

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

2009/II. lapszám

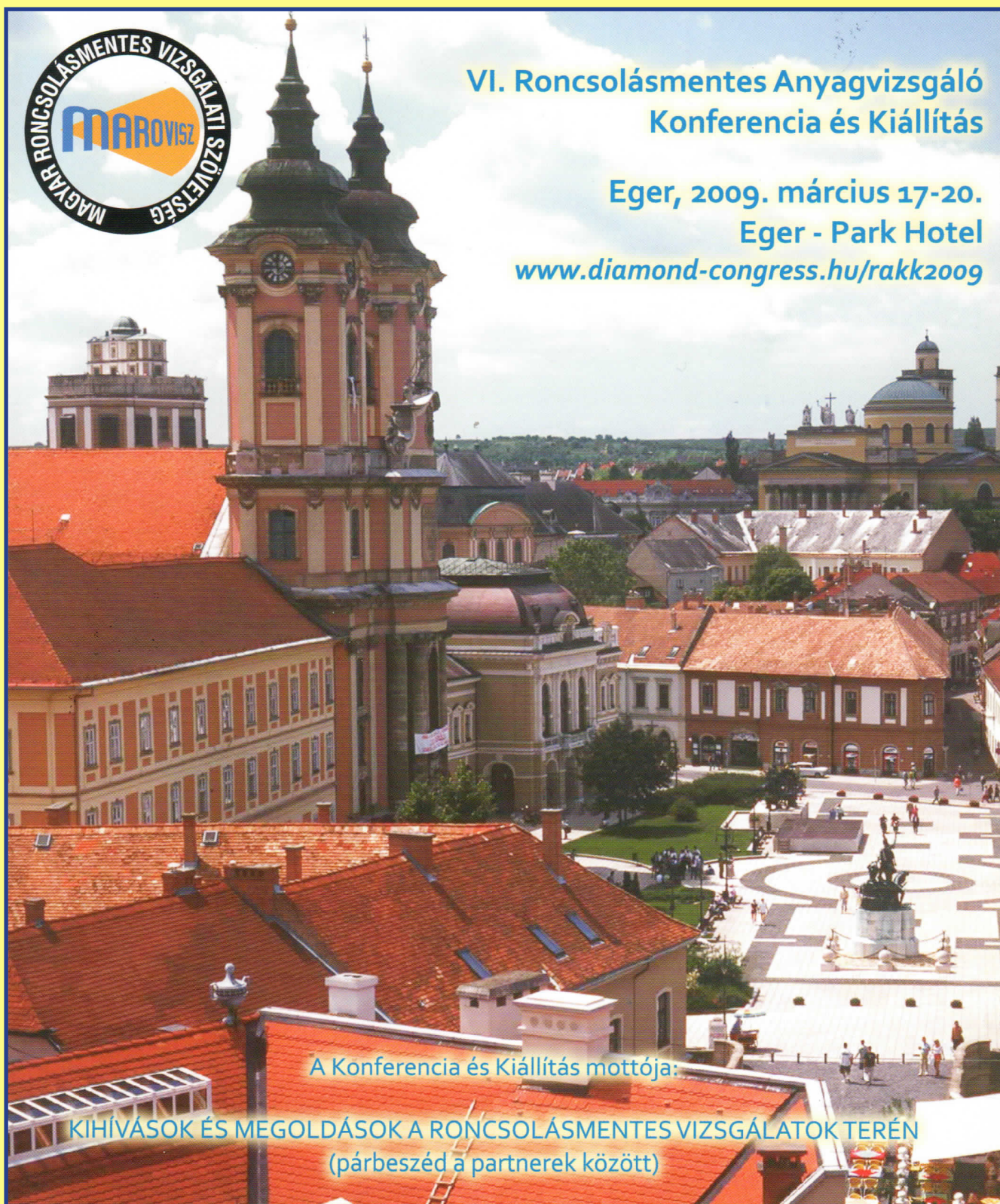


VI. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló
Konferencia és Kiállítás

Eger, 2009. március 17-20.

Eger - Park Hotel

www.diamond-congress.hu/rakk2009



A Konferencia és Kiállítás mottója:

KIHÍVÁSOK ÉS MEGOLDÁSOK A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK TERÉN
(párbeszéd a partnerek között)

BESZÁMOLÓK - ACCOUNTS

- BALASKÓ Márton** 49
Megalakult az „Academia NDT International”
Academia NDT International was set up
- TRAMPUS Péter** 51
Beszámoló a MAROVISZ egri roncsolásmentes anyagvizsgáló konferenciájáról
Report on the Non-Destructive Material Testing MAROVISZ Conference, Eger

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA - NDT TECHNICS

- BALASKÓ Márton, HORVÁTH László, HORVÁTH Ákos, TÓTH Péter, KAMMEL László** 54
Kombináltan alkalmazott roncsolás-mentes anyagvizsgáló módszerek a szuperkritikus vízzel hűtött reaktor modellek tanulmányozásában
Applying combination of NDT methods for studying of supercritical water cooled reactor models

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK - TESTING METHODS

- LADÁNYI Erzsébet, NAGY Péter Zsolt** 61
Digitális képalkotás az orvosi diagnosztikában
Digital imaging in medical diagnostics

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA - NDT TECHNICS

- VÉRTESEY Gábor** 64
Ferromágneses anyagok roncsolásmentes vizsgálata mágneses hiszterézis alhurkok mérése alapján
Nondestructive inspection of ferromagnetic materials by measurement of minor magnetic hysteresis loops
- SZABÓ Zoltán** 70
Nemfémes zárványok hatása az acélok tulajdonságaira (Zárványok 1. rész)
Effect of non-metallic inclusions on properties of steels (Inclusions, part 1)

HELYZETKÉP - REVIEW

- HEVESINÉ KŐVÁRI Éva** 75
A REACH direktíva acéliparra gyakorolt hatása 2. rész
Effect of directives REACH on steels part 2

KÖNYVISMERTETÉS - BOOK REVIEW

- TÓTH László** 79
Könyvismertetés: A. Strizhalo, L.SZ. Novogrudskijj, E. V. Vorobjev: Anyagok szilárdsága kriogén hőmérsékleten elektromágneses mező hatásának figyelembevételével
Book review: A. Strizhalo, L.SZ. Novogrudskijj, E. V. Vorobjev: Strength of materials at cryogenic temperatures under the influence of electromagnetic field

MEGALAKULT AZ „ACADEMIA NDT INTERNATIONAL”

ACADEMIA NDT INTERNATIONAL WAS SET UP

2009 május 15.-én megalakult az „ACADEMIA NDT INTERNATIONAL” Bresciában. Az alakuló ülésen 38, magas szintű végzettséggel rendelkező roncsolásmentes anyagvizsgálatokkal foglalkozó szakember vett részt 18 ország képviselőjében.

Az Akadémia megalakulásának gondolata a 2008 évi WCNDT konferencia során fogalmazódott meg a világ NDT mozgalmainak vezetői között. Céljai között szerepel, hogy koordinálja a különböző kontinenseken működő, roncsolásmentes anyagvizsgálatokkal foglalkozó társaságok erőfeszítéseit, hogy, mint az Akadémia tagjai, hozzájáruljanak a kormányoktól függetlenül és non-profit módon a tudomány, a kutatás, a fejlesztés és a képzés egységéhez. Továbbá az Akadémia felvállalja az emberiség érdekében, annak a lehetőségét, hogy elkerülhetőek legyenek a katasztrófák és a negatív következményekkel járó természeti -, műszaki - vagy terrorista fenyegetések. Az Akadémia tagjai számára szigorú követelmény rendszert dolgoztak ki. Ezeket megküldték a világ valamennyi NDT társaságának, hogy tegyenek javaslatokat a kritériumoknak eleget tevő jelöltekre. A jelöltek ~ 10 perces (ppt.-vel támogatott), az országuk NDT szervezetét és a saját pályafutásukat ismertető bemutatkozó előadásokat tartottak. Az Akadémiának 18 országból, 38 tagja van. Ebből 7 fő képviseli Oroszországot, 5 fő az USA-t, 4 fő Németországot, 3 fő Indiát, 3 fő Olaszországot, 2 fő Belorussziát, Görögországot és Horvátországot, továbbá Angliát, Bulgáriát, Csehországot, Japánt, Kínát, Litvániát, Magyarországot, Moldáviát, Szlovéniát és Ukrajnát 1-1 fő képviseli. A színvonal magas. Több tag, a saját országában is akadémikus, de sok a szakági intézményvezető is közöttünk. Meg is lepődtem, hogy én, hogy kerülhettem közéjük. Bár engem is a MAROVISZ és a GTE vezetői javasoltak, igaz, hogy számos nemzetközi bizottság tagja vagyok és a 180 publikációból kb. 50 az egyidejűleg végzett NDT méréseinket ismerteti, de azért jól esett látni, hogy milyen "előkelő társaság" - ba kerültünk. Az Akadémia székhelye az olaszországi Bresciában lesz. Az Akadémia munkáját egy 9 fős bizottság irányítja. Elnöke Giuseppe Nardoni professzor, Olaszországból, helyettesei Vlagyimir Klyuev professzor, Oroszországból és Dr. Baldev Raj, Indiából, mint alelnökök. A bizottság általános titkára Dr. Irina Puskina, Oroszországból, sajtó titkára David Gilbert, Angliából. A bizottság további tagjai Vjera Kristelj professzorasszony, Horvát országból, Dr. Rainer Link,

Németországból és PhD. Sotirios Vahaviolos, az USA-ból. Az adminisztratív háttérrel Ms. Stefania Modenezzi biztosítja számukra.

Szeretnék néhány gondolatot közzé tenni az „ACADEMIA NDT INTERNATIONAL” alkotmányából:

Az Akadémia tagjai lehetnek:

- kiemelkedő képességű kutatók, technológusok az egyetemi és kutató intézeti területekről,
- akik eddigi munkájuk során figyelemre méltó eredményeket értek el az NDT módszerek terjesztésében.
- kiemelkedő képességű személyiségek az ipari területekről, akik részt vesznek az NDT technológiai eszközök fejlesztésében és előállításában.
- a különböző országok kormány hivatalainak, azon kiemelkedő képességű tisztségviselői, akik elősegítik az NDT technikák széles körű elterjedését és alkalmazását.

Az Akadémia tiszteletbeli tagjai lehetnek:

- akik eddigi tudományos tevékenységük során, alapvetően fontos felfedezéseket és értékes találmányokat tettek közzé az NDT területéről.
- Az Akadémia azon tagjai, akik elnyerik az Akadémia tiszteletbeli tagja címet.

Az Akadémia elnökét az Akadémia tagjai közül a bizottság választja, titkos szavazással. Az elnöki mandátum 4 évre szól, és csak két alkalommal tölthető be, ugyanazon személy által. Ezen időintervallumok minden tisztségviselőre vonatkoznak.

Az Akadémia évenként egyszer ülésezik (ez nem jelenti azt, hogy közben ül babérain, hanem a jelenleg szervezés alatt álló előzetes, 2011-ig tervezett program végrehajtásán fáradozik).

Az Akadémia tagsága megvitatta és elfogadta az Akadémia előzetes programját 2011-ig.

1. Komplette tenni az akadémiai formációt.
2. Az Interneten Website-ot létesíteni.
3. Szelektálni a legfontosabb, aktuális NDT témákat.
4. Megalakítani az NDT szervezeteket világszerte, tekintettel a technológiai, környezeti és általános biztonságra.

5. Segíteni a nemzetközi és regionális NDT csoportokat.

6. Támogatni az NDT szakemberek képzésének és gyakorlat szerzésének színvonal növelését.

7. Megalapítani az Akadémia elismerő díját, amelyet Galileo Galileiről neveztünk el.

Az alapító ülésen, felkért előadók tartottak szóbeli előadásokat az NDT területén elért eredményeikről.

Ez alól csupán A. Zichichi, Nobel díjas professzor volt kivétel, aki a világ keletkezését taglaló előadást tartott "New frontier of Physics" címmel.

Az Akadémia következő ülésére 2010-ben Moszkvában fog sor kerülni, a 9th ECNDT idején.

Budapest 2009 augusztus 7.

Balaskó Márton
az NDT Akadémia magyar tagja

BESZÁMOLÓK

ACCOUNTS

Beszámoló a MAROVISZ egri roncsolásmentes anyagvizsgáló konferenciájáról Report on the Non-Destructive Material Testing MAROVISZ Conference, Eger

TRAMPUS Péter

Igazodva hagyományainkhoz, a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség 2009-ben is Egerben rendezte az immár hatodik Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferenciát és Kiállítást. A rendezvénynek ebben az évben a Hotel Eger / Park adott otthont. A 2009. évi konferencia mottójául a szervezőbizottság a partnerek közötti párbeszéd erősítését választotta. Felismerték azt, hogy a megrendelők egyre szigorúbb követelményeket támasztanak a roncsolásmentes vizsgálatokkal szemben, beleértve az eredmények megbízhatóságát és a megbízhatóság igazolását, a vizsgálatok reprodukálhatóságát, az eredmények megjelenítésének minőségét, valamint a vizsgálatok elvégzésének és az eredmények közlésének gyorsaságát. Felismerték továbbá, hogy a roncsolásmentes vizsgálók tágabb közössége (kutatók, fejlesztők, készülékgyártók, vizsgálók) folyamatosan azon dolgozik, hogy pontos, megbízható és reprodukálható vizsgálati eredményekkel szolgálja ki a megrendelőket. Ezért kézenfekvő volt a következő mottó:

Kihívások és megoldások a roncsolásmentes vizsgálatok terén

A rendezvény támogatásában jelentős szerepet vállaltak a kiállításon résztvevő, vizsgálóeszközöket fejlesztő, illetve forgalmazó cégek. Platina fokozatú támogató volt a GE Sensing & Inspection Technologies, arany fokozatú az MS Nordion és az Agiris, bronz fokozatú az MR Chemie és az Uniford. Ezen kívül igen jelentős támogatást nyert el a Szövetség a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal Apponyi Albert programjának a pályázatán (Mecenatúra). Valamennyi támogatóknak ezúton is köszönetünket fejezzük ki.

A megnyitó ülésen Kecskés Péter, a Marovisz alelnöke köszöntötte a jelenlévőket. Külön tisztelettel köszöntötte Habis László urat, Eger város polgármesterét, aki másodszor tisztelte meg a rendezvényt jelenlétével és a résztvevőkhöz intézett üdvözlő beszédével.

A konferencia nyitóelőadását Pungor András, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Nanotechnológiai Intézetének igazgatója tartotta,

előadásának címe a következő volt: *A félreértett mérések világa*. Ezt követte egy kitekintés a MAROVISZ tagjai által művelt területen kívülre. Ladányi Erzsébet, a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kórház és Egyetemi Oktató Kórház radiológus szakorvosa mutatta be az orvosi terület fejlődését *Digitális képalkotás az orvosi diagnosztikában* címmel tartott előadásában.

A nyitó ülés zárásaként – immár második alkalommal – átadásra került a MAROVISZ Díj. A díjat Tarnai György, a Szövetség tiszteletbeli elnöke kapta azért a kiemelkedő munkáért, amit a hazai roncsolásmentes vizsgálatokért és a MAROVISZ-ért tett az elmúlt évtizedekben. Munkáját Tóth László, a MAROVISZ Díj kuratórium elnöke méltatta. Tarnai György stílszerűen *Visszatekintés* címmel foglalta össze és adta elő gondolatait.



A nyitó ülést követő plenáris szekcióban három általános érdeklődésre számot tartó előadás hangzott el. Békési László, a Nemzeti Fejlesztési és Gazdasági Minisztérium munkatársa *A műszaki szabványok változásainak hatása a hegesztésre és annak vizsgálatára* címmel, Lindner Sándor, a Zsigmond Király Főiskola tanára *Humán kockázat kezelése* címmel, és Gillemot László, az Anyagvizsgálók Lapja felelős szerkesztője (Fücsök Ferenc társszerzővel) *Anyagvizsgálati információk a világhálón* címmel tartott átfogó előadást.

Dr. Trampus Péter, MAROVISZ elnöke



A plenáris ülést követte a kiállítás megnyitása.



A konferencia programjába illesztette be a vezetőség a MAROVISZ ezévi tisztújító közgyűlését. A szokásos beszámolókat követően megválasztásra kerültek a tisztségviselők. A Szövetség elnökeként újraválasztásra került Trampus Péter, az elnökség tagjai a következők lettek: Bocz András, Fodor Olivér, Kecskés Péter, Somogyi György, Szűtör István és Tóth László. A Számvizsgáló Bizottság vezetőjeként újraválasztották Harnisch Józsefet, a bizottság tagjai Czizmazia Ferencné és Lutor Attila.



A konferencián kilenc, szakmai alapon összeállított szekció került megrendezésre. A szekciók nem minden esetben csak egy adott témát jártak körül, ezért a szervezőbizottság az egyszerűség kedvéért – betűkkel jelölte őket. Jelen beszámolóknak nem célja valamennyi elhangzott előadás részletes ismertetését; az erre igényt tartóknak a konferencia CD kiadványát ajánljuk. A következőkben, az egyes szekciókban elhangzott előadások átfogó ismertetését adjuk.



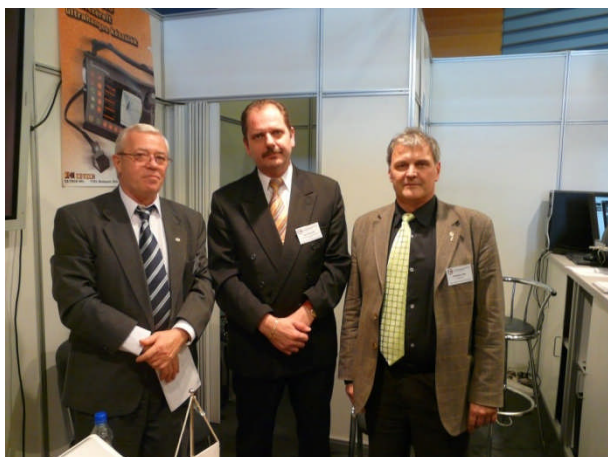
A **B** szekcióba alapvetően a roncsolásmentes vizsgálatok tágabb környezetben betöltött szerepével foglalkozó előadások kerültek, mint például szerepük a komplett vállalatirányítási rendszerben, az élettartam gazdálkodásban. Itt hangzott el előadás a roncsolásmentes vizsgálat és a törésmechanika kapcsolatáról, valamint a világban bekövetkező fejlődés irányairól. A **C** szekció öt előadása már inkább eljárás-centrikus volt: mágneses, örvényáramos és akusztikus emissziós vizsgálati eredményeket mutattak be. A **D** szekció súlypontja nyomástartó berendezések állapotfelügyelete volt. Az előadások korróziós problémák kezelésével, speciális módszerrel (Moiré sávok alkalmazása) történő vizsgálattal foglalkoztak.

Az **E** szekció magában foglalt néhány vizsgálati technikai kérdést, pl. a mágnesezhető poros vizsgálatok és a tömörségvizsgálatok területéről, de ezek mellett foglalkozott komplex rendszerek (harci repülőgépek, szuperkritikus reaktorok) vizsgálati kérdéseivel is. Az **F** szekció a korszerű ultrahangos vizsgálati eljárásokra koncentrált. Előadások hangzottak el a fázisvezérelt technikáról, valamint átmeneti hegesztési varratok ultrahangos vizsgálatának minősítéséről, illetve síndiagnosztikai eljárásokról. A **G** szekció volt a digitális radiográfia szekciója. Úgy elméleti megfontolások (előnyök és hátrányok bemutatása), mint gyakorlati tapasztalatok ismertetése megjelent az előadások között. A **H** szekció lényegében folytatta a radiográfiai vizsgálatokkal kapcsolatos előadásokat. Ez a szekció magán a vizsgálaton kívül azonban

kiterjedt még a sugárzó anyagok biztonságtechnikai kérdéseire, beleértve a szállítást, valamint a röntgenfilm adatbázis problémáira.

Az I és J szekció a roncsolásmentes vizsgálatok előző szekciókba nem helyezhető területeit ölelte fel. Ilyen módon megjelentek itt – egyebek mellett - a személyzet képzésével, a laboratóriumok jártasságát mutató körvizsgálatokkal és műszaki diagnosztikai módszerekkel foglalkozó előadások. Ezek a szekciók vezettek át lényegében a konferencia szakmai programját záró kerekasztal megbeszéléshez. A kerekasztal témájául a konferencia mottóját választottuk: párbeszéd a partnerek között. A résztvevők viszonylag szerény létszáma ellenére (akik a kerekasztal beszélgetésen jelen voltak), értékes gondolatok fogalmazódtak meg a roncsolásmentes vizsgálatot alkalmazók (azaz a megbízók) szájából. A jelenlévők egyértelműen hitet tettek a párbeszéd szükségessége mellett, és javaslatokat adtak a MAROVISZ vezetőségének a folytatandó útra vonatkozóan.

Az előadásokat nemcsak a szakma kiemelkedő hazai szakemberei tartották, hanem a konferenciát jelenlétükkel megtisztelő külföldi szakemberek is. Összesen öt előadás hangzott el külföldi szakember szájából (német vagy angol nyelven). Ezeknek az előadásoknak a megértését tolmácsolás segítette. Megtisztelt konferenciánkat a Szlovák Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség elnöke, *Erich Eckhardt* úr is.



A szekcióülésekkel párhuzamosan, az igényeknek megfelelően, kiscsoportos előadásokat szerveztek a kiállítók a kiállított termékeik és a vizsgálati technikák bemutatása céljából.

A VI. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferenciát és Kiállítást kulturális események is színesítették. A második este a résztvevők borkóstolón vettek részt az Eger mellett található Demjénben, a Korona Borház pincéjében.



A borkóstolót jó hangulatú bankett követte.



A következő estén orgonakoncertre voltak hivatalosak a résztvevők az egeri Bazilikába. A rendezvényen jelenlévők létszáma némileg alatta maradt a 2007. évi konferencia résztvevőinek létszámánál, amit a válsággal magyarázunk. Mindez azonban nem volt érezhető a konferencia színvonalán és a résztvevők hangulatán, így általánosságban az egész rendezvényt sikeresnek értékeljük. A rendezvény sikerében osztozott velünk a Diamond-Congress konferencia szervező cég, amely a konferencia előkészítését és lebonyolítását végezte.



A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

KOMBINÁLTAN ALKALMAZOTT RONCSOLÁS-MENTES ANYAGVIZSGÁLATI MÓDSZEREK A SZUPERKRITIKUS VÍZZEL HŰTÖTT REAKTOR MODELLEK TANULMÁNYOZÁSÁBAN

APPLYING COMBINATION OF NDT METHODS FOR STUDYING OF SUPERCRITICAL WATER COOLED REACTOR MODELS

Balaskó Márton, Horváth László, Horváth Ákos, Tóth Péter, Kammel László

Kulcsszavak: szuperkritikus vízzel hűtött reaktor, dinamikus neutron radiográfia, vibrációs diagnosztika, akusztikus emisszió,

Keywords: Supercritical water cooled reactor, Dynamic Neutron Radiography, Vibration Diagnostics, Acoustic Emission.

Summary

A very important task to know the behaviour of the supercritical water for the success of the designer work of 4th generation nuclear reactors. Dynamic neutron radiography is able to serve visual information about the motion of the hydrogen contains materials (water). A special sample holder family was developed for the study of the water at high temperature (~500 °C) and on high pressure (~35 MPa). The vibration diagnostics and acoustic emission gave substantial information supporting to the error analysis of the developing work.

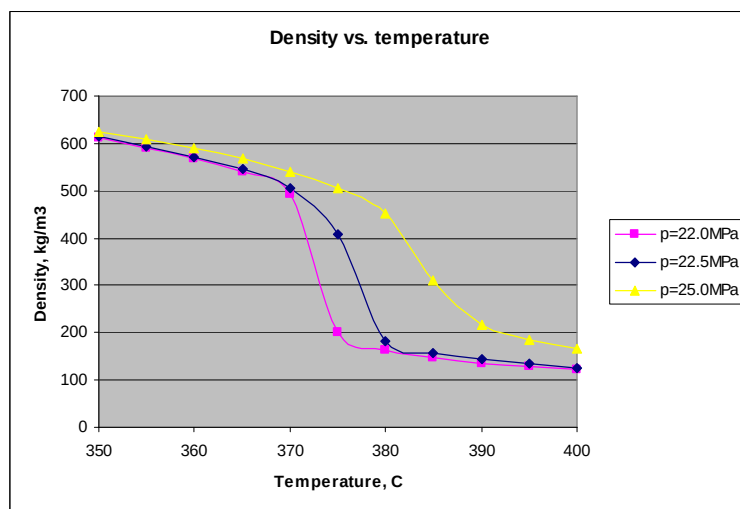
1. Bevezetés

A IV. generációs reaktorok egyik csoportját a szuperkritikus vízhűtést alkalmazó blokkok fogják alkotni. Fő előnyük a magasabb üzemi hőmérséklet, amely a jelenleginél nagyobb hatékonysággal működő villamos energiatermelést tesz lehetővé. A víz szuperkritikus állapotára a magas hőmérséklet ($T_c = 374\text{ °C}$) és a nagy nyomás ($p_c = 22,1\text{ MPa}$) jellemzők, valamint az, hogy a víz sűrűsége ebben az állapotában csupán az egy-harmada a szobahőmérsékleten mérhetőnek. Ezen utóbbi tulajdonsága teszi lehetővé a dinamikus neutron radiográfia (DNR) alkalmazását a szuperkritikus víz tulajdonságainak vizsgálatában. Az 1. ábrán látható a víz sűrűségének változása a hőmérséklet függvényében különböző nyomásokon. Egy speciális mintatartó családot fejlesztettünk ki, amelyek tervezésekor figyelembe kellett venni a magas hőmérséklet és nagy nyomás által megkövetelt szilárdsági tulajdonságokat, valamint a szuperkritikus víz jelenlétében fellépő fokozott korróziós hatásokat, de nem szabadott megfeledkeznünk a dinamikus neutron radiográfia (DNR) számára fontos, jó neutronos átláthatóságról sem.

MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1121 Budapest Konkoly Thege-u 29-33

A VI. Roncsolásmentes Anyagvizsgálati Konferencián elhangzott előadás írott változata, 2009. Eger

Az nyilvánvaló igény, hogy a szuperkritikus víz tulajdonságainak megismerése során, a kísérleti berendezések méretei növekedni fognak, természetesen magával vonva a modellek falvastagságának a megnövelését is. A 20 mm-es falvastagság esetén, a jelenleg rendelkezésünkre álló DNR technika már nem képes elfogadható minőségű információt szolgáltatni, a kísérleti berendezések belsejében lejátszódó folyamatokról. Ezért a DNR vizsgálatokkal egyidejűleg más, a falvastagságtól független NDT módszerek alkalmazását is megkezdjük, mint amilyen a rezgés diagnosztika (VD) és az akusztikus emisszió (AE). A VD segítségével hallhatóvá válik a folyékony halmazállapotú munkafolyadék forrási és fázis váltás környéki viselkedése a kísérleti berendezésben. Az AE módszere képes érzékelni, a magas hőmérséklet és nagy nyomás miatt fellépő igénybevételek által közvetlenül, a berendezésben keltett mikro-repedések létre jöttét. A sorozatos mérések alkalmasak a kísérleti berendezés életciklusának a nyomon követésére, valamint az esetlegesen előforduló rendellenességek (tömítetlenség) feltárására.



1. ábra A víz sűrűségének változása a hőmérséklet függvényében különböző nyomásokon.

2. Vizsgálati tárgyak

A mintatartók tervezése során figyelembe vettük a magas hőmérséklet és a nagy nyomás által megkövetelt, nagy szilárdságot és a szuperkritikus víz által keltett fokozott korróziós hatásokat. A tartók méreteinek megállapítása, azaz a méretezés az {1} egyenlőtlenség teljesítésén keresztül történt

$$\sigma_{\text{red. max.}} \leq R_{p0,2}/n \quad \{1\}$$

ahol

$\sigma_{\text{red. max.}}$ = Huber-Mises-Hencky-féle redukált feszültség [1]

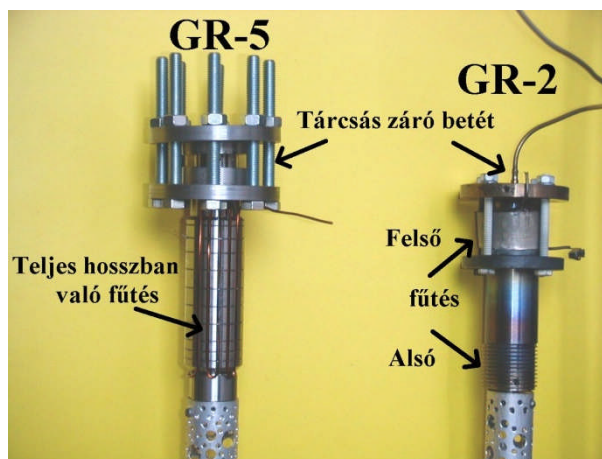
$R_{p0,2}$ = Folyáshatár

n = biztonsági tényező

Az első modelleken a megfelelő, homogén hőmérséklet eloszlást eredményező fűtési rendszert, a biztonságos lezárást adó tömítési elrendezést, a mintatartó külső és belső hőmérsékletének, valamint a belső tér nyomásának a mérési lehetőségét fejlesztettük ki. Ezek az eszközök jó minőségű szerkezeti acélból készültek és a falvastagságuk 10 mm volt. A fejlesztés következő szakaszában áttértünk a gr. 2 és gr. 5 típusú titán ötvözetekből készült kísérleti eszközök használatára [2]. A titán ötvözetek alkalmazása lehetővé tette, hogy lecsökkentsük a falvastagságot 7 mm-re, ezzel javítva a neutron radiográfiai átláthatóságot. A titán tömeggyengítési együtthatója kisebb az acélénál, amely további radiográfiai képminőség javulást eredményezett. A GR-2 és GR-5 jelzésű mintatartók a 2. ábrán láthatók. Az előbbinek kombináltan alkalmazható alsó és felső fűtése van. Sajnos az ebben a fűtési elrendezésben mérhető hőmérsékleti gradiens meghaladta az 50 C°-t, a mintatartó közepe és annak két vége között. Az elméleti termohidraulikával foglalkozó kollégáink követelményei ennél sokkal szigorúbbak voltak. Ezért kifejlesztettük a GR-5 jelzésű kísérleti eszközt, amelynek a fűtését úgy helyeztük el, hogy a mintatartó teljes hosszában fűthető legyen és így a mérhető hőmérsékleti gradiens nem meghaladta meg mérések során az 5 C°-t, ami már elfogadható volt a termohidraulikai szakemberek számára. Ehhez az eszközhöz többféle záró betétet lett kifejlesztve, hogy a modellel a szuperkritikus víz minél több sajátosságát tudjuk megfigyelni. A GR-5HB jelű betét tartalmaz, egy a reaktor zónáját szimbolizáló belső fűtőtestet, és biztosítja három pontban a belső hőmérséklet mérését. A GR-5H8t jelű betét lehetővé teszi nyolc pontban a belső hőmérséklet mérését. Mind a két betét „K” típusú, Ni-NiCr termoelemekkel van felszerelve. A mintatartó belsejében kialakuló nyomás mérése mind a két betét használata esetén megoldott.

3. Kísérleti berendezés

A szuperkritikus víz tulajdonságait a Budapest és a Garching-i FMR-II kutató reaktorok, Radiográfiai állomásain [2], [3] mértük azzal a komplex mérési elrendezéssel, amelynek vázlatos képe a 3. ábrán látható. A neutron nyaláb fluxusa mindkét esetben 10^8 neutron $\times$ cm⁻² $\times$ sec⁻¹, a kollimációs tényező 170 ill. 400, a nyaláb átmérője 155 mm, ill. 400mm.

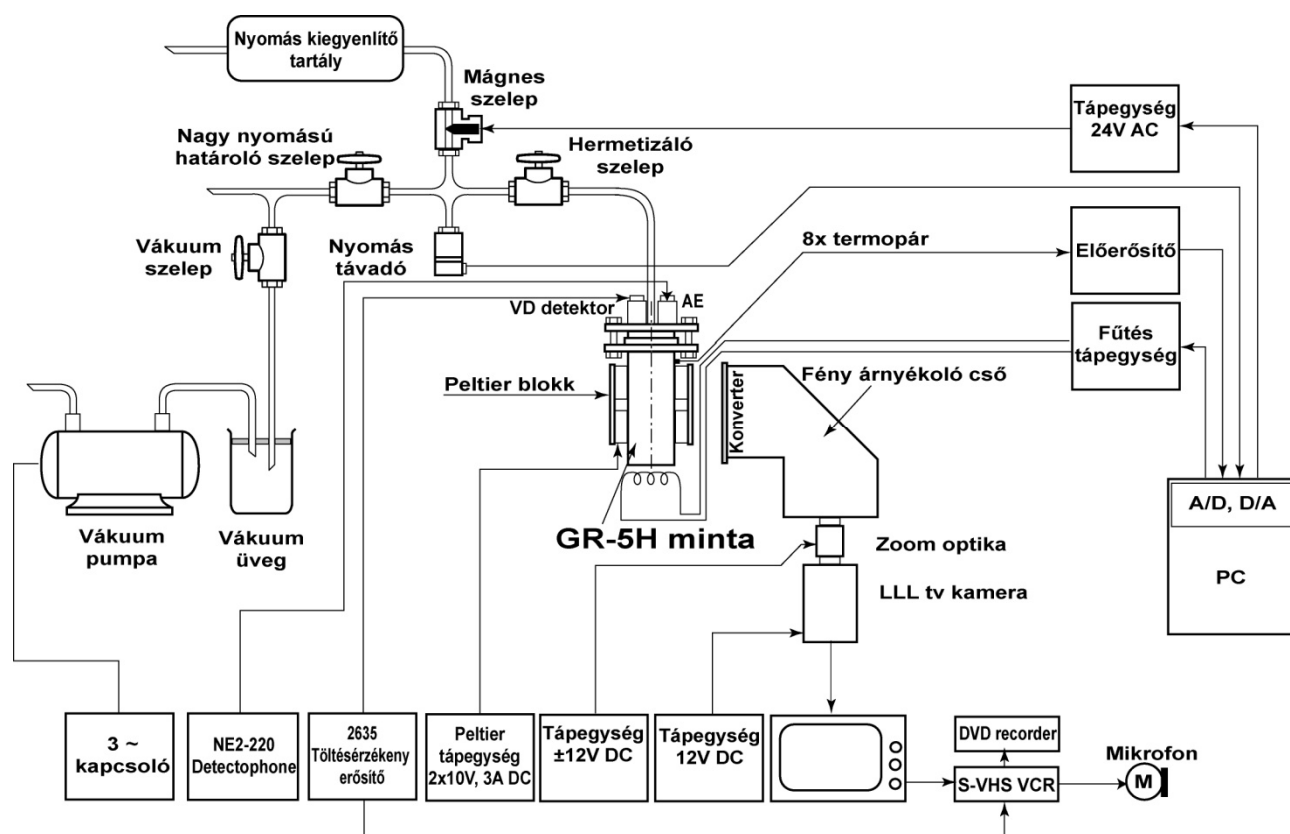


2. ábra A titán ötvözetből készült GR-2 és GR-5 mintatartók

A vizsgált minta sugárzás által keltett árnyképét a neutronsugárzást fénné átalakító konverter lemez teszi láthatóvá. Az így nyert kis intenzitású fény egy tükrörről reflektálódva kerül a képalkotó, **távvezérelhető** zoom optikával felszerelt, nagyérzékenységű tv kamerába. A 40 msec képalkotási idejű kamerának, beépített képerősítőjű vidikon cső a képérzékelője. A DNR kép az ellenőrző monitoron jelenik meg, és egyidejűleg S-VHS típusú video magnóval, valamint DVD készülékkel kerül rögzítésre. A mintatartóra, megfelelő hő ellenállású csatlóval vannak felszerelve a 4366 típusú, Bruel-Kjaer gyártmányú VD detektor és az AC-30L típusú, alacsony frekvenciás, valamint a DAE-150 típusú magas frekvenciás AE érzékelők. A VD jelek a képrögzítőkön kerülnek tárolásra, a mérés irányítójának megjegyzéseivel együtt. Az AE technika által szolgáltatott információkat az NEZ-220 típusú Defectophone készülék tárolja és dolgozza fel. Az elméleti termo-hidraulikai szakemberek számára fontos mérési eredményeket egy adat gyűjtő PC kezeli. A GR-5H mintatartóhoz kifejlesztett betétek termopárjai jelkondicionáló egységekhez csatlakoznak, amelyek 4-20mA áramkimenettel rendelkeznek. A nyomás távadó szintén áramkimeneten keresztül továbbítja a mérési eredményeket. A hőmérsékleti és nyomás jeleket az adatgyűjtő PC-be épített kombinált A/D-D/A kártya fogadja. Az adatgyűjtésről és feldolgozásról egy, e kísérlet céljára fejlesztett szoftver gondoskodik. Az adatgyűjtés paraméterei az

igényeknek megfelelően beállíthatók. A program a begyűjtött mérési eredményeket fájlba tárolja, és görbesereg formájában megjeleníti a képernyőn, amely kinyomtatható, vagy grafikus és táblázatos formában későbbi feldolgozásra exportálható. A

szoftver feladata továbbá, hogy a mintatartó fűtést szabályozza, valamint a mágnes szelepet pontosan meghatározott időre kinyissa. Ezen feladatokat digitálisan vezérelt tápegységek segítségével végzi



3. ábra. A komplex mérési elrendezés vázlata.

4. Mérési technológia

A mérés megkezdése előtt a mintatartót feltöltjük vízzel. Ezt követően felszereljük a vízhűtéses Peltier modult, majd lefagyasztjuk a vizet és a vákuum szivattyúval eltávolítjuk a maradék gázokat a csőrendszerből. A hermetizáló szelep segítségével leválasztjuk a mintatartót a vákuumozott csőszakasztól. A vákuum szelep zárása után, fecskendővel feltöltjük a nagy nyomású mérő szakaszt vízzel, majd lezárjuk a nagy nyomású szelepet, és eltávolítjuk a Peltier modult. A mintatartót körül vesszük a 0,3 mm vastag 90 mm átmérőjű hőreflektorral. Felszereljük a megfelelő hő ellenállású csatoló elemet, amelyre felrögzítjük a VD és AE szenzorokat. A DNR mérés kezdetekor ellenőrizzük a nagy nyomású mérőág buborék mentességét, majd a neutron nyalámban optimális pozícióba állítjuk a mintatartót, és elindítjuk a felfűtési programot. Amikor a mintatartó belső hőmérséklete eléri a 220 C°-ot, kinyitjuk a hermetizáló szelepet és így lehetővé válik a belső nyo-

más mérése. A mérési programnak megfelelő hőmérséklet és nyomás elérésekor megnyitjuk, a program szerinti időtartamra, a mágnes szelepet, és modellezzük a hűtőközeg veszteséges baleset következményeit, amely első sorban a DNR technika által észlelhető, a mintatartó belsejében kialakuló sűrűség változások megfigyelésével -, valamint a kiegyenlítő tartályban összegyűlő, lekondenzálódott víz mennyiségének meghatározásával történik.

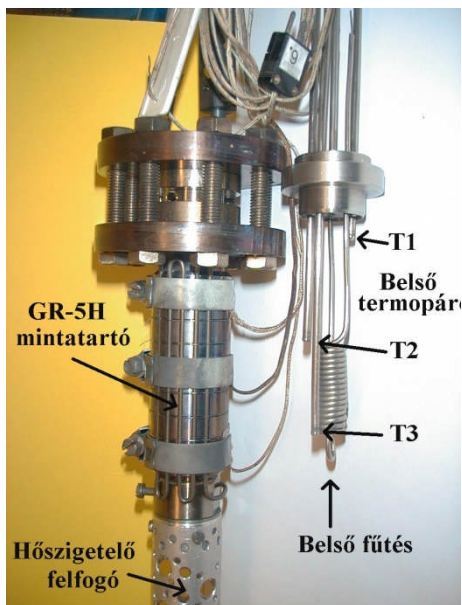
5. Mérések

A komplex mérések, azok egymást kiegészítő jellege miatt, egyidejűleg történnek a kutató reaktorok Radiográfiai állomásain Budapesten és Garchingban.

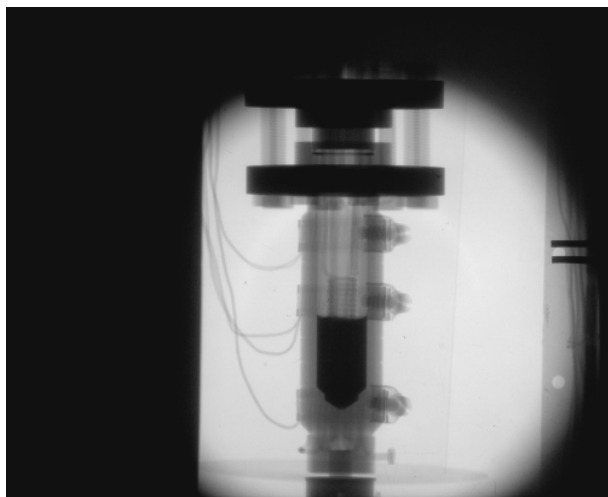
5.1. Mérések dinamikus neutron radiográfiával

A DNR technika képes a mintatartók belsejében lévő víz tulajdonságainak kimutatására, mint amilyen a forrás, elpárolgás, kondenzálódás, és speciális esetekben a fázis átalakulások közben kialakuló áramlások is láthatóvá tehetőek segítsé-

gével. A 4. ábrán a GR-5HB2k mintatartó összeállítás fotója látható. Az 5. ábrán a GR-5HB2k mintatartó összeállítás NR képe látható feltöltött állapotban, 25 C°-on. A felvétel BAS ND 20x25 típusú imaging plate digitális képlemezzel történt. Az exponálási idő 30 sec volt, 150 mm Pb szűrővel árnyékoltuk a reaktor gamma sugárzását.



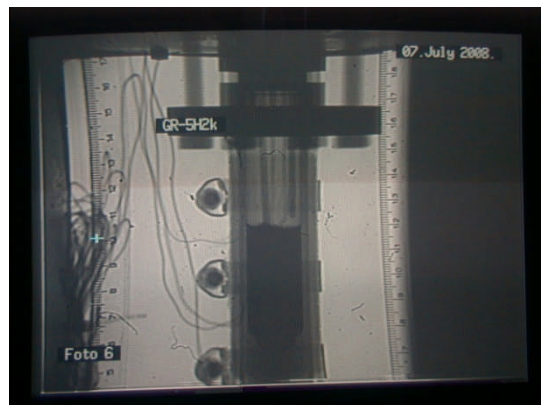
4. ábra. A GR-5HB2k mintatartó összeállítás



5. ábra A GR-5HB2k mintatartó összeállítás NR képe feltöltött állapotban 25 C°-on

A 6. ábra a GR-5HB2k mintatartó DNR képét mutatja felfűtés közben 300 C°-on. Jól látható, hogy a víz kitágult és a vízszint feletti gőztér sötétebb tónusú, mint a szobahőmérsékletű felvételen. A szuperkritikus vízre jellemző sűrűségi állapotot figyelhetjük meg a 7. ábrán. Az egész belső tér homogén, csupán egy fázist tartalmaz, 374 C°-on és 22,1 MPa nyomáson. Ezt követően a fűtő teljesítmény további növelése mellett végrehajtottuk a hűtőközeg veszteséssel járó baleset modellezését három lépésben (V-1, V-2 és V-3).

tuk a hűtőközeg veszteséssel járó baleset modellezését három lépésben (V-1, V-2 és V-3).



6. ábra. A GR-5HB2k mintatartó DNR képe 300 C°-on



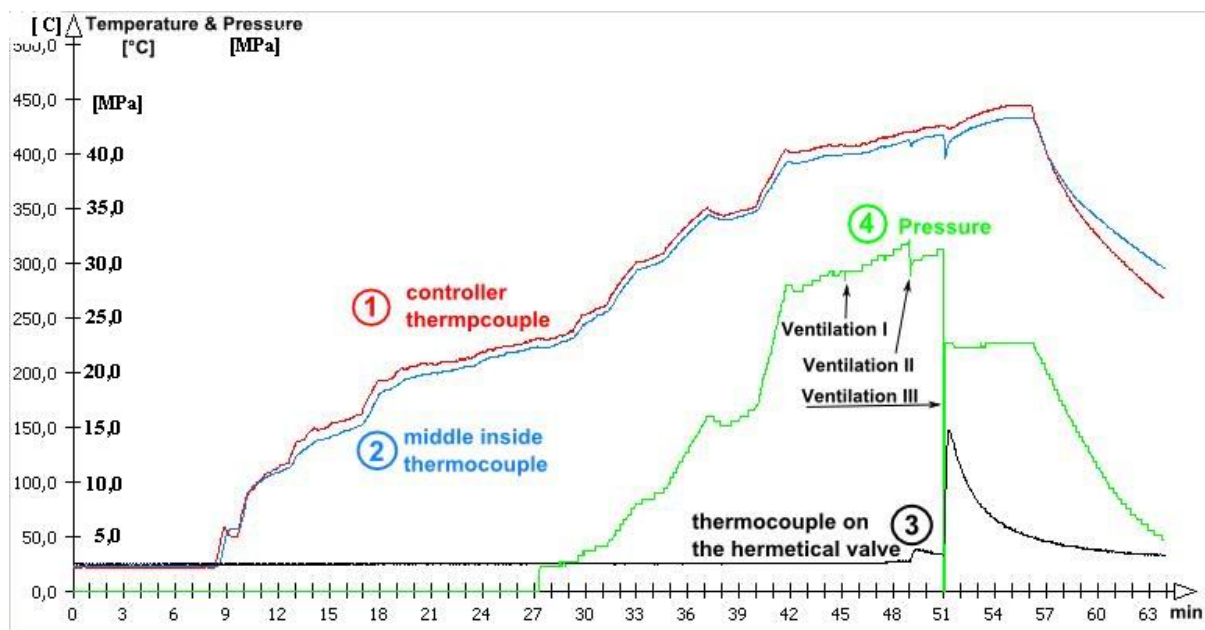
7. ábra. A szuperkritikus víz DNR képe 374 C°-on és 22,1 MPa-on

A hőmérsékletek és a nyomás változása a 8. ábrán láthatók, amelyen a függőleges tengelyen van feltüntetve a hőmérséklet és a nyomás, míg a vízszintes koordináta tengelyen a mérési idő van ábrázolva.

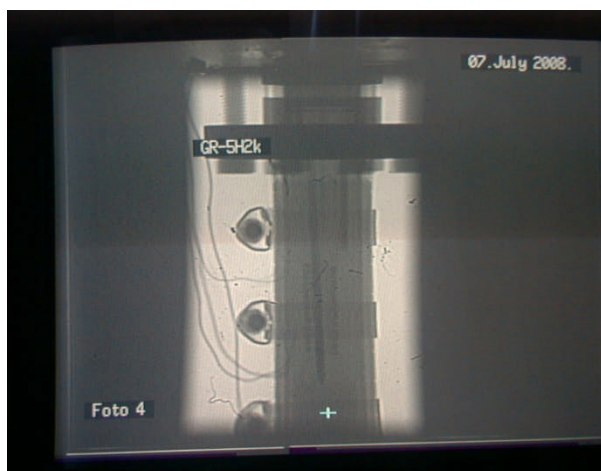
Az 1. jelű görbe a mintatartó külső felületén lévő szabályzó termopár hőmérsékletét mutatja. A 2. jelű görbe a mintatartó belsejének közepében mért hőmérsékletet ábrázolja. A 3. jelű görbén a nyomásmérő hőmérséklete látható. A 4. görbe, a nyomás változását követi nyomon. Az első két esetben a szelep nyitás (V-1 és V-2) nagyon rövid ideig (0,1 sec és 1 sec) tartott, és nem volt számottevő hatása. A harmadik alkalommal (V-3) 10 sec időtartamig volt nyitva a leeresztő szelep, amely drasztikus változásokat okozott. A nyomás 33 MPa-ról nullára csökkent 2-3 sec időtartamra, majd 23 MPa-on stabilizálódott. A belső hőmérséklet görbében pedig egy ~30 C°-os ingadozás figyelhető meg. A szabályzó termopár hőmérsékletén is észlelhető egy néhány fokos ingadozás. A nyomásmérő hőmérséklete is több mint 100 C°-kal megemelkedett egy rövid időre. A DNR kép is kimutatja ezt a jelentős gőz koncentrációváltozást,

amint az a 9. ábrán érzékelhető. A mintatartó belső tere ezúttal is homogén, de a sűrűsége sokkal kisebb a bent lévő vízgőznek, mint a 7. ábrán, így könnyen felismerhető a belső fűtőtest és a belső termopárok elrendezése. Ugyan csak jól megfi-

gyelhetők ezek az alkatrészek a 10. ábrán is, amely DNR kép, a már szobahőmérsékletre visszahűlt minta tartót mutatja, a benne lévő vissza kondenzálódott maradék vízzel együtt.



8. ábra. A hőmérsékletek és a nyomás változása a mérés folyamán



9. ábra Maradék gőz koncentráció DNR képe 425 C°-on és 23 MPa nyomáson V-3 után

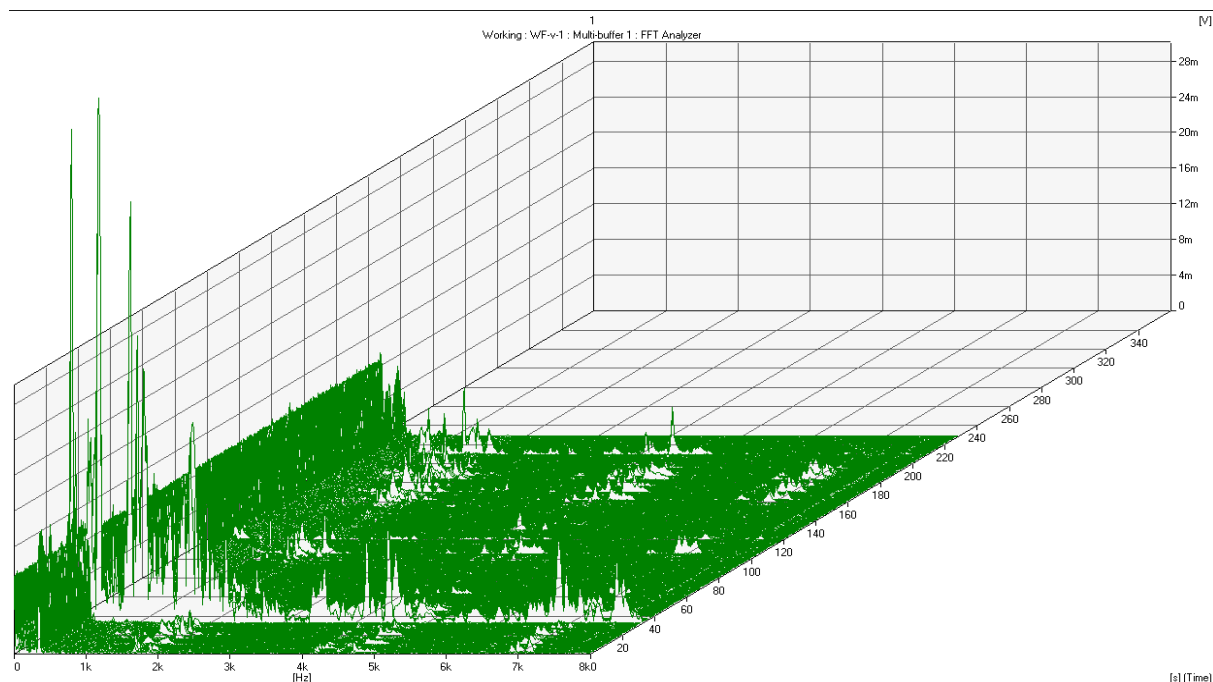


10. ábra A vissza kondenzálódott maradék víz DNR képe 25 C°-on

5.2 .Mérések rezgés diagnosztikával

Megfelelő hő ellenállású csatolóval van rögzítve a 4366 típusú VD detektor a mintatartóhoz. A keletkező jelek, felerősítve meghallgathatók, és a képrögzítőn kerülnek tárolásra. A jelek kvantitatíve kiértékelését a , Bruel-Kjaer cég PULSE típusú rendszerével végeztük.

A 11. ábrán látható vízesés görbe sereg mutatja a rezgés dinamikai jellemzők változását a V-3 jelű leürítési ciklust követően. A vízszintes tengelyen a vizsgált frekvencia sáv (0 – 8 kHz), a függőleges tengelyen a zaj intenzitása, míg a harmadik tengelyen a mérési idő látható másodpercekben. Az egyes görbék 150 ms alatt készültek. A V-3 leürítési ciklus 40. percben kezdődött és 10 másodpercig tartott. Erre az időtartamra esik a nagy intenzitású zaj jelenségek döntő többsége. Ezt követően a nyomás kiegyenlítődésként folyamán már nincs kiugró változás.

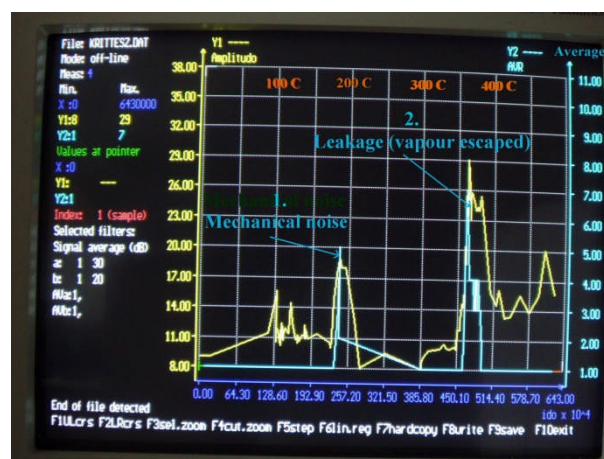


11. ábra. A rezgés dinamikai jellemzők változása a V-3 jelű leürítési ciklust követően

5.3. Mérések akusztikus emisszióval

Az AE méréseket a megfelelő detektorokkal (ACL-30L és DAE-150) és a célra orientált paraméter erősítővel felszerelt, az MTA KFKI AEKI-ban kifejlesztett, NEZ-220 típusú Defectophone készülékkel végeztük. Ez az összeállítás alkalmas, a magas hőmérséklet és nagy nyomás miatt fellépő igénybevételek által közvetlenül, a mintatartók anyagában keltett mikro-repedések létrejöttének érzékelésére, feldolgozására és archiválására. A sorozatos mérések adatainak összehasonlításával lehetőségünk nyílik a kísérleti berendezés életciklusának a nyomon követésére. A mintatartó család fejlesztésének egy korai szakaszában az AE módszer, két detektor egyidejű használatával, segítségünkre volt egy szivárgási hiba (repedt hegesztés) helyének a meghatározásában. Más alkalommal az egyik kísérleti tömítésünk mondta fel a szolgálatot. Ennek az eseménynek a krónikája látható a 12. ábrán, ahol a baloldali függőleges tengelyen az AE események amplitúdója, a jobboldalin az események átlagos energiája van feltüntetve. A felső vízszintes tengelyen a hőmérséklet Co-ban, míg az alsón a mérési idő van feltüntetve önkényes mértékegységben. Az amplitúdó változást ábrázoló görbe több csúcsot tartalmaz, mert érzékeli a növekvő fűtő teljesítmény hatására távoluló termo-coax fűtő elem kölcsönhatását a titán-ötvözetből készült, eltérő dilitációs tulajdonságokkal rendelkező, mintatartó falával. Az igazán jelentős változásoknál, azonban jelentős energia-változás is generálódik, amit az a két nagy csúcs reprezentál, amelyek a 250 és az 500 körüli idő

intervallum környezetében történtek. Az első esetben egy mintatartó pozíció optimalizálást hajtottunk végre, míg a második alkalomnál elsőként a nyomás. Mint később megállapítottuk, hogy a szuperkritikus víz kimarta a kísérleti tömítést. Ez volt az első hűtőközeg veszteséssel járó kísérletünk.



12. ábra Egy szuperkritikus víz mérés lefolyása, az AE technika eszközeivel

6. Eredmények

Méréseink során beigazolódott, hogy a kombinált alkalmazott roncsolás-mentes anyagvizsgálati módszerek alkalmasak a szuperkritikus vízhűtő reaktor modellek tanulmányozására. A megfelelően kialakított és felszerelt, titán-ötvözetből készült mintatartók segítségével, betekintést nyerhettünk a szuperkritikus víz kialakulásának fázisaiba, a DNR alkalmazásával. A sokoldalúan előkészített mérő keret felhasználásával modellez-

ni tudtuk a hűtő közegvesztéssel járó baleseteket. A DNR kutatásokkal egyidejűleg végzett VD és AE mérések alkalmasnak mutatkoztak a vizsgált jelenségek egyes részeinek a kimutatására.

Köszönet nyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Házi Gábor és Vidovszky István úrakkal az értékes konzultációkért, valamint Dr. Burkhard Schillinger és Martin Mühlbauer úrakkal, az FRM II kutató reaktor Radiográfiai Team vezetőjének és munkatársának, a mérések végzése során nyújtott szakmai segítségért. A kutató munkánkat az Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal NUKENERG projektjének támogatásával végeztük.

Irodalom

- [1] Kozák Imre–Szeidl György: FEJEZETEK A SZILÁRDSÁGTANBÓL, KÉZIRAT, 2004–2008 <http://www.mech.uni-miskolc.hu/staff/download/SzTFullMiktex.pdf>

- [2] M. Balaskó, L. Horváth, Á. Horváth, L. Kammel, P. Tóth, and G. Endrőczy "INVESTIGATION OF THE BEHAVIOUR OF SUPERCRITICAL WATER IN THE MODEL OF 4TH GENERATION NUCLEAR REACTOR BY COMBINED NDE METHODS", Proc 6th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for nuclear and Pressurised Components, Edited by EC Directorate-general Joint Research Centre, EUR 23356 EN- 2008, Budapest, 8-10 October 2007, 441-448, (2008).
- [3] M. Balaskó, A. Kuba, A. Tanács, Z. Kiss, A. Nagy and B. Schillinger, Comparison Radiography and Tomography Possibilities of FRM II (20 MW) and Budapest (10 MW) Research Reactor Proc. of WCNR-8 Edited by M. Arif and R. G. Downing, Gaithersburg, October 16-19 2006, 18-28 pp (2008).



Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal

A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

TESTING METHODS

DIGITÁLIS KÉPALKOTÁS AZ ORVOSI DIAGNOSZTIKÁBAN

DIGITAL IMAGING IN MEDICAL DIAGNOSTICS

Ladányi Erzsébet, Nagy Péter Zsolt

A szerző áttekintést ad az orvosi képalkotó diagnosztika fejlődéséről, a jelenlegi, szakterület által nyújtott lehetőségekről. Beszél az egészségügy informatikai, kommunikációs rendszeréről, valamint kitér a jövőbeli törekvésekre.

Az orvosi radiológia rohamos fejlődése az 50-60-as évektől indult el, amikor a hagyományos röntgen mellett a részben vagy teljesen eltérő fizikai elven alapuló eljárások - ultrahang vizsgálat (UH), számítógépes rétegvizsgálat (CT), mágneses magrezonancia képalkotás (MRI), digitális szubsztakcios érívizsgálat (DSA) robbanásszerűen elterjedtek. Megjelentek a hibrid képalkotó eljárások, melyek az izotópdiaosztika által nyújtott functionalis/ anyagcsere jellegű információt ötvözik a képalkotó módszerek nagyobb térbeli felbontásával (pl. pozitron emissziós tomographia + CT= PET CT). Az egyes vizsgálóeljárások esetében a térbeli felbontás javítására, a szervek működésének nyomonkövetésére specifikus kontrasztanyagok jelennek meg. A hagyományos röntgen is megindult a digitális úton, gyorsan terjed a digitális felvételi technika és átvilágítás.

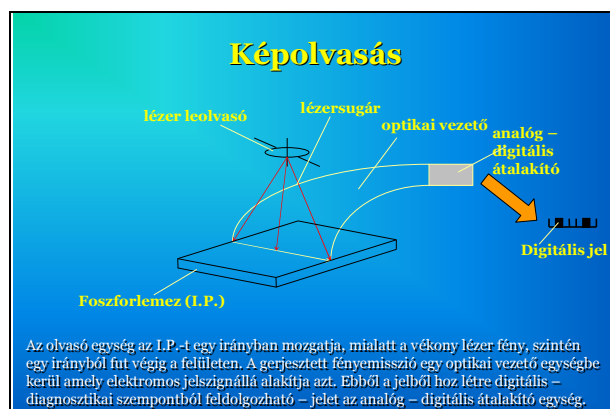
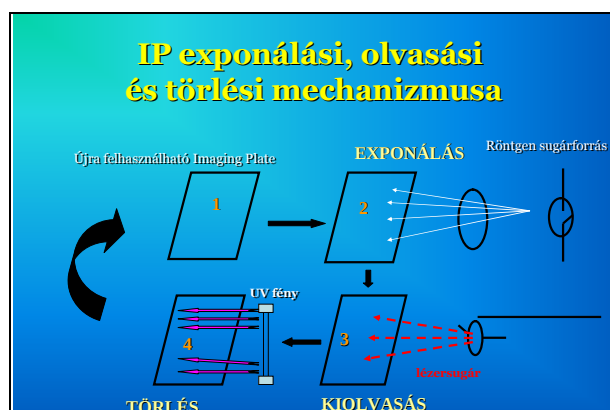
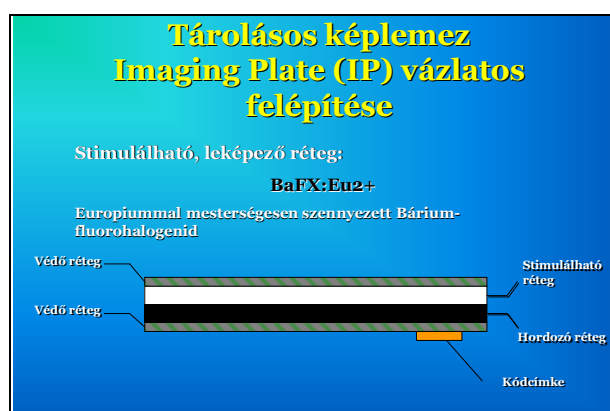
A folyamat szorosan összefügg az informatika fejlődésével, eredményeinek az orvosi képalkotó eljárásokba való integrálásával. A digitális képalkotás elterjedésével lehetővé válik a távdiagnosztika és konzultáció.

A digitális radiographiában használt detektorrendszerek jellege szerint direkt és indirekt leképezésről beszélhetünk. A direkt digitális röntgen detektor (DDRD) a röntgen fotonok energiáját közvetlenül a digitalizálás tárgyát képező energiává alakítja. Az indirekt digitális röntgen detektor (IDRD) esetében a röntgen foton energiája több konverzió megy át, az információt hordozó jel csak a lánc végén következik be. A Borsod – Abaúj- Zemplén Megyei Kórházban az IDRD alapú, tárolósos képlemezre (imaging plate IP) történő leképezés használatos. A szerző bemutatja ennek a működési elvét.

Az ilyenformán nyert digitális képek a képarchiváló és kommunikációs rendszerbe (PACS = Picture Archiving and Communication System) kerülve hozzáférhetőek a radiológus orvos számára több munkahelyen, lehetővé téve a leletezést.

Dr.Ladányi Erzsébet, Nagy Péter Zsolt: Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kórház és Egyetemi Oktató Kórház

A kórházi információs rendszeren át (HIS = Hospital Information System) a klinikus orvos számára is elérhetővé válnak.



A digitális rendszerek kialakításával könnyebbé válik az archiválás, a filmfelhasználás minimálisra

redukálódik, a dolgozók és betegek sugárterhelése is csökken. Megnő a géppark élettartama. A felvételek könnyebben, gyorsabban elérhetőek. Az utólagos képfeldolgozás diagnosztikailag informatívabb.

Az ultrahang egy egészen más fizikai alapokra, a piezoelektromos jelenségre épülő vizsgálo eljárás. Technikai fejlődése során az 50-es évektől napjainkig óriási változáson ment keresztül.

Napjaink slágere a 3D-4D képalkotás, mely mind a magzat fejlődésének nyomonkövetésében, mind a daganatok diagnosztikájában fontos szerepet kap. A sonoelastographia a szöveti rugalmasság különbség színekódolt formában való megjelenítésével a kóros- ép szövet elkülönítését teszi könnyebbé.



A computer tomographia a röntgensugárral történő leképezésben hozott forradalmi változást.

Technikai fejlődés az ultrahang diagnosztikában

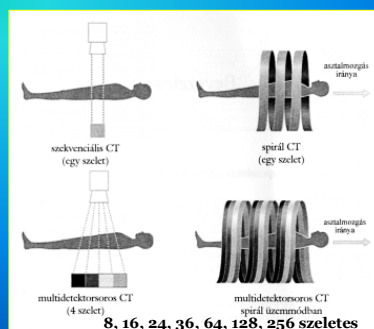
- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| • 'A' scan | 1950 - 1960 |
| • Bistabil compound 2D technika | |
| • Gray – scale compound ultrahang | |
| • UH vezérlés – biopsziás transducer | |
| • 2D real-time ultrahang | 1960 - 1970 |
| • Endoszonográfia | |
| • Duplex Doppler | 1970 - 1980 |
| • Color Doppler | |
| • Power Doppler | |
| • Color Velocity Imaging / CVI-Q | 1980 - 1990 |
| • Szöveti felharmonikus (THI) | |
| • Compound UH (Szono CT) | |
| • 3D / 4D UH – többsíkú UH | 1990 - 2008 |
| • Ultrahang kontrasztanyagok | |
| • Elastográfia | |
| • Laptop/palmtop UH készülék | |

Computer Tomographia / CT

- a vizsgált testrésztől röntgensugárzás segítségével 2 dimenziós keresztmetszeti képek / rétegfelvételek készülnek
- a rtg.eső a beteg körül 360 fokok körpályán forog, a beteg hossz tengelyére merőleges, legyező alakúra collimált sugárnyalábot állít elő
- a sugárforrással szemben elhelyezett detektorok a vizsgált testrészen átjutott rgt. sugárzás mennyiségét, attenuációját mérik



CT berendezések típusai



A szívultrahang vizsgálati technikák fejlődése, a szöveti Doppler echocardiographia, color kinezis a szív elváltozásainak megítélését teszik pontosabbá. A speciális, 20-50 MHZ-es micro transducerek az érpályába bevezetve az érrendszeri betegségek diagnosztikáját segítik. A különböző filter technikák a műtermékek kiküszöbölését, a pontosabb képfeldolgozást teszik lehetővé.

A multislice készülékekkel annyira lerövidül a mérési idő, hogy ezáltal könnyen vizsgálhatóvá válnak a gyorsan mozgó szervek is, a nagyobb testtájékok áttekinthetővé válnak. A 3D ábrázolás a virtuális valóság ábrázolását teszi lehetővé.

A digitális substractio angiographia egy speciális röntgen fototechnikai eljárás, a kiegyenlítés. A kiegyenlítő fólia szerepét a natív felvételtől készült pozitív másolat tölti be. Az eljárás a diagnosztikai információ tartam növelését szolgálja.

MRI - működési séma

Gerjesztés – relaxáció – elektromágneses
rezgés detectálása – digitális jel - kép



A mágneses magrezonanciás vizsgálat az atommag mágneses momentumára épülő eljárás, mely a szerzetben lévő H atomok sűrűségének megoszlására ad információt, a szövetek közötti differenciálást lehetővé téve ezáltal, nagy felbontású képek létrehozásával.

A fent ismertetett vizsgálóeljárások jól összehangolt munkacsoport együttműködését teszik szükségessé.

További törekvések a radiológiában az újabb képalkotók, vizsgálati technikák kifejlesztése a molekuláris diagnosztika irányába, a képalkotó eljárások kiterjesztése nemcsak a diagnosztika, de a terápiás beavatkozások területére is. A sugárdózis csökkentése, lehetőség szerint a „nil nocere” elv érvényesítése fontos feladat a radiológiai szemlélet alakításában.



Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal

A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA

NDT TECHNICS

FERROMÁGNESES ANYAGOK RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATA MÁGNESES HISZTERÉZIS ALHURKOK MÉRÉSE ALAPJÁN

NONDESTRUCTIVE INSPECTION OF FERROMAGNETIC MATERIALS BY MEASUREMENT OF MINOR MAGNETIC HYSTERESIS LOOPS

VÉRTESY GÁBOR

Kulcsszavak: Ferromágneses anyagok roncsolásmentes vizsgálata, Mágneses adaptív teszt, Mágneses hiszterézis hurok

Keywords: Non-destructive inspection of ferromagnetic materials, Magnetic Adaptive Test, Magnetic hysteresis loop

Összefoglalás

A közelmúltban kifejlesztett, mágneses hiszterézis alhurkok szisztematikus mérésén és kiértékelésén alapuló roncsolásmentes módszer segítségével vizsgáltam különféle anyagokat. Igen jó összefüggést sikerült kimutatni az anyagok szerkezeti degradációja és a mágneses mérésekkel meghatározott paraméterek között. A roncsolásos módszerrel meghatározott jellemzőkkel való összevetés azt valószínűsíti, hogy ez a módszer a jövőben sikeresen alkalmazható ipari körülmények között is a szerkezeti elemek roncsolásmentes vizsgálatára.

Abstract

Different specimens were investigated by a recently developed novel, non-destructive method, which is based on the systematic measurement and evaluation of minor magnetic hysteresis loops. Very good correlation was found between these magnetic descriptors and structural degradation of the material. Based on the comparison between magnetic descriptors and conventionally, destructively measured quantities, there is a good chance for the successful application of this method for the non-destructive inspection of components of industrial structures.

Bevezetés

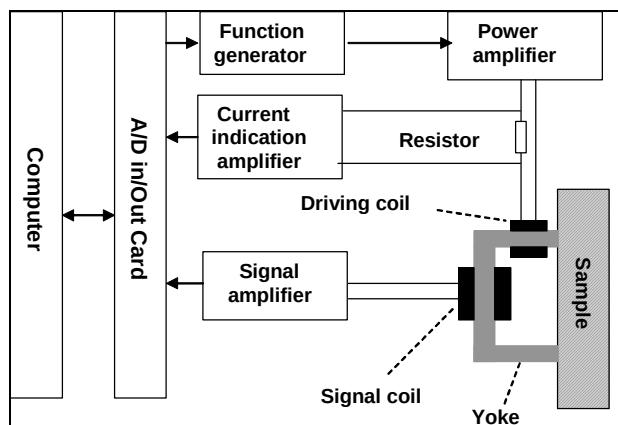
A ferromágneses anyagokban bekövetkező szerkezeti változások (fáradás, megnyúlás, termikus hatások, fázisátalakulások, neutron besugárzás) hatással vannak azok mágneses viselkedésére. Ennek alapján megfelelő módon elvégzett mágneses mérések segítségével nyomon követhetők ezek a folyamatok. A mágneses tulajdonságok vizsgálatának egyik hatékony (de természetesen nem egyetlen) módja az anyag mágneses hiszterézis görbéjének mérése. Számos ilyen

vizsgálati módszert alkalmaznak a gyakorlatban is, ahol szerkezeti anyagok hiszterézis görbáját közvetlenül mérik, és ebből vonnak le következtetéseket azok fáradására, vagy egyéb, az anyagszerkezetben bekövetkező változásra [1,2]. Ezen módszerek hátránya azonban, hogy egyrészt a roncsolásmentes módon alkalmazott mágneses mérések sokszor csak nehezen valósíthatók meg, különösen, ha nagy méretű, szabálytalan alakú mérendő objektumról van szó, másrészt csupán néhány, a hiszterézis görbéből származtatható paraméter (telítési indukció, koercitív térerősség, kezdő permeabilitás, stb.) mérésére van lehetőség. További hátrány, hogy ezen paraméterek megbízható méréséhez az anyagot mágnesesen telíteni kell, ami a nagy lemágnesezési tényezőtől adódó szórt mágneses tér miatt nagyon sok esetben nehéz, vagy lehetetlen.

A jelen munkában egy olyan, az elméleti mágneses hiszterézis modellezésén és számításán alapuló méréstechnikát használok, amelynek során a hiszterézis alhurkok sorozatának mérésével határozható meg az anyagtól függő paraméterek. Ez a módszer, amit mágneses adaptív tesztnek nevezünk el (MAT), jól kihasználja a korszerű számítástechnika lehetőségeit, és segítségével sokkal több információ származtatható, mintha csak a hiszterézis hurok néhány kiválasztott paraméterét mérnénk. A MAT lényege, hogy külső mágnesező járom segítségével szisztematikusan, növekvő amplitúdóval mágnesezzük a mérendő mintát, és a mérés során a hiszterézis alhurkokat detektáljuk a mágnesező jármon elhelyezett érzékelő tekercssel. Az adatok feldolgozásával nagy adatbázishoz jutunk, amelyből egy erre a célra fejlesztett szoftver segítségével kiválaszthatók az adott anyagban bekövetkező változásokat legjobban jellemző paraméterek. Az eljárás jelentős előnye még, hogy az anyagot nem kell mágnesesen telíteni: a lemágnesezett állapot környékén mért hiszterézis alhurkok sorozatából is tökéletesen és nagy érzékenységgel jellemezhető az anyag. A módszer részletes leírása a [3,4,5,6]

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.

hivatkozásokban szerepel. Az 1. ábrán látható a mérési elrendezés blokkvázlata.



1. ábra: A mérési elrendezés blokkvázlata.
Fig. 1. Block-scheme of the measurement setup.

A jelen munkában a módszer segítségével, különféle mintákon elvégzett mérések eredményét foglalom össze. A kiértékelés során a MAT paramétereket hasonlítottam össze az ugyanazon mintán, független, roncsolásos módon mért paraméterekkel.

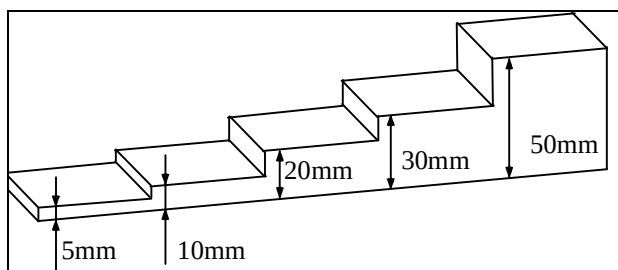
Öntöttvas minták mérése

Megfelelő formába történő öntéssel négy, speciális, lépcső alakú minta készült. A minták alakja és a lépcsők vastagsága a 2. ábrán látható, míg a kémiai összetételük az 1. táblázat.

1. táblázat: Az öntöttvas minták kémiai összetétele (súlyszázalékban)

Table 1. Chemical composition of cast-iron

Minta	C	Si	Mn	P	S	Mg
1	3,05	2,041	0,166	0,049	0,016	0,024
4	3,58	2,606	0,140	0,068	0,016	0,032
5	3,46	2,575	0,128	0,066	0,015	0,025
6	3,43	2,568	0,141	0,070	0,016	0,022

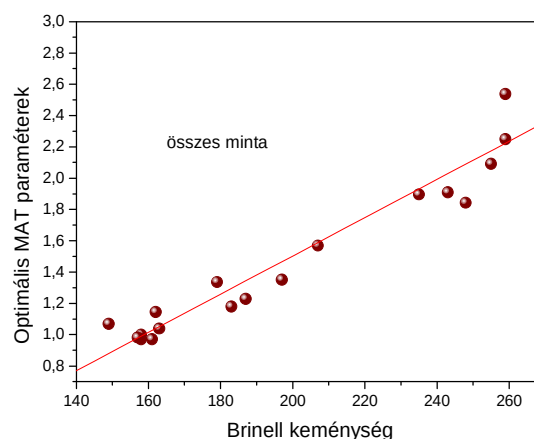


2. ábra: A lépcső alakú öntöttvas minták
Fig. 2. Step block specimens of cast irons

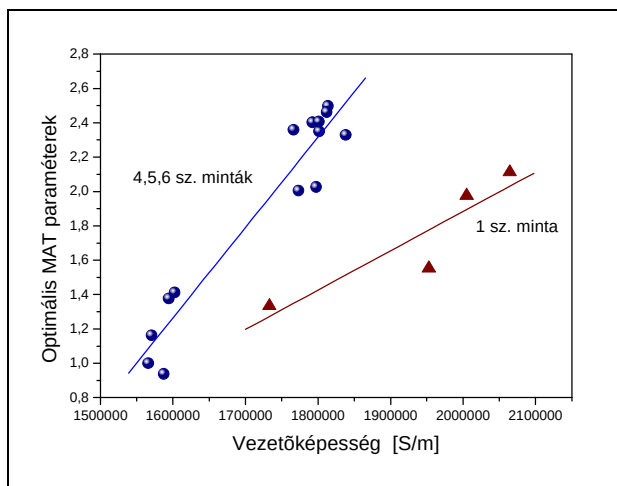
A különböző vastagságú lépcsőkben az olvadt vas eltérő idő alatt hűl le, emiatt a szerkezete is különbözik. Metallurgiai vizsgálatok igazolták, hogy a különféle vastagságú lépcsők szerkezete jelentős mértékben különbözik egymástól (perlit, ferrit

arány, grafit szemcsék nagysága, stb.). Mind a négy minta mindegyik lépcsőjén végeztem mágneses méréseket a MAT módszerrel. Az ily módon kapott eredményeket összehasonlítottam a független laborban elvégzett keménység (Brinell) és elektromos vezetőképesség mérések eredményével. Megjegyzendő, és ez az alábbiakban bemutatott többi mérésre is vonatkozik, hogy a MAT eljárás során mindig ki kell választani a kapott adathalmazból azokat a paramétereket, amelyek az adott független paraméter (pl. keménység) változását a legnagyobb érzékenységgel, de ugyanakkor a legjobb reprodukálhatósággal írják le. Ez a folyamat pl. az [5]-ös hivatkozásban részletesen le van írva. A továbbiakban az ily módon meghatározott jellemzőt, mint optimális MAT paramétert fogom említeni.

A 3. és 4. ábra mutatja a mérések eredményét. Baloldalon az összes lépcsőn mért adat szerepel a Brinell keménység függvényében. Látható, hogy az adatok kis szórással egy egyenes mentén helyezkednek el. A jobboldali ábrán, ahol a vezetőképesség függvényében szerepelnek a MAT paraméterek, kétféle függés különíthető el. A 4., 5. és 6. sz. mintákon mért értékek egy egyenes mentén fekszenek, míg az 1. sz. minta esetén ettől jelentősen eltérő meredekséget kapunk. A különbség a kémiai összetétel alapján értelmezhető: a 4., 5., 6. sz. minták összetétele nagyon közel van egymáshoz, míg az 1. minta markánsan különbözik a többi mintától. Ez okozza a vezetőképességben mért nagyobb értékeket, amik jól követhetők a mágneses mérésekkel is.



3. ábra: Az öntöttvas mintákon mért optimális MAT paraméterek a keménység függvényében
Fig. 3. Optimal MAT parameters as functions of hardness, measured on cast iron



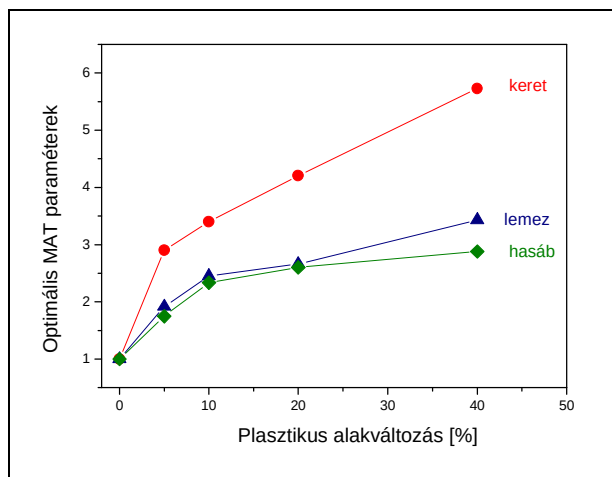
4. ábra: Az öntöttvas mintákon mért optimális MAT paraméterek a vezetőképesség függvényében

Fig. 4. Optimal MAT parameters as functions of conductivity, measured on cast iron

Szénacél minták mérése

Alacsony széntartalmú acél (0.16 % szenet, 0.20 % szilíciumot és 0.44 % mangánt tartalmazó vas) mintasorozatot készítettünk el és vizsgáltunk. Az anyagot hideghengerlés segítségével plasztikusan deformáltuk ($\varepsilon = 0, 5, 10, 20$ és 40%), majd az ily módon deformált acélból megfelelő alakú darabokat vágunk ki. Három különböző alakú mintát, keret formájút, lemezt, illetve hasábot készítettünk. Valamennyi hasáb egyik oldalán egy "V" alakú bemetszést alakítottunk ki, amely az ún. Charpy teszt elvégzését teszi lehetővé. Elvégeztük a Charpy tesztet, valamint Vickers keménységet is mértünk valamennyi mintán. Ezek azok a jelenlegi szabványok szerinti ipari módszerek, amelyekkel az anyagok degradációja jellemezhető. Transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatokat is végeztünk, ami kimutatta a mikroszerkezet változását: a diszlokáció sűrűség 10^9 -ról 10^{10} cm^{-2} értékre nőtt meg a hengerlés hatására, ami megfelel a deformált anyag mechanikai és mágneses keménységének során megfigyelt és elvárt értéknek.

A mérések eredménye azt mutatja, hogy a minta alakjától függetlenül a MAT mérések során meghatározott optimális mágneses jellemző (MAT paraméter) és a plasztikus deformáció között jól kimutatható kapcsolat van. Ezt a mérési eredményt mutatja az 5. ábra. Az ábra alapján levonható fontos következtetés, hogy a minta alakja, és az, hogy mágnesesen nyitott vagy zárt kört mérünk, kvalitatív nem befolyásolja a kapott eredményt, vagyis az anyag degradációja és a mért mágneses jellemző közötti összefüggést, ami a jövőbeni ipari alkalmazást nagymértékben elősegíti.

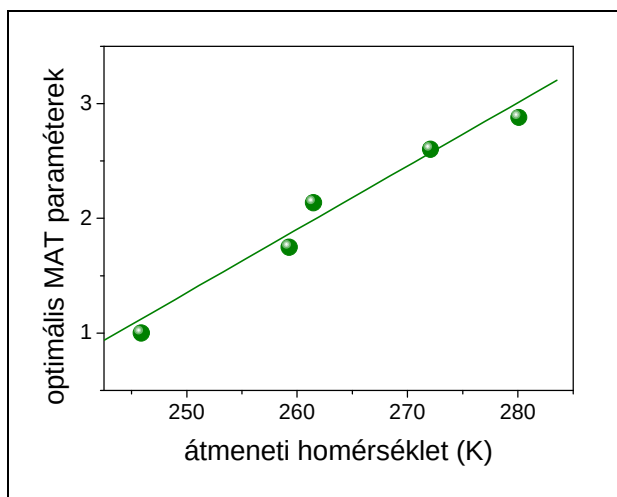


5. ábra: Optimalizált MAT paraméterek a plasztikus alakváltozás függvényében hideghengerléssel alakított különböző alakú szénacél minták esetében

Fig. 5 Optimal MAT parameters as functions of plastic deformation, measured on different shape cold rolled low carbon steel samples

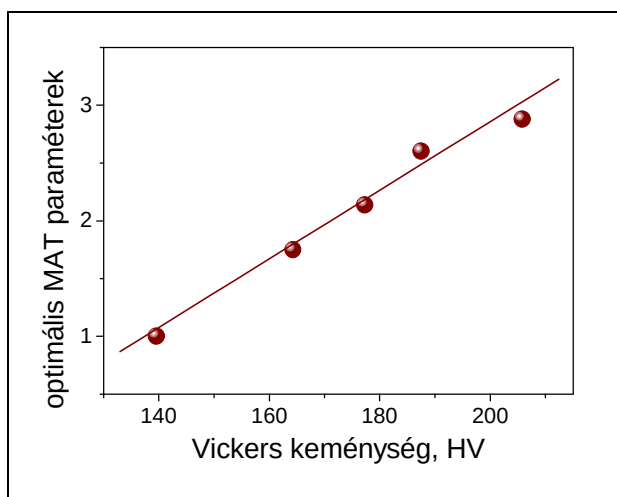
A roncsolásmentesen mért mágneses MAT paraméterek és a hagyományosan, roncsolásos módon meghatározott Vickers keménység, valamint az átmeneti hőmérséklet közötti kapcsolatot is vizsgáltam. Egyértelmű, nagyon szabályos, lineáris kapcsolatot mutattam ki a MAT paraméterek, és ezen, előbb említett jellemzők között, a mérési pontok kis szórása mellett. A mérések legfontosabb eredményei láthatók a 6. és 7. ábrákon. Ennek alapján biztosan állítható, hogy a vizsgált anyagokban bekövetkező mechanikai degradációra közvetlen, kvantitatív adatot tudunk szolgáltatni roncsolásmentes méréssel, ha a mérést először egy ismert mintasorozaton elvégzett méréssel kalibráljuk, és az ismeretlen mintán végzett mérést ezzel a referencia adattal vetjük össze.

Említést érdemel még az a körülmény, hogy míg a vizsgált mintasorozat esetén az átmeneti hőmérsékletben mintegy 20%, és a Vickers keménységben mintegy 50%-os változás következett be, a mágneses jellemzők mintegy 270%-al változtak, még a legkedvezőtlenebb esetben is (hasáb alakú minta). Vagyis a mágneses mérés segítségével a bekövetkező szerkezeti változások jóval nagyobb érzékenységgel mutathatók ki, mint a roncsolásos mérések segítségével.



6. ábra: A szénacél mintákon mért MAT paraméterek az átmeneti hőmérséklet függvényében

Fig. 6. Optimal MAT parameters as functions of transition temperature, measured on cold rolled low carbon steel



7. ábra: A szénacél mintákon mért MAT paraméterek a Vickers keménység függvényében

Fig. 7. Optimal MAT parameters as functions of Vickers hardness, measured on cold rolled low carbon steel

Rozsdamentes acél minták mérése

18/8 típusú ausztenites acél

Lemez formájú, 18/8 típusú, titánnal stabilizált ausztenites acél mintákat (a minták kémiai összetétele a 2. táblázatban van feltüntetve) 1100 C°-os hőkezelésnek vetettük alá, majd a mintákat vízfürdőben edzettük. Ezután hideghengerléssel különböző mértékben alakítottuk őket. Az anyag az eredeti ferromágneses fázisból fokozatosan rész-

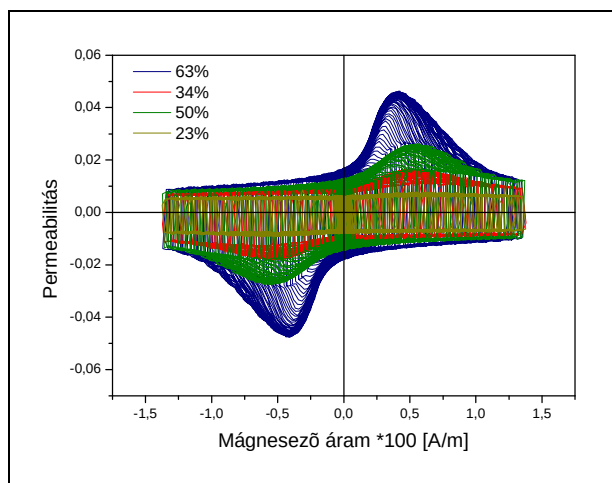
ben ferromágnesessé vált, mert a ferrit tartalom változik a hengerlés mértékének függvényében.

2. táblázat: A 18/8 típusú ausztenites acél minták kémiai összetétele (súlyszázalékban)

Table 2. Chemical composition of 18/8 stainless steel

C	Mn	Si	Cr	Ni
0.08	1.49	0.95	17.97	8.36
Mo	Ti	P	S	Fe
0.32	0.75	0.036	0.027	Maradék

A 8. ábrán jól látható, hogy a növekvő ferrit tartalom milyen jól tükröződik a mért jelalakban. Az ábrán négy különböző módon hengerelt mintán mért jel látható. Minél erősebb a minta deformációja, annál nagyobb a ferromágneses fázis aránya, és annál nagyobb a mérhető permeabilitás. Az ábra egyúttal illusztrálja is a mérési folyamatot, jól láthatók a különböző alhurokokon, folyamatosan növekvő mágnesező térrel detektált jelek.



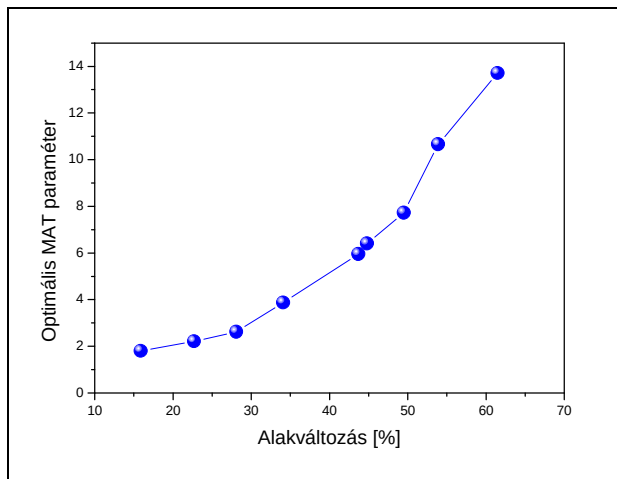
8. ábra: Az érzékelő tekercs jele a mágnesező áram függvényében négy különböző mértékben hengerelt minta esetén.

Fig. 8. Signal of pick-up coil obtained on four different cold rolled stainless steel samples

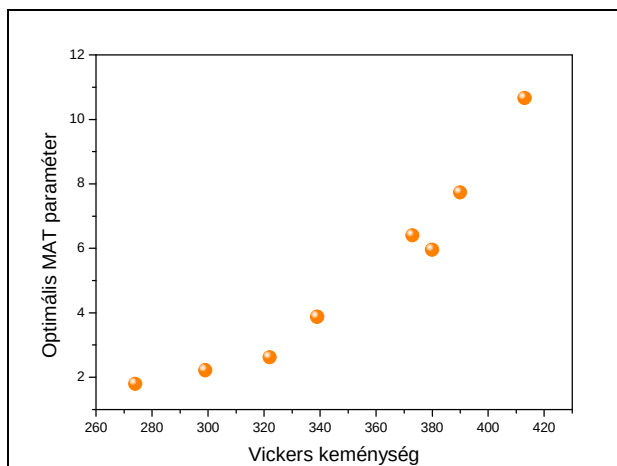
A 9. ábrán látható az optimális MAT paraméterek függése az alakváltozástól. 60%-os alakváltozás a mágneses jellemzők mintegy 14-szeres változását okozza, ugyanakkor a Vickers keménységben ez csak 55% növekedést jelent, amint az a 10. ábrán látható. Vagyis a plasztikus deformáció hatására kialakuló ferromágneses fázis jelenlétét igen jó érzékenységgel lehet ilyen módon detektálni, és a mérési pontok szórása is kicsi. Néhány százalékos ferrit tartalom vagy ferrit tartalom változás is kimutatható a mérési hibahatáron belül.

SUS316L típusú rozsdamentes acél

500x100 mm² méretű SUS316L típusú lemezeket húzógéppel húzófeszültség hatásának tettünk ki, ami különböző mértékű maradó alakváltozást okozott az anyagban. Az anyag összetételét a 3. táblázat mutatja.



9. ábra: 18/8 típusú, titánnal stabilizált ausztenites acél mintákon mért MAT paraméterek az alakváltozás függvényében
Fig. 9. Optimal MAT parameters as functions of plastic deformation, measured on 18/8 stainless steel



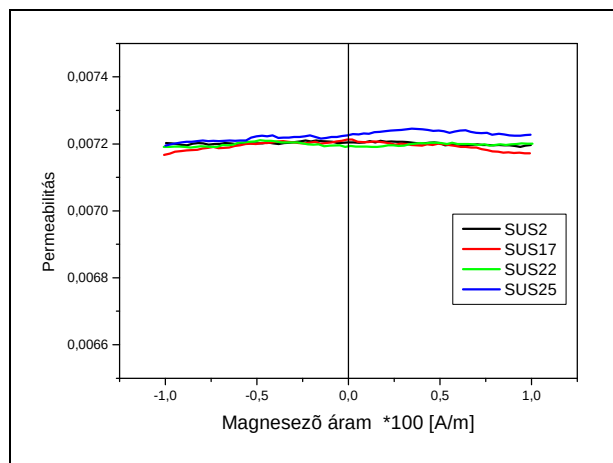
10. ábra: 18/8 típusú, titánnal stabilizált ausztenites acél mintákon mért MAT paraméterek a Vickers keménység függvényében
Fig. 10. Optimal MAT parameters as functions of Vickers hardness, measured on 18/8 stainless steel

3. táblázat: A SUS316L rozsdamentes acél minták kémiai összetétele (súlyszázalékban)

Table 2. Chemical composition of SUS316L stainless steel

C	Si	Mn	P	S
0.03	1.00	2.00	0.045	0.030
Ni	Cr	Mo	Ti	Fe
15.00	18.00	3.00	-	Maradék

Nyúlásmérő bélyeggel mértük az alakváltozást. Az eredeti lemezből kivágott 100x70 mm²-es lemezekon történt a MAT paraméterek mérése. A mérést mind a húzás irányába eső mágnesező térrel, mind pedig az arra merőleges irányban is elvégeztem. Ezek a minták, ellentétben az előzőekben tárgyalt hengerelt 18/8 típusú rozsdamentes acél mintákkal, nagyon gyengén ferromágnesesek. Ez jól látszik a 11. ábrán, ahol az érzékelő tekercs jele (ami a minta permeabilitásával arányos) van feltüntetve négy különbözőképpen húzott minta esetén a mágnesező tér függvényében.



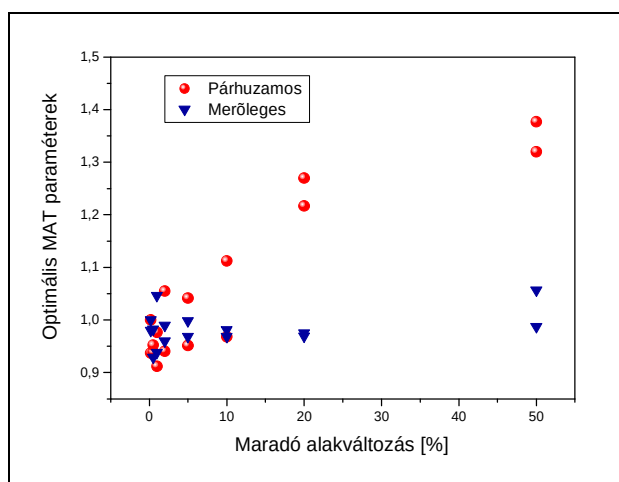
11. ábra: Az érzékelő tekercs jele a mágnesező áram függvényében négy különböző mértékben húzott SUS316L minta esetén.

Fig. 11. Signal of pick-up coil obtained on four different tensile stressed SUS316L stainless steel samples

A 8. ábrával összehasonlítva egyértelmű a különbség. Ennek megfelelően a mért adatokból származtatható permeabilitás mátrix elemek nem értékelhetők. (A fent tárgyalt esetekben általában az optimális MAT paraméterek a permeabilitás mátrix alapján lettek meghatározva.) Viszont a permeabilitás adatok mágneses tér mentén történő integrálásával kapott MAT paraméterek (amik a mágneses histerézist írják le) meglepően szabályos változást mutatnak a mintában kialakuló maradó alakváltozás függvényében. A 12. ábrán láthatók az így módon meghatározott optimális MAT paraméterek, mégpedig mind a húzási irányban, mind pedig az arra merőleges irányban

mérve. A mérés hibahatárát messze meghaladó, monoton változás tapasztalható. (Minden alakváltozást egymástól független két-két mintán hoztunk létre.) A legnagyobb, 50%-os alakváltozást elszenvedett minták MAT paraméterei mintegy 40%-al nagyobbak a legkisebb, 0,2%-os alakváltozást elszenvedett mintákhoz képest.

Figyelemre méltó, hogy nagy különbség tapasztalható a húzási irány függvényében. Változás csak a húzási irányba eső mágnesezés esetén mutatható ki, vagyis a minták erős anizotrópiát mutatnak, ami szintén jól látható a 12. ábrán.



12. ábra: MAT paraméterek az alakváltozás függvényében SUS316L mintákon mérve, a húzás irányára merőleges, ill. párhuzamos mágnesezési irányokban mérve.

Fig. 12. Optimal MAT parameters as functions of residual strain, measured on SUS316L stainless steel, for parallel and perpendicular orientations of magnetizing field with respect to the direction of tensile stress

Következtetések

A sokféle mintán elvégzett mérések eredményét összegezve megállapítható, hogy az általunk bevezetett új, mágneses hiszterézis mérésen alapuló módszer jó eredményeket ad, segítségével nagy érzékenységgel és megbízhatóan jellemezhetők a ferromágneses anyagokban bekövetkező szerkezeti változások. Valamennyi anyag esetén,

ahol rendelkezésre álltak ilyen adatok, igen jó egyezést mutatható ki a hagyományos módon, roncsolással végzett mérések eredménye, valamint a roncsolásmentesen elvégzett mágneses mérések eredménye között.

Figyelemre méltó, hogy a mágneses alhurkok mérésének megfelelő kiértékelésével kapott optimális mágneses jellemző az alkalmazott mágneses tér olyan értékeinél adódott, ami messze van az anyag mágneses telítettségétől. A gyakorlatban sűrűn előforduló, nagy méretű szerkezeteken végzendő mérések esetén ez igen fontos körülmény, mert ezek a mintadarabok mágnesesen nem telíthetők.

Megítélésem szerint ezért jó esély van arra, hogy a ferromágneses anyagból készült szerkezeti anyagok rendszeres megbízhatósági ellenőrzését, maradék élettartam becslését roncsolásmentesen végezhető mágneses mérésekkel végezzük el. A módszer sikeres jövőbeli alkalmazásához először természetesen hagyományos, roncsolásos mérésekre van szükség, amely alapján a MAT mérések "taníthatók". Ezen tanulási folyamat alatt kell meghatározni azokat a MAT paramétereket, amelyek a legjobban jellemzik az illető anyag degradációját, és amelyek a jövőbeli mérésekben a legérzékenyebbnek és legmegbízhatóbbnak minősülnek.

Irodalom

- [1] H. Kronmüller, Int. J. Nondestruct. Testing, **3** (1972) 315.
- [2] C.C.H. Lo, F. Tang, D.C. Jiles, S.B. Biner, IEEE Trans. Mag., **35** (1999) 3977.
- [3] I. Tomáš, J. Magn. Magn. Mater. **268** (2004) 178.
- [4] I. Tomáš, O. Stupakov, J. Kadlecova, O. Perevertov, J. Mag. Mag. Mater. **304** (2006) 168.
- [5] G. Vértesy, I. Tomáš, I. Mészáros, J. Magn. Magn. Mater. **310** (2007) 76.
- [6] Vértesy Gábor, Ivan Tomáš, Anyagvizsgálók Lapja, **13**. (2003) 61.

ANYAGSZERKEZET-VIZSGÁLAT

INVESTIGATION OF STRUCTURE

NEMFÉMES ZÁRVÁNYOK HATÁSA AZ ACÉLOK TULAJDONSÁGAIRA (ZÁRVÁNYOK 1. RÉSZ)

EFFECT OF NON-METALLIC INCLUSIONS ON PROPERTIES OF STEELS (INCLUSIONS, PART 1)

Szabó Zoltán

1. Bevezetés

Az acéltermékek felhasználói egyre jobb minőségű, egyre tisztább acélok előállítását igénylik. Növekszik az olyan rendelések száma, amelyekben maximalizálják az acél zárványtartalmát. Különösen tiszta acélt igényelnek a hidegalakításhoz, a tengeri csővezetékek építéséhez, alacsony hőmérsékleten is szívós acélokat felhasználó megrendelők.

Az acél tisztaságát annak gáz- és zárványtartalmával, a zárványok nagyságával, alakjával, kémiai összetételével és eloszlásával jellemezzük. Ezek együttesen határozzák meg az acélok tisztaságának megítélésére kialakított minőségi mutatót, a zárványosságot.

A zárványok, az acélban nem oldódó olyan vegyületszecskék, amelyek egyik alkotója fémes (ferrum vagy más ötvözőelem), a másik nemfémes (oxigén, kén, nitrogén) elem.

Az acélokból található zárványok eredetük szerint két csoportba sorolhatók: belső- és külső eredetű zárványokra. A belső eredetű (endogén) zárványok a metallurgiai folyamatok lejátszódása során (pl. dezoxidáció), a külső eredetű (exogén) zárványok pedig a gyártás során az acéllal érintkező tűzálló anyagokból és/vagy a salakból kerülnek az acélba.

A tűzállóanyagokat gyártó ipar fejlettségének eredményeként tűzállóanyagból származó külső eredetű zárványok gyakorlatilag nem terhelik az acélt. A zárványok zömét ennek megfelelően a dezoxidációs folyamatból származó oxidok, és az acél lehűlésekor kiváló szulfidok, nitridek teszik ki.

2. A dezoxidáció folyamata

Az acélgyártás olyan oxidáló olvasztás, amely során oxigénadagolással távolítják el az olvadékból a nem kívánatos elemeket, és az olvadék karbontartalmát a gyártandó acél előírt karbontartalmának értékéig csökkentik.

Az olvadékhoz adagolt oxigén, először a legnagyobb koncentrációban jelenlevő ferrummal lép reakcióba. A keletkezett FeO oldódik az acélban. Az oldott vasoxid reagál az acélfürdő azon elemeivel, amelyek oxigénaffinitása nagyobb a ferrum

oxigénaffinitásánál. Az oxidációs folyamat, e termodinamikai feltétel mellett azonban csak akkor játszódik le, ha az acélban oldott FeO meghaladja az adott elemek egyensúlyi oxigéntartalmát. Az acélgyártás oxidációs folyamatában az elemek oxidációjának sorrendje a termodinamikai törvények szerint meghatározott. Az oxidáció előre haladásával az olvadékban, az egyéb oxidálható elemek kiégése után, a karbon tartalom határozza meg az oldott oxigén koncentrációját. Minél kisebb karbon tartalmú acélt kell gyártani, annál nagyobb az acél oxigén tartalma. Pl. egy 0,05% C tartamú acél oxigén tartalma meghaladhatja a 0,07% (700 ppm)-ot. Ilyen nagy oxigéntartamú acél lehűlésekor - mivel a FeO olvadáspontja jóval kisebb az acél olvadáspontjánál - a kristályhatárokon nagymennyiségű vasoxid válik ki. Az acél kristályai közötti kohéziós erő ennek következtében nagyon kicsi, a melegalakítás hőmérsékletén pedig gyakorlatilag nulla, ezért alakításakor összetöredezik. A jelenséget vörös-törékenységnak nevezzük.

A jelenség megszüntetése az acél dezoxidációjával történik. A dezoxidáció során, olyan elemeket adagolunk az acélhoz, amelyek oxigénaffinitása nagyobb a Fe oxigénaffinitásánál. Az ilyen elemek elvonják az oxigént a Fe-től és megszüntetik a kristályok felületén az alacsony olvadáspontú vasoxid hártya kialakulását. A dezoxidációhoz felhasználható elemeknek az alábbi követelményeket kell kielégíteni:

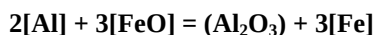
- nagyobb legyen az oxigénaffinitásuk a Fe affinitásánál
- a keletkezett oxidok ne oldódjanak az acélban, de jól oldódjanak a salakban
- az acélban oldva maradt mennyiségük ne befolyásolja az acél tulajdonságát
- kicsi oldott mennyisége is alacsony oxigén szintet biztosítson az acélban

A gyakorlatban használt dezoxidáló elemek közül a fenti követelményeknek legjobban az Al felel meg. A folyamatos acélöntés bevezetése után – az öntéstechnika megváltozása miatt – csak csillapított acélokat gyártanak. Ez a tény is eredményezte, hogy az Al alap dezoxidáló elemmé lépett elő. Mivel az Al a legerősebb dezoxidáló elem, az acélokból keletkezett oxidzárványok összetételét is megváltoztatja. mert az acélok kémiai összeté-

telének beállításához használt elemek –amelyeket dezoxidáló szerekként is nyilvántartunk – oxidjait is redukálja. Ennek eredményeként az Al-mal dezoxidált acélokat (Al $\square$ 0,02%) csak alumínium-oxid zárványok terhelik.

2.1. A dezoxidáció egyensúlyi viszonyai.

Az alumíniummal végrehajtott dezoxidáció az alábbi reakcióegyenlet szerint játszódik le:



Mint minden kémiai reakció, ez is az egyensúlyig játszódik le. Az egyensúlyi állapotot az egyensúlyi állandóból levezetett dezoxidációs szorzattal jellemezzük.

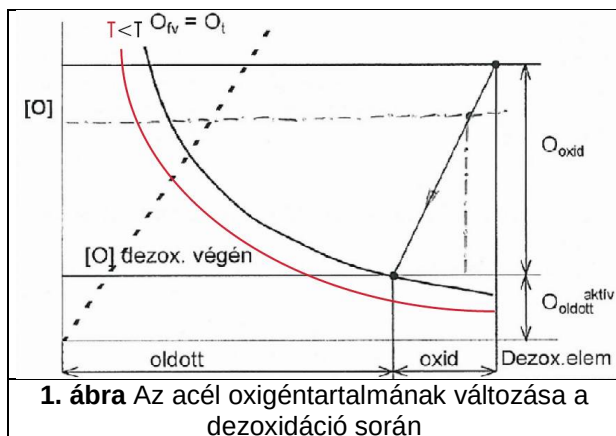
$$D_{\text{Si}} = [\text{Al}]^2 \times [\text{O}]^3$$

A szorzat hőmérséklet függését a

$$\lg D_{\text{Si}} = -\frac{A}{T} + B$$

típusú összefüggés fejezi ki.

A fenti összefüggések mutatják, hogy a dezoxidáció egyensúlyi állapotát – jelen esetben az Al – O egyensúlyi összefüggést – hiperbolikus összefüggés fejezi ki. Az egyensúlyi állapot azonban a hőmérséklettől függ. Hőmérséklet csökkenése esetén a görbék az alacsonyabb oxigéntartalom irányába tolódnak el. Az Al-mal végrehajtott dezoxidáció egyensúlyi viszonyait az 1. ábra mutatja a dezoxidáció hőmérsékletén.



Az ábrán berajzolt O_{iv} vonal az acél oxigéntartalmának nagyságát jelzi a dezoxidáció előtt, a rajta elhelyezett pont pedig az adagolt Al mennyiséget mutatja. A dezoxidáció is –mint minden kémiai reakció – a sztöchiometriai arányoknak megfelelően játszódik le, irányát ezért a sztöchiometriai egyen jelzi. (az ábrán a szaggatott vonal) A reakció az egyensúlyi állapot elérésénél befejeződik. Ebben az állapotban az acél oxigéntartalma két részre oszlik:

- az acélban oldott állapotban maradó oxigénre ($O_{\text{aktív}}$)
- a dezoxidáló elemmel reakcióba lépő és oxid formában kicsapódó oxigénre. (O_{oxid})

Az oxigén megoszlásának megfelelően az adagolt dezoxidáló elem is két részre oszlik

Az oldott Al –mot hasznosuló, az oxid formában jelen levő mennyiséget leendő Al -nak nevezzük. Az előbbi mennyiség az acél aktív oxigén tartalmával tart egyensúlyt, az utóbbi pedig kicsapódva alumíniumoxid formában az acél oxidzárvány tartalmát hozza létre. (lásd 1. ábra).

Az acél összes oxigén tartalma, a dezoxidáció után tehát az alábbi összefüggéssel fejezhető ki:

$$O_{\text{összes}} = O_{\text{aktív}} + O_{\text{oxid}}$$

A két formában jelenlevő oxigén a további technológiai műveletek során nem egyformán viselkedik:

- az oxidoknak lehetőségük van, a kinetika törvényeinek megfelelően, a salakba való felúszásra
- az acélban oldott oxigénnek ilye lehetősége nincs. Az acél lehűlése során azonban, az egyensúlyi szorzat csökkenése miatt, a dezoxidációs reakció további lejátszódása eredményeként az aktív oxigén teljes mennyisége oxiddá alakul. A dezoxidáció hőmérséklete és a dermedési hőmérséklet között keletkezett oxidokat másodlagos, a szilárd halmazállapotban kiváló oxidokat harmadlagos dezoxidációs termékeknek nevezzük. Ezek az oxidok, mivel az acélból eltávolítani nem tudnak, oxidzárványként terhelik azt.

A fentiek alapján könnyű belátni, hogy tiszta acél gyártásának egyik feltétele a nagyon alacsony aktív oxigén tartalomig történő dezoxidáció, valamint az elsődlegesen kiváló dezoxidáció termékek minél nagyobb fokú eltávolításának biztosítása.

2.2. Az alumíniummal dezoxidált acéloknak keletkezett zárványok vizsgálata.

Az alumíniummal végrehajtott dezoxidáció esetén, a tiszta acél előállítás érdekében - az előző fejezetben elmondottaknak megfelelően – az acél aktív (oldott) oxigéntartalmát 3-4 ppm (0,0003-0,0004%) –re állítják be. Ezzel az oxigénnel 300 ppm (0,03%) Al tart egyensúlyt. A mennyiben az acél a dezoxidáció előtt 700 ppm oxigént tartalmazott 696 ppm oxigén oxidzárványként terheli az acélt. Ennek kicsapásához - az oldatba maradó Al-on túl - 783 ppm (0,0783%) további Al-ot kell az acélhoz adagolni (ez megfelel 1478 ppm Al_2O_3 -nak)

A dezoxidáció során keletkező alumíniumoxid zárványok igen változatos formában találhatók az acélban. A folyékony acélban találhatók alumíniumoxid dendritek, -fürtök, -aggregátumok, síklapokkal határolt és gömbszerű zárványok. A zárványok morfológiája az acél oxigén és alumínium tartalmával függ össze. Minél nagyobb az acél oxigén és alumínium tartalma annál nagyobb zárványok keletkeznek a dezoxidáció során. A zárványok nagysága viszont összefüggésben van alakjukkal. Ez az összefüggés látható az 1. táblázatban.

1. táblázat: Az alumíniumoxid zárványok nagysága morfológiájuk függvényében.

Zárványok alakja	Elemzések száma	Átlagos méret (µm)	Szórás nagysága
Kicsi gömb	8980	0,53	0,26
Nagy gömb	102	2,58	0,92
Nyolclapú	613	2,41	0,73
Lemezalak	572	2,85	1,55
Fürt	427	59,60	44,50
Aggregátum	557	13,40	15,10
Nagy soklapú	106	7,87	7,43

Az acél minősége szempontjából legkárosabb hatásúak természetesen a nagy zárványok. Nagy zárványoknak tekintjük azokat a zárványokat, amelyek mérete meghaladja az 5µm nagyságot. A táblázat adatai mutatják, hogy ezek a zárványalakok a fürtök, az aggregátumok és a soklapú zárványok. Ezek a zárványok azonban a legnagyobb hajlamot mutatnak a salakba emelkedésre, amelyről a következő fejezetekben szólnak.

A folyékony acélban, legnagyobb számban a kicsi, gömbformájú zárványok fordulnak elő, amelyek mennyisége az összes zárvány 87-95% - át teszik ki. Annak ellenére, hogy nem ezek a zárványok a legnagyobb oxigénhordozók, nagy mennyiségük miatt befolyásolják az acél minőségét, ezért eltávolításuk fontos metallurgiai feladat.

Az oxidzárványok mellett szulfid és nitrid zárványok is terhelik az acélt. A kén és a nitrogén a folyékony acélban oldott állapotban található. Lehűlés során a kén FeS alakjában válik ki. Ez a szulfid az FeO – hoz hasonlóan – alacsony kiválási hőmérséklete miatt - a kristályhatárokon válik ki és ugyancsak vöröstörékenységet eredményez. Ennek elkerülését biztosítja, hogy az acélokhoz mindig adagolnak annyi Mn-t, (lásd szabvány előírások) amely nagyobb szulfid képződési hajlama miatt MnS képződéssel megszünteti a FeS kiválásának lehetőségét. Az acélban oldott nitrogén is a lehűlés alatt válik ki. A szilárd acélban kiváló nitrogén, ún. pehely képződés miatt rontja az acél mechanikai tulajdonságait, valamint az acél öregedését okozza. Ennek elkerülését bizto-

sítja az Al-mal csillapított acélban levő oldott Al-tartalom, mert AlN formába leköti az acélban levő szabad N- tartalmat.

Az acélban jelenlevő zárványok tehát rontják az acélok minőségét és technológiai zavarok forrásai lehetnek. A technológiai zavarok a folyamatos öntés alatt az öntőmagyló szűkülését, rosszabb esetben eltömődését jelentik, a minőségromlás pedig a mechanikai tulajdonságok romlásában nyilvánul meg.

3. A zárványok hatása az acélok mechanikai tulajdonságaira.

Az acélban jelenlevő zárványok az alakított (hengerelt, kovácsolt) termékek hasznos keresztmetszetét csökkentik és mivel képlékenységi tulajdonságaik nincsenek, rontják azok mechanikai és szívóssági értékeit. Az acélok átmeneti hőmérsékletét a magasabb hőmérsékleti tartományba tolják, rontják ezzel szívóssági tulajdonságait. Számottevően romlanak az acélok kifáradási értékei. Hideg sajtoláskor, mélyhúzáskor felszakadási, selejteket okoznak. A mechanikai, szívóssági tulajdonságok romlása, a hibák előfordulásának nagysága és gyakorisága, a zárványok mennyiségétől, nagyságától, kémiai összetételétől és elrendeződésétől függ.

Az alumíniummal jól dezoxidált acélokban, amint erről már az előzőekben szóltam, az oxid zárványok alumíniumoxid, a szulfid zárványok mangánszulfid formában találhatók. Az alumíniumoxid zárványok a meleghengerlés hőmérsékletén nem alakíthatók összetöreteznek és a hengerlés irányában sorba rendeződnek. A MnS zárványok képlékenyek, a kisebb zárványok fonallá, nagyobbak pedig lepénnyé nyúlnak el. A zárványok ilyen elrendeződése, a fent említett tulajdonságromlásra túl, az acélok mechanikai anizotrópiájának kialakulásáért is felelős. A mechanikai anizotrópia alatt az acélok mechanikai tulajdonságainak a geometriai irányoktól (hossz, kereszt, vastagság irányok) való függését értjük. Különösen nagy különbségek alakulnak ki a szívóssági tulajdonságokban. Az ütmunkában mérhető értékek keresztirányban 50-60%-al, vastagság irányban akár 80-90%-al is csökkenhetnek. Az ilyen nagy szívóssági különbségekkel bíró acéloknál, az összetett igénybevételeknek kitett és(vagy)alacsony hőmérsékletű környezetben üzemelő szerkezetekben, ún. teraszos törések léphetnek fel, amelyek katasztrófák kialakulásához vezethetnek.

4. Az acélok zárványtartalmának csökkentése, a zárványok kémiai összetételének átalakítása.

Az acélt terhelő zárványok mennyiségének csökkentésére a dezoxidációs technológiák fejlesztésén túl üstmetallurgiai technológiákat fejleszt-

tettek ki. Amint az elnevezése mutatja, ezeket a tisztító módszereket csapolás és dezoxidáció után az üstben hajtják végre.

Az acélban nem oldódó, elsősorban oxid zárványok, fajsúly különbségük miatt felfelé mozognak. Mozgásukat a Stokes törvény írja le, amely szerint a zárványok felúszási sebessége:

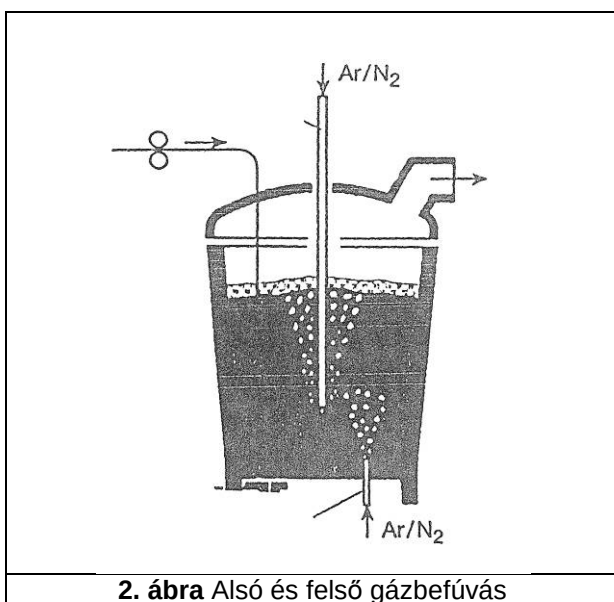
$$V = \frac{2g}{9\eta} r^2 (s_1 - s_2)$$

összefüggés szerint változik. A képletben gyakorlatilag csak a zárványok sugara változhat, és mivel mikron méretűek, ezért mozgási sebességük nagyon kicsi. A zárványok mozgási sebességének növelését célozza az acélok inert gázzal történő kezelése.

A MnS a folyékony acélban oldott állapotban található, csökkentése ezért csak metallurgiai eszközökkel történhet. Mivel a konverteres acélgártás metallurgiai körülményei nem kedveznek a kéntelenítési folyamatnak, ezért ezt a feladatot a nyersvasgyártás metallurgiája, vagy a nyersvas kohón kívüli kéntelenítése veszi át. Bizonyos mértékű kéntelenítés az üstmetallurgiai kezelésnél is végbemegy, de ehhez a folyamathoz nagyon jó salakvetetés (kicsi FeO tartalmú, bázikus salak), és viszonylag hosszú kezelési idő szükséges.

4.1. Argonnal történő átöblítés technológiája.

Az acélok argon gázzal történő kezelésére két technológiai eljárást fejlesztettek ki: alsó és felső gázbefúvás. A technológiai megoldások a 2. ábrán láthatók.



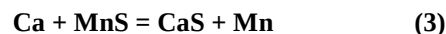
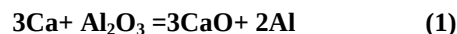
A gázbefúvás során az apró gázbuborékok hozzátapadnak az acélban lebegő zárványokhoz és együtt nagyobb sebességgel, felúsznak. A gáz a légtérbe távozik, a zárványok a salakban oldód-

nak. Megfelelő hatásfokú tisztítás csak akkor biztosítható, ha a gázáramoltatás csak akkora intenzitású, amely nem eredményezi az acél és a légtér közvetlen érintkezését, és az acélt borító salak oxidáló hatása (FeO és MnO tartalma nem haladja meg az 1-2%-ot) kicsi. Mindkét hatás ugyanis az acél reoxidációját eredményezi, ami újabb oxidképződést eredményez. Jól vezetett gázöblítéssel, és kis oxidáló képességű salak biztosításával az acélban levő oxidzárványoknak akár a 90-95%-a is eltávolítható.

4.2. Az acél zárványtartalmának átalakítása.

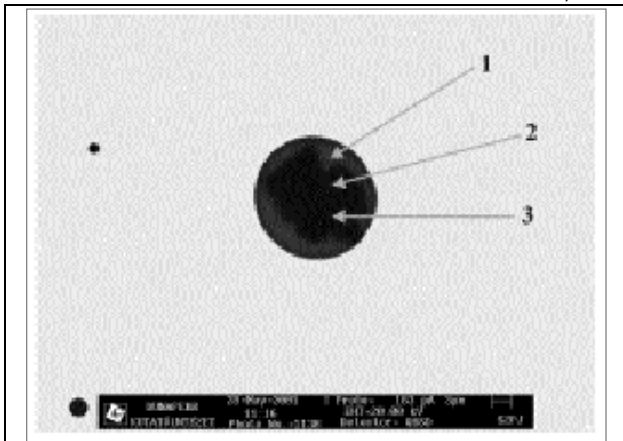
Az acélgártás metallurgiai folyamatainak egyensúlyi viszonyai miatt, zárványmentes acélt előállítani nem lehet. Csökkentésére, amint erről már szóltam, több technológiai megoldást dolgoztak ki. Bizonyos szerkezetek gyártásánál azonban a nagyon kis mennyiségű sorba rendeződött zárványok jelenléte is hibák forrása lehet, ezért olyan eljárások is kialakultak, amelyek alkalmasak a zárványok kémiai összetételének átalakítására. Az átalakítás során olyan összetételű zárványokat kell kialakítani, amelyek a folyékony acél kezelésének hőmérsékletén folyékony állapotúak, ezért koagulálni képesek, és gyorsan emelkednek a salak irányába. Az acélban maradó részük nagyon kemény, ezért a meleghegyszerítés során is megtartják gömbformájukat, nem töredeznek össze, és nem rendeződnek sorokba.

Ilyen zárványmodifikálásra a földfémek és a ritkaföldfémek alkalmasak. Legjobb eredményeket a kalcium fém adagolásával érték el, ezért általánosan elterjedt ennek felhasználása a metallurgiai gyakorlatban. A Ca-nak a kezelés hőmérsékletén nagy a gőznyomása, csökkentése érdekében ezért segédötvozet formába adagolják. Leggyakrabban CaSi vagy CaAlFe ötvözetek segítségével viszik a Ca-t az acélba. A Ca gőz, miközben áthalad acélfürdőn, az alábbi reakciók szerint fejti ki hatását:



A reakciók számozása lejátszódásuk sorrendjét is jelenti. Ennek megfelelően a Ca először az acélfürdőben maradt alumíniumoxiddal reagál. A reakcióból keletkező CaO, a még jelenlevő alumíniumoxidot kalcium-alumináttá alakítja. A beadagolt Ca mennyiségét az acélban jelenlevő Al_2O_3 mennyiségének függvényében úgy kell meghatározni, hogy a keletkező aluminátban a CaO- Al_2O_3 mennyiségi aránya kb 1 legyen. A beadagolt Ca mennyiségének meghatározásánál a CaS képződéséhez szükséges mennyiséget is figyelembe kell venni. Az aluminát képződése általában megelőzi

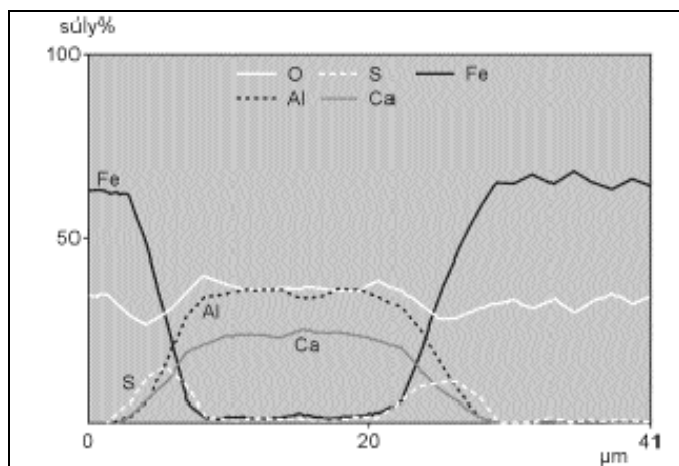
a CaS képződését. Az alumínátban jól oldódik a CaS és a képződési sorrendnek megfelelően mindig a gömb alakú alumínát külső peremén található. (3. ábra) Magasabb kén tartalmú acélok kezelésénél a reakciók sorrendje megváltozhat, és önállóan is megtalálható a CaS a zárványok között. A CaS önálló alakban történő kiválása, az



3a. ábra Egy gömb alakú alumínát zárvány elektronmikroszkópos felvétele

A zárványmódosítás akkor nevezhető megfelelőnek, ha az acélban nincs szabad állapotú alumíniumoxid és mangánszulfid, a keletkezett alumínátokban a $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ hányados 1 körül van, és kén teljes mennyisége CaS formában van az acélban. Mivel az alumínátok halmazállapotuk miatt koagulálni tudnak, viszonylag nagyméretűek, ezért a gázöblítés hatásos alkalmazásával eltávolításukról gondoskodni kell. Nagyobb gömb alakú zárványok ugyanis – elsősorban a hajlított szerkezetek gyártásánál (pl. csőgyártásnál) hegesztett szerkezetek kialakításánál – repedések kiinduló pontjai lehetnek.

öntökagyló falára történő lerakódásával fokozza a kagylóeltömődés veszélyét.



3b. ábra A 3a. ábrán látható zárvány vonalmenti vizsgálata

5. Összefoglalás.

A metallurgusok hosszú idő óta azon munkálkodnak, hogy egyre tisztább acél előállítására alkalmas technológiákat készítsenek, mert a megrendelők egyre jobb minőségű egyre tisztább acélokat igényelnek. Munkájukat nagyban segítik az új elemző és vizsgáló eljárások kifejlesztése. Olyan üstmetallurgiai eljárások bevezetésére került sor, amelyek lehetővé tették egyre tisztább acélok előállítását és a felhasználói igényeket egyre magasabb színvonalú kielégítését. Az élet azonban nem áll meg, további fejlesztési munka vár a gyártókra, anyagvizsgálókra, kutató munkát végző szakemberekre egyaránt.

A REACH DIREKTÍVA ACÉLIPARRA GYAKOROLT HATÁSA 2. RÉSZ

EFFECT OF DIRECTIVES" REACH" ON STEELS PART 2

Hevesiné Kővári Éva

Kulcsszavak: REACH, acélipar, vegyi anyagok, regisztráció

Keywords: REACH, steel industry, chemicals, registration

2.5. Értékelés

A regisztrációs dokumentumokat az ECHA és a tagállamok illetékes hatóságai fogják értékelni. Minden regisztráció átesik egy teljességi vizsgálaton. Az ECHA vállalja a regisztrációs dokumentumok több, mint 5%-ának megfelelőségi vizsgálatát annak érdekében, hogy:

- felmérjék, hogy az ipar által benyújtott információk elegendők-e; vagy
- további információk szükségesek-e.

Ha új információk szükségesek, akkor az ECHA vizsgálati javaslatokat tesz közzé.

A REACH előírja, hogy a tagállamok hozzanak létre illetékes hatóságot az anyaglisták értékelésének elvégzésére. Ezek az értékelések eredményezhetnek engedélyezést, helyettesítést, korlátozást vagy a további követelmények megszűnését.

A tagállamok felelősek a REACH végrehajtásáért. Az Európai Bíróságon eljárás indítható a következő jogi személyek ellen:

- Az anyagok gyártása, importálása, értékesítése, szállítása vagy felhasználása megfelelő regisztráció nélkül történik;
- Egy veszélyes anyag felhasználása az engedély vagy korlátozás feltételein kívül történik;
- A szükséges információkat nem biztosítják a szállítói láncban felfelé és lefelé;
- Nem teljesítik a tájékoztatásra vonatkozó egyéb kötelezettségeiket;
- Nem teljesítik a javaslatok alkalmazásának kötelezettségét; és
- Nem teljesítik az együttműködési és az információszolgáltatási kötelezettségeket.

2.6. Engedélyezés

A REACH előírja a gyártók és importőrök számára, hogy az SVHC-k (azaz karcinogének, mutagének, reprodukciós toxicitású anyagok,

A REACH - Útmutató az Európai Acélipar számára EUROFER kiadvány alapján összeállította: Hevesiné Kővári Éva ISD Dunafer ZRT

perzisztens, bioakkumulatív, toxikus anyagok, nagyon perzisztens és nagyon bioakkumulatív anyagok, hormonrendszert károsító anyagok) folyamatos használata esetében engedélykérelmet nyújtsanak be.

Az engedélyezés feltételeinek megfelelő SVHC-k felkerülnek egy jelöltlistára, amit a REACH XIV. melléklete tartalmaz. Jelenleg körülbelül 900 SVHC van, és várható, hogy a REACH további 600 SVHC-t fog azonosítani a következő 11 évben.

Az engedélyezési folyamat azonban évente csak 20-25 SVHC-t képes kezelni, ezért a Bizottság az engedélyköteles anyagok listáján szereplő anyagokat sorrendbe fogja állítani. Amint határozat születik arról, hogy egy anyag felkerüljön a XIV. melléklet listájára, az ECHA meghatároz egy „lejárati időt” ami után tilos az anyag felhasználása – kivéve, ha azt engedélyezték.

Az adott felhasználásra vonatkozó engedélykérelmet a lejárati idő előtt legalább 18 hónappal kell benyújtani.

Használati engedély csak akkor adható egy SVHC-re, ha nincsen az anyagnak helyettesítési lehetősége, és ha a kérelem benyújtója be tudja mutatni az anyag lényeges tulajdonságainak ellenőrzését a Kémiai Biztonsági Jelentésnek megfelelően.

Ha megfelelő kontrollt nem tudnak felmutatni, az engedély akkor adható meg, ha az anyag használatának társadalmi-gazdasági előnye túlsúlyban van az anyag emberi egészségre, vagy környezetre gyakorolt hatásával szemben.

Ha az engedélyt megadják, az csak korlátozott időtartamra szól, és a helyettesítési terv elfogadásától függ.

2.7. Korlátozás

A rendelet lehetővé teszi a tagállamok számára, hogy az anyagok forgalomba hozatalával és használatával kapcsolatosan korlátozásokat javasoljanak, ahol az emberi egészségre és a környezetre gyakorolt hatás elfogadhatatlan kockázatot jelent. A korlátozási folyamat vonatkozhat az anyagokra önmagukban, a készítményekre és árucikkekre is. A korlátozás lehet „részleges” (adott felhasználásra) vagy „teljes”. A korlátozási dokumentációkat a nemzeti illetékes hatóság, vagy az ECHA készíti.

2.8. Az anyagok osztályozása és címkézése

A REACH a regisztrálók számára előírja, hogy értékeljék az anyagokat, és határozzák meg, hogy azok megfelelnek-e az emberi egészségre és a környezetre veszélyes anyagok osztályozási kritériumainak. A regisztráció részeként benyújtandó technikai dokumentációnak tartalmaznia kell osztályozási és címkézési javaslatokat is.

A REACH rendelettel párhuzamosan az EU tervezi a Vegyi anyagok osztályozásának és címkézésének globálisan harmonizált rendszere (GHS) bevezetését. Az EU GHS a veszélyes anyagokról szóló irányelv (67/548/EGK) és a veszélyes készítményekről szóló irányelv (99/45/EK) osztályozási és címkézési rendelkezései helyébe fog lépni.

3. A REACH alkalmazása az acéliparban

3.1. EUROFER klaszterek létrehozása

Az EUROFER terve, hogy kis méretű, jól kezelhető klaszterekben fognak a dolgozni az acélipari szakemberek. A klaszterek hasonló érdekű acélgyártók csoportjaiból állnak majd, akik együtt dolgoznak a REACH végrehajtásán.

Minden klaszter feltérképezi saját vas és acél felhasználását, majd ezt felhasználva létrehoz egy fejezetet a felhasználásokról a REACH technikai dokumentációhoz. Meg kell határozni, hogy az Integrált vas és acél klaszter valamely tagja akar-e vezető regisztrálóként tevékenykedni a Fe SIEF-ben.

Annak érdekében, hogy az Eurofer segítse a tagjait a REACH végrehajtásában és a munka-klasztterekkel kapcsolatos nehézségek leküzdésében, elindította saját REACH Fórumát, amely a következőkből áll:

- REACH HELPDESK kialakítása az acéllal kapcsolatos ügyekben;
- REACH Klaszter munkacsoport – folyamatos belső fórum biztosítása:
 - közös gondok megbeszélésére, ahol szükséges,

- az európai acélipar konszenzusának kidolgozása a REACH rendelettel kapcsolatos ügyekben,
- a munkák dupla elvégzésének elkerülése,
- a meglévő adatok azonosítása,
- a kutatások és tanulmányok kiemelése a költségek megosztása érdekében és/vagy későbbi felhasználás érdekében.
- REACH Végrehajtási munkacsoport – folyamatos külső fórum biztosítása:
 - fókuszpont a vas és egyéb acéllal kapcsolatos konzorciumok külső érdekeltjeivel való kapcsolathoz,
 - közös problémák megbeszélése nem-EUROFER érdekeltiségekkel a vas és acél területein, és ahol szükséges, egy globális vas- és acélipari konszenzus kidolgozása,
 - a vas és egyéb acéllal kapcsolatos munkák duplikációinak elkerülése,
 - a vas és egyéb acéllal kapcsolatos anyagok meglévő adatainak azonosítása,
 - a kutatások és tanulmányok költségeinek megosztása.

Emellett az EUROFER-t felkérték a vassal kapcsolatos emberi egészségre és a környezetre való hatások adatainak összegyűjtésére. Ezek a projektek a fémes vas, a vasoxid, és a szerves vasvegyületek adatait fogják elemezni.

3.2. Regisztráció az acélszektorban

Az acéltövezetek sem az anyag, sem a készítmény definíciójába nem illenek bele. A REACH az acél és egyéb fémes tövezeteket „különleges készítményeknek” ismeri el.

Az Európai Bizottsággal együtt az EIMAG kidolgozott egy útmutatót készítmények és speciális készítmények vonatkozásában, valamint egy útmutatót a speciális készítmények csoportosításáról. Ezek a dokumentumok majd véglegesítésük után kerülnek fel a honlapra.

A különleges készítmény státusz azt jelenti, hogy az acélokban és vasövezetekben előforduló anyagokat kell regisztrálni, nem pedig az acélokat vagy vasövezeteket magukat.

A REACH nem engedélyezi az övezetek regisztrálását. Az acélgyártók és acélimportőrök által regisztrálandó anyagok közé tartozik például a Fe, Si, Mn, P, S, Ni, Cr, Mo, Cu, Sn, Al, stb.

Az acélgyártók és acélimportőrök által regisztrálandó legtöbb anyag a legmagasabb mennyiségi tartományba fog tartozni (azaz évi 1000 tonna felett), amelyhez teljes REACH adatállomány

szükséges. Ezeket a regisztrációkat a 2010-es határidő előtt kell elvégezni.

Az acél és egyéb fém félkész termékek különleges figyelmet igényelnek ott, ahol ezek a termékek már nem készítmények, hanem árucikkek.

Az árucikkekben előforduló anyagokról szóló útmutató nem tartalmazza a félkész termékek definícióját. Minden ipari szektornak az árucikk REACH szerinti meghatározását és a hivatalos útmutató dokumentumokban megadott kiegészítő kritériumokat kell alkalmaznia.

Az útmutató végleges változata még várat magára, legmegelőbbnek jelenleg az tűnik, ha a nyersötvözet termékeket (fémábrák, öntecsek) készítménynek tekintjük. Ebből adódik, hogy az importőrök felelősek az importált acél minden összetevőjének regisztrálásáért.

A nyersötvözet termékekből továbbfeldolgozással nyert acél és egyéb fém félkész termékek minden bizonnyal árucikknek tekintendők majd.

Az acélokban előforduló anyagok mellett az acélgyártók és importőrök kötelezhetők egyéb anyagok regisztrálására is. Az acélgyártóknak kötelező lesz regisztrálni az importált ötvöző anyagokat és fémeket, melyeket bevonatokhoz használnak, bizonyos korróziógátló anyagokat, egyéb nyersanyagokat, gyártásközben keletkező ún. „közbenső anyagokat” – és ha forgalomba hozzák őket, akkor a melléktermékeket is. Például, az acél sósavval történő maratása közben termelt vas-kloridot az acélgyártónak regisztrálnia kell, ha azt forgalomba hozza, és termékként árusítja.

Ha egy társaságnak regisztrálási kötelezettsége van, meg kell fontolni az adott anyag konzorciumához, klaszteréhez való csatlakozást – az EUROFER honlapon megtalálhatók ezek elérhetőségei.

3.3. Engedélyezés az acélszektorban

Az acélszektorban az engedélyköteles anyagok közé tartozhatnak a következők:

- Króm vegyületek (Cr VI)
- Oldható nikkel vegyületek
- Benzol, és néhány kokszolási melléktermék

Ha egy acéltársaság olyan anyagot használ, amely megfelel az engedélyezési kritériumoknak, az jó hatással lehet a működés folyamatosságára.

Egy anyag használata akár megakadályozhatja az engedélyezést, vagy az engedélyben korlátozhatják a felhasználás feltételeit, vagy a magas expozíció jelentős ellenőrzési költségeket okozhat.

Más esetekben azonban az anyagot visszavonhatják a piacról, és egy kevésbé megfelelő és kevésbé hatékony anyaggal helyettesíthetik.

Bizonyos engedélyköteles anyagok csak kisebb összetevőként vannak jelen az alkalmazott vegyi anyagokban, ilyenek pl. a hengerlési olaj, vagy az elektrolitok.

3.4. Továbbfelhasználók tevékenységei az acélszektorban

A továbbfelhasználók számára az első lépés a meglévő információk összehangolása az anyagokról önmagukban, készítményekben felhasználva, vagy árucikkekben felhasználva. Általános gyakorlat, hogy egy cégen belül több különböző helyről kell begyűjteni ezeket az információkat.

Az információk lehetnek: kémiai elemzések, melyeket azért gyűjtöttek össze, hogy megfeleljenek a kémiai reagensekről szóló irányelv követelményeinek, vagy lehetnek környezetvédelmi adatok, beszerzési adatbázisok, az anyagokkal és készítményekkel kapott biztonsági adatlapok, a szállítók által biztosított technikai adatlapok, a csomagoláson található címkék, kockázatfelmérések, stb.

Ezen adatok összegyűjtésénél számos kérdésre kell választ adni, ide tartoznak a következők:

- Milyen mennyiségben vásárolják ezeket az anyagokat?
- Mi a megvásárolt anyagok és/vagy készítmények „tervezett felhasználása”?
- A beszállító regisztrálja-e ezeket az anyagokat?
- Az anyagokat az EU-ban gyártják, vagy importálják-e?
- Az Ön szervezete gyárt/importál-e anyagokat?
- Ha igen, akkor az Ön szervezete titkosan akarja-e regisztrálni a tervezett felhasználást?
- Melyek gazdaságilag elemezve Önöknél a legfontosabb anyagok és/vagy készítmények?
- A felhasznált anyagok között van-e SVHC?
- A felhasznált SVHC engedélyköteles-e, vagy korlátozás alá kerül-e?
- Létezik helyettesítő anyag a használt SVHC helyett?
- Az Ön szervezete továbbfelhasználó-e?
- Az Ön szervezete milyen adatokkal rendelkezik a használt anyagok és/vagy készítmények emberi és/vagy környezeti ex-

pozíciójáról, amelyek segíthetik a gyártót és/vagy beszállítót a regisztrációban?

- Vannak-e titkossági megfontolások az anyagok vagy a készítmények felhasználásával kapcsolatban?
- Ha vannak titkosságra vonatkozó megfontolások, akkor az Ön szervezete akarja-e tájékoztatni az ECHA-t, és elvégezni e felhasználás CSA-ját?

A gyártók és importőrök kérhetnek információkat a továbbfelhasználóktól a regisztrációs dokumentáció elkészítéséhez, és az expozíciós forgatókönyvek kidolgozásához. Ha egy DU megfelelő információkat biztosít a gyártónak/importőrnek az expozíciós forgatókönyv (*Exposure Scenario* = ES) kidolgozásához, akkor a gyártó/importőr köteles azt a felhasználást jelezni a regisztrációs dokumentációban (kivéve, ha a beszállító be tudja mutatni, hogy a megfelelő ellenőrzést nem lehet elérni ésszerű, költség-hatékony kockázatkezelési intézkedésekkel, és emiatt úgy dönt, hogy nem támogatja az anyag e módon történő használatát).

Ha egy beszállító visszautasítja egy anyag adott használatának előzetes regisztrációját, a továbbfelhasználó közvetlenül az ECHA-nak is bejelentheti érdeklődését az anyag iránt.

Az ECHA ezt az anyagot közzéteszi a honlapján, és a potenciális regisztráló kérésére az ECHA megadja a DU-k elérhetőségeit.

Kereskedelmi okokból a DU határozhat úgy, hogy az anyag további felhasználását titokban tartja, arról nem tájékoztatja a beszállítót. Ez esetben a DU-nak lehetősége van erről tájékoztatni az ECHA-t, és elvégezni a saját kémiai biztonsági értékelését a használatra vonatkozóan. (Ez a lehetőség költséges és időigényes lehet.)

A tagállamok illetékes hatóságai és az Európai Vegyianyag-ügynökség igyekeznek biztosítani, hogy a továbbfelhasználók feleslegesen ne végezzenek előzetes regisztrációkat.

Azt szeretnék, hogy ha egy DU a jövőben valamikor majd gyártani, vagy importálni szeretne egy anyagot, akkor annak előzetes regisztrációja ne a 2008. június 1. és 2008. november 30. közötti időszakban legyen.

A DU benyújthat egy későbbi előzetes regisztrációt, amennyiben ezt az anyag első gyártásától vagy behozatalától számított hat hónapon belül teszi meg, és nem később, mint 12 hónappal az adott (2010. december 1., 2013. június 1. és 2018. június 1.) bevezetési határidő előtt. Ezt a lehetőséget a REACH 28. cikke (6) bekezdése részletezi.

Fontos megjegyezni, hogy néhány gyártó és importőr dönthet úgy, hogy nem regisztrálják az anyagaikat. Az anyagok forgalomból történő kivonása történhet a regisztráció magas költsége miatt, vagy azért, mert bizonyos anyagok engedélykötelesek, vagy korlátozás alá tartoznak. Ezért fontos, hogy a továbbfelhasználók egyeztessenek a gyártókkal/importőrökkel, és megismerjék szándékaikat a REACH rendeletnek való megfelelést illetően.

4. A REACH bevezetésétől várható eredmények

A REACH rendelet korszerűsíti a vegyi anyagokra vonatkozó, korábbi jogi keretrendszer. A REACH bevezetésével és alkalmazásával fontos ismeretek gyűlnek össze a veszélyes anyagok mennyiségéről, felhasználásáról, és az általuk okozható veszélyekről.

Várhatóan sok eddig használt, és az egészségre rendkívül káros anyagok használatát, forgalmazását meg is tiltják majd, valamint a veszélyes anyagok használatának pontos szabályai is megállapításra kerülnek.

„Az információ hatalom” – mondják. A REACH információk birtokában és ezen információk alapján várható intézkedések hatására egy egészségesebb európai jövő képe vetődhet elénk.

KÖNYVISMERTETÉS

. A. STRIZHALO, L.SZ. NOVOGRUDSKIJJ, E. V. VOROBJEV:

„ANYAGOK SZILÁRDSÁGA KRIOGÉN HŐMÉRSÉKLETEKEN ELEKTROMÁGNESES MEZŐ HATÁSNAK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL”

Az Ukrán Tudományos Akadémia G.Sz. Pisarenko Szilárdság Problémái Intézetének kiadásában egy könyvsorozat első eleme jelent meg Kijevben 2008-ban. A könyv szerzői: **V. A. Strizhalo, L.Sz. Novogrudskij, E. V. Vorobjev**. A sorozat szerkesztője az intézet jelenlegi vezetője az éppen most 80. születésnapját ünneplő (május 15.), világszerte jól ismert V. T. Troshhenko. A mintegy 10 kötetes tervezett sorozatot az intézetet alapító G. Sz. Pisarenko születésének 100. születésnapjára (2010-ig) kívánják megjelentetni. Ha csupán a könyv címére tekintünk, legalább két kérdést kell feltenni. Milyen jelentősége lehet az anyagok legkülönbözőbb terhelési körülmények közötti szilárdsági és képlékenységi tulajdonságainak vizsgálatára kriogén hőmérsékleteken? Hogyan és miért kapcsolható e témakörhöz az elektromágneses mező hatása? Ha csupán az első kérdésre kívánunk válaszolni, akkor elegendő lenne az úrkutatásra utalni, hiszen a mérnöki szerkezetek tömege üzemel folyamatosan az űrben a legkülönbözőbb terhelési körülmények között. Az elektromágneses tér szerepe a szupra-vezetés, tehát az alacsony hőmérsékletű energetikai berendezések kapcsán bír rendkívüli jelentőséggel pl. a gyorsítóknál. Figyelembe véve azt a tényt, hogy egy-egy vizsgálat költsége igen számottevő, az 501 oldal terjedelmű könyv értékét nehezen lehetne túlértékelni. A 429 irodalmi hivatkozást magába foglaló könyv hat fejezetre oszlik.

Az **1. fejezet** 43 oldalon áttekinti a kriogén hőmérsékleteken végzett szilárdsági vizsgálatok lehetőségeit, sajátosságait, valamint ezek eszközrendszerét, a különböző hűtőközegeket és a legkülönbözőbb kamrákat, beleértve a $293 \div 77$ K tartományt és a héliummal megvalósítható 4,2 K hőmérsékletet.

A **2. fejezetben** 71 oldal terjedelemben tekinti át a különböző anyagok viselkedésének alakulását a vizsgálati hőmérséklet csökkenésének és a terhelés típusának függvényében. Ennek megfelelően elemzi a szakítóvizsgálattal meghatározható szilárdsági és alakváltozási jellemzőket, a kis- és nagyciklusú kifáradási sajátosságokat, valamint a repedésterjedéssel szembeni ellenállást tükröző anyagjellemzőket.

A **3. fejezet** 60 oldalnyi terjedelemben a kriogén hőmérsékleteken bekövetkező szaggatott (nem monoton növekvő) képlékeny alakváltozással,

annak mechanizmusaival foglalkozik. A szakító diagramon a képlékeny alakváltozási tartományban jól láthatóan „fűrészfogszerűen” zajlanak a folyamatok. Ez azt jelenti, hogy a folyamatos képlékeny alakváltozást egy olyan folyamat váltja, amelyben a növekvést instabilitás váltja fel, majd a hirtelen változást egy újabb növekedés és újabb instabilitás követi. Ezen folyamat leírására javasolt modellt, amelynek alkalmazhatóságát különböző anyagok (alumíniumötvözet, ausztenites acél) ellenőrzi. Arra a következtetésre jut, hogy a javasolt modell helyesen leírja mindazon megfigyeléseket, amelyekre szert tehetünk a kriogén hőmérsékleteken lejátszódó alakváltozás során.

A 65. oldalnyi **4. fejezetben** a terhelési, technológiai és konstrukciós körülmények hatását vizsgálja a kriogén hőmérsékleteken mérhető anyagjellemzők alakulására. A vizsgálati technológiához tartozó paraméternek a vizsgáló berendezés merevségének és a terhelési sebességnek, a hűtőközegnek, a terhelés módjának hatását tekinti. Ez utóbbi ugyanis megvalósítható mind az erőnövekedés sebességének, mind pedig az alakváltozás sebességének szabályozásával. A „fűrészfogszerű” képlékeny alakváltozási folyamat figyelembevételével ez utóbbi vizsgálati típus megvalósíthatósága mindenképpen a jelenségek „átlagolásával” vitelezhető ki. Az előzetes alakítás, a mérethatás és a feszültséggyűjtő helyek hatása a konstrukciós paraméterek közé sorolhatók.

A könyv leghosszabb, 153 oldal terjedelmű **5. fejezetében** a nagyenergiájú elektromágneses térnek a szilárdsági és képlékenységi jellemzőkre gyakorolt hatását vizsgálja kettős bontásban. Az első részben a nagy áramsűrűségek szerepét, míg a második részben az erős mágneses tér hatását elemzi. Olvasmányos történeti áttekintést ad a problémák felvetődésének körülményeiről rámutatva arra, hogy addig mely problémák megoldására rendelkezünk megnyugtató ismeretekkel és melyek voltak azok, amelyek újabb kutatásokat indukáltak. Áttekintést kaphatunk a nagy áramsűrűségnek a képlékeny alakváltozás mechanizmusára, a $293 \div 73$ K hőmérsékleti tartományban mérhető mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásáról, a szupra-vezetés hőmérsékleti tartományban észlelhető sajátosságokról, valamint a határállapotot leíró jellemzőkről. Az erős elektromágneses tér szerepével hasonló bontásban foglalkozik ezen fejezet mintegy 21 oldalnyi terjedelemben.

A könyv utolsó, **6. fejezete** 52 oldalnyi terjedelemben egy igen lényeges kérdéssel, a kriogén hőmérsékleteken végzendő mechanikai vizsgálatok szabványosításának kérdésével foglalkozik. Nyilvánvaló ugyanis, hogy bármilyen vizsgálat eredményeinek megbízhatósága nem csupán az anyagi jellemzőktől függ, hanem abban megjelennek a vizsgálat körülményeit tükröző paraméterek hatásai is. Ebből kiindulva áttekinti a vizsgáló berendezés merevségének szerepét, a próbatestek alakjának és méreteinek hatását, az alacsony hőmérsékleteken lejátszódó felkeményedésnek lehetséges következményeit. Ezek együttes szerepét elemezve javasol vizsgálati technológiát az erős elektromágneses tér sajátosságainak figyelembevételével.

Összefoglalva, az orosz nyelven megjelent könyvet rendkívül hasznosan forgathatják mindazok, akik az anyagok szilárdságával, teherbírásával foglalkoznak a legkülönbözőbb viszonyok között. Tekintettel arra, hogy a szilárdsági vizsgál-

atok során a próbatestet körülvevő tér különböző jellemzői (hőmérséklet, mágneses tér, közeg korrozivitása, stb.) igen széles tartományban változtatható ugyanúgy, mint a terhelés körülményei (a terhelés típusa – kvázistatikus vagy ismétlődő -, sebessége és más paraméterei, stb.) valamint maga a próbatest alakja és mérete is, a kapott eredmények értelmezhetősége számos kérdést vethet fel. Lényegesen közelebb kerülhetünk a mérhető jellemzők értelmezésében, ha a valódi, a próbatestekben lejátszódó folyamatok, jelenségek bázisán, mechanizmusán indulunk el. Az ismertett könyv igen nagy segítséget nyújt e folyamatok megismeréséhez a kriogén hőmérsékleti tartományban, erős elektromágneses tér sajátosságainak figyelembevételével.

Érdeklődéssel várjuk az intézetet alapító G. Sz. Pisarenko születésének 100. születésnapjára folyamatosan és hamarosan megjelenő további köteteket, melyek ismertetésével ugyancsak találkozhat a Tisztelt Olvasó.

Tóth László
egyetemi tanár