált mágneses anizotrópiájának mérése.
- * Duplex korrózióálló acélmintákban hőkezelés által létrehozott fázisátalakulások vizsgálata.
- * Ferritporok ferri/paramágneses fázisarányának vizsgálata.

4.3 DC-magnetométer

A BME ATT tanszéken rendelkezésre álló ún. Stäblein-Steinitz rendszerű DC-magnetométert korszerűsítettük. A keresztágot tartalmazó mágneses hídkapcsolást az ún. Stäblein-Steinitz féle mágnesező jármot hasáb alakú keménymágneses minták mágneses hiszterézis görbéjének felvételére dolgozták ki a harmincas évek közepén [12], [13]. A mérés felépítése alapján az egyenáramú (DC), zárt mágneskörös mágneses mérések, közé tartozik. A mérési összeállítás egy nagyméretű, lágyvasból készült mágnesező jármot és négy gerjesztőtekercset tartalmaz. A szimmetrikus felépítésű mágnesező jármot két U-alakú félből és egy relatíve kis keresztmetszetű áthidaló ágból áll (17. ábra). Az összeállításban két, egyforma méretű légrés van: a mérő-, illetve a referencia légrés.



17. ábra

A DC magnetométer felépítésének vázlata

A mintát a mérőlégrés párhuzamos pólusfelületei közé fogjuk be. Ennek megfelelően a mintának nincsenek szabad mágneses pólusai, tehát a külső lemágnesezőter hatásával nem kell számolnunk.

Ahol:

$$\mu_0 M_{\text{Minta}} = B_{\text{Keresztág}} \frac{C_1 \left(1 + \frac{C_2}{l}\right)}{A}$$

M_{Minta} : a minta mágnesezettsége

$B_{\text{Keresztág}}$: a keresztágban mért indukció

l : a minta hossza

A : a minta keresztmetszete

C_1 és C_2 : kalibrációs tényezők

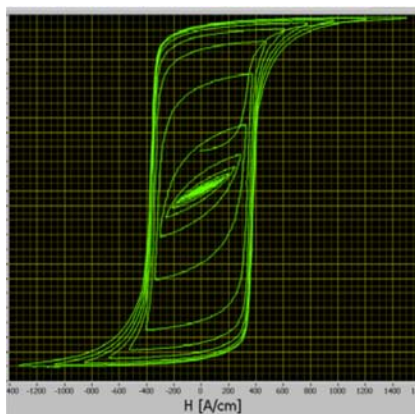
A mintában ébredő mágneses teret (H) a mérőlégrésben a minta mellett elhelyezett Hall-szonda méri. Erre az ad módot, hogy a H -tér közeghatár felületével párhuzamos (tangenciális) komponense a közeghatáron „folyamatosan megy át”, azaz a tangenciális komponens a közeghatár két oldalán megegyezik. Tehát ha a mágneses térnek csak tangenciális komponense van, akkor a mintában és a mellette lévő légrésben ébredő H -tér azonos.

A mérőlégrésbe behelyezett minta a mágneses kör szimmetriáját felborítja így a kör fluxusának egy része a kör keresztágán keresztül záródik. A minta mágnesezettsége (M) a mágneses híd keresztágában elhelyezett Hall-szonda által mért térrel egyenesen arányos.

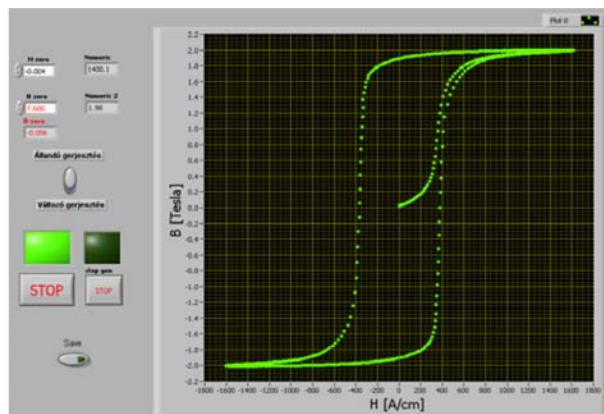
A mérési összeállítást korszerű térmérő szondákkal és elektronikával szereltük fel, továbbá vezérléséhez, illetve a mérésadatgyűjtéshez LabView felhasználásával vezérlőprogramot készítettünk. A beépített két Hall-szonda jelei kétcsatornás mérőerősítőn keresztül egy 16 bit felbontású mérésadatgyűjtő két bemenetére kerültek. A gerjesztést egy számítógép vezérelt teljesítményerősítő szolgáltatja. A berendezéshez készített vezérlőprogram módot ad a minta ciklikus lemágnesezésére, illetve a következő mágnesezési görbék mérésére: szimmetrikus és aszimmetrikus belső hiszterézishurkok, mellékhiszterézis hurkok, elsőmágnesezési, illetve szűzgörbe, normál mágnesezési görbe, hiszterézismentes mágnesezési görbe.

A berendezés különleges adottsága, hogy a szimmetrikus belső és mellék hiszterézisgörbék sorozatának mérésén túl (18. ábra), lehetővé teszi a hiszterézismentes görbe mérését is, a Bozorth-féle mérési utasításnak megfelelően [20]. Ismert, hogy a hiszterézismentes görbe pontjai az adott külső gerjesztőtér mellett az anyag egyensúlyi mágnesezettségi állapotát jellemzik. A hiszterézismentes mágnesezési görbe a minta mágneses egyensúlyi állapotát írja le és alapvető fontosságú bemenő adatokkal szolgál a mágnesezési görbe modellek számára, továbbá a hiszterézismentes mágnesezési görbéből meghatározható a minta ún. belső lemágnesezési tényezője, ami – egyebek mellett – a heterogén (pl. szemcsékből álló) mágneses szerkezetek jellemzése során rendkívül hasznos.

A DC-magnetométer alkalmas szerkezeti acélokból



18/a. ábra



18/b. ábra

18. ábra A digitalizált DC magnetométer vezérlőpaneljének két képernyőképe.

Lemágnesezési (18/a. ábra), illetve mérési üzemmódban (18/b. ábra). (saját mérés)

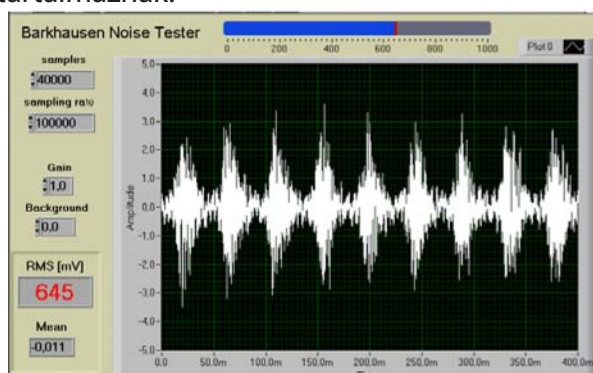
készült tömbi minták méréséhez ugyanis lehetővé teszi ezek telítésig való mágnesezését. A magnetométer különösen hasznosnak bizonyult TRIP acélban, duplex- és lean-duplex korrózióálló acélokban végbemenő fázisátalakulások vizsgálata során.

4.4 Barkhausen-zajmérés

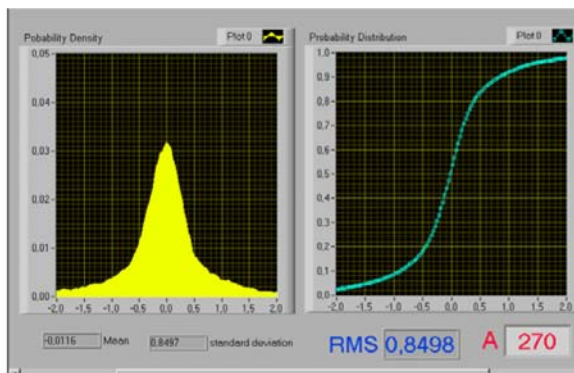
Megterveztem és felépítettünk egy digitális jelfeldolgozású Barkhausen-zaj mérőkészüléket, ami módot ad a zajjel komplex statisztikai vizsgálatára is. A berendezés segítségével nemcsak a zajjel megszokott négyzetes középértékét (RMS) hanem a zajimpulzusok amplitúdójának eloszlás, illetve sűrűségfüggvényét is módunk van meghatározni (19. ábra).

Ismert, hogy az ún. rendezett mágneses szerkezetű (ferro-, antiferro-, ferri-mágneses) anyagok telítésig mágnesezett tartományokat, ún. mágneses doméneket tartalmaznak.

Külső mágneses térben a mágneses mikroszerkezet megváltozik. Kis külső mágnes terek esetén –azaz a mágnesezési görbe kezdeti szakaszán– az átmágneseződés jellemző mechanizmusa a doménfalak mozgása, ami reverzibilis, illetve irreverzibilis lehet. E mechanizmus során a külső térrel megegyező, vagy ahhoz közeli orientációjú domének térfogata növekszik, szomszédai rovására. Ezt a folyamatot nagyobb külső terek esetén a domének belüli momentumok átfordulása az ún. forgás követi, először egyedileg majd koherens módon. Az átmágneseződés folyamata – az előbbieknél megfelelően – szükségessé teszi a doménfalak elmozdulását. A doménfalak mozgása az irreverzibilis falmozgás tartományában akadályozott, ugrásszerű módon történik, ahol egy-egy átugrás rendkívül rövid időt igényel. Ezért átmágnesezés közben a minta felületén vagy körülötte elhelyezett detektor-



19/a.



19/b.

19. ábra A digitalizált Barkhausen-zaj mérőberendezés vezérlőpaneljének két képernyőképe. Regisztrált zajjel (19/a. ábra), illetve a zaj amplitúdó sűrűség és eloszlásfüggvénye (19/b. ábra). (saját mérés)

tekercsben jól mérhető feszültség impulzusok indukálódnak. A folyamat jellegének megfelelően az átmágneseződés során az elemi impulzusok eredője egy sztochasztikusnak tekinthető zajfeszültség lesz, amit mágneses Barkhausen-zajnak nevezünk. A Barkhausen-zaj nagyságát és jellegét a minta szövetszerkezete, diszlokációs szerkezete és mechanikai feszültségi állapota együttesen határozzák meg. A Barkhausen-zajmérés roncsolásmentes (NDE) vizsgálati módszer, ami sok esetben a szerkezet, illetve a feszültségi állapot gyors vizsgálatára ad módot. A mérőberendezést számos vizsgálat során alkalmaztuk sikeresen.

4.5 DC-koerciméter

Korszerűsítettem a tanszéken található Förster-féle, koerciméter típusú, nyílt mágneskörös mérési összeállítást. A mérőkészülékben a vizsgált rúd alakú (kis lemágnesezési tényezőjű) minta egy szolenoid tekercs belsejében helyezkedik el, aminek tere azt felmágnesezi. A vizsgált minta a mágnesezettségével arányos teret hoz létre a szolenoidon kívül, amit a tekercsre adott ellenirányú gerjesztéssel zérusra kompenzálunk. A mért minta mágneses terének a szolenoidra merőleges komponensét a szolenoidon kívül elhelyezett két nagy érzékenyséű ún. Fluxset típusú mágnesmérő szonda érzékeli (20. ábra). A mérési módszer statikus térben határozza meg a minta koercitív terét így a más mérések esetén esetlegesen hibát okozó örvényáramú hatásokkal nem kell számolnunk. További fontos előny, hogy a készülékben alkalmazott mérőszondákat kizárólag zérus indikációra használjuk, így nem szükséges azokat kalibrálni.

Az ismertetett mágneses mérési összeállításokat számos kutatási munka során sikeresen alkalmaztam. Ezek két fő csoportba oszthatóak:

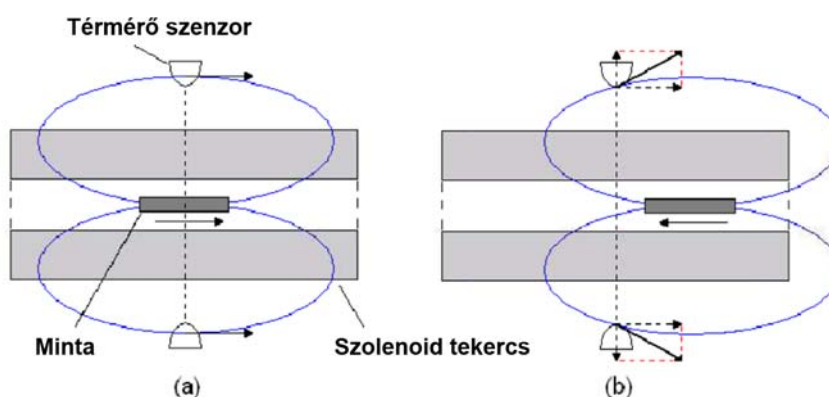
1. Melegsilárd acélokban a növelt hőmérsékletű üzemeltetés során végbemenő leromlási folyamatok, illetve szerkezeti változások vizsgálata és értelmezése.
2. Egyes mágnesezhető ötvözetekben lezajló fázisátalakulási folyamatok anyagszerkezettani hátterének vizsgálata és értelmezése.

Az utóbbi vizsgálatok az ausztenites, a superduplex és a lean-duplex korrózióálló acélokra továbbá TRIP acélra terjedtek ki.

A következő pontban –illusztrációként– lean-duplex korrózióálló acélban képlékeny hidegalakítás hatására történő martenzites fázisátalakulásnak a mágneses tulajdonságokra gyakorolt hatását mutatom be.

5 Az alakítási martenzit megjelenése lean-duplex korrózióálló acélban

A lean-duplex korrózióálló acélok (LDSS) szövetszerkezete a duplex típusokhoz hasonlóan kettős, alapvetően ferrit és ausztenit fázisokat tartalmaz leggyakrabban 40-60% vagy 50-50% arányban. Ebben az acél típusban az ausztenitet stabilizáló nikkel mangán és/vagy nitrogén ötvözéssel helyettesítik [33], [34], [35]. Az LDSS ötvözeteket alacsony nikkel tartalmuk miatt „soványduplex” néven is említik. A módosított összetételnek a nikkel magas ára miatt gazdasági előnye van, ezen túlmenően azonban felhasználás és technológiai szempontból nagy



20. ábra A DC koerciméter elvi felépítése. (a) A minta felmágnesezése. (b) Az aszimmetrikus pozícióban lévő felmágnesezett minta saját mágneses terének mérése.

C	Cr	Mn	Ni	Si	Mo	P	S	N	Cu	Fe
0.028	21.72	3.41	1.13	0.78	0.15	0.026	0.01	0.13	0.32	bal.

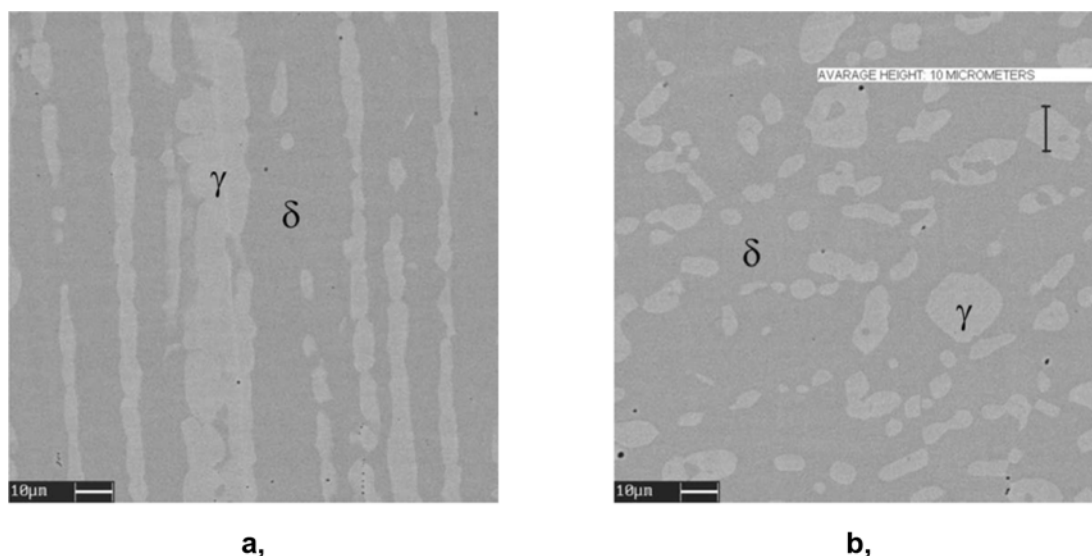
2. táblázat: A vizsgált LDSS kémiai összetétele [tömeg%].

jelentőségű, hogy a lean-duplex acélokban még hosszú idejű hőbevitel hatására sem jönnek létre a duplex korrózióálló acélok esetén elridegedési és korrózióállósági problémákat okozó σ és χ fázisok. A hőkezelési és a hegesztéstechnológiaszempontjából jelentős könnyebbiséget jelent, hogy az LDSS acélok ferrit fázisa stabilis, hőbevitel hatására nem bomlik. Azonban az LDSS acélok ausztenitje a DSS acélokhoz képest termodinamikailag kevésbé stabilis, így az ausztenites korrózióálló acélokhoz hasonlóan képlékeny hidegalakítás vagy extrém gyors hűtés hatására martenzites fázisátalakuláson mehet át így létrehozva az ún. alakítási- vagy lath-martenzit fázist. A martenzites fázisátalakulás az LDSS acélokban is az ausztenites korrózióálló acélokhoz hasonlóan három lehetséges kinetika szerint mehet végbe, azaz: $\gamma \rightarrow \epsilon$, $\gamma \rightarrow \alpha'$, $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha'$ [36], [37]. Kis mértékű képlékeny alakítás esetén a hcp rácsú ϵ -fázis, míg nagy alakítás esetén a tkk rácsú α' -martenzit dominál. A DSS, illetve az LDSS ötvözetek ausztenitjének eltérő stabilitását az eltérő rétegződési hiba energiájukkal (SFE) magyarázhatjuk. Az LDSS ötvözetek – kisebb molibdén tartalma miatt – rétegződési hiba energiája alacsonyabb, mint a DSS acéloké ezért ausztenit fázisuk is kevésbé stabilis.

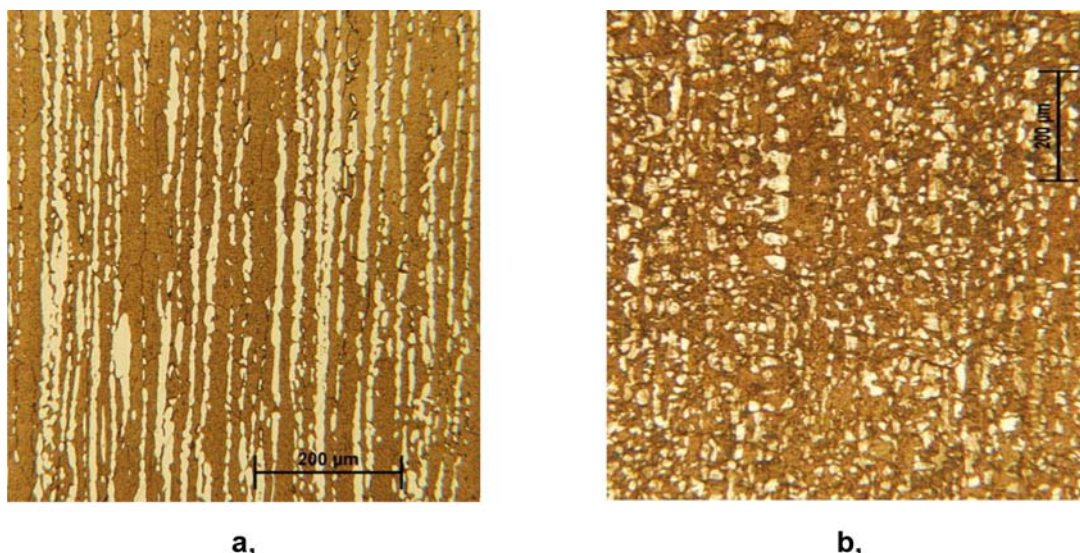
5.1 Lean-duplex korrózióálló acélon végzett vizsgálatok

A vizsgálatokat Acciaierie Valbruna S.p.a gyártmányú V2101Mn típusú, 8 mm kiindulási vastagságú lean-duplex korrózióálló acél (LDSS) lemezanyagon végeztem, aminek nominális kémiai összetételét mutatja a 2. táblázat. A gyártó közlése szerint az alapanyag a meleghengerlést követően 1050 °C hőmérsékletű 30 perces homogenizáló hőkezelést kapott. A kiindulási állapotú minta hossz és keresztirányú metallográfiai csiszolatának pásztázó elektronmikroszkópos, viszsaszórt elektron detektorral (BSE) készült szövatképet mutatják a 21/a., illetve 21/b. ábrák. A képeken a rendszámkontraszt jelensége miatt az eltérő kémiai összetételű ausztenit (γ) és ferrit (δ) fázisok jól megkülönböztethetők, a szemcsék hosszirányban elnyújtottak, az alakítás hatása megfigyelhető.

A mintákat szobahőmérsékleten, 130 mm hengerátmérőjű hengersizéken több lépésben mintegy 3 cm/s sebességgel alakítottam, a vastagságot mintegy 0,1 mm-el csökkentve szúrásoként. A kilenc darabból álló mintasorozat esetén a képlékeny hidegalakítás mértéke egyenletes lépésekben növekedett a maximális, 80%-os értékig.



21. ábra A vizsgált LDSS hossz- (a) és keresztirányú (b) csiszolatának SEM BSE képe.
Jelölt fázisok: γ - ausztenit, δ - ferrit



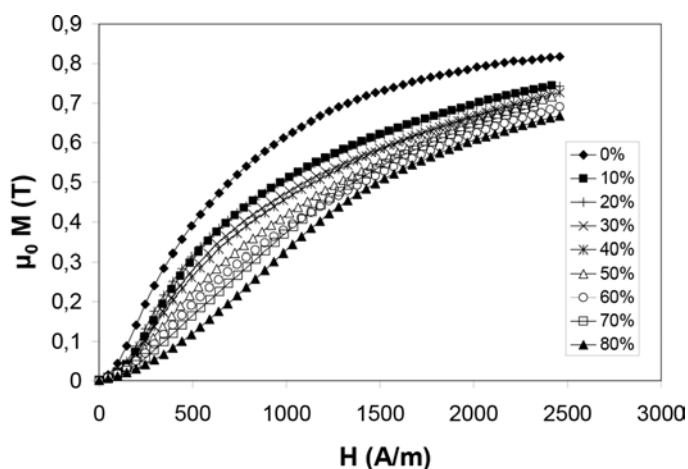
22. ábra A vizsgált LDSS hosszirányú csiszolatának optikai mikroszkópos szövetképe. (a) Kiindulási állapotban, (b) 80%-os képlékeny alakváltozást követően.

A 22. ábrán a vizsgált LDSS hosszirányú metallográfiai csiszolatának optikai mikroszkópos szövetképeit láthatjuk. A metallográfiai előkészítés Berah-féle sósav bázisú marószert alkalmazásával történt. A szövet a kiindulási állapotban alakított, soros jellegű (6.35/a. ábra), az alkalmazott legnagyobb képlékeny alakítást (80%) követően (6.35/b. ábra) megfigyelhető a szemcsék összetöredezése, felapródózódása. A metallográfiai vizsgálat során három hossz- és három keresztirányú csiszolaton, 200-szoros nagyítás mellett, 20-20 képmező kiértékelésével meghatároztam a fázisarányt, ami kiindulási állapotban 79,6% ferrit és 20,4% ausztenit értékre adódott.

A minták keménységét Buehler, Indetamet-1100

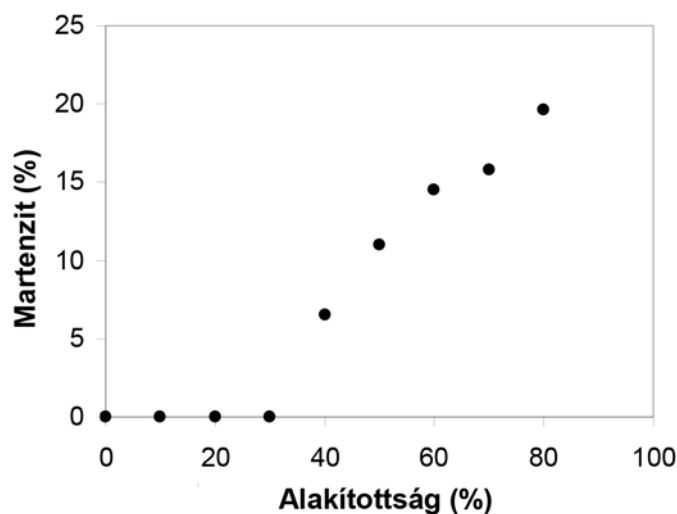
típusú keménységmérő berendezéssel 500 gramm terheléssel mértem, a Vickers-keménység képlékeny alakítás hatására történő növekedését mutatja a 27. ábra.

Az alakított lemezminták mágnesezési görbéinek mérését a 4.1 pontban ismertetett AC magnetométerrel végeztem, SMT elrendezésben. A mérőfrekvencia 5 Hz, az alkalmazott legnagyobb gerjesztő tér 2450 A/m volt. Az egyenként 200 darab szimmetrikus belső hiszterézishurok csúcspontjainak mértani helyeként adódó kilenc normál mágnesezési görbét mutatja a 23. ábra. Az ausztenit martenzites átalakulása révén létrejövő ferromágneses α' -fázis mennyiségének növekedése következtében a minták mágneses

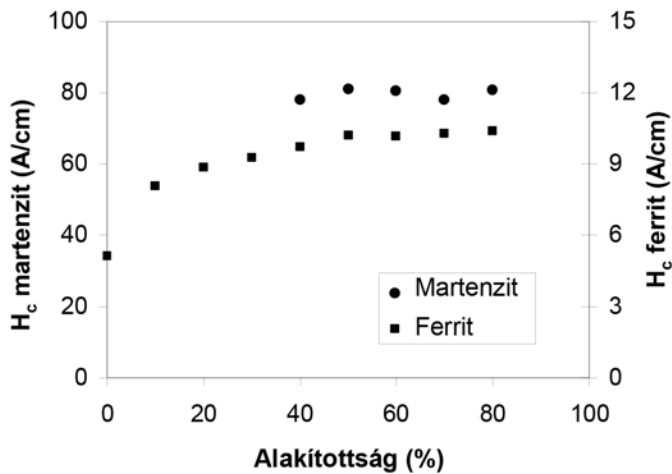


23. ábra Az alakított minták normál mágnesezési görbéi.

Mágneses polarizáció ($\mu_0 \cdot M$) a gerjesztő tér függvényében.



24. ábra Az α' -martenzit fázis mennyiségének alakulása a képlékeny alakváltozás



25. ábra A ferrit és martenzit fázisok koercitív terének alakulása a képlékeny alakváltozás mértékének függvényében.

telítési polarizációja jól láthatóan növekedett a képlékeny alakítás hatására.

A mérési eredmények kiértékelését egy korábban kifejlesztett, az úgynevezett MH-modellen alapuló eljárással végeztem [38], a modellben két irreverzibilis mágnesezési tagot feltételezve. A dekompozíciós adatkiértékelési eljárás lehetőséget adott arra, hogy a LDSS acél mintákban jelen lévő két ferromágneses tulajdonságú fázis (ferrit, martenzit) mágnesezési görbéit és relatív arányukat számítással meghatározzam, vagyis a minta tömbi mágneses tulajdonságai-ból a felépítő szövetelemek mágneses tulajdonságaira következtessék.

A 24. ábra a ferromágneses alakítási martenzit fázis számítással meghatározott relatív mennyiségét, a 25. ábra pedig a ferrit és a martenzit fázisok koercitív terének változását mutatja a képlékeny alakítottság mértékének függvényében. A martenzit fázis mennyiségének számítása során feltételeztem, hogy a ferrit mennyiségét a képlékeny alakítás nem befolyásolja, így annak mennyisége, az alakítottságtól függetlenül, a kiindulási 79,6%.

Megfigyelhető, hogy a ferromágneses α' -martenzit fázis mintegy 30%-os képlékeny alakítást követően jelenik meg az ötvözetben, ez alatt a kiértékelési eljárás nem adott értékelhető mennyiségű martenzitet.

30%-os alakítottság fölött a kimutatott α' -martenzit mennyisége monoton, közel lineárisan növekszik egészen 19,6% értékig, ami meglehetősen közel esik

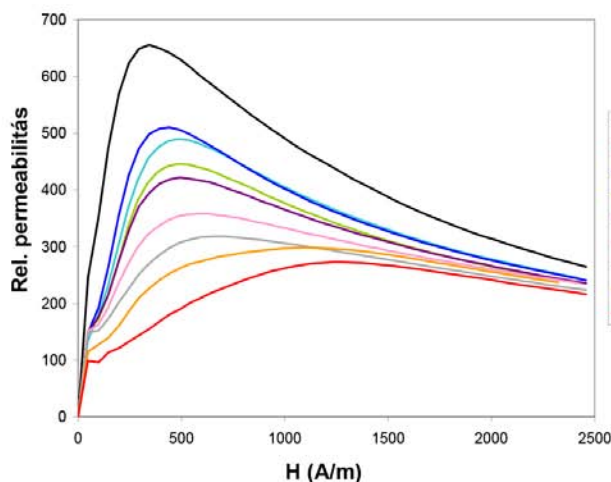
az ausztenit mennyiségének kiindulási 20,4%-os értékéhez, azaz megállapítható, hogy az alkalmazott legnagyobb képlékeny alakítás (80%) hatására közel a teljes ausztenit fázis ferromágneses tulajdonságú α' -martenzitté transzformálódott. A kiértékelési eljárás módot adott a ferrit és martenzit fázisok telítési polarizációjának számítására ezek rendre 0,942 T és 0,911 T értékre adódtak.

A martenzit fázis koercitív tere az alakítás mértékétől függetlennek tekinthető, nagysága 79,5 A/cm értékűre adódott. Azaz feltételezhetjük, hogy a kialakuló martenzit szerkezete nem változik a képlékeny alakítás során. Azonban, a ferrit fázis koercitív tere a kis alakváltozási tartományban (30% alatt) jelentős emelkedést mutat. Ebből arra következtettem, hogy kis képlékeny alakváltozás esetén a ferrit szemcsék jelentősen deformálódnak, diszlokáció-sűrűségük és így koercitív terük is növekszik.

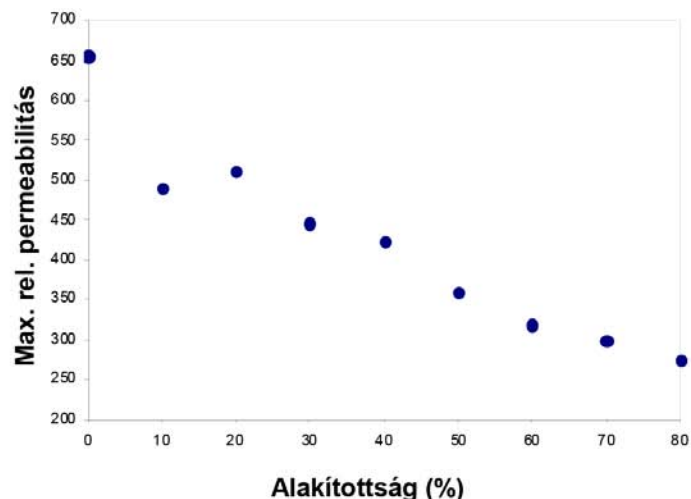
Az AC magnetométeres mérések eredményei alapján meghatározott relatív differenciális permeabilitás görbéket és a maximális permeabilitás alakulását láthatjuk a képlékeny alakítottság mértékének függvényében a 26/a., illetve 26/b. ábrákon. Az alakítás hatására a permeabilitás jelentősen csökken, ami a minták mechanikai és mágneses keményedésével, azaz a Vickers keménység és a koercitív tér növekedésével (27. ábra) összhangban van. A tömbi minta koercitív terének emelkedése kis alakváltozási tartományban (30% alatt) a ferrit keményedésével, ennél nagyobb alakítottság esetén pedig a kialakuló α' -martenzit hatásával magyarázható.

Az alakított LDSS mintákon fázisanalízis céljából röntgen diffrakciós méréseket végeztünk Siemens D500 XRD diffraktométer berendezéssel. A kiindulási állapothoz tartozó spektrumban az ausztenit (γ) fázishoz tartozó csúcs jól látható, a 80%-os alakítottságú minta spektrumából azonban ez a csúcs már hiányzik, illetve a kimutathatósági határ alatt van, vagyis megállapítható, hogy 80%-os mértékű képlékeny alakítás hatására az ausztenit teljes mennyisége α' -martenzitté transzformálódott, ami lehetőséget adott a következőkben ismertetendő DC-magnetométeres mérések kalibrálására.

Az alakított LDSS acél minták DC mágnesezési görbéit a 4.3 pontban ismertetett DC-magnetométerrel is megmértem. Ez a magnetométer hasáb, illetve henger alakú minták mérésére alkalmas. Ezért a



a,



b,

26. ábra Az alakított LDSS minták relatív differenciális permeabilitás görbéi (a) és a maximális permeabilitás alakulása (b) képlékeny alakítás hatására.

hengerléssel alakított mintákból a 28. ábrának megfelelő módon rétegezéssel a mérőkészülék adottságaihoz jól illeszkedő 20*15*15 mm méretű hasáb alakú mintákat készítettem.

A DC magnetométeres méréshez illeszkedő minták kialakítása a hengerelt LDSS szalagokból.

A minták ciklikus lemágnesezését követően megmértem a első mágnesezési görbéiket (29. ábra). A DC magnetométerrel mód volt mintegy 2250 A/cm maximális gerjesztés alkalmazására, ami lehetővé tette a minták telítésig való mágnesezését. Látható, hogy a minták telítési polarizációja folyamatosan és jelentős mértékben növekedett a képlékeny alakítás

hatására bekövetkező ausztenit→martenzit fázisátalakulás következtében.

Ismert, hogy az ötvözetek mágneses telítési polarizációja egyenesen arányos a bennük lévő rendezett szerkezetű (ferro-, illetve ferrimágneses) mágneses fázisok mennyiségével [24]. A két ferromágneses fázist, ferritet és martenzitet tartalmazó LDSS esetén a minta eredő mágneses polarizációja

$$\mu_0 M_S^{\min ta}$$

továbbá a δ -ferrit

$$\mu_0 M_S^{\delta}$$

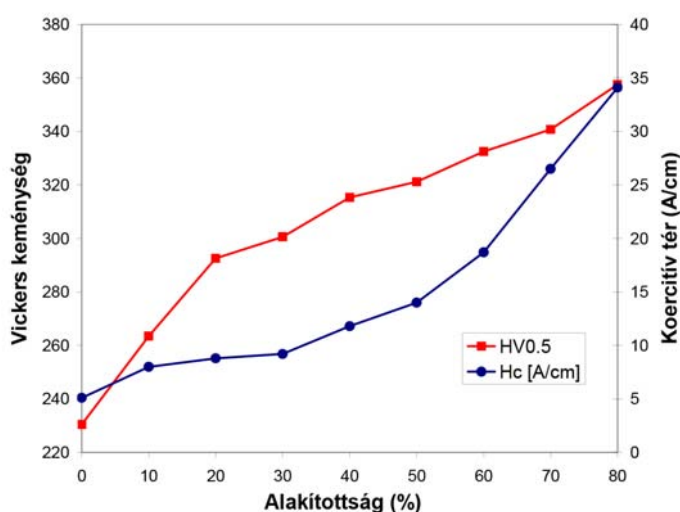
és a martenzit fázis

$$\mu_0 M_S^{\text{martenzit}}$$

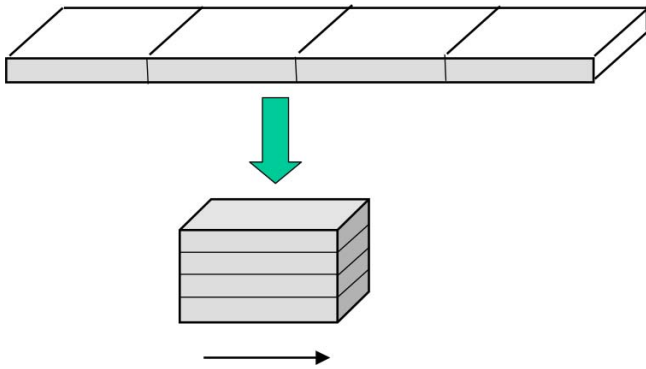
polarizációja között az alábbi összefüggés teremti meg a kapcsolatot, ahol R^{δ} , illetve $R^{\text{martenzit}}$ a ferrit, illetve a martenzit fázisok relatív mennyisége.

$$\mu_0 M_S^{\min ta} = R^{\delta} \mu_0 M_S^{\delta} + R^{\text{martenzit}} \mu_0 M_S^{\text{martenzit}}$$

Figyelembe véve, hogy kezdeti állapotban, az ötvözetben 20,4% γ és 79,6% δ fázis található és a minta átlagos telítési polarizációja 0,752 T, továbbá 80% alakítotttság esetén, 20,4% α' -martenzit és 79,6% δ -ferrit található az ötvözetben és a telítési polarizáció 0,94 T. A fenti összefüggés alapján a martenzit mennyiségének meghatározásához a 30. ábrán látható kalibrációs görbét vettem fel, aminek felhasználásával kiszámítottam az alakított minták



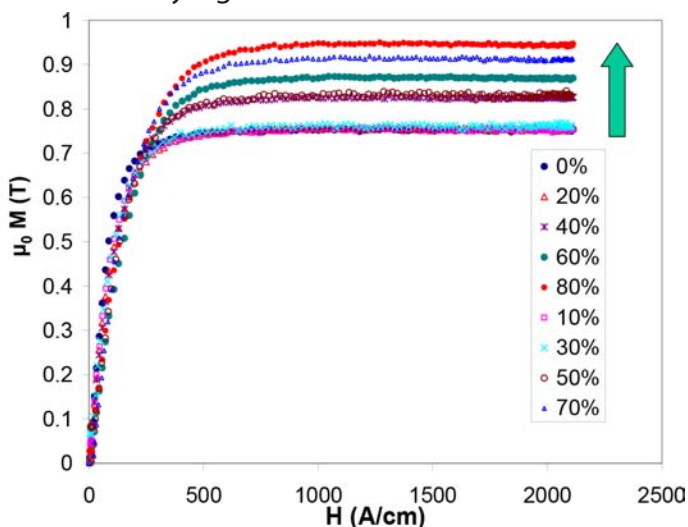
27. ábra A LDSS minták keménységének és koercitív terének növekedése az alkalmazott hideghengerlés hatására



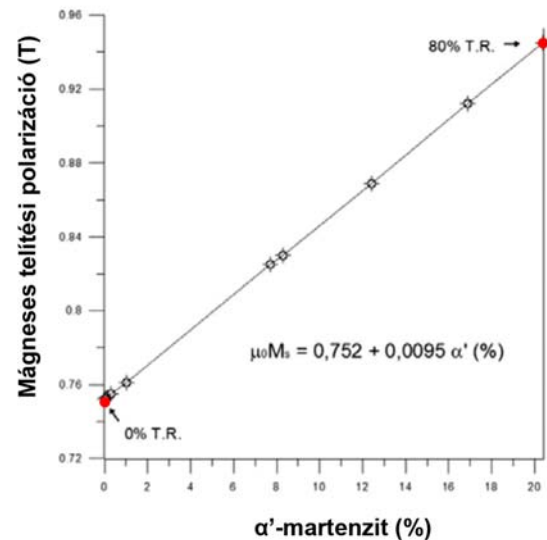
28. ábra A DC magnetométeres méréshez illeszkedő minták kialakítása a hengerelt LDSS szalagokból

telítési polarizáció értékeit (31. ábra). Kiszámítottam továbbá az α' -martenzit és a δ -ferrit telítési polarizációját, amelyek rendre 0,92 T, illetve 0,95 T értékűre adódtak.

Érdekes eredményt ad a Vickers-keménység vizsgálata a martenzit fázis mennyiségének függvényében (32. ábra). Látható, az első négy minta esetében (0, 10, 20, 30% alakítotttság) a keménység meredeken növekszik közel zérus martenzit jelenléte mellett. Nagyobb alakítotttság esetén a keménység és a martenzit fázis mennyisége lineáris kapcsolatot mutat. Ebből arra következtethetünk, hogy 30%-os alakítotttság alatt a keménység növekedésének hátterében a ferrit alakváltozási keményedése áll. Az e fölötti (30%-80% közötti) alakváltozási tartományban a keménység növekedése az alakítási martenzit



29. ábra A hengerelt LDSS minták első mágnesezési görbéi. Megfigyelhető a telítési polarizáció növekedése az alakítási martenzit fázis mennyiségi növekedésének hatására.



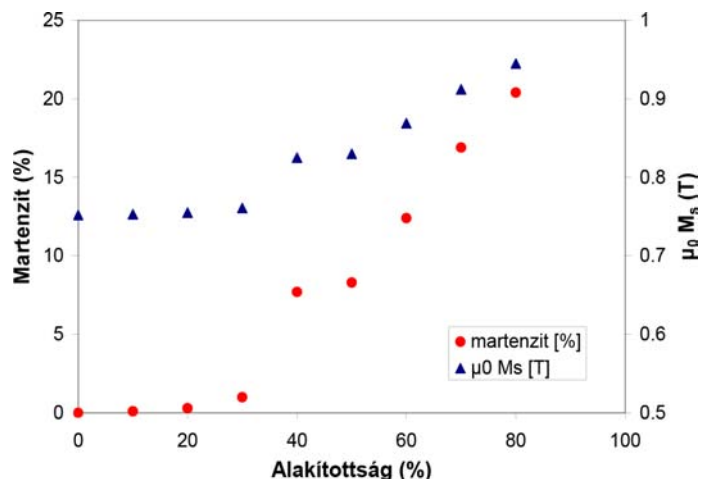
$$\mu_0 M_s^{\text{martenzit}} = 0,92 \text{ T}$$

$$\mu_0 M_s^{\delta} = 0,95 \text{ T}$$

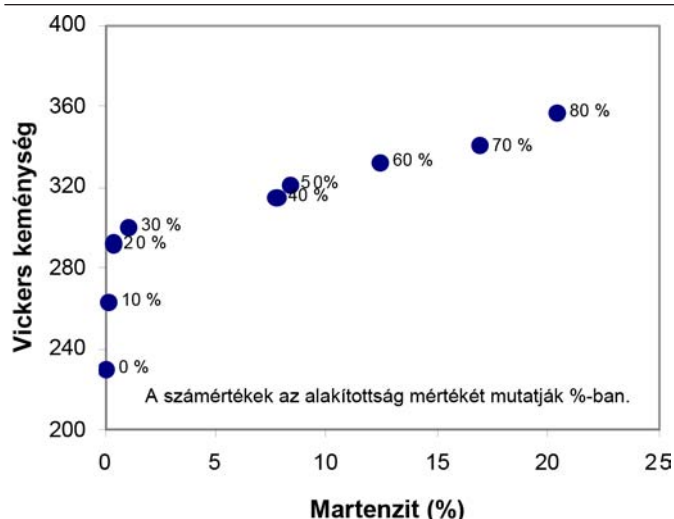
30. ábra A telítési polarizáció és az alakítási martenzit fázis mennyiségének kapcsolata.

felhasználásával végzett fázis dekompozíciós eljárással meghatározott α' -martenzit fázisarány és az előbbiektől független DC magnetométeres mérésekkel, a telítési polarizáció adataiból meghatározott α' -martenzit fázisarány jó egyezést mutat.

Az 5.1 pontban ismertetett, lean-duplex korrózióálló acélon végzett vizsgálatok eredményei az alábbi publikációkban találhatóak meg [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45].



31. ábra Az α' -martenzit fázis mennyiségének alakulása a képlékeny alakváltozás mértékének függvényében. (DC-magnetométeres mérés alapján.)



32. ábra A Vickers-keménység változása a martenzit fázis mennyiségének függvényében.

6 Összefoglalás

E cikkben röviden összefoglaltam néhány, a ferromágneses anyagok mágneses viselkedésével kapcsolatos ismeretet. Igyekeztem különös figyelmet fordítani azokra a részekre, amiket a mágnes roncsolásmentes vizsgálatok során ismernünk szükséges, illetve hasznos.

A mágneses méréseken alapuló roncsolásmentes vizsgálati módszerek és metódikák alkalmazásának illusztrálására bemutattam a lean-duplex korrózióálló acélban képlékeny hidegalakítás hatására történő martenzites fázisátalakulás mágneses tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálatát és a fémtani folyamat anyagszerkezettani hátterének értelmezését.

Természetesen e cikkben nem volt módom a mérési eljárások és vizsgálatok minden részletére kitérni. A mágneses, illetve a mágneses roncsolásmentes vizsgálatokkal kapcsolatos érdeklődés, illetve kérdés esetén a fenti elérhetőségeimen állok rendelkezésre.

7. Hivatkozott irodalom

- [1] Mészáros István: Egyes anyagszerkezeti és mágneses tulajdonságok kapcsolatának értelmezése, MTA Doktori értekezés, 2014.
- [2] Tóth László, Serge Crutzen: Roncsolásmentes vizsgálatok, azok megbízhatósága és következményei, Roncsolásmentes Vizsgálati Módszerek, Miskolc – Petten, 1999.
- [3] D.C. Jiles: Introduction to the principles of materials evaluation, CRC Press, Boca Raton, 2007.
- [4] M. Augustyniak, Z. Usarek: Finite Element Method Applied in

- Electromagnetic NDE, J Nondestruct Eval (2016) 35:39
- [5] Verő József: Vas- és fémipari anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó (Budapest) 1951.
- [6] Gillemot László: Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, Budapest 1988.
- [7] Mészáros István, Berecz Tibor: Az anyagvizsgálat alapjai című fejezet, Anyagtudomány: Egyetemi tananyag. Pék Lajos (szerk.), Budapest: Typotex Kiadó, 2012. pp. 230-289
- [8] G. Sposito, C. Ward, P. Cawley, P.B. Nagy, C. Scruby: A review of non-destructive techniques for the detection of creep damage in power plant steels, 2010, NDT&E International, pp 555-567
- [9] P.Jain, M.Godbole: Review of magnetic hysteresis-based NDE of creep damage in power plant steels, Insight Vol. 54. No3 pp. 1-6.
- [10] Vértessy G., Tomáš I., Takahashi S., Kobayashi S, Kamada Y, Kikuchi H., (2008c) Inspection of steel degradation by Magnetic Adaptive Testing, NDT & E INTERNATIONAL, Vol. 41. pp. 252-257
- [11] Varbai Balázs: Erőművi acélok leromlási folyamatainak komplex anyagvizsgálata, Diplomaterv, BME Gépészmérnöki Kar 2013. (Konzulens: Dr. Mészáros István)
- [12] Stablein, F and Steinitz, R Arch Eisenhüttenw. 8, 549 (1935)
- [13] Hidasi Béla, Szívós Sándor, Varga László : Mérőberendezés kemény mágnesek jellemzőinek meghatározására, Finommechanika, 11 évf, pp. 280-285
- [14] E.C. Stoner, E.P. Wohlfarth: Phil. Trans, Royal Soc. (London), Vol. A240, p, 599, 1948.
- [15] E. C. Stoner, E. P. Wohlfarth, A Mechanism of Magnetic Hysteresis in Heterogeneous Alloys, (reprint), IEEE. Trans. Magn., vol. 27, No. 4, 1991, pp. 3475-3517.
- [16] D. C. Jiles, D. L. Atherthon, Ferromagnetic hysteresis, IEEE Trans. Magn., vol. 19, 1983, pp. 2183-2185.
- [17] E. Della Torre, Gy. Kádár, Vector Preisach and Moving Model, J. Appl. Phys., vol. 63, 1988, pp. 3004-3006.
- [18] C. Ragusa, M. Repetto, Accurate Analysis of Magnetic Devices with Anisotropic Vector Hysteresis, J. Appl. Phys., vol. 275, 2000, pp. 92-98.
- [19] S. Chikazumi, Physics of Magnetism, John Wiley and Sons, New York, 1964.
- [20] R.M. Bozorth: Ferromagnetism, D.Van Nostrand Inc. 1951.
- [21] M. Ismail, F. Ikhouane, J. Rodellar: The Hysteresis Bouc-Wen Model, a Survey, Arch Comput Methods Eng (2009) 16: 161–188
- [22] C. Serpico, C. Visone: Magnetic hysteresis modeling via feed-forward neural networks, IEEE Trans. Magn., vol. 34, pp. 623–628, May 1998.
- [23] M. Kuczmann, A. Iványi: A New Neural-Network-Based Scalar Hysteresis Model, IEEE Transactions on Magnetism, Vol 38, No2, Mach 2002 p.857
- [24] F. Fiorillo: Measurements and Characterization of Magnetic Materials,

- (Elsevier Pub.Co.) 2004.
- [25] J. Takacs: Mathematics of Hysteresis Phenomena (Wiley-VCH Verlag, Weinheim) 2003.
- [26] J. Takacs: A phenomenological mathematical model of hysteresis, COMPEL Vol. 20 No.4,(2001), pp. 1002-1014.
- [27] B.D. Cullity, C.D. Graham: Introduction to magnetic materials, 2nd ed. IEEE Press, Wiley, 2009, p. 310
- [28] J.M.D. Coey: Magnetism and Magnetic Materials, Cambridge Univ. Press 2010.
- [29] H. Kronmüller, M. Fähnle: Micromagnetism and the Microstructure of Ferromagnetic Solids, Cambridge Univ. Press 2003.
- [30] F.D. Stacey, S.K Banerjee: The Physical Principles of Rock Magnetism, Elsevier 1974.
- [31] Kronmüller, H. (1992). Coercivity and domain wall pinning. In Concise Encyclopedia of Magnetic & Superconducting Materials, Evetts, J. (Ed.), Pergamon Press: Oxford, pp. 72–82.
- [32] Kronmüller, H. (1978).Micromagnetism in hard magnetic materials. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 7, 341–350.
- [33] H.W. Hayden, S.Floreen; "The influence of martensite and ferrite on the properties of two-phase stainless steels having microduplex structure"; Metallurgical Transactions, Vol.1, July 1970-1955
- [34] Liljas Mats, Johansson Pelle, Liu Hui-Ping, Olsson Claes-Olof ; "Development of a lean duplex stainless steel"; Steel Research International, v 79, n 6, p 466-473, June 2008
- [35] M. Liljas, P. Johansson, H.P. Liu, C. Olsson, Development of a lean duplex stainless steel, Steel Research International 79 (2008), 466-473.
- [36] I. Alteinberger, B. Scholtes, V. Martin, H. Oetel, Cyclic deformation and near surface microstructures of shot peened or deep rolled austenitic stainless steel AISI 304, Materials Science and Engineering A, 264 (1999) 1-16.
- [37] S.S.M. Tavares, M.R. da Silva, J.M. Pardal, H.F.G. Abreu, A.M. Gomes; "Microstructural changes produced by plastic deformation in the UNS S31803 duplex stainless steel"; Journal of Materials Processing Technology 180 (2006) 318–322
- [38] J. Takacs, I. Mészáros: Separation of magnetic phases in alloys, PHYSICA B 403: 3137-3140 (2008)
- [39] P Bassani, M Breda, K Brunelli, I Mészáros, F Passaretti, M Zanellato, I Calliari: Characterization of a Cold-Rolled 2101 Lean Duplex Stainless Steel, MICROSC MICROANAL 19: 988-995 (2013)
- [40] I Calliari, M Breda, E Ramous, I Mészáros: Phase transformations in duplex stainless steels: Metallographic and magnetic investigation, YEJIN FENXI 33: (7) 10-15 (2013)
- [41] I Mészáros: Magnetic Measurement and Model Based Characterisation of Phase Transformation in Lean Duplex Stainless Steel, MATER SCI FORUM 721: 96-101 (2012)
- [42] I Mészáros: Testing of stainless steel by double yoke DC magnetometer, J ELECTR ENG 61: (7/s) 1-4 (2010)
- [43] M Breda, I Mészáros: Characterization of a cold rolled 2101 Lean DSS, In: 10th EMAS Regional Workshop: Electron probe microanalysis of materials today 2012. pp. 1-4
- [44] I Mészáros: Magnetic Testing of Lean Duplex Stainless Steel, In: Gépészet 2012 - Eighth International Conference on Mechanical Engineering, Budapest: BME GMK, 2012. pp. 1-6, (ISBN:978-963-313-055-1)
- [45] S Baldo, M Zanelatto, I Mészáros: Phase transformation in 2101 DSS after cold rolling, In: DUPLEX Stainless Steels 2010: DUPLEX 2010 AIME, 2010. pp. 10



tripladuplav.hu

VELÜNK HÁROMSZOR JOBBAN JÁR



Triplán megbízható társ a webes világban

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

www.tripladuplav.hu webstúdió

Magyar roncsolásmentes anyagvizsgálók közösségének rövid története és díjai

Az ipari forradalom meghatározó módon középpontba állította a mérnöki anyagok tulajdonságainak és szerkezetek biztonságának megismerését annak érdekében, hogy az emberiség igényeit egyre biztonságosabban és olcsóbban elégítse ki. E témakörökben a hazai helyzetet tekintve az 1860-as évek második felében sorra alakultak az olyan szakmai szervezetek, amelyek eredményeik széleskörű bemutatására folyóiratokat alapítottak (pl. a 1867 - Magyar Mérnök Egyesület, - 1868 Bányászati és Kohászati Lapok - BKL, 1914 – Anyagvizsgálók Lapja, stb.). A II. Világháborút követően mind a folyóiratok, mind pedig az ezeket gondozó szervezetek a közismert politikai szándékok miatt megszűntek és csupán ellenőrzött körülmények között éltek újjá. Maradván an roncsolásmentes vizsgálatoknál, ezek történetének legrészletesebb áttekintésével több közlemény is foglalkozik^{1,2,3}.

A rövid történet címszavakban:

- * A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének megalakulása (MTESZ), 1948. 06. 29.
- * A MTESZ keretében a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) megalakulása, 1949. február 19.
- * A MTESZ keretében megalakult Híradástechnikai Tudományos Egyesület orvosi röntgen szakbizottságára foglalkozott röntgenvizsgálatokkal. Ebben az „ipari vonalat” Réti Pál - Csepel Művek, Gillemot László – BME és Kajdi Gyula – MÁVAG képviseli.
- * Megalakul a GTE Anyagvizsgáló Szakosztálya 6 szakbizottságot szervezve a GTE Technológiai Szakosztályából történő kiválással 1957. május 29.-én. A hat szakbizottság egyike a Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakbizottság. A Szakosztály elnöke Gillemot László, társelnöke Zorkóczy Béla, titkára pedig Réti Pál.
- * A GTE Anyagvizsgáló Szakosztályának Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakosztályából kiválik a MAROVIT (Budapest, 1997.01.30. - 27 fő jelenlétével, majd Egerben, 1997.03.13.-án ez megerősítést nyert 15 - fő jelenlétével.)
- * A MAROVIT helyett MAROVISZ névvel új szakmai társadalmi szervezet került bejegyzésre 7726 sorszámmal. Elnökök:
 - 1997 - 2005 Tarnai György
 - 2005 - Trampus Péter
- * 2007 - A MAROVISZ – Díj megalapítása a szervezet alapításának 10. évfordulóján. A Kuratórium elnöke Tóth László, tagjai a szervezet mindenkori Elnöke és a korábbi MAROVISZ díjasok.



A MAROVISZ- Díjasok, valamint az Elnökök (MAROVISZ és a Kuratórium), Eger, 2017. valamint Dr. Rittinger János (1939-2013) a 2013. évi díjazott

(balról jobbra: Trampus P., Tarnai Gy., Somogyi Gy., Becker I., Szűcs P. Kecskés P., Tóth L.)

1 Lehofer K: Emlékezés a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete alapításának 100. évfordulójára. Konferencia kiadványa. 1997. p. 18-96.

2 Karsai I., Réti P.: A magyar roncsolásmentes anyagvizsgáló szervezet rövid története. Anyagvizsgálók Lapja, 1996/2.

3 Trampus P.: 20 éves a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálói Szövetség. Előadás, X. Roncsolásmentes Anyagvizsgálói Konferencia és Kiállítás. Eger, 2017. 03. 22-24.

MAROVISZ Díj 2007: Becker István¹

A hazai roncsolásmentes anyagvizsgáló szakma nagy- és meghatározó egyénisége, Becker István 1925. április 29.-én született Budapesten. Életét, szakmai tevékenységét nem lehet igazán röviden összefoglalni. Életének, tevékenységének méltatása helyett álljon itt egy rövid életrajz, amelynek egyes soraiból – ha vázlatosan is, de – összerakható egy kemény, küzdelmes és eredményekben, sikerekben gazdag életút.

Kezdjük a felsorolást az iskoláival, tanulmányaival

Középiskoláit 1935-től a budapesti Állami Szent István gimnáziumban végezte, 1943-ban érettségizett 1935 – 1939-ig a 3.sz. Regnum Marianum cserkész-sapatnak volt tagja

1943-ban a gimnázium kormányos négyes evezős csapatában KISOK = Középfok Iskolák Országos Központja bajnokságot nyert. Az iskola sportkörének volt az elnöke.

Tanult zongorázni és tangóharmonikázni.

1939-től minden nyáron és a szünidőkben, mint esztergályos tanonc dolgozott a váci Hirmann István szerszámgyárban 1946-ban esztergályos segédlevelet szerzett. Segédlevelének száma: Vác. 1946. 3809/110.

1943-ban iratkozott be először a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem gépészmérnöki karára. 1944. december 5.-n elhagyta Budapestet, majd bevonultatták katonának (III. Légvédelmi Tüzérezred Sopron). Amerikai hadifogságot követően. 1946. június 10.-én érkezett haza hadifogoly szerelvénnel.

Tanulmányainak folytatásának lehetőségét a stabilizáció hozta meg. 1946 őszől a II. évfolyamon folytatta tanulmányait 1950.02.21.-n gépészmérnöki diplomát szerzett. Diplomájának száma: 1693.

1962.10.15-től 12.22-ig az NDK Központi Hegesztéstechnikai Intézetében (a legendás ZIS Halle) hegesztőmérnöki tanfolyamon vett részt a Magyar Villamosművek Tröszt kiküldetésében. (Hegesztő szakmérnök).

1963.02.01-től 1965.02.28-ig a miskolci Nehézi-



pari Műszaki Egyetem levelező tagozatán hegesztőmérnök-hallgató volt. 1965.12.16.-án hegesztőszakmérnöki államvizsgát tett kitűnő eredménnyel. Diplomájának száma: 416/1965.

1966.12.13.-án az Országos Atomenergia-Bizottság (OAB) által rendezett felsőfokú Sugárvédelmi Tanfolyamon eredményes vizsgát tett. Bizonyítványnak száma: SKF/3.1966

1978.05.22 – 06.02, továbbá 06.19 – 30 között a NIMTK által szervezett középszintű vezető-továbbképző tanfolyamon vett részt Esztergomban.

1990.05.14 - 18 az ÖVQ (Osztrák Minőségbiztosítási Egyesülés) által szervezett SPC = „ellenőrzőkártya-technika” tanfolyamon vett részt Bécsben.

1995-ben Bécsben szakauditori vizsgát tett az ÖVQ szervezésében.

Tanulmányai közben szerzett tudását és életének eddigi tapasztalatait a következő munkahelyeken és tevékenységekben hasznosítja

1948 - 1949 BME Mechanikai Technológiai Tanszék, demonstrátor

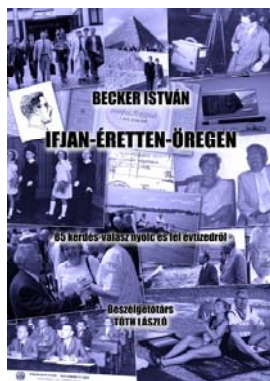
¹ Elhunyt 2017. október 3.-án. Nyugodjon Békében!

1950 – 1951 Erőmű Beruházási Vállalat, anyagszakértő
1951 – 1955 BME Mechanikai Technológiai Tanszék, tanársegéd
1953 – 1955 Másodállásban a Gazdasági Műszaki Akadémia előadója
1955 – 1970 Erőmű Javító és Karbantartó Vállalat (ERŐKAR) Anyagvizsgáló Laboratórium (EKAVI) megalapítója, 1957-től vezetője
1957 – 1958 majd 1959-ben is az El Tabbini (Egyiptom) erőmű építkezés hegesztési varratainak roncsolásmentes (röntgen) anyagvizsgálója
1962 Halle/Saale (NDK) hegesztő szakmérnöki tanfolyam
1962 – 1965 Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Hegesztő szakmérnöki stúdium
1962 – 1985 IIW (Nemzetközi Hegesztési Intézet) V.sz. bizottságának delegátusa
1962 – 1971 A GTE Hegesztési Szakosztályának titkára
1964 – 1977 Mellékfoglalkozású előadó (adjunktus, docens) a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskolán
1964 – 1968 Romániai export erőművek (Iasi, Suceava, Nagyvárad) helyszíni anyagvizsgálatainak az irányítása
1966 Felsőfokú sugárvédelmi tanfolyam
1970 – 1985 Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet (ÁEEF) Anyagvizsgáló Laboratóriumának megalapítója és nyugdíjazásig vezetője
1972 – 1974 Leninvárosi (ma Tiszaújvárosi) Olefinmű építkezés műszaki felügyeltének irányítása
1977 – 1979 Borsodi Vegyikombinát PVC III beruházás műszaki felügyeletének irányítása
1981 – 1985 A Paksi Atomerőmű másodállású anyagvizsgáló szakértője
1982 – 1984 Dunai Kőolajipari Vállalat (ma MOL) Katalitikus krakküzem építkezés műszaki felügyeletének irányítója Helling (Hamburg) külföldi munkavállalóként anyagvizsgáló tanácsadó
1987 - 1990 ÁEEF Vállalkozási Csoport tanácsadó
1990 – 1992 TESTOR Bt, később Kft. tanácsadó
1990 ÖVQ (Osztrák Minőségbiztosítási Egyesülés) segítségével a magyar minőségbiztosítás bevezetése

1990 Magyar Minőség Társaság (MMT) megalakulása, igazgatósági tagja lett
1992 – 1994 Paksi Atomerőmű Vállalat igazgatótanácsának tagja
1994-től Anyagvizsgáló laboratóriumok akkreditálása (MSZT, NAT)
1995-től Németországba acélszerkezeteket exportáló üzemek nagy alkalmassági igazolására felkészítés
MAROVISZ (Magyar Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Szövetsége) elnökségének tagja, később örökös tiszteletbeli tagja
AEG Union Kft (Kunszentmiklós) gáztömör, saválló villamoskapcsoló szekrény gyártásának (hegesztési technológiájának) honosítása
Széleskörű nemzetközi kapcsolatait az emberi közvetlensége mellett kiváló német és angol nyelvismerete is segíti.
A szakmai társadalom tagjai és a Becker Istvánt személyesen ismerők teljes egyetértésben támogatják a MAROVISZ elnökségét és a MAROVISZ – Díj Kuratóriumának tagjait abban a döntésben, hogy elsőként vegye át az elismerést jelentő érmet és oklevelet.
Mindazok, akik életéről, tevékenységéről további részletekre is kíváncsiak a 80. és 85. születésnapjára megjelent könyvekből is tájékozódhatnak.



<http://mek.oszk.hu/16400/16473/index.phtml>



<http://mek.oszk.hu/16400/16474/index.phtml>

MAROVISZ Díj 2009: Tarnai György¹

A hazai roncsolásmentes vizsgálat színvonalának emelésében igen nagy szerepet játszó Tarnai György 1935. október 25.-én született Budapesten. Engedjék meg, hogy az elősző mondatom tartalmát - a színvonal emelésében játszott szerepet - megerősítem és indokoljam azzal a két ténnyel, hogy Tarnai György 1976-1993 között (azaz mintegy 20 évet) a VASKUT-ban töltött, abban a szervezetben, amely a „vasas szakmában” igazán meghatározó volt, ill. 1997-2005 között elsőként vállalta a MAROVISZ elnöki feladatait. A méltatást nehéz elkezdeni, mert szembe kell nézni azzal a nem kis feladattal, hogy az MAROVISZ alapító elnöki szerepét, avagy a szakmai életben felmutatott eredményeket hangsúlyozzuk inkább. Megítélésem szerint a szakmai pályafutás a meghatározó, hiszen az alapító elnök feladatai egy adott időszak, adott követelményeinek, elvárásainak történő megfelelés következménye. Az a tény, hogy abban az időben, 1997-ben, amikor a MAROVISZ megalakult, Tarnai György volt az a szakember, akit a szakmai közösség vezetőül választott a korábbi szakmai tevékenysége predesztinált. Ebből adódóan kezdjük a díjazott bemutatását a szakmai oldalról, aki okl. gépészmérnöki diplomát szerzett a Budapesti Műszaki Egyetemen 1958-ban, majd ezt Miskolcon okleveles hegesztő szakmérnöki diplomával fejezte meg 1965-ben. A roncsolásmentes vizsgálatok végzése, szervezése, fejlesztése életének meghatározó elemévé vált és ebből adódóan számos - oklevelet is adó - képesítést, minősítést szerzett az évek során. Felsorolásszerűen: UT3, RT3, MT3, PT3, VT3 [képesítés (OKJ szerint), minősítés (MSZ EN 473 szerint)]. Szakmai tapasztalait, tudását szakértői tevékenységekben is hasznosította alapvetően a Mérnöki Kamara által koordinált alábbi területeken:

- * G-K-10 Hegesztés, hegesztési technológia és készülékei,
- * G-C-16 Kohászati anyagvizsgálat,
- * G-K-24 Minőségbiztosítás a gépipari technológiákban.

Ahhoz, hogy teljesebb és mélyebb képet alkothassunk

¹ Elhunyt 2017. szeptember 11.-én, nyugodjon Békében! (a felelős szerkesztő)



Tarnai György szakmai életútjáról talán az a legtöbbet nyújtó szerkezet, ha időrendben áttekintjük munkahelyeit és azokban végzett tevékenységeit.

1960-1966 Csepel Vas- és Fémművek Izotóplaboratórium

A nagy hagyományokkal rendelkező szervezetben végzett sokrétű munka főbb területeit címszavakban a következő módon lehetne összefoglalni:

- * Izotópok ipari alkalmazása témakörben
 - Külső és laboratóriumi gammagrafiái vizsgálatok szervezése, vezetése
 - Izotópok szerelése (belső, illetve helyszíni)
 - Zárt izotópok speciális alkalmazása (pl.: elakadt csőgörények felkutatása izotópokkal)
- * Kutatás-fejlesztés területén
 - Vizsgálattechnológia fejlesztése
 - Speciális módszerek fejlesztési kísérletei (pl.: ipari rétegfelvételek, stb.)

1966-1970 Csőszerezőipari Vállalat

Az 1960-as években, és különösen annak második felében meglehetősen nagy – jellemezhetnénk úgy is, mint jelentős népgazdasági - célokat megvalósító cégnél végzett szakmai tevékenység címszavai a következők voltak:

- * Radiográfiai laboratórium vezetése
 - Létrehozása, megszervezése
 - Külső és belső gammagrafiái vizsgálatok

szervezése, vezetése

- Oktatás
- * A budapesti hegesztőoktató műhely vezetése
- Oktatás
- Hegesztőminősítési feladatok szervezése (oktatás, minősítési eljárás, stb.)

1970-1976 Gyár és Gépszerelő Vállalat

Újabb, és hazánk gazdasági életében jelentős szerepet betöltő nagyvállalat - amelyet csak GYGV-nek említett a szakmai közösség – égisze alatt végzett tevékenysége címszavakban a következő:

- * Anyagvizsgáló csoport vezetése
 - Roncsolásmentes vizsgáló csoport létrehozása, megszervezése
 - » Országon belüli tevékenység [radiográfiai (rtg, izotóp), ultrahangos, stb.]
 - » Határon kívüli radiográfiai, illetve ultrahangos vizsgálatok megszervezése (Ausztria, NSZK, NDK, Szovjetunió)
 - » Oktatás
 - Roncsolásos vizsgáló laboratórium létrehozása (metallográfia, mechanikai vizsgálatok)
- * Helyszíni - feszültségcsökkentő - hőkezelő csoport vezetése
 - Létrehozása, megszervezése, vezetése
 - Eszközfejlesztés

1976-1993 Vasipari Kutató Intézet (VASKUT)

Az iparban szerzett tapasztalatok szélesebb körű hasznosítását is lehetővé tevő VASKUT-ban – amely abban az időben a „vasas-szakma” kiemelkedő és nemzetközi téren is elismert intézménye volt- tevékenységét tudományos főmunkatárs beosztással végezte. Ennek kapcsán a címszavakban összefoglalható tevékenységei:

- * Roncsolásmentes vizsgálati csoport vezetése
 - Létrehozása, megszervezése
 - Vizsgálatok elvégzése
 - Kutatás-fejlesztés
 - » Módszerfejlesztés (belső fejlesztések, külső megbízások, illetve pályázatok)
 - » Hordozható, automatikus,

számítógépes vezérléssel működő ultrahangos vizsgálóegység kifejlesztése céljából megalakult team vezetése (1985!, commodore 64!)

- * A Paksi Atomerőmű háttér intézményeként, a roncsolásmentes vizsgálatok témában:
 - az erőmű szerelési tevékenységének támogatásához igényelt, de ma is működő Anyagvizsgáló Laboratórium megvalósítására alakult team vezetése
 - szakértői tevékenység [pl.: primerköri vizsgálati eredmények értelmezése, reaktorvizsgáló ultrahangos rendszer felmérése és anyag készítése a NAÜ támogatás elnyerése céljából szakértői feladatok Madridban) stb.]
 - kutatási feladatok (pl.: plattírozás ultrahangos vizsgálatot korlátozó hatása, tranziens kötések vizsgálati lehetősége, ausztenites kötések ultrahangos vizsgálata, ultrahangos vizsgálatok értelmezési lehetőségei, stb.)
 - speciális ultrahangos etalonok kialakítása (pl.: MOCK-UP, stb.)

1993 óta nyugdíjas, egyéni vállalkozó

Jellemző feladatok:

- * A roncsolásmentes vizsgálatot végző személyzet, hazai, minősítési rendszerének a kialakítása az MHTe megbízásából.
- * Eseti megbízások alapján, tanulmányok, döntés előkészítő javaslatok készítése
- * Roncsolásmentes vizsgálatok végzése.
- * A NAT-nál szakértői tevékenység.
- * Aktív munka (fordítás - alapvetően az angol nyelvtudás használatával - szabványjavaslat, lektorálás) az MSZT szabványosításában.
- * Több évtizedes tevékenység, a roncsolásmentes anyagvizsgáló szakemberek képzésében.

A fentiek ismeretében a MAROVISZ Díj adományozásának jogossága nem kérdőjelezhető meg, azaz a Kuratórium és az Elnökség döntését széles szakmai körök messzemenőig támogatták.

MAROVISZ Díj 2011: Kecskés Péter

A 2011. évi MAROVISZ Díj kitüntetésben olyan személy részesülhetett, akit személy szerint is rendkívül nagyra értékelek szorgalmáért, kitartásáért, emberi mivoltáért. Ennek alapvető oka az az egyszerű tény, hogy Kecskés Péter életét fiatalságomtól, szinte az egyetemi tanulmányaim befejezésétől, de legalábbis szakmai életem, tevékenységem „startjától” nyomon követhettem. Engedtetsek meg, hogy egy valóban megtörtént és egész életemet befolyásoló személyes élménnyel kezdjem Péter méltatását. Egy meleg napon baktattunk Dr. Béres Lajos tanzéki munkatársammal, barátommal a MÁV Északi Járműjavítóba, ahol – többek között - a vasúti sínek fásztását is végezték (emlékeim szerint egy ZD-20 típusú, NDK gyártmányú hidraulikus berendezésen). Az út relatíve hosszú volt, Béres Lajos barátom pedig közvetlen. Nekem a „zöldfülűnek” felvázolta azt a szorgalmas életvitelt, amelyet érdemes meg- és átél- ni különböző életkorunkban ahhoz, hogy szakmánkban elfogadottak legyünk. Filozófiájának érvényességét saját életével bizonyította, hiszen a hegesztés témakörével foglalkozó német nyelvű könyvekben még a mai napig is hivatkoznak új és gyakorlati értékű megállapításaira. No, de visszatérve Kecskés Péterre. Megérkezvén a laboratóriumba egy – nálam valamivel fiatalabb – udvarias ember fogadott és kalauzolt bennünket. A sín fásztása folyamatban volt, korábbi töretek képeit láttuk, de számomra megdöbbenő mennyiségű ultrahangos vizsgáló készüléket láttam. Nekem, az alkalmazott mechanikára szakosodott, a fiatal pályakezdőnek, akkor – még – a roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatok egyetlen személyben való egyesítése a képtelenség kategóriájába esett. Ennek okát akkor még nem tudtam. Most már tudom! És kezdjük az elején!

Kecskés Péter 1953. szeptember 23.-án született Monoron, ahol általános és középiskoláit is végezte. Kiváló nyelvérzékét és szorgalmát már ott is hasznosította, hiszen a József Attila Gimnázium angol nyelvű tagozatán fejezte be tanulmányait 1974-ben. Újabb 2 év elteltével olyan szakmában szerzett képesítést, amely életének további alakulásában teljes mértékben meghatározója lett. A szerzett szakmunkás bizonyítvány rádió és TV szerelő bizonyítvány. De



másképpen is fogalmazhatunk: műszerész, azaz bármilyen elektronikai berendezésre megismerése, javítása! Ezt a tudást azonnal hasznosította is a helyi, Monori Szolgáltató Szövetkezetnél, ahol rádió és TV műszerész volt.

„Ipari pályafutása” 1974-ben kezdődött a **Budapesti Vegyipari Gépgyárnál**, műszaki rajzolóként. A már említett **MÁV Északi Járműjavító Ultrahangos Vizsgáló Központjába** 1975-ben kezdett dolgozni, ahol kitartott 1989-ig. Életét, szakmai területét itt alapozta meg igazán és döntően a műszerész alapképzettségére támaszkodva. Beosztása:

- * 1975 – 1984 műszerész, majd
- * 1984 – 1989 között szerviz vezetője.

Feladatai:

- * Magyarország területén különböző vállalatoknál működő ultrahangos berendezése (kb. 250 vállalat 1200 db berendezés) javítása, karbantartása egy műszerész csoport vezetésével
- * 8 db MÁV Járműjavító Üzem vizsgálattechnológiájának fejlesztése, karbantartása
- * szakmai képzés ultrahangos tanfolyamokon.

Ha belegondolunk hazánkban abban az időben Kecskés Péter volt az a személy, akinek komplett rálátása volt az ultrahangos vizsgálatok teljes palettájára (személyi és eszköz), beleértve a MÁV sín vizsgálatok technológiáját is, amelyet az akkori idők a Virág Pista

Bácsi (a pályára akkor belépő és erősödő ultrahangos vizsgáló szakemberek szóhasználatként) személyéhez kötötték.

Ez a tapasztalat és a politikai rendszerváltás adta határok új mozgásteret biztosítottak Kecskés Péter számára. Ez a műszer, berendezés kereskedelmet jelentette számára. Az első lépés volt ebben az, hogy csatlakozott a kiváló üzleti érzékkel megáldott, Szappanos György által alapított **TESTOR Bt.** csapathoz. Az 1989 - 1992 periódusban a roncsolásmentes vizsgálatok vezető üzletkötőjeként a következő feladatokat látta el:

- a vállalkozás kereskedelmi ágazatából az NDT szekció vezetése
- stratégiák kialakítása
- vevőkkel kapcsolattartás
- külföldi szállítókkal kapcsolattartás
- szakmai bemutatók, kiállítások szervezése, lebonyolítása
- országos kereskedelmi hálózat kiépítése
- szakértőkkel kapcsolattartás.

A roncsolásmentes vizsgálat hazai helyzetének, a szakembereinek és eszközrendszerének pontos ismeretében szervezte meg saját vállalatát, a KE-TECH Kft.-t 1991-ben, amely mára már nem csupán hazai elismertségre, hanem nemzetközi ismertségre tett szert. A cégen belüli legfontosabb feladatai:

- a vállalkozás felépítése
- stratégiaépítés
- vevőkör kialakítása
- After Sales Szerviz kialakítása
- Minőségügyi Rendszer kiépítése (MSZ EN ISO/IEC 17025 szerinti működés, NAT által akkreditált kalibráló laboratórium, Bisnode AAA tanúsítvány megszerzése (amellyel

a hazánkban működő céget 0,63%-a rendelkezik)

- Oktatóbázis és Vizsgaközpont kialakítása az NDT szakemberképzés elvárásai szerint
- Környezetirányítási és Munkaegészségügyi Rendszer kiépítés
- NATO beszállítói alkalmasság elérése
- Vállalatirányítás ~ 20 fővel

A hazai és nemzetközi szakmai közélet rendszeres szereplője, amelyet predesztinál a német (felsőfok) és angol (középfok) nyelvtudása. Tagja a MAROVISZ-nak (2000-től alelnöke), a Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsprüfung (2002-től).

Kecskés Pétert a szakma nem csupán szerény, szorgalmas emberként, hanem a mindig megoldást, előrelépést kereső egyénként tartja számon. Éppen ebből adódóan a szakmai társadalom tagjai és az őt személyesen ismerők teljes egyetértésben támogatják a MAROVISZ elnökségét és a MAROVISZ – Díj Kuratóriumának tagjait abban a döntésben, hogy 2011-ben Kecskés Péter veheti át az elismerést jelentő érmet és oklevelet.

Személyes indíttatású történettel kezdtem a méltatást. Engedjék meg, hogy ugyanilyenl fejezem is be. Pétert mindnyájan kellemes, nagyvonalú és előrelátó személyként tartjuk számon, beleértve jómagamat is. Ennek érzékeltetésére álljon itt két fénykép. Ezek egyike a MAE (Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete) újjászervezésének egyik előkészítő megbeszélésén Péter „birtokán” készült, másika pedig a MAROVISZ 2010. évi évzáróján.



MAROVISZ Díj 2013: Dr. Rittinger János

A MAROVISZ Díj Kuratóriumának előterjesztése és a szervezet Elnökségének döntése alapján a 2013. évi MAROVISZ Díj kitüntetésben olyan személy részesült, akit jómagam is hosszú évtizedek óta jól ismerek és szakmai tevékenységét messzemenően elismerem. Életünknek két közös és maradandó eredményeket hozó átfedése is van. Az egyik Debrecen, a Mechwart András Gépipari Technikum, a másik Budapest, a VASKUT. Az első a szakmai életünk indulásának közös színhelye, a másik pedig az a hely, ahol Rittinger János szakmai élete igazán kiteljesedett és pedig itt végezhettem az első doktori disszertációm alapjait jelentő mintegy 1500 db. próbat-est műszerezett ütvehajlító vizsgálatát az 1970-es évek elején. No de ne szaladjunk ennyire előre. A már említett Debrecenből mintegy 40 km távolságban található Kabán, 1939. június 22.-n született Rittinger János, aki 1957-ben, gépészmérnöki oklevelet szerzett. A Nehézipari Műszaki Egyetem (ma Miskolci Egyetem) Gépészmérnöki Karára 1957-ben felvételt nyert. Tanulmányai során 1958–1961 között Népköztársasági ösztöndíjban részesült, majd 1961-től a diploma megszerzéséig a Vasipari Kutató Intézet társadalmi ösztöndíjasa lett Zorkóczy Béla professzor úr támogatásával. Kitüntetéses eredménnyel okl. gépészmérnöki diplomát kapott 1962-ben. Posztgraduális képzés keretében 1965-ben kitüntetéses eredménnyel, hegesztő szakmérnöki diplomát, 1967-ben summa cum laude minősítéssel egyetemi doktori címet, 1991-ben EUR-ING, 2000-ben EWE (European Welding Engineer), IWE (International Welding Engineer) diplomát szerzett. A roncsolásmentes anyagvizsgálat területén 2001 óta VT3, PT3, MT3, RT3 minősítéssel rendelkezik.

Első munkahelye a Vasipari Kutató Intézet Hegesztési Osztálya volt, ahol kezdetben tudományos munkatárs, tudományos csoportvezető, végül a hegesztési osztály vezetője. Munkája során mindvégig a Zorkóczy Béla professzortól tanult mondást: „az eladható tudománynak van értéke” vallotta. Kezdeti munkái közül ki kell emelnem néhány fontosabb témakört: a hegeszthetőség megfogalmazása (MSZ 4305:1965) és alkalmazása az acélok fejlesztésében. Segédlet kidolgozása a hegesztési technológia



meghatározásához a kötés repedésmentessége alapján. (MSZ 6280, 1964–1971). Acélkiválasztási rendszer kidolgozása nyomástartó berendezések rideg törésének elkerüléséhez (Fehérvári Attila évfolyamtársával, barátjával közösen) (1970). Később ez MSZ 13802 szabványban jelent meg.

A mikroötvöztetés hatékonyságának növelése acélok és hegesztési varratok esetén (Fehérvári Attilával közösen, 1970–1975). Munkájuk eredményének elismeréseként vendég előadó meghívást kaptak az Union Carbide Corporation Metals Division-tól a Micro Alloying '75 konferenciára, amelyen 1975. október 1-3. között Washingtonban részt is vettek. Nagynyomású kőolaj és földgáz távvezetékek minősítése (ASME, API előírások szerint) és a hegesztési technológiájuk kidolgozása (1970–1974).

A törésmechanika bevezetése és gyakorlati alkalmazása területén hazánk meghatározó centrumát hozta létre Fehérvári Attilával közösen (1972–1975). Ehhez a témakörhöz kapcsolódik egyik sikeres szabadalma, (lajstromszáma: 193 690), amelyet a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola (ma Óbudai Egyetem) munkatársaival együtt alkottak meg. Ez egy olyan szakítógépet volt, amely 650°C hőmérsékletig modellezi a kúszást, atmoszférius közegben a feszültségkorróziót, és természetesen törésmechanikai vizsgálatokra is alkalmas. E berendezésből 10 darab készült. A használatához egy, máig meghatározó segédlet készült, Fehérvári Attila, Fuchs Erik, Rittinger János: *A törésmechanika alkalmazása hegesztett szerkezetek megbízhatóságának és az acélfelhasználás gazdaságosságának fokozása céljából* (VASKUT-FERINOV, 1975).

Későbbi szakmai tevékenységével kapcsolatos jelentős munkája: „Szilárdsági ellenőrzések és ismétlődő vizsgálatok atomerőművi berendezések állapotának és becsült élettartamának

1 Elhunyt Debrecenben 2013. november 29.-én.

meghatározása”, amelynek vezetője és több altémájának kidolgozója volt (1980-1985).

Rendszeresen foglalkozott ipari káresetek elemzésével is. Ezek közül az 1969. január 2.-án bekövetkezett répcelaki cseppfolyós szénsav tartály rideg törése volt a legsúlyosabb. Számára nagy öröm és megtisztelés volt, hogy a másodrendű vádlott, aki indokolatlanul két év és nyolc hónap börtönbüntetést kapott, felkérte, visszaemlékezésében egy fejezet megírására. Megtette, mert vallja, hogy a társadalom igazságtalan a mérnöki munkával kapcsolatban. A mérnök mindenkor a társadalom javát szolgálja (jobbnál jobb gépkocsik, háztartási gépek, számítógépek, biztonságos energia ellátás stb.) ezt a társadalom elfogadja, élvezi, de rögtön kritikával illeti (rosszul fogalmazott környezetvédelem, anti-nukleáris mozgalom).

Életének fontos szakasza az 1987–2001 közötti periódus, amikor a Magyar Villamosművek Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Labora-tóriumának igazgatója. Fontosabb munkái az erőművi berendezések állapotellenőrzési rendszerének kidolgozása, módszer bevezetése a kúszási károsodás értékelésére, kockázat alapú állapotellenőrzés, roncsolásmentes anyagvizsgálat, a roncsolásmentes anyagvizsgálóképzés fejlesztése, körvizsgálatok, tréning, számítógépes modellezés bevezetése, káresetelemzések.

2001-ben nyugdíjba ment, még abban az évben vállalkozóként létrehozta a RITTINGER ENGINEERING Szakértő és Tanácsadó Vállalkozást. Fontosabb szakterületek: erőművi berendezések káresetelemzése, maradó élettartamuk meghatározása, szénhidrogén ipari berendezések maradó élettartamának kockázat alapú becslése, káresetelemzések, gépek gyártásának felügyelete, tanácsadás, oktatás, hegesztők minősítése.

2002–2008 között részt vett a Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbítás és teljesítmény növelése program két, a reaktortartály és az anyagvizsgálatok szakértői testület munkájában.

A mindennapos kutatói munka mellett fontosnak tartotta a különböző szakmai szervezetek életében való részvételt, olykor magastisztséget is betöltve. Így megalakulása óta (1969) tagja a Hegesztő Minősítő Bizottságnak, illetve utód szervezetének, a Hegesztő Minősítő Testületnek és az Anyagvizsgáló Minősítő Testület igazgatóságának. 1967 óta az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek, 1968 óta pedig a Gépipari Tudományos Egyesületnek. Ez utóbbiban 1980–1990 között a Hegesztési Szakosztály titkára, 1990–1993 között az Egyesület főtitkára, 1994–1995 között az Egyesület elnöke,

1997–2011-ig a Hegesztési Szakosztály elnöke, 2012-től a Hegesztési Szakosztály tiszteletbeli elnöke.

1987 óta az Energia Tudományos Egyesület, 1989-től az American Welding Society tagja. 1970 óta a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) magyar delegátusa tisztségét látja el a IX, X, XI bizottságokban. 2001-óta a Magyar Mérnöki Kamara tagja. Megalakulása (1990) óta 2001-ig munkahelye, 2001-től pedig vállalkozása képviselőjében tagja a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülésnek.

Szakmáját igen magas szinten művelte. Újabb és újabb problémák kimunkálásában, problémák megválaszolásában vett részt mélyreható ismereteit felhasználva azokat folytonosan bővítve. Kimagasló tevékenységét jelzik fontosabb kitüntetései: Oklevél az Erzsébet híd újjáépítésében végzett munkáért (1964), Miniszteri Elismerő Oklevél (1971, 1978, 1982), nívódíj (OMBKE, 1971, 1977, 1978, Fehérvári Attilával közösen), egyesületi érem (GTE, 1973), nívódíj (GTE, 1973, 1997), elismerő oklevél a szabványosítás területén végzett 10 éves munkáért (MSZH, 1976), elismerő érem a szabványosítás területén végzett 15 éves munkáért (MSZH, 1982), VASKUT nívódíj első fokozata (1983, 1986 Fehérvári Attilával közösen), Pattantyus Ábrahám Géza díj (GTE 1987), Zorkóczy Béla emlékérem (GTE, 1992), MTESZ díj (1994), Eötvös Lóránt díj (1995), Pro Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés (2000), IIW-ben végzett munkáért elismerő oklevél (2006), Soltz Vilmos díj (2006), Bánki Donát díj (GTE, 2010), MAROVISZ-Díj2 (2013), Terplán Zénó Díj (2013), tiszteletbeli polgár cím (Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2010).

Szakirodalmi munkássága: 5 könyvrészlet, publikációinak száma 140, amely tartalmazza a ppt prezentációk diáinak papír alapú formában megjelent változatát is. A publikációi közül több mint 20 cikke idegen nyelven jelent meg. Számos publikációt Fehérvári Attilával, Tóth Károllyal, Kern Ferencsel közösen készített.

Széleskörű külföldi kapcsolatait folyamatosan ápolta, döntő mértékben az egyes országok hegesztési intézeteivel, de számos nagy nemzetközi hegesztési konferencia szívesen látott vendége volt.

2 A MAROVISZ Díj átadása kapcsán Rittinger János gondolatait az Anyagvizsgálók Lapja a 2013/1-2 számának „Mérőföldkövek” rovatában írt közleményében foglalta össze, amely megjelent a 2013. évi válogatásban is, de sajnos már a „Pártacéduával”.

MAROVISZ Díj 2015: Szűcs Pál

A 2015. évi MAROVISZ Díjas Szűcs Pál is az a személy, akinek életét, szakmai munkásságát legalább 30 éve folyamatosan követhetem, eredményeit elismerhetem. Sőt volt egy olyan periódus is, amelyben kapcsolatunk szorosabbá vált, mert taníthattam, ill. tanulhattam tőle. A tanítás lehetősége az 1990-es évek első felében adatott meg számomra akkor, amikor az ELTE TTK anyagtudományi mérnök-fizikus szakmérnöki diplomáját szerezte, a tőle való tanulás pedig akkor nyílt meg számomra, amikor szakdolgozatát (diplomatervét) az én vezetésemmel készítette többedmagával. Én a „Törésmechanika” rejtelseibe igyekeztem behálózni, Ő viszont az akusztikus emissziós vizsgálatok gyakorlati alkalmazhatóságát igyekezett bemutatni úgy, hogy többedmagával egyidejűleg vizsgálták azt az éles bemetszéseket tartalmazó tartály egyikét, amelyik még Dr. Novotny László kandidátusi értekezéséhez készült. De előreszaladtam kissé, kezdjük az elején az idei MAROVISZ_díjas bemutatását, aki 1949. január 1.-én született Budapesten. (milyen szép Újévi ajándék egy családnak!!!). Már a kezdetektől a reáltárgyak vonzásában élt és tanult, hiszen középiskoláit Budapesten a Fazekas Mihály Gimnáziumban matematika szakon végezte 1964-1967 között. Innen egyenes út vezetett az Eötvös Loránd Tudományegyetemre¹, ahol a TTK-n fizikusi oklevelet szerzett 1975-ben. A mérnöki tudományok irányába tekintvén Hegesztő Műszaki Szakember képesítést szerzett a Bánki Donát Műszaki Főiskolán 1981-ben. Ezt követően megerősödött benne a „fizikusi véna”, így 1994-ben újabb két diplomát szerzett az ME-KLTE-TTK-n és az ELTE-TKK-n és az. Az első a már említett anyagtudományi mérnök-fizikus szakmérnöki, a másik az anyagtudományi szakfizikus diploma. Egyetemi tanulmányait befejezve 1975-1999 között negyedszázadot töltött el az erőművek biztonságának megítéléséhez kötődő **ERŐKAR**-ban Süle János és Dr. Rittinger János irányítása alatt az Anyagvizsgáló Osztályon, az Állapotellenőrzési Osztály vezetőjeként, mint anyagvizsgáló mérnök. Főbb szakmai tevékenysége a következő témaköröket



ölelte fel:

- * melegszilárd acélok vizsgálata
 - mechanikai vizsgálatok
 - kúszás-vizsgálatok
 - helyszíni ellenőrzések
- * erőművi berendezések állapotellenőrzése
- * maradék-élettartam becslés
 - vizuális vizsgálat
 - folyadékbehatolós vizsgálat
 - mágnesezhető poros vizsgálat
 - feltágulás mérés
 - endoszkópos vizsgálatok
 - akusztikus emissziós vizsgálatok
 - tömörségvizsgálat
 - rezgésmérés és elemzés

A témakörök címszavait áttekintve azonnal látható, hogy a tanulmányai során szerzett elméleti ismereteket közvetlenül az iparban és ezen belül is az energetikai területen hasznosította. Jómagam az ilyen „fizikus szemléletű” mérnöki tevékenységeket mindig is nagyra értékeltem, talán azért is, mert ugyanolyan „egzakt gondolkodásúnak” tartottam, mint a saját „alkalmazott mechanikai” szemléletmódot. Ipari tevékenységét 1999-2003 között a MBVTI Műszaki Biztonsági Vizsgáló és Tanúsító Intézet Kft. Anyagvizsgáló Laboratóriumában folytatja. Az itteni tevékenységének fő iránya a nyomástartó edények integritásvizsgálata. Ennek keretében végzett munka területei:

- * akusztikus emissziós vizsgálatok,

¹ Az ELTE történetének részleteit lásd https://www.elte.hu/file/ELTE_tortenete_SzogiL.pdf

- * videoendoszkópos vizsgálatok,
- * műszaki felügyelet.

2003-2010 között a R.U.M. Testing Kft. (Röntgen Ultrahang Mágneses Ipari Anyagvizsgálatok Kft.) szakmai csoportjában dolgozik anyagvizsgáló mérnökként. A szervezeten belül a következő feladatokat látja el:

- * minőségügyi megbízott,
- * akusztikus emissziós integritásvizsgálatok,
- * videoendoszkópos vizsgálatok,
- * tömörségvizsgálat,
- * műszaki felügyelet.

A „fizikusi szemléletét” visszatérően igyekszik megjelentetni, elfogadtatni a roncsolásmentes vizsgálatokhoz kötődő képzésekben. Így

- * 1984-1996 között az ISZTI, SZTÁV, GTE roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamain óraadóként,
- * 1999-2010 között MHTe vizsgaközpontokhoz kötődően az MSZ EN 473 szerinti tanúsításhoz tematikák, vizsgakérdések kidolgozásával, és az IGT és az AAB tagjaként (ezt a tevékenységet az a felkérő „Pro MHTe” éremmel ismeri el 2010-ben),
- * 2000-2008 között NSZI felkérésére tematikák, vizsgakérdések véleményezésében, lektorálásában (OKJ).

A már többször is hangsúlyozott a „fizikusi szemléletét” legekleatásabban az **1996-ban** általa alapított **ORSZAK Bt.** keretében tudja érvényesíteni². A szervezet tevékenységeinek fő csapásai:

- * roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamok szervezése,
- * tanfolyamokon elméleti és gyakorlati oktatás,
- * jegyzetek, segédanyagok készítése.

Szokták volt mondani „*aki tudja csinálja, aki nem az tanítja!*” Szűcs Pál nem csupán a „*tanításban*”, a képzésben volt aktív, hanem a mindennapi tevékenység folytatásához elengedhetetlenül szükséges bizonyítványok megszerzésében is. Álljon itt az 1992-98 között tanúsítványok sora:

- * 1998. VAT-3 (zaj- és rezgéselemzés)
- * 1997. LT-3 (tömörségvizsgálat)
- * 1993. AT-3 (akusztikus emisszió)
- * 1992. MT-3 (mágnesezhető poros)
- * 1992. PT-3 (folyadékbehatolásos)

² <http://www.orszak.hu/>

- * 1992. VT-3 (szemrevételezéses)

Széleskörű szakmai ismeretszerzés lehetőségeit nagymértékben bővíti angol, német és orosz nyelvtudása. Rendszeresen részt vállal a különböző szakmai szervezetek (MAE, MAROVISZ, GTE Anyagvizsgáló Szakosztály és az ELTE Fémfizikai Szakcsoport) munkájában. Szakmai rendezvényeken, konferenciákon határozottan kiáll jobbító szándékú észrevételei, véleménye mellett.

A roncsolásmentes vizsgálók „társadalmában” éppen a képzésben betöltött meghatározó szerepe miatt, a sokak által ismert és elismert szakemberként, az őt személyesen ismerők teljes egyetértésben támogatják a MAROVISZ elnökségét és a MAROVISZ – Díj Kuratóriumának tagjait abban a döntésben, hogy 2015-ben Szűcs Pál veheti át az elismerést jelentő érmet és oklevelet.

MAROVISZ Díj 2017: Dr. Somogyi György

Egy Kuratórium Elnöke a laudáció kapcsán mindig egyidejűleg van bajban és szerencsés helyzetben. Én legalábbis mindig így voltam és vagyok jelenleg is. Az ok egyszerű. Szakmailag kiváló, általam jól ismert embert, barátot szakmailag hivatalos formában kell dicsérni, tevékenységét méltatni. Somogyi Györgyhez kötődő ismeretségem kezdete a régmúlt homályába süllyedt. Talán az „Országos Törésmechanikai Szemináriumok” kezdete? Lehet, de ez több mint 35 év (!) és azóta olyannyira folyamatos, amibe belefér a „szurka - piszka” is!

A vérzivataros időkben 1945. augusztus 28.-án Soroksáron született Somogyi György, szerényen élő, de ambiciózus család egyke gyermekeként látta meg a világot.

Korai fiatalkorában erősen vonzódott mind a repülőmodellezéshez mind pedig a fotózáshoz.

Középiskolai tanulmányának első állomásaként 1963-ban érettségizett a Pesterzsébeti Kossuth Lajos Fiú Reálgyimnáziumban. Ezt követően helyezkedett el a Pestvidéki Gépgyárban, ahol egy előkészítő képzés után a MÍG 21-es harci repülőik időszakos javításában vett részt.

A cég elvárása szerint a belépéskor elkezdte a második középiskolai tanulmányait az Eötvös Lóránd Gépipari Technikum Légiközlekedés gépészeti szakán. A technikai érettségi vizsgát 1966-ban tette

le. Mindkét középiskolai tanulmányát jeles eredménnyel fejezte be.

Időközben, 1965-ben részt vett egy, szándékai szerint próbafelvételin a Budapesti Műszaki Egyetemen. Mivel a felvételi je sikeres volt, a technikum utolsó évét és az egyetem első évét párhuzamosan végezte.

1967-ben munkahelyet változtatott és a Csepeli Acélmű Kutatási osztályán helyezkedett el. Itt kezdődött el a kapcsolata az anyagvizsgálattal és az anyagszerkezet megismerésével, alapvetően az acélok területén. Kutatóként elsősorban a mechanikai és metallográfiai anyagvizsgálatok ismeretét és elvégzésének technikáját tanulta meg. Talán itt kötelezte el magát az anyagszerkezet és anyagvizsgálat – talán úgy is mondható, hogy - tudománya mellett.

A Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki karán folytatott tanulmányait 1971-ben fejezte be Gépgyártástechnológia szakon, Finommechanika-optikaágazaton, jeles eredménnyel. Diplomamunkája az acélok melegalakíthatóságának vizsgálata melegsavarással volt.

1972-ben kinevezték a Csepeli Acélmű Minőség Ellenőrzési Osztály vezetőjének, amely beosztást 12 évig töltötte be. Ebben az időszakban kiteljesedett az anyagvizsgálatok iránti elkötelezettsége. Az osztály anyagvizsgálati részlegét a közel a nulláról meghatározó méretűre fejlesztették mintegy 60 fő alkalmazásával. Létrehozták többek között az acélgyártáshoz kapcsolódó spektrométeres laboratóriumot, az MAN programhoz kapcsolódó alanyag gyártás minőségbiztosításához a metallográfiai és roncsolásmentes laboratóriumokat. Kiemelhető a süllyesztékben kovácsolt autóalkatrészek anyagminőségének és hőkezeltégi állapotának örvényáramos módszerrel történő ellenőrzés bevezetése.

A Csepeli Acélmű és Csepeli Csőgyár 1981. évi összevonása után a szavatolt minőségű, gáztömör, hosszvarratos csövek gyártásának kifejlesztésénél kiemelkedő eredmény volt a gyártási folyamatba épített örvényáramos automata vizsgálórendszer üzembe helyezése.

1984-ben ismét munkahelyet váltott és átment a Csepel Művek megszűnése kapcsán létrejövő Anyagvizsgáló és Gépipai Minőségellenőrző Intézetbe, (a privatizálás után Zrt. mai nevén AGMI) ahol műszaki igazgató volt.

Az 1980-1982 években, a BME Gépészmérnöki Karán megszervezett Anyagvizsgáló Szakmérnöki képzés sikeres elvégzése eredményeként 1982-ben kapta meg Kitüntetéses Anyagvizsgáló Szakmérnök



Dr. Somogyi György

2017-ben a MAROVISZ Díj kitüntetettje

másoddiplomát, majd az ezt közvetlenül követő doktori cselekménye eredményeként szerezte meg Műszaki Doktori oklevelet 1987-ben, a mechanikai anyagvizsgálat szaktudományból. Dolgozatának témája a melegalakító szerszámacélok termikus kifáradásának vizsgálata volt. Ebben az időben a melegalakító szerszámok minőségének javításához számos doktori disszertáció készült a Csepel Művek szakembereinek körében (pl. Trampus P., Schuchtar E.).

A rendszerváltás és az ipari struktúra átalakulásának hatására az AGMI tevékenységi területe is alapvetően átalakult. A hangsúly a volt CSM vállalatokról az energiaipar vállalatai felé tolódott. Ekkor váltak szorosabbá a kapcsolatai a Paki Atomerőművel, a MOL-al, a Mátrai Erőművel, a Dunamenti Erőművel és más nagy, meghatározó vállalatokkal.

Az AGMI-ban eltöltött idő alatt 1989-től, részben akkreditáltként, részben akkreditáló mérnökként, auditorként szerzett tapasztalatokat szakértői

megbízások végrehajtása kapcsán különböző, az akkreditálásokban meghatározó szerepeket betöltő szervezetekkel, pl. NAT, NAMAS/UKAS, MFGM (kijelölés).

Az AGMI-ban végzett közel 20 éves munkája 2001-ben fejeződött be. Ettől kezdve a Négy S Bt-ben folytatja tevékenységét.

Kiemelhető tevékenysége volt, hogy a már korábban megszerzett információk felhasználásával 2001-ben, a Paksi Atomerőmű Zrt. megbízásából irányította a roncsolásmentes vizsgálatok minősítési rendszerének kidolgozását és beindítását. Mindehhez a PA az OAH NBI igényeinek figyelembevételével tette meg. A szervezés keretében kialakításra kerültek a Vizsgálat Minősítő Testület (VMT), ENIQ (European Network for Inspection and Qualification) előírásainak megfelelő eljárási utasításai (jelenleg 16 darab) és lebonyolításra is került 30 minősítés. A minősítések számos általánosan alkalmazható tanulságot is eredményeztek. A nemzetközi tapasztalatok cseréjének biztosítására kezdeményezésére 2004-ben megalakult a QBRC (Qualification Bodies Regional Club) amelynek a Cseh, Magyar és Szlovák minősítő testületek lettek a tagjai. A Club ma is aktívan működik, legutóbbi ülése 2016. szeptemberben volt Visegrádon.

A VMT rendszeresen képviseli magát a nemzetközi szakmai fórumokon, elsősorban az ENIQ szakbizottságainak munkájában.

Hasonlóan kiemelhető az AGY (Anyagvizsgálat a Gyakorlatban) Szakmai Szemináriumok létrehozása és az első 6 szeminárium megszervezése. A rendezvényeket Fodor Olivér és Harnisch József anyagvizsgáló szakmérnök társaival együttműködve szervezte meg az AVI-SZAK nevében. Az első AGY Szeminárium 2002-ben volt Győrben. Ezt követően két évente, a RAKK váltóévében került megrendezésre nagy sikerrel.

A MAROVISZ-nak nem sokkal megalakulása után lett tagja. 1999-2001 között a Szakmai Etikai Bizottságnak vezetője volt. 2005 óta a MAROVISZ vezetőségnek/elnökségnek tagja.

A vezetőségben kifejtett tevékenységéből joggal kiemelhetők következők:

- * 2008-ban kidolgozta a MAROVISZ Gazdaság Fejlesztési Programjára vonatkozó javaslatát, amely elfogadásra és bevezetésre került,

- * 2008-ban kezdeményezte, majd jóváhagyás után irányította a körvizsgálatok/jártassági vizsgálatok beindítását. Létrehozták a nemzetközi normáknak is megfelelő szabályzatot és 2009-ben elindították az első körvizsgálatot. A rendszer azóta is sikeresen működik és árbevételt biztosít a Szövetségnek.

- * 2009-2010 között megszervezte egy személyzet minősítési pilot projektet az MVM Paksi Atomerőmű Zrt-ben, amelynek keretén belül honosításra került a Swedish Qualification Centre (SQC) személyzet minősítési rendszere és lefolytatásra került egy minősítő eljárás, amelynek eredményeként 4 fő szerzett minősítést. A projekt jelentős árbevételt biztosított a Szövetségnek.

- * Javaslatára és irányításával, 2008-ban kialakításra került a roncsolásmentes anyagvizsgálatok ajánlati alapár rendszere.

Végezetül engedjék meg, hogy idézzem a sok ajánlója közül az egyiknek két mondatát: *„Elévülhetetlen érdeme volt a módszer magyarországi bevezetésében, megismertetésében, elterjesztésében, a műszerfejlesztésben, az alkalmazások kidolgozásában, szakemberek kinevelésében. Nyugdíjba vonulásáig, legalább huszonöt éven át vezérszerepet játszott.....”*

Az „anyagvizsgáló szakma, a roncsolásmentes anyagvizsgálók társadalma” és mindazok, akik őt személyesen ismerik meghatározó módon támogatják a Kuratórium azon javaslatát és a MAROVISZ Elnökségének azon döntését, hogy a 2017. évben a MAROVISZ Díjat Dr. Somogyi György vehesse át Egerben a MAROVISZ alapításának 20. „születésnapján”, a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének 120. évfordulóján.

GE Mentor UT

hegesztési varrat- és korróziós vizsgálatokhoz

Legyen Ön is mentor!

- Készítsen képekkel, fotóval illusztrált "digitális" vizsgálati utasítást, olyan egyszerűen mintha egy prezentációt állítana össze!
- Állítsa be a fázisvezérelt vizsgálat paramétereit a PC-s szoftverben, majd tölts fel mindezt a készülékre ún. "App"-ként (vizsgálati kisalkalmazás, vagy program).
- Az App futtatása végigvezeti a felhasználót a vizsgálófej hitelesítés, és a vizsgálat egyes lépésein, így Ön is segítheti kevésbé tapasztalt munkatársait, tanulóit a vizsgálat jobb megértésében.
A Mentor Create szoftver használata könnyebbség azoknak, akik a bonyolult, menüvezérelt készülékek beállítását körülményesnek találják. Ugyanakkor hatékony eszköz azok számára, akik minden részletre kiterjedően szeretnék vezérelni vizsgálóegységüket.
- Válasszon előre megírt alkalmazásaink közül, vagy írjon saját vizsgálati App-okat, és ha kitalált egy jó megoldást, ossza meg igény szerint más felhasználókkal is az interneten!



- Korszerű 32/32 csatornás fázis-vezérelt hardver, robotizus kivitelben
- Hagyományos ultrahangos csatorna
- Szabványos PAUT vizsgálófejek, valamint szkennerek széles választéka
- Az összes szken, kijelző és gomb működése testre szabható, a képernyő tetszés szerint rendezhető el
- Gyors beállítás elmentett sablonokból
- Érintőkijelzős használat (kesztyűben is)



www.ketech.hu



www.mentorut.com

Arnold Janovich KRASOWSKY
1933. július 27. – 2017. május 17.

Egy hosszú szakmai kapcsolatot és immáron tovább már nem fokozható személyes barátságot zárt a kegyetlen sors május 17.-én. Reggel még e-mail üzenetben érdeklődtem munkatársától, Igortól (Orinjak) Arnold barátom hogyléte felől és délelőtt már a halálhíre érkezett. Utolsó találkozásunkat követően (Ternopli, 2015. Szeptember 24-25., 14th Polish-Ukrainian-German Summer School of Fracture Mechanics) néhány hónappal olyan hírek érkeztek Kievből, hogy a mindig kikezdhetetlen állapotú Arnoldnak egészségügyi problémákkal kellett szembenéznie. Az idő múlásával egyre aggasztóbbak lettek ezek a hírek, de mindig volt benne egy állandó elem „állapota stabilizálódott” kifejezéssel.

Arnold Yanovics Krasowsky 1933. július 27.-én Zaporozsében született, a Dnepről Erőmű építésében résztvevőszülők gyermekeként. Ne feledjük az 1930-as évek politikai helyzetét, életkörülményeit! Kifejezetten jó barátságunk ellenére is csupán utalásokra hagyatkozva írhatom a szokványos frázist; „nehéz gyermekkor” volt. Ennek ellenére tehetsége, szorgalma már hamar kibontakozott a Krivojrogban eltöltött évek során. 1951-ben befejezi középiskoláit, és mint tanulmányi versenyeket megnyert diák felvételi vizsga nélkül kerülhet be Kijevi Műszaki Egyetem Technológiai Karának „turbinaépítési szakára”.

1956-ban az egyetem elvégzését követően a KOLOMNU (moszkvai terület) városában levő, a Szovjetunió Szállítóeszközök Gyártó Üzemébe kerül. Itt alapvetően a fontos elemek szilárdsági méretezésével, kísérleti ellenőrzésével foglalkozó csoportot vezeti.

1961-ben visszatér Kievbe, ahol a gőzturbinák diagnosztikájával és karbantartásával foglalkozik. Majd ugyanebben a városban aspiráns lett az Ukrán Tudományos Akadémia „Fémkerámiák és Különleges Ötvözetek Intézetében”. Aspiránsvezetőjével G.Sz. Pisarenko és e csoport kiemelkedő tagjaival pl. V. T. Troshenko együttműködve A. Ja. Krasowsky a porózus fémkerámiák alakváltozási és szilárdsági viselkedésének problémakörével foglalkozik. Alapvetően Fe, Cu és Ni alapú porózusos fémkerámiák tulajdonságait vizsgálja és szimulálja

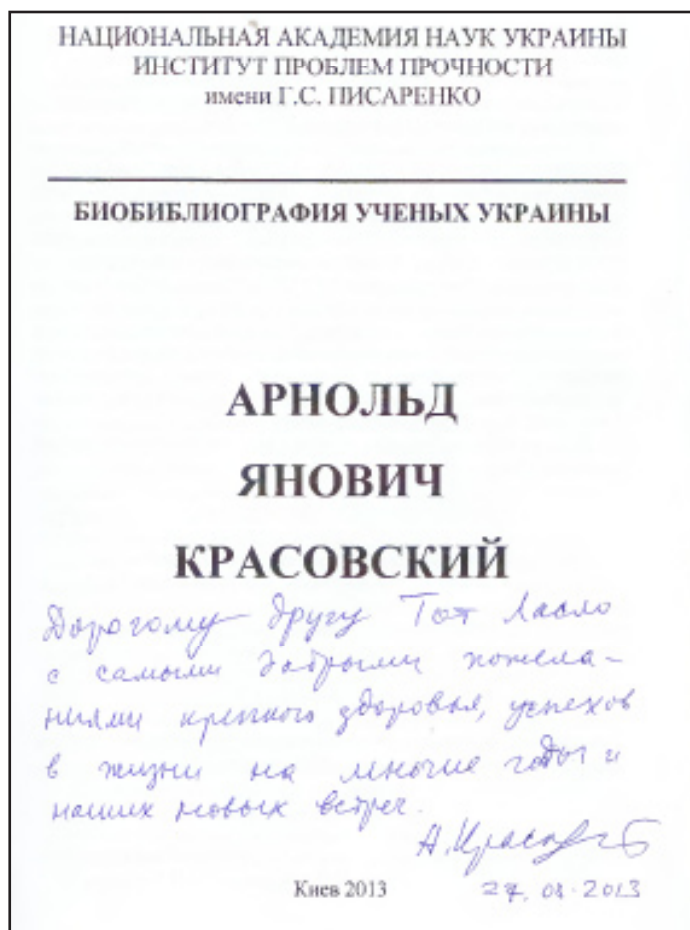


0-50% porozitás tartományban a legkülönbözőbb külső terhelési körülmények között (hajlítás, húzás, nyomás, csavarás, ismétlődő terhelés). E területen kapott eredményei tették lehetővé, hogy megfogalmazhassa V.T. Troshhenkoval a porózusos anyagok szilárdságának statisztikus elméletére vonatkozó elgondolásait, amelyben már szerepeltek a mérhető (térfogatot) tükröző paraméterek is. Kandidátusi disszertációját sikeresen megvédve (1964-ben) az Ukrán Tudományos Akadémia (UTA) Fémkerámiák és Speciális Ötvözetek Intézetébe került. Innen az UTA által 1966-ban alapított Szilárdság Problémáinak Intézetébe (IPP) került 1968-ban, ahol élete végéig dolgozott. Fő tevékenysége a szilárdság és alakváltozás fizikai hátterének megismerésére koncentrált. E területen nemzetközi ismertségre, elismertségre tett szert. Nevét szerte a világon tisztelet övezi. Erre nem csupán szakmai eredményei, új elméletei adnak okot, hanem kiváló emberi tulajdonságai is. Nehéz lenne felsorolni azon világszerte ismert és elismert Szovjetunió és a világ számos országában élő szakemberek neveit, akikkel közvetlen kapcsolatot tartott. Kissé önkéntes kiemelésként említsünk ezek közül néhányat: V.V. Panasyuk, N.A. Makhutov, G.Sz. Pisarenko (akinek nevét felvette az IPP), e. M. Morozov, G. I. Barenblatt, O.N. Romaniv, Takeo Yokobory, G. Pluvinaige, D. Landes, E nevek mögött meghúzódó személyek mindegyike igazán maradandót alkotott az anyagok szilárdsága, alakváltozási és törési folyamatainak tisztázásában és levont

következtetések gyakorlati hasznosításában. A törési folyamatokban meghatározó szerepet játszó repedéscsúcskörnyezetében lejátszódó fizikai események tárgyalásában megalkotott ún. K_{II} modellje anno az 1970-es években a nemzetközi szakmai életben igazán számottevő érdeklődést, elismerést váltott ki. Ennek egyik eredményei lett az, hogy az International Congress of Fracture alapítója, Takeo Yokobory vendégkutatónak hívta meg Őt az 1973-74-es évekre. E meghívás nem csupán egy világnagyság értékelését jellemezte, hanem új lehetőségeket, új kapukat nyitott meg A. Ja. Krasowsky számára. Szinte kézzől – kézre járt a világ számos országában és intézeteiben. Nemzetközileg elismert eredményei alapján DSc fokozatot szerez 1974-ben az UTA „Matematika –

teszi. Ez utóbbira álljon itt a következő példa: Fracture A topical Encyclopedia of Current Knowledge. Ed. by G.P. Cherepanov, Krieger Publ. Compan, malbar, Florida, USA, 1998. Írásban megjelent publikációinak száma (beleértve könyveit is) 325, mint ahogyan ez a 80. születésnapjára összeállított 71 oldal terjedelmű könyvecskében is követhető.

A Toth L. vagy a Tot L. nevet e füzetecskében 14 alkalommal vehetem számba. Ezek a közös közlemények számát tükrözik, de nem tartalmazzák a konferenciák olyan közös előadásait, amelyek írásos formában nem jelelték meg. Kapcsolatunk az 1970-es évek első felében kezdődött, akkor, amikor az MTA Kutatócsoport tagjaként először utazhattam Moszkvába, majd Kievbe. Moszkvában a Gillemot László professzor úr Bajkov Intézetében dolgozó, V.S. Ivanova vezette világhírű kutatócsoportjának tagjaival (V.T. Terentyev, L.I. Botvina) találkozhattam, majd innen Kievbe utazván megismerkedhettem az IPP tevékenységével és máig tartó szakmai, baráti kapcsolatok teremtdtek. Ezek mélységét nehéz szavakkal jellemezni. A tények között felhozhatók az Ukrán-Magyar közös konferenciák, a Csernobili baleset 20 éves évfordulójára Miskolcon, az akkor még Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézetben szervezett konferencia (2006), amelyen 7 ukrán akadémikus vett részt, rendszeres részvételem a Kievben szervezett nemzetközi konferenciákon, közös részvétel EU projektekben. Hosszan lehetne sorolni azon közös lépéseket, amelyek elmélyítették intézményeink és annak tagjai közötti kapcsolatot. Ezek közül csupán hármat emelek ki. Még a '70-es évek végén Nagy Gyula kollegám 3-3 hónapot tölthetett Kievben az IPP-ben, ill. Moszkvában a Bajkov Intézetben. A tranzit olaj- és gázvezetékek megbízhatósága kapcsán szerveződött kutatói team-ben, annak eredményeiben igencsak jelentős szerepet vállalt a kievi csoport, A. Ja. Krasowsky vezetésével. Álljon itt az egyik Miskolcon tartott szakértői értekezlet résztvevőinek csoportképe. Ezzel a fényképpel nem csupán A. Ja. Krasowsky emléket idézhetjük fel, hanem Varga Tamását is, aki Miskolcon volt diák és innen távozott 1956-ban, majd nemzetközileg is elismert szakmai tevékenységét a Ludwig von Tetmajer által alapított, az akkor még Bécsi Műszaki Egyetemhez tartozó Technische Überwachstung-Verein Österreich szervezetét is vezette és aki, 1983-



Fizika Osztályán, a Szilárd Testek Fizikája” tudományterületén. Az UTA Levelező Tagjává válsztja 1995-ben „Törésmechanika” tudományterületen. Miközben a világot járja meghívott előadóként, vendégprofesszorként, konferenciák felkértszekcióvezetőjeként, plenáris előadójaként, konferenciák szervezőjeként, a publikációk sorozatát írja. Ezt vagy önszántából, eredményeinek megismertetésére, vagy felkérésre

85 között a Gépgyártástechnológiai Kar dékánja is volt.¹ Életéről, szakmai tevékenységéről több információhoz juthatunk az INTERNET használatával². A LIMATOG projektben születet eredmények hasznosítása az Ukrán partnereknél igencsak sikeres volt, hiszen több tranzitvezetékre alkalmazták, amelynek keretében a GPS koordináták szerint rögzített pontokban minden, a vezetékek biztonságát meghatározó adat szerepelt adatbáziukban. Ezen adatok között pedig bármilyen szempont szerinti szűrést el lehet végezni. Az egyik ilyen legjelentősebb projektjük egy több mint 100 km hosszúságú ammóniavezetékhez kötődött. A. Ja. Krasowsky nem csupán kiváló tudós volt, hanem – külföldi útjainak tapasztalatait hasznosítva - remek üzletember is, mert az IPP keretében létrehozott csoportja leheővé tette az intézet általa vezetett osztályának finanszírozását a gazdaságilag legnehezebb időszakban is. Így a szűkebb értelemben vett „tudományos” és „szolgáltató” csoportokban dolgozó kiváló szakemberek piacképes jövedelmét egyaránt biztosítani tudta. Ez Ukrajna gazdasági állapotát tekintve igazán elismerésre

méltó teljesítmény volt.

Visszatérve a személyes indíttatáshoz, a nekrológ első mondataihoz, az utolsó találkozásunk során, Ternopilban is olyan logikusan és világosan vitatkozott a szakmai kérdésekben, mint életében bármikor. Bármennyire is kiváló szakember, humánus is volt A. Ja. Krasowsky, Ő sem kerülhette meg a természet szigorú és kegyetlen törvényeit, neki is csupán 30610 nap adatott meg a földi lét kiváltságaiból, küzdelmeiből. Ezalatt mintegy 2.6 -2.7 milliárdszor dobbantott szíve és egy csütörtöki napon elindult folyamat egy szerdai napon szakadt meg. A szakmai élet zárásaként kíváncsózó megjegyzés, hogy végső nyughelye az IPP alapítójának nevét viselő G. S. Piszarenko sírjának közelében van.

Kiváló szakembert, remek barátot, példa értékű humánusot veszítettünk halálával. Kedves Alik – aki nekem személyes beszélgetésünk kapcsán a Lacika kifejezést használtad - Nyugodj Békében!

Tóth László
egyetemi tanár



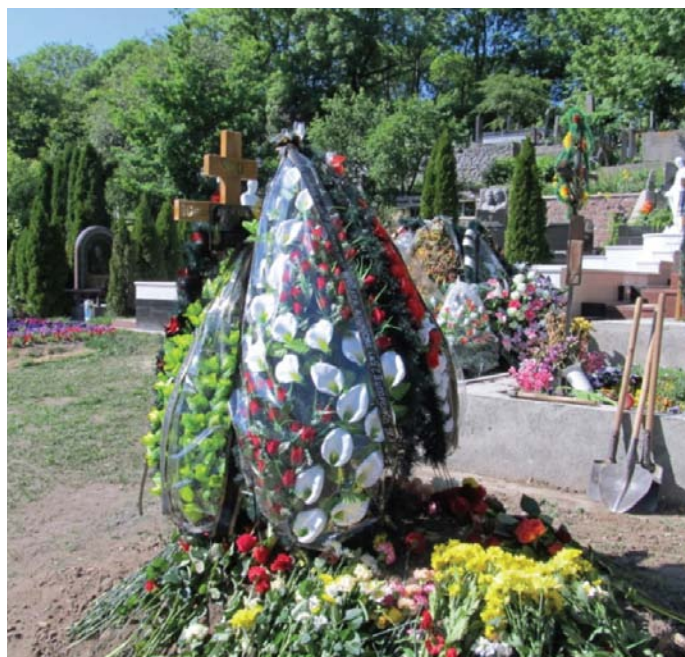
A LIMATOG projekt szakértői értekezletének résztvevői Miskolcon

¹ https://www.tuwien.ac.at/wir_ueber_uns/zahlen_und_fakten/funktionaere/

² http://www.tuwien.ac.at/suche_orientierung?q=Thomas+Varga



A. Ja. Krasowsky aktív részvétele a szakmai vitákban (Ternopil, 2015. Szeptember 24-25.)



A. Ja. Krasowsky végső nyughelye Kievben

Paul C. PARIS
1930 augusztus 7. – 2017 január 15.

Sokszor elgondolkodunk életünkben annak értelméről, de igazában mindig többnyire csak rohanunk. Keressük a jót, a hasznosat, a tenni-valókat, az elismertség útját, a segíteni akarás megvalósíthatóságát, röviden szólva életünk kiteljesíthetőségének lehetőségeit. Ezt kinek-kinek valamilyen formában sikerül megvalósítani, egyeseknek jobban másoknak pedig kevésbé. Akik ambíciózusabb célokat tűznek maguk elé és keményebben dolgoznak a megvalósításért, azok általában a maguk szűk szakmai területén előbbre jutnak és akár világhírré is szert tudnak tenni. Így volt ezzel Paul C. Paris is, akinek nevét mintegy fél évszázada a fáradásos repedés terjedésével kapcsolatban a világon bármilyen nyelven megjelent közlemény, tanulmány, könyv megemlítette. Pedig hát mit is mondott alapvetően az a cikk, amelyben az alapötlet publikálva lett? Egy repedés csúcsa körül rugalmas anyag feltelezése mellett kialakuló viszonyok jellemezhetők a feszültségintenzitási tényezővel. Egy terhelési cikluson belül ez megváltozik a legnagyobb és legkisebb terhelésnek megfelelően. E változás hatására



a repedés hossza az anyag ellenállásának függvényében megnő. Milyen egyszerű is e gondolat! És mégis csak egy „csapat” tagjainak jutott eszébe! Igaz, a publikálásra elküldött közleményt három független lektor a formális logikára támaszkodva – kísérleti ellenőrzés nélkül – azonnal elutasította. Az indok, a formális logika ugyanis arra támaszkodott, hogy a feszültségintenzitási tényező a rugalmasságtan talaján értelmezett mennyiség, amelyben nem szerepel az „elnyelt energia, ami változást idéz elő az anyagban”, a fáradásos repedés terjesztéséhez pedig energiaelnyelődésre (felhasználásra) van szükség. Megkapván Paul. C. Paris halálhírét 2017 januárjának

A Rational Analytic Theory of Fatigue

PAUL C. PARIS

Assistant Professor of Civil Engineering

MARIO P. GOMEZ* and WILLIAM E. ANDERSON

Research Engineers, Boeing Airplane Company



P. C. Paris

*Paul C. Paris
2/12/2010*



M. P. Gomez



W. E. Anderson

The Trend in Engineering 13, 9-14 (1961)

A „történelemformáló” cikk 1961-ből

második felében nem csupán megdöbbsenem, hanem átsuhant fejemben a természeti törvények általános érvénye, megváltozhatatlansága is, miszerint mindnyájan sorra kerülünk egyszer, bármit is tettünk.

A nekrológ megírására nem csupán a szakmai tisztelet, hanem személyes belső indíttatás is készített. Az első ilyen tapasztalatot 1994-ben szereztem, amikor „újból rám esett” a néhai szocialista országok tudományos akadémiái által kezdeményezett „Fémek Mechanikai Fáradása” című konferenciasorozat szervezése Miskolcon. Az első ilyen „szárnybontogató szereplésem” 1983-ban Mályiban volt. A konferenciáján elhangzott előadások az akkor még Nehézipari Műszaki Egyetem idegen nyelvű kiadványában jelent meg¹. Az 1994-es rendezvényre – a 2013. június 27-én elhunyt Hans-Peter Rossmanith barátom – tanácsára meghívtam Paul C. Parist is, mint a Szervező Bizottság tagját. A konferencia nyitónapjának reggelén kaptam Tőle egy faxot, amelyben nagy sajnálatára lemondja részvételét, és egyben tájékoztat arról, hogy a vezetésével készített 15 db. VIDEO kazettán megjelent „Törésmechanika”

előadássorozatot postázta számomra némi „fájdalomdíj”-ként.

A saját 12 db. kazettáját G. Irwin, J. Rice és Hutchinson



**A Paul C. Paristól
ajándékként kapott
Törésmechanikai
előadássorozat VIDEO
kazettái.**

Ezek tartalmi leírásai
megtalálhatók a
[http://mek.oszk.hu/
01100/01190/](http://mek.oszk.hu/01100/01190/) címen.

előadásainak felvétele egészíti ki. A korunknak megfelelően Fodor Olivér barátom jóvoltából elkészült a teljes előadássorozat digitalizált változata is. A történetek idősorában második személyes indíttatásomat a nekrológ megírására Szabó Barna² professzortól kaptam, aki közvetlen munkatársa volt Paris professzornak. A Martonvásáron 1935-ben született és e város díszpolgára, a Magyar Tudományos Akadémia tagja - 1995-től-, ill. a Miskolci Egyetemhez is szervesen kötődő Szabó Barnáról (az egyetemen

1 Proceedings of the 7th Colloquium on Mechanical Fatigue of Metals, Miskolc, 6-10 Sept. 1983. Vol. 1 and Vol.2. Series C., Machinery, Vol. 38. Fasc. 1-4.

2 <http://feol.hu/hirek/a-mernok-kutato-szabo-barna-szulo-varositol-kapott-diszpolgarsagot-1737525>



A Paris-előadássorozat DVD lemezei

bányamérnöként kezdte tanulmányait, majd díszdoktora lett) annyit mindenképpen illendő tudni, hogy a végeselemes programok fejlesztése kapcsán igen jelentős előrelépést kezdeményezett a megoldás konvergenciája tekintetében az un. p-verzió kidolgozásával. Páczelt István akadémikus szervezte találkozásaink során többször méltatta professzortársának tevékenységét. A Washington University of St. Louis egyetem „Department of Mechanical, Aerospace and Structural Engineering” által kibocsátott közleményt is tőle kaptam meg.

A harmadik személyes motívum nekrológom megírásában a DVD lemezeken látható „Catania” szó lett, ugyanis az Európai Szerkezetintegritási Társaság (ESIS) Wöhler Medál kitüntetését vehette át az ESIS periodikus rendezvényén, az ECF21-en (European Conference on Fracture) 2016. június 20-24. Jómagam az Award of Merit elismerést vehettem át, az ESIS első hazai kitüntetettjeként. Személyes találkozásunk jó alkalmat nyújtott a visszaemlékezésre. Ekkor még



Cataniai beszélgetésünk (2016. június 21.)

nem voltak jelei az amúgy elkerülhetetlen végső búcsúnak, amely egy rutin szemműtétet követett³. Élettörténetének rövid áttekintéséhez álljon itt néhány (messze nem teljes) adat, állomás és évszám:

1930. augusztus 7. Buffalo (New York Állam) születésnek dátuma, helye.

1953-ban az University of Michigan-ben BSc fokozatot. 1955-ben a Leigh University-n MSc diplomát szerez,

1953 - 55 a Lehigh University gyakornok (oktató-kutató).

Erre az időszakra esik a sugárhajtású Havilland harci repülőgéptörzsekben repedések keletkezési és terjedési okainak vizsgálata (megjegyzendő, hogy ugyanebben az időben Európában a de Havilland DH 106 Comet típusú sugárhajtóművekkel felszerelt utasszállító gépek – többnyire az óceánokat átszelő járatokon - szögletes ablakainak sarkaiból kiinduló repedések okoztak számos katasztrófát).

1955 – 60 Boeing Co. Seattle, kárelemzés és rövid kurzusok tartása törésmechanikából

1957 – 62 oktató az University of Washington-on

1955 - 1967 a Lehigh University munkatársa (akkoriban ez volt a világ törésmechanikai centruma)

1962 – 64 Lehigh University kutatója

1962 – a doktori fokozat megszerzése Lehigh University-n.

1964-65 a nemzeti kutatási alapítvány program-igazgatója

1974 -76 visiting professor a Brown University-n

1976 -99 Washington University professzora, 1999 –től senior professzora, 2006-tól emeritus professzora

2008-tól az University of Bordeaux meghívott professzora.

Szakmai elismeréseit, kitüntetéseit nehéz lenne hiánytalanul felsorolni, így engedjék meg, hogy az ESIS Elnök Asszonyának, Leslie Banks-Sills-nek megemlékező közleményéből „copy-paste” technikával emeljem át ezeket⁴:

3 FESI Bulletin. VOL. 11. No. 1 2017. (www.fesi.org.uk)

4 L. Banks-Sills: Paul C. Paris, Eulogy, ESIS Newsletter No-

- * 1972: Honorary Fellow of ASTM, The Award of Merit of ASTM
- * 1976: Stanley P. Rockwell Memorial Lecturer and Medal of ASM and AIME
- * 1987: The Fracture Mechanics Medal of ASTM (First Recipient with George Irwin)
- * 1987: Banquet Lecturer at the National Symposium on Fracture Mechanics of ASTM
- * 1988: Honorary Fellow of the International Congress on Fracture
- * 1990: Honorary Fellow of the International Fatigue Series
- * 1992: Swedlow Memorial Lecturer of ASTM
- * 1996: Honorary Editor of the Journal of Engineering Fracture Mechanics
- * 1997: The Symposium in Honor of Professor Paul Paris of TMS/ ASM (with proceedings: High Cycle Fatigue of Structural Materials)
- * 1998: The Dudley Medal of ASTM (Presidents Medal)
- * 2000: Banquet Lecturer at the International Conference on Fatigue Damage of Structural Materials III (Hyannis, MA)
- * 2001: Invited Opening Plenary Lecture at the International Conference of Fatigue in the Very High Cycle Regime (Vienna, Austria)
- * 2003: The Third Crichlow Trust Prize of the American Institute of Aeronautics and Astronautics. A medal-\$100,000 Honorarium, a citation for lifetime contributions to aircraft structural analysis
- * 2003: The Medal of Conservatoire National des Arts and Métiers (Paris, France)
- * 2004: Invited Opening Plenary Lecture at the International Symposium on Gigacycle Fatigue (Kyoto, Japan)
- * 2006: Invited Opening Plenary Lecture at the Crack Paths conference (Parma, Italy)
- * 2009: Honorary Doctorate from the University of Paris West (Paris, France)
- * 2016: Wöhler Medal, European Structural Integrity Society, ECF 21 (Catania, Italy)

Kellemes, udvarias, közvetlen emberként megismerve nem hagyható ki az tény sem, hogy olyan igazán kiváló szakembereket nevelt, oktatott

közös szakmánknak, mint Fazil Erdogan, George Sih (aki többször is járt hazánkban), Bob Wei, Richard Hertzberg (első doktorandusza), John Landes, Jim Begley, Matt Creager, Tada Hiroshi és Jim Rice. A „törésmechanika” kifejezés és a közös munkahely kötötte össze Őt és George Irwin-t 1955-től, akit a „törésmechanika atyjának” is tartanak. Találkozásuk később rendszeressé vált. Közös indították útjára a „Engineering Fracture Mechanics” folyóiratot (1968) és az USA „Annual National Symposium on Fracture Mechanics” rendezvénysorozatát. Részt vállalt a Del Research Corporation alapításában (1967) is.

Magánemberként élvezte farmjának történetét, az itt zajló eseményeket, életet, örömmel repült, (pilóta-jogosítványa volt), gyűjtötte a repülőgépmodelleket, versenyszerűen vitorlázott, szerette a sportkocsikat, a vitorlázó-repülőket, a versenyeket. A már említett Szabó Barna professzornak is számos kellemes időtöltést jelentett a közös vitorlázó repülés. Paul Paris fanyar humorának jellemzésére Szabó professzor úrtól hallottam egy kiváló példát, amelyet szó szerint idézek: „A termodinamika három alaptörvényét így foglalta össze: (1) You can't win. (2) You can't break even. (3) You can't get out of the game”. Borospincéje pedig méltán világhírű volt. Személy szerint Igazán bízom abban, hogy az a „6-Puttonyos Tokaji Aszú”, amelyet az MTS cégnél tett egyik látogatásom kapcsán eljuttattam hozzá nem a neves pince egy rejtett zugában „porosodott”. Ezt anekdotázó beszélgetésünk is megerősítette.

Teljes életet élt, annak minden sikerével, örömeivel és erőfeszítésével, mint ahogyan ezt rövid életrajza is tükrözi. Az élet alapvető törvényszerűségét, annak korlátozott voltát azonban Paul C. Paris sem tudta megváltoztatni, így 31.573 napot (86 év, 5 hónap és 8 napot) eltöltve e földi életben, mindnyájunknak tudomásul kell vennünk, hogy lényge a „Paris-féle összefüggés”-ben, a $da/dN=C(\Delta K)^n$ -ben él tovább. Nyugodj Békében!

Tóth László
egyetemi tanár

V. T. Troshhenko, L.A. Hamaza: Nem lokalizált kifáradási károsodás mechanikája fémek és ötvözetek esetében

Az Ukrán Tudományos Akadémia G. Sz. Piszarenko nevét viselő Szilárdság Problémái Intézet (Institut Problem Prochnoshti) alapításának 50. évfordulójára annak volt igazgatója, a nemzetközileg ismert és elismert szakember, Valery Trofimovich TROSHHENKO akadémikus vezetésével egy új szemléletű könyv jelent meg az intézet kiadásában 2016-ban (sajnos) mindössze 100 példányban. A korlátozott példányszám és az intézeti gondozás már önmagában is jelzés értékű az ukrán gazdaság teljesítőképessége és a tudomány támogatása iránti elkötelezettség tekintetében. Az intézet félévszázados történetét és az itt dolgozó (dolgozott) igazán remek, nemzetközileg is elismert szakemberek, tudósok eredményeit, munkáit személyesen ismervén a fent említett tények nem adnak kifejezett optimizmusra okot a jelen és közeljövő tekintetében. Éppen a korlátozott példányszám készített arra, hogy a hazai szakemberek számára a szokásosnál kicsit részletesebb ismertető állítsak össze azzal a nem titkolt szándékkal, hogy érdeklődésüket felkeltve forduljanak hozzám egy-egy fejezet scannelt változatáért.

A 413 oldal terjedelmű könyv 7 fejezetre oszlik, és két nagyobb terjedelmű mellékletet tartalmaz.

A bevezetést (4 oldal) követő **első**, mindössze 10 oldal terjedelmű **fejezet** egy nagyon rövid áttekintést ad a XIX. század közepétől ismertté vált jelenségről, a kifáradásról, annak sajátosságairól, a mögötte meghúzódó és károsodást előidéző fémtani, anyagszerkezeti folyamatokról. Ezek részleteit tekintve a fejezet végén található irodalomjegyzékre utalnak Szerzők. A felsorolt – mindössze 29 tételt tartalmazó – monográfiák terjedelme viszont jóval meghaladja a tízezer oldalt.

A **második**, több mint 130 oldal terjedelmű **fejezet** a könyv egyik – meghatározónak tekinthető része – ciklikus nem rugalmas alakváltozás sajátosságaival foglalkozik. Ha kicsit is belegondolunk akkor a kifáradásos károsodás megjelenése, kialakulása, és majdani lokalizálódása mögött minden esetben a külső ismétlődő terhelés hatására az anyagban elnyelődött alakváltozási energia, ennek eloszlása

húzódik meg. Ez tükröződik az ún. hiszterézis hurok (alakváltozás-feszültség vagy terhelés-megnyúlás) mindenkori alakjában, változásában, a szilárd test pontjaiban, eloszlásában, stb. Ez az a jellemző amit a vizsgálatok során minden egyes terhelési ciklusban rögzíteni tudunk. Ebből adódóan a könyv ezen fejezete részletesen foglalkozik a hiszterézis hurkok formájával, annak sajátos, anyagi tulajdonságokat hordozó paramétereivel, ezek változásával, mérési módszereivel. Külön részt szentel e fejezet a nem rugalmas viselkedést befolyásoló anyagi és anyagtechnológiai és az üzemeltetés körülményei okozta hatásoknak és a hiszterézis hurkok alakulásának kapcsolatára. Az üzemeltetés körülményei úgy tekinthetők, mint külső hatás, amelyre az anyag – mint egyszerű önszerveződő rendszer – a hiszterézis hurokkal, annak paramétereivel „válaszol”. Ezen külső hatások közül számba veszi a következőket: alacsony és növelt hőmérséklet, a külső mechanikai terhelés történetét, eloszlását, paramétereit, rövid- és hosszúidejű üzemeltetést. Ezen ismeretek felhasználásával tesz kísérletet arra, hogy meghatározza milyen lehetőségei vannak a gyorsított vizsgálatokra, ill. milyen kritériumok alapján fogalmazhatók meg a törési feltételek, avagy a kifáradási határ értékei különböző anyagok, vizsgálati körülmények esetében. E fejezetet igen részletes, 235 tételre kiterjedő irodalomjegyzék egészíti ki. Ez már önmagában is jelzésértékű arra nézve, hogy e könyv és ennek második fejezete az eddigi ismeretink szintézise.

A könyv **harmadik** és mindössze 22 oldal terjedelmű **fejezete** az előző rész – szinte – tézisszerű összefoglalása, hiszen a kifáradás alakváltozási és energetikai kritériumaival foglalkozik. Ha belegondolunk nincs is más lehetőségünk törési kritérium definiálására, mint a külső hatásra (terhelésre) az anyagban elnyelt (nem-rugalmas) összegzett energia, avagy az összegzett nem rugalmas alakváltozás nagysága. Az természetesen más kérdés, és további elemzések tárgya, hogy az említett jellemzők eloszlása milyen térben és időben, ill. mire is fordítódik (pl. hővé alakul, milyen területen oszlik meg, stb.). A könyv ezen kérdésekről, azok mérnöki leírásának lehetőségeiről is szintetizáló áttekintést ad e fejezetben. A többirányú szemléleteket illusztrálja az irodalomjegyzékben felsorolt 79 tétel is.

A könyv **negyedik**, 50 oldal terjedelmű **fejezete** a

Wöhler-görbe élettartam-szakaszával foglalkozik. Mérnöki szempontból a Wöhler-görbe úgy definiálható, mint a külső terhelés ($\Delta\sigma$ - egy nagyon is általános érvényű ún. ciklikus terhelésváltozás) körülményeire az anyag által adott válasz (N_f – a töréshez tartozó igénybevételek, ciklusok száma). Ha ezek közötti kapcsolatot teljesen általánosan definiáljuk, akkor azt mondhatjuk, hogy minél nagyobb a ciklikus terhelés nagysága, annál kisebb a töréshez tartozó ciklusok száma, az élettartam. Ezt a nyilvánvaló ténytet pedig egy hatványkitevős kifejezés hűen tükrözheti annak progresszív, degresszív vagy lineáris jellegével együtt. Ezt a kitevőben szereplő mennyiség egyértelműen jellemzi. E gondolatok fogalmazódtak meg már 1910-ben, amikor Basquin a nagyciklusú kifáradással, annak élettartam szakaszával foglalkozott, ill. az 1950-es a Manson-Coffin összefüggésben a kisciklusú fáradás analitikus leírásában.

A könyv e fejezete első lépésben áttekintést ad azon eddigi ún. mérnöki próbálkozásokról, amelyeket felhasználtak a Basquin és a Manson-Coffin összefüggés paramétereinek becslésére más, egyszerűbben mérhető anyagi paraméterekből. Az egyes módszereket, azok pontosságát, megbízhatóságát nagyszámú, irodalomból vett adatok felhasználásával elemzi. A jelenkor számítástechnikai lehetőségei, a neuronhálók módszere lehetővé teszi azt is, hogy ne csupán leegyszerűsített ún. mérnöki módszerek alkalmazásával kísérjünk meg becsléseket végezni. Ezt alkalmazza 5, 6, 7 és 8 bemenő paraméter felhasználásával. Az adatokat feldolgozva természetesen jobb becslésekhez jut, ezek megbízhatóságát, a közelítések jóságát részletesen bizonyítja. A felhasznált források száma e fejezetben is kb. annyi (81) mint az előzőben. Ezek között több ún. „Data sheet” található, amelyek a korábban elvégzett vizsgálatok eredményeit rögzíti.

Az **ötödik**, mintegy 50 oldal terjedelmű **fejezet** az az alapvető kérdéssel foglalkozik, hogy milyen is az a repedéshossz, amely a kifáradási határhoz tartozik, azaz milyen hosszúságú az a repedés, amely a kifáradási határnak megfelelő feszültségi szinten még nem terjedőképes. A témakör nem csupán a törésmechanikai témakörrel foglalkozók szempontjából nagyon fontos, hanem az alapanyaggyártók is kifejezetten érintettek, hiszen a nemfémek zárványok megengedhető méretén keresztül

a kifáradási sajátosságok szabályozhatók. Különösen nagy jelentőségű mindez akkor, ha a lokális terhelés nagysága kifejezetten nagy, pl. nagy érintkezési feszültségeknél. Az irodalmi adatokat áttekintvén törésmechanikai elvek felhasználásával kísérli meg azon repedések hosszait megállapítani, amelyek a kifáradási határnak megfelelő terhelésnél nem terjednek. Ezt a becslést mind sima, mind pedig feszültséggyűjtő helyeket tartalmazó próbatestek vizsgálati eredményeire közli. Eredményei hasznos útmutatásul szolgálhat az alapanyaggyártók számára is. A fejezetet kiegészíti 58 irodalmi hivatkozás.

A nagyon rövid, mindössze 28 oldal terjedelmű **hatodik fejezet** az ún. rövid és hosszú repedések terjedési körülményeinek sajátosságaival foglalkozik. Másképpen megfogalmazva azt is mondhatjuk, hogy a sok-sok kisméretű, nem terjedőképes repedésből, ún. „rövid repedés” (a repedésméretnek valamilyen eloszlásából) miképpen alakul ki egy lokalizált kifáradási károsodás, egy terjedőképes ún. „hosszú” repedés. A fejezetet 25 db. irodalmi hivatkozás egészíti ki.

A 38 oldal terjedelmű **hetedik** és egyben utolsó **fejezet** az előző részben megfogalmazott átmenethez tartozó igénybevételi ciklusszámokra igyekszik becslésekkel szolgálni az anyagi jellemzők és a terhelés paramétereinek figyelembevételével, hiszen ezen átmenetnek valamilyen módon tükröződnie kell a ciklikus hiszterézis-görbén is. Nagyobb adathalmaz feldolgozásával közöl módszert a fáradásos repedés kialakulásának, a rövid és hosszú repedések átmenetének feltételeire, ill. a feszültséggyűjtő helyek hatásainak figyelembevételére. Mindezek alapján képes az azonos károsodási szinthez tartozó kifáradási görbék megfogalmazására. A fejezetet 45 tételt felsorakoztató irodalomjegyzék zárja.

A könyvet 2 db. olyan melléklet egészíti ki, amely 60 oldalon táblázatos vagy diagram formában mutatja be azon korábbi vizsgálati eredményeket, amelyekre támaszkodván született a könyvben ismertetett általánosított elgondolások.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy Troshhenko akadémikus Szerzőtársával, munkatársával olyan könyvet állított össze, amely a kifáradás jelenségét egységesen és új szempontok szerint következetesen tárgyalja. Ennek lényege a következő: ismétlődő külső terhelés hatására az anyag károsodik, amely a

ciklusonkénti hiszterézis hurkokban megnyilvánul. Ez a egy darabig az anyagban, a szilárd testben random eloszlású. A későbbi stádiumban a károsodás lokalizálódása valósul meg. Ezen átmenet feltételeire nézve kritériumokat fogalmaz meg a kifáradási folyamat élettartam szakaszában ugyanúgy, mint a kifáradási tar tartományában. A könyvet jó szívvel ajánlom mind a kifáradással foglalkozó hazai szakemberek, mind pedig a témakörben mélyebb ismeretek megszerzésére törekvő, az orosz nyelvterületen otthonosan mozgó egyetemi hallgatók számára. Újból kihangsúlyozván a korlátozott példányszámon keresztül a nehéz hozzáférhetőséget, egyes részeket az érdeklődők számára örömmel továbbítok.

Tóth László
egyetemi tanár

V. F. Terentyev, Sz. A. Korableva: Fémek kifáradása

A legendás hírű Bajkov Intézet (teljes nevén az Orosz Tudományos Akadémia A. A. Bajkov nevét viselő Kohászati és Anyagismereti Intézete) 2015-ben a fenti címmel mindössze 300 példányban adta ki a rendkívül lebilincselő és hasznos könyvet a kifáradás jelenségének boncolgatásáról. A Bajkov Intézet ezen osztályán az a V.S. Ivanovna volt a meghatározó egyéniség, akinek rendkívül jó kapcsolata volt hazánkkal. Ebben kétségtelen meghatározó szerepet játszott a néhai Gillemot László akadémikus, a BME Mechanikai Technológiai Tanszék volt vezetője, az egyetem rektora. E kapcsolatot fejlesztették tovább munkatársai, közöttük Kator Lajos, Artinger István, Ginsztler János, ill. kapcsolódtak a már élő és gyümölcsöző együttműködéshez Miskolcra (Tóth László és Nagy Gyula). Jómagam 1972-től kezdődően állok szinte napi kapcsolatban az osztály munkatársaival, közöttük az ismertetendő könyv egyik szerzőjével, V. F. Terentyevvel. Visszatérve az osztály valóban legendás hírű tagjához, az 1923-ban született V.S. Ivanovnához, szakmailag igen termékenynek bizonyult, amit 22 könyve és több mint 400 cikke is bizonyít. Alapvetően az anyagok szilárdságának, törésének és kifáradásának fizikai alapjaival foglalkozott. Ezt a fő „csapásvonalat” követték munkatársai is a tíz évvel később született V.F. Terentyev is,

A 484 oldal terjedelmű könyv 12 fejezetre tagozódik.

A **12 oldal** terjedelmű **bevezető** rész, alapvetően az anyagok szilárdságával és a kifáradás jelenségének kutatásával foglalkozó szakemberek eredményeinek történelmi áttekintésével foglalkozik. Ebben szerepet kap Leonardi da Vinci, Galileo Galilei, A. Wöhler, I. Bauschinger, stb. Számos, a világot megrázó olyan katasztrófákról is olvashatunk, amelyet az anyagok kifáradása idézett elő. Ezek nem csupán a régmúltat idézik fel, hanem napjaink történelméhez is kötődnek, pl. 1998-ban a „Wilhelm Conrad Röntgen EURO CITY” baleste, avagy a 2009-ben bekövetkezett vízerőmű 74 áldozattal járó katasztrófája.

Az igen rövid, mindössze **8 oldalnyi első fejezet** a kifáradás alapfogalmait és a jelenség vizsgálati módszereit, szabványait szedi csokorba.

A képlékeny alakváltozás és a repedések keletkezésének mechanizmusait foglalja össze a **28 oldal** terjedelmű **második fejezet**. Ebben tárgyalásra kerülnek a kristályrendszerek szerepe, a diszlokációk típusai és ezek mozgásának sajátosságai, ill. a fáradásos repedések kialakulásának lehetséges módozatai. Arepedésekismétlődőterheléshatásábekövetkező növekedésének jellemzésére kidolgozott törésmechanikai elvek összefoglaló bemutatására vállalkozik a **39. oldal** terjedelmű **harmadik fejezet**. E rész kitér az alapelvek és az anyagjellemzők kísérleti módszereinek ismertetésére. A fejezet előszavában ugyancsak értékes történelmi, történelmi áttekintést kaphatunk e tudományterület kialakulásáról, fejlődéséről.

A **negyedik, 26 oldal** terjedelmű **fejezet** megírása a Wöhler görbe jellegzetes szakaszaihoz kötődik, kezdve a kisciklusú fáradástól a gigaciklusúig. Az alapvető értelmezési problémáktól kiindulva jelentős mennyiségű anyagjellemzőket is magába foglal e, mérnöki szemléletmódot követő fejezet.

A mindössze **21 oldalnyi ötödik fejezet** újból a fémfizikusi szemléletet követve mutat rá a kifáradás folyamataira, annak egyes periódusaira, kezdve a csúszási sávok megjelenésétől a makroszkópikus repedések növekedésén át a teljes törésig. Ezen áttekintő rész tulajdonképpen a következő két fejezetben ismerttetettek rövid összefoglalásaként tekinthető.

A **hatodik fejezet 54 oldal** terjedelemben

foglalkozik a mikrorepedések kialakulásának mechanizmusával, a mikrofoltyás (lokális jelenségek) szerepével, lehetséges hatásaival. E fejezet döntő mértékben támaszkodik mindazon munkákra, amelyeket V.S. Ivanova alapozott meg, majd a Szerző folytatott a Bajkov Intézetben. E fejezetet jelentős számú, 112 db. irodalmi hivatkozás egészíti ki.

Valamivel szerényebb, **34 oldal** terjedelemben foglalkozik a könyv a fáradásos repedés terjedési körülményeinek taglalásával a **7. fejezetben**. Az un. rövid repedések (short crack) kialakulása mellett ismertetésre kerülnek a stabil repedésterjedés körülményei, a túlterhelés hatása, ill. a töretképek és a terhelés jellege közötti kapcsolat is.

Az **55 oldalnyi nyolcadik rész** a kifáradás jelenségének alapproblémáit, a kifáradási határ fizikai alapjait, ennek a kristályrács típusától való függését boncolgatja. E részben is döntően a Bajkov Intézet munkatársai – közöttük a Szerző – által elért alapvető eredmények kerülnek bemutatásra. E tény meggyőzően követhető a fejezetben ismertetekhez kötődő 167 tételt magába foglaló irodalomjegyzék szerzői kapcsán. E fejezetben domináns szerep jut a még nem terjedő repedéshosszak és a kifáradási határ kapcsolatrendszerére, ill. az ezt meghatározó anyagi paraméterekre.

Az **57 oldal terjedelmű**, 135 irodalmi hivatkozást felsorakoztató, Sz. A. Korableva (feltehetően V.F. Terentyev aspiránsa) által összeállított **kilencedik fejezet** a fémes anyagok kifáradásával szembeni ellenállását befolyásoló körülményekkel, azok hatásaival foglalkozik. A mérnöki szempontból jelentős hatások közül szinte mindegyikkel foglalkozik e rész, beleértve a következőket is: szövetszerkezet, szemcseméret, felületi felkeményítés, mérethatás, terhelés aszimmetria tényezője, feszültséggyűjtő helyek szerepe, hőmérséklet, környezetésannakhőmérséklete, terhelés frekvenciája, kontaktterhelés.

A napjainkban gyorsan terjedő alkalmazási területekkel bíró nagyszilárdságú acélok kifáradásának jellegzetes sajátosságaival foglalkozik **60 oldalnyi** terjedelemben a könyv **10. fejezete**. E rész az 1000 MPa szilárdságot meghaladó acélokra koncentrál. Elemzi a normál szilárdságú acélok szilárdsági és kifáradási jellemzőinek kapcsolatát, ill. ennek kiterjeszthetőségét a nagyobb, 100 MPa értéket meghaladó tartományokra. Ugyancsak bemutatásra

kerülnek ciklikus terhelés során bekövetkező lágyulási és keményedési mechanizmusok, ezek jellegzetességei és hatásuk a hagyományos anyagjellemzőkre, a fáradásos repedések keletkezésére és terjedésére. A nagyszilárdságú acélok alkalmazási körét figyelembe véve összefoglalásra kerülnek a környezet és terhelés körülményeinek hatása is az alapanyag kémiai összetételének függvényében.

A **tizenegyedik fejezet** a napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazott un. **TRIP (Transformation Induced Plasticity)** acélok kifáradási folyamatainak sajátosságaival, jellegzetességeivel foglalkozik **34 oldal** terjedelemben. Az itt felsorolt megállapítások, eredmények alapvetően a könyv társszerzőjének, Sz. A. Korablevának munkájához kötődik. Ennek keretében a nagyszilárdságú korrózióálló TRIP acélokon végzett vizsgálatok eredményeit, tapasztalatait foglalja össze. Elemzi a metastabil ausztenites acélok ciklikus terhelés hatására bekövetkező változásait.

Az utolsó, **tizenkettedik fejezet 35 oldalnyi** terjedelemben, a gépkocsigyártásban perspektivikusan felhasználható acélok kifáradási jellemzőinek vizsgálatához kötődő eredményeket foglalja össze a következő csoportosításban: kisciklusú-, nagyciklusú- és fáradásos repedésterjedéssel szembeni anyagi tulajdonságok.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy V.F. Terentyev és Szerzőtársának újabb, a kifáradás jelenségével, annak sajátosságaival, fizikai alapjaival is foglalkozó munkája jelent meg a könyvpiacra. Értékét jellemezheti az is, hogy meghatározó szerzője a szakma egyik „világcentrumának”, a Bajkov Intézetnek munkatársa, aki több mint egy fél évszázada meglehetősen intenzíven foglalkozik a kifáradás témakörével, számos, belső motiváltságú aspiránsának támogatásával. A könyvet jó szívvel ajánlom mind a kifáradással foglalkozó hazai szakemberek, mind pedig a témakörben mélyebb ismeretek megszerzésére törekvő, az orosz nyelvterületen otthonosan mozgó egyetemi hallgatók számára. Újból kihangsúlyozván a korlátozott példányszámon keresztül a nehéz hozzáférhetőséget, egyes részeket az érdeklődők számára örömmel továbbítok.

Tóth László
egyetemi tanár

JEGYZET	3
Magyar elnök az Európai Roncsolásmentes Vizsgálók Egyesületei Szövetségének (EFNDT) élén:	4
Prof. Trampus Péter, a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálói Szövetség (MAROVISZ) elnöke	4
Trampus Péter életrajza (kivonat)	6
MÁGNESES MÉRÉSEK A RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATBAN	7
Magyar roncsolásmentes anyagvizsgálók közösségének rövid története és díjai	34
MAROVISZ Díj 2007: Becker István	35
MAROVISZ Díj 2009: Tarnai György	37
MAROVISZ Díj 2011: Kecskés Péter	39
MAROVISZ Díj 2013: Dr. Rittinger János	41
MAROVISZ Díj 2015: Szűcs Pál	43
MAROVISZ Díj 2017: Dr. Somogyi György	44
Arnold Janovich KRASOWSKY	48
Paul C. PARIS	51
V. T. Troshhenko, L.A. Hamaza: Nem lokalizált kifáradási károsodás mechanikája fémek és ötvözetek esetében	55
V. F. Terentyev, Sz.A. Korableva: Fémek kifáradása	57



Professzionális mobil keménységmérők

- UCI és Leeb-féle mérési módszer
- Szondák és kiegészítők nagy választéka
- Kiváló ár-érték arány, "Made in Germany"



alphaDUR mini

Kézi UCI keménységmérő DIN EN 50159 és ASTM A1038 szerint. HRC, HV, HB, HRB konverzió. Kompakt, egyszerűen kezelhető. Színes kijelzővel. USB interfész és opcionális PC szoftver.



alphaDUR II

Mobil UCI keménységmérő. Egyedi kalibráció a nagyobb pontosság érdekében. HRC, HV, HB, HRB konverzió. Nagy memória a mérési adatok tárolására, Go/No Go címkézés. RS232 interfész távvezérléshez.



Egyedi megoldások

Szkennelő keménységmérés UCI módszerrel. Mikrokeménység, ill. sorozatmérések nagy felületen. Automatizált mérőállomások kialakítása.



MÁGNESEZHETŐ POROS VIZSGÁLAT

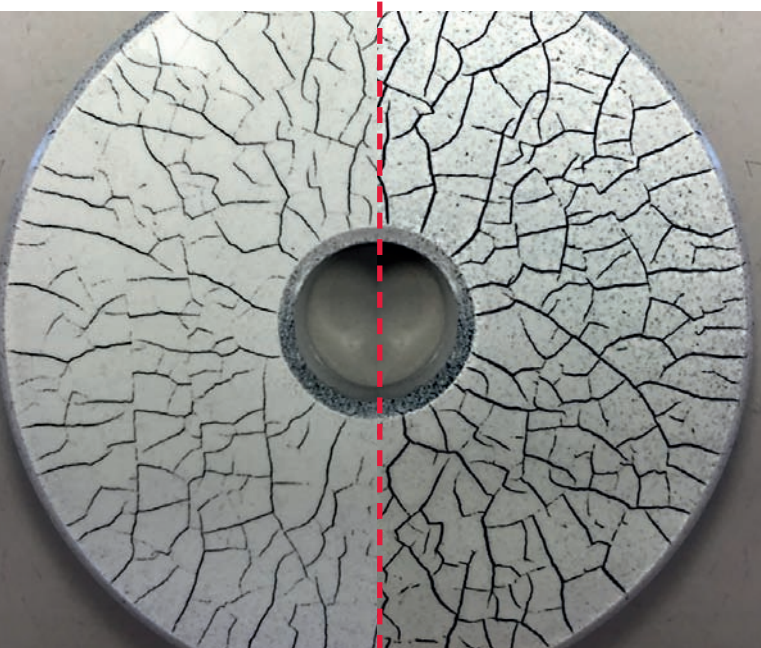
Nagy kontrasztot adó mágnesezhető poros szuszpenziók választéka, a vizsgálati körülményekhez igazodó tulajdonságokkal

- FELÜLETMINŐSÉG
- SZÍN (FLUORESZKÁLÓ)
- MEGVILÁGÍTÁSI KÖRÜLMÉNYEK
- SZEMCSE MÉRET & SZEDIMENTÁCIÓ

Az új fejlesztés nagyobb kontrasztú jelzéseket tesz lehetővé minimális háttér mellett

korábbi verzió

új verzió



SZÁMOS VIZSGÁLÓSZE-RÜNK ECO LINE VÁLTOZATBAN IS ELÉRHETŐ.

Megnövelt lobbanás-pontú hordozóolajok

