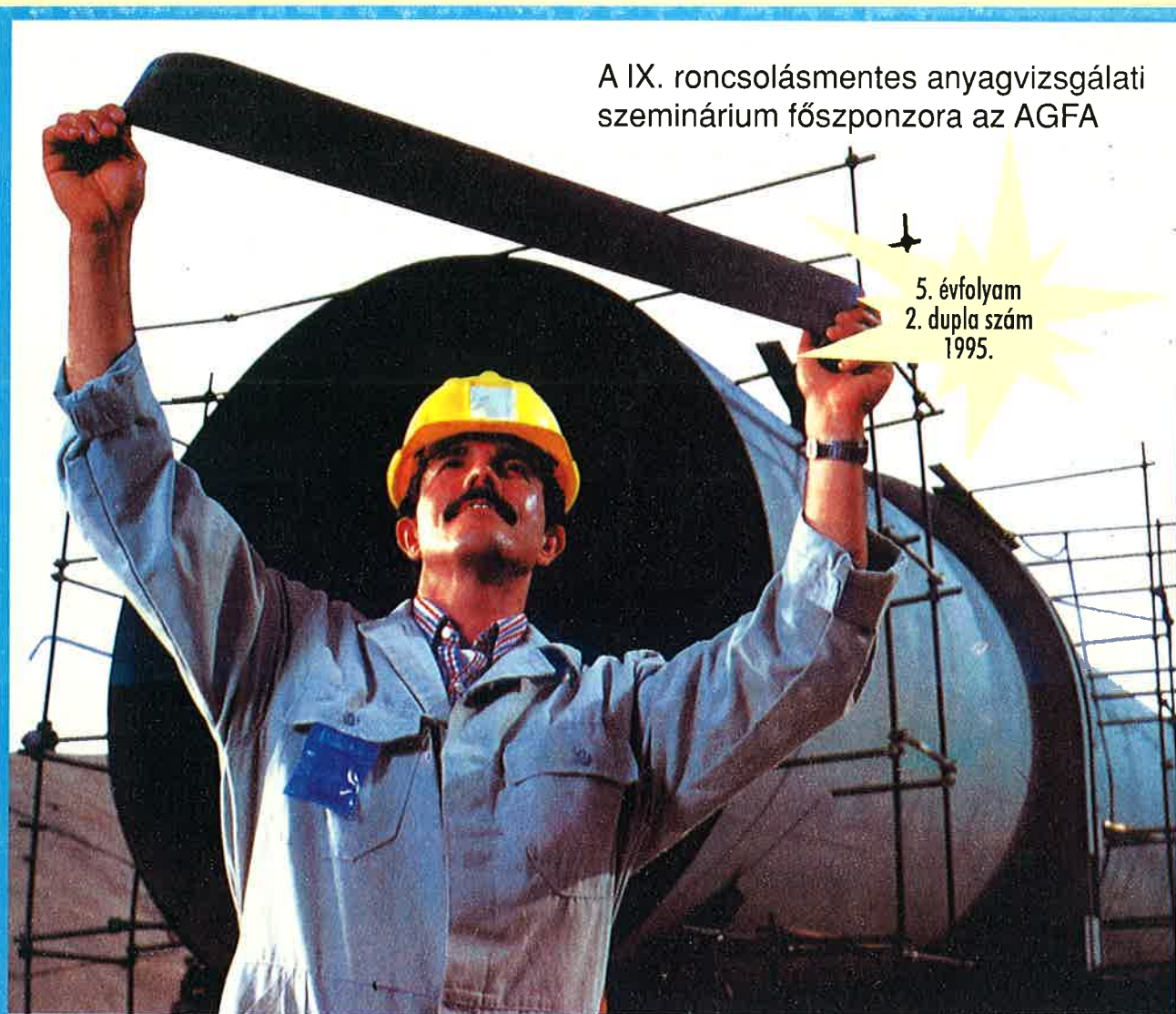


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

A IX. roncsolásmentes anyagvizsgálati szeminárium főszponzora az AGFA

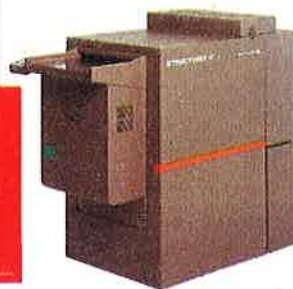
5. évfolyam
2. dupla szám
1995.



Az agfa NDT termékek hivatalos magyarországi forgalmazója:



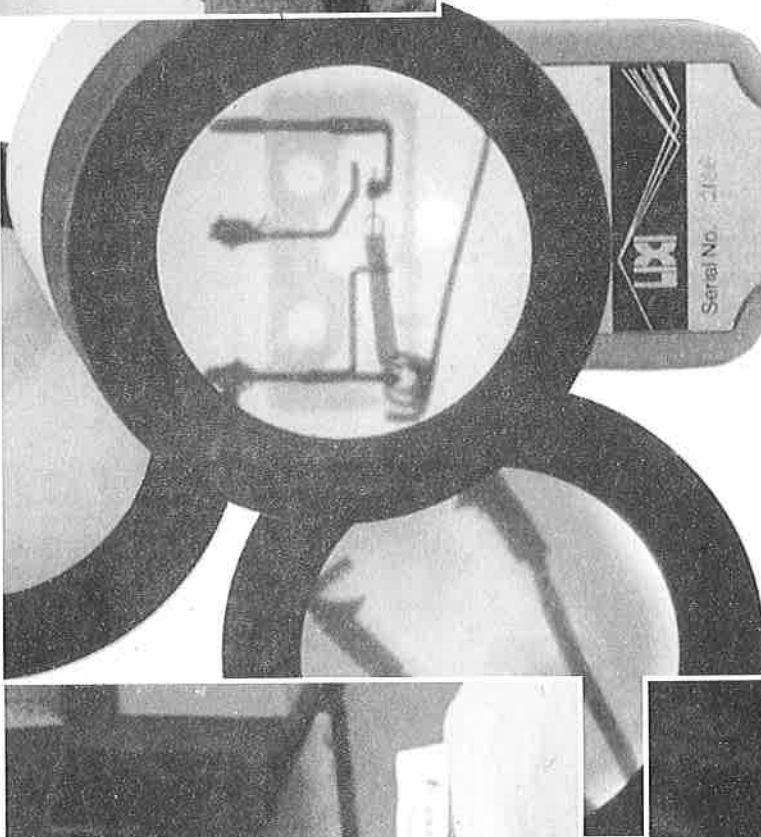
Postacím: 1462 Budapest, Pf. 552
Telefon/telefax: 217-1034
Iroda/Raktár: 1091 Budapest Üllői út 45.



A WORLDWIDE RESPONSE

AGFA 

LIXI SCOPE AMI „MINDENT” ÁTLÁT HORDOZHATÓ ORVOSI ÉS IPARI ÁTVILÁGÍTÓ KÉSZÜLÉK



A videomonitor valós idejű mozgóképet ad, mások is láthatják a fejleményeket. Másolat is készíthető dokumentálás vagy bemutatás céljából a LIXI-vel. Normál 35 mm-es kamera (makro lencsével) ugyancsak könnyen csatlakoztatható a LIXI Imaging Scope-hoz.



A készüléket az OSSKI bevizsgálta, és az OTH a 1821/94/GM számú MINŐSÉGI BIZONYÍTVÁNYT kiadta és a forgalmazását ezzel engedélyezte.
A berendezéssel bemutatató mérést az alábbi címen kérhet, ahol választ kap kérdéseire:
KE-TECH BT. 1091 Budapest, Üllői út 45.
Tel./Fax: 217-1034

Műszaki jellemzők:
Sugárforrás: I. 125 500 mCi (18,5 GBq)
Sugárforrás ISO osztálya: C 34334
Energiaellátás: 2 db 1,5 V-os baby elem
Képnyomó méret: 50 mm átmérőjű
Max. üzemeltetési idő: 10-szeres felezési idő (kb. 6-7 hónap)
Izotópcsere: IZINTA Kft. Budapest
Izotópot hasznosítja: IZINTA Kft. Budapest
Üzemeltetési követelmény: bővített sugárvédelmi tanfolyam
A készülék személygépkocsiban, utasszállító repülőgépen minden extra övintézkedés nélkül SZALLÍTHATÓ

**A BIZTONSÁGTECHNIKA ÉS A MINŐSÉGELLEŐRZÉS
NÉLKÜLÖZHETETLEN ESZKÖZE**



KE-TECH BT.
ANYAGVIZSGÁLAT
SZERVIZ ÉS
MARKETING

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó **TESTOR BT.** címén
Budapest XII., Törpe u. 8.
1538 Budapest, Pf. 528.

Telefon: 155-9886

Telefax: 155-2618

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc

dr. Havas István

Koczor Zoltán

Ruzicska György

dr. Pólos László

dr. Tóth László

Szerkesztő:

Nagy Éva

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szappanos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1995-re

(1-4 szám): 1.540,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál, ill. postai utalványon, vagy átutalással, az EKB 219-93569/102 65701 szja. számon. Az előfizető csekken a KÖZLEMÉNY rovatban kérjük írják be az előfizetésre vonatkozó időszakot.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén, Nagy Éva szerkesztőnél.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos

Szedés-tördelés: PC-Print Bt.

**Ha Ön az újságban megjelenő
cikkekről bővebben kíván
érdeklődni – akár
visszamenőleg is – kérjük a
hivatkozási kódszám jelölésével
szerkesztőségünket megkeresni.**

**FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében
fizessen elő!**

ISSN 1215-8410

Tisztelt Olvasó!

A Gépipari Tudományos Egyesület immáron kilencedik alkalommal rendezi meg a roncsolásmentes anyagvizsgálók szakmai találkozóját. A ma már hagyományos rendezvény kettős célt tűzött ki és valósított meg: összehívta egy szakmai-baráti találkozóra a szakmakultúra képviselőit, illetve fórumot biztosított a hazai és a külföldi szakembereknek legújabb eredményeik bemutatására, megmérettetésére.

A roncsolásmentes anyagvizsgáló eszközök fejlődésében új fejezetet nyitott, és öröndetes módon ma már széles körben elterjedt, a digitális technika, amely lehetővé teszi az eredmény rögzítését. Ezzel a vizsgáló eszközök oldaláról teljesül a dokumentált minőség, a dokumentált állapot követelménye.

A szakmai ismeretek megismerése és megvitatása mellett fontos az emberi tényező, amely szervezett kereteket kell hogy kapjon.

Az emberi tényező alakítása három lényeges kérdés köré fonódik. Szükség van a megfelelő képzésre és tanúsításra. Ebben a hazai roncsolásmentes anyagvizsgáló társadalom nemzetközi mércével mérve is élen járt és jár. A hazai oktatás színvonala jó. Az MSZ EN 473 szabvány bevezetése különösebb nehézségek nélkül megtörtént. Ebben az Egyesület Anyagvizsgáló Központi Szakosztályának elévülhetetlen érdemei vannak.

Az anyagvizsgálat „társas” tevékenység. Az egyén szakmai ismereteit egyénileg tetszés szerinti szintre növelheti. Az alkalmazáshoz azonban közösségre van szükség. Nemzeti ügy kell hogy legyen az anyagvizsgáló iskolák, műhelyek megóvása és szaporítása. Megfelelően felkészült anyagvizsgáló laboratóriumok hiányában a társadalom kiszolgáltatottja lesz a kétes minőségű termékeknek, illetve jelentős veszélyt jelent rá a megbízhatatlan állapotú szerkezetek üzemeltetése.

Az anyagvizsgálat „társas” tevékenység, ezért szükség van a magatartásformák kialakítására, az etikai normák felállítására és elvárására. Az etikai normákat meg kell követelni a szakmán belül és a vizsgálatot igénybe vevők számára nyújtott szolgáltatás során egyaránt.

Az anyagvizsgálók nevében köszönöm az „ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA”-nak, hogy felvállalta a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szeminárium előadásainak közreadását. Kívánom, hogy a szeminárium méltóan járuljon hozzá a hazai anyagvizsgálók hírnevének öregbítéséhez.

Dr. Rittinger János
a Gépipari Tudományos Egyesület
elnöke

RmV-HELYZETKÉP – NDT-REVIEW – ZfP-RUNDSCHAU

Dr. Karsai István, Fücsök Ferenc:

Fejlesztési irányok a roncsolásmentes vizsgálatok területén a 6. ECNDT tükrében – Advance tendencies of NDT by 6th ECNDT –

– Entwicklungstendenzen der ZfP nach 6. ECNDT 43

Dr. Rittinger János:

A roncsolásmentes anyagvizsgálat fejlesztése az állapotellenőrzés számára – Development of NDT to the condition control – Entwicklung der

ZfP für Zustandskontrolle 49

Ultrahangvizsgálat – Ultrasonic testing – Ultraschallprüfungen

Farkas Béla:

A gépi ultrahangos időszakos vizsgálatok előírásrendszere – Requirement system of the mechanized periodic ultrasonic testing – Anforderungssystem der

mechanisierte periodische Ultraschallprüfungen 51

Szabó Dénes, Palásti József:

A TriAs vizsgáloberendezés fejlesztése és felépítése – Development and structure of the TriAs test system – Entwicklung und Struktur der TriAs Prüfungssystem 53

Dr. Pinczés János, Palásti József:

A TriAs vizsgálatok első tapasztalatai – First experience of TriAs testing – Erste Erfahrungen der TriAs Prüfungen 55

Fücsök Ferenc, Palásti József:

A TriAs rendszer megbízhatóságának elemzése – Reliability of TriAs system – Zuverlässigkeitsanalyse des TriAs System 57

Dr. Pinczés János:

Reaktortartály-vizsgálatok eredményeinek értékelése – Evaluation of test results of the container – Auswertung der Prüfergebnisse von Kontainer 59

Tarnai György:

Csomómodell megvalósítása az ultrahangos vizsgálat fejlesztéséhez – Nozzle mock up to development of ultrasonic testing – Stumpfmodell für Entwicklung der

Ultraschallprüfung 61

Gubicza Péter, Bagi István, Dr. Váradi Károly:

Beépített turbinalapát ultrahangos vizsgálati technológiájának kidolgozása – Ultrasonic test method to mounted turbine blend – Ultraschallprüfmethode für eingebaute

Turbinschaufeln 65

Örvényáramú vizsgálat – Eddy current test – Wirbelstromverfahren

Gyura László:

Felületi rétegvastagság mérése örvényáramos módszerrel – Coating thickness measuring by means of eddy current method – Schichtdicktemessung mit

Wirbelstromverfahren 68

Papp Tibor:

Fogaskerekek cementált kéregvastagságának mérése örvényáramos módszerrel – Case-hardened thickness measuring on the cog-wheels by means of eddy current

method – Messung der Einsatzhärtetiefe im Zahnrads mit Wirbelstromverfahren 70

Spokál István, Klausz Gábor:

Örvényáramú csővizsgálatok – Tube testing by means of eddy current method – Rohrprüfungen mit Wirbelstromverfahren 71

Buglyó Imre:

A zavaró jelek kiszűrése a hőcserélő csövek örvényáramos vizsgálatának értékelése során – Filtering of disturbing signals during the test of heat exchanger tubes by

means of eddy current method – Störungssignalfilterung während Prüfungen der Wärmeaustauschröhren mit Wirbelstromverfahren 74

Cspregi István, Kulcsár Tibor:

Belső menetes felületek örvényáramú hibakereső vizsgálata – Investigation of thread bore by means of eddy current method – Prüfungen der Gewindebohrloch mit

Wirbelstromverfahren 77

Harnisch József:

Egy új műszeres lehetőség a repedés méretének és terjedésének mérésére – New instrument to measuring of the crack size and propagation – Neu Instrument für

Messung der Risslänge und Rissausbildung 78

A Magyar Tartálytechnikai Szövetség hírei – News of the Hungarian Tank-Union – Nachrichten des Ungarische**Behälterbund** 79**Csővezeték, tárolótartály – Pipe-line, tank – Rohrleitung, Behälter**

Dr. Nagy Gyula, Dr. Török Imre, Dr. Lukács János:

Roncsolásmentes vizsgálatok szerepe a föld alatti csővezeték állapotmegítélésében – Role of NDT in the condition measuring of the underground pipe-lines – Rolle

der ZfP im Zustandsmessung von unterirdische Rohrleitungen 80

Lehoczy György:

Tárolótartályok komplex állapotellenőrzése – Complex condition control of the storage tanks – Komplex Zustandskontrolle der Lageranlage 81

Dr. Bacskai Antal, Csizinszky László:

Álló hengeres tartályok fenéklemezének állapotellenőrzése – Condition control of bottom plate of the upright cylindrical storage tanks – Zustandskontrolle der

Bodenplatte von der zylindrische ortfeste Tanks 83

Számítástechnika – Computertechnics – Computertechnik

Lautner Nándor, Kulcsár Tibor, Tóth Ferenc, Pawel Kamasa, Szabó Tibor:

Számítógépes bővítkártyára alapozott örvényáramú mérőrendszer – Eddy current measuring system based on a computer enlage card – Wirbelstromsystem gründet

auf eine Computererweiterungskarte 87

Dr. Zolnay Gábor, Tábor József:

Az akusztikus emissziós vizsgálat kiértékelési problémái – Evaluation problem of the acoustic emission testing – Auswertungsproblemen der Schallemissionsprüfung 88

Anyagvizsgálat-történet – History of material testing – Geschichte der Materialprüfung

Dr. Lehofer Kornél:

A röntgensugárzás százéves – X-ray, 100 years – Die hundertjährig Röntgenstrahlung 89

Egyéb RmV – Other NDT – Sonstige ZfP

Szélig Károly:

Akusztikus emisszió az állapotvizsgálatban – Condition monitoring by means of acoustic emission – Zustandskontrolle mit Schallemission 90

Dr. Rittinger János:

Építmények hegesztett kötéseinek roncsolásmentes vizsgálati eredményeivel szemben támasztott követelmények – NDT-requirements of welded joint of the steel

structures – ZfP-Anforderungen der Schweissverbindungen von Stahlstrukturen 92

Dr. Berke Péter, Dr. Michelberger Pál:

Hozzászólás dr. Tóth László: Szerkezetek integritása – Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága című cikkéhez (Anyagvizsgálók Lapja, 1995/1.p.8.) –

Remarks about L. Tóth: Integrity of structures – Reliability of the NDT (AL 1995/1.p.8.) – Diskussionsbeitrag über L. Tóth: Strukturintegrität – Zuverlässigkeit

der ZfP (AL 1995/1.p.8.) 94

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG

Dr. Róth András:

Áttörés a minőségbiztosításban – Break-through in quality assurance – Durchbruch im Qualitätssicherung 95

Kondor István:

Kerekasztal-megbeszélés a minőségköltségről – Round table discussion about the quality cost – Rundtisch-Diskussion über dem Qualitätskosten 96

HIVATÁSETIKA – VOCATION ETHICS – BERUFSETHIK

..... 97

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER

..... 98

TARTALOM '94 – CONTENTS '94 – INHALT '94

..... 99

Fejlődési irányok a roncsolásmentes vizsgálatok területén a 6. ECNDT tükrében

Dr. Karsai István* – Fücsök Ferenc**

Előzmények

A roncsolásmentes anyagvizsgálat növekvő jelentőségét mutatja, hogy már a hatodik európai konferenciáját rendezték meg Nizzában 1994. október 24–28. között.

A konferencia, több mint 1100 résztvevővel, túlnőtt minden várakozást. A nagy érdeklődés egyik mozgatója minden bizonnyal az volt, hogy az előző rendezvény 1992-ben elmaradt. A magyarázatot nem az érdeklődés hiánya, hanem a tervezett helyszín adja: Szarajevó.

A történelem által törölt konferencia után nagy lendülettel kezdett szervezni a Cofrend (Francia Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Szövetsége). Az európai rendezvények eddig minden alkalommal az ECNDT (European Council for Non – Destructive Testing) felügyelete alatt álltak, így most is nagy segítséget adtak a szervezéshez a nemzeti szövetségek. Magyarországon a GTE Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Szakbizottsága és az Anyagvizsgálók Lapja segítette az információáramlást. Ennek is köszönhető, hogy hét magyar anyagvizsgáló-növelhette a résztvevők számát, megelőzve ezzel nagyobb, iparilag fejlettebb országokat. Az 1. táblázat a hivatalos résztvevői lista alapján készült.

Ország	Fő	Ország	Fő
Algéria	5	Magyarország	7
Argentína	1	Marocco	2
Ausztrália	1	Mexikó	2
Ausztria	8	Németország	95
Belgium	39	Norvégia	10
Belorusszia	4	Olaszország	27
Bulgária	1	Oroszország	32
Canada	9	Pakisztán	1
Cseh Köztársaság	2	Portugália	3
Dánia	21	Románia	5
Dél-Afrika	3	Senegal	1
Egyesült Királyság	42	Spanyolország	9
Finnország	7	Svájc	7
Franciaország	616	Svédország	41
Görögország	3	Szerbia	1
Hollandia	32	Szlovákia	2
India	5	Szlovénia	2
Izrael	8	Taiwan	1
Japán	20	Tunézia	2
Kína	6	Ukrajna	3
Lengyelország	5	USA	23
Luxemburg	1		

1. táblázat. Résztvevők száma országonként

A konferenciáról

Az egész konferencia ideje alatt érezhető volt, hogy hatalmas apparátus igen jól szervezettel dolgozik a háttérben. Ez a szervezethez már a nyitó ünnepségen is megmutatkozott, ahol

* Magyar Mémókaakadémia

** Erőkar Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium

a szokásos beszédeken kívül még két díj is kiosztásra került:

A Reconnaissances ECNDT díjat – nevének megfelelően – nem csak a tudományos és technikai munka, hanem az európai nemzetek konstruktív kapcsolatai fejlesztésének elismerésére adományozzák.

A díjazottak:

Dr. J. M. Farley, a British Institut of NDT past President-je

H. Wüstenberg professzor, a berlini BAM igazgatója

W. Husarek, francia bányamérnök

R. Saglió, a 6. ECNDT Scientific Committee elnöke

A CND Innovation díjjal támogatják a roncsolásmentes vizsgálatok területén végzett kutatásokat. Nizzában a következőket díjazták:

Arany fokozat: S. Moysan, IVT, Franciaország
Ezüst fokozat: E. Winschuh, Siemens, Németország

Bronz fokozat: M. Descombes, CAST – INSA Franciaország

Jelképes és igen szemléletes, hogy a díjhoz tartozó trófea az üvegszerűen átlátszó hegyikristályból készült, ezzel is jelképezve a roncsolásmentes vizsgálatok lehetőségeit és teljesítőképességét.

Ebben a kategóriában Mention Spéciale (elismerő oklevél) kitüntetést kapott Xavier Gros angliai kutató a roncsolásmentes vizsgálatok területén alkalmazott adatfúziós munkájáért, és akit ebben az újságban is idézünk.

Mint az 1. táblázatból is látszik, a konferencia, annak ellenére, hogy európai rendezvény volt, túlnőtt Európa határain és globális dimenziót kapott. Nem csak az iparilag fejlett Japán és USA képviseltette magát, hanem Dél-Afrika és Senegal is. Emlékeztet marad számunkra az első ebéd, amikor az asztaltársaság együtt derült az egyetlen ausztráliai küldött angol kiejtésén.

Pontosan számolva 1147 küldött volt jelen a világ 43 országából és előadott, illetve meghallgatott 312 előadást. Ilyen nagyszámú előadást csak egymással párhuzamosan futó 2 plenáris 3 speciális és 3–5 poszter szekcióban lehet lebonyolítani. Ennek pedig az a következménye, hogy a szegény résztvevők állandóan azt hiszik, valami fontosról lemaradnak.

A konferencia fő témái voltak:

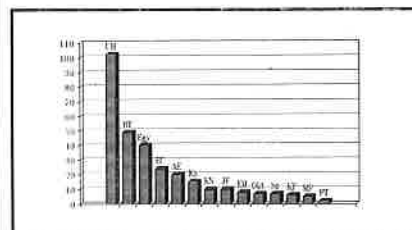
- az atomerőművek vizsgálata és biztonsága,
- vizsgálatok a repülő- és űrparban,
- a neutronradiográfia használata,
- szakemberek képzése és minősítése,
- környezeti hatások.

Speciális témacsoportokban rendeztek előadásokat, így:

- akusztikus emisszió,
- ultrahangos vizsgálatok modellezése és ipari alkalmazásai,
- kompozitok roncsolásmentes vizsgálatai,
- örvényáramos vizsgálat,
- adatfeldolgozás,

- különleges technikák,
- szabványosítás.

A témák pontos felosztását a 1. ábra mutatja be. Elgondolkodtató, hogy az ultrahangos vizsgálat az előadások 1/3-ának volt témája, és a sorban második radiográfia számban a felét sem érte el. Ez a tendencia több mint egy évtizede jellemző, és most sem volt benne változás. A megbízhatóság növelésére alkalmazott komplex módszerekkel foglalkozó cikkek száma is jelentős. Érdekes még, hogy a számítástechnikából ismert jelfeldolgozás és képfeldolgozás önálló „módszerként” tűnik fel.



1. ábra. Az előadások módszerek szerinti megoszlása

UH – Ultrahangos vizsgálatok; RT – Radiológiai vizsgálatok; Egy – Egyéb, iparilag nem elterjedt módszerek; EC – Örvényáramos vizsgálat; AE – Akusztikus emisszió; Ko – Komplex vizsgálati módszerek; KN – Komplex módszerek a nukleáris iparban; JF – Jelfeldolgozás; EM – Elektromágneses módszerek; Okt – Okítás, minősítés; Sz – Szabványosítás; KP – Képfeldolgozás; MP – Mágneses repedésvizsgálat; PT – Penetrációs vizsgálat

A kongresszus jól tükrözte az iparban megfigyelhető fő trendeket és a jövő fejlődési irányait:

- a mikroszámítógépek és bonyolult technológiák növekvő felhasználása a vizsgálat és értékelő rendszerekben,
- számítógépes fejlődés a vizsgálatberendezések ergonomiájában,
- növekvő aktivitás a modellezésben és simulációban,
- fejlődés az adatfeldolgozásban és elemzésben,
- a sokoldalú berendezések új választékának megjelenése, melyek képesek azt a technológiát alkalmazni, amelyik illeszkedik az igényekhez,
- új technikák feltűnése, amelyek haladást hoznak a mikrotechnológiában, például az EMAT-ok és a Barkhausen-effektuson alapuló készülékek.

Több országból jelentkeztek szerzők a roncsolásmentes vizsgálatot végző dolgozók képzéséről, és az ezt végző minősítő rendszerről szóló cikkekkel. Sőt, egy szerző a roncsolásmentes anyagvizsgáló mérnök képzésének szükségességét is felvetette. A vizsgálószemélyzet képesítése nagyon érdekes kérdés, mivel az EN 473 szabvány a legtöbb európai országban már hatályba lépett.

Növekvő érdeklődés volt a környezetbarát roncsolásmentes vizsgálati technológiák iránt.

Ez főképp a röntgenvizsgálatoknál, a mágneses repedésvizsgálatoknál és a penetrációs vizsgálatoknál volt tapasztalható.

A kongresszus mellett természetesen kiállítás is rendeztek a résztvevőknek. Ezen 11 országból 135 vizsgálóberendezéseket gyártó cég állított ki több mint 2000 m²-en. Nem lehet célunk kiemelni ekkora tömegből néhány céget, ezért csak a személyes benyomásokat mondhatjuk el.

Ha valaki úgy sétált végig a standok között, hogy nem tudta, roncsolásmentes vizsgálatról van szó, azt hihette, számítógépes kiállításon van. Szinte nem volt olyan kiállító, ahol nem működött kisebb-nagyobb számítógéppel összekötött berendezés. A kivételek is félrevezető, mert sok vizsgálógépbe van beépítve komputer. Volt olyan kiállító, ahol az 5–10 évvel ezelőtti szokásos méretű ultrahangos vizsgálógépbe a teljes kiértékelő szoftveren kívül még a három koordinátán mozgó mechanizmus vezérlését és helyérzékelését is beleszúfolták. Persze a hozzátartozó ár mutatja a gépegység sokoldalúságát. Még a vizuális vizsgálatokhoz tartozó endoszkópos cégek is használnak nagy sebességű számítógépeket a képfeldolgozás pontosabbá és gyorsabbá tételéhez. A mai viszonyokhoz képest is nagy teljesítményű gépek a publikációk nyilvántartását és gyors visszakeresését segítették. A 30-as évekig visszamenőleg tudtak cikkeket előkeresni.

A konferencia idején többször ülésezett az ICNDT és az ECNDT, a roncsolásmentes anyagvizsgálók nemzetközi szervezetei. Többek között eldöntötték, hogy a 7. ECNDT 1998. május 26–27-én lesz Koppenhágában.

Ugyancsak megbeszélést tartott az INSIGHT nevű roncsolásmentes anyagvizsgáló szakmai lap szerkesztősége, amely bővítette a munkatársak körét. Az évente négy európai szám színvonalának emelésére létrehozták az „European Advisory Panel”-t, ahová Fücsök Ferencet a magyar szakemberek képviselőjeként meghívták.

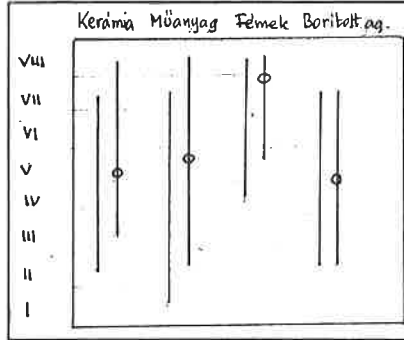
A konferencia szakmai munkája

A gyorsan változó világunkban kibontakozott „új technikai forradalom” nyomán új anyagok és technológiák jelentek meg az iparban.

A különleges tulajdonságú, nagy szilárdságú acélok és fémtövezetek szerkezeti anyagként való felhasználása ma már számos iparágban megszokottá vált. Ugyancsak megnőtt és folyamatosan növekszik a szerepük a különböző nemfém és összetett (kompozit) anyagokban is.

A karlsruhei Fraunhofer Technológiai és Innovációs Kutatóintézet egy 1994-ben megjelent tanulmányában [1] a fejlesztés alatt álló különböző nagy teljesítményű anyagok jelenlegi (1993-as) és jövőbeni (2000-es) státuszát vizsgálta. A prognózisuk alapján mutatjuk be a 2. ábrát, amelyben az intézet által vizsgált 11 féle anyagból négyet emeltünk ki; ezek a kerámiák, műanyagok, fémtövezetek és a felületi bevontos, borított anyagok.

Az ábrában az egyes anyagok alatti vonal-párokból a baloldali vonal az 1993-as évre vonatkozik, a jobboldali a 2000. évre előre jelzett státuszt jelenti. A vonalra rajzolt kör a legvaló-



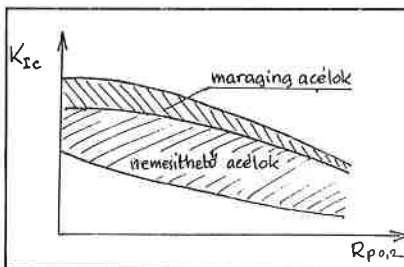
2. ábra. Fejlesztések állása

színűbb állapotot jelzi. A függőleges tengely a kutatás-fejlesztési szinteket mutatja a következők szerint:

- I. a kutatás kezdete
- II. előrehaladott kutatás
- III. első prototípus bemutatása
- IV. gazdasági technológiai transzfer problémák feltárása
- V. visszacsatolások
- VI. új alkalmazási területek feltárása
- VII. kereskedelmi bevezetés
- VIII. folyamatos piaci értékesítés

Az ábrából látható, hogy a fémtövezetek esetében a kutatás – fejlesztési folyamat súlypontja a 21. század küszöbén már a folyamatos piaci értékesítésre helyeződik, más szóval általános elterjedésük lesz a jellemző. Ezen anyagok aktuális, a felhasználás szempontjából mértékadó tulajdonságai a maiakhoz képest várhatóan többszörösen jobbakká lesznek.

Az iparban ma is rendelkezésre állnak már nagy teljesítményű anyagok, amelyek terhelhetősége lényegesen meghaladja a szokványos szerkezeti anyagokét; egyes acéltípusok folyáshatára eléri a 1000 N/mm² értéket is. Ugyanakkor a repedésérzékenységük is nagyobb és kedvezőtlenebb a törési szívósságuk is. A 3. ábra a törési szívósságra jellemző mérőszám, a K_{IC} változását mutatja a folyáshatár $R_{p0.2}$ függvényében a nemesíthető és a kiválasztott keményedő (maraging) acélok esetében. Az ábrából jól látható, hogy a folyáshatár növekedés ezeknél az acéloknál a szívósság csökkenésével jár együtt.



3. ábra. Törési szívósság változása a folyáshatár függvényében nagy szilárdságú acéloknál.

A szerkezetek stabilitását a hibamentességük biztosítja. A mechanikailag terheltebb szerkezet legveszélyesebb hibája a repedés, amely az igénybevételtől függően törést okozhat. Ezért szükséges a kisebb törési szívóssággal rendelkező anyagokból készült szerkezetek hibamentességének nagyon gondos ellenőrzése, mert

bármilyen hiba potenciális repedéskezelési hely.

Mindezek tükrében természetes az anyagvizsgálati, és ezen belül hangsúlyos a roncsolásmentes defektoszkópiai módszerek megnövekedett szerepe a gyártási folyamatokban és később a használat során is.

Ez az igény egyrészt új vizsgálati filozófiában testesül meg a minőségbiztosítási rendszerek keretében, másrészt a vizsgálati módszerek fejlesztésének szükségességét inspirálta. Az új vizsgálati filozófiának megfelelően a defektoszkópiai módszerek már a tervezés stádiumában is „jelen vannak”, amennyiben a konstruktőrnek a tervezett roncsolásmentes vizsgálati módszerrel való vizsgálhatóságot biztosító „vizsgálatbarát” konstrukciót kell kialakítania.

A vizsgálatok a gyártási folyamat teljes egészére kiterjednek, vagyis kritikus szerkezetek esetében a kiinduló, ellenőrzött hibamentes anyagokat minden olyan technológiai beavatkozás után, amely anyagszerkezeti változással jár (pl. alakítási műveletek, hőkezelés, hegesztés) roncsolásmentes vizsgálatot ellenőriznek – ez a vizsgálatnak a gyártás során való illeszkedését kívánja meg –, és lehetőleg azonnali kiértékelést végeznek.

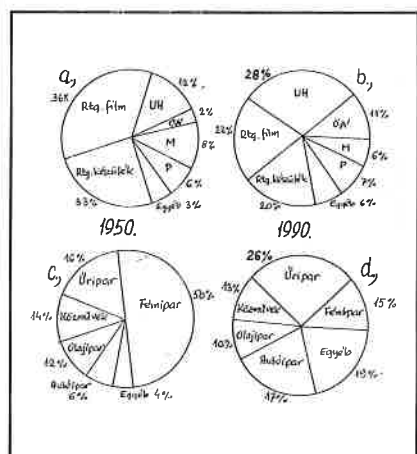
Végül, de nem utolsósorban, a roncsolásmentes módszerek olyan komplex vizsgálati rendszerekbe épülnek be, amelyek a kész, már működő szerkezetek vizsgálatával képet adnak a szerkezet aktuális állapotáról.

Mindezek a gondolatok jól érzékelhetően jelentek meg a 6. ECNDT-n.

Az előzőekből világos a roncsolásmentes vizsgálatnak mind mennyiségileg, mint minőségileg növekvő szerepe a gyártás és a felhasználás területén egyaránt.

A vizsgálóberendezések mennyiségének növekedése az Egyesült Államokban az 1992–1998 időszakban az előrejelzések szerint [2], évente mintegy 5%-osra becsülhető; ezen belül a radiográfiai eszközök mennyiségének az átlagosnál kissé lassúbb, a repedésvizsgálatra alkalmas eljárások eszközei mennyiségének gyorsabb növekedése várható.

Ezzel együtt a vizsgálati eljárások bizonyos átstrukturálódása következik be, mint ahogyan az 1. ábrán bemutatott, a 6. ECNDT keretében



4. ábra. Rm-technológiák világpiaci részesedése eljárások szerint a) az 1950-es és b) az 1990-es években, valamint felhasználói szektorok szerint c) az 1950-es és d) az 1990-es években.

publikált anyagok eljárások szerinti megoszlásából is látható.

Hasonló gondolatokat tett közzé C. D. Wells egy 1994-ben megjelent tanulmányában [3]. Ennek nyomán mutatjuk be a 4/a ábrán a roncsolásmentes eljárások világpiaci megoszlását az 1950-es években, míg a 4/b ábra ugyanezt tartalmazza, de az 1990-es évekre vonatkozóan.

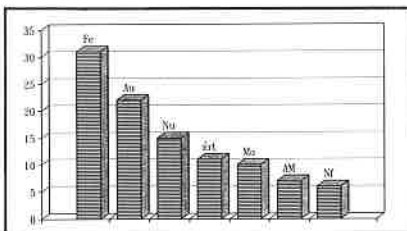
Fontos és tanulságos információt jelent a felhasználók szerinti változás vizsgálata is. A 4/c ábrán a roncsolásmentes vizsgálatok felhasználói szektorok szerinti megoszlása látható az 50-es években, a 4/d ábrán pedig az 1990-es évekre jellemző struktúrát mutatja be.

A tendencia egyértelmű mind a vizsgálati eljárások alkalmazási arányainak átstrukturálásában, mind a felhasználási szektorok részesedésének változásában.

Nehéz, vagy talán lehetetlen is átfogó képet adni arról a 312 előadásról, ami elhangzott a négy nap alatt. A meglátogatott előadások, a poszterek előtt lezajlott konzultációkból és a kiadvány áttanulmányozásából kialakult egy szubjektív kép. Ennek alapján válogattunk, vállalva a szubjektivitás kockázatát.

Ultraszhangos vizsgálatok

Mint az 1. ábrán látható, ebből a témából volt a legtöbb cikk. Talán ezért is érdemes a 114 db előadás témáit tovább bontani. A 5. ábrán látható csoportosítás is tartalmaz szubjektív megítélést. A fejlesztések, újszerű alkalmazások csoportjába sorolt előadásokból például többet más esetleg nem ide sorolt volna. Vagy a nukleáris ipari alkalmazásáról szóló cikkeket döntő többsége automatizálásról is szól.



5. ábra. Az ultraszhangos cikkek téma szerinti felosztása

FE – Fejlesztések; Au – Automatizálás; Nu – Nukleárisipari alkalmazások; Ért – Értékelési problémák; Mo – Modelllezés számítógéppel; AM – Akusztikus mikroszkóp; Nf – Nagyfrekvenciás ultrahang alkalmazása

A fejlesztések, újszerű alkalmazások példaként bemutatjuk azokat a cikkeket, amelyek a változtatható szögű, ferde besugárzású vizsgálófejekkel foglalkoznak.

A változtatható besugárzási szög már régi ötlet. Több évtizedes megvalósításai is léteznek, melyek hengeres plexire ragasztott rezgőből és a forgatható hengerhez csatlakoztatott plexi ékből álltak. Számottevő előnye ellenére a mozgó elemekből álló vizsgálófej a gyakorlatban nem tudott elterjedni.

A régi ötlet akkor kezdett újjáéledni, amikor sikerült a hangszög lengetését elektronikus vezérelni. Ezt a több darabból álló, polikristályos rezgőkkel lehet megvalósítani. A Skóciában több mint tíz éve megvalósított fejjel már üzemi tapasztalatok is rendelkezésre állnak [4].

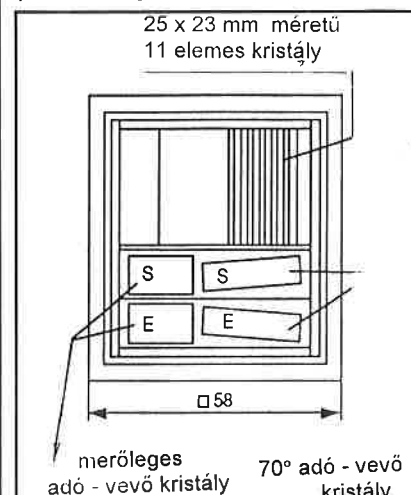
A VAP (Variable Angle Ultrasonic Probe = változtatható szögű ultraszhangos vizsgálófej) 30°–72° közötti tartományban 8 lépésben tudja változtatni a besugárzási szögét. Nincs benne mozgó alkatrész, a több elemből álló rezgő részeknek különböző mértékű gerjesztését elektronikus vezérléssel valósítják meg. Egyszerű átkapcsoló változtatja a szöget, úgy, hogy a hangszög kilépési pontja mindig ugyanott marad. A fej méretei, megbízhatósága, transzverzális hullámformája mind a régi, egyszögű vizsgálófejre emlékeztetnek. Még az is, hogy az általánosan használt ultraszhangos készülékekhez csatlakoztatható.

Kétféle üzemmódban használják: folyamatos gyűjtés ugyanabban az előre megválasztott szögben, vagy 8 törési szögű sorozat gyors egymás után.

Előnye között első helyre kerül, hogy kézi vizsgálathoz hozzátételezve a felére csökkenti a vizsgálati időt, azzal, hogy mindig ugyanazt a fejet használja. Bonyolult vizsgálati darabok esetén előfordul, hogy olyan helyeket is vizsgálhatunk, ahová egyébként nem tudnánk besugározni. Ilyen feladatok esetén hasznos támogatást ad egy számítógép, amelyik optimalizálja a törési szög választását a fejpozíció függvényében.

Távvezérelt, automatikus rendszerekben a VAP-fejek csökkentik a mozgatható tömeget, az úgynevezett hasznos terhet. Ezáltal a mozgató mechanizmus is egyszerűbb, könnyebb és pontosabb lesz. Egy fej csatlakozását mindig jobban meg lehet oldani, mint egy fejcsoporthat, ezzel a megbízhatóságot és a precizitást sikerül növelni. Ilyen alkalmazások esetén általában egy többszörös rendszerhez kapcsolják, mert a gép szempontjából mindegyik törési szög úgy tűnik, mintha különálló fej lenne. A nukleáris reaktorokban és tengeri fúrótoronyokon végzett vizsgálatok tapasztalatai szerint az egyszerűbb manipulátor minimális felkészülési idő után gyorsabb vizsgálatot tesz lehetővé, mert sokkal kevesebb pásztázó mozgás kell. A tapasztalatok igazolták azt a feltevést, hogy a fejek impulzus visszhang módszerrel, és kellő vezérléssel tandem módszerrel is működnek.

Németországban az említett előnyöket úgy használják ki, hogy hibrid fejeket építenek, amelyekbe merőleges és 70°-os adó – vevő [5] kris-

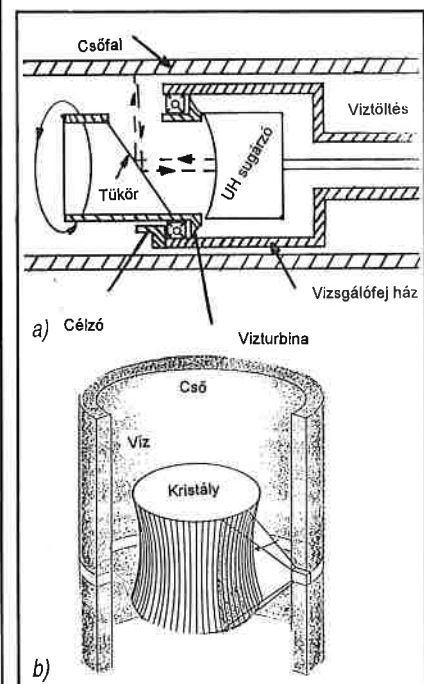


6. ábra. Hibrid vizsgálófej kristályelrendezése

tályokat és egy változtatható szögű kristályt is beépítettek.

A 6. ábrán bemutatott elrendezés 58x58x44 mm-es házban elfér. A rezgő 40° és 75° közötti 1°-os lépésekkel tudja a besugárzott transzverzális hangnyaláb törési szögét változtatni. Ezzel a fejjel vizsgálhatóak az olyan varratok is, amelyek mellett nincs elég hely a normális fejből álló fejcsoporthoz mozgathatóságához. Ezen kívül a platírozásban lévő hibák és az elválások vizsgálata is alkalmas a beépített állandó szögű adó-vevő kristályok segítségével. A fent ismertetett előnyök itt is igazak, csak ezt a vizsgálófejet már természetesen nem lehet egy hagyományos készülékhez kapcsolni. A vizsgálófej alkalmazásának előnye csak egy megfelelő értékkel szoftver segítségével mutatkozik meg.

Az alkalmazási példák közé kívánczik a kis átmérőjű csövek belső ultraszhangos vizsgálatára fejlesztett két hasonló módszer. Az egyik alapelve a 7. a. ábrán figyelhető meg, ahol a fókuszált ultrahangot előállító rezgőről a hangot egy forgó tükrrel vetítik a csőfalra. A csatlakozást és forgatást vízzel biztosítják. Egyszerűbb kialakítást tesz lehetővé a 7. b. ábrán látható rezgő kialakítás, mert nem kell forgó alkatrész. A jelek értékeléséről nem szól az információ.



7. ábra. Kis átmérőjű csőfal vizsgálata

a) forgó fejjel
b) különleges hangszárgárral

Még egy példa a fejlesztésekre: a francia kutatók olyan vizsgálófejeket hoztak létre, melyeknek nincs közeltér és meghatározott fókusz távolsága. A vizsgálófej hangterében nem egyenmő a hangnyomás és az érzékenység. A fejlesztés célja az volt, hogy a különböző hibák fajtájának meghatározásánál növeljék a módszer megbízhatóságát. Kifejlesztették a csak síkhullámú PWO, (Plane Wave Only), és a csak élhullámú EWO fejeket (Edge Wave Only). A PWO-fejek jobbak a hiba hely- és típus-meghatározásában mint a konvencionális fejek. Az EWO-vizsgálófejeknek nagyon hosszú, egyen-

letes fókuszirtományja van a régiekhez képest, de az érzékenysége gyengébb.

Az automatizálás egyik legfontosabb eleme a mozgó mechanizmus. A mechanizmusok, vagy egyes esetekben már robotoknak nevezett szerkezetek széles választéka volt az előadások témája és a kiállítások büszkesége. Természetesen a vezérlésük számítógépekkel történik, és gyártói szerint $\pm 0,1$ mm a helymeghatározásuk pontossága. Mivel mindegyik berendezés egy bizonyos célra készült, igazságtalan lenne bármelyik kiemelése.

A Panametrics robotját azért ismertetjük mégis, mert a robotok legjelentősebb tulajdonságát, a taníthatóságot hozzá az ultrahangos vizsgáló automaták tulajdonságai közé. A fejmozgó mechanizmus görbe felületek pásztázását tudja megoldani úgy, hogy öt szabadságfokú mozgásra képes. Ha átsugárzások módszerrel akarunk görbe felületeket vizsgálni, akkor két fejet kell egymással szemben pontosan mozgatni. Ezt is képes a rendszer megvalósítani, mert ekkor 10 szabadságfokú mozgást vezérel. A mozgás pontossága $\pm 0,2$ mm, a forgatás $\pm 0,5^\circ$.

A tanítására két út lehetséges: ha a felületet számítógépes módszerrel tervezték, a megfelelő file-formában a vezérléshez szükséges adatok átvihetők. Direkt tanításnál a felületen kell végigvezetni különféle pásztázási tervek szerint. Az így megtanult mozgásokat tetszőleges irányokban reprodukálja a sorozatvizsgálatok közben.

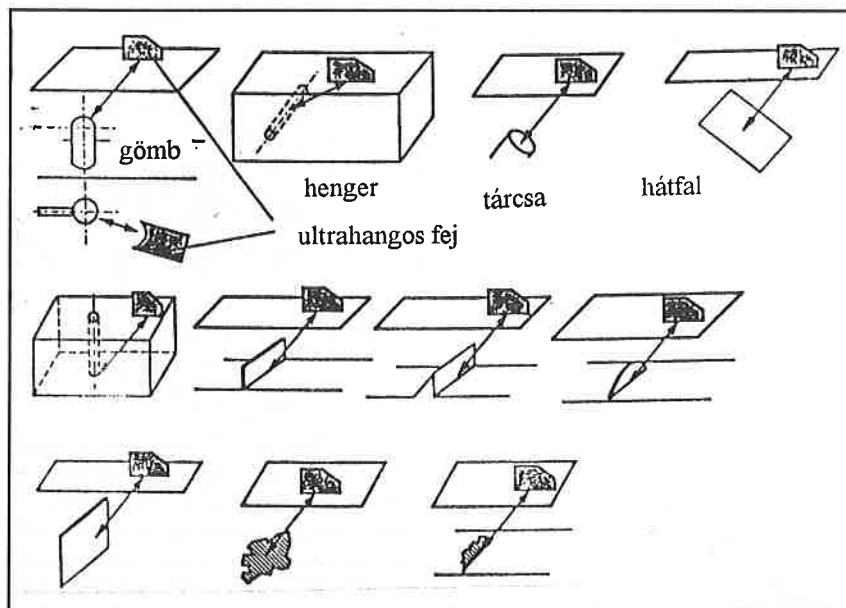
Az értékelési problémák bemutatására talán a legjobb példa, hogy a [8] cikkben a teszt-reflektorok megválasztásával kapcsolatos problémákról szólnak a szerzők. A hitelesítésekhez használt mesterséges reflektorok típusait a 8. ábrán mutatjuk be. A legfelső sorban az idealizált formájú reflektorok láthatók, melyek a rávetített hangenergiát visszaverik. A második sorban a

Ha a főbb típusokat áttekintjük kiderül, nem alaptalan az állandó vita a technológiai fejlesztések között, hogy milyen típusú teszt-reflektor alkalmaznak a berendezések teljesítménymérésére vagy hitelesítésére. Sok cikk található, amely leírja az egyes mesterséges reflektor típusok előnyeit és hátrányait.

A nyugat-európai országokban nemrég befejeződött PISC-program is felvetette ezt a kérdést. Választ természetesen most sem találtak, csak azt a megállapítást tehetjük, hogy gondos mérlegelés szükséges a teszt-reflektorok kiválasztásához. A választott reflektor pedig csak egyfajta teljesítmény mérésére alkalmas. Ha berendezések vagy technológiák összehasonlítását akarjuk elvégezni, akkor pedig mindegyiket azonos reflektorokon kell minősíteni.

A számítógépes modellezés teljesítményességét a [9] cikkkel mutathatjuk be. A berlini BAM-ban elvégzett programfuttatás azt vizsgálta, hogy az anyag tulajdonságainak változásával, például a szemcsék anizotrópiájával hogyan változik a hangtér. A 9. ábra (zsellő) ad az eredményekből. A 9. a ábra egy fókuszálatlan hangteret mutat be kvázi – izotróp acélban 2 MHz-es 3 μ s impulzus hosszúságú hang esetén. A 9. b. ábra ugyanezt a hangot mutatja, de 30 mm távolságra fókuszáltan. A 9. c. ábrán láthatjuk a fókuszált hangteret torzulását az ausztenites acél erős anizotrópikus szemcséinek hatására. A számítás nem öncélú, mert többrelemes rezgőkristály esetén, az eredmények alapján, úgy gerjeszthetjük a vizsgálófejet, hogy a hangtér optimális legyen a vizsgálatához. Természetesen ehhez ismerni kell a vizsgálandó anyag szerkezetét.

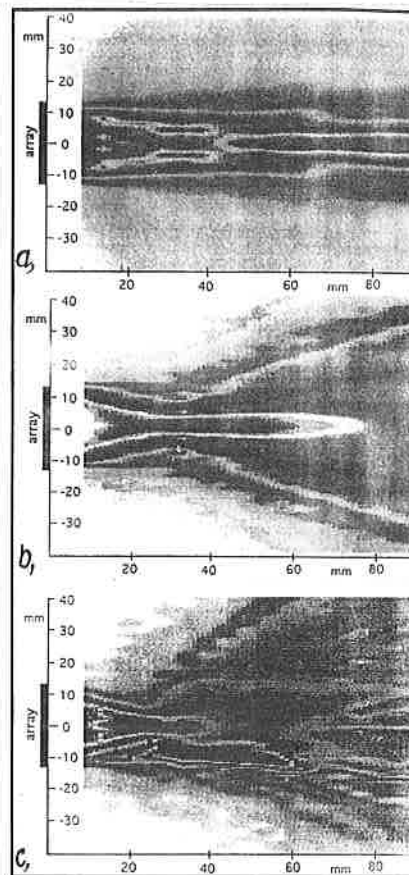
Az akusztikus mikroszkópok nagy jövő előtt állnak. Véleményünk szerint a közeljövőben várható ipari elterjedésük. A laboratóriumi környezetben már bevált berendezések alapelve a 10. ábrán látható. A vízben fókuszált hangtér merőlegesen (1 hangsugár) és ferdén (2 hang-



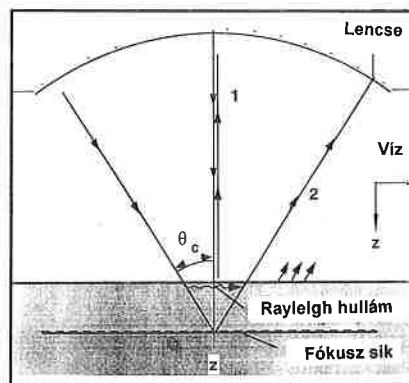
8. ábra. A hitelesítő reflektorok típusai

sarokhatást alkalmazó merőleges szögűkörre, a harmadik sorban a repedés típusú teszt-reflektorokra láthatók példák. Ezeken a mesterséges hibákon a hangenergia nem csak visszaverődik, hanem törlik is.

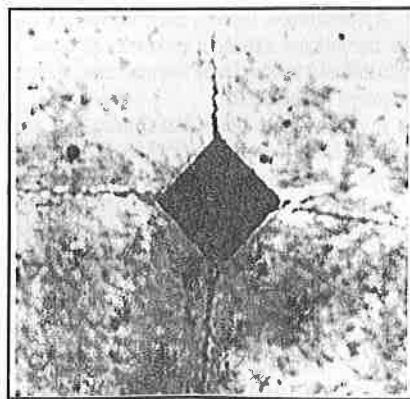
sugár) is érkezik a vizsgált felületre. A kritikus θ_c szögben érkező hang úgy törlik, hogy a felületen Rayleigh-hullám alakul ki. Ezzel a hullámmal a felület alatt néhány tízed mm mélységben is lehet vizsgálni.



9. ábra. Számítógéppel modellezett hangtér és torzulása



10. ábra. Akusztikus mikroszkóp alapelve



11. ábra. AIN kerámia vizsgálata 400 MHz-es akusztikus mikroszkóppal

Az ELSAM típusú scanning akusztikus mikroszkóp 100 MHz – 2 GHz rezgéstartományban dolgozik [10]. A rezgő ZnO film, aminek hangját zafír lencsével fókuszálják és vízcseppel csatolják a felületre. Példaképpen egy AlN kerámia Vickers keménységmérésének lenyomatát mutatjuk be a 11. ábrán. A kép 400 MHz frekvenciával készült, teljes szélessége 440 μm , a kerámia keménysége HV = 1100. Jellemző, hogy 1 GHz hangfrekvenciával vizsgálva a kép 88 μm szélességűre is nagyítható, és még nem lesz üres a nagyítás. Az ábrán jól megfigyelhető a lenyomat sarkaiból kiinduló repedések.

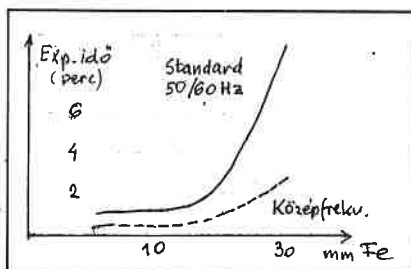
Pusztán a cikk terjedelme miatt is megszakítjuk az ultrahangos újdonságok ismertetését, hogy más módszerek is sorra kerülhessenek.

Röntgen- és gamma-radiográfia

Mint a bevezetőből is kitűnt, a hagyományos röntgenvizsgálatok részaránya ugyan világszerte csökkent az elmúlt években, ennek ellenére ezen a területen is folyamatos fejlődés tapasztalható. Ez vonatkozik a készülékekre, az anyagokra és a kiértékelést elősegítő szoftverekre egyaránt.

Készülékek

A röntgenkészülékek terén alapvető újdonságok nem születtek, azonban feltűnő volt a közép-, illetve nagyfrekvenciás készülékek térnyerése, amelyekkel jó hatások mellett rövid idejű expozíciós idők érhetők el, különösen a nagyobb átvilágított falvastagságok esetében (12. ábra).



12. ábra. Expozíciós idő a hagyományos és a középfrekvenciás röntgenkészülékek esetében.

Ugyancsak jellemző a magasan stabilizált egyenáramú nagyfeszültségű generátorok használata, valamint a kis méretű, robusztus fémkerámia-csővek alkalmazása. A vezérlőberendezések modern teljesítmény-elektronikája helyettesíti a hagyományos szabályozó transzformátort.

A mikroprocesszoros vezérlés a közvetlenül beadható vizsgálati paraméterek mellett egy sor automatikus szabályozást is lehetővé tesz a felvételi programtól az állandó teljesítmény-leadáson át az előre beprogramozható – akár százfajta – megvilágítási feladatig. Megjelentek az univerzális dialóg kiszolgáló modulok, amelyek csatlakoztathatók bármilyen röntgenkészülékhez és beépíthetők akár az automatikus röntgen-felügyeleti rendszerbe.

Mindezeknek köszönhetően a készülékek mérete és súlya jelentősen csökkent, a kezelésük egyszerűbbé és biztonságosabbá vált, mi-

közben nagymértékben bővült a szolgáltatásaik köre.

A gamma-radiográfia eszközeinél hasonló látványos változás nem fedezhető fel, noha ezen a téren is jelentős előrelépések történtek. Az izotóptartókkal szemben a követelmények szigorodtak. Ma már a gamma-radiográfiai készülékeknél is megkívánunk olyan önellenőrző biztonsági funkciókat, amelyek még durva kezelői hiba esetén is kizárják a rossz működést.

Általános követelmény, hogy a készülékek feleljenek meg az ISO 3991 nemzetközi szabványnak, továbbá adott esetben a francia AF-NOR, az amerikai ANSI, az angol BSI vagy a német DIN nemzeti szabványelőírásoknak is. Egy korszerű izotóptartó esetében a tartó automatikusan zár és a sugárforrást biztonsággal leárnyékolja abban a pillanatban, amint a sugárforrás visszaérkezett a tartóba. Az illetéktelen használat elleni védelmet kulcs nélküli biztonsági zár biztosítja. Ugyanakkor az is kívánatos, hogy a tartóból bármikor egyértelműen megállapítható legyen, hogy a sugárforrás a biztonságos pozícióban van-e.

A gamma-radiográfiában az 1994-es év jelentős dátumnak számít. Ekkor vezették be a szelén-75 (Se-75) izotóp ipari használatát. A Se-75 kiváló tulajdonságokkal rendelkezik a gamma-radiográfia szempontjából:

- kiváló kontraszt a filmekben, különösen a 4–30 mm falvastagságú tartományban sokkal kontrasztosabb képet ad, mint az Ir-192. Ezen belül a 8–10 mm falvastagságig a Se-75-el készített radiogramok minősége a röntgenfelvételekével összemérhető.
- a film érzékenysége a Se-75 sugárzás számára nagyobb, mint az irídium esetében,
- a Se felezési ideje 118,5 nap, használata ezért gazdaságos,
- csak kis árnyékolás és kis biztonsági terület szükséges; egyszerűbb a sugárvédelem megoldása.

A Se izotóp számára fontos alkalmazási területnek látszik a csővezetékek vizsgálata önálló csőgörénybe beépítve a sugárforrást.

Filmek

A radiográfiában a film minősége, tulajdonságai meghatározó tényezőként befolyásolják a vizsgálati eredményeket. Minthogy az emulziókészítés technológiája befolyásolja a filmgrádnest, és a képalkotást, kiértékelést zavaró hatásokat is, továbbá mivel a zavarások is függnek a film érzékenységétől, olyan kutatás-fejlesztési programokon dolgoztak, és termékfejlesztést hajtottak végre, amely egy adott érzékenység esetében a képmínőség lehető legjobb szintjét garantálja.

Képfeldolgozás

A radiográfiában ma is fontos szerepe van a hegesztések vizsgálatában az erőműveknél és a nagy ipari szerkezetek esetében is.

A felvételeken rejlő információtartalom minél alaposabb és pontosabb kihasználását, az archiválás és a radiogramok kezelésének megkönnyítését szolgálják különböző képfeldolgozó módszerek. Nagy felbontóképességű scanner eljárásokkal a röntgenfelvételeket digitalizálják a hiba detektálás, analízis, dokumentálás céljából. A digitalizált kép elektronikus módszerekkel

kezelhető, a kiértékelést alkalmas szoftverek segítik.

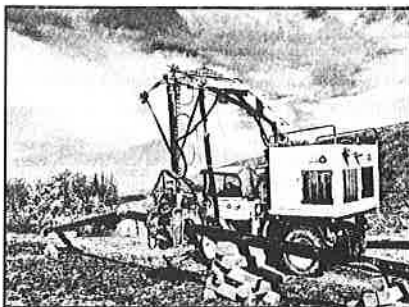
Az ECNDT-n több képfeldolgozási eljárás is bemutatásra került. Egy ilyen módszert ismertett egy olasz kutatócsoport [11]. A kidolgozott eljárás alapeleme egy speciális lézer filmscanner (ALASCA = Advanced LAsER SCanner). A létrehozott képet egy alkalmas szoftver kezeli és továbbítja egy merev lemezre. Eközben a kezelő a képjellemzőket interaktív módon beavatkozva meg tudja változtatni: lehetősége van a fényesség real-time szabályozására, a kontraszt változtatására, a nagyítás mértékének beállítására; szűrést alkalmazhat stb. Ilyen módon még olyan finom repedések is felfedezhetők, amelyek a hagyományos értékelés esetén rejtve maradnának.

Az orvosi gyakorlatban már régebb óta elterjedt a képek háromdimenziós megjelenítése számítógéppel kapcsolt tomográfia (CT) végzett vizsgálatok eredményeképpen. Az ipari radiográfiában is alkalmazási területeket keres ez a módszer. Egy amerikai kutatócsoport számolt be a CT-eljárás ipari kerámiák vizsgálatánál való felhasználásáról [12]. A közlemény szerint a CT-módszer segítségével a kerámiákban 10 μm nagyságú hibák kimutatása is lehetséges.

Speciális vizsgáló berendezések

Az ECNDT keretében számos új, többségben radioszkópiai berendezés került bemutatásra. Ezek egy része egycélú, csak bizonyos meghatározott feladat elvégzésére készített speciális berendezés, másik részük szélesebb körben alkalmazható többfeladatos szerkezet. A következőkben a választékból példaként két speciális berendezést mutatunk be röviden.

Az első példa egy terepi csővezeték építése real-time röntgen vizsgálatához kifejlesztett robot (13. ábra). Ez egy önjáró szerkezet. A varrat megközelítését és a beállítást a kezelő kézi vezérléssel végzi, a továbbiakban a vizsgálat távvezérléssel megy végbe. A vizsgálóegység sugárforrásból és vele együttmozgó érzékelő rendszerből áll. A sugárforrás és az érzékelő a gépre vannak szerelve: a sugárforrás max. 160 kV-os stabilizált egyenfeszültségű, mikrofókuszus (0,4 mm) röntgencső; a detektor egy fluoreszcens ernyő (r 80 mm) és egy nagy érzékenységű tv-kamera együttese.



13. ábra. Csővizsgáló robot

A vizsgálóegység körbejárva a csővön kettős falon át készíti a „felvételt”-t, amelyet a rendszer digitalizálva merev lemezre továbbít. A lemezen több, mint 6000 képernyő képet lehet tárolni, ami több mint 2000 db 10x14 cm-es röntgenfilmnek felel meg.

Vizsgáló paraméterek:

vizsgálható cső $\varnothing 6" \div 8"$
falvastagság $2,5 < s < 10 \text{ mm}$
hőmérséklet $-10^\circ\text{C} \div +50^\circ\text{C}$
teljesítmény $>80 \text{ db hegesztés/nap}$

A gép a talajszint alatt 400 mm mélységig tud dolgozni. A berendezést egy személy kezeli.

A vizsgáló rendszer előnyei:

- jobb kontraszt a hagyományos filmes módszerhez képest,
- azonnali kiértékelés,
- nagymennyiségű adat tárolható,
- alacsonyabb ár (összehasonlítva a filmes módszerrel)
- egyszerűbb sugárvédelem.

A második példa a nukleáris fűtőrudak automatizált vizsgálatára szolgáló röntgenberendezés. A fűtőelemek minőségének ellenőrzése alapvető biztonsági követelmény a fűtőrudak előállításának valamennyi fázisában. Az ellenőrzés feladata a fűtőoszlop állapotának és a fűtőrudakban elhelyezett tabletták integritásának ellenőrzése.

A tablettákat a betöltés előtt darabonként ellenőrzik méret, geometria, fajsúly szerint és vizsgálják a hibamentességüket is. A tabletták betárolása a fűtőcsövekbe vibrációs módszerrel történik, ezután a csöveket hermetikusan tömítik, lezárják. Betöltés után ismét ellenőrizni kell, hogy a tabletták nem sérültek-e meg, nincsenek-e közöttük repedések, széttört darabok, nem keletkeztek-e lyukak, hézagok a tabletták között. A fűtőrudak hagyományos ellenőrzése manuális röntgenvizsgálóval történik, szakaszos felvételek készítésével történik.

A Philips cég kifejlesztett egy új radioscopiai vizsgáló berendezést, amellyel 9 db fűtőrud egyidejű folyamatos vizsgálata végezhető el, úgy, hogy a kezelő sugárvédett fülkéből irányítja a vizsgálatot. A sugárforrás stabilizált 30 kV-os röntgenberendezés. A rendszer a „megfelel”-„selejt” válogatást is elvégzi.

Neutronradiográfia

A hagyományos sugárforrásokkal működő eljárásokat ismertető közlemények mellett figyelmet érdemel a neutronsugárzásokkal végzett vizsgálatokról készített beszámoló vizszo nyolc nagy száma (16 db).

A neutronradiográfiát már jó ideje mint a jövő vizsgáló eljárását emlegetik, ennek ellenére mégis csak kis részét képezik még ma is a roncsolásmentes vizsgáló technikáknak (pl. alumínium korróziójának vizsgálata, kompozitok vizsgálata).

Ennek alapvetően két oka van:

- a hordozható neutronforrások hiánya
- új ipari alkalmazások hiánya, illetve azok lehetséges szűk köre.

A módszerek az Európai Unió országaiban ma elfoglalt helyzetéről átfogó ismertetést ad J. F. W. Markgraf [13]. A tanulmány alapján a fő alkalmazási területek az EU-ban:

- repülő- és járműiparban, az űrtechnikában az alumínium, a szendvics szerkezetek és a kompozitok, valamint pirotechnikai anyagok vizsgálata,
- olajipari szektorban a kétfázisú folyadékok vizsgálata,
- nukleáris iparban a fűtő- és szabályozó rudak vizsgálata,

- szerkezetépítésben a vasbeton anyagok és borított vasbeton szerkezetek vizsgálata,
- anyagtudomány és kutatás területén fémek, műanyagok, kerámiák és kompozitok vizsgálata.

A neutronsugárzással statikus jelenségek és dinamikus folyamatok is vizsgálhatók. Az eljárás fontosságát jó érzékelteti hogy eddig már négy világkonferenciát rendeztek meg ebben a témában (1981, San Diego, 1986, Paris, 1989, Osa-ka, 1992, San Francisco).

Felületi vizsgálatok

Amint arra már a bevezetőben utaltunk, egyes korszerű, nagy szilárdságú szerkezeti anyagok esetében fokozott figyelmet kell fordítani a felületi hibákra. A felületvizsgálat hagyományos módszerei a vizuális és a penetrációs vizsgálatok. Ezekkel kapcsolatban a 6. ECNDT sok újdonsággal nem szolgált, legfeljebb a korszerű, környezetet kevésbé szennyező vizsgálati anyagok kifejlesztése figyelemreméltó esemény, ez azonban a vizsgáló technológiákra nincs befolyással.

A belső, nagy nehezen hozzáférhető felületek vizsgálatára már régóta rendszeresen használt endoszkópok megfelelő eszközök; a video-endoszkópos rendszerek pedig lehetővé teszik az észlelések eltárolását, a vizsgáló eredmények archiválását, éppúgy mint a vizsgálat során létrehozott képek színes monitoron való megjelenítését, vagy egy-egy részlet kinagyítását az alaposabb vizsgálódás érdekében.

A video-endoszkópia sokoldalúsága nagy reményekre jogosít a jövőbeni alkalmazásokat illetően. A fejlesztéseknek köszönhetően már ma is lehetséges van a vizsgálati eredmények, a nyert képek nagy távolságra való továbbítására műhold, vagy telefax útján is. Az elektronikában jelenleg is folyó miniatürizáció eredményeként könnyen hordozható, még kisebb méretű és súlyú készülékek jelennek meg a jövőben.

Korszerű hardver eszközökkel kombinálva a video-endoszkópia más módon nem vizsgálható szerkezetek felügyelete válik lehetségessé. Meggyőző alkalmazásra mutat be példát egy csúcstechnológiát képviselő önjáró, távvezérelt, vagy programozható, automatikusan működő, speciális csőben járó szerkezetbe épített video-endoszkóp rendszer, amely 500 m-es távolságig képes tetszőleges vezetésű, akár függőleges csövek belső felületének vizsgálatát elvégezni. A CCD kamera által létrehozott képet a kezelő a vezérlő szekrénybe épített színes monitoron látja. Így módon a korróziós károsodások, vagy egyéb sérülések felfedezhetőek.

Különleges vizsgáló módszerek

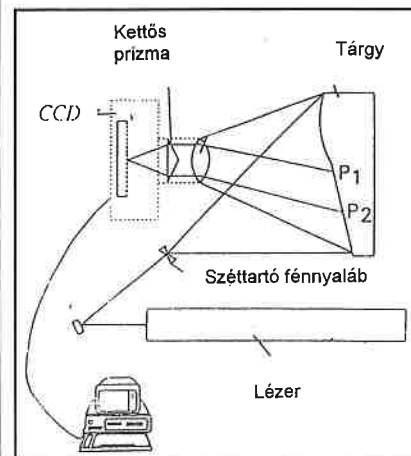
Végezetül két, a defektoszkópiái vizsgáló gyakorlatban ma még nem általánosnak számító módszer: a termográfia és a shearográfia.

Az infravörös sugárzással dolgozó **termográfia** (IRT) széles körben alkalmazott eljárás hőszivárgások detektálására (épületek, szerkezetek vizsgálata), az elektronikai iparban (elektromos kontaktusok ellenőrzése), a gépiparban (állapotellenőrzésnél).

Az alkalmazási lehetőségek felső szintjét jelenti az olyan hőképkalkáló rendszer, amelynél beépített szoftver teszi lehetővé gyors hőfokváltozással járó transziens folyamatok real-time vizsgálatát.

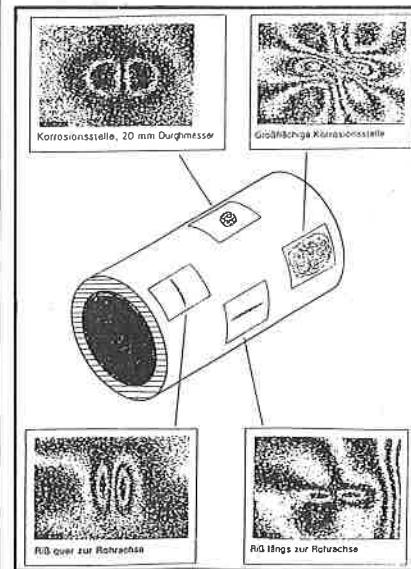
A skála másik végén a kis méretű kézi „kamera” található, amellyel könnyedén végig lehet pásztázni nagy felületeket a „hideg” vagy „meleg” pontok megkeresése érdekében. Tipikus műszaki alkalmazási terület ebből a szempontból a kompozit anyagokból felépített szendvics szerkezetekben a víz-bezáródások megállapítása.

A **shearográfia** interferometrikus mérést jelent; kompozitok, műanyagok, borított anyagok, fémek vizsgálatára alkalmas eljárás. Segítségével az anyagban lévő zárványok, korróziós elválások, repedések vizsgálhatók. A vizsgáló tárgyat felületét lézerrel megvilágítva a felület egyenletességét megbontó hibák, deformációk nyomán kialakuló „interferencia” jelenség teszi lehetővé a detektálást. A vizsgálat általános elrendezési vázlata a 14. ábrán látható.



14. ábra. Lézer shearográfia általános elrendezési vázlata.

A. Ettermayer-M. Honlet az eljárás gyakorlati alkalmazására mutat be példákat [14]. Érdekes alkalmazási terület pl. a gépkocsik műszerfalának anyagában elhelyezkedő gáz-zárvány



15. ábra. Példák shearográfus vizsgálatokra.

kimutatása. A műszerfalra tűző napsugárzás hatására erősen felmelegedett anyagában a bezáródott gáz a nyomásnövekedés miatt helyi kismértékű deformációt okoz, ami hagyományosan csak tapintással érzékelhető, ezzel a módszerrel azonban jól megvizsgálható.

Fontos terület a repülőgépiparban a méhsejt szerkezeti elemek vizsgálata. A vizsgálható elemet infravörös lámpával melegítik, vibrálják; a hiba tipikus felületi deformációt okoz, ami az interferenciaképen világosan látszik kettős (pozitív és negatív) indikáció formájában.

Felhasználható az eljárás pl. csövek belső korróziójának kimutatására. A nyomás alatti cső külső felületén a korrózió miatt lecsökkent falvastagság következtében észre nem vehető kismértékű helyi deformáció keletkezik. A shearográfia segítségével a falvastagság 15%-ig terjedő károsodása már kimutatható. A [14]-ben közölt adatok szerint a vizsgálható csőméretek: 100–400 mm és 4–8 mm falvastagság. Jellemzőes shearográfiai képeket mutat a 15. ábra.

Összefoglalás

Megállapítható, hogy az új anyagok, technológiák megjelenését, a teljes minőségbiztosítási rendszer általánossá válását drámaian új defektoszkópiái célú roncsolásmentes vizsgálatok megjelenése nem követte. Néhány korábban nem, vagy csak ritkán alkalmazott módszer, mint pl. a shearográfia, egyes ipari szektorokban való térhódítása mellett átstrukturálódás következett

be a repedés jellegű hibák kimutatására alkalmas eljárások javára.

A vizsgálati technológiák finomodtak, jelentős változások történtek hardver oldalon. A készülékek mérete csökkent, kezelésük komfortja, szolgáltatásaik száma és minősége nőtt, komplex vizsgálóberendezések, vizsgáló automatakat fejlesztettek.

A számítástechnika gyakorlatilag minden eljárás esetében jelen van, a kiértékelést elősegítő szoftverek a korábbiaknál nagyobb pontosságú és érzékenyebb hibadetektálást tesznek lehetővé.

Végezetül megállapíthatjuk, hogy bár óriási a fejlődés és sok az automatikus vizsgáló rendszer, a roncsolásmentes vizsgáló szakemberre egyre nagyobb szükség van, hogy a hatalmas mennyiségű információ között kiismerje magát, és döntést hozzon.

Irodalom

- [1] Euro Materials (Weinheim, Germany) 1/1994. 13. old.
- [2] Manufacturing Engineering 1993. márc.
- [3] C. D. Wells: The Commercial Role of NDT on the Context of a Changing World. INSIGHT. Vol. 36. N° 5 pp. 334–341.
- [4] F. S. Hancock: The Variable Angle Ultrasonic Probe from Concept to Application, 6th. ECNDT Conferences and Posters 175–176. old.
- [5] A. Erhard, H. Wüstenberg, E. Fischer, W. Rathgeb: Ultrasonic Hybrid – Phased – Array – Probe for Weld Inspection at the BWR Pressure Vessel,

6th. ECNDT Conferences and Posters ECNDT 613–617. old.

- [6] Daniel De Vadder, Alain Lhémy: Traducteurs ultrasonores sans champ proche on sans distance focale. 6th. ECNDT Conferences and Posters 7–11. old.
- [7] Dr. Jennifer, E. Michaels, Dr. Thomas E. Michaels: Requirements and Capabilities of Automated Ultrasonic Systems for Inspection of Curved Parts 6th. ECNDT Conferences and Posters 201–205. old.
- [8] H. Wüstenberg, A. Erhard: Problems with Artificial Test Reflectors at the Performance Demonstration of Ultrasonic Inspections. 6th. ECNDT Conferences and Posters 741–746. old.
- [9] R. Boehm, A. Erhard, H. Wüstenberg: Sound Field Distribution in a Simulated Poly-crystal. 6th. ECNDT Conferences and Posters 13–17. old.
- [10] F. Berger: Ultrasonic Microscopy of Vickers Hardness Indentations... 6th. ECNDT Conferences and Posters 87–91. old.
- [11] G. Cherubini–A. Landoni–R. Piccini–D. Zuccola: Integrated System for Digitisation, Interactive Processing, Presentation and Storage of Film Supported Industrial Radiography Images. 6th. ECNDT Conferences and Posters 231–236. old.
- [12] C. R. Smith–I. Zmora–A. Ezis: Dual Energy Micro CT as a Ceramic Process Control Technique. 6th. ECNDT Conferences and Posters 677–683. old.
- [13] J. F. W. Markgraf: Neutron Radiography Within the European Community States. 6th. ECNDT Conferences and Posters 1037–1041. old.
- [14] A. Ettermayer–M. Honlet: Nondestructive Testing with Laser Shearography. 6th. ECNDT Conferences and Posters 293–296. old.

952 043 003/135

A roncsolásmentes anyagvizsgálat fejlesztése az állapotellenőrzés számára

Dr. Rittinger János*

Bevezetés

A roncsolásmentes vizsgálatok területén a következő fejlesztési irányok tapinthatók ki:

A hibák hegesztett szerkezetekre gyakorolt hatásának számszerűsítése (a törésmechanika gyakorlati alkalmazása) nyomán előtérbe került a síkszerű hibákat megbízhatóan kimutató eljárások (pl. ultrahangos) alkalmazása, a felületre nyitott (vagy felület közeli) síkszerű hibák veszélyesebbek, mint a felület alatti síkszerű hibák, ezért felértékelődött az örvényáramos, mágneses, penetrációs vizsgálatok jelentősége. A törés (károsodás) szempontjából a helyi feszültségek meghatározóak. Ezért fontos az alakhibák (éleltolódás, ovalítás stb.) mértékének ellenőrzése. A követelmények oldaláról ez a változás követhető nyomon az MSZ EN 25817 szabvány előírásaiban.

A szerkezetek gyártásának minőségbiztosítási rendszere, az üzemelő szerkezetek állapotellenőrzése egyaránt megköveteli a dokumentált minőséget, illetve a dokumentált állapotot. Ebből következik a roncsolásmentes vizsgálati eredmények rögzítése. Ez látványos eredményhez vezetett az ultrahangos, az örvényáramos és az endoszkópos vizsgálat területén. Ma már számos területen elemi követelmény a roncsolásmentes anyagvizsgálat gyártó sorba illesztése.

lásmentes anyagvizsgálat gyártó sorba illesztése.

Az anyagvizsgálat területén a humán tényező szerepe jelentős, és a jövőt tekintve sem csökken. Ezzel függ össze a roncsolásmentes anyagvizsgálók képzési rendszerének nemzetközi szabályozása (MSZ EN 473), illetve a roncsolásmentes anyagvizsgálók rendszeres továbbképzése, valamint a 3. fokozatú tanúsítással rendelkező szakemberek, szakmai teljesítményének 5 évenkénti önellőrzése.

Az eszközfajlesztés további célja a kezelő személy tehermentesítése. Az ember-gép kapcsolat javítása megnyilvánul a készülékek tömegének, a kezelő szervek számának csökkentésében stb. Ezek a törekvések a kezelő személy fizikai terhelésének csökkentésére, és nem a személy szerepének kiiktatásának irányulnak.

A röviden felvázolt fejlődési irányok kifejezésre jutnak a komplex vizsgálati rendszerek kifejlesztésébe [1]. A következőkben néhány példát ismertetünk jelentős részben megvalósult, illetve fejlesztés alatt lévő rendszereinkből.

Komplex vizsgáló rendszerek

Az állapotellenőrzés alapja az egymást követő vizsgálatok eredményeinek megbízható

összehasonlítása és az egységnyi időre vonatkoztatott változásból a maradó élettartamra, illetve a szerkezet megbízhatóságára vonatkozó becslés megtétele. Ennek érdekében a laboratórium komplex vizsgáló rendszereket hoz létre, és folyamatosan fejleszti azokat. A komplex vizsgáló rendszereinkből példát az 1. ábra ismertet. A teljesség igénye nélkül a rendszerről:

A szerkezetek jellegzetes elemeinek és hegesztett kötéseinek roncsolásos (DEC) vizsgálata során elemezni kell a roncsolásmentes és a roncsolásos (DAC) vizsgálatok során feltárt hibák egyezését. Meg kell határozni a leggyakrabban előforduló hibák helyét és valódi méretét. Kellő számú mérési eredmény birtokában lehetőség van a hibák eloszlásfüggvényének, az

$F(h) = a \cdot \exp[-b \cdot (h-h_0)]$ meghatározására. A hibák eloszlásfüggvényének küszöbértéke (h_0).

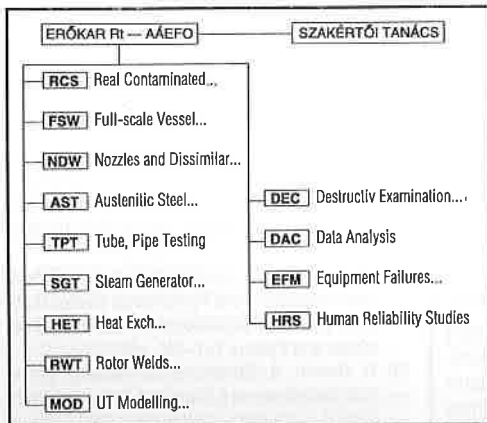
Az egyes roncsolásmentes vizsgálati módszerek érzékenysége is egy függvénnyel (észlelhetőségi függvény) írható le:

$$h_e = C_0 + C_1 \cdot h_m + C_2$$

ahol C_0 és C_1 regressziós állandók és C_2 a kalibrációs hiba!

A h_0 és a h_e érték kapcsolatba kell hogy legyen egymással. A C_2 tényező megismerése a megfelelő kalibráló módszer kiválasztására hívja fel a figyelmet.

* Erőkar Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium



1. ábra. Az AÁEFO komplex vizsgálati rendszere

Az anyagvizsgáló készülékeknek az elvárt módon karbantartottnak kell lennie, gondoskodni kell a rendszeres kalibrálásukról. A csatlakozó elemeknek (kábelek, fejek, szondák stb.) illeszkednie kell a berendezéshez. Ezek ellenőrzését fejezi ki az EFM modul.

A kezelő személynek (HRS) megfelelő tanúsítással és kellő gyakorlattal kell rendelkeznie. Ennek a bloknak a részleteiből elemzésre a következő fejezetben térünk ki.

A komplex vizsgáló rendszerek létrehozását ma már számítógépes modellezés (MOD) előzi meg. Az esetek sokkal bonyolultabbak annál, hogy manuális módszerrel válasszuk ki a legmegfelelőbb vizsgálati paramétereket. Néhány példa, a ma már általánosan használt vizsgálati technológiákból, amelyek számítógépes modellezés alapján készültek: HOLIFE, a BBC 200 MW-os gőzturbinák, VTX csővezeték hollandier meghúzása, HOLTEST pedig a hollandierek ultrahangos vizsgálati technológiája. UVTBAN vizsgálati technológia tervező szoftver bandázsgyűrűk automatizált vizsgálatához. PREC-LOC lokalizáció pontosságát elemző és megjelenítő szoftver az akusztikus emissziós vizsgálatához. Mellőzve a további felsorolást, befejezősül a BBC 200 MW-os gőzturbinák kis- és középnymomás fokozat 1130 jelű lapátjainak ultrahangos vizsgálatához kidolgozott technológiát említjük meg, amelye külön előadás [2] ismertette részletesen.

Az 1. ábra felsorolást tartalmaz rotor hegesztéseinek (RWT), hőcserélők (HET), gőzgenerátorok (SGT), csövek, csővezeték (TPT), ausztenites acélok (AST), búvónyílások (kiváltások), vegyes kötések (NDW), szerkezetek teljes terjedelmű (FSW) és sugárzásnak kitett környezetben (RCS) végzett vizsgálatokra. A felsorolásból feltétlenül figyelmet érdemel a szerkezet teljes terjedelmű vizsgálata, amelyet tartályjellegű szerkezetek esetén az ultrahangos és az akusztikus emissziós vizsgálat összekapcsolásával értünk el.

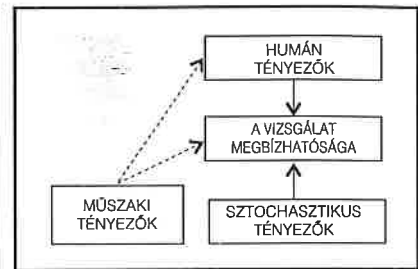
A vizsgálat megbízhatóságát befolyásoló tényezők

A vizsgálat megbízhatóságára sztochasztikus, műszaki és humán tényezők hatnak (2. ábra). A sztochasztikus tényezők a roncsolás-

mentes vizsgálatok lényegéből következnek. Részletes elemzésre most nem térünk ki.

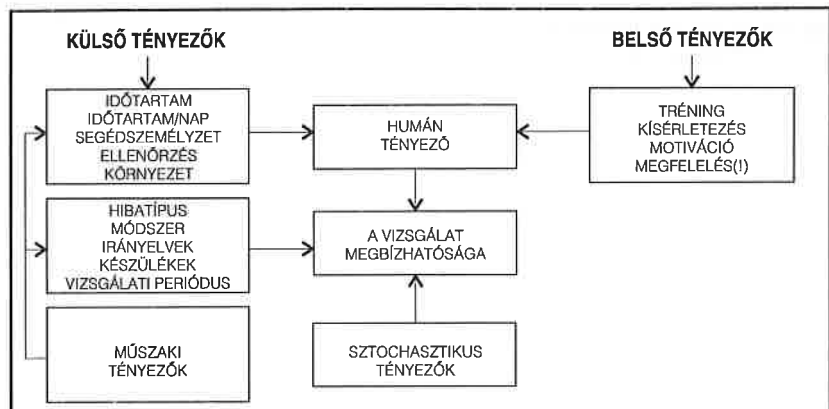
A műszaki tényezők a vizsgálat megbízhatóságának külső tényezői. A külső tényezők egyrészt közvetlenül, másrészt a humán tényezőkön keresztül hatnak a vizsgálat megbízhatóságára (3. ábra).

A külső tényezők közül a humán tényezőkön keresztül hat a vizsgálat időtartama (fáradtság), az egy napra vonatkoztatott vizsgálati idő (regenerálódás), mentesítés a vizsgálati időtől független munkák (pl. felületelőkészítés) alól segítő személy útján. A túlzott ellenőrzés zavarja az anyagvizsgálót. A vizsgálatához megfelelő környezetet kell



2. ábra. A roncsolásmentes vizsgálat megbízhatósága

ítő erő. Amennyiben ez az erő nem áll összhangban a szakmai felkészültséggel, az anyagvizsgáló hibázhat, elmaradhat a sikerélmény, és súlyosabb esetben pszichés károsodáshoz vezethet.



3. ábra. A roncsolásmentes vizsgálat megbízhatóságát befolyásoló tényezők kapcsolatrendszere

biztosítani. Ennek hiányában a vizsgálatot fel kell függeszteni. Megfelelő környezet esetén is számításba kell venni, elsősorban a vizsgálati idő nagyságán keresztül a környezet (hőmérséklet, magasban végzett vizsgálat stb.) hatását a vizsgáló személyre. A műszaki tényezők közül közvetlenül hat a vizsgálat megbízhatóságára a hiba típusa (adott módszer esetén a hibák kimutathatósága), a választott vizsgálati módszer, a rendelkezésre álló vizsgálati technológia jósága, a vizsgáló készülékek állapota és az ismétlődő vizsgálatok gyakorisága. Ha a két egymást követő vizsgálat között rövid idő telik el, gyakran előfordul az előző vizsgálat eredményének „átöröklődése”.

A humán tényezőre belső tényezők is hatnak. A belső tényezők közül a fontosabbak: az anyagvizsgáló kondíciója, amely rendszeres tréning útján tartható megfelelő szinten. Feltétlenül szükség van kísérletező készségre. A kísérletezés motivációja a vizsgálati technológia tervezéséből, a technológia rendszeres felülvizsgálatából és tökéletesítéséből fakad.

A roncsolásmentes anyagvizsgálót munkája végzése során több forrásból érik hatások. A vevőtől (megrendelőtől), közvetlen munkatársától és vezetőjétől jövő ráhatások mindenképpen ember-ember kapcsolatban jelennek meg. Ezek kezeléséhez szükséges magatartást feltétlenül írásban kell rögzíteni, az etikai kódex megértésére az anyagvizsgálót fel kell készíteni.

A roncsolásmentes anyagvizsgálóban (a pozitív emberi tulajdonságok miatt) adott feladat elvégzésére való megfelelés egy belső kényszer-

Megállapítások

Az állapotellenőrzés egyre megbízhatóbb vizsgálórendszerekkel igényel. Az igények kielégítéséhez szükséges:

- a hardver oldalon az analóg jelek digitalizálása és a vizsgálóberendezés számítógéppel történő összekapcsolása;
- a feladat pontos megfogalmazása és számítógépes modellezése;
- a vizsgálati technológia kidolgozása és az eredmények rögzítése, valamint
- a személyi feltételek biztosítása.

A személyi feltételek nem merülnek ki a szükséges tanúsítás megszerzésében. Lényegesen többre, a személyre, mint a vizsgálat eredményének megbízhatóságát döntően befolyásoló elemmel, körültekintően felépített program szerint, állandóan foglalkozni kell.

Hivatkozások

- [1] Rittinger, J., Hegedűs, S.: A roncsolásmentes vizsgálatok fejlesztése, Gép XLVI 39. (1994)
- [2] Gubicza, P.: A BBC 200 MW-os gőzturbinák 1130 jelű lapátjainak ultrahangos vizsgálata beszerelt állapotban. Előadás. Diagnosztikai továbbképzés. Balatonfüred (1995), és lapunk 65. oldala.

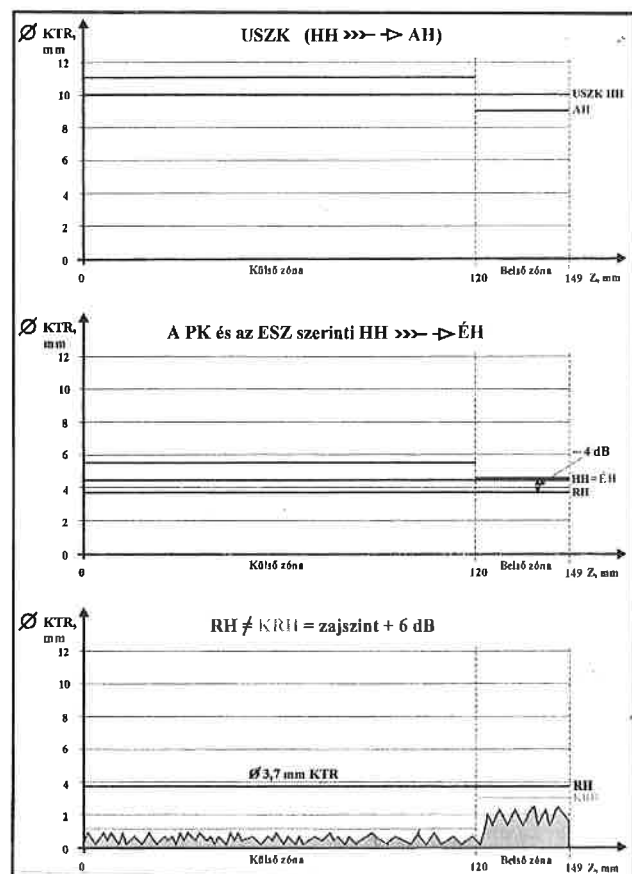
952 049 133

A gépi ultrahangos időszakos vizsgálatok előírásrendszere

Farkas Béla*

A Paksi Atomerőmű Rt. reaktortartályainak gépi ultrahangos időszakos vizsgálatát a blokkok üzembehelyezésétől kezdve kívülről és belülről egyaránt végezzük. A vizsgálatok eredményeinek értékelését a belső vizsgálatoknál az orosz PK-1514-72, [1] illetve az ABSZ 6. kötet [2] alapján, a külső vizsgálatoknál az USZK-rendszer elfogadási kritériumai szerint végeztük. Az ESZ-ben előírt ultrahangos követelmények indokolatlanul szigorúak az időszakos vizsgálati eredmények értékeléséhez. Alapvetően azért, mert a regisztrálási (RH) és hibahatár (HH) előírt ekvivalens területe (átmérője) közötti távolság kisebb mint 4 dB. Másik alapvető probléma, hogy nincs időszakos vizsgálatokra előírt követelményrendszer a PK-ban és az ESZ-ben sem. A követelményekkel kapcsolatos elvárások és kritikák 1990-ben jelentek meg a PAV közleményekben [3].

Az időszakos ultrahangos vizsgálatok legfontosabb követelménye a reprodukálhatóság, a különböző időszakokban keletkezett vizsgálati eredmények összevethetősége, valamint a vizsgálatok során regisztrált reflexiók vagy indikációk esetleges változásának (növekedésének) megállapítása. Az üzemi terhelés hatására bekövetkező változások (növekedés) csak akkor határozható meg korrekten, ha a reflektor előéletét, méretét regisztráltuk. Viszonyítási alap nélkül a növekedés megállapítása csak becslés. Kétlépcsős követelményrendszerek nem biztosítják az időszakos vizsgálatok korrekt értékelhetőségét. A regisztrálási határ és a hibahatár fogalmak merev, konzervatív korlátot képeznek az értékelésnél, ami a gyártási fázisban még elviselhető, de az időszakos vizsgálati eredmények értékelésénél már nem megfelelő (1. ábra). A gyártás és szerelés időszakában a javítások következmények nélkül megoldhatók.



1. ábra. A reaktortartály ultrahangos vizsgálatára vonatkozó jelenlegi követelmények kialakulása, logikai rendszere

* Paksi Atomerőmű Rt.

A TriAs vizsgálati technológia lehetővé tette a vizsgálati érzékenység növelését, illetve az ún. regisztrálási határ csökkentését. A regisztrálási határ csökkentésének alsó határa a zajszint 6 dB-val növelt értéke, amelyet kimutathatósági és regisztrálási határnak (KRH) nevezünk el (1. ábra). Nemzetközi és saját tapasztalatok azt igazolják, a reprodukálhatóságot is figyelembe véve, hogy a KRH = Ø 1–1,5 mm KTR kimutatása elégséges biztonságot ad az Ø 5,0 mm KTR méretű reflektorok biztonságos kimutatására. A PK, illetve ESZ ún. hibahatár mértékét, amelyet a reaktortartályok teljes élettartamára korlátozás nélkül megengednek, értékelési határnak nevezünk el (EH = Ø 4,5–5,5 mm KTR). A PK és ESZ, az időszakos vizsgálati eredmények kezelhetőségére kialakult gyakorlat alapján, a hibahatárt meghaladó méretű reflektorok megítélését a főkonstruktőrre bízta. A kiegészítő szilárdsági elemzések és főkonstruktóri nyilatkozatok alapján a reaktortartályok javítás nélkül üzemeltethetők.

A paksi reaktortartályokra érvényes kiegészítő szilárdsági elemzések és az USZK – 213 technológiában előírt hibahatár (HH = Ø 10 mm KTR) alapján határoztuk meg az ún. analízálási határt. Az analízálási határ az értékelési határ + 12 dB. A reaktortartály hengeres részének anyagvastagságát két zónára osztottuk az üzemi igénybevétel figyelembevételével. A követelményrendszer három küszöbértékét a külső és a belső zóna figyelembevételével határoztuk meg.

Az időszakos vizsgálati eredmények értékeléséhez célszerű, ún. kiegészítő szilárdsági elemzésekkel alátámasztott követelményrendszert kidolgozni. A TriAs-fejlesztés eredményeképpen a külső vizsgálati érzékenység jelentősen megnövekedett, így lehetőség nyílt a külső és belső vizsgálatokra egyaránt érvényes új előírásrendszer kidolgozására. A reaktortartály-etalonon (TR1) összehasonlító méréseket végeztünk a Skoda SKIN, a Technatom belső vizsgálórendszerével, illetve a PA Rt, TriAs külső vizsgálórendszerrel. Az összehasonlító méréseket a TR1 etalonba bemunkált Ø 6,3 mm KHF-on végeztük el. Cél volt a külső és belső vizsgálatok összevethetőségének elemzése. Továbbá összehasonlítottuk az ASME, PK, MKGY 5.9., és USZK követelményeit. A 2. ábra alapján az alábbi következtetések vonhatók le.

– Az ASME a belső vizsgálatokra kedvezőbb, mert a vizsgálati oldalról szigorúbb követelményt ad. A hibahatár és a 20%-os regisztrálási határ közötti távolság elégséges az esetleges reflektor-növekedés megállapítására.

– A PK (ESZ)-hibahatár és regisztrálási határ közötti távolság nem felel meg az időszakos vizsgálati, értékelési követelményeknek. Ha a hibahatár értéke kedvezőtlenül alacsony, a hibahatárnál nagyobb méretű reflektorok engedélyeztetési procedúrája bonyolult, hosszú időt igényel.

– Az USZK követelményeknél kedvezőtlen a vizsgálati érzékenység, és a hibahatár és a regisztrálási határ közötti távolság nem felel meg az időszakos vizsgálati követelményeknek.

– A HH = Ø 10 mm KTR jól harmonizál a reaktortartályok kiegészítő szilárdsági elemzéseivel, és az időszakos vizsgálati követelményeket figyelembevéve megfelelő.

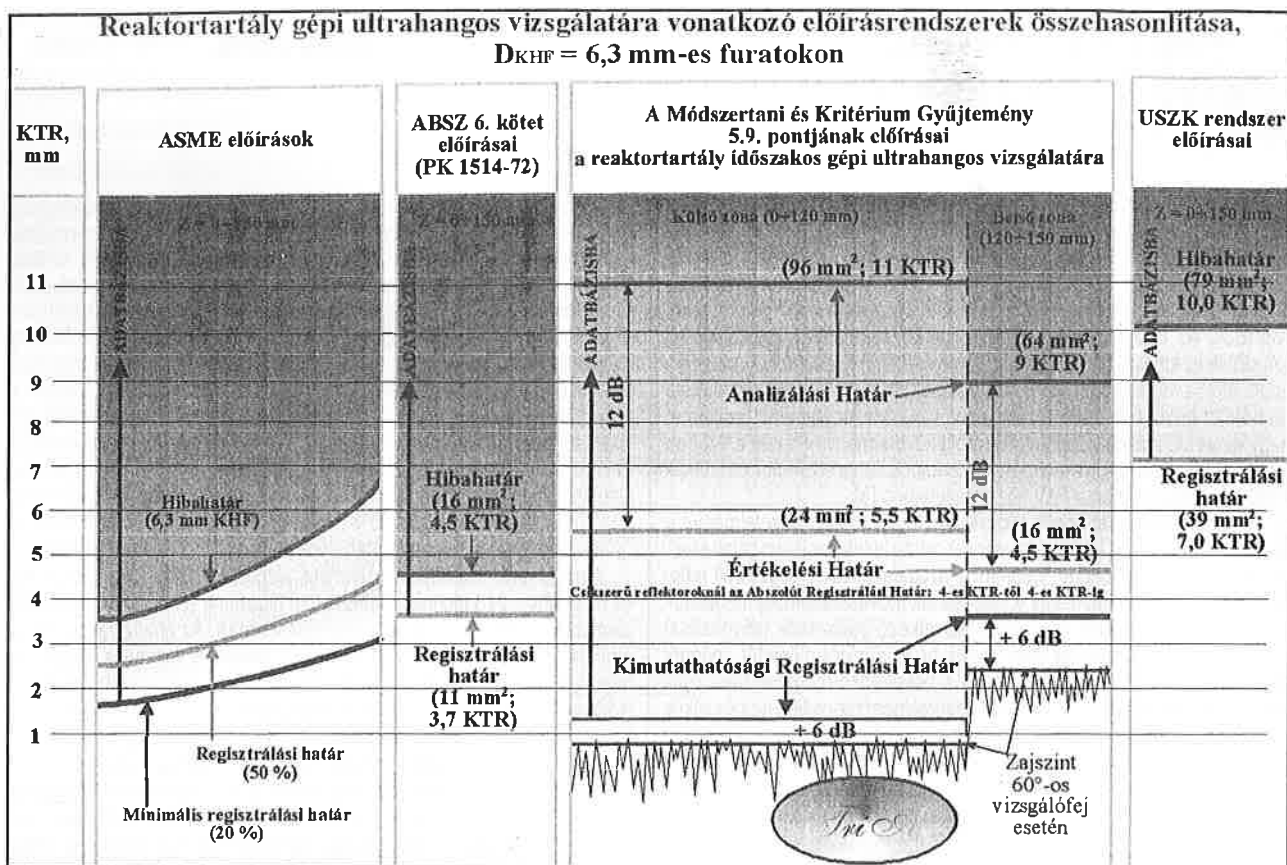
– Az MKGY 5.9. pont követelményei [4] a PK (ESZ), USZK és az ASME előírásainak ötvözte, megőrizve a belső zónára szigorúbb, illetve a külső zónára lazább ASME irányzatot. Az értékelési határ illesztése a PK (ESZ) hibahatárára történt. Az analízálási határ az USZK hibahatárral és a reaktortartályok kiegészítő szilárdsági elemzésére épült. Tekintettel arra, hogy a főkonstruktóri nyilatkozat kivételes esetekben szükséges, így az eljárásrend végrehajthatósága gyorsabb, rugalmasabb lett.

Az ultrahangos technológia a reaktortartály hengeres része automatikus ultrahangos vizsgálatának (RAU-01) 13. pontja tartalmazza a regisztrált reflektorok eljárásrendjét, [5].

Az eljárásrend előírja azon eseteket, hogy

a, mikor szükséges új főkonstruktóri nyilatkozat, vagy szilárdsági elemzés;

b, az U3-as szakértő mikor írhat elő, és mikor kötelező analízáló vizsgálatot végezni.



Az analízis kiegészítő vizsgálat mindenkor célja a reflektor közelítő valós méretének a meghatározása. A külső és belső vizsgálatokra egyaránt érvényes új előírási rendszert a Módszertani és kritériumgyűjtemény 5.9. pontja tartalmazza. Az új követelményrendszert, az OAH NBF jóváhagyta.

A TriAs-fejlesztés és a kapcsolódó előírási rendszer korszerűsítése lehetővé tette egy érzékenyebb, megbízhatóbb, magasabb színvonalú, külső gépi ultrahangos vizsgálat bevezetését a paksi reaktortartályokon, amely bizonyítottan összehasonlítható eredményeket produkál a belső vizsgálatokkal is. Az 1994-es TriAs vizsgálatok eredményeinek értékelését az új követelmény szerint végeztük. Az OAH NBF mind a négy tartály esetében az engedélyt megadta a további üzemelésre.

Irodalom:

- [1] „Ellenőrzési szabályzat atomerőművek, kísérleti és kutatóreaktorok, valamint létesítmények berendezéseinek és szerkezeteinek hegesztett kötéseire és felrakó hegesztésére” (PK 1514-72)
- [2] „Atomerőművi szerkezet hegesztésének ellenőrzési szabályzata” (ESZ/1979)
- [3] „A Paksi Atomerőmű időszakos anyagvizsgálata” PAV közlemények, 1990/1. szám
- [4] „Általános módszertani és kritériumgyűjtemény roncsolásmentes anyagvizsgálathoz” 5.9. pontja (MGY/1994.)
- [5] „Ultrahangos technológia a reaktortartály hengeres rész automatikus ultrahangos vizsgálatára” (RAU-01-94.)

952 051 158

A roncsolásmentes anyagvizsgálat egyik legfontosabb eszköze:



**IPARI
RÖNTGENBERENDEZÉS**

Az 1951 óta gyártott TRAKIS röntgenberendezések a világ számos országában megtalálhatók.

Jelenleg gyártott típusok:

- Vonalsugárzók: MXR-100; MXR-150; MXR-200; MXR-300
- Körsugárzók: KXR-200; MXR-300

A garanciális és az azontúli javításokat saját szervizünk végzi.

Újítsa fel gépparkját – áraink a '94-es szinten

Telefon: 322-3011 Fax: 342-9179

FUJI IPARI RTG-FILM

sötétkamrai, filmkiértékelő és
sugárvédelmi eszközök

Az Ön partnere az anyagvizsgálatban

**GRIMAS® IPARI
KERESKEDELEM**

tel: 277-4470 fax: 276-0557

A TriAs vizsgálóberendezés fejlesztése és felépítése

Szabó Dénes* – Palásti József*

Vizsgálatok fejlesztése

A paksi atomerőmű reaktortartályainak üzemközbeli ismételt vizsgálatában alapvető cél az alkalmazott vizsgálati technikák, módszerek és technológiák fejlesztése. Az eredeti orosz USZK-213 típusú berendezés vizsgálatát kiegészítettük a Skoda cég belső vizsgálataival. Mivel nem találtunk teljes körű egyezéseket a külső és belső vizsgálatok eredményeit tekintve, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) segítségével megkezdtük a külső vizsgáló berendezés fejlesztését, amelynek az elnevezése: TriAs. Az első tapasztalataink alapján létrehozható egy olyan egyedülálló komplex ultrahangos vizsgálat, amely a tartály falát összesen 10 besugárzási irányból tudja ellenőrizni.

A fejlesztés célkitűzése

A következő követelményeket kellett figyelembe venni:

- USZK nagy méretű elemeit (forgató asztal, teleszkóp stb.) lehetőleg tartsuk meg,
- a változtatás ne tegye lehetetlenné az eredeti USZK rendszer visszaszerelését,
- az új ultrahangos technika közelítse a jelenlegi nemzetközi gyakorlat színvonalát,
- lehetőleg új területeket vonjunk vizsgálat alá (a szovjet technológiához képest),
- a vizsgálatok lehetőleg minél nagyobb mértékben egészítsék ki a belső ellenőrzéseket, és ezzel távolítsák el a nagy átrakás vizsgálati idejének csökkentését.

A fejlesztés megvalósítása

A rendszer megvalósításában nemzetközi összefogás alakult ki:

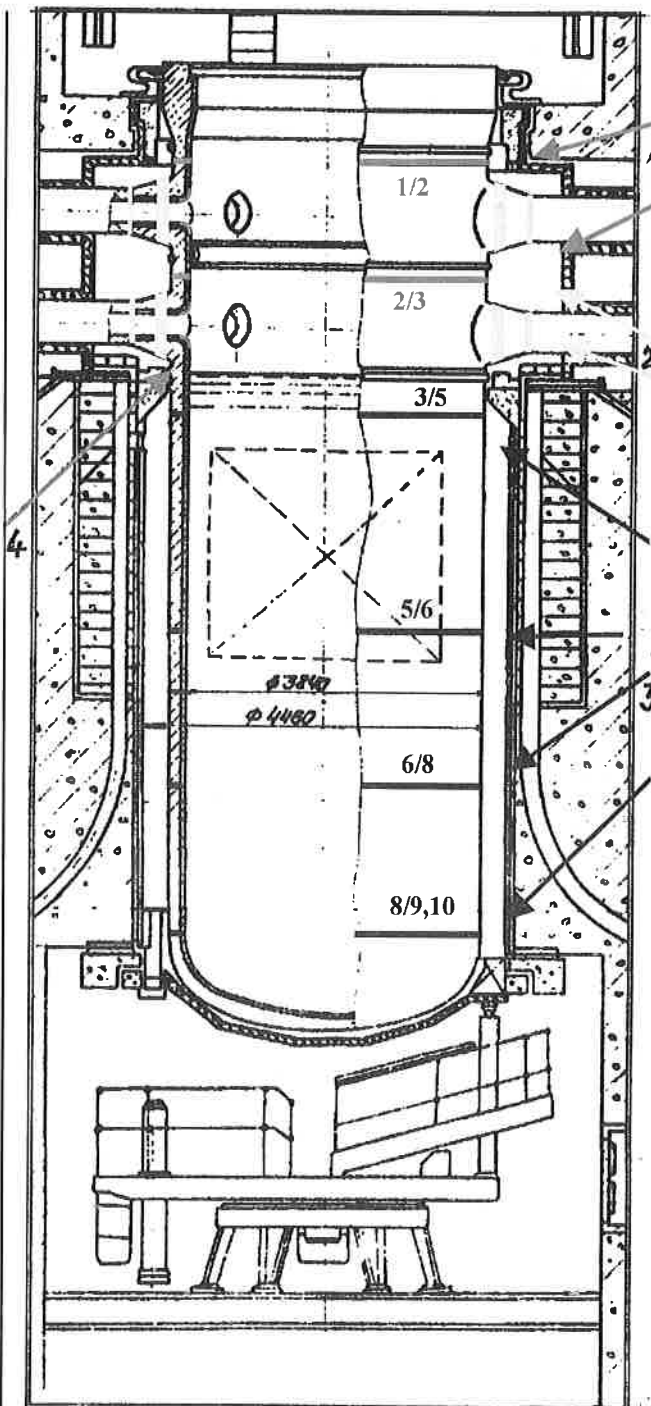
- az **adatgyűjtő és feldolgozó** szoftvert a Tecnatom készítette, az adatgyűjtő és feldolgozó hardvereket a Tecnatom szállította illetve a PA Rt. vásárolta,
- a **SIROCO vezérlő egységet** a Tecnatom szállította, a szükséges elektronikus interfészeket az EVIG Mérnök-vállalkozó Kft. tervezete és gyártotta.
- a **sokcsatornás ultrahangos** berendezést a Krautkrämer cég szállította,
- a **vizsgáló mechanikát** a csonkokhoz a Tecnatom cég szállította, valamint az össze többi mechanikus elem tervezési és gyártási feladatát a Bánki Donát Műszaki Főiskola végezte.

A TriAs rendszer felépítése

A TriAs automatikus ultrahangos vizsgálóberendezés az eredeti USZK rendszer alapmechanikáit, illetve kiegészítő, új elemeket használ, új ultrahangos és adatgyűjtő műszerekkel.

A vizsgálórendszer felépítése:

- Külső (hengeres részt) vizsgáló alrendszer (1. ábra).
A reaktortartály felfüggesztő váll alatti területét, illetve a csonkzónában lévő hengeres tartály körvartait vizsgálja.
- Csonkzóna vizsgáló alrendszer (fejlesztés alatt) (2. ábra).
Az NA 500-as és NA 250-es csonkok csonktoldati és első szerelési varrattait vizsgálja.
- Íves átmenet vizsgáló alrendszer (tanulmányterv szintjén) (3. ábra).
A reaktortartály NA 500-as és NA 250-es csonkok íves átmeneteit vizsgálja.



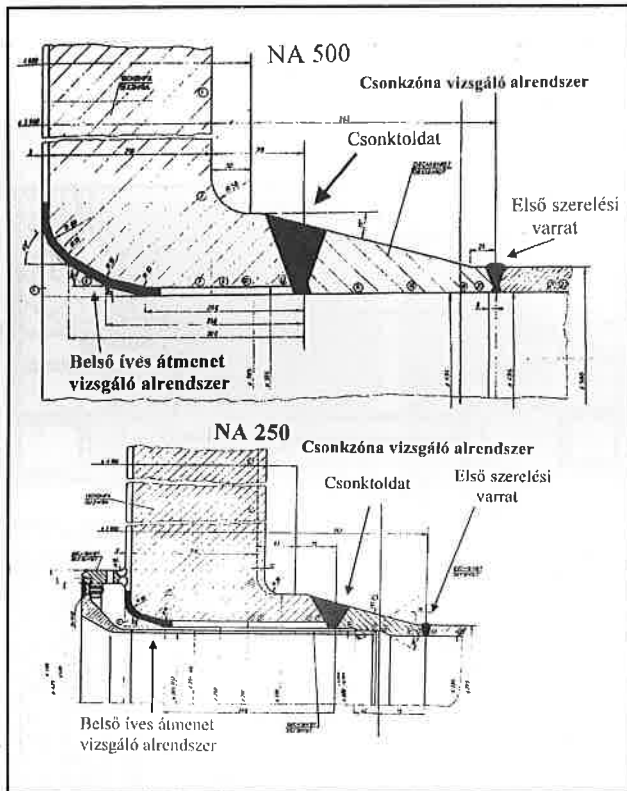
1. ábra. A TriAs rendszer felépítése

- 1 – Külső csonkzóna tartályvarrat-vizsgáló alrendszer (1/2, 2/3)
- 2 – Csonkzóna-vizsgáló alrendszer
- 3 – Külső hengeres részt vizsgáló alrendszer (3/5, 5/6, 6/8, 8/9, 10)
- 4 – Belső íves átmenetet vizsgáló alrendszer

Az alrendszerek közül a hengeres részt és a csonkzónában lévő tartályvarratot vizsgáló egységet helyeztük üzembe.

A csonkok vizsgálóját előreláthatólag 1996-ban, és az íves átmenet vizsgálót 1997-98-ban üzemeljük be.

* Paksi Atomerőmű Rt.



2. ábra. A TriAs csonkzónát és a belső íves átmenetet vizsgáló alrendszere

A külső vizsgáló alrendszer felépítése (3. ábra):

Vizsgáló mechanika

A reaktortartály felfüggesztő válla alatti területét vizsgáló mechanika.

A vizsgálatokhoz a TriAs rendszer a reaktortartály alatt lévő eredeti USZK mozgató mechanikát (forgó asztal és teleszkóp) használja. Az átalakítás nem érintette az USZK felfogó elemeit, és így azok bármikor visszaszerelhetők.

A fejbefogóban rögzített vizsgálófejeket a forgató asztal és a teleszkóp juttatja vizsgálati helyzetbe.

A csonkzónában lévő tartályvarratokat vizsgáló mechanika.

A vizsgálatokhoz a TriAs rendszer a reaktortartályon lévő eredeti USZK vizsgáló sínt használja, amelyre egy előfeszített lánc kerül. A vizsgáló traktort, fejbefogókat, a végállásjelzőket és a jeladókat a Bánki Donát Műszaki Főiskola tervezte és gyártotta.

Vezérlő egység

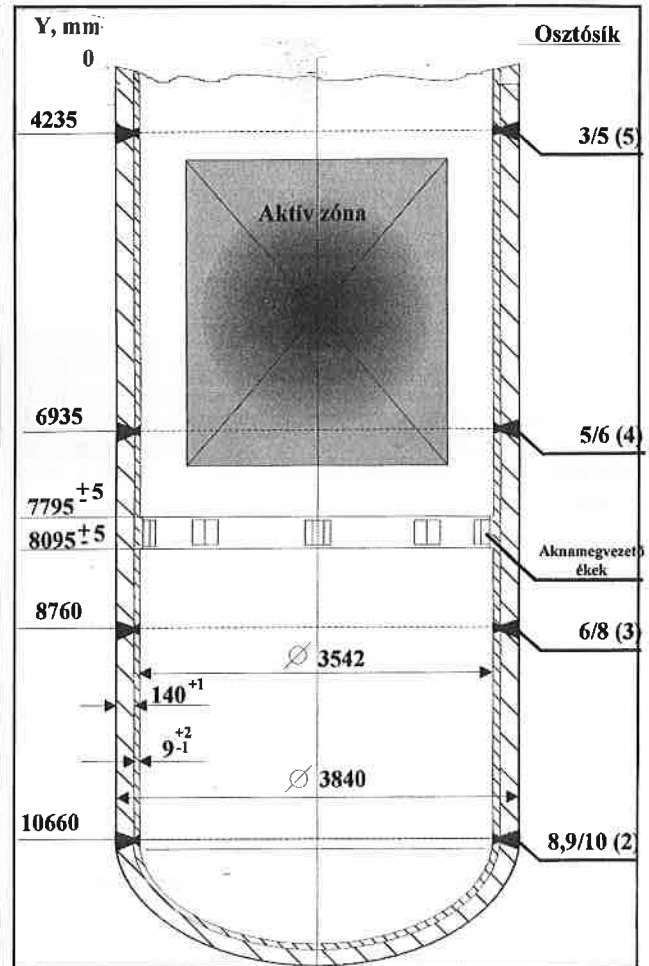
A vizsgálat távirányításos vezérlése a SIROCO 6U berendezéssel történik. A rendelkezésre álló hat egységből az elsővel az X-, a másodikkal az Y-mozgást vezéreljük.

A két végállás között automatikusan halad a fejcsoport. Nagy pontosságú vizsgálat esetén a fejcsoportot sűrűbb lépésközzel mozgatjuk. A léptetések konkrét értékét a vizsgálat előkészítése folyamán, a reaktortartály állapotának megfelelően, U3 képesítésű anyagvizsgáló határozza meg.

Sokcsatornás ultrahangos berendezés

A vizsgálatokhoz a Krautkrämer cég, Impuls 1 típusú sokcsatornás ultrahangos berendezését használjuk. A rendelkezésre álló 16 csatornából (32 ciklusból), jelen esetben 8 csatorna (14 ciklus) működik. Minden ciklusban három kapu üzemel, úgy beállítva, hogy a zaj fölött kb. 2 decibellel foglaljon helyet. Ezzel a megoldással minden reflexió rögzítésre kerülhet, de túl nagy adatbázisok nem alakulnak ki. A nagy pontosságú vizsgálatokhoz ugyanezt az összeállítást alkalmazzuk, csak sűrűbb letapogatással.

A hitelesítésekhez a TR1 elnevezésű etalont használjuk, amely 1:1 méretű reaktortartály-darab.



3. ábra. Reaktortartály alsó hengeres része

Adatgyűjtő és kiértékelő rendszer

Az ultrahangos berendezés csatornáiról érkező jeleket, és a SI-ROCO 6U koordináta adatait számítógép gyűjti adatbázisba, az ULISES nevű programcsomag segítségével. A vizsgálati paraméterek lehetővé teszik a milliméterenkénti adatvételezést.

Az adatbázisban blokk, év, varrat és vizsgálati zóna szerint elkülönítve tároljuk az adatokat. A nagy pontosságú és az analízis vizsgálatok eredményei csatoltan, de megkülönböztetve kerülnek tárolásra.

A kiértékelés során a grafikus alprogram segítségével feljegyezzük az egyes reflektorok X, Y és Z koordinátáit, az erősítést és esetenként az Ø 4,0 mm KTR-hez (MKGY 5.9.1.4.4) tartozó L_x , L_y és L_z hosszakat (abszolút regisztrálási határ, ARH).

Összefoglalás

A paksi atomerőműnél 1990-ben kezdődtek a reaktortartályok vizsgálatával kapcsolatos fejlesztési munkák. A Nemzetközi Atomenergetikai Ügy-nökséggel és a Tecnatom spanyol céggel együttműködve, 1993-ban az új TriAs rendszerrel elvégeztük az első referencia vizsgálatot. 1994-ben sikeres évet zártunk, ugyanis valamennyi vizsgálatunk igazolta, hogy a TriAs rendszer alkalmas ellenőrzési feladatainak ellátására.

Az eredmények reprodukálhatók és összevethetők a belső vizsgálatokkal.

Az elkövetkező évek munkája fogja kialakítani a reaktortartályok reflektortérképeit. Az állapot megítéléséhez ezzel pontosabb és megbízhatóbb adatokat tudunk szolgáltatni.

952 053 159/160

A TriAs vizsgálatok első tapasztalatai

Dr. Pinczés János* – Palásti József*

A paksi reaktortartályokat az USZK berendezéssel vizsgáltuk legelőször. A technológiai korszerűsítés folyamatába a belső (Skoda, Tecnomat), illetve a külső (TriAs) vizsgálatok fejlesztése tartozik bele. 1993 második felétől az új külső vizsgálati technológiával kapott eredményeket tudjuk összehasonlítani a blokkok eddigi adataival.

A reaktortartályok vizsgálata

A TriAs rendszer a vizsgálatait 1993-ban a 3. blokk átrakása folyamán kezdte. 1994 végére valamennyi reaktortartályon végeztünk ellenőrzéseket a kijelölt területeken (1. ábra az 53. oldalon).

A vizsgálat éve	Blokk	A vizsgálati terület
1993	3.	5/6
1993	2.	5/6
1994	4.	3/5; 8/9, 10
1994	1.	5/6; 6/8; 8/9, 10
1994	3.	5/6; aktív zóna
1994	2.	1/2; 2/3

A vizsgálati területek kiválasztásának igazodni kellett a keretprogramok időszakos vizsgálati előírásaihoz (lásd az 51. oldalt), illetve a TriAs berendezés üzembe helyezési fázisaihoz. 1994 végére a négy reaktortartály hengeres részén elvégeztük valamennyi kötelezően előírt terület vizsgálatát, továbbá hasznos információkat gyűjtöttünk a TriAs rendszer működéséről.

A vizsgálati eredmények összehasonlítása

Ezideig a 3. sz. reaktortartály 5/6-os körvarrata (az aktív zónában) a legtöbbször vizsgált terület, hiszen ez volt a tárgya a referencia vizsgálatának, illetve a TriAs is itt végezte az első próbaüzemi vizsgálatát. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy mind vizsgálat közben, mind egy év múlva megismételve azt a TriAs megfelelő pontossággal képes a regisztrátumokat újra felderíteni (lásd az 57. és az 59. oldalt). A regisztrálási pontosságot nagymértékben befolyásolja a koordináta-rendszer kiinduló pontjának precíz megválasztása. A reaktortartályok hengeres részén kívül nincs semmilyen geometriai pont amihez tájolni lehetne, ezért a belső felületen regisztrálható

alakjeleket használjuk a pontos beállításhoz. Minden vizsgálat előtt a tartály belső felületén lévő aknamegvezető ékek, vagy a leválasztó perem alakjeleinek segítségével teljes pontossággal ellenőrizhető a koordináták helyessége.

Az 1. ábrán láthatók ilyen regisztrátumok grafikus ábrái. Az ékeket mindegyik vizsgálófejjel regisztrálni lehet. Eddig még nem végeztünk kellő számú regisztrálást ahhoz, hogy pontosabb statisztikát állítsunk össze, de az első tájékoztató eredmények már rendelkezésre állnak.

Eltérés a vizsgálófejek között:

X irányban: 7–16 mm

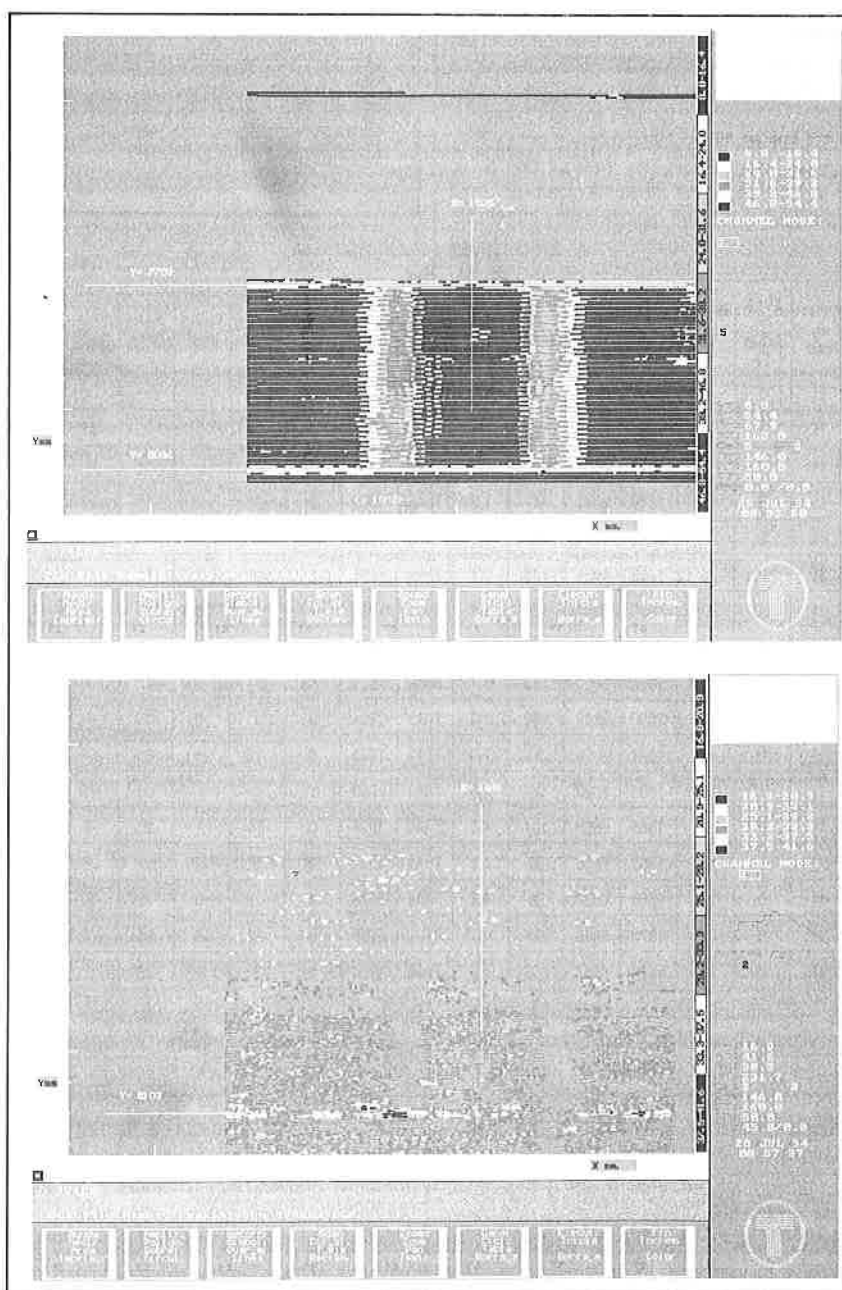
Y irányban: 5–7 mm

Eltérés a valós koordinátához:

X irányban: 17–33 mm

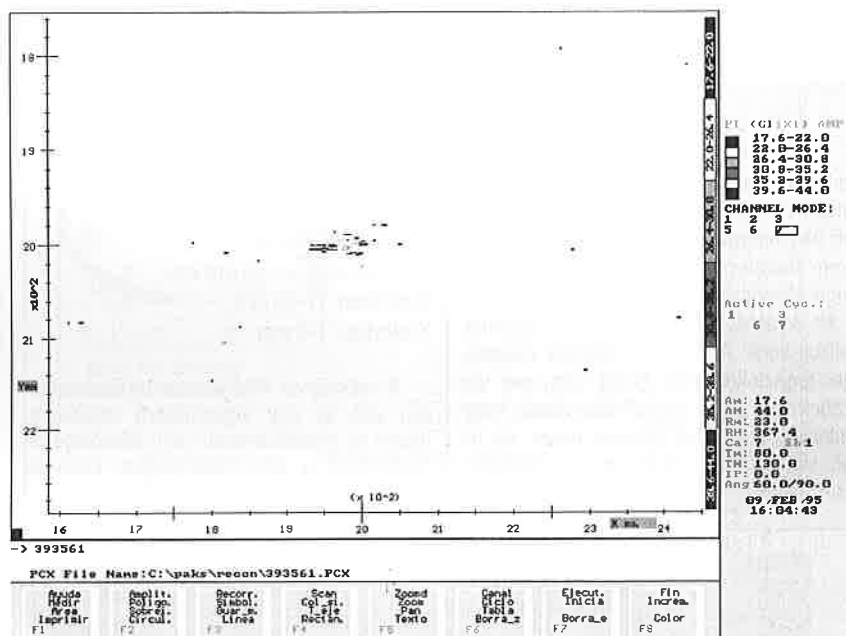
Y irányban: 1–8 mm

A valósághoz való pontosság természetesen erre az egy regisztrálásra vonatkozik, hiszen az adatok ismerete után tetszőlegesen módosítható a koordináta-rendszer kiindulási pontja.



1. ábra. Aknamegvezető ékek grafikus regisztrátumai

* Paksi Atomerőmű Rt.



2. ábra. A reflektor grafikus ábrája a vizsgálófejek szerint színezve

1. táblázat

Eredmények összehasonlítása

Reflektor sz.	Vizsg. fej szöge (°)	Besug. szöge (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	KTR (mm)	Vizsg. be- rend.	Vizsg. éve	X _n -X _{n-1} (mm)	Y _n -Y _{n-1} (mm)	Z _n -Z _{n-1} (mm)	X _n -X _i (mm)	Y _n -Y _i (mm)	Z _n -Z _i (mm)
11	0	0	1835	6867	99	3,9	TriAs	1994						
11	35	0	1837	6836	98	1,3	TriAs	1993	2	-31	-1	2	-31	-1
11	35	0	1847	6861	98	1,4	TriAs	1994	10	25	0	12	-6	-1
11	35	180	1849	6841	99	1,3	TriAs	1993	2	-20	0	14	-26	-1
11	0	0	1849	6844	99	3,8	TriAs	1993	0	3	1	14	-23	0
11	45	0	1849	6858	103	1,1	TriAs	1994	0	14	3	14	-9	3
11	60	0	1850	6841	100	1,5	TriAs	1993	1	-17	-3	15	-26	1
11	45	180	1851	6840	100	1,5	TriAs	1993	1	-1	-0	16	-27	0
11	0		1852	6860	102	7,1	SKIN	1991	1	20	2	17	-7	3
11	35	180	1860	6867	100	1,6	TriAs	1994	8	7	-3	25	0	0
11	45	0	1864	6839	98	1,0	TriAs	1993	5	-28	-1	29	-28	-1
11	60	180	1865	6839	99	1,6	TriAs	1993	1	0	1	30	-28	0
11	35	0	1865	6863	101	1,4	TriAs	1994	0	24	2	30	-4	2
11	0	180	1867	6866	99	4,1	TriAs	1994	2	3	-2	32	-1	0
11	0	180	1868	6837	99	4,2	TriAs	1993	1	-29	-0	33	-30	0
11	0		1873	6860	99	10,0	TRC	1989	5	23	-0	38	-7	0
11	45	180	1874	6867	102	1,5	TriAs	1994	1	7	3	39	0	3

Vizsgálataink bizonyították, hogy a reflektorok egyértelmű definiálásához többfajta vagy többszöri vizsgálatra van szükség, ezért a reflektor kifejezés definícióját át kell alakítanunk:

reflektornak tekinthetjük azt a regisztrátumot, amely egy vizsgálaton belül több besugárzási irányból, vagy több vizsgálat során azonos besugárzási irányból, vagy legalább két különböző vizsgálórendszer által lett rögzítve.

Az 1. táblázatban egy igen jól regisztrálható reflektor adatai láthatók. Kétféle különbséget számoltunk, az egyik az egyes elemek egymás közötti, a másik a kezdőhöz megadható differenciát tartalmazza. Ugyanennek a reflektornak a grafikus ábrája látható a 2. ábrán. Az egyes ciklusok által regisztrált pontok más-más színnel jelennek meg. Az ábrából leolvasható, hogy a különböző vizsgálófejek adataiból mekkora eltéréssel ábrázolja a rendszer az egyes reflektorok helyzetét.

A táblázatokból és a grafikus képekből meg tudjuk határozni, hogy az egyes, már reflektornak minősített, természetes anyagfolytonossági hiányok mekkora térfogatot foglalnak el és hol találhatók. Az eredményeket egy reflektor atlaszba fogjuk összefoglalni. A következő évek feladata, hogy a méretváltozást figyeljük, illetve az egyes kiválasztott reflektorok esetén a rendelkezésre álló információ mennyiségét növeljük, különböző speciális vizsgálati módszerek alkalmazásával.

Megállapíthatjuk azt is, hogy az esetek zömében a külső és belső vizsgálati eredmények jó egyezéssel összehasonlíthatók, figyelembe véve az alkalmazott technikák és technológiák különbségét.

Összefoglalás

Tapasztalatainkat összegezve megállapíthatjuk, hogy a TriAs rendszer beváltotta a hozzá fűzött reményeket. Az eddig üzembe helyezett alrendszerekkel mindenhol megfelelő minőségben elvégezhetők a vizsgálatok. Természetesen az ultrahangos vizsgálati technológiát tovább kell tökéletesíteni, bővíteni. A rendszer reprodukálási pontossága nem marad el az egyéb vizsgáló berendezések pontosságától. A vizsgálatok során több reflektornak minősíthető anyagfolytonossági hiány azonosítható.

952 055 160/161

ULTRAHANGOS

falvastagságmérők,
hagyományos
és digitális
vizsgálókészülékek,
vizsgálófejek

Az Ön partnere az
anyagvizsgálatban

GRIMAS®
IPARI
KERESKEDELEM

tel: 277-4470
fax: 276-0557

A TriAs rendszer megbízhatóságának elemzése

Fücsök Ferenc* – Palásti József**

Bevezetés

A VVER 440 típusú atomreaktorok külső vizsgálórendszerét a Paksi Atomerőmű Rt. az elmúlt években nagy mértékben átalakította és fejlesztette [lásd 53. old.]. A fejlesztésben a PA Rt.-én kívül spanyol és magyar közreműködők vettek részt. A fejlesztést pénzügyileg is támogatta a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség. A fejlesztés eredménye lett a TriAs rendszer. A rendszer egy éve üzemel, az első tapasztalatok már lezárhatók [lásd 55. old.] Természetesen felmerülő kérdés, hogy az új, még nem teljesen ismert és bejártatott rendszer mennyire megbízható. A megbízhatóság ellenőrzése az ultrahangos rendszer korrekt hitelesítésével nem biztosítható, hiszen a gépi vizsgálat több alkotóelemből áll. A rendszerhez tartozik a mechanikai mozgató szerkezet, az ultrahangos vizsgálóegység, az értékelő szoftver valamint az üzemeltést és értékelést végző személyzet is.

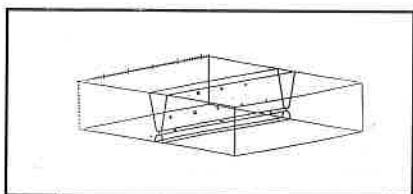
Az egész rendszer megbízhatóságának egyfajta elemzéséhez az Erőkar Rt. által gyártott, TR1 jelű, műhibás etalonot használtuk fel. A vizsgálatot először úgy végeztük el, hogy más vizsgáló módszerek és rendszerek eredményeivel hasonlítottuk össze a TriAs mérési eredményeket, erről számol be ez a cikk. Az elemzés folytatásának szánjuk, hogy az évente megismételt vizsgálatok eredményeit egymással is összehasonlítsuk, ezzel biztosítva a rendszer hatékonyságának állandóságát.

A TR1 etalon ismertetése

A TriAs rendszer fejlesztésének kezdetén már nyilvánvalóvá vált, hogy szükség lesz a reaktortest egy darabjának modelljére. Ez a modell el is készült, és pontos mása lett a reaktor hegesztési varratának és környezetének. A reaktortest azonos anyagból készült és azonos átmérőjű henger ívét tartalmazza. A hegesztési varrat alakja, és a hegesztés technológiája és a belső ív felületét borító plattírozás is azonos a paksi reaktorokéval.

A hegesztési varratba 13 db különböző méretű térfogatos hiba elhelyezését terveztük. A külső felületről számított első sorban 3 db gömbszerű zárványt helyeztünk el, a második sorban nagyobb gömbök voltak, a harmadik sorban pedig salakcsíkok, kötési- és gyökhibák.

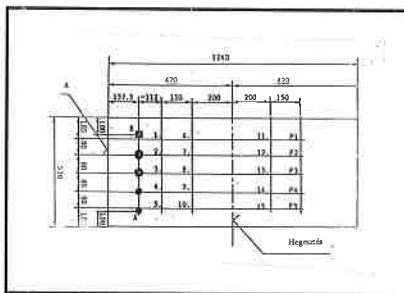
A tervezett hibák elhelyezkedésének térbeli vázlatát a 1. ábrán mutatjuk be. A hegesztés kivitelezése közben sajnos sok természetes hi-



1. ábra. A hegesztés tervezett hibái

ba is belekerült a varratba. Ezek a kézi vizsgálatokat nehezítették, de a gépi vizsgálat értékelése közben hasznos tapasztalatokat adtak.

A plattírozás elvégzése előtt 20 db repedésmodellt vágtunk szikraforgácsolással az alapanyagba, és elkészítettünk 5 db kis méretű leválás modellt is. Sajnos a plattírozás is tartalmaz nem tervezett hibákat. A plattírozás alatti hibák elhelyezkedésének vázlatát a 2. ábrán mutatjuk be.



2. ábra. A plattírozás alatti repedésmodellek helye

A TR1 etalon részletes ismertetését már egyszer megtettük [1], ezért most a további részletezéstől eltekintünk.

A modell elkészítésénél kitűzött célok a következők voltak:

- elkészíteni a reaktortest és hegesztési varratának 1:1 arányú részletét, különböző típusú és méretű műhibákkal,
- előállítani különböző méretű, mélységű és dőlési szögű plattírozás alatti repedésmodell,
- ellenőrizni a hegesztési varrat hibáira és a plattírozás alatti repedések kimutatására kidolgozott vizsgálati technológiát.

A TriAs rendszer elindítása után kiderült, hogy a modell más, további célokra is alkalmas:

- a vizsgálószemélyzet gyakoroltatására inaktív körülmények között,
- a reaktorvizsgálatok előtt és után a komplett rendszer működőképességének bizonyítására és ezzel a megbízható működés ellenőrzésére,
- a külső és belső vizsgálatok közti kapcsolat megteremtésére.

A modellt, a pontosabb megismerésért több, különféle módszerrel és eszközzel vizsgáltattuk meg. Az ilyen, többrésztvevős vizsgálatot round-robin tesztnak nevezzük. A mi vizsgálatunk végén kiderült, hogy nem lehet az összes eredményt összehasonlítani, ezért csak mini round-robin tesztnak (MRRT) nevezhetjük kísérletünket.

A MRRT-ben résztvevők és a használt módszerek és eszközök:

Erőkar Rt. kézi vizsgálat
Paksi Atomerőmű Rt. TriAs vizsgálórendszer
Skoda Co. SKIN vizsgálóberendezés

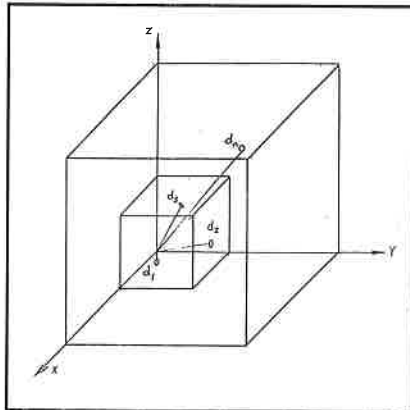
A kézi és a TriAs vizsgálat a külső, domború oldalról sugározta be a modellt, a SKIN berendezés a belső oldalról. Így lehetőségünk volt a külső és belső vizsgálatok eredményeinek összehasonlítására is.

A MRRT eredményeinek értékelése

A már felsorolt célok miatt a modellt még nem lehetett szétbontani, ezért nem ismerhetjük a benne lévő természetes és mesterséges hibák valódi helyét. A roncsolásmentes round-robin tesztek végén szét szokás darabolni a munkadarabokat, és ezzel az eredménnyel összehasonlítani a résztvevők méréseit. Ezt a módszert eddig még nem használhattuk, ezért más megoldást kellett keresni az értékeléshez. Az összehasonlítás módszere a következő volt:

A reflektorok jellemző adatait, a koordinátákat és az egyenértékű átmérőket átlagoltuk. Ezt a műveletet elvégeztük az összes reflektorra. Az így kapott eredményeket tekintettük a reflektorok valódi helyének és méretének.

Ez után a valódi hely koordinátái körül 1, 2, 3... n mm tűréssel egy tűrés kockát hoztunk létre, és megszámoltuk, hogy hány darab regisztrátum esik a kockán belülré. A 3. ábra mutatja a számítógép által végzett művelet geomet-



3. ábra. A tűrés kocka és növelése

riai vázlatát. Ezekre a regisztrátumokra kiszámítottuk az átlagos szórást. A számításához felhasznált formula:

$$S^2 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 + (y_i - y_m)^2 + (z_i - z_m)^2 + (d_i - d_m)^2$$

Ahol:

n = a regisztrátumok száma a tűrés kockában.

x_i, y_i, z_i = a reflektor mért koordinátája.

x_m, y_m, z_m = ugyanazon reflektor átlagos koordinátája.

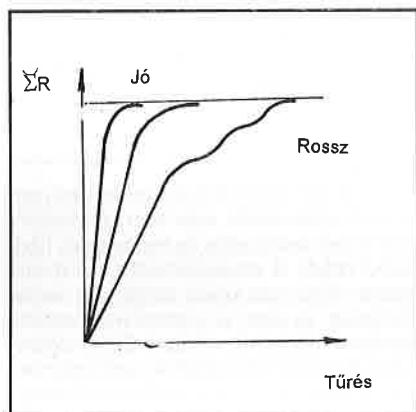
d_i = a reflektorral egyenértékű körtárcsa átmérője.

d_m = a reflektorral egyenértékű körtárcsa átlagos átmérője.

Ez után a tűrés függvényében ábrázoltuk a tűrés kockán belülré esett hibák számát és az átlagos szórást. Mivel mindegyik módszer különböző számú regisztrátumot készített, a hibák számát a módszer maximális számú regisztrátumának százalékában fejeztük ki. Így lehetett

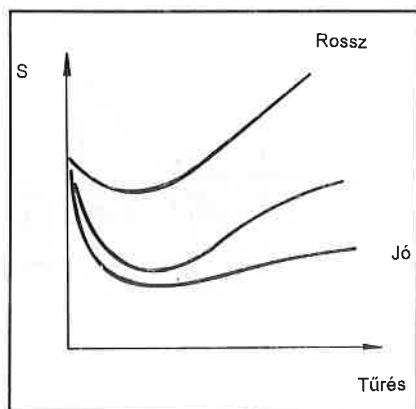
* Erőkar Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium
** Paksi Atomerőmű Rt. Anyagvizsgáló Osztály

összehasonlítást végezni az észlelt regisztrátumok számától függetlenül.



4. ábra. A regisztrátumok elvi változása a tűrés függvényében

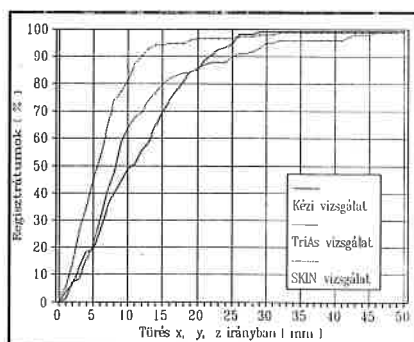
A 4. ábrán látható elvi görbék mutatják be a hibák számának változását a tűrés függvényében, az 5. ábra pedig bemutatja a megfelelő vagy a nem kielégítő pontosságú vizsgálatok átlagos szórását a tűrés függvényében. Ha összehasonlítjuk a MRRT értékelésének eredményeit az elvi görbékkel minősíthetjük a külön-



5. ábra. Az átlagos szórás elvi változása a tűrés függvényében

böző vizsgálatok pontosságát, és korrekt összehasonlításokat tehetünk.

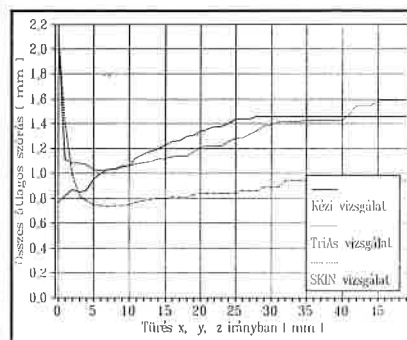
A 6. ábrán látható görbék a következőket mutatják: a párok száma a SKIN-teszt esetén növekszik a legmeredekebben. Feltételezzük, hogy ez a módszer a legpontosabb a három vizsgálat közül a helymeghatározás szempont-



6. ábra. A regisztrátumok száma a tűrés függvényében

jából. A kézi vizsgálatok görbéje kisebb tűrések-nél, 26 mm-nél éri el a 95%-os megfelelést, míg a SKIN-teszt 35 mm-nél. A TriAs-teszt jellemző görbéje meredeken emelkedik, nincs lényeges különbség a SKIN-teszthez viszonyítva, de a 80%-os egybeesés után lassan emelkedik és csak 45 mm-nél éri el a 95%-ot. Véleményünk szerint ez az újonnan fejlesztett és még nem bejáratott rendszer jellemzője. Kismértékű finomítás után minden bizonnyal közelebb kerül a már bejáratott SKIN módszer eredményeihez.

A 7. ábrán látható átlagos szórás eredményei alátámasztják a fenti megállapításokat. A legkisebb szórása a nagy mérési tapasztalatokkal rendelkező SKIN-rendszernek van. A TriAs rendszer szórása 1,5-2-szeres, de abszolút értékben nem nagy, alig haladja meg a $\pm 1,5$ mm-t.



7. ábra. Az átlagos szórás a tűrés függvényében

Mint az várható volt, a kézi vizsgálatok szórása a legrosszabb.

A cikk elején említettük, hogy a SKIN vizsgálat belülről a TriAs vizsgálat pedig kívülről vizsgálja a reaktort, így megállapíthatjuk, hogy a külső felület felüli vizsgálati módszer az etalon hibáinak feltárásában közel egyenértékű a belső vizsgálat megbízhatóságával és pontosságával.

Az értékelés új lehetőségei

A vizsgálatok eredményeinek értékelése nehézségekbe ütközik, akkor, ha sok mérési adatot kell figyelembe venni. Ezt a problémát már akkor észleltük, amikor a 8 csatornával vizsgáló TriAs rendszer eredményeit értékeltük.

A 6. ECNDT konferencián több előadó foglalkozott a multi-szenzoros roncsolásmentes vizsgálatok eredményeinek értékelésével és az adatfúzió néven ismert módszert ajánlották a megoldásra [2].

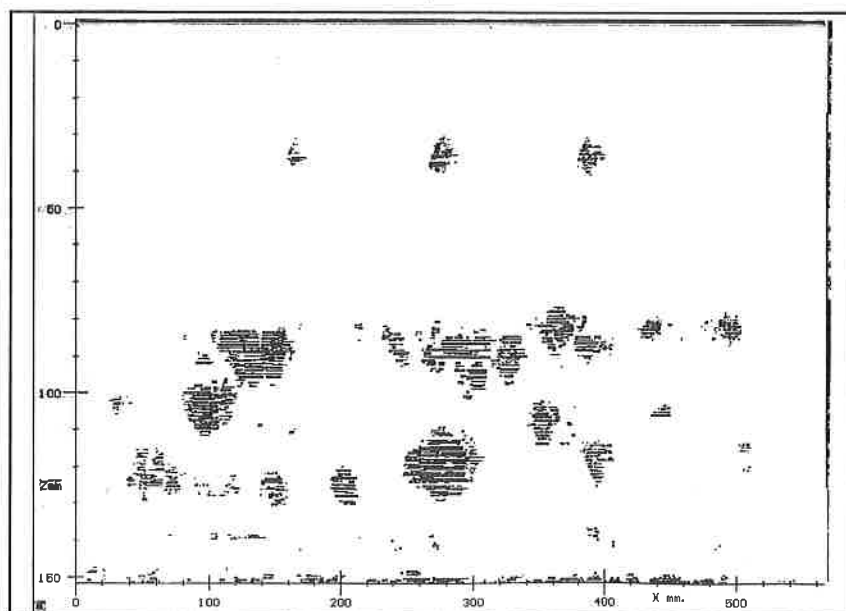
Az adatfúzió a több érzékelő által szolgáltatott információ együttes, egyidejű felhasználását jelenti, hogy együtt biztosítsák egy feladat teljesítését. Az adatfúziót napjainkban sok helyen alkalmazzák különféle célokra. Például a robotok vezérlésénél, alakfelismerő programoknál, roncsolásmentes vizsgálatok értékelésénél, célkövetésnél használják fel a megbízhatóság növelésére.

Az egyféle érzékelő által szolgáltatott információ általában korlátozott és gyakran kicsi a pontossága. Több szenzor alkalmazása az egyik módja annak, hogy növeljük az érzékelés pontosságát és megbízhatóságát. Emellett további információt biztosít a felhasználónak arról a környezetről ahol az érzékelő működik.

A légtér ellenőrzésére használt radarok adatintegrálása és fúziója jó példa az említettekre. Egy radar szolgáltatott információ alapján észlelhetjük, hogy a légtérben egy repülő tárgy van. Két radar használata esetén meghatározhatjuk a repülőgép helyzetét, magasságát és sebességét is. A két adathalmaz összevetésével a kezelő értékeesebb és megbízhatóbb adatokhoz juthat.

Mint az várható volt, az érzékelők számának növelése nagymértékben növelte az adatmennyiséget, ami hatékony és gyors adatfeldolgozást követel meg. Különböző fúziós stratégiákat dolgoztak ki az adatfeldolgozásra. Ezek közül természetesen nem mindegyik alkalmas a roncsolásmentes vizsgálatoknál használatos érzékelők jeleinek feldolgozására.

A felhasználható módszerek közül a statisztikai átlagolás látszik a legegyszerűbbnek, ha azonos típusú vizsgálat, például ultrahangos vizsgálófejek adatait kell feldolgozni.



8. ábra. A TRI etalon hegesztésének keresztmetszete adatfúziós értékeléssel.

Ha valamilyen jelértékelő szoftver vagy a radiológiai vizsgálat kétdimenziós képet szolgáltat, akkor a képek pixelenként vonhatók össze. Ez a módszer segít kezelni azt az esetet, ha több vizsgálat képei elárasztják az értékelő szakembert.

A TriAs rendszer jelfeldolgozó szoftverét az ULISES programot a spanyol Tecnomat cég szállította. A reaktor vizsgálatára, így a TR1 etalon hegesztési varratának vizsgálatára is nyolc csatornát használtunk. E nyolc csatorna értékelése után nyert C- és D-képeket vontuk össze egy-egy képpé pixelenként statisztikai átlagolással. A keresztmetszeti, D-kép átlagolásának eredményét a 8. ábrán mutatjuk be. A kép jól

mutatja, hogy a tervezett műhibák mellett számos természetes hiba is van a varratban. Az átlagolás során az is kiderült, hogy a módszer zajszerűsége is kiválóan alkalmas.

Természetesen elkezdődött a munkát más fúziós módszer kipróbálására is. A fuzzy-logic elméletre alapozott módszer biztat a legjobban használható eredménnyel, mert az alkalmazott technikák és technológiák megbízhatóságát is figyelembe veszi.

Összefoglalás

Az elvégzett elemzések bizonyították, hogy a TriAs rendszer alkalmas a reaktortest megbíz-

ható és rekonstruálható vizsgálatára. Az eredmények összevethetőek a reaktor belső vizsgálatának eredményeivel. A modell elemzésénél használt módszerek, különösen a megfelelő adatfúziós elemzés, alkalmazhatóak lesznek a reaktortest vizsgálatánál is, és eszközei lehetnek egy szakértői rendszernek.

952 057 003/160

Irodalom

- [1] Fücsök Ferenc–Palásti József: A reaktortest-modell ultrahangos vizsgálatai, Gép 1994. március 44–48. old. (á. 7. h. 3.)
- [2] X. E. Gros, P. Strachan, D. Lowden, I. Edwards: NDT Data Fusion. Proc. of 6th ECNDT 24–28 October 1994. Nice, France pp. 355–359.

Reaktortartály-vizsgálatok eredményeinek értékelése

Dr. Pinczés János*

Bevezetés

A reaktortartály külső vizsgálatánál alkalmazott USZK rendszer kiváltása a TriAs rendszerrel új lehetőségeket teremt a tartályok állapotának figyelése terén (lásd az 55. oldalon). Az USZK rendszer alapvető feladata a tervező által veszélyesnek ítélt hibák felderítése volt, (lásd az 51. oldalon).

Az USZK alkalmazásakor az anyagvizsgálónak az ultrahangos (UH) képernyő alapján azonnal döntenie kellett a reflexió további „sorsáról”. A rendszer csak kézi adatregisztrációra volt alkalmas.

A TriAs vizsgálatok során alkalmazott UH vizsgálófejek, illetve az automatikus gépi adatgyűjtés eredményeként hatalmas mértékben megnőtt a tartályok állapotáról rendelkezésünkre álló információ, (lásd az 53. és az 55. oldalon). Az eddigi „hibakereső” vizsgálatot felváltotta az állapotfigyelő vizsgálat. A TriAs rendszerre jellemző igen jó jel/zaj viszony lehetővé teszi a viszonylag kis méretű reflexiók felderítését is, ami megfelelő alapot szolgáltat a reflexiók statisztikai feldolgozásához. Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy speciális kritériumok alapján célszerű kiszűrni az egyértelműen megjelenő reflektorokat a felvételen szereplő egyéb jelek közül (lásd az 55. oldalon). Ez azért lényeges, mert másképp kell értelmezni az egyszeri vizsgálatok során keletkező információt, illetve a többszörösen igazoltan jelenlévő reflektorokra jellemző adatokat.

A reflektorok jellemzői

Amikor reflektorokról (reflexiókról) beszélünk, általában azok egyedi jellemzőire gondolunk. Ilyen egyedi jellemzők:

- a reflektor jellege (típusa);
- a reflektor mérete;
- a reflektor helye;
- a reflektor „életrajza”.

Hibakereső eljárások esetén a reflektor fejlődésére vonatkozóan általában nem rendelkezünk információval. Állapotfigyelő vizsgálatok során ez a négy jellemző közel azonos rangra emelkedik.

Állapotfigyelés során új tényezőként jelennek meg a reflektorhalmazok jellemzői. A vizsgált területen elhelyezkedő reflektorok alapvető csoportosított jellemzői:

- a reflektorok mennyisége;
- a területen belüli eloszlásuk;
- nagyság szerinti eloszlás;
- a csoportok „életrajza”.

Az állapotfigyelésre, állapotértékelésre kiépülő adatbázis – a jelenlegi elképzeléseink szerint – a fenti jellemzők köré csoportosítva működhet sikeresen.

Az állapotfigyelés alapvető feltételei

A reflektorok, reflektorcsoportok jellemzőinek pontos feltérképezéséhez elengedhetetlen a következő feltételek megléte:

- megfelelő mennyiségű vizsgálat;
- fejlett vizsgálóeszközök;
- fejlett vizsgálati technológia;
- gépi alapértékelés;
- statisztikai kiértékelési rendszer.

Ezen feltételek jelentős része rendelkezésre áll a reaktorvizsgálatok során. Hosszabb távon (4–5 év) az automatikus gépi vizsgálatokra alapozva kiépíthető egy komplex számítógépes adatbázis, amely gyors és megbízható adatszolgáltatásra képes.

Az eddigi eredmények összegzése

A TriAs rendszerrel végzett közel két éves munka során sok tapasztalatot sikerült összegyűjteni. Jelenleg ezen tapasztalatok általánosítása, pontosítása folyik.

A reflektorok egyedi jellemzőivel kapcsolatban a következő tapasztalatokat szűrtük le:

1. Eddig (1995. március) csupán egyetlen varrat van, amelyet a TriAs rendszerrel, két egymást követő évben vizsgáltunk (1993 és 1994). Lényegében csak ezt a varratot vehetjük alapul – a reflektorok általunk megfogalmazott kritériumai miatt (lásd az 55. oldalon) – a részletesebb értékeléseknél. Ugyanakkor megállapítható, hogy az itt feltárt összefüggések jellemzőek a többi varratnál eddig „csak” reflexióként kezelt jelekre is.

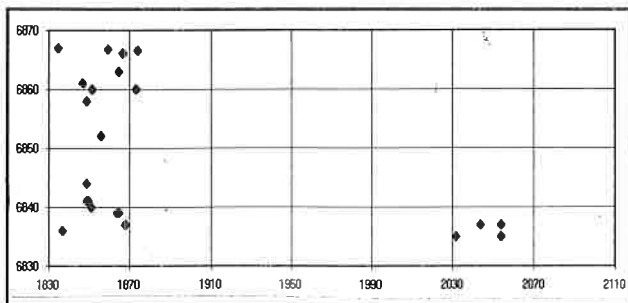
2. A különböző, egymástól teljesen független vizsgálatok – (pl. külső és belső vizsgálat, illetve két különböző évben végzett TriAs vizsgálat) – során kapott koordináták, az egyértelműen reflektorként jelölt jelek esetén, jó megfelelést mutatnak. A fentebb említett varratnál található két reflektor (11. és 41. sorszámuak) fontosabb adatait az 1. táblázat tartalmazza. A 11. számú reflektort gyakorlatilag 7 független vizsgálat során regisztráltuk. Ezen reflektor elhelyezkedésére vonatkozóan szemléletes képet ad az 1. ábra, ahol X-Y koordináta-rendszerben, illetve a 2. ábra, ahol X-Z koordináta-rendszerben láthatóak a táblázatbeli adatok. Az 1983-as adatok a beszállításkor végzett kézi vizsgálat eredményeit tükrözik. A gépi vizsgálatok között fellelhető koordináta-eltérések alapvetően a kiindulási koordináták felvételekor elkövetett apróbb hibákra vezethetők vissza. A 2. ábrán látható, hogy a viszonylag nagy mélység és a különböző besugárzási szög ellenére a mélységkoordináták (Z) között minimális eltérés tapasztalható.

Az itt bemutatott eltérések (pontosság) jellemzőek az eddig elvégzett többi vizsgálat során is. Erre alapozva foglalmaztuk meg a reflektorokra vonatkozó kritériumokat is.

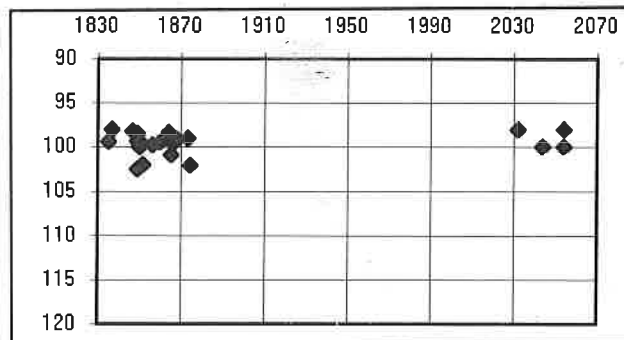
* Paksi Atomerőmű Rt.

Reflektor sorszáma	Sorszám az adatbázisban	Vizsgálófej besug. szög, °	Besugárzási irány	X, mm	Y, mm	Z, mm	DKTRkr (korrigált), mm	Vizsgálat éve
11	32	0	0	1835	6867	99	3,9	1994
11	8	35	0	1837	6836	98	1,3	1993
11	16	35	0	1847	6861	98	1,4	1994
11	9	35	180	1849	6841	99	1,3	1993
11	10	0	0	1849	6844	99	3,8	1993
11	22	45	0	1849	6858	103	1,1	1994
11	11	60	0	1850	6841	100	1,5	1993
11	12	45	180	1851	6840	100	1,5	1993
11	14	0		1852	6860	102	7,1	1993
11	2	35	180	1860	6867	100	1,6	1994
11	13	45	0	1864	6839	98	1,0	1993
11	14	60	180	1865	6839	99	1,6	1993
11	15	35	0	1865	6863	101	1,4	1994
11	9	0	180	1867	6866	99	4,1	1994
11	15	0	180	1868	6837	99	4,2	1993
11	14	0		1873	6860	99	10,0	1989
11	4	45	180	1874	6867	102	1,5	1994
11	1			2032	6835	98	4,2	1983
11	2			2044	6837	100	3,0	1983
11	3			2044	6837	100	4,0	1983
11	4			2054	6835	98	3,0	1983
11	5			2054	6837	100	3,8	1983
11	6			2054	6837	100	4,5	1983
41	2	0		11125	6900	106	8,5	1991
41	2	0		11142	6895	94	12,0	1989
41	60	35	0	11144	6874	102	1,1	1993
41	59	35	180	11144	6873	102	1,1	1993
41	61	45	180	11147	6871	107	1,0	1993
41	62	0	0	11148	6874	102	2,9	1993
41	63	0	180	11162	6877	102	2,9	1993
41	37	0	0	11164	6901	103	3,9	1994
41	64	45	0	11167	6876	103	1,0	1993
41	35	45	0	11171	6899	102	1,3	1994
41	12	0	180	11174	6899	102	3,9	1994
41	10			11231	6903	98	2,0	1983
41	12			11231	6903	102	2,5	1983
41	11			11231	6903	102	3,6	1983
41	13			11231	6870	100	4,5	1983

1. táblázat. A 11. és 42. sorszámú reflektorok fontosabb adatai



1. ábra. A 11. reflektor elhelyezkedése az X-Y koordináta-rendszerben



2. ábra. A 11. reflektor elhelyezkedése az X-Z koordináta-rendszerben

3. A reflektorok típusára vonatkozóan a jelenlegi TriAs technológia kevésbé kidolgozott. A most készülő fejlesztések ezen a téren is minőségi előrelépést tesznek lehetővé.

Az eddigi tapasztalatok szerint az alapanyagban feltárt reflektorok kivétel nélkül térfogatos jellegűek. A plattírozás és az alapanyag határfeületén plattírozástapadási rendellenességeket tártunk fel. Ez főleg az I-es tartályra jellemző.

4. Az egyes reflektorok méretére, illetve „életrajzára” vonatkozó információk alapjait most rakjuk le. Az 1. táblázatban szereplő két reflektor adatai jól mutatják, hogy a belső vizsgálat és az egyéb (TriAs és kézi) vizsgálatok méretmeghatározásának eredménye jelentősen eltér egymástól (merőleges fej). Mai álláspontunk szerint az adott reflektorok valós méretét illetően a TriAs és kézi vizsgálatok eredményei járnak közelebb a valósághoz.

A reflektorok csoportos jellemzőinek elemzésekor a következő tapasztalatokra tettünk szert:

1. A reflektorok területi elhelyezkedésére vonatkozó általános következtetések leszűréséhez még nem áll elég adat a rendelkezésünkre. Várhatóan az év (1995) végére jutunk olyan adatbázishoz, amely segítségével az UH vizsgálatok alapján is kijelölhetjük a tartályok „reflektorok által sűrűn lakott” területeit, illetve a tartályok állapota szempontjából érdekes reflektorok körzeteit. Az már most megállapítható, hogy a plattírozástapadási anomáliák külön kérdéskört alkotnak.

2. A nagyság szerint eloszlás vizsgálata mind a reflektorok, mind a reflexiók esetében elvégezhető. Az eddigi elemzések alapján leszűrt tapasztalatok:

- a reflektorok többfajta statisztikai eloszlással is leírhatók mind elméletileg, mind gyakorlatilag;
- az általánosan használható eloszlás az exponenciális. Alapvető formája az adott esetben:

$$N = N_0 \cdot \exp[-\lambda(D-D_0)]$$

ahol

N – az adott osztályba tartozó reflektorok száma;

N_0 – szórótényező (pl. legjobb illeszkedés alapján);

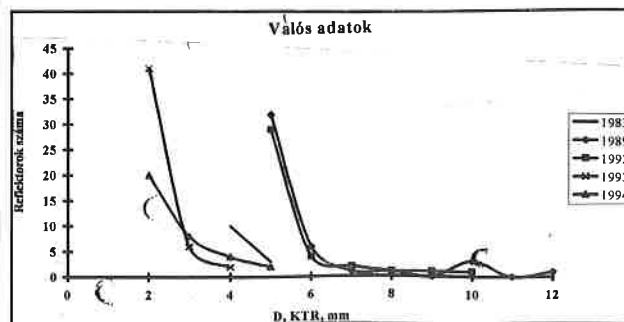
λ – valószínűségi változó;

D – ekvivalens D_{KTR} ;

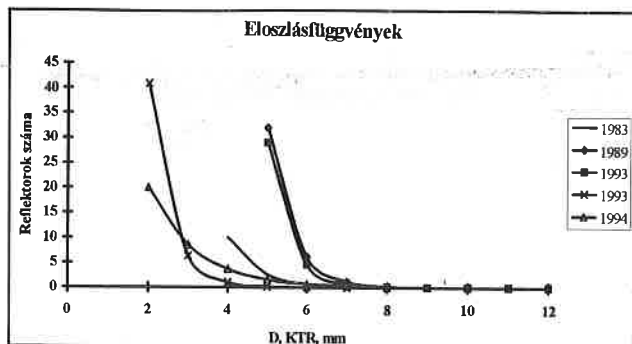
D_0 – „érzékenységi” szint.

A 3. ábrán az eredeti adatok alapján készült eloszlások láthatók (a TriAs rendszerrel kétszer vizsgált varrat esetén). A 4. ábra az optimalizált exponenciális eloszlásokat mutatja ugyanezen adatbázis esetén.

A szakirodalomban az állapotfigyelés területén – a TriAs vizsgálatok eredményeinek feldolgozása során alkalmazott módszerektől függetlenül – hasonló eloszlások bevezetésére található javaslat [5].



3. ábra. Valós eloszlások



4. ábra. Exponenciális eloszlások

3. Az eloszlásfüggvények alapján levonható néhány következtetés:

– az egyes gépi vizsgálatok eredményei alapvetően a D_0 érzékenységi szintben térnek el egymástól;

– az egyes vizsgálatcsoportokon belül (pl. TriAs) kimutatható a technológiai-váltás hatása (pl. értékelés módszerében történő változás). Ez igen fontos szempont lehet az egyes évek eredményeinek összehasonlítása során, illetve az új vizsgálatok eredményeinek elfogadásakor.

952 059 161

Irodalom

- [1] *Palásti József–Dr. Pinczés János: A TriAs vizsgálatok kezdeti tapasztalatai. (Előadás; TriAs '93 konferencia, Paks; 1993)*
- [2] *Dr. Pinczés János: A reaktortartály ultrahangos vizsgálata. (Előadás; II. Diagnosztikai továbbképzés, Balatonfüred; 1993. 11. 22.–11. 25.)*
- [3] *Dr. Pinczés János: Az I. blokki reaktortartályon eddig végzett ultrahangos vizsgálatok elemzése, néhány gondolat a tartály állapotáról. (Előadás; III. Diagnosztikai továbbképzés, Balatonfüred; 1995. 01. 30.–02. 01.)*
- [4] *Dr. János Pinczés: Conclusion of 1 year TriAs operation (Előadás; TriAs '95 konferencia, Paks; 1995. 02. 14.–02. 15.)*
- [5] *Dr. Rittinger János: A roncsolásmentes vizsgálat komplex fejlesztése állapotellenőrzés számára. (Előadás; III. Diagnosztikai továbbképzés, Balatonfüred; 1995. 01. 30–02. 01. és lapunk 49. oldalán.)*

Csonkmodell megvalósítása az ultrahangos vizsgálat fejlesztéséhez

Tarnai György*

Mire vállalkoztunk?

A reaktortartályok időszakos ellenőrzésében 1993-ban bevezetésre került – a PA Rt. által koordinált és a NAÜ által támogatott fejlesztési program keretében – az új ultrahangos vizsgálórendszer.

A fejlesztés első szakaszában – elsősorban – az volt a kitűzött cél, hogy az USZK által ellenőrzött anyagrézrész ultrahangos vizsgálatát korszerűen, reprodukálható módon és üzembiztos körülmények között lehessen elvégezni.

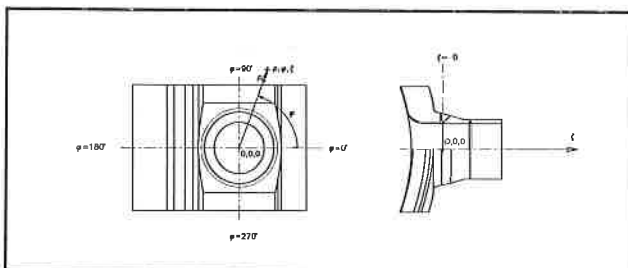
A munka során – természetesen – a PA Rt. már számolt a nemzetközileg elfogadott igényekkel is. A korszerűsítési tervekben megfogalmazódtak a reaktortartály vizsgálatfejlesztésben szándékolt folytatás legfontosabb irányai, melyeket az első lépésben megteremtett ultrahangos feltételekre lehet alapozni.

Az előbbieknél megfelelően került előtérbe a reaktortartály ellenőrzésének egyik kritikus feladata, a **csonkok és** – tágabb értelemben vett – **környezetük** vizsgálata.

Ezen a területen a geometria, a plattírozás, a tranzienis kötés és az ausztenites hőhatásövezet összetett vizsgálati problémát jelent. Ezért a kidolgozott vizsgálattechnológiák érzékenysége, csak az erre a célra kifejlesztett, gyártott speciális etalonok segítségével igazolható, illetve fejleszthető.

A Welmat, a PA Rt. megrendelése alapján, arra vállalkozott, hogy elkészít egy csomómodell etalomegyüttest, amely anyagában, geometriai, illetve gyártástechnológiai jellemzőiben elfogadhatóan azonos a valós helyzettel és egy tervezett műhibarendszert tartalmaz.

A kialakításra kerülő **modell** a reaktortartály főkeringtető vezetékehez tartozó **reaktorcsonkból** (egy 1200×1700 mm-es palástdarabbal), az



1. ábra.

* Welmal

átmeneti kötésből, az ún. **első kötésből** illetve a vizsgálatok modellezéséhez szükséges hosszúságú **csőszakaszokból** áll (1. ábra).

Az ábrán – két nézetben – látható a csonkmodell és a koordinátarendszer, amely a műhibák pozicionálását szolgálja.

A munkát két – egymással szorosan összetartozó – feladatra lehet bontani,

- a csónkmodell funkcionális megtervezésére, amelynek kulcsfontosságú része a műhibarendszer megtervezése, és
- az átadott részegységek (reaktorcsónk, közdarab és egy NA 500-as csőszakasz) felhasználásával, a csónkmodell elkészítésére.

A modell kialakítása még nem fejeződött be. Előadásunkban a tervezési munkáról és a gyártás, jelen állapotához tartozó tapasztalatairól és a tervekről kívánunk beszámolni.

Először – a műhibarendszer megtervezése előtt – összegeztük a csonkmodell legfontosabb alkalmazási területeit.

A csonkmodell felhasználásával tervezett vizsgálatfejlesztés elsődleges célja a hibakimutatás érzékenységeinek, reprodukálhatóságának a növelése. Az elhelyezett műhibák segítségével el kell érni, hogy az alkalmazásra kerülő ultrahangos vizsgálattechnológiák – az adott technikai lehetőségek mellett – maximális vizsgálati biztonságot adjanak az anyaghiányok kimutatásában. A csonkmodellben elvégezhető mérésekkel lehet, kell igazolni, hogy a vizsgálati követelményeket kielégíti az adott technológia. A technikai lehetőségek fejlődése, az igények növekedése, magával hozza a technológiai változásokat is. A műhibarendszernek ezért a várható követelményeket kell modellezni.

Az ultrahangos eljárás sajátosságaiból következik, hogy a vizsgálati eredmények – ún. kisreflektorok esetében – az ismert mérőszámokban kifejezett reflexióképesség meghatározásán alapulnak. Világszerte keresik, fejlesztik azokat a módszereket, amellyel még lehet növelni az ultrahangos ellenőrzés információtartalmát. Az egyszerűbb eljárásoknál a rutin ellenőrzés során rögzített eredmények feldolgozásával (grafikus megjelenítésével stb.) javítják az értelmezési lehetőséget. Más esetben a pontosságra kijelölt részeket újra vizsgálják az eredetileg alkalmazott eszközökkel, de eltérő paraméterekkel (pl. sűrített lépésekkel). Az analízis legfejlettebb formájában, a kiemelt fontosságú helyeken megismételt vizsgálatoknál, speciális módszereket (hardvert, szoftvert) alkalmaznak.

A PA Rt. célkitűzésében is szerepel az analízissal kapcsolatos nemzetközi kutatások eredményeinek az átvétele. A csonkmodell – részben – ezeknek a módszereknek a bevezetését is szolgálja.

Az időszakos vizsgálatok során – gyakorlatilag – csak repedések keletkezését, méretnövekedését kívánjuk ellenőrizni. A vizsgálatfejlesztés célja az, hogy ezen a területen legyen a leghatékonyabb az ellenőrzési biztonság. A fejlesztés egyik legfontosabb célkitűzése az, hogy – az

ultrahangos vizsgálatok eredményei alapján – felismert repedésszerű anyagihiányok sorsáról, műszaki-gazdasági szempontból megalapozott döntés születessen.

Az ultrahangos vizsgálat eredményességét befolyásolhatja, hogy a külső, vagy a belső felület felől végzik. A kritikus követelmények (hely, hibatípus stb.) szempontjából célszerű lenne összehasonlítani a két eljárás valós lehetőségeit.

Általánosan fogalmazva, a *csonkmodell etaloncsoport* alkalmazható – gondosan megtervezett, gyártott formában – a különböző vizsgálati technológiák analízisére, összehasonlítására. A műhibarendszer megtervezésénél ennek a szempontnak is érvényesülnie kell.

A lehetséges anyagihiányok számbavétele

Ez követően azt mértük fel, hogy *hol és milyen típusú anyagihiányok modellezése merülhet fel*.

A csonkrészben – elsősorban – a belső felületén kialakuló repedések kimutatása a vizsgálati cél. A repedések ellenőrzése az egész ívelt felületen indokolt. Az ultrahangos vizsgálatot célszerű kiterjeszteni a csonk palástkörnyezetére is. A belső felületről kiinduló repedésszerű anyagihiányok mélysége a felületi hibáktól a plattírozás alatti részbe beérő mélységig terjedhet.

Felmerülhet a plattírozás alatti repedések modellezése is. Ezeket csak fedett anyagihiányokkal lehet jól szimulálni.

A repedések (*hornyok*) felülettel bezárt szöge a 90 fokot, tájoltsága a forgástengely, illetve erre merőleges irányt közelíti meg a legjobban.

A plattírozás tapadási hibáját, felülettel párhuzamosan *lapkák behégesztése* közelíti meg a legjobban.

Az átmeneti kötés önmagában is több részre osztható a műhibarendszer szempontjából, mégpedig:

- a kötés előtti belső csőfelületre, amely a hőhatásövezetet meghaladóan 20–30 mm-re is kiterjedhet. Plattírozott a felület. A kötésnek ezen a részén a belső felületről kiinduló repedések kimutatása a cél. A repedésszerű reflektorok maximális mélysége a plattírozási réteget meghaladó is lehet. A repedéseket a körvarrattal párhuzamosan célszerű elhelyezni. A reflektorok felülettel bezárt szöge, részben 90 fokos, részben a varratlakot követő lehet.
 - a varrat csonk felőli részére, amely szövetszerkezeti okokból is, geometriai okokból is fontos területe az ultrahangos technológiának. A varrat belső felülete felőli részét (gyökét) a repedés kialakulása miatt, a belső részét – elsősorban – az összeolvadási hibák, illetve ezek méretváltozása miatt szükséges vizsgálni. A felületről kiinduló, repedésszerű műhibák az előbb ismertetett formát, méretet, az összeolvadási hibát szimuláló reflektorok a varratlakot követhetik.
 - a heterogén varratnak az ausztenites cső felőli részére. Geometriai és hegesztéstechnikai okokból is célszerűnek látszik az itt kialakítandó hibákat – a tervezés szempontjából – külön kezelni. A reflektorok típusa, elhelyezésmódja ugyan hasonló az előbbieken leírtakkal, azonban a feltételezhető hiba-kialakulás valószínűsége jelentősen eltér.
 - a kötés követő csőfelületre, amely a hőhatásövezetet meghaladóan 20–30 mm-re is kiterjedhet. A cső ausztenites alapanyagú. A belső felületről kiinduló repedések kimutatása a vizsgálati feladat. A kötés előtti, illetve utáni műhibák kimutatásának az összehasonlítása – az ultrahangos módszer érzékenységének a felmérésén túlmenően – a plattírozás hatásának a vizsgálatára is lehetőséget nyújt.
- Az ún. első varrat jelzése arra utal, hogy ez a főkeringtető vezeték első olyan hegesztett kötése, ahol a varrat két azonos geometriájú, illetve anyagú csőszakaszt köt össze. A csonkmodellnek ez a része a főkeringtető vezeték hegesztett kötéseinek – nagy fontosságú – ultrahangos vizsgálatfejlesztését fogja szolgálni.

Az elhelyezésre kerülő műhibák jellemzői

- A belső felületről kiinduló repedésszerű hibákat – az előbbieken jelzett módon – célszerű elhelyezni. Feladatuk is hasonló, a gyök környezetének az ellenőrzését segítik.
- A varrat hőhatásövezeténél az öntött szövetszerkezet hatására – ultrahangos szempontból – rossz jel/zaj viszony alakul ki. Az ezzel összefüggő érzékenységi korlátok felméréshez, csökkentéséhez – az összeolvadás határába rakott – *síkszerű reflektorok* kellenek. Ezek elhelyezéséhez speciális technológia szükséges.

- Felmerülhet más belső anyaghibák, pl.: a *térfogatos, gyártási hibából kiinduló repedések* modellezésének az igénye is. Az ilyen típusú reflektorokat csak speciális technológiával lehet kialakítani.
- Tervezésen elhelyezett *természetes hibákat* (hegesztési hibákat) is tartalmazhat a kötés.

Vizsgálati előírások, követelmények

A csonkmodell műhibarendszerének a megtervezésénél több, részben összefüggő, ultrahangos vizsgálati követelményt célszerű figyelembe venni.

A hazai ultrahangos ellenőrzések előírásai – értelemszerűen – a gyártó részéről megadott követelményeken alapulnak. Az ultrahangos vizsgálatok regisztrálási, illetve hibahatára a tervező, a gyártó által meghatározott mértéknek felel meg.

Az utóbbi évek vizsgálatfejlesztési folyamata az ellenőrzés technológiáját, az eredmények értékelését is érintik. Célszerűnek látszik a hazai reaktortartályok időszakos ellenőrzésénél is áttérni a – nemzetközileg elfogadott – *ASME előírásokra*. Másrészt a gyakorlatban nem szokatlan, hogy – az irányadó, átfogó előírások mellett (pl.: ASME) – a szállító minőségi követelményeit is ki kell elégíteni.

A hasonló eszközökkel kapcsolatos *nemzetközi gyakorlatot* is áttekin tettük, bár a csonkmodell, illetve a benne megvalósuló reflektorcsoport – elsősorban – a hazai vizsgálatfejlesztés eszköze lesz. Számolni kell azonban azzal, hogy a PA Rt. ezen a területen is be fog kapcsolódni a nemzetközi, több országot átfogó, koordinált fejlesztési tevékenységbe.

Ismeretes, hogy az atomerőművi ultrahangos ellenőrzés – fokozott követelményű – eszközeit, módszereit folyamatosan fejlesztik világszerte. A nemzetközi kutatások egyik vállalkozása a NAÜ, PISC néven jegyzett, programja. A PISC III célkitűzésében meghatározott témák között szerepel, például, az átmeneti kötés vizsgálata is. A kiadott jelentésekből arra lehet következtetni, hogy a *hazai csonkmodell terveinél előnyös a PISC-módszereket, eredményeket is figyelembe venni*.

A csonkmodell műhibarendszerének szoros összefüggésben kell lennie az – esetlegesen – kialakuló repedésszerű anyagihiányok (repedésszerű hibák) jellemzőivel.

Az *igénybevétel* alapján ki lehet jelölni azokat a helyeket, ahol a repedés kialakulásának valószínűsége nagyobb a többinél (pl.: belső felületről kiinduló feszültségkorrozíós repedések). Hasonló megfontolásokat lehet tenni a *gyártásra* visszavezethető anyagihiányok helyeire is (pl.: plattírozás alatti repedések). Mivel, esetenként, a két megmondolás eredménye azonos helyre utalhat, meg lehet határozni elméleti alapon az – ellenőrzés szempontjából – legfontosabb területeket.

A műhibarendszer megtervezésénél fel lehet használni a *meghibásodásokra vonatkozó nemzetközi tapasztalatokat* is, amelyeket a – hasonló típusú – ellenőrzések során szereztek.

Értelemszerűen ezt a *kiemelt fontosságú vizsgálati célt* kell szolgálnia a csonkmodellben kialakítandó műhibarendszer.

A csonkmodell megtervezésénél szükséges számolni a *gyártási környezeti korlátaival*. A műhibarendszer tervezését nem lehetett elszakítani a tárgyi, a technikai feltételektől. Az igényelt repedésszerű, vagy térfogati hibák közül csak azokkal lehetett számolni, amelyeknek az elhelyezéséhez biztosítani lehetett a szükséges tárgyi feltételeket.

A műhibák kialakításánál két alapvető módszer jöhetett szóba.

– A repedést anyagihiányként hozzuk létre.

Ebben az esetben az alkalmazható technika – szokásosan – vagy a *szikraforgácsolás*, vagy a *marás* lehet. Mindkét eljárásához speciális eszközök kellenek. Korlátozó tényező lehet azonban a hozzáférés hiánya, a berendezés túlzott helyigénye, illetve a kívánt hibaparaméter (méret, alak, reflexióképesség stb.).

– A repedést, vagy térfogati hibát idegen anyag behelyezésével szimuláljuk.

Csak *speciális technológia* segítségével lehet a módszert hatékonyan alkalmazni. Az eljárás technológiai paramétereit kísérleti úton kell meghatározni. Csak *fokozott ellenőrzés* mellett lehet a reflektorokat – a tervezett minőségben – kialakítani. Korlátozó tényezők lehetnek a műhiba paraméterek (pl.: túl kis vastagságú, vagy túl nagy kiterjedésű a tervezett repedés). Bizonyos hibatípusok létrehozását ezzel a módszerrel képeltük el (pl.: összeolvadási hiba).

Az előbbieken vázolt módszerekkel elhelyezett műhibákat kiegészíthetik az ún. *természetes hibák*. Ezeket *egyedi technológiák* kifejlesztésével, illetve alkalmazásával lehet előállítani. Például a hegesztési hibákhoz – célszerűen – *elrontott* hegesztéstechnológia kell. A feszültségkorrozíós

repedések létrehozásához viszont, az anyag kiválasztott helyén, a környezeti feltételeket kell úgy kialakítani, hogy – időben gyorsított módon – repedés keletkezzen.

A műhibák kialakításának az *időszükséglete* is korlátot jelent a tervezésnél. A csomómodell használhatóságát alapvetően befolyásoló reflektorok számát, típusát optimalizálni kell. A *sükségtelenül megnövelt hibaszám, vagy megnehezített hibaelhelyezés, lényegesen elnyújthatja a csomómodell gyártási idejét.*

Lehetett volna a műhibarendszer megtervezését az ultrahangos vizsgálattechnológiákból, az alkalmazásra kerülő eszközök jellemző paramétereiből (vizsgálófejek típusából) kiindulva elvégezni. Ebben az esetben a csomómodell csak a *megelevő módszerek érzékenységének a felmérést szolgálja elsődlegesen.* A reaktorvizsgálat fejlesztésében azonban még nem alakult ki a végleges technológiák. Így módon, a jelenleg alkalmazott technikákra alapozott csomómodell-kialakítás jelentős mértékben korlátozható a jövő vizsgálatfejlesztését.

Célszerűbbnek látszik az, ha az *etaloncsoportban megvalósuló eszköz követelményeiben, a napi feladatok kiszolgálása mellett, a folyamatos fejlesztés igényei is hangsúlyozott helyet kapnak.*

Az előbbiekből alapján, a műhibák megtervezésénél vezérelni fogadtuk el, hogy:

- repedésszerű hibákat kívánunk szimulálni.
- a csomórészénél az ívelt szakasz fontosságát emeljük ki,
- a hegesztett kötéseknek a gyök környezetét tekintjük a legveszélyesebbnek,
- a belső varratok között az összeolvadási hibát vesszük bele a rendszerbe,
- a platírozási hibát – elsősorban – az átmeneti kötésnél modellezzük,
- a hornyok alakja a PISC kísérletekhez közelítsen,
- tipizált méretű (max. méret egy típusnál) hibákat tervezünk,
- a műhibarendszerrel a hibakimutatási biztonság fejlesztését kívánjuk támogatni.

A megtervezett műhibarendszer

A három részre elkülöníthető csomómodellen 34+22+11=67 db műhiba elhelyezését láttuk indokoltnak. Táblázatban foglaltuk össze a – tervezett – műhibák jelét, részegységét (helyét a modellen), az elhelyezkedését, paramétereit bemutató ábrák számát és a műhiba betűjelének magyarázatát. A felsorolt műhibák hibakordinátáit szintén táblázatban adtuk meg. A műhibák típusát, illetve a hibakordináták értelmezését és a csomómodell felépítését 53. ábra segítségével ábrázoltuk.

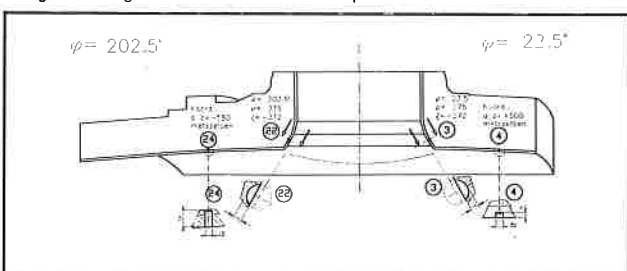
A továbbiakban példák segítségével mutatjuk be a műhibarendszert.

A **csőcsomók** ívelt részére az alkotóra merőleges és azzal párhuzamos – felültre nyitott – hornyokat tervezünk.

A merőleges irányt a meghibásodási tapasztalatok indokolják, de nem lehet kizárni az ettől eltérő helyzetű repedések előfordulását sem (Tecnatom: párhuzamos hornyokat ajánl). A három mérettel a platírozás felvágásáig (kb. 5 mm), a platírozásnak megfelelő (kb. 10 mm) és az alapanyagba átmenő (15 mm) repedéseket kívánjuk modellezni. A hornyok elhelyezésével, méretével – viszonylag – jól összehasonlítható reflektor-párok szeretnénk létrehozni (pl. 1–3 számú, 6–11 számú, 6–8 számú).

A **csőcsomók** ívelt részén, lapkák – platírozás alá való – behelyezésével, a tapadási hibát terveztük (3 mm-es, az 5 mm-es és az 10 mm-es méretekben).

Az azonos alkotón elhelyezett hibák száma változik (1, 2 és 3 db) és ez bővíti a mérésekkel szerethető tapasztalatokat. A hornyokkal a csőcsomók hengerpalást környezetében feltételezett felületi repedések vizsgálhatóságáról szeretnénk mérési tapasztalatokat szerezni.



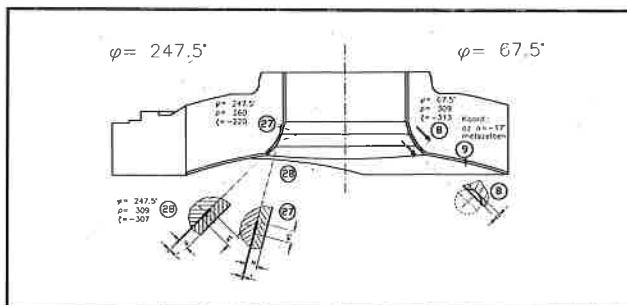
2. ábra

A felültre merőleges, lapos fenekű furat típusú műhibáknak két funkciójuk van:

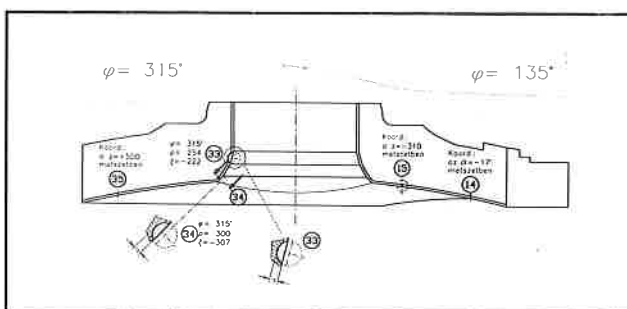
– Az azonos méretű, de eltérő mélységű körtárcsa reflektorok méréseitől – többek között – a jel/zaj viszony változásának, hatásának a mértékére szeretnénk tapasztalatot szerezni platírozott anyagok esetében.

– A furatok szögűtörő képeznek, amelyek iránytól függetlenek. Az ilyen típusú hibák mérései segíthetnek a csomók környezete vizsgálhatóságának felmérését, a vizsgálattechnológia paramétereinek az optimalizálását.

A fentiekre mutat néhány példát a 2–4. ábra.

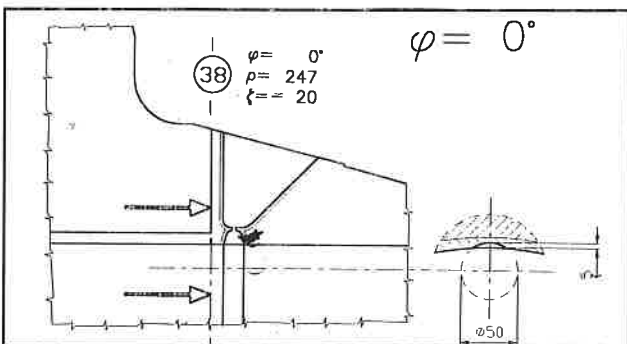


3. ábra



4. ábra

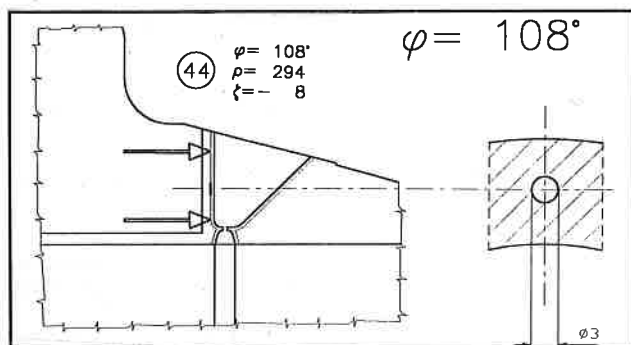
Az **átmeneti kötés** előtt és után, illetve a gyökben elhelyezett merőleges hornyok a felültre kiinduló, eltérő mélységű, repedések modellezésére szolgálnak. A csomókoldali, illetve az ausztenites oldali összeolvadási hibák vizsgálhatóságának a felmérésére, összehasonlítására a 3 mm-es, 5 mm-es és 10 mm-es átmérőjű lapkák elhelyezése ad lehetőséget. A gyök környezetében elhelyezett – eltérő méretű – hornyok, a varratokat követő repedések növekedését szimulálják. Egyes lapkák a platírozással lezárt repedésszerű hibák méréseire szolgálnak. Az ausztenites oldalon kialakított hornyok, a hőhatásóvázat vizsgálatára irányuló ellenőrzés repedés-érzékenységének a felméréséhez kellene (5–10. ábra).



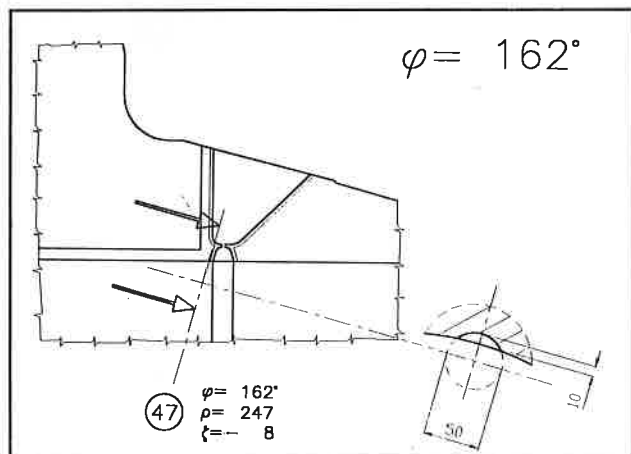
5. ábra

Az **első varratba** is a már ismertett célú műhibákat terveztük. Az átmeneti kötésbe és az első varratnál elhelyezett – azonos típusú, méretű – műhibák mérései jelentősen segíthetnek ennek a területnek a vizsgálatfejlesztését (11–12. ábra).

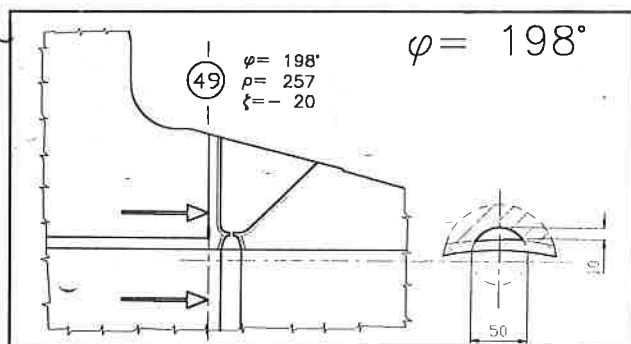
A tervezési tevékenységet azok a kísérletek követték, amelyeknek az volt a célja, hogy az idegen anyagú műhibák elhelyezésére megfelelő biztonsággal kivitelezhető gyártástechnológiát találjunk.



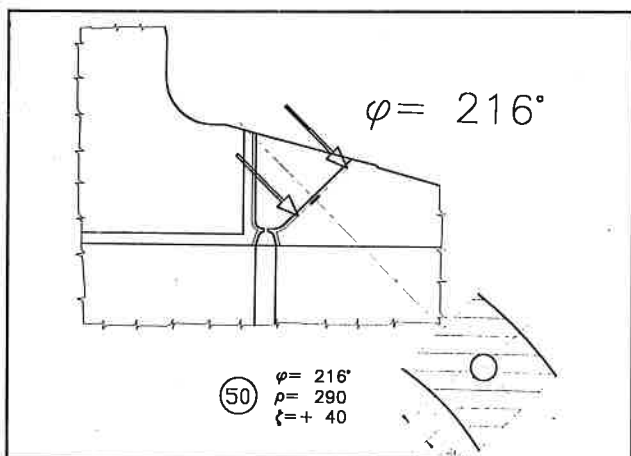
6. ábra



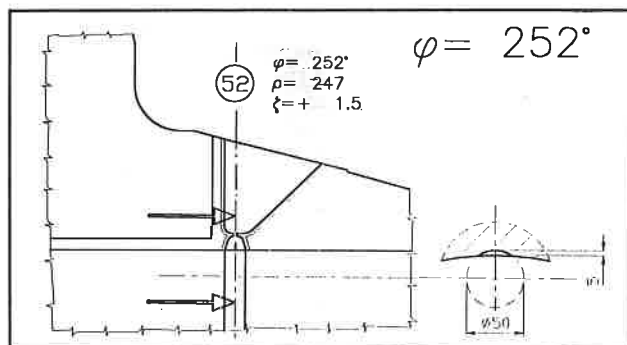
7. ábra



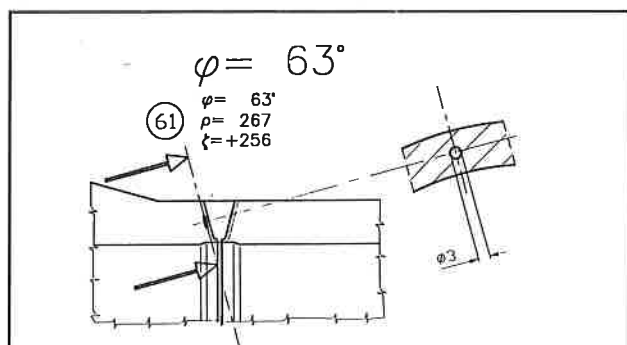
8. ábra



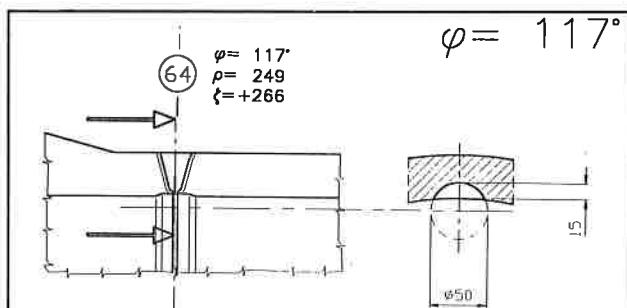
9. ábra



10. ábra



11. ábra



12. ábra

Megjegyezni kívánjuk, hogy

- a technológiai kísérletek megtervezésénél felhasználtuk azokat a tapasztalatokat, amelyeket – a 80-as években kidolgozott, és nemzetközileg védett – Vaskut szabadalom alkalmazásánál szereztünk.
- a hornyok kialakításához is ki kellett fejlesztenünk egy olyan készüléket, amelynek a mérete (elfér a csőben!) és a működése (pozícionálási pontossága, szilárdsága stb.) megfelel a követelményeknek.

A kísérletek arra irányultak, hogy megtaláljuk a megfelelő betétanyagot, illetve az alkalmazásához szükséges technológiát.

Mivel a csomómodell fel fogják használni többféle módszer összehasonlítására is, a műhibáknál fontos követelmény, hogy a síkszerű hiba ultrahangenergia visszaverőképessége – mindkét felület felől – közel azonos mértékű legyen. A reflektorok elhelyezése hegesztési eljárás alkalmazásával történik, ahol a műhiba az ömledékkel közvetlen kapcsolatba kerülhet. Másrészt a reflektorok, illetve környezetének eltérő a hőtágulása. Mindkét tényező azt eredményezheti, hogy a műhiba megsérülhet. A reflektorok méretének az eltérése – a csomómodell felhasználása szempontjából – nem lehet számottevő a tervezetthez képest.

A műhiba darabokra hullhat az ívhőmérséklet hatására bekövetkező gyors hőmérsékletváltozás következtében kialakuló feszültségekből. Az így szétesett reflektorrészek az ömledékbe kerülhetnek. El kell kerülni, hogy a reflektor szétronbanjon és az ömledékben, nem tervezett, zárványok kialakulásával rontsa a varratlisztaságot. Ezért az anyag hőállóképességének kiemelt fontossága van.

A technológiai kísérleteket két – egymástól lényegesen eltérő – módszer felmérésére terveztük meg

- Az egyik változatban a reflektor összetétele az alapanyaggal közel azonos volt (a kísérletek eredményei megfeleltek a várakozásnak, de a

későbbiekben az oxid típusú betétanyag alkalmazása mellett döntöttünk, ezért előadásunkban ezzel nem foglalkoztunk).

– A kísérletek másik csoportjánál *oxid jellegű* reflektorok elhelyezési lehetőségeit vizsgáltuk meg.

A betétanyagok méretének figyelembevételével kimunkált hornyokba, korong alakú fészkekbe elhelyezett reflektorokat plattíroztunk. A plattírozási réteg vastagsága 4–6 mm volt. Az előbbieken vázolt alapelrendezésnél, *változtatva*

- a horony, illetve fészkek *kialakítását*,
- a befedés *technológiáját* és
- a betétanyagok *típusát*, illetve *méretét*,

kerestük a módszer *optimális technológiai paramétereit*, a műhibák elhelyezésére legalkalmasabb *betét típusát*.

A jellemző daraboknál, a próbatést feltárásával, *szemrevételezéssel* értékeltük az eredményt. Egyes esetekben *ultrahangos vizsgálatokkal* egészítettük ki az értékelést. Az előzőekben jeleztük már, hogy – a hegesztési varratban elhelyezhető műhibák problémakörében – szabadalmi, illetve gyártási tapasztalatok birtokában vagyunk. Ezért a betétanyag kiválasztására irányuló kísérleteket – előzetes ismereteink alapján – csak *oxid jellegű reflektorok* felhasználásával végeztük. A pontosított, értékeléssel befejezett kísérletek előtt előkísérletek végeztünk, abból a célból, hogy leszűkítsük a vizsgálatok körét.

A kísérletek első csoportjában a csomómodellnél alkalmazható technológiai paraméterek optimalizálását végeztük el, és kialakítottuk azt a módszert, amelynek az alkalmazása elfogadható biztonságot jelent a műhibák elhelyezésére.

A következő feladatot a – lehetőségeken belüli – legalkalmasabb oxid típusú betétanyag kiválasztása jelentette. A technológiai kísérletek ered-

ményesek voltak. Az ultrahangos ellenőrzőtestek kialakításában szerzett gyártási tapasztalatainkat – jelentős mértékben – sikerült pontosítani, kiegészíteni a kísérletekkel. Meghatároztuk azokat a technológiai paramétereket, amelyek alkalmazása mellett az oxid típusú műhibák elhelyezése elfogadható biztonsággal végezhető el. Kiválasztottuk azt az anyagféleséget, amely alkalmas a műhiba céljára.

A kísérletek értékelését követően elkezdtük a csomómodell elkészítését – a gyártás (plattírozás, megmunkálás, hegesztés, gyártásközi ellenőrzés stb.), és

– a műhibarendszer elhelyezésével összefüggő feladatok (hornyok, fenékfuratok, lapkák elhelyezése, gyártásközi ellenőrzés stb.) összehangolt munkáját.

A csomómodell gyártása a közeljövőben fejeződik be. A műhibák nagyobbik részét már elhelyeztük. Az eddig elvégzett ultrahangos ellenőrzések azt igazolták, hogy a reflektorok a terveknek megfelelő paraméterekkel (hely, pozíció, méret) kerültek a helyükre. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a gyártásközi ellenőrzések egy része – technikai okokból – elmaradt a gyártási fázistól.

A csomómodell kialakítását követően a műhibákról részletes, elemző jellegű ultrahangos vizsgálat készül, amely a tervezett műhibák kézi ellenőrzésével elérhető jellemzést fogja adni. Ez a vizsgálat – egy ellenőrzési technológiához tartozó – alapot ad a későbbi kézi, illetve gépi vizsgálatokhoz.

A tervek szerint, az ismert anyagihiányokhoz rendelt – különböző szervezetszerű – vizsgálatok eredményei közötti azonosságok, illetve eltérések analízise értékes segítséget adhat a reaktorcsomó és környezetének vizsgálatfejlesztéséhez.

952 061 094

Beépített turbinalapát ultrahangos vizsgálati technológiájának kidolgozása

Gubicza Péter – Bagi István – Dr. Váradi Károly

Bevezetés

Egy 220 MW-os turbinán bekövetkezett lapáttöréses üzemzavart követően, a kiserelt lapátokon végzett mágneses repedésvizsgálatok nagyszámú repedést mutattak ki a 1130 típusú lapátok fogárok részében (1. ábra).

A különböző hosszúságú és mélységű repedést tartalmazó lapátok elemzése alapján megállapítottuk, hogy a repedések jellemzően a belépőél alatti felső fogárokból jelentkeznek, s kiindulási területük is a belépőélhez kapcsolódik.

Mivel a kimutatott repedések az országban több mint 2500 azonos típusú lapát állapotát kérdőjelezték meg, a hibaok feltárása mellett a lapátrepedések kimutatása is feladatként jelentkezett.

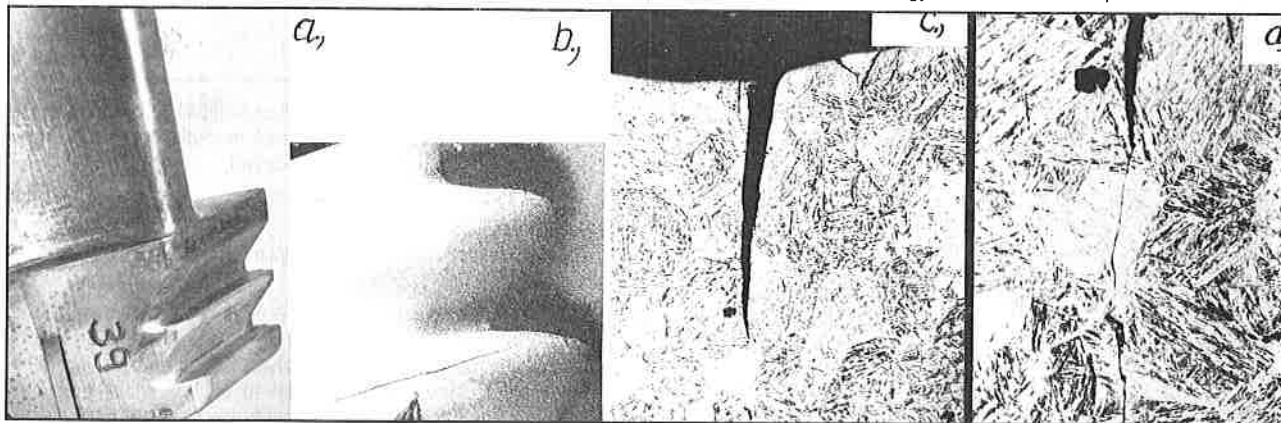
A lapátok kiserelést követő mágneses repedésvizsgálata kézenfekvő, alacsony vizsgálati költséggel végrehajtható módszert jelent, de felmerül,

hogy napjaink korszerű diagnosztikai eszközei és eljárásai mellett mennyiben indokolt egy nagyberendezést helyéről elszállítva, alkatrészre szétbontva vizsgálni.

3D végelemes feszültségvizsgálattal alátámasztottuk, hogy a jól behatárolható területen kifejlődő repedések megjelenését a lapát üzemi igénybevételének hatására kialakuló feszültségviszonyok okozzák. Erre alapozva kifejlesztettünk egy speciális, az igazolt hibamegjelenési helyre koncentrált ultrahangos vizsgálati eljárást, amely a turbinalapátok forgórészre szerelt állapotában ad lehetőséget a fogárokból megjelenő repedések kimutatására.

A vizsgálati módszer ismertetése

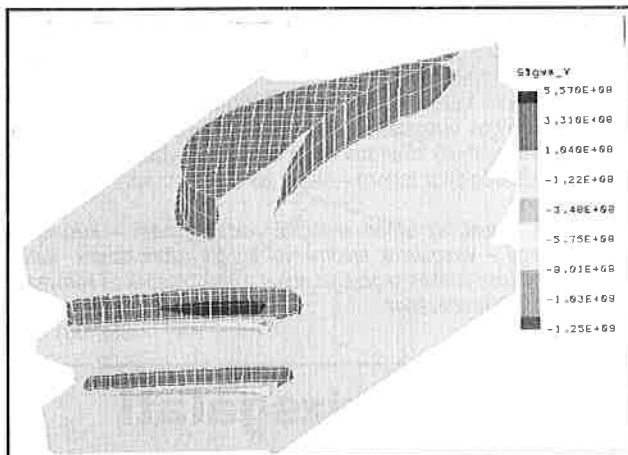
A lapát fogtőve a turbina tengelyében levő hornyban helyezkedik el. A lapátok a kerület mentén egymáshoz szorított állapotban vannak. Ezért



1. ábra. Az 1130 típusú turbinalapát fogtőve (a), a rajta képződő repedés (b), amely felület közelben szétnyílik (c), de interkristallin módon terjed (d).

az ultrahangos vizsgálat során a hozzáférhetőség, a letapogatható felület nagysága korlátozott. A fogtő bonyolult geometriájú, ultrahang szempontjából sok visszaverő felülettel rendelkezik. Az előzőek miatt csak a potenciális hibahely ismeretében van lehetőség a vizsgálati feladat egyedi megoldására.

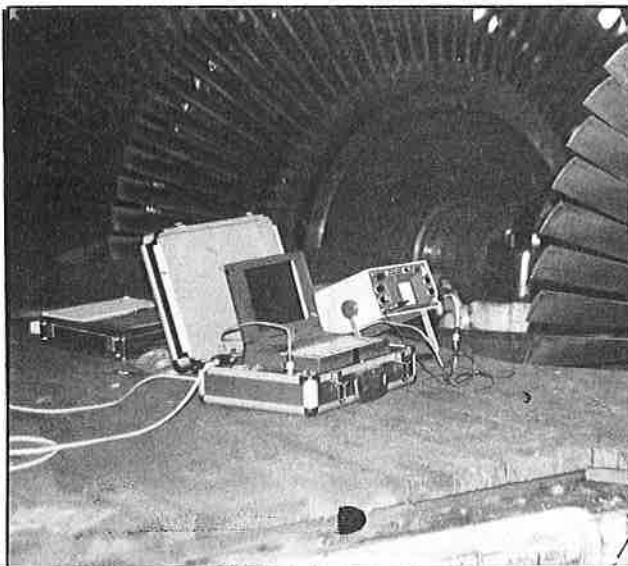
Az Elinor Mérnökiroda közreműködésével elvégzett 3D végelelemes szilárdsági analízis a lapáttra ható centrifugális erőrendszer és a gőznyomás hatására kialakuló feszültségviszonyokat határozta meg. A COSMOS/M végelelemes rendszer parametrikus hálógeneráló parancsai segítségével, a teljes lapáttra felépített geometriai modell, a kapcsolódó fogfelületek környezetében megbízható numerikus viselkedésű, viszonylag sűrű hálószerkezetet valósított meg. A modellszámítás eredményei szerint a belépőél alatti felső fogárok jól behatárolható szakaszán jelentős feszültségcsúcs ébred (2. ábra).



2. ábra. A lapátfogtő feszültségviszonyai

A feszültségcsúcs kialakulásának oka elsősorban a belépőél csatlakozási környezetében átadódó centrifugális erőrendszer hatására, a rövid távolságra levő felső fogfelületen fellépő egyenlőtlen érintkezési nyomás. A lokális feszültségcsúcs számszerűsített értékeit a megfelelő anyagjellemzőkkel összevetve megállapíthatóvá vált, hogy a repedések megjelenésében és továbbterjedésében a feszültségcsúcs meghatározó szerepet játszik.

A fogtő kritikus térfogatának fenti behatárolását követően modellezés útján meghatároztuk az ultrahangvizsgálat lehetséges és optimális besugárzási pontját és szögét. A pozícióra állás, illetve csatlakozás jószágának ellenőrzésére stabil geometriai reflektorokról érkező jeleket használtunk. A vizsgálati technológia paramétereit természetesen repe-



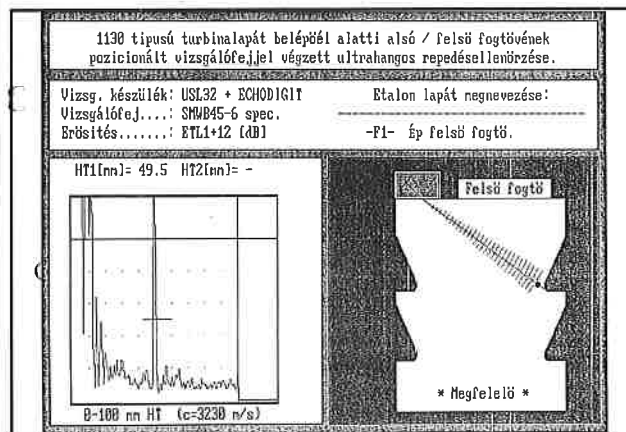
3. ábra. Az alkalmazott vizsgálóegység

déseket, illetve műhibákat tartalmazó lapátokon végzett kísérletekkel állapítottuk meg.

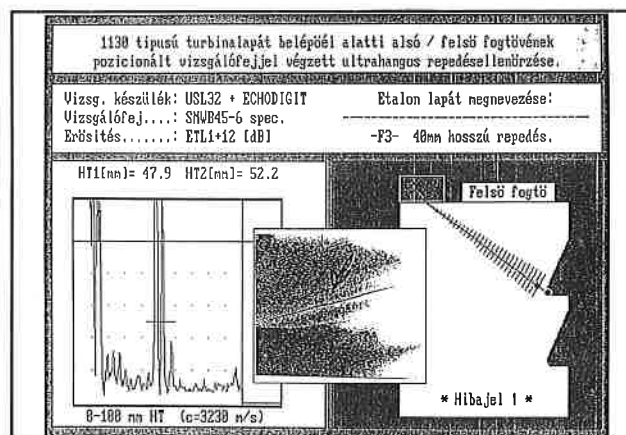
A vizsgálókészülék jelét egy számítógéppel egybeépített, nagy sebességű mérésadatgyűjtőre vezetve (ECHODIGIT) megoldottuk, hogy a vizsgálattal egyidejűleg, a reflektorok helyének méretarányos grafikus megjelenítése mellett, a vizsgálati eredmény minősítését is – repedt vagy megfelelt – a vizsgálóegység szoftver útján elvégezzük.

A vizsgálóegység lehetőséget biztosít a vizsgált térfogatról érkező ultrahangos jelsorozat teljes körű rögzítésére, s ezen keresztül mind a repedésmentes, mind a hibajelet mutató állapot dokumentálására, s így a későbbi időpontokban végzett ismétlővizsgálatokkal történő összehasonlításra.

A vizsgálóegység a 3. ábrán látható. Ép és repedt lapát regisztrátumaira a 4–5. ábrákon mutatunk be példát.



4. ábra. Ép fogárok regisztrátuma



5. ábra. Repedést tartalmazó fogárok regisztrátuma

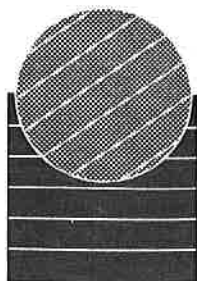
Megállapítások

Egy bonyolult geometriájú alkatrész vizsgálatát sikerült megoldanunk a korszerű diagnosztika eszközrendszerének felsorakoztatásával:

- a hibamegjelenés statisztikai elemzésével,
- a hiba megjelenési helyének igazolása végelelemes szilárdsági számításokkal,
- a vizsgálati feladat modellezése és optimalizálása számítástechnikai eszközökkel,
- a vizsgálat végrehajtása, kiértékelése és dokumentálása digitalizált eljárással.

Az erőművek, illetve a Parsons TG Services megbízása alapján 1994-ben elvégzett sorozatvizsgálatok igazolták az adott vizsgálati probléma megoldására választott út, módszerek, eszközök, s a vizsgálati eljárás alkalmazhatóságát.

952 065 162–164



Tisztelt Partnerünk !

*Örömmel értesítjük Önöket, hogy a Krautkrämer cég
képviselete mellett, 1995. április 1-e óta kizárólagos
joggal forgalmazzuk a metallográfiai területen jól ismert
Wirtz - Buehler cég készülékeit és segédanyagait is.*

*Szolgáltatásaink minőségének színvonalasabbá tétele
érdekében az alábbi szervezeti átalakítást
hajtottuk végre :*

műszaki tanácsadás : Kishonti Tamás

okl. gépész

szervíz : Várallyay László

okl. villamosmérnök

külkereskedelem és marketing :

Kishonti Magdolna

*A további sikeres együttműködés reményében
állunk rendelkezésükre !*

int.Jest

1113 Budapest,

Ullászló u.45.

Tel/fax: 209-3015



Krautkrämer



**Wirtz
BUEHLER**

Felületi rétegvastagság mérése örvényáramos módszerrel

Gyura László*

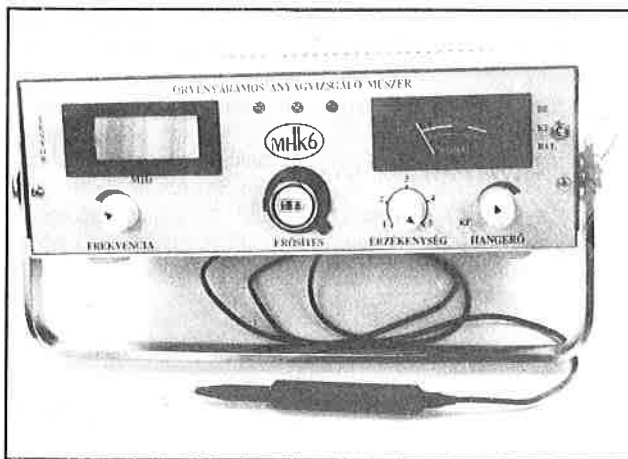
Bevezetés

Napjainkban a roncsolásmentes anyagvizsgálat egyik legintenzívebben fejlődő területe az örvényáramos vizsgálat. Az eljárásnál nagyfrekvenciás váltakozó árammal egy mérőszondaként kialakított tekercsben elektromágneses teret állítunk elő. Ha a mérőszondát villamosan vezető alapanyaghoz közelítjük, akkor abban örvényáramok keletkeznek, amelyek elektromágneses tere visszahat a mérőtekercsre. A vizsgálat során a munkadarabban létrejövő örvényáramokat, így a visszahatás mértékét az ellenőrzött darab elektromos vezetőképessége, mágneses permeabilitása, geometriai adatai, anyaghibái, az alkalmazott örvényáram frekvenciája valamint a szonda és az alapanyag távolságának mértéke határozza meg. Ez utóbbi befolyásoló tényezőnek köszönhetően, az eljárással lehetőség nyílik felületi rétegek vastagságának meghatározására.

A rétegvastagság alatt olyan bevonat vastagságát kell érteni, amelynek feladata a felület védelme, dekoratív megjelenése, esetleg működésbeli funkciók ellátása (pl. kopásálló felületi kéreg). A rétegvastagság-mérés a vizsgált darab bevonattal ellátott felületén meghatározott számú helyen végzett egyedi mérésekből áll [1].

Rétegvastagság-mérés MHK-6 típusú műszerrel

A Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia Tanszékén kísérleteket végeztünk egy – a *Testor Bt. által gyártott és forgal-*



1. ábra. MHK-6 hordozható örvényáramos készülék

mazott – hordozható univerzális örvényáramos berendezéssel rétegvastagságok ellenőrzésére. A közelmúltban kifejlesztett MHK-6 típusú műszer (1. ábra) alapvetően felületi hibák kimutatására készült, így a kísérletek elsődleges célja a berendezés rétegvastagság-mérésre való alkalmazhatóságának vizsgálata volt. Az MHK-6 egyszerű kialakítása és kezelhetősége mellett univerzálisan alkalmazható acélok, ausztenites acélok valamint nemvas fémek (pl. alumínium) vizsgálatához. A változtatható vizsgálati frekvencia és érzékenység lehetőségét ad arra, hogy különböző alapanyag-bevonat kombinációk esetén megtaláljuk azokat az optimális paramétereket, amelyek alkalmazása során a legmegbízhatóbb mérési eredményeket kapjuk. A mérések tapasztalatait figyelembe véve, kidolgoztunk egy olyan – gyakorlati probléma

megoldást modellező – feladatsort, amelyek segítségével elsajátíthatóak a vizsgálattechnika alapelemei.

A kísérleteket három alapanyagcsoporton végeztük el (kis karbon-tartalmú szerkezeti acél, ausztenites acél, alumínium) – 8 mm vastagságú anyagokat felhasználva – nem ferromágneses bevonatok esetén. Az etalon próbatestek készítéséhez öntapadó fóliát használtunk, melyet rétegesen ragasztottunk fel az alapanyag felületére. A vizsgált réteg vastagsága 0.08–0.88 mm között 0.08 mm-es lépcsőkben változott. A méréseket a műszeren beállítható teljes frekvenciatartományban elvégeztük (1. táblázat). Egy-egy mérési frekvencián a műszeren beállítható öt érzékenységi fokozat mindegyikén elvégeztük az ellenőrzéseket, tehát így egy frekvenciához öt-öt mérési sorozat tartozott.

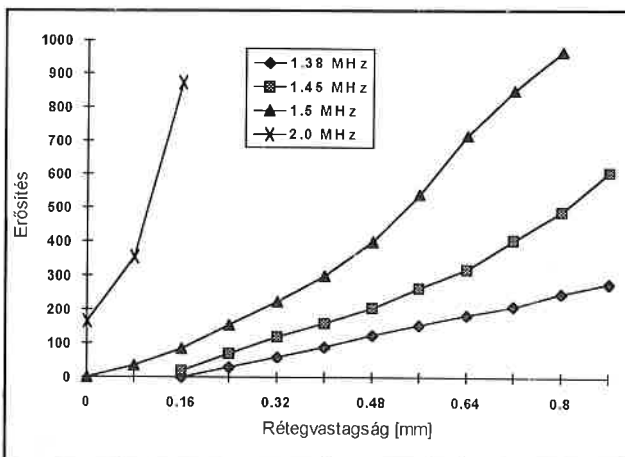
1. táblázat

Alapanyag	Acél	Ausztenites acél	Alumínium
Frekvenciatartomány (MHz)	1,38–3,0	2,4–3,2	1,0–1,3

A felületi érdesség hatásának ellenőrzésére a méréseket köszörült és hengerelt felületű alapanyagokból készített etalonokon is elvégeztük. A mérés során egy adott frekvencia és érzékenység beállítása mellett, a tapintószondát a darab felületére helyezve, az erősítés változtatásával állíthatjuk be azt az értéket, amelynél a szonda megfelelő csatolásba kerül a munkadarabbal. A szonda és a tárgy távolságának növekedésével (rétegvastagság-növekedés) a megfelelő csatoláshoz mind nagyobb erősítésszámokra van szükség. A műszer kialakításának köszönhetően az erősítés nagysága számszerűsíthető, így a különböző szonda-tárgy távolságokhoz (rétegvastagságokhoz) mérési értékek kapcsolhatók. A különböző, de ismert vastagságú felületi réteggel rendelkező etalonon elvégzett mérési sorozattal létrehozható egy-egy „hitelesítőgörbe”, amely a rétegvastagság és a mért érték közötti kapcsolatot teremti meg (lásd pl. 2–3–4. ábra). A „hitelesítőgörbe” alapján az ismeretlen rétegvastagságú anyag vizsgálata elvégezhető, a bevonat vastagsága meghatározható.

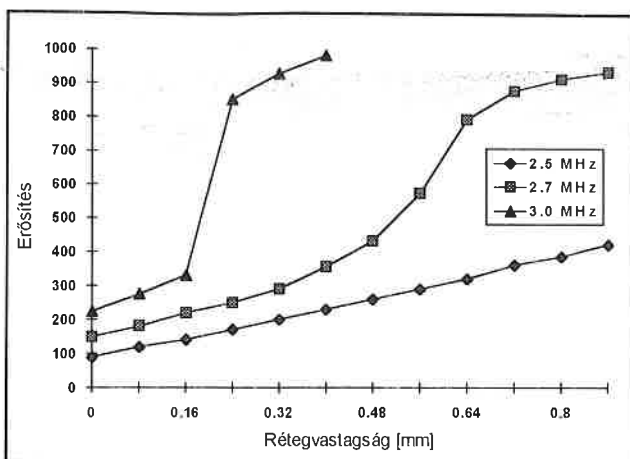
A kísérletek alapján levonható következtetések:

— mindhárom alapanyagcsoport esetében a vizsgálati frekvenciák kisebb értékeinél a mérési érték és a rétegvastagság közötti

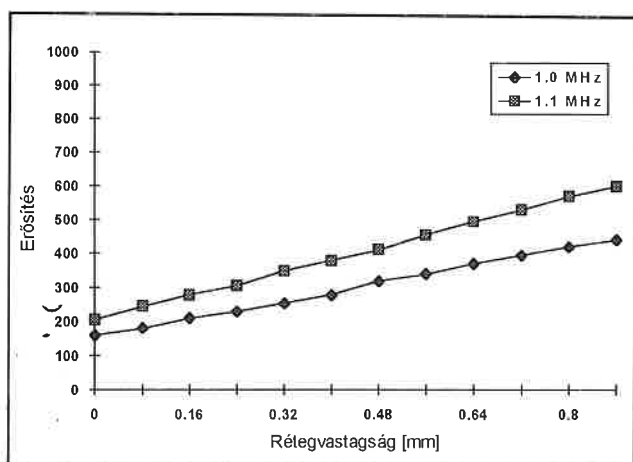


2. ábra. Hitelesítőgörbék különböző mérési frekvenciákon szerkezeti acél alapanyag esetén (érzékenységi fokozat: 5)

* BME Mechanikai Technológiai és Anyagszerkezet-tani Intézet



3. ábra. Hitelesítőgörbék különböző mérési frekvenciákon ausztenites acél alapanyag esetén (érzékenységi fokozat: 1)



4. ábra. Hitelesítőgörbék különböző mérési frekvenciákon alumínium alapanyag esetén (érzékenységi fokozat: 1)

összefüggés közel lineáris, a frekvencia növelésével azonban az említett kapcsolat lineáris jellegét elveszti.

- a frekvencia növekedésével a maximálisan mérhető rétegvastagság jelentős mértékben lecsökken.
- szerkezeti acéloknál a kis frekvenciák alkalmazásával a mérhető rétegvastagság alulról is korlátozott, azaz létezik egy minimális vastagság, amelynél vékonyabbat nem lehet kimutatni.
- a műszeren beállítható érzékenységi fokozatnak csak nagyobb (1 mm feletti) rétegek esetén van jelentősége.
- az alapanyag felületi érdessége számottevően a mérést nem befolyásolja.
- a mérések során ügyelni kell a szonda helyes (merőleges) tartására.

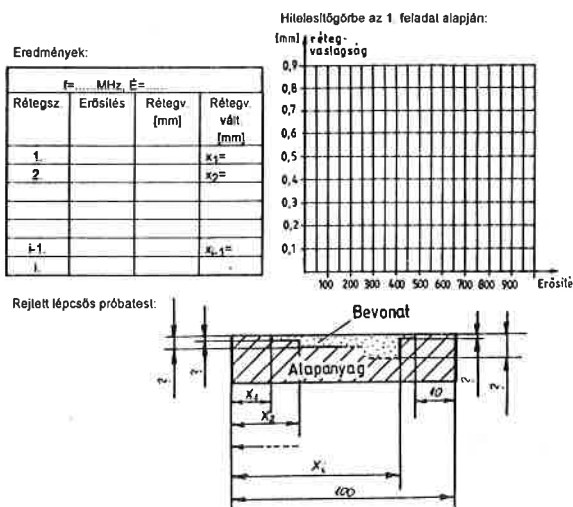
A kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a nevezett műszer alkalmas nem ferromágneses rétegek vastagságának mérésére, azonban a sikeres mérés elvégzéséhez néhány szempontot figyelembe kell venni. Ismert rétegvastagságú etalonok segítségével célszerű egy „hitelesítőgörbe” sorozatot készíteni egy-egy anyagcsoporthoz. A frekvencia megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy az erősítés-rétegvastagság közötti kapcsolat lineáris jellege „szerencsésebb”, ami első megközelítésben a kisebb frekvenciák alkalmazására utal. A kis frekvenciák esetén azonban a „hitelesítőgörbe” meredeksége meglehetősen kicsi (lásd pl. 2. ábra), így kis mértékű erősítés eltérés is (ami a szonda helytelen tartásából is adódhat) jelentős rétegvastagság-különbséget okozhat. Ez a hiba jelentősen csökkenthető, ha a nagyobb frekvenciákhoz tartozó görbék lineáris szakaszait használjuk ki. A kis frekvenciák további hátránya, hogy egészen kis rétegvastagságok esetén előfordulhat, hogy a mérés nem vezet eredményre. A mérés előtt tehát meg kell becsülni a várható

4. FELADAT

Rétegvastagságmérés III.

Feladat:

Állapítsa meg az ábrán látható rejtett lépcsős ellenőrző próbatesten lévő eltérő vastagságú bevonatok számát, vastagságát, és elhelyezkedését, majd ez alapján rajzolja fel az alapanyag eredeti geometriáját.



5. ábra. Feladatlap a rétegvastagság-mérés elsajátításának gyakorlására

legkisebb és legnagyobb rétegvastagságot. A mérési frekvenciát úgy kell megválasztani, hogy a réteg várható legkisebb és legnagyobb értéke a „hitelesítőgörbék” lineáris tartományába essen, valamint a frekvencia változtatása nélkül meghatározható legyen.

Amennyiben az MHK-6-ot sokszor kívánjuk e feladatra alkalmazni, a „hitelesítőgörbék” függvényekkel (elsősorban lineáris kapcsolat esetén) való közelítésével elérhető az, hogy az erősítés értékei helyett közvetlenül a rétegvastagság értéke legyen leolvasható a műszerről.

A kísérleti tapasztalatok alapján – kifejezetten az oktatás számára – kidolgoztunk néhány feladatot, amellyel az örvényáramos vizsgálat, valamint a műszer kezelésének alapjai elsajátíthatók. Néhány ismert, illetve ismeretlen vastagságú bevonattal rendelkező etalon próbatest segítségével gyakorlati probléma megoldást modellező feladatok készíthetők (5. ábra).

Összefoglalás

A bemutatott mérések és kísérletek igazolták az univerzális műszer rétegvastagság-mérésre való alkalmasságát. Figyelembe kell azonban venni, hogy a mérőeszköz elsősorban nem erre a feladatra készült, így csak bizonyos feltételek, kritérium-rendszerek betartása mellett kaphatunk reális eredményeket. Amennyiben a felhasználónak nem áll rendelkezésére egy speciálisan rétegvastagság-mérésre kifejlesztett műszer, az MHK-6 segítségével – a fent leírtak alapján – a méréseket viszonylag jó pontossággal elvégezheti. Meg kell azonban jegyezni, hogy a bemutatott kísérlet csak a nem ferromágneses bevonatok esetén érvényes. Más műszerrel – részben a tanszékünkön – elvégzett méréssorozat igazolta [2], hogy fémes bevonatoknál a bevonat anyagának függvényében ez a mérési módszer nem mindig vezet eredményre. Fémes bevonat mérésakor tehát szükség van az MHK-6 alkalmazásakor is előzetes kísérletekre, melyek alapján az adott feladatra való felhasználhatóság megállapítható.

952 068 085

Irodalom

- [1] Pozsgai Gy.: Felületi rétegek vastagságának méréséről, Anyagvizsgálók Lapja, 1992. 2. évf. 4. sz. p. 105–107.
- [2] Kavas L.: Rétegvastagságok mérése örvényáramos eljárással, Diplomatervez (Konz.: Klausz G.; Gyura L.), Budapesti Műszaki Egyetem, 1994.

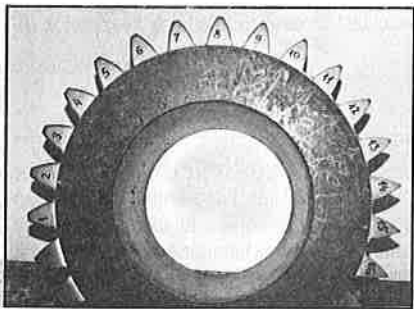
Fogaskerek cementált kéregvastagságának mérése örvényáramos módszerrel

Papp Tibor*

A járműiparban használatos fogaskerek alapanyaga szivós, míg a fogak felülete kemény. Ezt a kemény réteget betétedzéssel, azaz a cementálással (a karbon felületi bediffundáltatását) követő hőkezeléssel hozzák létre. Ennek a rétegnek a vastagsága „dönti el” nagyrészt, a fogaskerék használhatóságát. Bizonyos üzemi idő elteltével a fogoldalakat újra kell köszörülni, biztosítva ezzel a szabályos fogevolvenst, ami a zavartalan működés egyik feltétele. Így a felületi réteg vastagsága a használat során egyre csökken. A kéregvastagság roncsolásos módszerrel, a lekészörült fogoldalak maratásával ellenőrizhető, de ez használhatatlanná teszi a fogaskereket. A keménységmérés – amely szintén roncsolásos eljárás – csak arról ad tájékoztatást, hogy van-e még kemény kéreg a fogoldalon, de hogy az milyen vastag, arról nem. Ezen probléma, illetve a fogaskerek száz ezer forintos nagyságrendű egyedi értéke miatt vált kívánatossá a kéregvastagság pontos, roncsolásmentes mérésének kidolgozása.

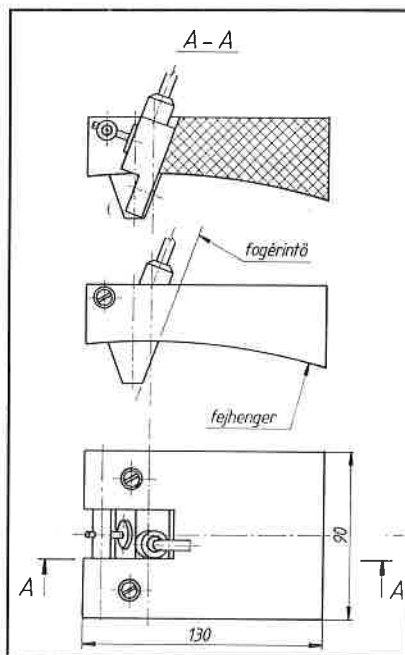
A feladat elvégzésére az örvényáramos módszeren alapuló mérést találtuk alkalmasnak, amellyel megállapítható a maradék cementált kéreg vastagsága, így az elhasznált fogaskerek kiszűrhetők a jók közül.

A mérési technológia kidolgozásához egy beállító-etalonot készítettünk el, amelynek fogoldalain, a köszörülést követően, a cementált kéreg vastagsága eltérő volt (1. ábra). Ennek segítségével kerestük meg az optimális vizsgálati

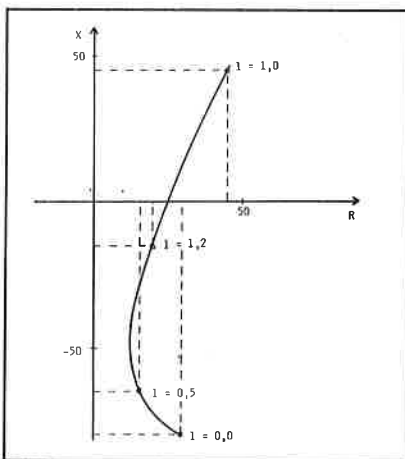


1. ábra. Etalon fogaskerék különböző mértékben lemunkált fogoldalakkal

paramétereket. A feladat különlegességét a fogprofil bonyolult geometriája adja meg. Olyan bázispontokat kellett találni, amelyek biztosítják a szonda és a mért felület geometriai viszonyának azonosságát minden fogpalástnál. A 2. ábrán látható szondapozícionálással a vizsgálószonda minden mérésnél ugyan abba a helyzetbe hozható. A bázis a fogaskerék fejköre és a fogérintő. Természetesen eltérő fogaskerékmé-



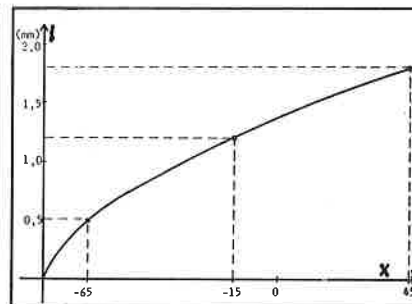
2. ábra. Szondapozícionáló



3. ábra. A rétegvastagság az R és az X függvényében

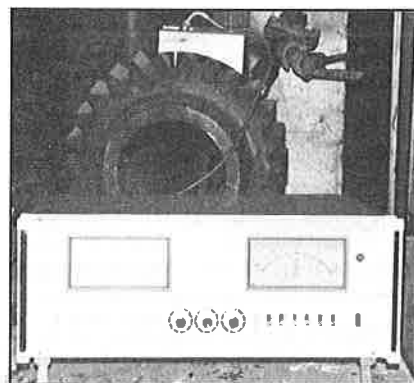
reteknél a szondapozícionáló méreteit is meg kell változtatni.

A vizsgálathoz a fazékvasmagos tapintószondát találtuk a legalkalmasabbnak. Ezzel kísérleteztük ki a megfelelő vizsgálati paramétereket (frekvencia, erősítés, érzékenység és fázisszög), és a különböző rétegvastagságú fogoldalokról a 3. ábrán látható görbét vettük fel, a készülék analóg (R és X) kijelzőinek segítségével. Mivel a görbe „visszafordul” – ugyanazon R értékhez két rétegvastagság-érték is tartozik – csak az X-kijelzőt lehet figyelembe venni a mérésnél. A cementált kéregvastagságot az „X”



4. ábra. A cementált kéregvastagság az X függvényében

függvényében a 4. ábra mutatja. A függvény alapján készült előtét-skáláról a mért érték közvetlenül leolvasható. Az 5. ábrán a mérőrend-



5. ábra. A mérőrendszer beállítás közben

szer látható kalibrálás közben. Természetesen a mérési elv más alakú munkadarabokra is adaptálható.

952 070 165

RÖNTGEN-KÉSZÜLÉKEK

sötétkamrai,
filmkiértékelő,
sugárvédelmi eszközök

Az Ön partnere
az anyagvizsgálatban

**GRIMAS® IPARI
KERESKEDELEM**

tel: 277-4470

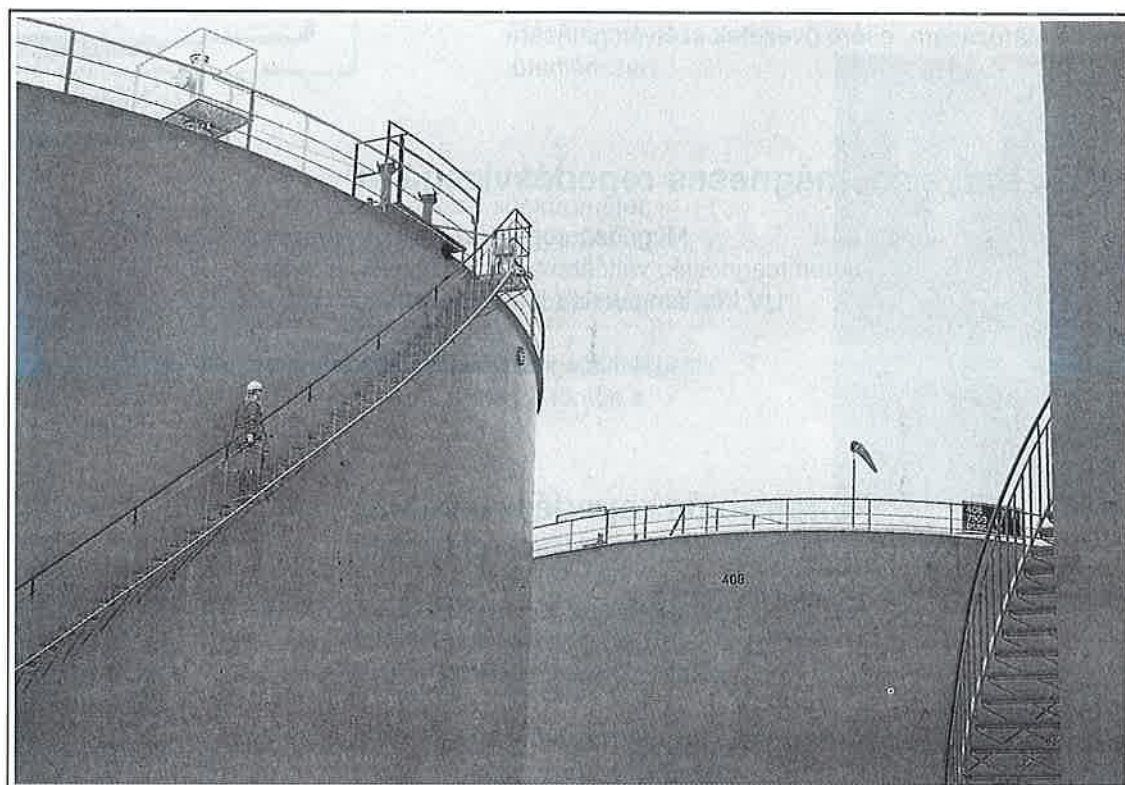
fax: 276-0557

* Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. (AGMI Rt.)



ANYAGVIZSGÁLAT-MÉRÉSTECHNIKA

**Eszközök, műszerek, berendezések
tárolótartályok vizsgálatához**



Kérje részletes ismertetőnket!

TESTOR BT.
Budapest XII., Törpe u. 8.
1538 Budapest, Pf. 528.
Tel.: 155-9886
Fax: 155-2618

TESTOR Ltd.
H-1124 Budapest, Törpe u. 8.
H-1538 Budapest P.O.B. 528.
Tel.: (361) 155-9886
Fax: (361) 155-2618

Pórusosság vizsgálata

Hordozható holday detector

Tartályok, csővezetékek, felületvédő műanyag bevonatának ellenőrzése tömörségre, pórusosságra.

PHD 1: 1–20 kV, 20 μ m – 6,5 mm

PHD 2: 2–40 kV, 60 μ m – 26 mm



Varratteszt hegesztőknek és varratvizsgálóknak

A készlet tartalma: 150-es tolómérő, hegesztési hézagmérő, varrat-magasság-mérő, TEMPILSTIK hőfokjelző kréták, nagyítós kézilámpa, nyeles nagyító, tapadásgátló spray, NISSEN színes jelzőtollak, univerzális szögmérő, acél mérőszalagok.

Örvényáramos vizsgálatok

MHK – 6

Alkalmas ferromágneses és nem mágnesezhető anyagok vizsgálatára. Felületi repedések, anyag-folytonossági hibák, hegesztési varratok helyének meghatározására, eltérő övezetek szétválogatására használható.



Helyszíni mágneses repedésvizsgálat



Mágnesporos szuszpenziók,
Járommágnesek, váltóáramú mágnesezők,
UV kézilámpák, UV intenzitásmérők,
térerőmérők,
vizsgálati kiegészítő eszközök.



Penetrációs repedésvizsgálat

DIFFU-THERM

Láthatóvá teszi a mikrofinomságú pórusokat, repedéseket.
Alkalmazható az összes fémnél,
műanyagnál.
Egyszerű, gyors, megbízható.



Falvastagságmérés

DME DL

A DME DL egyesíti magában az ultrahangos vastagságmérők fontosabb funkcióit, beépített adattárolóval rendelkezik a helyszíni mérési eredmények tárolásához.

Méréstartomány: 0,75–300 mm, anyag- és fejfüggetlen.

Kiértékelő és jegyzőkönyvkészítő szoftver.



Légszennyezettségmérők OLDHAM MX 11 és MX 21

Kézi mérőeszközök robbanó és mérgező gázok kimutatására,
a biztonságos munkavégzés feltételeinek ellenőrzésére.

MX 11: metán, propán, bután, földgáz és még két éghető gáz,
valamint oxigén mérésére alkalmas.

Kijelzés: % LEL, illetve vol. %.

MX 21: egy éghető és három „egyéb” gáz érzékelésére használható.
Telepíthető mérőeszközöket is kínálunk.



Bevonatvastagság mérése SHEEN

Mágnesezhető és nem mágnesezhető alapon
festék-, por-, gumibevonatok, epoxi műgyanta,
horganyzott és galvanizált rétegek mérésére alkalmas.

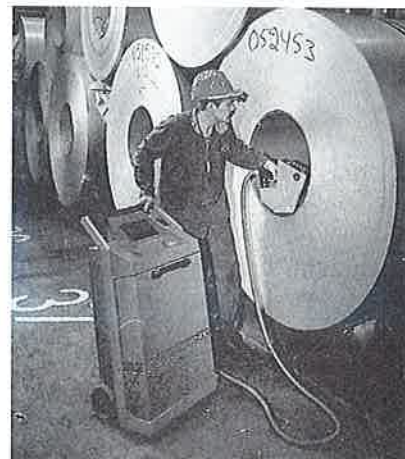
Méréstartomány: 0–200 μm -tól 0–10 mm-ig
típustól függően.

Opciók: adatgyűjtő, statisztika, nyomtató.

Anyagelemzés METOREX

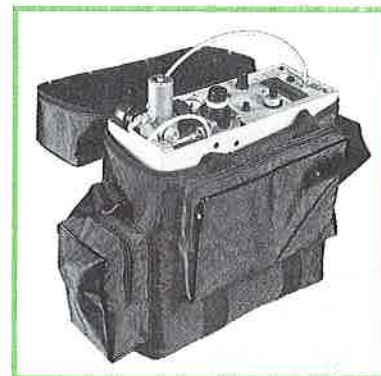
Az **ARC-MET** hordozható ívgerjesztéses optikai spektrométer
vas-, alumínium-, rézalapú ötvözetek vizsgálatára egyaránt
alkalmas, csak a kalibráló méréseket kell beprogramozni!
Használatát ott javasoljuk, ahol minősített anyagok beépítése
szükséges (tartályok, kazánok).

Az **X-MET** hordozható röntgenfluoreszcenciás készülékkel az
alumíniumtól az uránig terjedő skálán elemezhetők a tömör, a
por- és a vízminták.



Vizuális vizsgálatok WELCH ALLYN

Üvegszálás endoszkópok, video-endoszkópok
– számítógépes képfeldolgozás.
Már 30,5 m munkahosszal is!



Levegő-, víz-, talajszennyezettség mérése CAVENDISH

Hordozható és telepített mérőeszközök tárolótartályok
környezetének (talaj, levegő) vizsgálatára.

Mérőeszközök a víz olajtartalmának meghatározására.

Szivárgáskereső LDE-10

A rések vagy hibás tömítések helyei a szivárgó gáz vagy folyadék ultrafrekvenciás zaját érzékeny mikrofonnal hallhatóvá tevő LDE-10 készülékkel egyszerűen kimutatható.



Tömørségvizsgálat SNP-rendszer

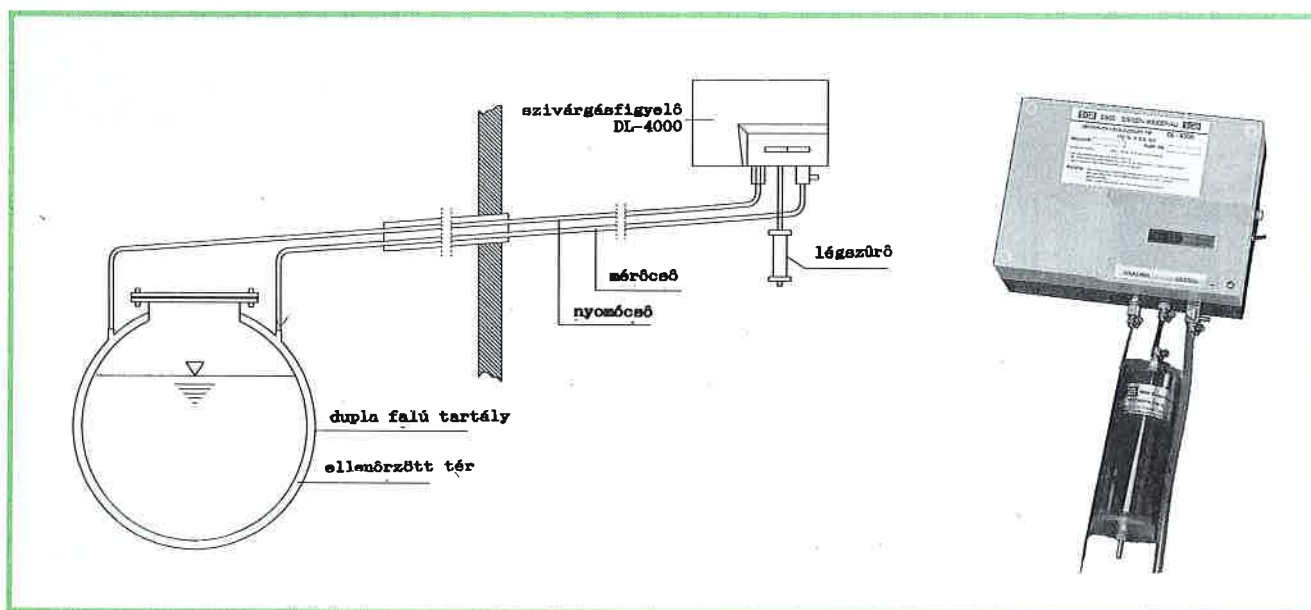
Tartályok, csővezetékek hegesztési varratainak vizsgálatára alkalmas.

Az ellenőrzendő varratszakaszt habképző permittel befűjük, majd a vizsgálókeret ráhelyezése után vákuumot hozunk létre a keret alatt. A szivárgás helyén hab képződik.

Környezetvédelem, tárolási biztonság

SGB -szivárgásfigyelő berendezésekkel

Az üzem- és vegyi anyagokat tároló kettős falú vagy fenekű tartályok vákuum vagy túlnyomás alá helyezett falközi tereinek szivárgás okozta nyomásváltozása mérésének elvén működő berendezések.



A zárt térbe vagy a szabadba, földre vagy a föld alá telepített kettős falú tárolótartályok és csőrendszerek folyamatos figyelése normál vagy robbanásbiztos kivitelű berendezésekkel.

Az **SGB** teljes választékát kínáljuk.

Örvényáramú csővizsgálatok

Skopál István* – Klausz Gábor*

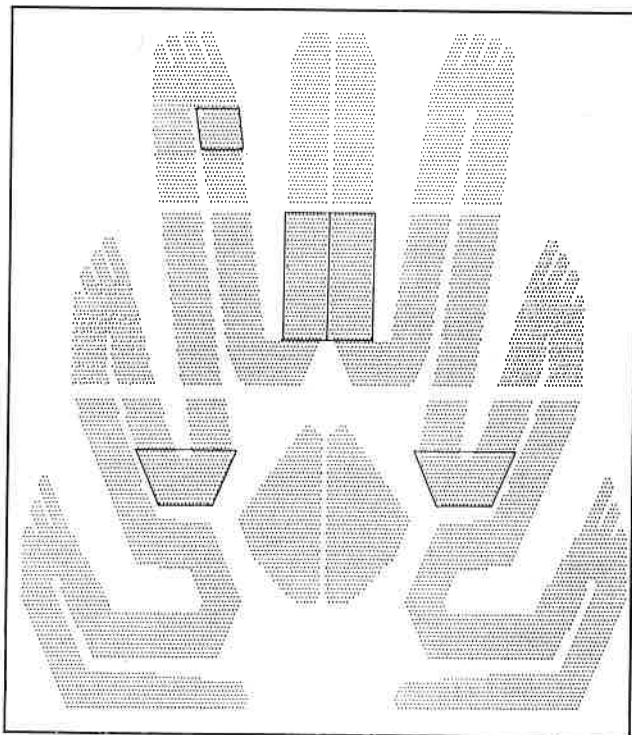
Bevezető

Az utóbbi évek folyamán az AGMI Rt. Roncsolásmentes Vizsgálati Laboratóriumának egyik fő tevékenységévé vált a különféle csőrendszer-ek örvényáramú vizsgálata. Megbízások alapján rendszeresen foglalkozunk ilyen jellegű állapotellenőrzésekkel és speciális célú – a vizsgálati technológia kidolgozását is magában foglaló – fejlesztésekkel. (*) A következőkben ismertetésre kerülő munkák egy-egy, legalább is hazai viszonylatban újszerű vonásukkal tűnnek ki ezen, az egyébként már hagyományosnak tekinthető, területen.

Atomerőművi hőcserélő csövek vizsgálata

Immár hatodik éve, a jelenlegi mérőrendszerrel negyedik éve, vizsgáljuk a Paksi Atomerőmű Rt. szekunderköri kondenzátoraihoz tartozó, sárgaréz hőátadó csöveket. A csövek átmérője 28 mm, falvastagsága 1 mm, a vizsgálati hossz 9 m.

Az eredeti, Nukem ECU 20.00 típusú, kétfrekvenciás, belső differencia szondával dolgozó berendezést számítógépes mérésadatgyűjtővel egészítettük ki, megteremtve egyúttal az automatikus kiértékelést és a hosszú távú archiválást is. A számítógép tárolja azt a csőtérképet is, amelyen kijelölhetők a vizsgálandó szektorok és nyomon követhetők a már ellenőrzött csövek (1. ábra).

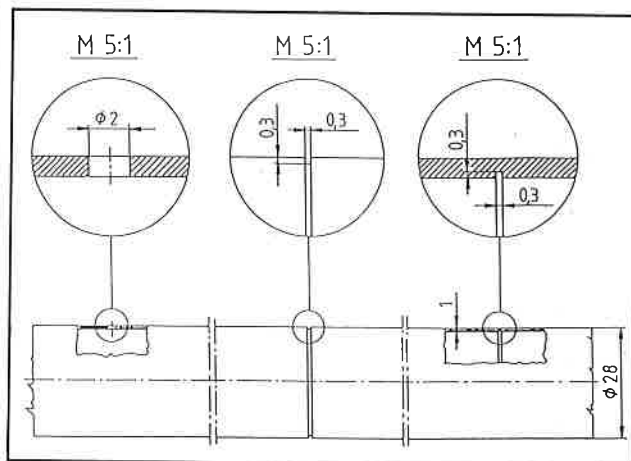


1. ábra. Csőtérkép a vizsgálatra kijelölt szektorokkal

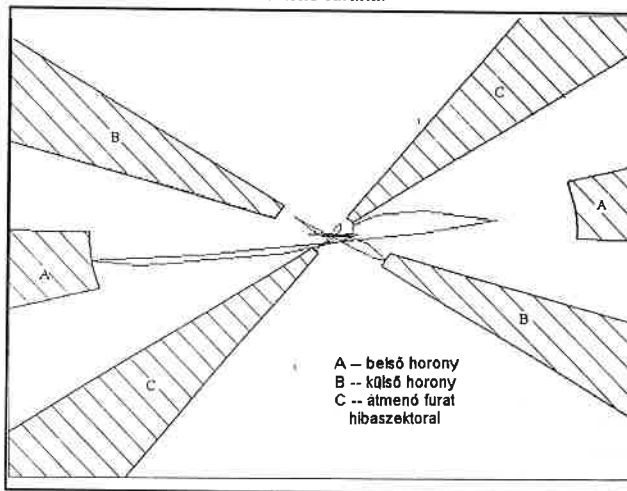
A rendszert egy mesterséges hibákat (furat, valamint külső és belső, gyűrű alakú horony) tartalmazó etalon hőcserélő cső (2. ábra) segítségével kalibráltuk. Ezzel határoztuk meg azt az optimális frekvenciapárt is, amelyen az említett háromféle hiba az indikációk fázishelyzete alapján jól megkülönböztethető egymástól (3. ábra).

Az ez ideig észlelt hibák 99%-a belső felületen kialakult korróziós kráter volt. Túl a közvetlen hibakimutatáson, – a korrodált csövek egy részét kivágatva és a hibákat föltárva – összefüggést állapítottunk meg az örvényáramú indikációk mértéke és a hibák súlyossága között (4. ábra).

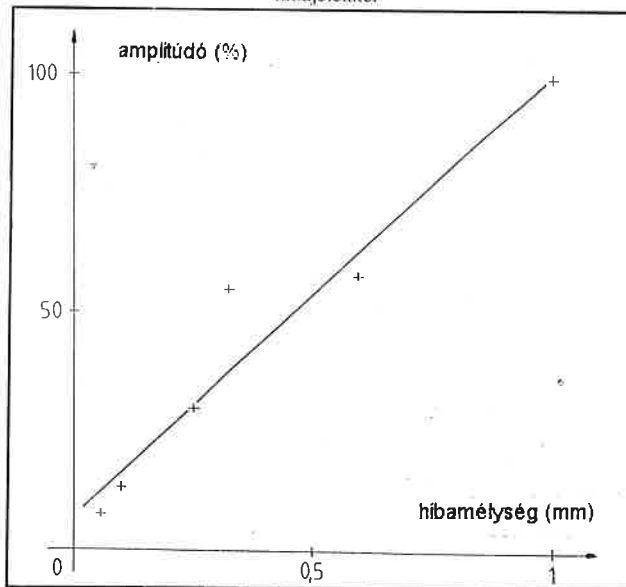
* Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. (AGMI Rt.)



2. ábra. Kondenzátorcső – etalon külső és belső horonnyal, valamint átmenő furattal



3. ábra. Vektordiagram a hibatartományokkal és az etalonról kapott hibajelekkel



4. ábra. A föltárt belső hibák indikációinak nagysága a mélységük függvényében

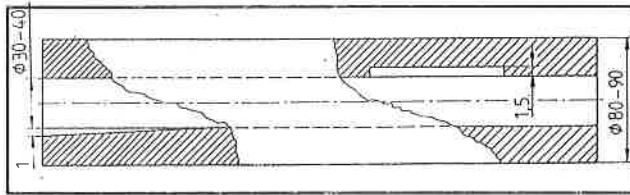
Hangsúlyozandó, hogy a hibák (legnagyobb) mélysége mellett azok térfogata is lényeges. Ezért előfordulhatnak az egyszerű arányosság egyeneséhez képest kiugró pontok is a diagramon. A hibafeltárás azért fontos, mert így nem csak a mesterséges hibák jeleire vagyunk utalva a kiértékelésnél, a talált összefüggés pedig azért, mert igazolja azt, hogy a belső horony adekvát referencia hibája a korróziós krátereknek, legalább is az adott esetben.

Távlati célként a csövek várható élettartamának becslését tűztük ki. Az ezt elősegítő számítógépes program elkészítése a közeljövő egyik feladata.

Vegyipari reaktorcsövek vizsgálata

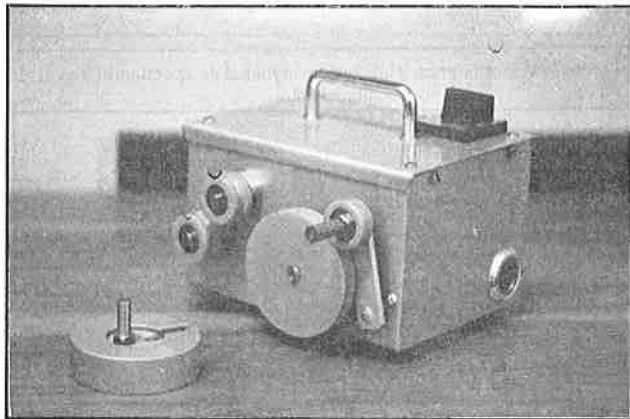
Nagy nyomásnak és magas hőmérsékletnek kitett, vastag falú reaktorcsövek belső palástján kialakuló fáradási repedések földelésére egy belső abszolút szondás vizsgálórendszert fejlesztettünk ki a Tiszaí Végi Kombinát Rt. részére.

A csövek gyártástechnológiája és az üzem közben fellépő feszültségek miatt csak hosszirányú repedések várhatók. Ennek megfelelően készült el az etalon, egy állandó és egy egyenletesen változó mélységű hosszanti horonnyal (5. ábra).



5. ábra. Etalon reaktorcső hosszanti, 0,6 mm széles homyokkal.

A rendszer újdonsága az, hogy az örvényáramú készüléket két, személyi számítógépbe épített elektronikus kártya helyettesíti. Ezekre épül a gerjesztés és a jelfeldolgozás, maga a számítógép pedig, természetesen, kijelzőként és tárolóként is funkcionál. Minden vizsgálati paraméter szoftveres úton állítható be, a kiértékelést – ideértve az állapotkövetést is – program támogatja. (E téma részleteit egy külön poszteren mutatjuk be.) Saját tervezésű és készítésű a szondamozgató egység is, amely nélkül a többször tízméteres csőszakaszok igen nehezen lennének vizsgálhatók (6. ábra). A szondát sűrített levegővel lövik be a csőbe és mechanikus vontatóval – egyenletesen – húzzák vissza onnan. A visszahúzás és a mérés szinkronizált.

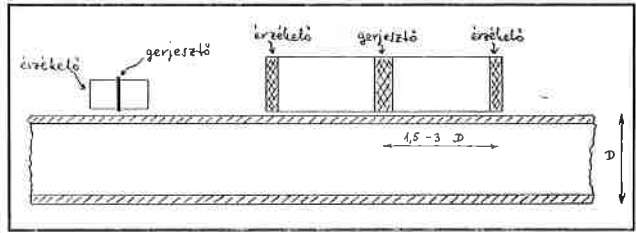


6. ábra. A szondamozgató segédesszközei: kábelvontató és fűvókás fel-

Erőművi forrcsövek vizsgálata

A Dunamenti Erőmű Rt. megbízásából végzett eszközfejlesztés és a közös munkával jelenleg is folyó üzemi próbák célja az, hogy gyors és olcsó módszert adjon a kazánokban lévő forrcsövek állapotának rendszeres ellenőrzésére, kiváltva a sokkal kevésbé hatékony és nagy előkészületet igénylő ultrahangos falvastagságmérést. A közvetlen feladat a csövek belső korróziója vagy eróziója miatt kialakult, veszélyes mértékű falvékonyodások földelése.

A megoldás érdekessége, a ma még ritkán alkalmazott, a távoli tér érzékelésén alapuló szonda [1,2]. Ilyen szondában az érzékelő tekercset a gerjesztő tekercstől több, mint egy csőátmérőnyire helyezik el, tehát az attól távoli – a csőfalban indukált örvényáramok által is befolyásolt – mágneses tér kelt bennük feszültséget (7. ábra). Ez az elrendezés azért

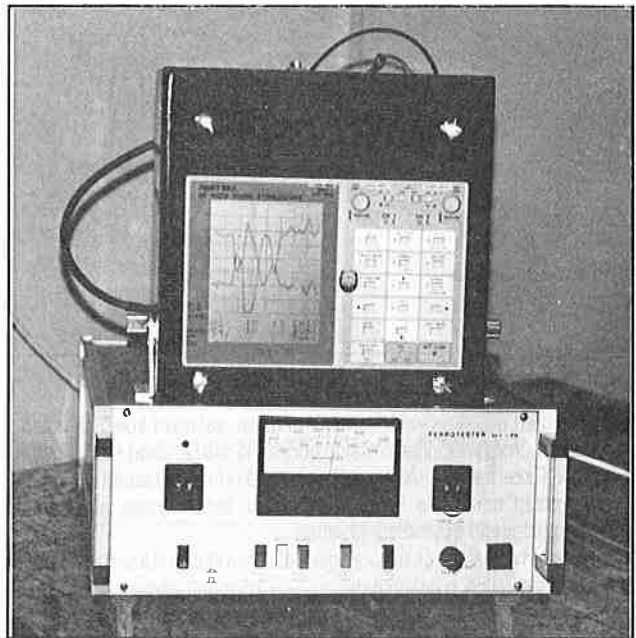


7. ábra. Egy hagyományos szegmens-szonda és egy távoli térű szonda

előnyös, mert vele még vastag falú csöveknél is közel azonos érzékenységgel mutathatók ki a külső és a belső hibák. Jelen esetben az 5-6 mm falvastagságú, ferromágneses forrcsövek belső felülete vált így kívülről vizsgálhatóvá (8. ábra).

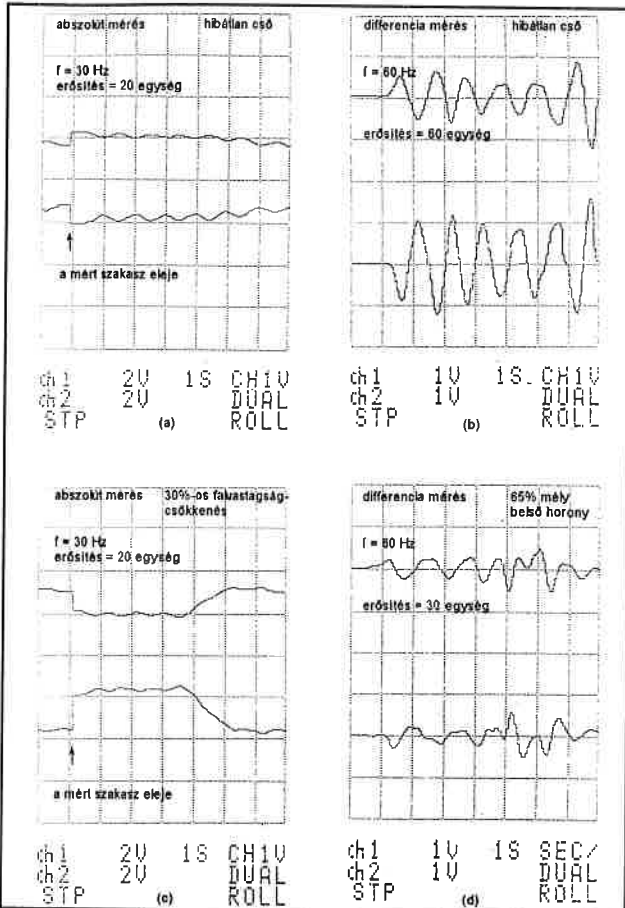


8. ábra. Egyenes forrcsőszakaszok vizsgálatára kifejlesztett szonda



9. ábra. A forrcsővizsgálat örvényáramú készüléke (Ferrotest MT-29; KFKI)

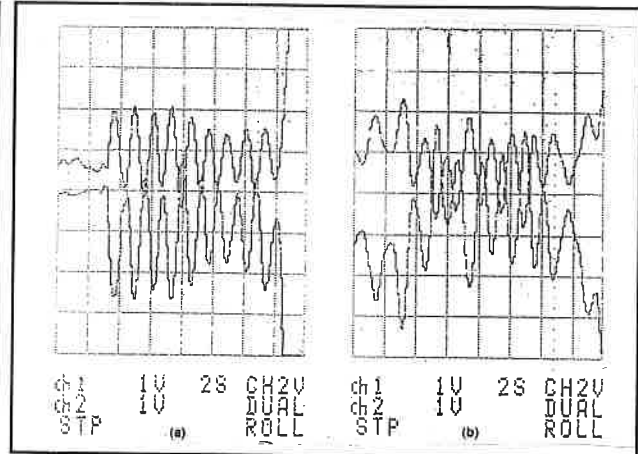
A szonda gerjesztését és jelének földolgozását a KFKI gyártmányú, Ferrotester MT-29-es típusú – tároló oszcilloszkóppal, mint kijelzővel és archiválóval felszerelt – készülék végzi (9. ábra). A mérőrendszer egyaránt működtethető abszolút és differencia üzemmódban. Abszolút méréssel föltérképezhető a nagy méretű csőhibák kiterjedése és súlyossága, míg a differencia mérés a kisebb kráterek kimutatásának lehet érzékeny módszere.



10. ábra. Etalon-források regisztrátumai

Aszonda és az eljárás alkalmasságát demonstrálják a 10. ábra regisztrátumai, amelyeket 57×5 mm névleges méretű etalon forrásokon vettünk föl. A kétféle mesterséges hiba – az 500 mm hosszú, 30%-os, koncentrikus falvastagság-csökkenés és az 50 mm hosszú, 20 mm széles, 65% mélységű, ívelt fenékű horony – kiterjedt faleróziót, illetve helyi korróziós krátert hivatott modellezni.

A 11. ábrán az egyik kazánból kivágott két csőszakasz differencia üzemen készített regisztrátumai láthatók. Az egyik cső hibás volt: kb. 200 mm hosszan három helyen indult meg benne a réz okozta korrózió, és a kis kráterek legnagyobb mélysége meghaladta az eredeti falvastagság 20%-át. A másik csőben viszont, endoszkóppal végignézeve, nem találtunk



11. ábra. Kazánból kivágott hibátlan (a) és korróziós krátereket tartalmazó (b) cső jele; differencia mérés, frekvencia = 30 Hz

belső falhibát. Ez a cső a többiekéhez képest jóval nagyobb jelhullámosságával tűnt ki, ami – az utólagos mérések szerint – csak a keménység nagyobb mérvű ingadozásához köthető. A hibákra tehát, összevetve a két jelet, a hullámosság szabálytalansága utal ez esetben. A jelhullámosság a raktárból származó etalon csőveknél is megfigyelhető (10. ábra), és végső soron a gyártástechnológiával hozható összefüggésbe. Ennek a zavaró tényezőnek a kiszűrése a továbbfejlesztés egyik iránya.

A módszer érzékenységét jól jellemzi az, hogy 0,2 mm-nél nem mélyebb – ultrahanggal észrevehetetlen – korróziós foltokat is sikerült vele kimutatni. Két kérdés azonban fölvetődik ezzel kapcsolatban: Milyen egyéb olyan elváltozások történhetnek itt a csőfalban, amelyek végül – dacára az elhanyagolható anyaghiánynak – észrevehető hibaindikációt eredményeznek? Továbbá, mennyire súlyosnak tekintendő egy ilyen hiba?

Az üzemi próbákat a kivágott csőveken elvégzett feltárások és mechanikai, esetleg egyéb más mérések követik. Ezekre támaszkodva próbálunk a jelenleginél pontosabb hibakritériumokat megállapítani.

Összefoglalás

Az itt vázolt, csőrendszerek üzemi ellenőrzésére használt örvényáramú vizsgálatok igen nagy anyagfelületek gyors végigpásztázására adnak módot, tehát az ellenőrzés alkalmanként az összes csőre és azok teljes hosszára kiterjedhet. Ezzel pedig megalapozható az ilyen rendszerek állapotának hosszú távú követése, amire föltétlenül szükség van, akár élettartamot akarunk becsülni, akár az esetenkénti talált elváltozások veszélyességét akarjuk megítélni, kellő biztonsággal.

* A fejlesztő munkában állandó partnerünk a Központi Fizikai Kutató Intézet Szilárdtestfizikai Kutató Intézetének Tóth Ferenc vezette laboratóriuma.

952 071 149/166

Irodalom

- [1] T. R. Schmidt: Materials Evaluation Vol 42 pp 225–230, 1984.
- [2] Tóth Ferenc: Roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások és lehetőségek; KFKI Budapest, 1992.

INSPEC és SPOTCHECH PENETRÁLÓ ANYAGOK

ellenőrző etalonok

Az Ön partnere az anyagvizsgálatban

GRIMAS® IPARI KERESKEDELEM

tel: 277-4470 fax: 276-0557

MÁGNESES VIZSGÁLÓESZKÖZÖK

kézimágnes, Berthold-tárcsa, UV lámpák, és
egyéb eszközök

A zavaró jelek kiszűrése a hőátadó csövek örvényáramos vizsgálatainak értékelése során

Buglyó Imre*

A hőcserélők jellemzői

A vízszintes, hengeres alakú gőzfejlesztő középrészén helyezkedik el 2 db függőleges helyzetű, primer kollektor, az ún. hideg és meleg kollektorok.

A meleg kollektorba érkezik a 290°C-os, 12,5 MPa nyomású víz a reaktorból az Ø 520 mm-es hurkon át, és ez áramlik szét a hőátadó csövekbe. A hőátadó csövek másik vége a hideg kollektorba csatlakozik. A primerköri víz itt hagyja el a gőzfejlesztőt és ugyancsak egy Ø 520 mm-es hurkon keresztül jut vissza – már lehűlve 260°C-ra – a reaktorba.

A gőzfejlesztő hőcserélő felülete 5536 db csőkiágóból áll, ezek anyagminősége 08H18N10T, rozsdamentes ausztenites acél, méretük Ø16×1,4 mm. Ez a csőkiágó a gőz-víz térben van elhelyezve, folyószerűen, a természetes keringés érdekében 30×24 mm-es osztásban. A csőkiágók végei a primer kollektorokba vannak behengerelve, robbantásos módszerrel, a kollektor teljes falvastagságában, 136 mm hosszban és argon védőgáz ivhegesztéssel vannak a kollektor primer falához körbehegesztve.

A csőkiágók közötti távolságot a csőkiegben szerelvényrácok, ún. távolságtartók biztosítják, melyek anyaga 08H18N10T minőségű acél, és egymástól való távolságuk 700 mm.

Ezen hőátadó csövek örvényáramos vizsgálatát 1988-tól rendszeresen, meghatározott időközönként végezzük, a mindenkorí jófajta ciklusban.

A vizsgálatokra vonatkozó valamennyi előírást (ciklusidő, vizsgálati mennyiség, vizsgálati mód stb.) az OAH NBF által jóváhagyott keretprogramok, illetve az ún. Módszertani Kriteérium Gyűjtemény rögzítik.

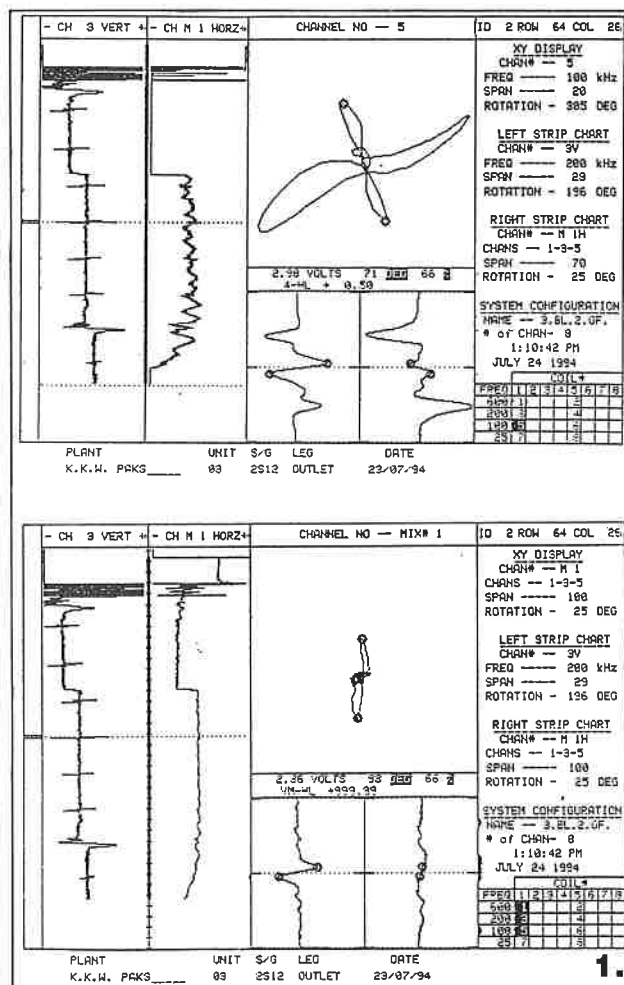
A gőzfejlesztő hőátadó csöveinek vizsgálata rendkívül fontos, kiemelt területe az atomerőművi vizsgálatoknak.

Ezek a hőátadó csövek a primerkör és a szekunderkör határát képezik. Kilyukadásuk esetén a primerköri közeg bekerülne a szekunder térbe, ami nukleáris biztonságtechnikai szempontból nem engedhető meg. A vizsgálat tehát arra irányul, hogy képet kapjunk ezen csövek üzem közbeni állapotáról, és amennyiben szükséges, úgy még a kilyukadásuk előtt kiiktathassuk őket a hőátadás folyamatából.

Az örvényáramos vizsgálat

Az adatfelvétel minden esetben egyidejűleg 4 frekvenciával történik. A frekvenciatartomány 25 kHz és 600 kHz között van. Ez biztosítja a hőátadó cső teljes keresztmetszetének a vizsgálatát, azaz az esetleges külső és belső hibák regisztrálását.

Az adatkiértékelés – részben – az előbb említett frekvenciákon történik. Ez azonban – a gyakorlat szerint – egyáltalán nem elégséges a megbízható, korrekt kiértékeléshez. A hőátadó csövek állapotának kiértékelése

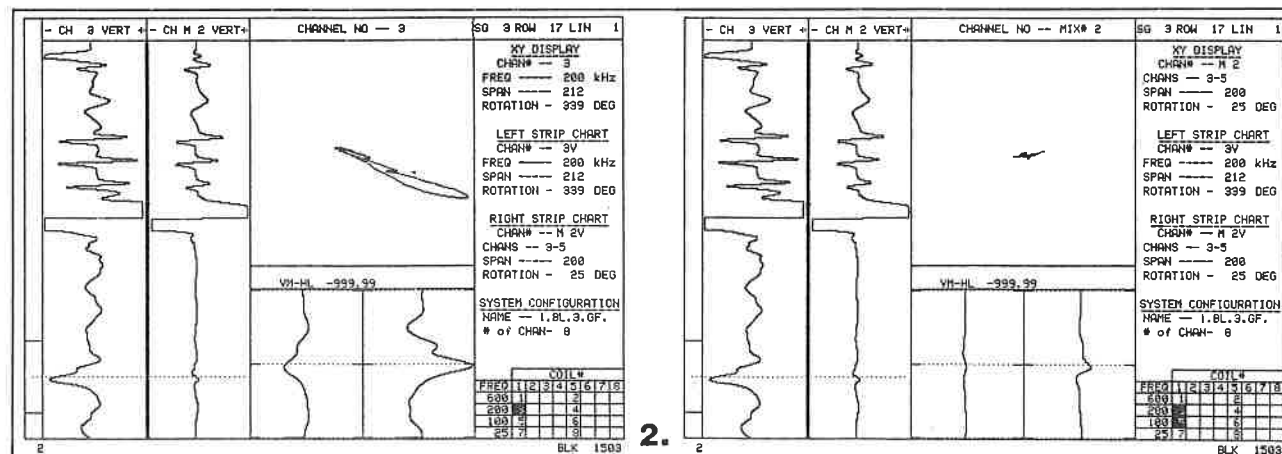


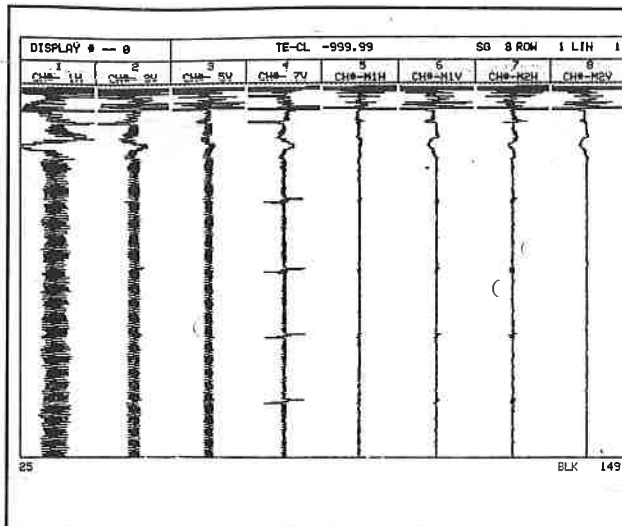
folymán jó néhány zavaró jelenséggel találkozunk, amelyek egyrészt magából a gőzfejlesztő konstrukciójából, másrészt a gyártási technológiából adódnak.

Ilyen jellegű zavaró jeleket okoznak többek között:

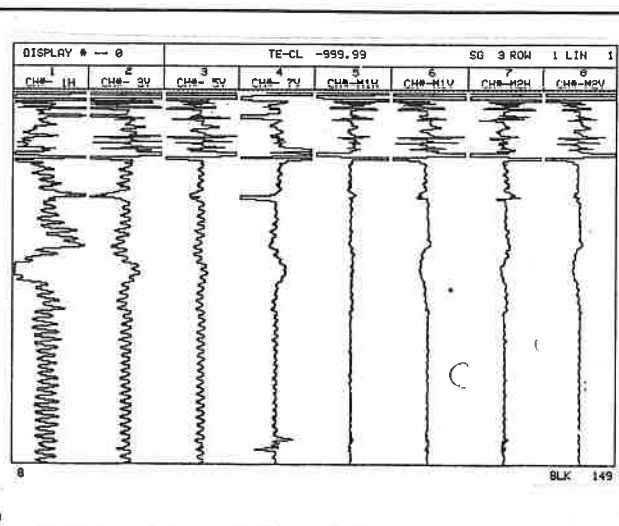
- a már korábban is említett, a csőkiágók közötti távolságot biztosító szerelvények, az ún. távtartók,

* Paks Atomerőmű Rt





3.



- a hőátadó csövek kollektorfalba behengerelt végénél jelentkező ún. behengerelési jel,
 - a hőátadó csövek különböző hajlítotti ívei,
 - a cső belső felületéről kapott jel, az ún. Pillger-effektus.
- Az elmúlt évek gyakorlata szerint – amit megerősít a nemzetközi gyakorlatból eredő információ is – a hibák többsége ezen zavaró jelek alatt fordul elő. Tehát létkérdés, hogy ezeket a zavaró jeleket valamilyen módon „eltüntessük” az értékelés során. Ezt a célt az ún. MIX-ek létrehozásával tudjuk elérni.

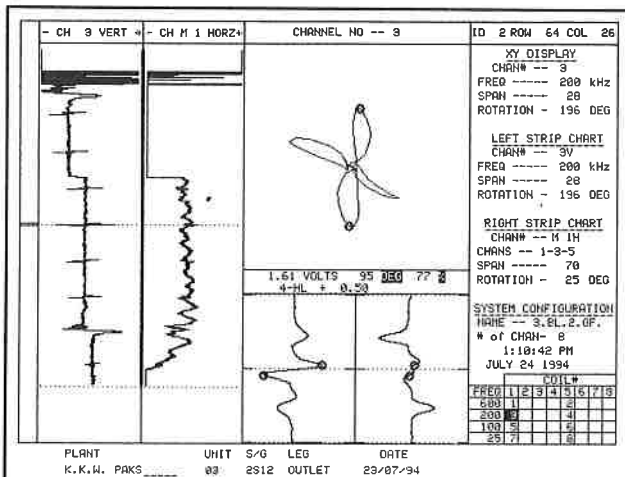
Ezeknek a MIX-eknek az előállítására egyrészt felhasználtuk a gőzfejlesztőkben levő hőátadó csöveket, másrészt egy erre a célra készített speciális etalonsort.

Gyakorlatilag arról van szó, hogy a már előzőekben említett frekvenciákat – amiket az adatfelvételnél és az értékelésnél is használunk – úgy keverjük össze, hogy annak hatására az adott zavaró jel összezsugorodik, míg az esetlegesen alatta levő hibajel nagysága nem változik, így az a monitoron jól látható.

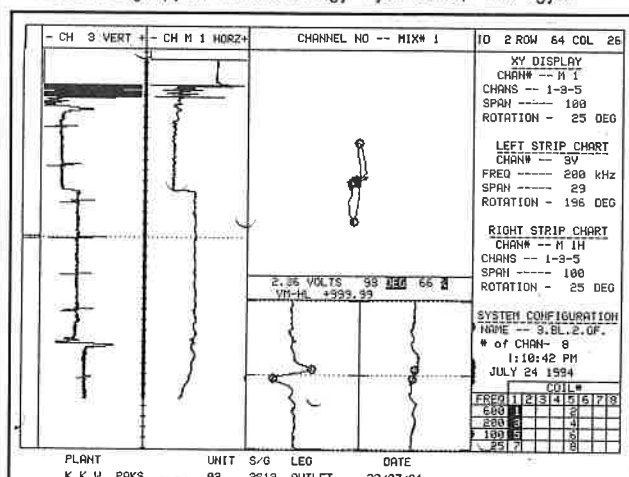
Ilyen MIX-et használtunk a 600, a 200 és 100 kHz-es frekvenciák összekeverése esetén egy külső zavarójel vagy adott esetben a távtartóról kapott jel összezsugorítására (1. ábra).

Másik ilyen MIX, amit a napi gyakorlatban használunk és a 200 valamint 100 kHz összekeveréséből nyerünk, ami egy belső zavaró jel, mint például a behengerelési jel „eltüntetésére” szolgál (2. ábra).

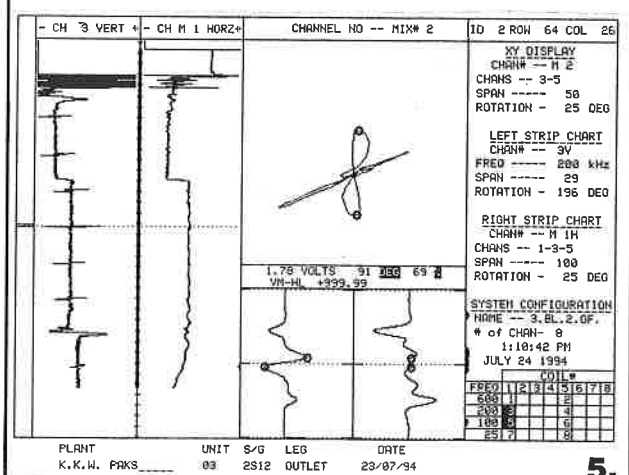
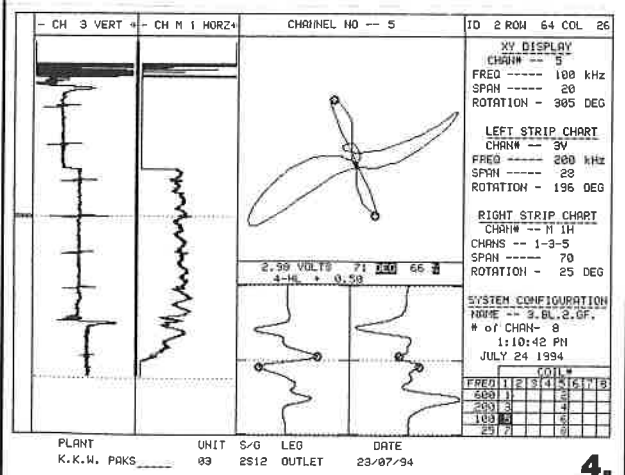
Érdekességképpen bemutatok egy olyan ábrát, ahol ugyanarról a



4.



5.



csőről készült mérésfelvétel látható az alkalmazott 4 különböző frekvencián külön-külön, valamint a belőlük készített MIX-eken ábrázolva (3. ábra).

A következőkben olyan képeket mutatok, amelyek a hőátadó csővek 1994-ben végzett ellenőrzése során talált hibás csövet ábrázolnak. Konkrétan ez a cső a vizsgálati eredmény alapján le lett dugózva (4. ábra, 5. ábra).

Jól látható, hogy a hőátadó cső 4. távtartó alatti szakaszán találtunk rendellenességet. A 4. ábrán 200 kHz-nél és 100 kHz-nél is látható a hiba, mivel a két jel fázisszöge jelen esetben szerencsésen eltér egymástól, ám igazából az 5. ábrán látható, amikor a 600, a 200 és 100 kHz-es frekvenciát összemixeltük. Jól látható az ábrán, hogy a távtartó jel összezsugorodott, pontoszerű lett, míg a hibajel nagysága nem változott.

Egyéb tapasztalatok

Az elvégzett kísérletek során – a zavarójelek kiszűrésén túl – bebizonyosodott néhány olyan dolog, aminek ugyancsak komoly szerepe van a megbízható, korrekt kiértékelésben.

Az adott keresztmetszetben levő hiba (hibák) nagysága arányos a rajtuk mért feszültségkülönbséggel.

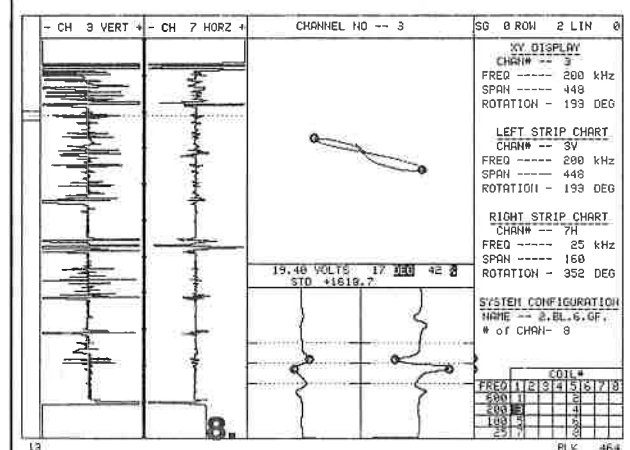
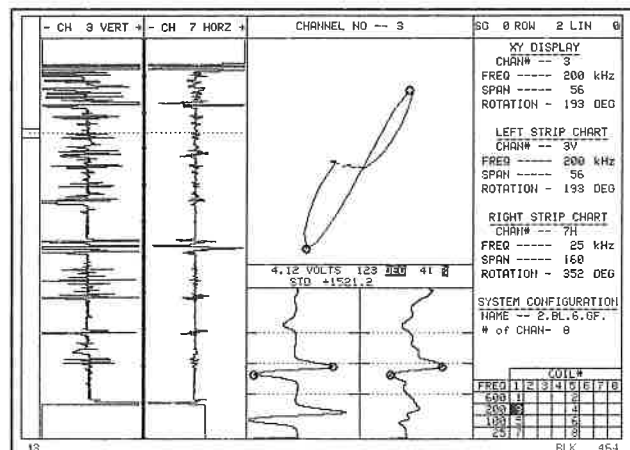
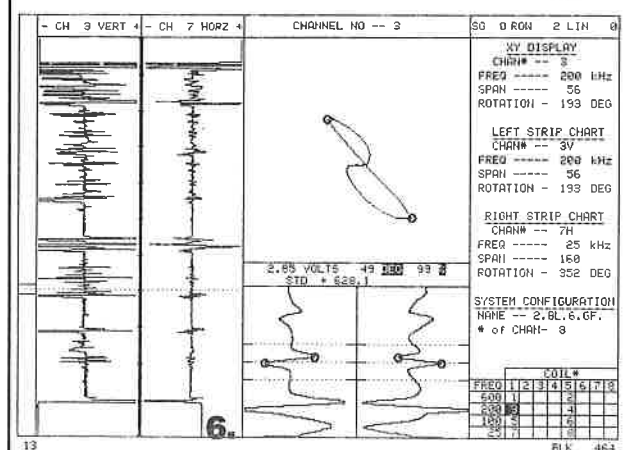
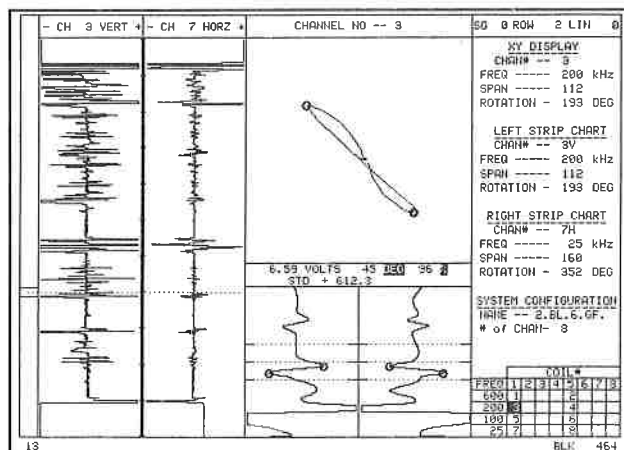
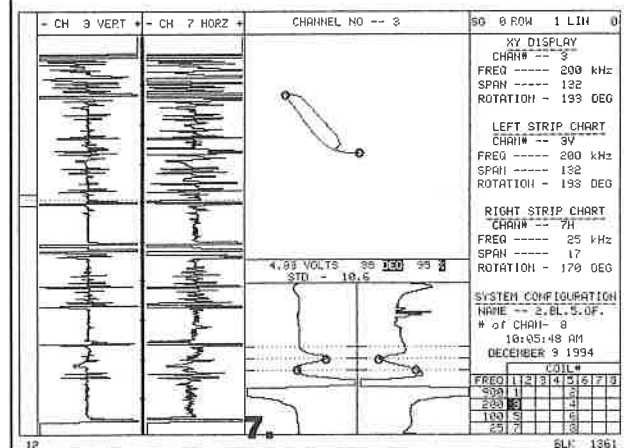
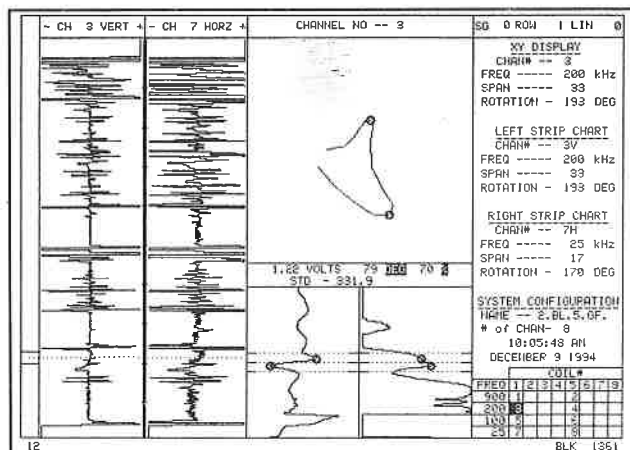
Például: 4 db Ø 1,3 mm-es hibán mért feszültségkülönbség 6,59 V, 2 db Ø 1,3 mm-es hibán mért feszültségkülönbség 2,85 V, és 1 db Ø 1,3 mm-es hibán mért feszültségkülönbség csak 1,44 V. A mért feszültségesés ellenére a fázisszögek nem változtak (6. ábra).

Másik ilyen megállapítás, amit az etalonsori kísérletek elvégzése után meg lehet tenni, hogy az ún. fémcs zárványról kapott jel – amely zárvány az anyagban található – és permeabilitás-változást okoz, nem követi a hiszterézis görbe alakját (7. ábra).

Végezetül bemutatok egy olyan ábrát, ahol az örvényáramos vizsgálat talán legfontosabb paraméterének, a fázisszögnek a szerepe látszik. Egy 40%-os belső és külső hibáról készített képet szemlélte a 8. ábra.

Az előzőekben elmondottak, úgy gondolom jól érzékeltetik azokat a törekvéseinket, amelyek eredményeként a lehető legnagyobb biztonsággal tudjuk elvégezni a gőzfejlesztők hőátadó csőveinek a vizsgálatát, illetve a vizsgálat kiértékelését.

952 074 167



Belső mentes felületek örvényáramú hibakereső vizsgálata

Csepregi István* – Kulcsár Tibor*

Napjainkban – a gazdaságosság mellett – egyre magasabb minőségi követelményeket támasztanak a különböző termékekkel szemben. A minőséget gyártás alatti, illetve azt követően ellenőrző vizsgálatokkal garantálhatjuk. Fémtermékek esetében az egyik ilyen vizsgálati módszer az örvényáramú technika, amely felületen megjelenő, vagy felület közeli hibák kimutatására alkalmas. Poszterünkön a sok helyütt előforduló – és gyakran fátáradásnak kitett – belső mentes felületek (anyák és fészkek) örvényáramú repedésvizsgálatára

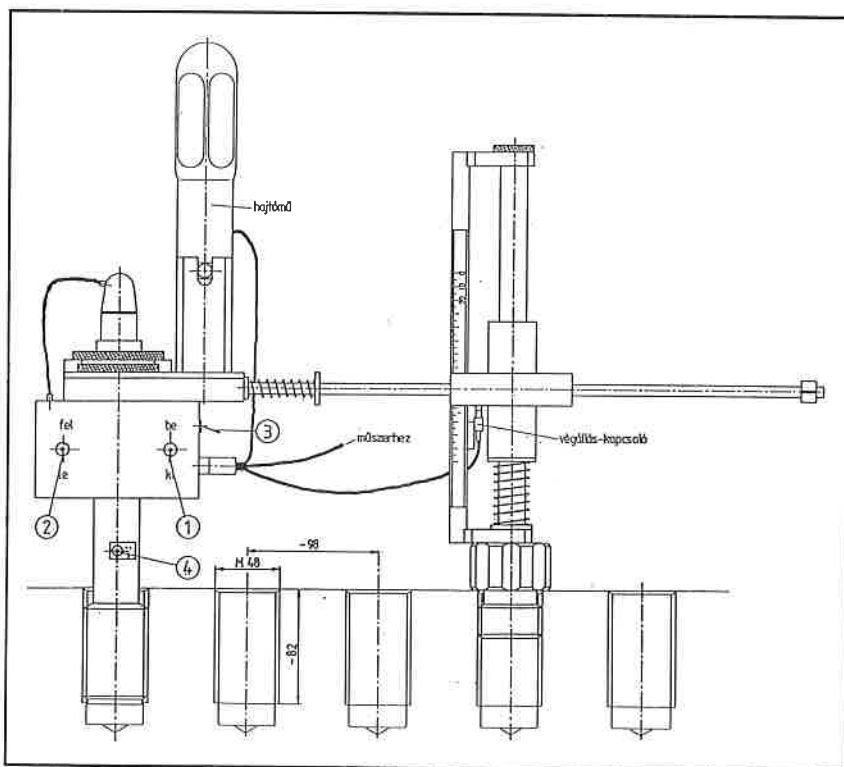
amely megfelelően beállított paraméterek és megválasztott szonda mellett alkalmas repedések kimutatására.

A motoros forgató-tájoló a feladat igényeinekhez tervezett és gyártott egység (1. ábra): tartószerkezetből, és motoros hajtóműből áll. Az utóbbi hajtja be és ki a szondatestet a vizsgálandó mentes furatba, illetve furatból.

A szondatest jó siklási tulajdonságú műanyagból készült. Ebben két differencia szonda van, a kimutatandó hibák két szélsősé-

ges geometriai helyzetének megfelelően. A szondák külön-külön üzemeltethetők.

Az etalon a vizsgálandó mentes fészkek anyagából készült, és három-három hosszanti, illetve keresztirányú, szikraforgácsolással be-munkált mesterséges hibát tartalmaz (2. ábra). Az etalonról kapott jelek segítségével találha-



1. ábra. A tartó- és mozgatószerkezet a szondatesttel és a segédelektronikával

mutatunk be egy példát. A kifejlesztett rendszer mentes fészkek gyors sorozatvizsgálatát teszi lehetővé.

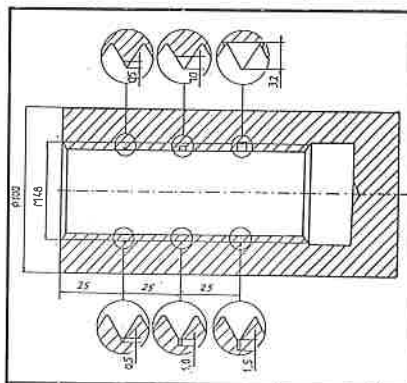
A vizsgálórendszer

Főbb részei a következők:

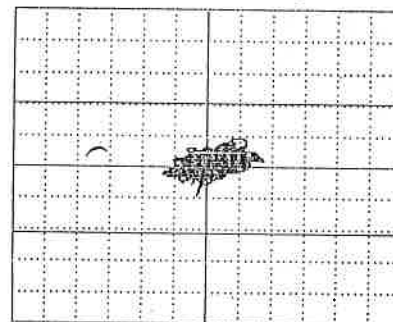
- örvényáramú mérőműszer,
- motoros forgató-tájoló egység,
- forgatható szondatestbe épített vizsgálószondák és
- etalon.

Az örvényáramú mérőműszer egy Hocking gyártmányú, Phasec 1.1 típusú készülék,

* Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. (AGMI Rt.)



2. ábra. Mentés fészkeketalon tengellyel párhuzamos (hosszanti) és arra merőleges (keresztirányú) hornyokkal



3. ábra. Egy repedésmentes fészkekről a hosszanti hibákra beállított szondával fölvevett regisztrátum

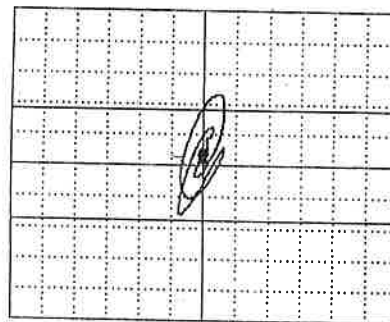
tók meg a műszer optimális működési paraméterei és határozható meg a hibaküszöb, figyelembe véve természetesen a repedésmentes fészkek „alapzaját” is (3. ábra).

Az így összeállított vizsgálórendszer, kisebb módosításokkal, bármikor átalakítható más és más méretű mentes furatok vizsgálatára.

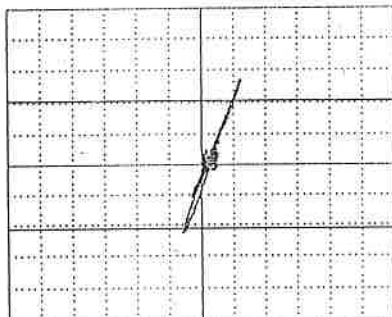
Hibajelzés és kiértékelés

Ha vizsgálat közben a hibaküszöböt meghaladó mértékű indikáció adódik, akkor a mérőkészülék – a hang- és fényjelzésen túl – egy visszacsatolás révén leállítja a hajtómotort, így a mérőműszer oszcilloszkópjára nem kerül rá további jel és lehetővé válik a zavartalan kiértékelés, illetve a regisztrált hiba helyének pontos behatárolása.

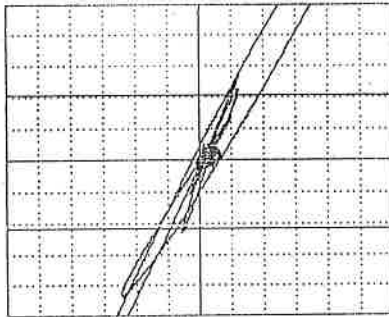
A kapott indikációkat – a teljes kiértékelés végett – össze kell hasonlítani az etalonban lévő műhibák jeleivel (referencia jelek; 4-6.



4. ábra. Keresztirányú, 1,5 mm mélységű műrepedésről fölvevett regisztrátum



5. ábra. Hosszanti, 1 mm mélységű műrepedésről fölvett regisztrátum



6. ábra. Hosszanti, 3,2 mm mélységű műrepedésről fölvett regisztrátum

ábra), amelyek bármikor előhívhatók a készülék memóriarekeszeiből. A vizsgálószondát egy külön kapcsoló segítségével ráállíthatjuk a hibára, és így megadhatjuk annak pontos helyzetét. Az ehhez szükséges szögmérőt és mérőléceket a forgató-tájoló egységen helyeztük el.

A mérőkészülék számítógéphez is csatlakoztatható és alkalmas szoftverrel nem csak rögzíthetjük a mért adatokat, hanem automatikusan ki is értékelhetjük azokat. Ezzel a kiegészítéssel e módszer akár gyártósori vizsgálatra is bevetethető.

952 077 168/169

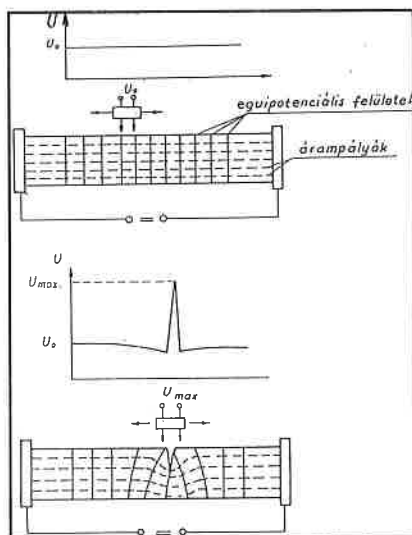
Egy új műszeres lehetőség a repedés méretének és terjedésének mérésére

Harnisch József*

A repedésvizsgálat egyik legnagyobb problémája a repedésméret megállapítása. A repedés mélységének pontos mérése nagyon fontos információ lehet mind a működő szerkezetekben felderített repedéseknél, mind a mechanikai anyagvizsgálat próbatestjeinek mérésekor.

A mechanikai anyagvizsgálatnál, a hagyományos – valamilyen repedési felület közelében sűrűsödő segédanyag láthatóvá tétele elvén működő – repedésvizsgálatra nincs is mód, illetve általában nem is elegendő a repedés jelenlétének a meghatározása. Ezekhez a vizsgálatokhoz szükség van a repedés képződésére és terjedésére, nagyságára vonatkozó jellemzők meghatározására. Ezt a műszert elsősorban erre a célra, a mechanikai vizsgálatok műszeres támogatására fejlesztették ki. Az itt bemutatásra kerülő műszer a repedésméret rendkívül pontos meghatározására ad lehetőséget.

A műszerrel statikus és dinamikus körülmények között is lehet mérni, és már 12 $\mu\text{m}/\text{óra}$ repedésterjedési sebesség mellett is lehetséges a repedésméret változásának a mérése.



1. ábra. A mérés elve: a potenciálkülönbség az inhomogenitás (repedés) környezetében megnő

- azonos repedésméret-különbség nagyobb feszültségkülönbséget eredményez mint az egyenáramú eljárás;
- egyértelműbb a jel a repedés növekedésével;
- kisebb áramerősség kell, kisebb műszer, egyszerűbb árambevezetés;
- a kis áram nem okoz melegedést;
- a mérési értékek és a repedésméret között lineáris kapcsolat van.

A Matelec CGM-5 típusú műszer jellemzői

Nagy stabilitás és ultra nagy felbontás. A nagy stabilitású váltakozó áram használata miatt kis zajszint, stabil erősítés és fázisérzékeny detektálás valósítható meg.

A 300 Hz és 100 kHz között megválasztható frekvenciával a gyakorlatban előforduló ötvözetek teljes skálája vizsgálható: ferromágneses anyagok, ötvények, auszterites acél, titán stb.

A bevezetett áram erőssége 0–2 A között, 1 mA-es felbontással változtatható.

Automatikus fázisbeállítás. A repedésterjedési kísérlet közben is automatikusan a legjobb fázisszöveget választva folyik a mérés. Kapcsolható szűrőkimenetek:

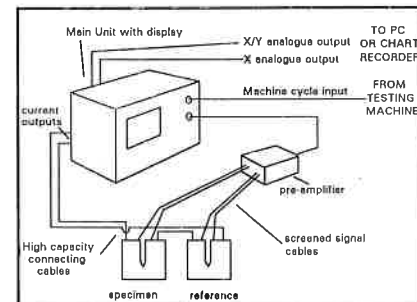
- Az alacsony frekvencia levágása, a lassú repedésnövekedés tanulmányozásához.
 - Csúcslevágás 80 Hz-en a fáradási kísérletekhez.
 - Out position a dinamikus repedésterjedés finom követésére.
 - A belső zajszint 100 mV-nál kisebb.
- A felsorolt jellemzők a műszernek igen széles felhasználási területet biztosítanak. Ezek közül is a legfontosabbak:

Felhasználási területek

- a kezdő repedések mérése,
- a lassú repedésnövekedés mérése,
- a fáradásos repedések terjedésének, és
- a dinamikus repedésnövekedésnek a mérése a mechanikai anyagvizsgálatok pl:
- fárasztás, törési szívósság vizsgálata közben,
- ipari berendezések állapotvizsgálata,
- repedésméret mérése az adott felületen, pontosság: kb. $\pm 0,5$ mm.

A 2. ábra egy törésmechanikai próbatest vizsgálatához szükséges mérési összeállítást mutat be. Amint látható, a méréshez két próbatestet kell használni. A referencia próbatest anyag- és hőmérséklet jellemzőinek a kiegyenlítésére szolgál. A másik próbatest a mechanikai vizsgálat tárgya, amelyen a repedésterjedést méri a potenciálszintnek a referencia-próba-hoz viszonyított megváltozásával. A műszer lehetőséget ad a vizsgálathoz szükséges további műszerek összehangolására, pl. egy kisciklusú fárasztáznál. A készülék RS232-n keresztül csatlakozik a központi számítógépes vezérléshez, amelyre az adatok folyamatos átvitele lehetséges.

952 078 140



2. ábra. A repedésterjedés mérése CT-próbatest vizsgálata közben.

A készülék mérési elve

A készülék örvényárampotenciál-szondás módszer elvén alapul. Ezt szemlélteti az 1. ábra. Az elv lényege, hogy a felületen mérhető feszültség mindaddig állandó, amíg azt valamilyen felületi hiba meg nem változtatja.

A mérést elvileg egyen- és váltóárammal egyaránt el lehet végezni. Ezek legfontosabb mérési jellemzői az alábbiakban lehet összefoglalni.

Egyenáramú mérés:

- nagy áramerősség kell;
- nagy és költséges a feszültség-stabilizáció;
- a nagy áram melegíti a mintákat, főleg a feszültségcsúcsok környékén;
- a kontaktusoknál termoelektromos feszültség lép fel, ami nagy hibalehetőséget eredményez.

Váltóáramú mérés:

- növelt pontosság, kis zajszint a termoelektromos hatás és a fázisérzékenység jelenléte miatt;
- nagy érzékenység a rugalmas és képlékeny deformáció kezdetére;

* Grimas Kereskedelmi Kft.

Tisztelt Tagtársak!

Lapunk kiadója, a Testor Bt. – az MTSZ alapító tagja – és szerkesztőbizottságunk nevében tisztelettel köszöntöm Önöket abból az alkalmából, hogy a szövetség vezetősége az Anyagvizsgálók Lapját választotta az MTSZ-hírek rendszeres közreadására. Mi ezt a megbízást készségesen teljesítjük. Szeretnénk tagtársaink meglepetését azzal is elnyerni, hogy az MTSZ-hírekben kívül olyan szakkikket és információkat is közreadunk, amelyek segítik felelősségteljes szakmai munkájukat. Erre eddig is törekedtünk, amint kitűnik az 1994. évi tartalomjegyzékből, de jelen számunk tartalmából is. Örülünk, ha nem csak előfizetői, de szerzői is lennének lapunknak. Sőt, ha a tartályszovétség rovata a szakterület problémáinak fórumává válna! Szerkesszük együtt rovatunkat!

Dr. Lehofer Kornél felelős szerkesztő

A vezetőség határozatai

A Szövetség 1995. március 22-én tartotta meg a kibővített vezetőségi ülését. Ezen az összejövetelen több fontos napirend megbeszélésére került sor, melyek közül informatív érdekű a szabálytervezetek kidolgozásával, a külföldi cím- és termékjegyzék összeállításával, továbbá a technológiai utasítások felülvizsgálatával kapcsolatos határozat.

A Szövetség Minőségbiztosítási és Környezetvédelmi Munkabizottsága ez év folyamán szabályozat-tervezeteket dolgoz ki. Ezek a 11/1994. (III. 25.) IKM sz. rendelet szerint, az MSZ 9790 szabvány által I–IV. tűzveszélyességi fokozatokba sorolt éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályaival és az MSZ 13–401 szabvány vízvédelmi követelményeivel kapcsolatos *Minőségi és vizsgálati rendelkezések*-re vonatkoznak, és a különböző minőségi védjegyek használatára lesznek érvényesek.

A vezetőség úgy határozott, hogy munkabizottság a külföldi cégek cím- és termékjegyzékében azon eszközöket, berendezéseket, készülékeket, szerszámokat stb. mutassa be, amelyek a tartálytechnikai feladatkörben dolgozók érdeklődésére számot tarthatnak.

Több esetben is felmerült, hogy a hatályos szabványok a gyakorlat számos kérdésében nem adnak megfelelő, egyértelmű eligazítást. Ezért a vezetőség határozatot hozott olyan technológiai kiegészítő utasítások kidolgozásának megkezdésére, amelyek az éghető folyadékok és olvadékok tartályainak gyártására, vizsgálatára és biztonságtechnikájára vonatkoznak.

A szakképzés programja

A tartálytechnika már három különböző szakterületén indult meg a képzés 1994. II. félévétől.

1. Az éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályait tisztító szakemberek képzése (FEOR 8299)

A tanfolyam felkészít a tartály-revizízió, az időszakos, vagy speciális tartályvizsgálatok előtti tartálytisztítások elvégzésére.

A tisztító szakember tevékenységi körbe tartozik:

- a rendeletben, illetve a szakmai utasításban megnevezett tárolótartályok, valamint az ezekhez tartozó szerelvények vezetékek tisztításának megtervezése, megszervezése, a szükséges eszközök és anyagok kiválasztása,
- a tartálytisztítások technológiai folyamatainak lebonyolítása,
- a tevékenységi körhöz előírt balesetvédelmi, tűzvédelmi és környezetvédelmi feltételek biztosítása,
- a tartálytöltet közbenső tárolása,
- az eltávolított iszap kezelése.

A szakképzés megszerzésének feltételei:

- alsó korhatár: betöltött 20. életév,
- egészségi alkalmasság, vegyszerérzékenységre vonatkozó kiegészítő egészségügyi vizsgálat,
- alapfokú iskolai végzettség és fémipari vagy vegyipari szakmunkás képesítés,
- legalább 2 év szakmai gyakorlat olyan munkaterületen, ahol tárolótartályok üzemeltetése, karbantartása folyik,
- a szakképesítő tanfolyamon, valamint az annak keretében szervezett gyakorlatokon a folyamatos részvétel, a tanulmányi kötelezettségek teljesítésével,
- az írásbeli és szóbeli elméleti vizsga, valamint a gyakorlati vizsga eredményes letétele.

A bentlakásos tanfolyam indul: 1995. szeptember 4–13.

2. Az éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályait javító és karbantartó szakemberek képzése (FEOR 7439)

A tanfolyam felkészít a műszaki és biztonsági követelmények alapján a tárolótartályok és szerelvények minőségileg is ellenőrzött javítására és karbantartására.

A javító, karbantartó szakember a tevékenységi körbe tartozik:

- a javítási feladat megtervezése, a szükséges eszközök (gépek, készülékek, szerszámok), valamint az anyagok előkészítése,
- előzetes biztonsági intézkedések megtétele,
- a töltet közbenső tárolása,
- a javítási munkák lefolytatása, minőségi ellenőrzése,
- karbantartási feladatok ellátása,
- a javító, vagy karbantartó munkák dokumentálása.

A szakképzés megszerzésének feltételei:

- alsó korhatár: betöltött 20. életév,
- egészségi alkalmasság,
- alapfokú iskolai végzettség és fémipari megmunkáló (géplakatos) szakmunkás képesítés,
- legalább 2 év szakmai gyakorlat olyan munkaterületen, ahol tárolótartályok üzemeltetése folyik,
- a szakképesítő tanfolyamon, valamint az annak keretében szervezett gyakorlatokon a folyamatos részvétel, a tanulmányi kötelezettségek teljesítése,
- írásbeli és szóbeli elméleti vizsga, valamint az ezt követő gyakorlati vizsga eredményes letétele.

A bentlakásos tanfolyamok időpontja:

1995. június 12–21. • 1995. szeptember 4–13.

3. Az éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályait felülvizsgáló szakemberek képzése (FEOR 3154)

A tanfolyam felkészít, a nemzetközi szakmai követelményeknek is megfelelően, az előírások szerinti vizsgálatok lefolytatására, értékelésére és dokumentálására.

A szakember tevékenységi körbe tartozik:

- az idézett rendeletben, illetve szakmai utasításban foglalt tartályok, a tartályhoz tartozó, működéséhez szükséges technológiai és biztonsági berendezések, szerelvények és tartozékok műszaki és minőségügyi előírások szerinti felülvizsgálata,
- a vizsgálatok biztonságtechnikai, tűzvédelmi és környezetvédelmi feltételeinek biztosítása,
- a hatáskört, vagy a szakismeretet meghaladó probléma észlelése esetén a megfelelő szakértőnek a vizsgálati eljárásba való bevonása,
- a vizsgálati eredmények rögzítése, dokumentálás.

A szakképzés megszerzésének feltételei:

- alsó korhatár: 23 életév,
- egészségi alkalmasság,
- középfokú műszaki (szakközépiskola, vagy technikus) végzettség, és legalább ötéves tartálygyártói, -karbantartói, üzemeltetői gyakorlat,
- felsőfokú műszaki végzettség (okl. mérnök, okl. üzemmérnök) és legalább két éves szakirányú gyakorlat,
- szakképesítő tanfolyamon, valamint az annak keretében szervezett gyakorlatokon a folyamatos részvétel, a tanulmányi kötelezettségek teljesítésével,
- az írásbeli és szóbeli elméleti vizsga, valamint a gyakorlati vizsga eredményes letétele.

A bentlakásos tanfolyamok időpontja:

1995. szeptember 11–22. • 1995. október 2–13.

A felsorolt tanfolyamok tematikai egyeztetése folyamatos. A tartályvizsgáló képesítés jogosítványát célszerű harmonizálni a korábbi anyagvizsgálói jogosítványokkal. Ennek megfelelően azok számára, akik már tartályvizsgáló képesítést szereztek lehetőséget biztosítunk még 1995. I. félévé folyamán kiegészítő anyagvizsgáló képzésben való részvétellel. Ennek a kiegészítő képzésnek a tematikájában megtalálható az ultrahangos, a vizuális és a penetrációs vizsgálati eljárások.

A szakképzésekhez ideiglenes tananyag készült. A vezetőség úgy döntött, hogy a közeljövőben el kell készíteni a hazai és a külföldi szakmai előírásoknak megfelelő tartalmú végleges tananyagot. Az 1995. II. félévi tanfolyamok hallgatóit már lehetőleg a végleges tananyagokkal látjuk el.

Holl Józsefné
elnök

Roncsolásmentes vizsgálatok szerepe a föld alatti csővezetékek állapotmegítélésében

Dr. Nagy Gyula – Dr. Török Imre – Dr. Lukács János*

Bevezetés

A föld alatti, nagy értékű csővezetékek üzemeltetése során alapvető igény az elvárható megbízhatóság biztosítása, a karbantartási költségek minimalizálása mellett. Ehhez elengedhetetlen a csővezetékek állapotáról szerzett információk megbízhatóságának növelése. Korábbi időszakban egy csővezeték állapotáról a helyi feltárások tapasztalatai, esetleg statisztikai kiértékelése, és a káresetek elemzése alapján lehetett információt kapni. Az utóbbi évtizedekben jelentősen fejlődtek a feltárást nem igénylő, korszerű vizsgálattechnikai eljárások.

E közlemény célja egyrészt felvillantani a vizsgálati lehetőségeket, másrészt bemutatni egy, a csővezetékek állapotának megítélését segítő értékelést, ami az intelligens görényezéssel feltárt hibákra, hiányosságokra épül.

Csővezetéken előforduló hiányok és kimutathatóságuk

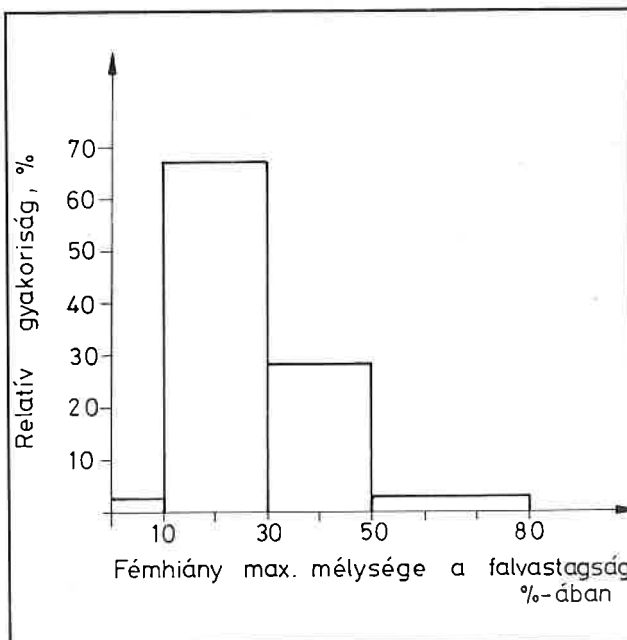
A korábbi üzemeltetések során bekövetkezett káresetek elemzése azt mutatja, hogy a szénhidrogén-szállító csővezetéseken a meghibásodások közel 10%-át külső erők, 26%-át korrózió, 53%-át gyártási és konstrukciós hibák, 3%-át pedig anyaghiba okozta. A külső erő okozta károsodások nem tervezhetők, a gyártási és konstrukciós hiányosságok és az anyaghibák pedig nehezen mutathatók ki, illetve javíthatók. Ezzel szemben a szénhidrogén-szállító csővezetékek meghibásodásának mintegy negyedét kitevő korróziós károsodások és okaik aránylag nagy biztonsággal kimutathatók, illetve meghatározhatók.

A nem kívánt korróziós anyaghiányok elkerülésére a csővezetéseket passzív védelemmel, szigeteléssel és aktív védelemmel, pl. katódvédelemmel is ellátják. Ezek állapotának ellenőrzése része a csővezetékek biztonságos üzemeltetésének. A szigetelés esetleges hibáinak kimutatására széles körben elterjedt, megbízható eljárás az egyenáramú feszültség-gradiens technika (DCVG) [1]. A szigetelési hiba helyének behatárolása mellett lehetőség van a hibaméret becslésére is. A csővezeték szigetelésének sérülése még nem jelenti a korróziós folyamatok megindulását, ha az aktív védelem megfelelően működik. A szigetelési hibáknál fellépő tényleges védelmi potenciál mérésére a szűk intervallumú cső-talaj potenciál (CIPS) mérési technika alkalmazható [2].

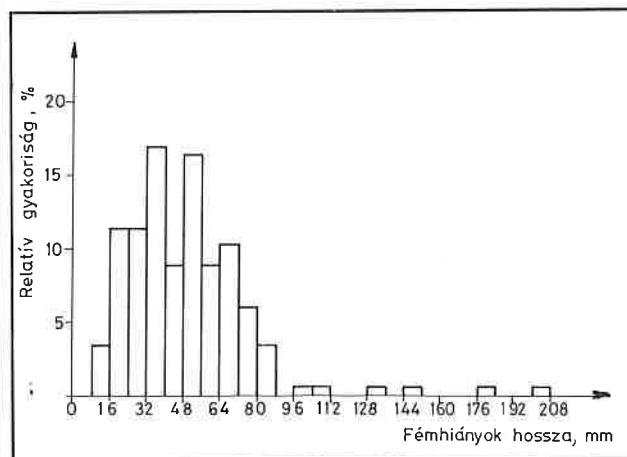
A mérési eredmények alapján nem csak a szigetelés és a védelem állapotáról, de a beavatkozás módjáról is dönteni lehet. Például kissé alulvédett hibás helyek esetén a katódállomás beszabályozásával megelőzhető a korrózió.

A vezeték többsege azonban hosszabb ideje üzemel szigetelési hibákkal, védtelenül, aminek következtében korróziós anyagfogyás következhet be. Az ilyen típusú hiányosságok kimutatására az intelligens csőgörényes vizsgálatok alkalmasak [3], amelyek rendszerint a csőfalon keresztül záródó mágneses fluxus változása alapján érzékelik a csőfal vastagságának változását. A vizsgálatoknál megadják az anyaghiányok helyét a cső hossz tengelye és kerülete mentén, a maximális mélységet, a hossz tengely irányú méretet és a veszélyességre jellemző mérőszámot (ERT-et) [4]. Ez utóbbi értelmezésétől a terjedelmi korlátok miatt eltekintünk.

A következőkben egy mérési adathalmaz alapján mutatjuk be az értékelés legfontosabb lépéseit. A fémhiányok relatív maximális mélységének elosztását mutatja az 1. ábra. Látható, hogy azonnali beavatkozást igénylő, 80%-nál nagyobb relatív csúcsmélységű hiba nincs, és a veszélyesnek ítélt 50–80%-os relatív csúcsmélységű fémhiányok aránya is csak 2,5%. A többi fémhiány jelenleg nem csökkenti meg nem engedhető módon a cső szilárdságát. A fémhiányok hosszának relatív gyakoriságát



1. ábra. A fémhiányok relatív mélységének eloszlása

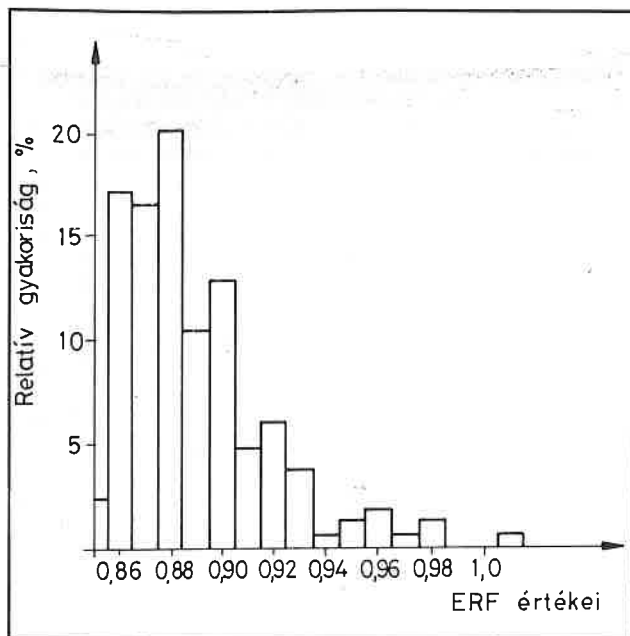


2. ábra. A fémhiányok hosszának eloszlása

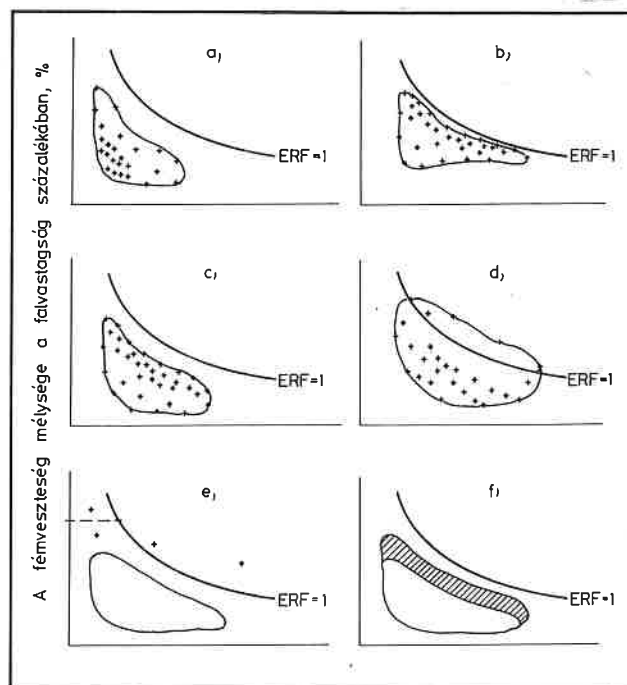
a 2. ábra, míg a hossz- és csúcsmélység együttes hatását kifejező veszélyességi tényezőjét (ERF) a 3. ábra mutatja. Amennyiben elfogadjuk azt az általánosan alkalmazott kritériumot, hogy csak az ERF1 értékű hibák javítandók, akkor a csővezeték állapotát jónak mondhatjuk.

A konkrét példa után általánosabban is bemutatjuk a hibahossz-relatív hibamélység diagramjának felhasználását a csővezetékek állapotának, állapotváltozásának megítélésére, a beavatkozás tervezésére (4. ábra). Ezen elvi ábra szerint azon cső állapota kedvezőbb, amelyen a található hibákat jelölő pontok az ERF=1 és a relatív hibamélység 80%-ához tartozó görbektől balra, lefelé, a koordináta-rendszer origója irányában sűrűsödnek (a és b ábrarészlet). Ugyanazon csővezeték egymást követő vizsgálata alapján a vezeték állapotának változása is egyértelműen kimutatható (a és c, illetve c és d ábrarészlet). A csővezeték állapotának javítását célzó beavatkozásoknál az a helyes stratégia, amely az ERF=1 és a 80%-os csúcsmélységű görbék feletti hibákat javítja elsődlegesen, ezt követően pedig a legnagyobb ERF tényezőjűket csökkenti.

* Miskolci Egyetem mechanikai technológiai tanszék



3. ábra. A veszélyességi tényező (ERF) eloszlása



4. ábra. Állapot, illetve állapotváltozás megítélése az ERF alapján

Összefoglalás

A közlemény főbb gondolatai a következőkben összegezhetők.

1. A föld alatti csővezetékek szigetelésének hibáit feltárás nélkül, az egyenáramú feszültség-gradiens technikával, a tényleges védelmi potenciál értékét a szűk intervallumú cső-talaj potenciálméréssel lehet meghatározni.

2. A fémhiányok kimutatására az intelligens csőgörényes vizsgálatok alkalmasak, amelyek által detektált hiányok bemutatott kiértékelése alapján a csővezeték állapota, állapotváltozása nyomon követhető, a javítási stratégia tervezhető.

952 080 001/107/170

Irodalom

- [1] Slatter, J. D.–Davidson, M. C.–Grapiglia, J. P.: DC voltage gradient technique to assess coating defects on buried pipelines, *Materials Performance*, Febr. 1993. p. 35–38.
- [2] P. Davies–M. Richert: Methodical approach key to cathodic-protection evaluation. *O,1 and Gas Journal*, Aug. 1988. p. 40–43.
- [3] Clerehugh, G.–Shannon, E.–Jackson, L.: Heres experience of British Gas with online inspection. *Oil and Gas Journal, Technology*. Jan. 1983. p. 117–123.
- [4] C 175016C sz. jelentés. Készítette: British Gas

Tárolótartályok komplex állapotellenőrzése

Lehoczy György

A nyomástartó edények gyártása, üzemeltetése, időszakos ellenőrzése hazánkban is egy jól működő rendszerben történik. A veszélyes üzemre való tekintettel, ennek hatósági felügyeletéhez és a jogilag szabályozott kereteihez nem férhet kétség.

A tárolótartályokra az utóbbi évtizedek környezetvédelmi katasztrófái hívják fel a világ szakembereinek a figyelmét. Ezek megelőzésére a fejlett országokban, a gyártást, létesítést, időszakos ellenőrzést, a tartály megszüntetését hierarchikus jogi környezetben szabályozzák.

Magyarországon a jogi szabályozás fele az első lépést a 11./1994. IKM rendelet jelentette. Sajnos ezzel még nem jelenthető ki, hogy a jogi szabályozottság létrejött, ugyanis a tárolótartályok gyártását, üzemeltetését hazánkban még nem szabályozza törvény, és a műszaki irányelvek, szabványok felépítettsége, megléte korántsem befejezett.

A megírandó műszaki szabályozásoknál fontos segítséget jelenthet a *minőségbiztosítási filozófia* alkalmazása.

A tartályok gyártása, létesítése, időszakos ellenőrzése nyilvánvalóan egy zárt ciklust képez, és ez csak rendszerszemléletben tekinthető át és szabályozható. A tartály „élete” az úgynevezett 0-állapottól – a gyártási állapottól – a megszüntetés fázisáig terjed.

A tartálygyártás, üzemeltetés területéről, a teljesség igénye nélkül, a tervezés, a gyártáselőkészítés, a gyártóművi minőségtanúsítás, az üzembe helyezés, az időszakos vizsgálatok és a tartály megszüntetése úgynevezett működési, megvalósulási elemeket kiragadva juthatunk el a komplex vizsgálat fogalmáig.

A tartály várható (vagy már megvalósult) üzemeltetési környezete, mint a tárolandó közeg (olaj, lúg, sav stb.), a tárolási funkció (technológiai tárolás, tartalékolás stb.) és a környezeti hatások (időjárási és talajviszonyok stb.) is fontos a vizsgálatok meghatározásánál.

A felsorolt szempontok, esetleg még tovább bővítve, összegzését a műszaki vizsgálati irányelv (esetleg szabvány) keretein belül lehetne megvalósítani. Az adott műszaki irányelv konkrét tartálytípusokra vonatkoztatva (pl. álló, hengeres tárolótartály) a gyártás, az időszakos vizsgálat és állapotellenőrzés, valamint a meghibásodás eseteire adna megfontolásokat az elvégzendő vizsgálatokra, ezen belül a roncsolásmentes vizsgálatok típusára, helyére és terjedelmére vonatkozóan.

A roncsolásmentes vizsgálatok kombinációinak lehetőségeit az 1. táblázat alapján lehet áttekinteni.

A tervező mindenkor feladata meghatározni és kijelölni a vizsgálati helyeket, megadni a vizsgálati terjedelmet.

A komplex roncsolásmentes vizsgálatok meghatározásának egy másik lehetséges útja a várható hibák valószínűségét tételezi fel, (pl. várható korrozios hely). Ennek vizsgálati módszerét a tervező, üzemeltető, vizsgáló együttesen döntheti el.

Mint minden szerkezetnél, a tárolótartályoknál is, talán a legfontosabb: a várható biztonságos üzemeltetés élettartamának meghatározása.

A komplex vizsgálati szemlélet ebben az esetben az alapállapot, más néven 0-állapot meglétét tételezi fel. A változások pontos regisztrálása a roncsolásmentes vizsgálatok egyik legfontosabb feladata. A változások

1. táblázat

Roncsolás-mentes vizsgálat típusa ¹	Alkalmazásra javasolt		
	Gyártás során	Időszakos ellenőrzés során	Meghibásodás esetén ²
Szemrevételezés	Igen	Igen	Igen
Radiográfiai vizsgálat	Igen	Nem	Lehet
Ultraszónus vizsgálat	Igen	Nem	Lehet
Ultraszónus falvastagság mérés	Igen	Igen	Igen
Bevonatvastagság mérés	Igen	Igen	Igen
Mágnesporos vizsgálat	Igen	Nem	Lehet
Festékbetárolásos vizsgálat	Igen	Nem	Lehet
Tömörégi vizsgálat	Igen	Igen	Igen
Szivárgás keresés	Nem	Nem	Lehet
Állapotellenőrző roncsolásmentes célvizsgálat	Nem	Igen	Igen

Megjegyzés:

1. A vizsgálat helye és terjedelme a tervező előírásai szerint

2. Meghibásodás esetén a szakértő javaslata szerint

követése az üzemeltetés pontos ismeretét kívánja meg, a vizsgálati helyek egyértelmű azonosítása hasonlóan alapkövetelmény.

Hangsúlyozni kell, hogy csak a roncsolásmentes vizsgálati eredmények figyelembe vétele nem elegendő az ún. maradék élettartam becslésekhez. Mindenképpen szükséges a szilárdsági számítások, korróziós állapotmeghatározás és egyéb diagnosztikai megfontolások, vizsgálati eredmények számbavétele is.

A biztonságos üzemeltetés a vizsgálatok, és ezen belül a roncsolásmentes vizsgálatok egyszeri és időszakos többszöri elvégzését tételezi fel. Ennek kapcsán nem elhanyagolható az elvégzendő vizsgálatok költsége sem. Hiába adott az igény, ha nincs rá pénz! Itt ismételt fel kell hívni a figyelmet a kötelező érvényű műszaki előírásra való hivatkozás fontosságára, – ahol az elvégzendő roncsolásmentes anyagvizsgálat típusa, helye, terjedelme, időszakos ismétlővizsgálat szükségé meghatározott –, hogy tervezhető legyen a vizsgálatok költsége.

A tárolótartályoknál az 1/1995 BM. rendelet melléklete hivatkozik – ezáltal kötelező érvényre emeli – az MSZ 9909, MSZ 9910, MSZ 9942, MSZ 9943, MSZ 9999 szabványokat.

Ezek a szabványok a tárolótartályok típusainak jelentős részét fedlelik. A fenti szabványok vizsgálatokra és ezen belül a roncsolásmentes vizsgálatokra vonatkozó lapjai azonban még csak az előkészület fázisában vannak, ezért jó esélye van a roncsolásmentes anyagvizsgálóknak arra, hogy a biztonság, környezetvédelem szempontjain túl, saját szakmai érdeküket is érvényesítsék a szabványok megalkotásában.

Összefoglalás

1. A tárolótartályok gyártásának, üzemeltetésének biztonsága érdekében a roncsolásmentes vizsgálatok, ismétlődő komplex alkalmazása kívánatos.

2. A tárolótartályok működésére vonatkozó és most készülő jogalkotás, műszaki szabályozás folyamatában a roncsolásmentes anyagvizsgálók szakmai érdekképviselője indokolt.

952 081 011

A tűzvédelem kötelező nemzeti szabványai

Éghető folyadékok tárolása

A belügyminiszter 1/1995. II. 10. BM rendelete – megjelent a Magyar Közlöny 1995/11. számában – a tűzvédelem és a polgári védelem kötelező nemzeti szabványairól intézkedik. A rendeletben felsorolt szabványok alkalmazása öt évig kötelező.

Az éghető folyadékok tárolásával összefüggésben – a rendelet mellékletének 1.3 pontja szerint – a következő szabványok alkalmazása kötelező. Természetesen ez a kötelezettség vonatkozik azokra a szabványokra is, amelyekre az itt felsoroltak hivatkoznak!

1.3 ÉGHETŐ FOLYADÉKOK TÁROLÁSA

MSZ 9901–1 Olajtüzeléshez tartozó tároló- és kiszolgálóépítmények, -berendezések tűzvédelmi előírásai. Olajfejtés és olajkészlet-tárolás (G 26)

MSZ 9901–2 –. Olajtovábbító és olajmelegítő rendszerek (G 26)

MSZ 9901–3 –. Tüzelőberendezések (G 26)

MSZ 9901–4 –. Telepítési távolság (G 26)

MSZ 9901–5 –. Általános előírások, vizsgálatok (G 26)

MSZ 9904 Éghető folyadékok tárolása és szállítása 300 literig (G 26)

MSZ 9905 Robbanásgátló szekrény (G 26)

MSZ 9909 Fekvő, hengeres acéltartály éghető folyadékok és olvadékok tárolására (G 26)

MSZ 9909–1 Fekvő, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szimpla és dupla falú föld alatti tartályok (G 26)

MSZ 9909–2 –. Szimpla és dupla falú föld feletti tartályok (G 26)

MSZ 9910 Föld feletti, álló, hengeres merevtetős acéltartály éghető folyadékok és olvadékok tárolására (G 26)

MSZ 9910–2 Föld feletti, álló hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szerelvényezési, biztonságtechnikai és környezetvédelmi előírások (G 26)

MSZ 9933 Üvegszál erősítésű műanyag tartály éghető folyadékok föld alatti tárolására (G 26)

MSZ 9942 Kamra tűzveszélyes folyadékok részére (G 26)

MSZ 9943 Üzemanyag-töltő állomás (benzinkút) előírásai (G 26)

MSZ 9999 Úszótetős acéltartály éghető folyadékok tárolására (G 26)

MSZ 10064 Tűzveszélyes folyadékok kimérő készülék (G 26)

MSZ 15633–1 Éghető folyadékok és olvadékok tároló- és kiszolgálóépítményeinek -berendezéseinek tűzvédelmi előírásai. Általános követelmények (G 26)

MSZ 15633–2 –. Tárolási módok és eszközök (G 26)

MSZ 15633–3 –. Lefejtő- és töltőállomások (G 26)

MSZ 15633–4 –. Kiegészítő berendezések (G 26)

MSZ 15633–5 –. Telepítés (G 26)

MSZ 15659–1 Biztonsági szerelvények tűzveszélyes folyadékok tárolóhoz és szállítóeszközeihez. Gyorselzáró (D 88)

MSZ 15659–2 –. Légzőszelep (D 88)

MSZ 15659–3 –. Hőhatásra záró szelep (D 88)

MSZ 15659–4 –. Lángzár (D 88)

MSZ 15659–5 –. Robbanászár (D 88)

MSZ 15659–6 –. Detonációzár (D 88)

Álló hengeres tartályok fenéklemezének állapotellenőrzése

Dr. Bacskai Antal* – Csizinszky László**

A 11/1994. (III.25.) IKM rendelet értelmében az éghető folyadékokat tároló nagy tartályokhoz fennmaradási engedélyt kell szerezniük az üzemeltetőknek. A jövőben időszakos szerkezeti és szivárgásvizsgálattal kell az illetékes hatóságok előtt bizonyítani, hogy a tartályok állapota megfelelő, s legfeljebb természetes kincseiket, a talajt és a vizet nem szennyezik. A megbízható időszakos állapotértékelési eredményesorok alapul szolgálnak a maradék élettartam becsléséhez, a tervszerű karbantartáshoz és a preventív intézkedésekhez, például katódos védelem, festékevonat, műanyag pótfenék megvalósításához is.

A tartályok legkényesebb része a fenéklemez, mert ott alakulhatnak ki észrevétlenül, vagy csak bizonyos késéssel észrevehető szivárgási veszteségek, környezetszennyezések. Ez elsősorban abból adódik, hogy a fenéklemezeket összetett korróziós folyamatok roncsolják.

A fenéklemezek károsodásának típusai

Optimális állapotértékelési vizsgálattechnikát a sokféle állapot-befolyásoló tényező minél alaposabb ismeretére, illetve abból levezetett hipotézisrendszerre lehet építeni.

A lyuk(ak) keletkezését, növekedését előidéző fő folyamatok a következők:

- általános korrózió az alsó (talaj felőli) és felső oldalon,
- lyukkorrózió (pittingek, lokalizált mély bema-ródások),
- réskorrózió (pl.: lemeztáblák átlapolásánál, hegesztési alátétlemeznél),
- galvánkorrózió (pl.: hegesztett kötések-nél),
- mikrobiológiai korrózió alul a talaj, felül az üledék hatására,
- eróziós korrózió elsősorban betáplálási, el-szivási áramlásoknál, valamint a kis lyuka-kon kiáramló folyadék hatására,
- feszültségkorrózió savanyú, nagy kéntartal-mú zagyoktól elsősorban a varratok hőhatás-övezeteiben (ritkán),
- hidrogén belső repedezés, „blistering” szintén savanyú zagyoktól, üledék vizes emulziókból (ritkán).

A felsorolt károsító folyamatok helyenként és időnként változó mértékben egyedileg, csoporto-san, sőt sok esetben csoportosan kölcsönhatás-ban roncsolnak, de kölcsönhatásban vannak többféle gyártási (pl.: hegesztési), szerkezeti hi-bával is. A kölcsönhatások miatt általában egyik tényező sem elhanyagolható. Például réskorró-zióval kell számolni, amikor az egyenletes fo-gyás „felnyit” olyan hegesztési hibákat (zárvány, kötészhiba, repedés stb.), amelyek a tartály gyár-

tását, építését követő minőségellenőrzéskor, tö-mőrségvizsgálatakor még belső, ártalmatlan, észrevehetetlen hibák voltak.

Ha felületre nyitott hiba van a lemeztáblában (pl.: hengerlési rálapolódás), vagy a hegesztett kötésben (pl.: kötészhiba, repedés) az szintén réskorróziót indít, s gyorsítja a fenék károsodá-sát.

Ahol lyuk keletkezett, ott fokozódik az erózió szerepe a lyuk növekedésében, a szivárgásban. A kiszivárgott szénhidrogén (a kéntartalmú ter-mékek-nél különösen) fokozza a biológiai korró-ziót a talaj felőli oldalon, mert a szivárgás táplál-ék a mikrobáknak még akkor is, ha a szivárgás mértéke kisebb, mint a megengedhető, kimutat-ható határérték. Korróziós szempontból tehát a mérés-technikai és/vagy környezetvédelmi szempontból elfogadható mértékű szivárgás is elfogadhatatlan.

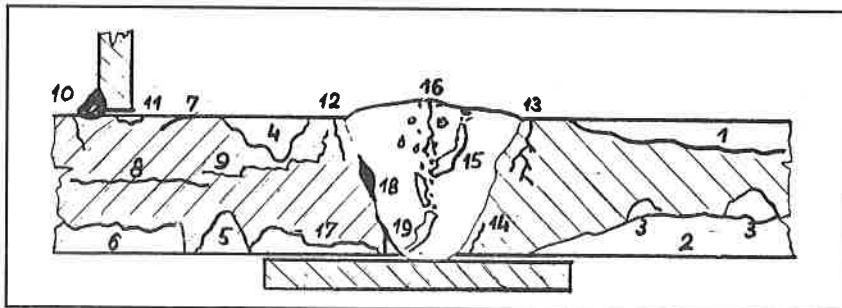
A tartály fenéklemezében különböző való-színűséggel előforduló károsodási formákat, hi-

batípusokat az 1. ábra szemlélteti. Az ezek ki-mutatására, értékelésére szóba jöhető vizsgálá-tok közül azt célszerű alkalmazni, amelyik a legtöbb hibafajtát kimutatja, értékeli a fenékle-mezt mindkét oldalán.

A többféle károsodási forma végeredmény-ben széles sávban szóró korróziós sebességek-kel fogyasztja a fenéklemezt. Ezt japán felméré-sek is bizonyítják (2. ábra), [1].

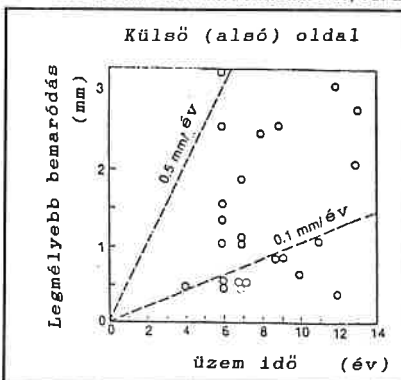
A korróziós károsodást minősítő vizsgálati módszerek

Az említett IKM-rendelet hatályba lépése előtt elsősorban a belső felület szemrevételezé-sével és a szivárgási helyek (korróziós lyuk, repedés, hegesztési hiba stb.) megkeresésével tájékozódtak a tartályok állapotáról, főleg akkor, ha aggasztó külső jelek, vagy környezetvédelmi igények azt indokolták.



1. ábra. Tompavarratos, alátétlemezes tartályfenéklemezben előforduló tipikus gyártási hibák és üzemelési károsodások, valamint a kimutatásukra, értékelésükre alkalmas vizsgálati módszerek (UH = ultrahang, M = mágneses fluxus szóródás, VB = vákuum-buborék-kamra, F = FACON 2000, RFET)

1. Egyenletes fogyás a belső oldalon UH, F; 2. Egyenletes fogyás a külső oldalon F, UH; 3. Korró-ziós pittingek az egyenletes fogyáson F, UH; 4. Korróziós pitting a belső oldalon F; 5. Korróziós pitting a külső oldalon F, UH; 6. Lépcsős korróziós bema-ródás, horony F, UH; 7. Lemezhengerlési rálapolódás F, UH, M (belső); 8. Lemez rétegessége F, UH; 9. Lépcsős belső repedés kénhidro-génis közegben F, UH; 10. Repedés segéd szerkezet (pl. bak) varratánál M; 11. Réskorróziós bema-ródás segéd szerkezet-nél; 12. Hegesztési „hideg” repedés M, UH; 13. Feszültségkorróziós repedés kénhidrogénis közegben M, UH; 14. Hegesztési repedés gyök-nél UH; 15. Gömbös és tömlős poro-zítás a varratban VB (ha átmegy); 16. Repedés a varratban M, UH, VB (ha átmegy); 17. Réskorró-ziós bema-ródás alátétlemeznél UH; 18. Belső kötészhiba UH; 19. Kötészhiba gyök-nél UH



2. ábra. Tartály fenéklemez bema-ródások (lyuk, rés) korróziósebességének szórása [1] az alsó (külső) oldalon.

A „van vagy nincs szivárgás?” kérdést meg-válaszolni igyekvő vizsgálatokkal akár leürítés nélkül (pl.: akusztikus emissziós), akár leürítés-sel és tisztítással (pl.: vákuumkamrás-buboré-kos) valószínűsíthető, hogy azok, még az sem állítható teljes biztonsággal, hogy nincs lyuk, illetve szí-várgási lehetőség a vizsgálat időpontjában. En-nek egyik oka, hogy a keresett szivárgási helyen csak nyomás, vagy csak szívás van, s így bizo-nyos méretű lyukak eltűnődve (pl.: a korróziós terméktől) „hallgatnak”.

Az 1. ábrán látható hibák kimutatására elsősorban három vizsgálati eljárás jöhet szá-mításba (ipari múltjuk sorrendjében):

– szögfejes ultrahangos vizsgálat (UH)

* ÁEEF Anyagvizsgáló Laboratórium

** Corrocont Kft.

- mágneses fluxus szóródásának érzékelése (M)
- kisméretű elektromágneses mező változásának értékelése (RFET)

Az ultrahangos módszerek hátránya, hogy igényesek a felület előkészítésére, s nagyon lassúak ahhoz, hogy az óriás tartályok vizsgálatában termelékenyen hasznosíthatók. A termelékeny automatizált változatok elérhetőségéről, alkalmazástechnikai jellemzőiről kevés az információ.

Sokan úgy vélik, hogy a fenéklemez falvastagság-eloszlásáról, a lemezgyártás geometriai jellegzetességeiről megbízható információkat kaphatnak a közismert digitális kijelzésű, hordozható ultrahangos falvastagságmérő műszerekkel, amelyek mérőleges hangszárral, s egybeépített adó-vevő fejjel működnek.

Egy acéllemez tábla a tartályfenékben valamilyen falvastagság-eloszlást mutat, amely jól közelíthető (a károsodások jellegétől függően) normál (Gauss), lognormál, vagy Weibull-eloszlással (3. ábra), [2].

nagyobbak lehetnek a megengedhető fogyással.

Ha a lemeztábla egyik része valamilyen oknál fogva jóval nagyobb mértékben fogyott, például talajkorróziós, biológiai korróziós okok miatt, akkor nagyszámú, négyzet alakú elrendezésű mérés esetén két eloszlásból összegzett két középértéket jelző, ún. „bimodális” eloszlás rajzolódik ki.

Ha egy nagy tartály fenéklemezét például 80 db lemeztáblából hegesztették össze, a fenéklemez tényleges falvastagság-eloszlása az egyes táblák eloszlásainak összegeződéséből adódik, amiben tükröződik a táblák eredeti tényleges mérete és a korróziós fogyások mélysége, valamint területi eloszlása is.

Az előbb említett példánál maradva, a 80 db táblán 5–5 db mérési ponton mérve a 400 db mérési eredmény szintén a 3. ábrán látható hisztogramok valamelyikét rajzolja ki.

Ha bimodális a mért falvastagság-eloszlás, az arra utal, hogy helyenként jóval nagyobb a fogyás (pl.: aerób baktériumok tenyésztési sáv-

mezben záródik. Ahol a lemez hibáinál kilép, szóródik a fluxus, mágneses szuszpenzió kirodása jelzi a hibát.

Előnyei:

- viszonylag kis repedés jellegű hiba is kimutatható,
- a fenék-palást sarokvarrat is vizsgálható,
- olyan lyukak is jelez, amely nem okoz szivárgást.

Hátrányai:

- szemcseszórt, vagy legalább drótkéfézett felületet igényel
- a tartályfenék összterületére, összvarrat-hosszára vonatkoztatva lassú,
- nem ad információt a túloidalról, az alsó felületről.

A gyakorlatban elsősorban a varratokhoz kapcsolódó hibák kimutatásában, valamint más termelékenyebb módszerekkel (pl. vákuumkamrás-buborékos lyukkeresés) megtalált hibahelyek pontosabb minősítéséhez, értékeléséhez alkalmazható.

A mágneses vizsgálat termelékeny változata, amikor az igen erős fluxust adó nagy elektromágnes egy kocsi van szerelve a szórt fluxust Hall-effektuson alapuló érzékelővel, s egy értékelő, regisztráló automatikával együtt. Miközben a mérőszemély sávonként átvizsgálja a tartályfenéket, bizonyos méret feletti hibák helyéről piros LED jelzők felvilágításával is tájékozódhat, s a helyet alaposabb vizsgálathoz, ismételt ellenőrzéshez bejelölheti.

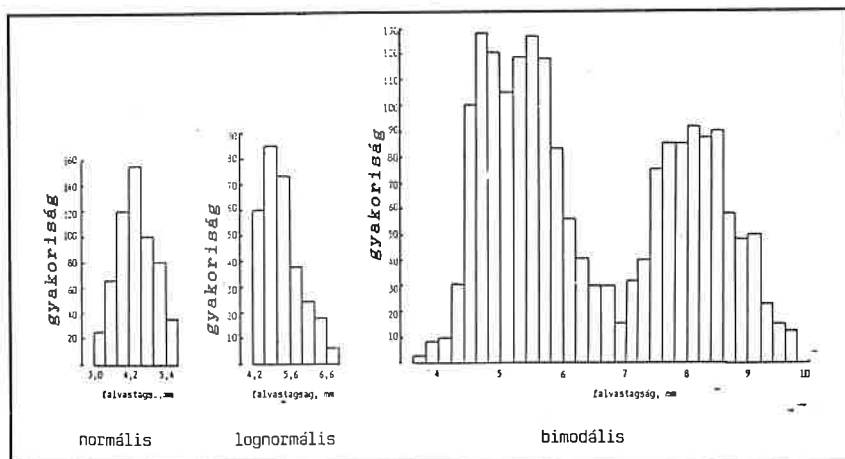
Az automatizált mágneses hibakereső műszer egy menetben 280 mm széles sávot vizsgál s fluxusa olyan erős, hogy 20 mm vastag lemezen is alkalmazható [4]. Kimutatja a fenék-lemez alsó oldalán rejtőző hibákat is, a regisztrátum pedig utólag értékelhető formában is dokumentál valamennyi érzékelt hibát.

A mágneskocsi szórt fluxust érzékelő módszer előnyei a termelékenység, s az, hogy a teljes fenéklemezt átvizsgálja, beleértve a hegesztett kötések is. Az előnyök mellett meg kell említeni a következő hátrányokat:

- érzékeny a felület tisztaságra, egyenletességére, ami a hatékony fluxusbelépés feltétele,
- az alsó oldali hibák kimutatási pontossága kisebb mint a látható felső oldaliaké, mert a Hall-effektusos érzékelő is a felső oldalon van,
- félreeső helyekre nem fér be (pl.: zsombok, tartóbak, lábak környéke, fűtőcsövek alatti részek),
- ha a különböző irányítottágú hibákat megbízhatóbban ki akarják mutatni, akkor célszerű egymásra merőleges sávrendszerben, azaz kétszer átvizsgálni a tartályfenéket.

A kisméretű elektromágneses mező változása alapján a különféle hibákat, korróziós károsodásokat egyformán nagy érzékenységgel kimutató eljárás új és egyedülálló a hazai vizsgálati eljárások között. A továbbiakban angol nyelvű nevének rövidítésével: RFET jelöljük. Az eljárás fizikai alapelve a Remote Field Electromagnetic Technic (RFET), ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a vizsgálathoz szükséges elektromágneses mezőt a fenéklemezben indukált árammal gerjesztik.

A mérőkocsi a 4. ábrán látható. Kiseb, könnyebb, (súlya mindössze 1/10 része), mint



3. ábra. A tartályfenék lemeztáblái falvastagság-eloszlásának típusai [2]

Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban tartunk alkalmasnak a Gauss-eloszlást. Ez két paraméterrel jellemezhető, amelyek a középérték (az átlag) és a szórás. Mindkettő meghatározásának pontossága függ a mérések számától. A matematikai alapok felidézése nélkül itt csak azt hangsúlyozzuk, hogy aki keveset mér (pl. lemeztáblánként 5–50 db mérési pont) legnagyobb valószínűséggel a középértékhez (átlaghoz) közelálló falvastagságokat mér, a szórást pedig nagyon durván tudja becsülni. Az alsó szélsőérték a lemez falvastagságában, ahol legvalószínűbb az első lyukadás, több mint 99% valószínűséggel a szórás háromszorosával kisebb falvastagságú a középértékénél.

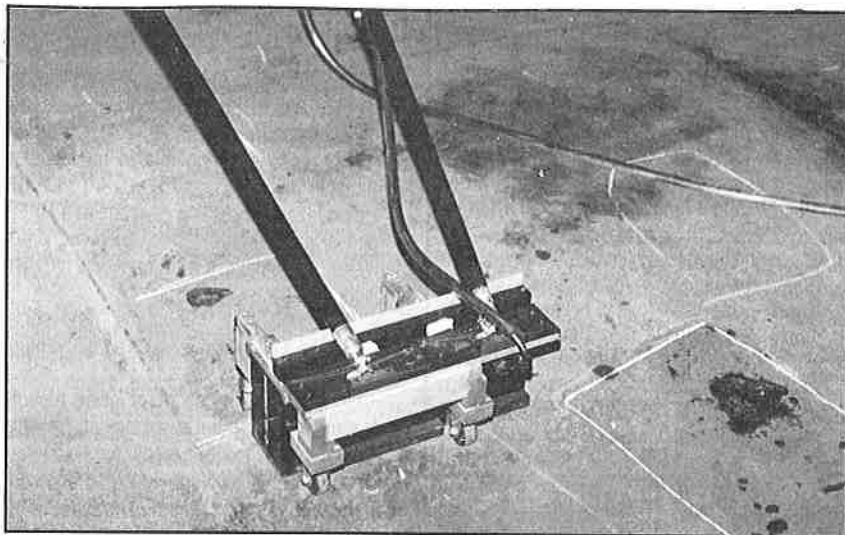
Valószínűségelméleti elemi ismeretek nélkül is könnyű elképzelni, hogy a fenéklemez alsó, talaj felőli, nem látható oldalán lévő lyukakat nem könnyű „eltalálni” a mérőfej néhány ponton (folt) való elhelyezésével. Azt is tudni kell, hogy a ma még leghasználatosabb műszer és mérőfej típusok bizonyos méretnél kisebb túoldal korróziós gödröket nem is vesznek észre, pedig a kb. 6 mm-es fenéklemezben azok is

jában, csapadékvíz beszívargási oldalon), vagy eredetileg is eltérő vastagságú lemeztáblákat építettek be (pl.: tervteljesítés centrikus, anyagellátási nehézségekkel küzdő korszakban), vagy mindkét körülmény együttesen fennállt.

Aki egy-egy táblán már legalább 150–200 ponton megméri a falvastagságot, az az egyes táblák eloszlásfüggvényeinek alsó szélső értékeiből újabb eloszlást készíthet, s az ún. extrém érték analízis [3] segítségével matematikai eszközökkel is nagymértékben növelheti a legnagyobb fogyás, a legvalószínűbb fenéklemez ki-lyukadás számszerűsíthető értékének megtalálását. Ez azonban már nem egy helyhez kapcsolódó érték, hanem egy valószínűség elméleti fogalom, ami viszont növeli azon becslésünk és döntésünk megbízhatóságát, hogy mit remélhetünk a következő szerkezetvizsgálatkor, vagy időben és költségben milyen javítási, felújítási munkákra készüljünk fel.

A mágneses fluxus szóródás elvén alapuló módszerek két típusa alkalmazható a tartályfenék vizsgálatban.

Az egyik, az közismert, régóta használt „kézi” mágneses járom, amelynek fluxusa a fenékle-



4. ábra. Kisfrekvenciás elektromágneses mező változása elvén működő tartályfenék-vizsgáló műszer (kocsi), RFET.

az előzőekben említett mágneses fluxus szóródás elvén vizsgáló mérőkocsi.

A műszer tapasztalati alapon meghatározott sebességű kézi mozgással működtetve szélességének megfelelő sávonként letapogatja a tartály fenéklemezét. Közben a fenéklemez teljes vastagságát egyenletesen kitöltő kisfrekvenciás elektromágneses mező (amit a műszer gerjesztőtekercse által indukált áram kelt) frekvenciájában, amplitúdójában változásokat idéznek elő a fenéklemez mindkét oldalán lévő hibák. A változások arányosak a hibák méretével, s annak megfelelő villamos jeleket indukálnak a mérőkocsiba épített vevőtekercs-rendszerben.

A villamos jeleket számítógép dolgozza fel a mérőkocsi mozgásával egyidejűleg.

A vizsgált sávot 16–32 csatornára bontva tapogatja le a műszer, s a lemez hibáival arányos jeleket digitalizálva forgalmazza és dolgozzák fel.

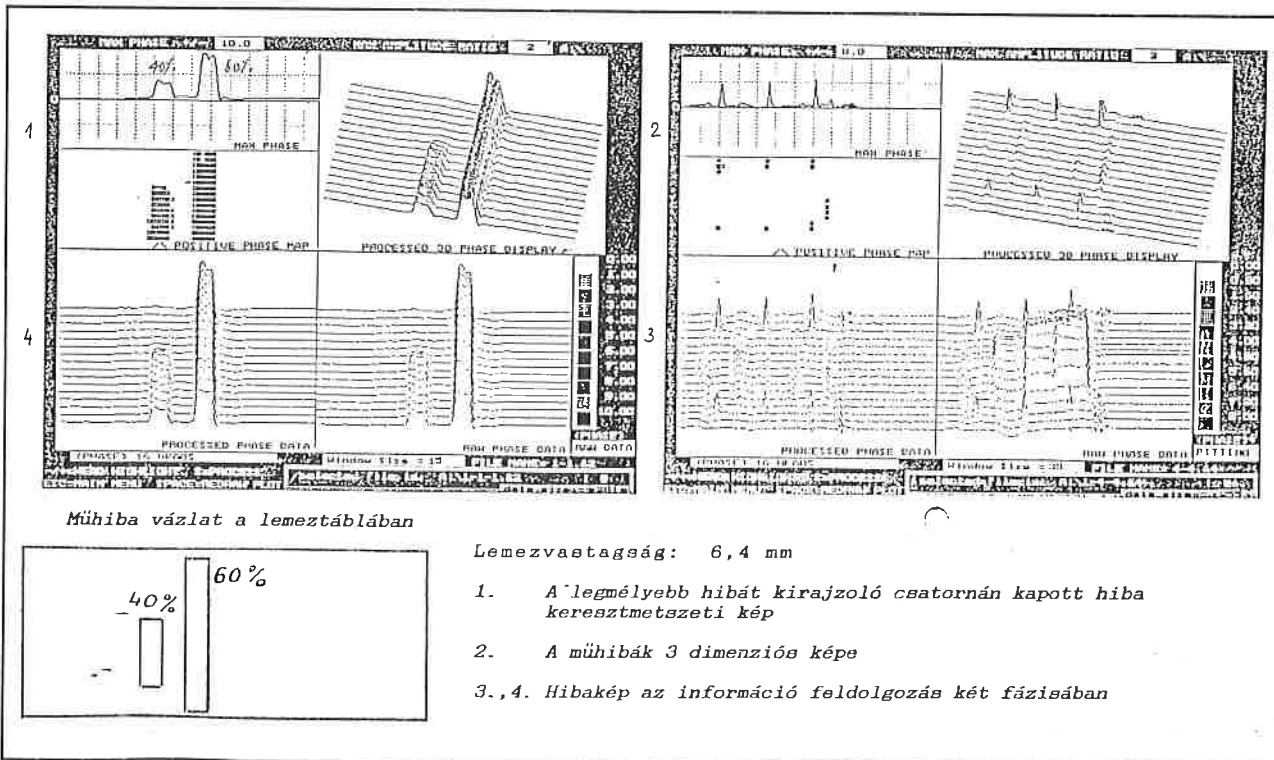
A vizsgálatban a helyszínen közvetlenül két személy vesz részt. Az egyik mozgatja a kocsit, s egy előre beállított küszöbértéknél nagyobb hibákról menetközben tudomást szerez vörös LED jelzések alapján. Ezek helyét zsírkrétaival nyomban bejelöli (4. ábra), majd egy ismétlési folyamatban koncentráltabban is ellenőrzi, értékeli. A másik szakember a számítógépnél, a grafikus display segítségével, háromdimenziós

képen figyeli a lemez állapotváltozásait, értékeli, rögzíti, dokumentálja a változásokat. Az 5. ábrán szemléltetésül a mérőkocsival ellentétes (alsó) oldalon kialakított műhibák és tényleges hibák dokumentált képét mutatjuk be.

Az RFET vizsgálattechnika nagy előnyei:

- kevésbé érzékeny a felületminőségre, mint az előző módszerek,
- nincs szükség csatoló közegre, mivel a műszer és a lemez kapcsolata induktív,
- termelékeny, így nagy tartályok fenéklemezéről is pár nap alatt átfogó képet kaphatunk rögzítve, dokumentálva,
- egyformán érzékeli az alsó és felső oldali hibákat, s azok a regisztrátumon, az értékeléskor is egyértelműen megkülönböztethetők,
- 1,6 mm átmérőjű pittingek már kimutathatók,
- a fenéklemez elvékonyodását már 5% pontossággal érzékeli,
- a mérést nem zavarják a lemeztáblák szokásos domborulatai, hullámosodásai (vetemedései),
- a nehezen hozzáférhető részek (pl.: fűtőcsövek alatt, zsompban) a műszer kézi mozgatásával, könnyű változtatásával (amit vasalónak becéznek) vizsgálható, illetve így vizsgálni lehet a palást alsó, korrózió által leginkább veszélyeztetett sávját is bizonyos lemezvastagság kategóriákban,
- az RFET műszerrel behatárolt, bejelölt, fokozottan vagy különös formában károsodott fenéklemez részeken összpontosítva bevetethetők a kevésbé termelékeny más módszerek is (pl.: ultrahang, örvényáram).

Az RFET vizsgálattechnikai hátránya, hogy érzékeny a fenéklemez acélanyaga mágneses



5. ábra. Kisfrekvenciás elektromágneses mező változása elvén működő (RFET) műszerrel készített háromdimenziós kép műhibák és üzemi károsodású lemeztáblákról.

permeabilitásának változásaira, ezért a hegesztési varratok és hőhatás övezetek más módszerekkel sokkal megbízhatóbban értékelhetők.

Az RFET vizsgálattechnika hazai bevezetésekor összehasonlító méréseket folytattunk egy 5000 m³-es, több mint 30 éves gázolaj-tartály fenéklemezén szögfejes ultrahangos (USD 10), mérőleges fejű, digitális kijelzésű ultrahangos (DM3) és RFET mérőkocsival (FALCON 2000).

Az eredményeket értékelve (1. táblázat) megállapítható, hogy ez esetben a digitális kijel-

zésű ultrahangos méréssel pontosságban versenyképes az RFET mérőkocsi. A Krautkrämer USD 10 műszerrel pontosabb képet kaphatunk a legkisebb lemezvastagságról (a legnagyobb fogyásról), mint az RFET műszerrel, de az előbbi előnyében része van az utóbbinak is, mert a mérőkocsi kereste meg azt a foltot, ahol érdemes ultrahanggal mérni. Ultrahanggal a tartály teljes vizsgálatát magába foglaló időszak alatt talán a legnagyobb fogyású foltokat megtalálni sem lehetett volna, nem hogy alaposan lemérve értékelni.

1. táblázat

Összehasonlító mérés; lemezvastagság, mm

Tábla * szám	USA 10		DM 3		FALCON 2000
	min.	max.	min.	max.	min.
4.	5,5	6,0	4,8	6,4	4,8
6.	5,2	6,0	5,3	6,4	5,5
7.	5,4	6,7	5,6	6,6	5,5
12.	5,1	6,4	5,0	–	5,7
22/1	5,4 (extra 4,2)	6,7	5,4	6,2	5,4
22/2	5,1	5,4	4,9	6,4	5,3
41	4,9	6,2	5,1	6,2	5,7
42	4,2	6,4	5,4	6,3	5,6
57	4,0	5,7	5,0 (extra 3,3)	5,9	5,4
átlag	5,0		5,2		5,4
minimum	4,0		4,8 (3,3)		4,8

Összefoglalás

Az álló, hengeres nagy tartályok fenéklemezeinek potenciális károsodási formáit, gyakorlati vizsgálati módszereit értékelve jelenleg a legcél-szerűbb vizsgálati technológia fő műveletei a következők:

– az összes lemeztábla átvizsgálása RFET mérőkocsival, regisztrálva, értékelve az eredményeket, s megjelölve a legnagyobb fogyású foltokat,

– vákuumkamrás buborékos módszerrel megvizsgálni a varratok sávját és az előbb bejelölt foltokat,

– mágneses fluxus szórásos elven alapuló módszerrel megvizsgálni a varratok sávját vagy legalább azoknak az előző módszerrel hibásnak talált részeit, valamint a fenék-palást sarokvarratot,

– szögfejes ultrahangos módszerrel pontosítani a hibaképet az előzőekben említett módszerekkel behatárolt lemezfoltokon és varratszakaszokon.

952 083 171/172

Irodalom

- [1] Kamei, A.: Boshoku Gijutsu 33 (1984) 654
- [2] Bacskai, A., Erdélyiné Pataki E.: Magyar Kémikusok Lapja 11 (1979) 571
- [3] Gumbel, E. V.: Statistical Theory of Extreme Values... U. S. Bureau of Standards, Appl. Mat. Series 33 (1954)
- [4] Northern NDT Services Ltd. Tank floor testing

KBFI-UNIO Kft.

Tevékenységi köre:

Radioaktív sugárforrások
készülékekből ki- és beszerelése,

Radiográfiai vizsgálatok,

Radioaktív sugárforrások
zártágvizsgálata,

Gammasugárzást mérő és jelző
készülékek gyártása, javítása,
forgalmazása,

ADR felszerelések forgalmazása,

Tűzoltókészülékek forgalmazása,

Nyomástartó edények vizsgálata.

Új cím:

1214 Budapest, XXI. kerület
II. Rákóczi Ferenc u. 189.
Postacím: 1751 Budapest, Pf. 126.
Telefon: 277-2222/3535
Telefon/Telefax: 420-4201

Külföldi munka!

A FÁK országokba
munkavégzésre közvetítünk
gyakorlattal és érvényes
R2-, U2-, MPV2-képesítésű
anyagvizsgálókat.

Az orosznyelv-tudás
előnyt jelent.

Bér: 800–1000 USD/hó!

Jelentkezés

írásban, szakmai önéletrajzzal,
bizonyítvány másolattal
a Budapest, 1616 Pf. 319.
címen.

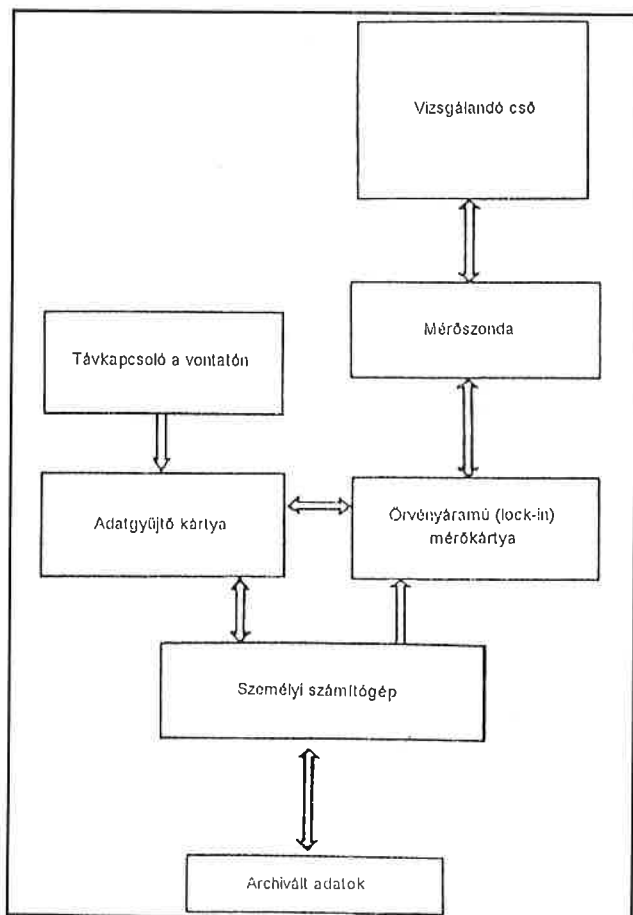
Számítógépes bővítőkártyára alapozott örvényáramú mérőrendszer

Lautner Nándor* – Kulcsár Tibor* – Tóth Ferenc** – Pawel Kamasa** – Szabó Tibor**

Nagy értékű berendezések, illetve azok fontos részegységei (pl. csőrendszerek, különböző hőcserélők, nyomástartó edények) állapotának a követése a biztonságos és gazdaságos üzemvitel egyik alapvető feltétele. Az adatok ehhez szükséges jó archiválása és visszakeresése csak számítástechnikai eszközökkel érhető el. Különösen előnyös tehát az, ha egy ilyen, komplex minőségellenőrzési feladathoz közvetlenül számítógépre épített, roncsolásmentes elvű vizsgálórendszert alkalmazunk.

Egy hazai fejlesztésű, IBM-kompatibilis személyi számítógépbe illeszthető kártyára alapozott örvényáramú vizsgálóberendezést mutatunk itt be, amellyel nagy nyomású, vegyipari csőrendszer repedésvizsgálatát oldottuk meg a Tiszai Vegyi Kombinát Rt. megbízásából. A berendezés „lelke” a lock-in áramkört és a gerjesztés végerősítő fokozatát is magába foglaló örvényáramú mérőkártya, amihez egy általános célú adatgyűjtő kártya csatlakozik. A kártyát a KFKI-ban tervezték meg és készítették el.

A rendszerhez – amelynek blokkisméje az 1. ábrán látható – tartozik egy motoros vantató egység is, ami egyenletes szondamozgatást biztosít a mérés alatt.



1. ábra. A vizsgálórendszer blokkdiagramja

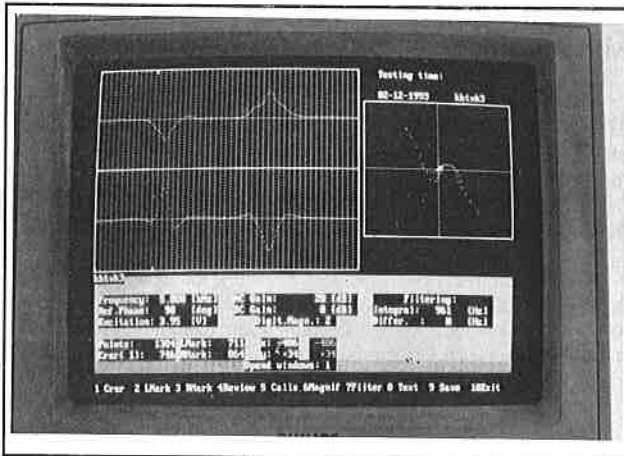
A vizsgálatok végrehajtását egy mérő és egy kiértékelő program segíti.

A **mérőprogram** funkciói közé tartozik a lock-in kártya és az adatgyűjtő kártya paramétereinek (frekvencia, gerjesztés, erősítés, fázistolás stb.) a beállítása, valamint a mért csőregisztrátumok tárolása. A méréseket a vontatón lévő távkapcsolóval kell elindítani és leállítani.

* Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. (AGMI Rt.)

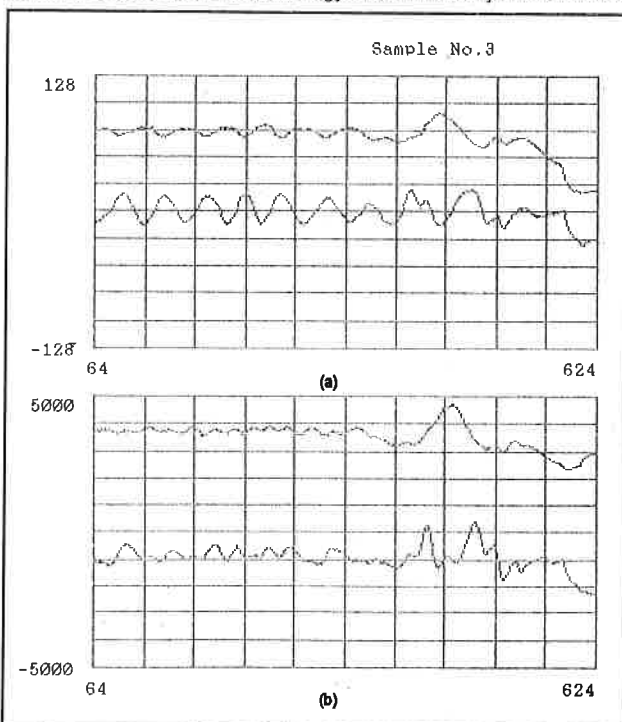
** KFKI Szilárdtestfizikai Kutató Intézet

A **kiértékelő program** segítségével összehasonlíthatjuk az aktuális csőregisztrátumokat az etalonon elvégzett mérések eredményeivel, vagy ugyanazon csővek régebbi regisztrátumaival. Szükség esetén – digitális szűréssel – tovább finomíthatjuk az adatokat, és végül megjegyzésekkel láthatjuk el őket. A 2. ábra a képernyőn, kiértékelés közben megjelenő tipikus diagramokat mutat.



2. ábra. Tipikus monitorkép kiértékelés közben, ezúttal egy pontszerű hiba differencia szondával mért jelkomponenseinek idő-, illetve vektordiagramjával

A jelanalízis lehetőségeibe enged bepillantást a 3. ábra: A közvetlenül mért jel erős hullámossággal bír (3a. ábra), ami a gyártástechnológiából fakad (egyengetés, pilgerezés). A hullámhossz meglehetősen határozott érték. A mért jelkomponensek és a negyedhullámhossznyi eltolás transz-



3. ábra. Zavaró jelhullámosság kiszűrése: Hidegalakítás miatti permeabilitás- és falvastagság ingadozás hatása a mért jelkomponensekben (a), a jelkomponensek és negyedhullámhosszal eltolás transzformáltjuk

formáltjuk korrelációs függvénye (3b. ábra) már sokkal simább, és a hibaindikáció jóval észrevehetőbb.

A létrehozott mérőrendszer rugalmasabban adaptálható a különféle egyedi feladatokhoz, mint a kereskedelmi forgalomban kapható, általános célú készülékek. Ezért feltétlenül érdemes a továbbfejlesztésre. Ennek iránya a hardver területén a többfrekvenciás mérések megvalósítása,

illetve – ferromágneses anyagok vizsgálata esetén – a mért jel felharmonikusainak analízisa lehet. A szoftver területén pedig az elterjedt adatfeldolgozó rendszerekhez (pl. MS-Excel) való közvetlen kapcsolat megteremtése látszik egy kézenfekvő lépésnek, túl az előbb említett feladatokhoz kapcsolódó programbővítéseken.

952 087 173/169/139/174/175

Az akusztikus emissziós vizsgálat kiértékelésének problémái

Dr. Zolnay Gábor* – Tábori József*

Minőségi kiértékelés

Egy nyomástartó berendezésen az akusztikus emissziós vizsgálat általában (szerkezet méretétől függően) 16 csatornával regisztrálja az akusztikus eseményeket. Ez egy modern akusztikus emissziós mérőberendezés esetében 16 független jelforrást jelent minden, a jelre jellemző minőségi paraméter rögzítésével. Az alkalmazott vizsgálati érzékenység és az esetleges szerkezeti instabilitás nagyszámú eseményt jelent, amely számitástechnikailag nagy méretű mérési adatfile-ban jelentkezik.

A műszerek gyártóinak feldolgozó szoftverje ezt az adatmennyiséget egy-egy feltételszoportra nézve fésüli át és jeleníti meg a minőségi értékeléshez szükséges függvények formájában (diagram). Nagy méretű mérési file esetében ez akár 50 percet is igénybe vesz. Egy részletes kiértékelés így napokig eltart és értékes időt vesz el a felhasználótól.

A másik probléma a kiértékelés dokumentálása. A műszerek tervezői ugyanis képernyőre kirajzolt kép nyomtatásra másolásával oldották meg az ábrázolást. Ez nehézkes és szintén időrabló tevékenység volt.

A fent felsorolt problémák és az a tény, hogy korunkban előtérbe került a windows operációs rendszer használata – amely egységbe foglalja a kiértékelt adatokról készült diagramok ábrázolását és tartalmazza a szakvélemény készítéséhez szükséges szövegszerkesztőt, táblázatkezelőt, grafikus, rajzos felületet –, adta az ötletet, hogy elkészítsük a windows-os applikációt a minőségi kiértékeléshez.

A kiértékelés folyamata alapvetően megváltozott. A felhasználónak először definiálnia kell egy táblázatot, melynek oszlopai egy-egy filtercsoportot jelentenek az akusztikus emissziós jellemzőkre nézve, sorai meghatározzák a diagramos ábrázolás tengelymennyiségét. A táblázat celláiban meghatározzuk, mely csatornára kérjük a diagramot, és azt, hogy a tengelyeket lineáris vagy logaritmikus leképzéssel ábrázoljuk.

Ez után a felhasználó elindítja a kiértékelést, amely automatikusan lefut sorra véve a táblázat celláit, és legyűjti az ott meghatározott feltételek alapján a diagramok pontjait, és egy előfeldolgozott file-ba rakja. A feldolgozás sebességét nagymértékben növeli az, hogy az adatfile-t egyszer átolvasva egyszerre 16 db előfeldolgozott file (diagramfile) keletkezik.

Egy 4x4-es táblázat végrehajtása így 2–3 órát vesz igénybe egy 10 MByte nagyságú mérési file esetében. Az előfeldolgozott file-okat ezek után kérésre megjeleníthetjük (feliratozhatjuk a diagramokat), és nyomtathatunk kész ábragyűjteményeket. A diagramok tetszőlegesen exportálhatók más windows applikációk számára. A klasszikus akusztikus emissziós legyűjtéseken kívül lehetőségünk van a mérés idejét szakaszokra bontani, és statisztikákat, diagramokat legyűjteni az egyes mérési szakaszokról, amit a szakvéleményben táblázatos formában tudunk megjeleníteni. Korábban ez manuálisan a diagramok kiértékelésével készült.

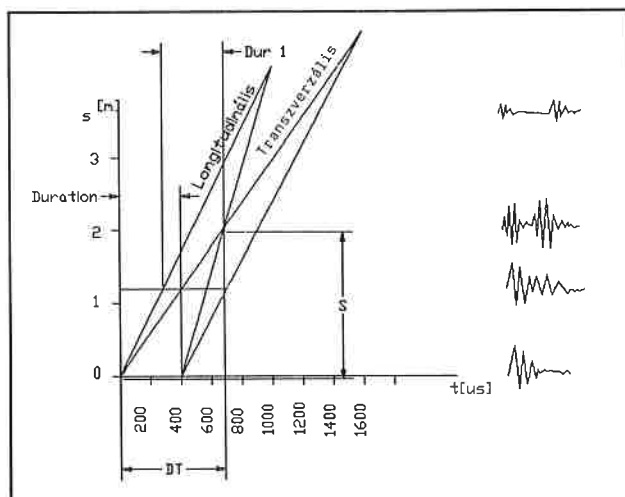
Összefoglalva, az új szoftverrel a kiértékelő munka sokkal hatékonyabb és jelentős élőmunkát tudunk megtakarítani. A kiértékelő szoftver alkalmazása független a mérőrendszer típusától, a mérési adatokat egy konvertáló program segítségével felhasználhatóvá lehet tenni.

Lokalizáció

Jelenleg az akusztikus források lokalizációját a következőképpen végzik. A 16 független csatornán bekövetkező eseményeket egy eseményösszeállító algoritmus dolgozza fel. A programban előre definiálva vannak

a lehetséges lokalizáló érzékelőcsoportok (array), amelyeket a felhasználó tetszőlegesen állíthat össze a 16 db érzékelőből. Az időben egyszerre maximum 16 db esemény összeállítás folytatható előre megadott időmaximumig. Ha addig nem jött be legalább 4 csatornán a jel, akkor nincs eseményösszeállítás. A szemlélet azért kedvezőtlen, mert feltételezi azt, hogy az egyes elrendezések (array) nem hallják egymást. Ha egy arrayon belül „megszólal” egy forrás, a szoftver nyit egy új eseményösszeállító buffert, majd bekövetkezik jó esetben a másik három lokalizációs jel, a hullámfront továbbterjed és egy másik lokalizációs elrendezés is lokalizálja ugyanazt a hullámfrontot, de mivel már távol van a forrástól az elrendezés, ez igen pontatlan lesz. Jelen esetben n db definiált array ugyanazt a forrást regisztrálja. Az egyes buffer nyitások függetlenek egymástól, ami csak akkor állja meg a helyét, ha közel vagy egy időben egymástól távoli lokalizációs csoportokon kezdődik a legyűjtés, az eseményösszeállítás. Megállapítható tehát, hogy a lokalizáció ez esetben erősen hely- és időfüggő. Ahhoz, hogy ezt az ellentmondást feloldjuk és pontosabbá tegyük a forrás meghatározását, a következő szempontokat tartjuk megfontolónak.

Egy forrás keletkezésekor kétfajta rezgés keletkezik. Az egyik hullámfajta a longitudinális, amelynek sebessége fémközegben $\approx 50\%$ -kal meghaladja az úgynevezett felületi vagy transzverzális hullám terjedési sebességét. A sebességkülönbség lokalizációs pontatlanságot okoz, mivel a piezoelektromos érzékelővel megmért akusztikus jellemzőkből nem derül ki a hullámfajta, ezáltal nem rendelhető hozzá terjedési sebesség. Az ábra egy forrásból származó hang út-idő elvi diagramját mutatja.



Jól látható a diagramból, hogy ΔT ideig a két hullám együtt fut, majd a longitudinális megelőzi a másikat. A két hullám különválásának távolsága leginkább függ az esemény szélességétől és az amplitúdójától. Az esemény szélességéről csak közvetett információk van, amit az először megszólaló csatorna eseményszélessége ($\Delta dur1$) mutat. A valódi eseményszélességre a csillapodás és a mért amplitúdó, valamint a számított forráshely ismeretében tudunk következtetni.

A 16 független csatornás készülékkel az arraybe való legyűjtésnek csak akkor van értelme, ha az egyes lokalizációs csoportok nem „hallják” egymást. Ha egy készülékre (vizsgálandó berendezésre) van felszerelve

* ÁEEF Anyagvizsgáló Laboratórium

az összes vizsgálófej, akkor egy 16 fejes array megfelelő. Ez az elrendezés akkor tud lokalizálni, ha előzőleg a geometriai elrendezésből definiáljuk a lehetséges megszólalási sorrendeket az első négy vizsgálófejre nézve, és ha van egy időpillanat, amikor minden csatorna hallgat. Ezek után ha megszólal valamelyik csatorna és követi a többi, azokat egy tárolóba gyűjtjük. Képezzük ebből a megszólalási időkülönbségeket és összevetjük az elsőnek megszólaló csatorna mintaállományaival (lehetséges megszólalási sorrendjeivel). Az első három „megszólalás” lehetséges, azaz a „megszólalás” a geometriának megfelel, a negyedik várható „megszólalás” $\Delta T \text{ max.} > 1,2$ időig ki kell várni, mielőtt eldönnénk vagy megtartjuk az eseményt. Ebből következik, hogy szükségünk van a mérés megkezdése előtt egy a lehetséges megszólalási sorrendtől függő időkorlát táblázatra is. A megszólaló csatornák amplitúdóira teljesülnie kell, hogy az elsőnek megszólaló amplitúdó a legnagyobb, az összes öt követő kisebb. Ha ez nem teljesül, a leggyűjtést el kell dobni, mert új forrás keletkezett.

Ha valamelyik mintaállománnyal megegyezik a megszólalási sorrend, akkor a hangsebesség a késési idők és a megszólalási sorrend meghatá-

rozsa a forrás helyét, illetve hogyha valótlanak az időadatok, akkor elvetjük a leválogatást. Mivel a legritkább esetben fordul elő, hogy a harmadik késési időből számított hangút-különbség megfelel a forrás helyének, ezért a harmadik időkorlátot csak ellenőrzésre használjuk (1–4 fej).

A lokalizáló algoritmus analitikus módszerrel dolgozik, kiszámolja a forrás helyét. Ezt a forráshelyet tekintjük kezdeti értéknek a numerikus megoldásban, amely figyelembe veszi a forrás-érzékelő szög-sebesség kapcsolatát. A forrás helye így lesz a legpontosabb. A lokalizáció pontossága nagymértékben függ a készülék beállításától, a helyesen megválasztott érzékelési küszöbtől. Az érzékelési küszöb beállítását a mérés előtt tesztvizsgálatokkal határozzuk meg úgy, hogy lehetőség szerint készülékünk azonos hullámformájú jeleket regisztráljon az esemény összeállításához.

A fent felvázolt lokalizációs algoritmus előnye az, hogy ha például egy tartályt vizsgálunk, nem okoz gondot a tartály palástjának feldolgozása lokalizációs szempontból, illetve a fenéklemezek értelmezése. Ehhez csak annyit kell tennünk, hogy a lehetséges megszólalási sorrendek közé fel kell vennünk ezeket az eseteket is.

952 088 176/177

A röntgensugárzás százéves



A radiográfia története a festői Remscheid-Lennep faluban 1895. november 8-á éjjelén kezdődött, amikor **Wilhelm Conrad Röntgen** professzor, megismételve *Ph. Lenard* és *H. Herz* kísérleteit, felfedezte, hogy még a fekete kartonpapírbá burkolt katódugárcsőből is lépnek ki olyan sugarak, melyek az útjukba helyezett fluoreszkáló ernyőn felvillanásokat okoznak. Sőt, ezek a sugarak a vastagabb fán és a vékony fémrétegeken is áthatolnak!

A felfedezés lázas kutatásra sarkallotta a magányosan kísérletező Röntgent. (Még az ágyát is a laboratóriumba vitette és a feleség sem tudta sokáig, hogy min dolgozik.) Hét hét alatt felderítette az ismeretlen – később a róla elnevezett –, X-sugarak néhány alap-

ban, ahol a *Winer Presse* kiadójának a fia is jelen volt, megmutatta az „újévi üdvözlőlapot”. Az újdonságot – a feltrááló nevét tévesen írta – sietve, 1896. január 5-én, világgá kürtölte a lap: „*egy bizonyos Routgen felfedezte az X-sugarakat*”. A hír futótűzként terjedt az egész világon.

Valójában *Röntgen* csak 1896. január 23-án este hozta először nyilvánosságra felfedezését, mégpedig a würtzburgi *Physikalisch-Medizinische Gesellschaft* – a Fizikai-Orvosi Társaságban. Szemléltetett, *Albert von Kölliker* mondta: „*ez az egyetlen legjobb hagyomány az egyetemen tett feladások egy vagy szerződés nélkül szándékában sem.*”

Kölíker egyhangúan elfogadott javaslatára nevezte el a társaság az X-sugarakat röntgensugárzásnak.

A röntgensugárzás felfedezésének anyagvizsgálati jelentőségéről már korábban írtunk lapunkban, (AL 1992/4. p. 133.).

Röntgen méltán kapta meg – a fizikusok között elsőként – a fizikai Nobel-díjat, amelynek pénzdíját, 50 ezer svéd koronát, a Würzburger Univerzitát tudományos kutatásainak támogatására fordította.

A radiografia az orvosi gyakorlatban szinte azonnal szerepet kapott. Röntgen névlegesen közreműködött, a mai értelemben is már röntgen-*in*nek nevezhető, sugárérzékeny anyagok kifejlesztésében. Ezekre készítette, ma már tudománytörténeli értékű, műszaki radiográfiai felvételeit is, például a forrasztással egyesített ékszerkeiről (varratvizsgálat!), illetve az itt bemutatottat, amelyet vadászfegyveréről készített.

A radiográfia széles körű ipari alkalmazásának igénye és műszaki feltételei a 20-as évekre jött létre, – például a mindkét oldalán emulziós film: Agfa, 1922., a kifejezetten ipari röntgenkészülék: Rich. Seifert & Co., 1928. –, de az igazi átörös a 40-es évek végén következett be, összefüggésben a növekvő repülőgép-gyártás minőségellenőrzési igényével.

Az X-sugárzás felfedezésének és a röntgenfotográfiai centenáriuma alkalmából az Agfa-Gevaert N.V. cég egy szép kivitelű technikátörténeli kiskönyvet jelentetett meg, amelyet, mint egykor Röntgen, újúi jókívánságként részünkre is megküldött. Ez úton is köszönjük figyelmességüket! Többek között az itt közölt fotók is ebben a kiskönyvben találhatók.

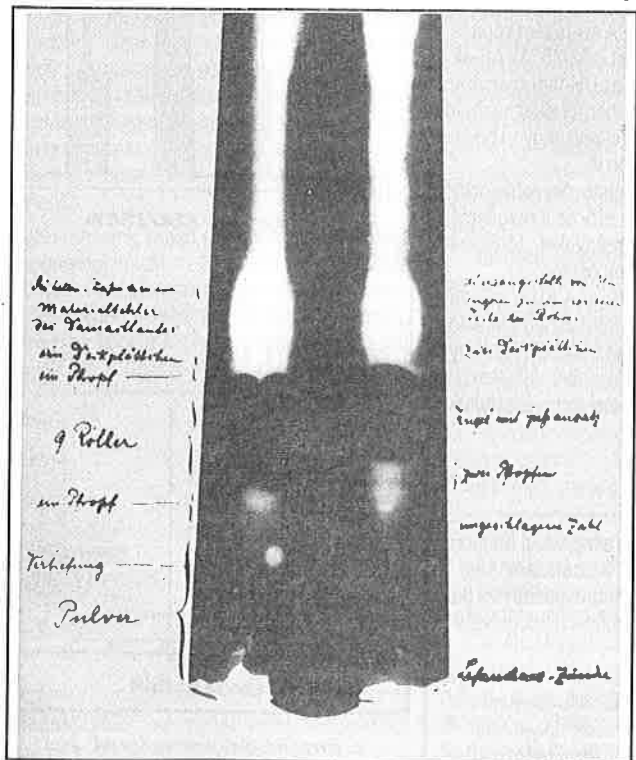
Lehofer Kornél



(1845–1923)

vető tulajdonságát.

Felfedezésének nyilvánosságra kerülése is sajátos történet. *Röntgen*, tudós barátainak benyomásait kifürkészendő, „első publikációként” röntgenfelvételeinek másolatain kívánt boldog 1896-ot. Egyikük egy társaság-



Akusztikus emisszió az állapotvizsgálatban

Szélig Károly*

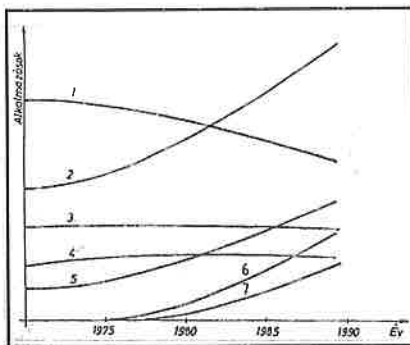
Előzmények

A gyártás automatizálása, a forgácsoló szer-
számok géprendszerek autonóm, emberi
felügyelet nélküli működtetése új feladatokat je-
lent a folyamatok automatikus diagnosztizálása
tekintetében. A teljesen automatizált rendsze-
rekben (FMS, CAM, CIM, IMS) a folyamatok
megszakadásának (ilyen a szerszámtörés) ér-
zékelése nem ad lehetőséget gazdaságos be-
avatkozásra. Így már a forgácsolószerszám fo-
lyamatos állapotfigyelése, kopásának nyom-
követése, a kopott szerszám időbeni kicserélése
lép előtérbe.

A feladat megoldására többféle szenzorikai
lehetőség (erő-, nyomaték-, rezgésmérés) nyílik
[6, 7, 8]. Ezeket a hagyományosabb módsze-
reket is kipróbálva jutottunk arra az elhatározásra
a 80-as évek elején, hogy egy felfutóban levő
méréstechnikai módszert az akusztikus emis-
ziós (AE) hatás adta lehetőséget is bevonjuk
kutatási tevékenységünk körébe.

Az AE, mint fizikai jelenség évszázadok óta
ismert (szilárd test mechanikai igénybevétel ha-
tására, töréskor, vagy pl. az ónrúd hajlításakor
hangot bocsát ki). Ezt a jelenséget 1948-ban
Scholkey és munkatársai tudományos mód-
szerekkel tanulmányozták. Igazán jelentős
eredményt Joseph Kaiser (1950, Müncheni
Műszaki Egyetem) ért el. Ő az anyagok igény-
bevételekor keletkező zörejeket olyan elektroni-
kus jelfeldolgozóval vizsgálta, mely a hallható
frekvenciatartományon kívül, az ultrahangokat
(UH) is érzékelte. Megfigyeléseinek egyike a
később *Kaiser-effektusnak* nevezett – az anyag
„emlékezik” az őt ért előzetes mechanikai igény-
bevételre – tézis volt.

A hetvenes évektől az AE egyre nép-
szerűbbé válik a roncsolásmentes anyagvizsgá-
latok terén [1] (1. ábra). Emellett többen, Japán-
ban és az USA-ban próbálkoznak az AE felhasz-
nálásával szerszámgépek állapotvizsgálatára
[4].



1. ábra. Az anyagvizsgálati módszerek alkalmazásának trendje

1. Radiográfia; 2. Ultrahangok; 3. Mágnesség
4. Penetráció; 5. Elektromágneses hullám;
6. Akusztikus emisszió 7. Vegyes módszerek

* Hungaroil/BME

Kutató kollektívánk az AE-t forgácsoló szer-
számok állapotvizsgálatára, -felügyeletére
1982-ben kezdte el alkalmazni.

Kutatási stratégiák, módszerek, eszközök

Vizsgálataink alapvető célja a hagyományos
megmunkálások (esztergálás, marás, fúrás) fel-
ügyelete. Emellett kiterjesztettük a módszer al-
kalmazását nem hagyományos (köszörülés, ult-
rapeziós – UP esztergálás) megmunkálások
vizsgálatára is.

Célunk a progresszív (NC, CNC) szerszám-
gépek automatikus állapotfigyelése, diagnosztiz-
álása és részleges, illetve teljes felügyeletének
megoldása volt.

Normális forgácsolási folyamat esetén az
AE-jelek az alábbi okokra vezethetők vissza:

- a munkadarab nyíró igénybevétele és kép-
lékeny deformációja,
- a forgács leválása a munkadarabról,
- súrlódás a munkadarab-szerszám, és a
szerszám-forgácsoló-forgács között,
- a forgács repedése, törése,
- a forgács (elsősorban folyó forgács) külön-
féle ütődései, súrlódásai,
- a szerszámgép belső mechanizmusai által
keltett AE-aktivitás.

A két utóbbi hatás, természetesen, a folya-
mat figyelése szempontjából zajként értékel-
hető.

A folyamatos, normálisan zajló forgácsolás
folytonos AE-aktivitást eredményez. A folyama-
tossgát megszakító események (pl. töredezett
forgács, a folyamat elfajulása stb.) kitörésszerű
emissziót eredményeznek. A szerszám kopása,
kitörése is változásokat idéz elő. Az AE-ak-
tivitás jelentős mértékében az UH-tartományban
esik. Ez magyarázza, hogy igen jól alkalmazható
az alacsony frekvenciás zajokban nagyon bővel-
kedő forgácsoló üzemekben is.

Kísérleteink első fázisában összehasonlító
vizsgálatokat végeztünk az erő- és a rezgémé-
réses módszerekkel. Eseményeket, töréseket
detektáltunk indukált törések esetén.

Méréseinkben először Bruel & Kjaer műsze-
reket, később a KFKI-ban kifejlesztett Defecto-
phone NEZ 220 műszert használtuk. Végül egy-
egy KFKI-ban és a MTA Aklabban kifejlesztett
speciális műszert, a leak detektort is teszteltük.

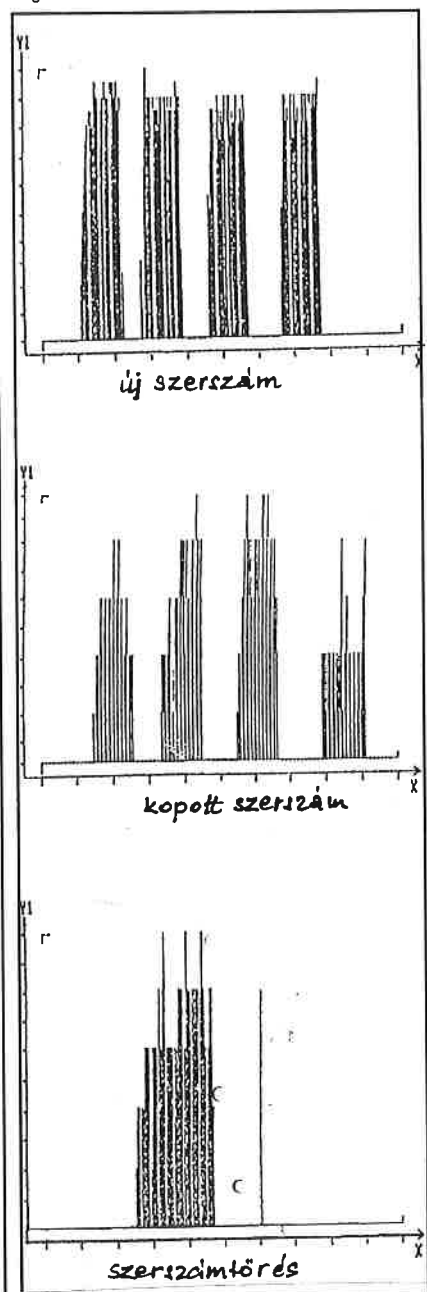
Egyedi esemény, törésdetektálás

A forgácsolási folyamat elfajulását, megsza-
kadást okozó eseményt, a szerszámtörést a
munkadarabba beültetett inhomogenitással (ke-
ményfém) esetleg feszített technológiával ér-
tük el [2, 3].

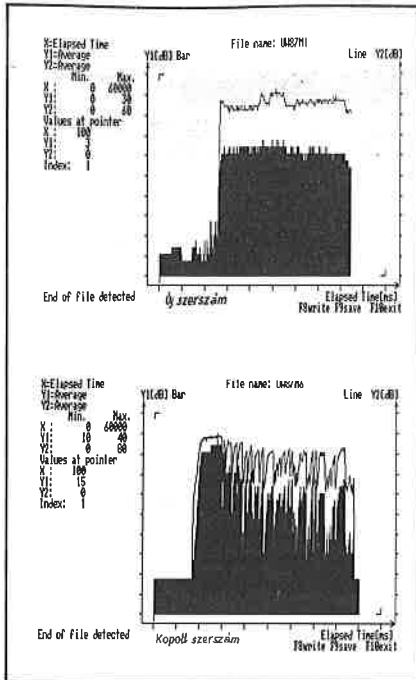
Törést mind esztergálási, mind marási folya-
matnál tudunk észlelni. Speciális esetként esz-
tergálásnál homlokbeszúrások folyamatát fi-
gyeltük (2. ábra). A beszúrásokhoz tartozó AE-jel

lefutások megbízható tükrét jelentették a folya-
mat normális, illetve elfajuló állapotának. Törés-
nél a jel leszakad, a kopás a jelek határozott
keretezettségét megszüntető, lüktető, fluktuáló
jelszintet eredményez.

Ez a hatás marásnál is, de különösen UP
esztergálásnál figyelhető meg (3. ábra) [5]. Kí-
sérleteink bizonyították, hogy a szerszámtörést
jó konfidencia szinten lehet AE segítségével ész-
lelni. Viszont automatizált gyártási környezetben
már kevés a szerszámtörés detektálása, annak
előrejelzése, a szerszámkopás figyelése szük-
séges.



2. ábra. Beszúró esztergálás AE-jeli

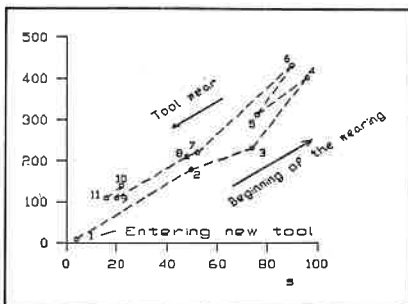


3. ábra. UP esztergálás AE-jelei

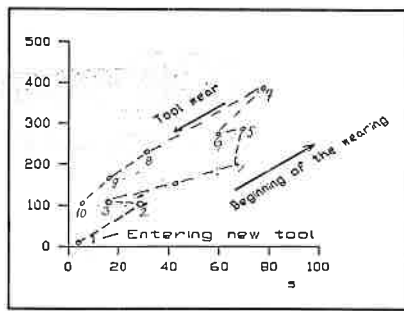
Az állapot folyamatos figyelése

A 80-as évek közepétől kutatásaink középpontjába a forgácsolószerszám elhasználódásának detektálása került. Ennek megoldására több lehetőség is adódik. Egyik a már említett kopást, kitöredezést jelentő jelváltozások; természetesen a jelszint növekedésén túlmenően. Másik Dornfeld és társai által javasolt vizsgálati módszer, az AE-jelek bétaeloszlásának figyelése [4]. Ennek megfelelően az AE-jelek a béta-eloszlás paraméter s-én egy patkó alakú görbe mentén helyezkednek el. Új szerszámnál az s-r paraméter sikon egy alacsony szintű s-r pár adódik. Forgácsolás közben ez az érték nő, majd egy maximum után visszahajlik. Később az alacsony értéktartományú párosnál adódik a szerszám kopás miatti elhasználódása (4. ábra). Ugyan ezt tapasztaltuk UP esztergálásnál is (5. ábra) [9].

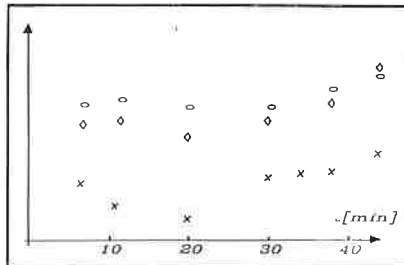
Kutatásaink végső szakaszában egy speciális megmunkálást, az UP esztergálást tanulmányoztuk. A nagy pontosságú, különösen finom felületi megmunkálást adó UP esztergálásnál a szerszám kopási kritériuma már nem a törés megelőzését, hanem speciálisan a megmunkált



4. ábra. Hosszesztergálási szerszámkopás AE-jeleinek bétaeloszlása



5. ábra. UP esztergálás AE-jeleinek bétaeloszlása

6. ábra. Összefüggés a szerszámkopás $\diamond$, a felületi minőség x, az AE-jelek o között UP esztergálásnál

felület minőségnek túlértékű tartását jelenti. Ezért vizsgáltuk az AE-jelek, a hátkopás (mint a kopottság alapvető jellemzője) és a munkadarab felületi minőségének összefüggését. Jól bizonyítottan vehető az a feltételezésünk, hogy a három jellemző között a megfeleltetés igen szoros (6. ábra).

Folyamatfelügyeleti elképzelések

Az előzőekben vázolt végső célunk egy felügyeleti stratégia, algoritmus kidolgozása volt. Kísérleteink azt bizonyították, hogy hiába is jól korreláltak egyes fizikai események és AE-jel alakulások, egyik módszer sem alkalmas teljes biztonsággal az esemény detektálására. Ezért több vizsgálatot hajtottunk végre az AE-jelen egyidejűleg és ezekből a vizsgálatokból két kritérium egyszerre történő teljesülése esetén dönthetünk kielégítő biztonsággal pl. a kopás bekövetkezéséről.

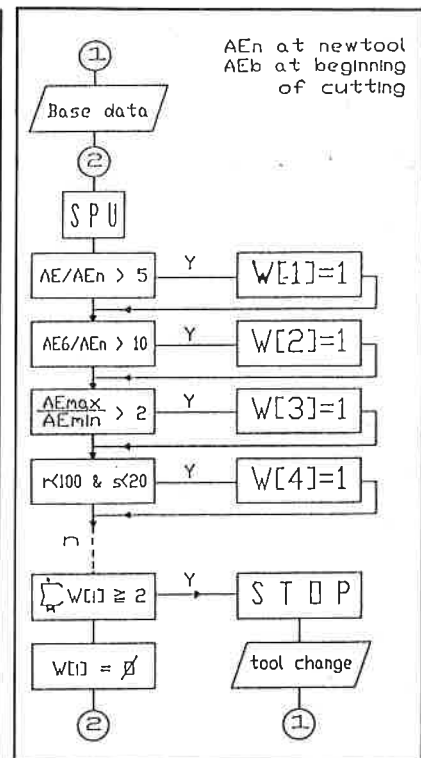
Javasolt algoritmusunk (7. ábra) az alábbi paramétereket tartalmazza:

- W [1] AE jelszint
- W [2] AE jelszint a szerszámbelépésnél
- W [3] AE jelváltozás
- W [4] béta eloszlás hatása
- W [n] további még felderítésre váró hatások

Röviden összefoglalva az indexben szereplő számok szerint:

- 1 - a kopással a jelszint nő;
- 2 - a kopásnál a bekezdési kipattogzás miatt jelugrást tapasztalunk;
- 3 - a kopásnál a jelváltozás jelentősen nő;
- 4 - bétaeloszlás paraméter pár egy maximális érték után minimumra tér vissza.

További feladataink az n-el jelölt index szintjén vannak. Még mindig nem vizsgáltuk kielégítően, hogy a kopás az AE-aktivitás milyen frekvencia elhangolódását okozza (pl. Fourier együtthatók és harmonikus frekvenciák változá-



7. ábra. Felügyeleti algoritmus AE mérésével

sa). A jelvezetés, zajkiszűrés megoldásainak sokféle lehetősége még kipróbálatlan.

Mindez azért is feszítően sürgős, mert már a 90-es évek elején megjelentek a piacon AE elven működő forgácsolószerszámgép-felügyeleti rendszerek.

952 090 178

Irodalom

- [1] Rindorf, H.: What happened to acoustic emission analysis? Brüel and Kjaer, Denmark, 1978. pp. 1-24.
- [2] Szélig, K.-Berkes, O.: Automatizált gyártásfelügyelet akusztikus emisszió mérésével VI. Gépipari Mérőtechnikai Tanácskozás, Győr 1986. okt. 20-21. pp. 202-211.
- [3] Berkes, O.-Geréb, J.-Hermann, Gy.-Szélig, K.: Die Anwendung der Schallemission zur Überwachung der Spanwerkzeuge, Messen-Prüfen-Automatisieren, July/August 1989. pp. 322-329., Sept. pp. 438-440.
- [4] Kannatey-Asibu, E.-Dornfeld, D.: A study of tool wear using statistical analysis of metal cutting acoustic emission, Wear, 26/1982., p. 247-261.
- [5] J. J. Liu: Acoustic Emission feedback for Diamond Turning, Research Report 98/90. The University of California Berkeley p. 39-42.
- [6] Alpek, F.-Szélig, K.-Berkes, O.-Nagy, Z.: Some Elements of the Automatic Supervision in a CIM Pilot-System AC'90 CIRP-SIMP, Rydzyna 1990. Poster Papers Abstracts B1
- [7] Szélig, K.-Alpek, F.-Berkes, O.-Nagy, Z.: The automatic inspection in a CIM System. The first CIRP Workshop of the Intelligent Manufacturing Systems Seminars on Learning in IMS. Budapest, Hungary 6-8 March 1991. pp. 282-295.
- [8] Szélig, K.-Alpek, F.-Berkes, O.-Nagy, Z.: Automatic inspection in a CIM system. Computers in Industry 27 (1991) pp. 259-167. Elsevier Science Publishers B. V.
- [9] Szélig, K.: AE - a new possibility for monitoring of UP turning, 6th European Conference on Non Destructive Testing Nice, France 25-28. Oct. 1994. pp. 491-494.

Építmények hegesztett kötéseinek roncsolásmentes vizsgálati eredményeivel szemben támasztott követelmények

Dr. Rittinger János*

Bevezetés

A hegesztett kötésben megengedett eltérések mértéke függ

- a mértékadó igénybevétel nagyságától, és
- a szerkezet veszélyességétől.

Természetesen, a megengedett eltérésekben tükröződik az adott ország gyártási, mindegyik hegesztési és roncsolásmentes vizsgálati kultúrája.

A mértékadó igénybevétel alapján a szerkezet csoportokba sorolhatjuk. A csoportokat jól jellemzi a szerkezetek rendeltetése:

- acélszerkezetek, építmények,
- járműszerkezetek,
- nyomástartó edények és
- csővezetékek.

Az acélszerkezetek, építmények esetén az önsúlyhoz képest a statikus terhelés kicsi, jelentős a fázisú igénybevétel (nagysága függ a szerkezet és a terhelés kapcsolatától, pl. közúti híd, vasúti híd), gyakori a stabilitásra történő méretezés (ellenőrzés), illetve ezeket a szerkezeteket a gyártásuk, szerelésük során nem hőkezelik. A szerkezetek élettartama hosszú, 100 év.

A járműszerkezetek esetén jelentős a fázisú igénybevétel. A szerkezetek sorozatgyártás keretében készülnek. Meghatározó a robotokkal végzett védőgáz hegesztés és a hozaganyag nélkül végzett ellenállás (pont) hegesztés. Ma már elvárják a roncsolásmentes vizsgálat gyártósorba illesztést.

A nyomástartó edények igénybevételére a térbeli feszültségállapot jellemző. A szerkezetek mértékadó hőmérséklete az alkalmazástól függ, ezért a környezeti hőmérsékletnél jelentősen kisebb vagy jelentősen nagyobb lehet. A kiváltások miatt $K_f = 2-2,5$ mértékű feszültségkoncentrációk jönnek létre. Az alkalmazás körülményétől függően kisciklusú fáradásra kell számítani. A folyáshatár alapján végzett méretezés szükséges, de nem elégséges a szerkezet biztonsága szempontjából. A gyártás során helyi vagy teljes terjedelmű hőkezelést alkalmazhatunk. A szerkezetek szavatolt élettartama az alkalmazás körülményétől függően 15-40 év. Gyakori eset, hogy az a technológia avul el, amelynek része a berendezés (pl. gyógyszeripar), ezért a tervezett élettartam előtt jóval hamarabb megszüntetik a szerkezetet.

A csővezetékek körvarratainak a belső nyomásból származó igénybevétele kicsi. Jelentős lehet a járulékos igénybevételből származó feszültség. A járulékos igénybevételek: az illesztés pontossága (éleltolódás, ovalitás), a felfüggesztések (tárlók) jósága és állapota. A körvarratokra az egyoldalról történő hegesztés jellemző, az összes lehetséges hegesztési helyzetben. Hegesztést követően a helyi hőkezelés elvégezhető. A csővezetékek élettartamát, a nyomástartó edényekhez hasonlóan, az a technológiai folyamat határozza meg, amelyben részt vesznek.

Az önkényesen választott négy szerkezettípus jellemzői jelentősen eltérnek, így a hegesztett kötés roncsolásmentes vizsgálatnak eredményével szemben támasztott követelményekben is eltérésnek kell lenni. A nyomástartó edények és csővezetékek hegesztési varratainak roncsolásmentes vizsgálatával a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szeminárium számos előadása foglalkozik, ezért a következőkben az acélszerkezetekre vonatkozó előírásokat tekintem át.

Az előírások változása

A roncsolásmentes vizsgálatokra és a vizsgálatok eredményeinek értékelésére, illetve az eredményekkel szemben támasztott követelményekre vonatkozó előírások jelentős mértékben megváltoztak. A változások a teljesség igénye nélkül címszavakban: a hibák jelentőségével összhangban felértékelődött a felületi hibák kimutatását szolgáló módszerek (MPV) jelentősége, a dokumentált minőség (állapot) érdekében a digitális technika és a számítógép alkalmazása az ultrahangos, örvényáramos vizsgálati technika területén, a vizsgálati technológia számítógépes tervezése, a komplex vizsgálati technológiák a nagy integritású szerkezetekhez, megszűnt a különböző típusú hibák összevonása (elsősorban statikus igénybevételű szerkezetek esetén), fokozatosan nő és egységes rendszert kezd alkotni a vizsgálati szemlélyel (szakmai és etikai szempontból egyaránt) támasztott követelmény, fokozatosan ketté válik az átvétel (QC) során támasztott követelmény az üzemelő szerkezetekkel, az időszakos ellenőrzések során támasztott követelményről. Az utóbbi esetben egyre jellemzőbb a „céla alkalmasság” (FFP, fitness for purpose) elv alkalmazása. Ezekről a változásokról többek között az [1] közlemény ad számot.

Közel múltban megjelent az MSZ EN 473 „Roncsolásmentes vizsgálatot végzők minősítése és a minősítés tanúsítása”, valamint az MSZ EN 25817 „Írányelvek acélok ívhegesztéssel készített kötéseinek csoportosítására a megengedhető eltérések alapján”. Remélhetőleg egyre szélesebb körben tisztázást nyert és használatossá lett a folytonossági hiány, az eltérés, a hiba fogalma. Az MSZ EN 25817 szabványt ma még a hegesztők minősítésekor használják. A szabvány előírásaira kitűnően lehet támaszkodni, elsősorban fáradásnak kitett szerkezetek hegesztési varrataival szemben támasztott követelmények meghatározásakor.

Az acélszerkezetekre vonatkozó előírások

Az előírások elméleti alapja

Az előírások elméleti alapjait többek között a [2] munkában találhatjuk meg részletesen. A

repedésterjedés sebessége a Paris-Erdogan összefüggés szerint:

$$\frac{da}{dN} = A \cdot \Delta K^m$$

ahol

$$\Delta K = \Delta \sigma \cdot \sqrt{\pi a} \cdot Y$$

$$\Delta \sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} = (1-R) \cdot \sigma_{\max}$$

A behelyettesítést követően:

$$\frac{da}{A \cdot (\pi a)^{m/2} \cdot Y^m} = \Delta \sigma^m \cdot dN$$

Ha a törés N_f ciklus után következik be, miközben a repedés a_0 értékről a_f értékre nő

$$\int_{a_0}^{a_f} \frac{da}{A(\pi a)^{m/2} \cdot Y^m} = \int_0^{N_f} \Delta \sigma^m \cdot dN$$

Állandó amplitúdójú fáradás (egyszerűsítés) esetén a fenti összefüggés jobb oldala $\Delta \sigma^m \cdot N_f$ és ebből következik:

$$\lg \Delta \sigma = \frac{1}{m} \lg N_f + \frac{1}{m} \lg \int_{a_0}^{a_f} \frac{da}{A(\pi a)^{m/2} \cdot Y^m}$$

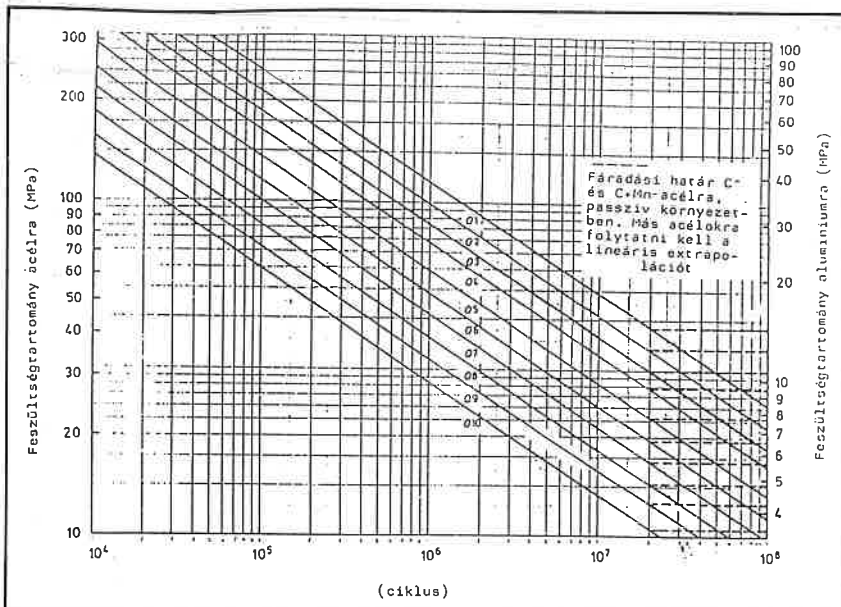
A fenti összefüggés egy $\Delta \sigma-N$ görbe (a jól ismert Wöhler-görbe), amelynek meredeksége $\lg-\lg$ léptékben $1/m$ és helyzetét az a_0 illetve az a_f határozza meg. A változó amplitúdójú terheléseket a Miner-elv [3] alapján veszi figyelembe. Maddox igazolta [4], hogy a változó terhelésű fázisú igénybevétel esetén a repedésterjedés-re is teljesül a Miner-elv.

A Paris-Erdogan összefüggés állandói $m=4$, az A értéke $P=99,9\%$ -os valószínűség esetén $1,7 \cdot 10^{-15}$. Ezek az értékek 100°C -nál kisebb mértékadó hőmérséklet, nem agresszív közeggel érintkező acélszerkezetek esetén érvényesek. Az összefüggésben ΔK $\text{Nmm}^{-3/2}$ -ben, a da/dN pedig mm/ciklusban szerepel.

A repedésterjedés sebességére és az élettartam kapcsolatára épülő követelmények

A BSI (British Standard Institution) PD 6493: *Írányelvek a hegesztett kötésben lévő hibák elfogadási szintjének számításai módszereire az 1. ábra szerinti összefüggést adja meg karbon, illetve karbon-mangán ötvöztetésű acéloknak. A hegesztési varratokat 10 osztályba sorolja. Az egyes osztályok esetén a megengedett kifáradási határ az 1. táblázat szerinti, illetve a megengedett eltéréseket a 2. táblázat tartalmazza.*

* állapotellenőrzési igazgató, Erőkar Rt.



1. ábra. A feszültség és az ismétlési szám kapcsolata Q1...Q10 osztályok esetén. Hegesztett állapot.

I. táblázat
Az egyes osztályokhoz tartozó kifaradási határok, Acélok (MPa)

Q	N = 10 ⁵		N = 2.10 ⁷	
	AsW	SR	AsW	SR
0	> 248	—	—	—
1	248	42	66	66
2	218	37	58	58
3	185	32	49	49
4	163	28	43	43
5	135	23	36	36
6	115	20	31	31
7	100	17	27	27
8	85	15	23	23
9	73	13	20	20
10	63	11	17	17

Megjegyzés: AsW hegesztett állapot
SR feszültségcsökkentő hőkezelés utáni állapot

II. táblázat
Az egyes osztályok esetén megengedett eltérések

Q	A szalagzárva hossza (mm)				Porozitás %
	AsW	SR	AsW	SR	
0	1,5	7,5	1,5	4,5	0
1	2,5	19,0	2,0	11,0	3
2	4,0	58,0	2,5	25,0	5
3	10,0	no max.	5,0	145,0	5
4	35	no max.	9,0	no max.	5
5	no max.	66,0	no max.	no max.	5
6...10	no max	no max.	no max.	no max.	5

A Q5 kategóriáig veszi figyelembe a BS 5400 (Steel, concrete and composite bridges) Part 10 a hegesztési osztályokat, illetve a roncsolásmentes vizsgálat eredményével szemben támasztott követelményeket.

A BSI módszerhez hasonló a FEM (Fédération Européenne de la Manutention) [5] előírás. A hegesztett kötések 5 osztályba sorolja. Példaként: 0. esetnek számít egy megmunkált tompavarrat, 1. esetnek egy tompavarrat, illetve 4.

esetnek egy sarokvarrat. Az egyes esetekhez követelmény tartozik a roncsolásmentes vizsgálat eredményével szemben, illetve az egyes esetekhez a terhelés aszimmetriájától (R) függően adja meg a kifaradási határt a ciklusszám függvényében.

Az ismertetett előírások a tervezés, a gyártás és a roncsolásmentes vizsgálat között szoros kapcsolatot, tökéletes információ áramlást tételnek fel! A rendszer nagy szabadságfoka magában hordja a célra alkalmas, gazdaságos szerkezetgyártás lehetőségét. Abban az esetben viszont, ha az információs lánc megszakad, jelentős veszéllyel kell szembe nézni.

Gyakorlati megközelítésen nyugvó megoldás

A gyakorlati megoldásra jellemző példa az ANSI/AWS D 1.1-94 Structural welding code. Steel 1994-ben megjelent 13. kiadása.

A structural welding code (SWC) a hegesztett kötések gyártását táblázatokban szabályozza a következők figyelembevételével:

- a kötés típusa,
- a vastagság és a beolvadás mérete,
- a varrat alakja,
- védelem nélküli hegesztés,
- hegesztő eljárás,
- hegesztési helyzet.

Az SWC a táblázatokat közli a teljesen átolvasztott (CJF), illetve nem teljesen átolvasztott (PJP) esetekre.

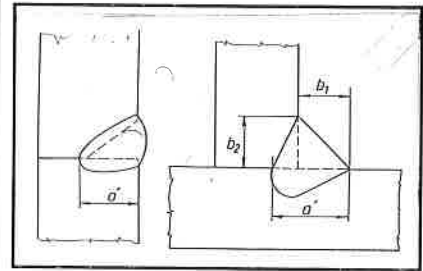
Az egyes esetekhez hozzárendeli a hegesztési technológia vizsgálatát, a hegesztők, a hegesztőgép-kezelők és a hegesztett kötések összeállítók (fűző hegesztők) minősítését, valamint a hegesztett kötés roncsolásmentes vizsgálati technológiáját.

A roncsolásmentes vizsgálat középpontjában:

- a varrat alakjának és méretének,
- a felület alatti hibák és
- az illesztési hibák ellenőrzése áll.

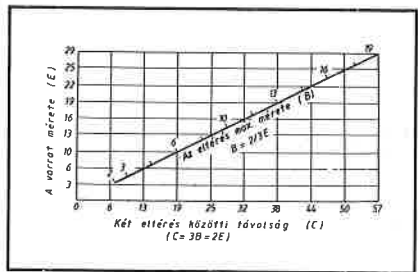
Az SCW előnyben részesíti a nem teljesen átolvasztott (PJP) hegesztett kötések, főként nyomott szerkezeti elemek és merőleges kapcsolatok esetén.

A lineáris és nem lineáris kapcsolatok esetén a varrat alakjának és méretének ellenőrzésekor a beolvadás mélységének meghatározása jelent az eddigi gyakorlathoz képest többletet a roncsolásmentes anyagvizsgáló számára. Erre mutat példát a 2. ábra.



2. ábra. Részben átolvasztott (PJP) hegesztett kötések esetén roncsolásmentes vizsgálattal ellenőrzendő varratméretek (a).

A felület alatti hibák esetén a követelményt a 3. ábra tartalmazza, amely húzó igénybevételnek kitett hegesztett kötésekre vonatkozik. A 3. ábra függőleges tengelyén a varrat jellemző mérete (a beolvadás mélysége, CJF esetén a vastagság), a vízszintes tengelyen pedig a két hiba közötti távolság (MSZ 4310 szerint a közelállás) szerepel. E két tényező függvényében határozható meg a folytonossági hiány legnagyobb értéke.



3. ábra. Az SWC (1994) felület alatti eltérésre vonatkozó követelménye. Húzó igénybevétel.

Az illesztési hibák közül az éleltolódás fázisbírásra gyakorolt hatását a 4. ábra ismerteti.

A szerkezetek fázisbírásával és ridg törésével kapcsolatban megállapítható, hogy ezekre legnagyobb hatással a felületi hibák vannak. Technikai szempontból a felületi hibák vizsgálata (mágneses, penetrációs és vizuális módszerekkel) nem jelent nehézséget és eredményes, ha kellően felkészült szakemberek, megfelelő eszközökkel végzik a vizsgálatokat.

A hegesztők minősítése és az acél-szerkezetekre vonatkozó követelmények

1993 óta hatályos az MSZ EN 25817 szabvány, amelyet a hegesztők minősítése során használnak. A szabvány 25 eltérés típusra tartalmaz követelményt, ebből 16 felületi, ha feltételezzük a hegesztett kötés mindkét oldaláról történő szemrevételezésének lehetőségét. A szabványban tükröződik a felületi eltérések jelentősége, illetve ezzel összefüggésben a hegesztőkkel szemben támasztott követelmény.

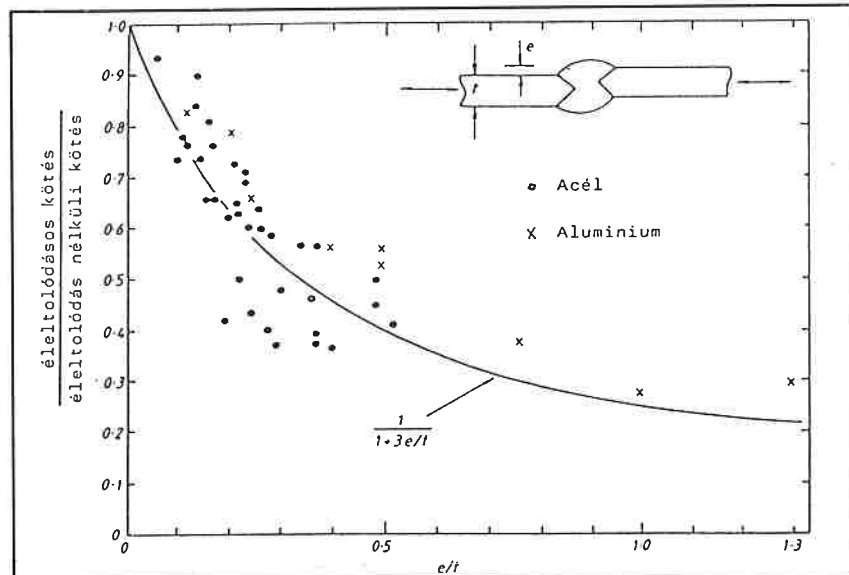
Az MSZ EN 25817 szelleme közel áll az acélszerkezetek (fázisnak kitett) szerkezetekre vonatkozó előírásokéhoz, ezért célszerű lenne a hazai, MSZ 6441 szabvány előírásait felülvizsgálni, és a hegesztett kötésekre vonatkozó követelményeket az MSZ EN 25817 szabványra támaszkodva megadni.

Megállapítások

Kevés szó esik az építmények hegesztett kötéseinek roncsolásmentes vizsgálatáról és az

eredményekkel szemben támasztott követelményekről.

Kerekén 30 évvel ezelőtti született és akkor európai mércével mérve is korszerű MSZ 6441



4. ábra. Az éleltolódás hatása a fáradásbírásra

és MSZ 6442 szabványaink közül, többszöri részleges módosítást követően, az MSZ 6442-1979 1M (1983, módosítás 1987-ben) szabvány hatályos. Több acélszerkezeti előírás támaszkodik az MSZ 6442 szabványra. Fontos feladat lenne az acélszerkezetekre vonatkozó előírások korszerűsítése. Szükség lenne egyrészt a nemzetközi harmonizáció miatt, másrészt azért, mert a hegesztett acélszerkezetek (hegesztett híd-szerkezetek) tervezési élettartamuk feléhez közeledve előtérbe kerül állapotellenőrzésük, amely műszaki alapok hiányában nehezen végezhető el.

952 092 133

Hivatkozások

- [1] Rittinger, J., Hegedűs, S.: Roncsolásmentes vizsgálatok fejlesztése, Gép XLVI 39 (1994)
- [2] Fehérvári, A., Fuchs, E., Rittinger, J.: Alörésmechanika alkalmazása hegesztett szerkezetek megbízhatóságának és az acélfelhasználás gazdaságosságának fokozása céljából. Vaskut-Ferinov, Budapest (1985)
- [3] Miner, M. A.: Cumulative damage in fatigue, J. Appl. Mech. 12 1959 (1945)
- [4] Maddox, S. J.: Fracture mechanics approach to service load fatigue in welded structures Welding Res. Int. 4 N°2 (1974)
- [5] Basic design rules for cranes. FEM 1070 Section 1.

Dr. Berke Péter–Dr. Michelberger Pál

Hozzászólás

dr. Tóth László: Szerkezetek integritása, Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága című cikkéhez

Bevezetés

Öröndetesnek tartjuk, hogy létezik egy olyan színvonalas folyóirat, amely széles körű áttekintést ad az anyagvizsgálat, állapotellenőrzés, minőségbiztosítás – mondhatni – tudományterületek mindennapi tevékenységéről, eredményeiről, jövőbeni elvárásairól, különösen a hazai ipari gyakorlatra adaptáltan, neves szerzők interpretálásában.

Dr. Tóth László cikke tudományos igényű, a közérthetőséget szem előtt tartva, elemelve tekinti át a magyar ipar közeljövőben bekövetkező karbantartási, javítási, felújítási problémáit a roncsolásmentes anyagvizsgálat segítségével. (Anyagvizsgáló Lapja 1995/2. pp. 8–10.)

Nyilvánvaló, hogy a problémakört a szerző az anyagvizsgálat sajátos szemszögéből vizsgálja, hiszen ez volt a célja, azaz a tudományterületekhez csatlakozó egyéb területeket tudatosan nem tárgyal. Hozzászólásunkban a megkezdett vizsgálódást nem mélységében, hanem kiterjedésében szeretnénk bővíteni.

Hozzászólások

A szerzővel messzemenőig egyetértünk és a megállapításának fontosságát magunk is hangsúlyozzuk, nevezetesen: célszerű, vagy a szerző szavait használva, birtokolni kell az anyagtudomány, a kontinuummechanika és a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok felhalmozott tudásanyagát. Mint említettük egyetértünk, viszont világosan látjuk, hogy ez a követelmény maximális, és ahhoz hogy ennek

eleget lehessen tennünk – mi is szeretnénk ennek eleget tenni –, első lépésként egyetemi oktatásunkat kell ez irányba terelnünk, kielégítve az ipar sokszoros látens igényét.

Nehéz lenne ellentmondani annak a megállapításának, hogy a legnagyobb bizonytalansági tényezők hordozói a roncsolásmentes vizsgálatok eredményei, de a tapasztalataink szerint legalább ekkora bizonytalanságot hordoz magában a vizsgálatok eredményeinek nem kellő kritikával fogadása, azaz a hiba veszélyességének megítélése, illetve ehhez csatlakozóan az extrém terhelések megítélése, különös tekintettel egy bonyolult szerkezeti kialakításra.

Nyilvánvaló, hogy egy vitaindító, összefoglaló jellegű cikk kevésbé törekedhet részletekbe menő taglalásra, így a szerző alapkonceptióját nem sérti, ha felhívjuk a figyelmet a járművázszerkezetek olyan tipikus károsodására, mint egy csomóponti tönkremenetel, amely a károsodás adott stádiumában a terhelés átrendeződését eredményezi. Így igen nehézkessé válik a repedésterjedési függvények direkt alkalmazása.

Előfordult, hogy egy helytelen konstrukciós kialakítás, technológiai hiányosságokkal súlyosbítottan egy csomóponti rúd törését igen hamar előidézte, viszont maga a megmaradt csomópont a további üzemeltetés során „hibátlanul” üzemelt. E példával a konstrukciós kialakítás, a technológiai megvalósítás – beleértve a méretpontosságot is – jelentőségére kívántunk utalni, nem tévesztve szem elől a szerkezetek integritási követelményeket.

Igen szemléletesnek tartjuk a biztonsági tényezőhöz rendelt repedéshossz-mérés szükséges megbízhatóságának ábrázolását.

Célszerűnek látjuk hangsúlyozni a terhelés-függvény többváltozós sztochasztikus jellegét, amely a méretezés során további megfontolásokat igényel.

Nagy jelentőségű, a szerző által is kiemelten kezelt gondolat, amely már a konstrukció kialakításánál is figyelembe veszi az ellenőrizhetőség szempontjait, nevezetesen azt, hogy az üzemeltetés során milyen jellegű hibák fordulhatnak elő, és ezek mely anyagvizsgálati módokkal detektálhatóak a legmegbízhatóbban.

Végezetül – a szerzővel egyetértésben – ismételtül rá kívánunk mutatni az egyetemi oktatással szembeni jogos elvárásokra, amelyek nem csak a jelen technológiai, anyagvizsgálati és egyéb mérnöki tudományoknak felelhetnek meg, hanem egyben a jövő igényeinek is elébe mennek. E témakörbe soroljuk mi is a cikkben említett tudományágak egyedi oktatásán kívül, ezek integrált megjelenítését is, mégpedig szakértői szinten is. Külön hangsúlyozzuk a szakértői szintű megfogalmazást, ugyanis vannak olyan tapasztalataink, hogy a szakértők kevéssé építenek az alaptárgyi tudáshalmazra, ezáltal előfordulhatnak olyan sajnálatos példák is, hogy a mérnöki konstrukció igen elegáns, de nem felel meg az ellenőrizhetőség, karbantarthatóság – hogy csak néhány példát említsünk – követelményeinek.

Áttörés a minőségtanúsításban

A Mobil Europe, a Mobil Oil Corporation megbízásából először másfél évvel ezelőtt készített felmérést az ISO 9000 valamely változata szerint tanúsított vállalatokról és ezt múlt év végén megismételte. A két dokumentum összehasonlítása tanulságos.

1994 júniusában világszerte 70 517 ISO 9000 szerinti tanúsított regisztráltak; ez 153%-kal több, mint a 18 hónappal korábbi adat.

76 ország van a világon, ahol legalább 1 tanúsított rendszer működik, 1993-ban csak 48 volt. Figyelmet érdemel, hogy ezek túlnyomó része, 78,5%-a Európában van, tehát a tanúsítás zöme a vén kontinensre koncentrálódik, különösen az Egyesült Királyságra, mely 37 ezer rendszerével az európai állomány kétharmadát, a világnak a felét reprezentálja. Ezzel együtt az E. K. aránya 67%-ról 52%-ra csökkent.

Európa többi országában 18 600 tanúsított rendszer volt (26%), ami rendkívül dinamikus növekedés az 1993. évi 4500-hoz képest (4,3%). Észak-Amerika aránya 4,3%-ról 6,9%-ra, Kelet-Ázsiáé pedig 2,4%-ról 4,4%-ra nőtt.

A tanúsító vállalatok tevékenysége nagyon koncentrált: 12 olyan vállalat van, amely több, mint 12 országban működött, és ezek adták ki a tanúsítványok több, mint 71%-át.

Érdekes összevetni az adatokat a megfelelő hazai értékekkel. Ezek bázisa az IKM Innovációs Főosztálya által 1994 közepén, tehát nagyjából azonos időpontban végzett felmérés (I. 94/6 Ipari Szemle).

E szerint a Magyarországon tanúsított vállalatok száma 1993-ban kb. 20 volt és ez a kutatás kezdetéig kb. 50-re nőtt. Más források szerint 1995 elejére a sikeresen tanúsított rendszerek száma már több mint 130. A hazai vállalatok dinamizmusa tehát nagyjából egybevág a világban tapasztalt tendenciával. Ez örvendetes jelenség és alátámasztja azokat a megállapításokat, melyek szerint a tanúsítás megszerzése egyre inkább nélkülözhetetlen a szakmai presztízs, az elismertség és a vevőkör bizalmának megszerzése, megtartása érdekében.

Az említett kutatás is megállapítja, hogy a minőségtanúsítás presztízsértéke ma már Magyarországon is követi a „pénzügyi-marketing vonalat”. A tanúsítás presztízsértékét a Magyar Minőség Társaság a saját eszközeivel is igyekszik erősíteni. Így például 1994 novemberében, a III. Minőségi Hét alkalmából, megjelent az ISO 9000/EN 29000/MSZ EN 29000 szabványsorozat alapján tanúsított magyar szervezeteket bemutató kiadvány I. kötete, mely 26 vállalat adatait tartalmazza. A II. és a III. kötet szerkesztése folyik és lehetőséget nyújt az újabban megszerzett certifikátok ismertetésére. A Társaság kiadványait német és angol nyelven is megjelenteti, külföldi terjesztés céljából.

Az érdeklődők forduljanak közvetlenül a Társaság titkárságához.

Tel.: 218-3011, Fax: 218-0267.

Dr. Róth András

Országos Minőségügyi Kiállítás

A Magyar Minőség Társaság (MMT) megkezdte az 1995. november 5–10. között rendezendő Országos Minőségügyi Kiállítás szervezését.

A kiállítás helye: Magyar Honvédség Művelődési Háza B épületének valamennyi helyisége (Budapest, XIV. Stefánia út 34.)

A kiállításon standépítés céljára összesen 480 m² hasznos terület áll rendelkezésre.

A stand bérleti díja: 16 650,- Ft/m² + 25% áfa, amely 6 napra, a kiállítás nyitvatartásának teljes idejére szól, és magában foglalja a kétnapos kiállítás előkészítési és kivitelezési idejét, valamint a *tértírtéskéntes szolgáltatásokat*. A minimális igényelhető standterület 6 m² vagy ennek többszöröse. A standdal be nem épített, de kiállítás céljára hasznosítható terület – összesen 40 m² – bérleti díja: 6 250,- Ft/m² + 25% áfa. A kiállításon posztertáblák is bérelhetők, amelyen fényképek, plakátok, táblázatok, grafikonok, különböző ismertető anyagok, reklámok és egyéb dokumentumok helyezhetők el.

A posztertábla bérleti díja: 16 000,- Ft/db + 25% áfa a kiállítás teljes idejére.

Tértírtéskéntes szolgáltatások

1. A kiállítók saját partnereik részére tanácskozást, konzultációt, valamint a sajtó, rádió, TV-interjúk készítéséhez, videofilmjeik bemutatására rendezvényt szervezhetnek a B épület I. emeleti Kistáncsteremben (48 m²).
2. A kiállítók és a szponzorok névsorát mind a konferencia, mind a kiállítói teremben posztertáblán közzéteesszük.
3. A konferencia előadásainak kiadványában közöljük a kiállítók és szponzorok teljes névsorát. A kiállítók és a szponzorok 1 db A/5 méretű hirdetést térírtéskéntesen jelentethetnek meg a konferencia kiadványában.
4. A kiállítók és a szponzorok szóró-reklámanyagjait a B épület aulájában, a kijelölt helyen elhelyezhetik a látogatók részére.
5. A kiállításról magyar nyelvű katalógust adunk ki. A kiállítók részére 20 db katalógust biztosítunk térírtéskéntesen. További mennyiség megrendelhető.

6. A kiállításról sajtótájékoztatót tartunk, majd azt követően a napilapokban a rendezvényt megelőző héten rendszeresen figyelemfelhívó közleményt jelentetünk meg.

A kiállításra jelentkezni lehet, és felvilágosítást ad: Ruzicska György reklámmenedzser a 218-3011/466-os telefonszámon, minden nap 9.00–12.00 óra között. A jelentkezés telefaxon is feladható: 218-0267.

A kiállítás területére való felvonulás, a standok, posztertáblák berendezése, illetve elfoglalása 1995. november 5-én szombaton 13 órától kezdődik meg, és a kiállítás ünnepélyes megnyitására 1995. november 6-án vasárnap délelőtt 10.30-kor kerül sor.

A kiállítókkal szerződést kötünk és a további igényeket rögzítjük.

Várjuk szíves jelentkezésüket.

Magyar Minőség Társaság
1091 Budapest, Üllői út 25.

Tisztelet Olvasó!

A III. Minőségi Hét konferencia előadásait ez évben is A/5-ös méretben, 2 kötetben jelentettük meg. A kiadványban a plenáris ülések és a szekciók előadásai megszerkesztve, ábrákkal együtt találhatók.

A két kötet ára az MMT tagoknak: 500,- Ft + áfa; a nem tagoknak: 700,- Ft + áfa.

A köteteket a Minőségi Hét konferencia résztvevői külön díjazás nélkül megkapják, előzetes értesítés alapján.

A kötetek megrendelhetők a Magyar Minőség Társaság titkárságán.

(Gönczi Anikó, 1091 Budapest, Üllői út 25. Tel.: 218-3011/472, Fax: 218-0267)

Magyar Minőségi Társaság

Kerekasztal-megbeszélés a minőségköltségekről

Az Ipari Minőségi Klub – eddigi tevékenységét kibővítvé – ez évi programjában új szolgáltatás bevezetését tervezi. A tagvállalati megbízottakkal való személyes kapcsolatok ápolása és aktuális minőségi témák szűkebb körben való megvitatása érdekében kerekasztal-megbeszéléseket szervez.

Ennek első megnyilvánulása volt a február 16-án, az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium kezdeményezésére, tartott megbeszélés, amelynek a minőségköltség-kimutatás mint a vállalatirányítás eszköze témakörben.

A vitainduló előadást, a kezdeményező javaslatára, *Szent-Királyi István* minőségügyi szakértő tartotta. A megbeszélésen 25 fő meghívott vett részt, részben a Klub tagvállalati megbízottai közül (Csepel Csőgyár Rt., Elzett Rt., Erbe Kft., Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola, Mertcontrol, Perion Akku. Rt., Salgótarjáni Acélárugyár Rt., Szenzor Kft.) részben külső meghívott szakértők (ABB Power Gen. Ltd., Concordat Kft., Framaco Kft., Montex Kft., Nova-Info Kft., Qualitest Kft.).

A megbeszélés vitavezetője *Házkötő Béla*, a Hírközlési Főfelügyelet főtanácsosa, a Klub vezetőségi tagja volt. Az előadó bevezetőjében abból a megfontolásból indult ki, hogy minden vállalat, vállalkozás célja a nyereség, aminek elérésben jó minőségű és optimális költséggel előállított termékre van szükség. Az optimális költség a veszteségek csökkentésével érhető el. Ehhez a költségek minél részletesebb ismeretére van szükség. A hagyományos számviteli rendszerek azonban nem tükrözik megfelelő részletességgel a vállalati tevékenységeket. A minőségköltség-rendszer segítségével láthatóvá tehetők a költségigényes tevékenységek, azonosíthatóvá a felesleges költségek, veszteségek és így ezek okai felderíthetők és megszüntethetők.

A továbbiakban a minőségköltség fogalmát írta körül, továbbá kimutatásának követelményeit fogalmazta meg, majd a minőségköltség-rend-

szert alkalmazásának előnyeire mutatott rá. Többek között:

- világos áttekintést ad a vállaltról,
- láthatóvá teszi a költséghatékonyságot,
- segíti, javítja a döntéshozatalt,
- egyszerűsíti a működés ellenőrzését,
- jobb gazdálkodásra készíti a vállalatot,
- javítja a vállalat hatékonyságát,
- javítja a versenyképességet,
- a hagyományos pénzügyi rendszerben bepillantást enged láthatatlan területekre is,
- a műszaki jellegű intézkedések gazdasági eredményeit azonosíthatóvá teszi,
- elősegíti a veszteségek csökkentését.

A közel egy órás bevezető után a hozzászólások, és kérdések még több mint két óra hosszat tartottak. Ezekből kiderült, hogy a minőségköltségek iránti érdeklődés nagy és komoly mind az elvi mind a gyakorlati kérdésekben. Egyes kérdésekben élénk vita is folyt. Mindez alátámasztja, hogy a minőségköltség-rendszerek alkalmazhatóságának, és gyakorlati kiépítésének kérdéseivel szélesebb körben és mélyrehatóbban érdemes foglalkozni.

A GTE Ipari Minőségi Klub támogatja és kész szervezni ezt a megismerési folyamatot.

Tájékoztatásul közöljük, hogy az előadásról készített részletes ismertetőt, kiadványunk következő (MH 1/95.) számában közzétesszük. Amennyiben további érdeklődés van az elhangzottak iránt, a Klub titkársága az érdeklődők számára rendelkezésre áll (tel.: 201-7580).

Kondor István
a Klub titkára

Könyvekről

QUALITY CONTROL HANDBOOK

4th Ed.: J. Juran, F. Gryna, Jr.

A Minőségellenőrzési kézikönyv 4. kiadása teljes áttekintést ad a jobb minőséget kisebb költséggel megvalósító ismeretekről, ipari módszerekről. A minőségről és a minőséget támogató szolgáltatási tevékenységről szóló új fejezetek illeszkednek a gazdaságosság, a minőségi jellemzők, a szervezés, a biztosítás, a minőség szabályozás módszerei és a minőségpolitika kérdéskört tárgyaló fejezetekhez.

STATISTICAL QUALITY CONTROL

6th Ed.: E. L. Grant, R. S. Leavenworth

A statisztikus minőség szabályozás című könyv 6. kiadása egy gyakorlati kézikönyv. Tárgyalja a fogalomkörbe tartozó módszereket és ezek részsműveleteit, mint ellenőrzési diagram, alcsoport-képzés, megbízhatóság számítása, minőségi jellemzők és tűrések, a jellemző minta kivétele, a folyamatos termelés jellemzőinek felügyelete. A minőségügyi döntések gazdasági szempontjait, valamint a számítógépes feladatokat és gyakorlatokat külön fejezetek tárgyalják.

BOILER OPERATOR'S GUIDE

3rd Ed.: H. Spring, A. Kohan

A kazánkezelők kézikönyve a legáltalánosabban tárgyalja a kazánok telepítéséhez, felügyeletéhez, helyes üzemeltetéséhez és karbantartásához nélkülözhetetlen korszerű anyagtudományi, roncsolásmentes anyagvizsgálati, szilárdsági és feszültségelemzési, tüzeléstechnikai és szabályozási kérdéseket. Hangsúlyosan foglalkozik az üzemeltetés, a felügyelet, a szabályozás és a biztonság közötti alapvető összefüggések bemutatásával.

MAINTENANCE ENGINEERING HANDBOOK

5th Ed.: L. R. Higgins

A karbantartási kézikönyv 5. kiadása átfogóan tárgyalja a karbantartás valamennyi aspektusát. Ismerteti a károsodások fajtáit, amelyek

előfordulnak például az erőművekben, az olajfinomítóknak, a kórházakban vagy az irodaházakban. Bemutatja a számítógéppel segített karbantartási rendszereket. Kitér a figyelmet szentel a könyv többek között a kenésnek, a repedések elemzésének, az ipari kémiai tisztítási műveleteknek, a javító és a megelőző karbantartás módszereinek.

TESTOR

Tájékoztatjuk a fém-, papír-, műanyag-, textil- és betonvizsgálatokat végző kollégákat, hogy

1995 januárjától az Instron, Wolpert/Amsler, Rockwell, Shore vállalatcsoportok képviselőjét átvettük.

Elektromechanikus és hidraulikus szakítógépek, fém- és műanyagkeménység-mérők, rugóvizsgáló gépek, ingás ütőművek széles választékát kínáljuk.

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT-MÉRÉSTECHNIKA

1538 Budapest, Pf. 528.
XII. Budapest, Törpe utca 8.
Tel.: 155-9886 – Fax: 155-2618

Hivatásunk etikus gyakorlásáért!

A Gépipari Tudományos Egyesület, a műszaki társadalmi egyesületek közül elsőként adta közre etikai kódexét (Gépipar 1992. 5/6.), amely a FEANI etikai kódexének felhasználásával készült. Az etikai kódex szükségéről, annak az anyagvizsgálat területén betöltött szerepéről *dr. Rittinger János* a Gépipar 1992. 1/2. számában fejtette ki nézetét, és mutatott be példát az Erőkar Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium minőségügyi kézikönyvének mellékletét képező etikai kódexből. A Hungarolab Gépipari Tagozatának alakuló ülésén (1994. október) elfogadott munkaterv egyik pontja az anyagvizsgálók etikai, magatartási kódexének kidolgozása. Az Anyagvizsgálók Lapja azzal kíván hozzájárulni az anyagvizsgálók etikai kódexének, vagy egy anyagvizsgáló laboratórium etikai kódexének társadalmilag összehangolt elemekre épülő kidolgozásához, hogy közreadja a hozzáférhető etikai kódexeket, és érvényesülésük, érvényesítésük tapasztalatait, számítva Olvasóink közreműködésére. Elsőként az Erőkar Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium etikai kódexét közöljük:

A szerkesztőbizottság

Erőkar Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium etikai kódexe

I. Általános etikai elvárások

1. A dolgozó szinten tartja és fejleszti tudását. Ösztönzi és segíti munkatársait tudásuk gyarapításában.
2. Döntéseit mindenkor a lehető legnagyobb gondossággal, becsületességgel, szellemi tisztességgel és felelősséggel hozza meg.
3. A vevőtől nem fogad el külön fizetést.
4. Becsületbeli kötelezettségének tekinti azoknak az üzleti és szakmai titkoknak, valamint információknak megtartását, amelyhez munkája végzése, valamint a szerződések kötése során jutott.
5. A dolgozó munkavégzése során kapcsolatba kerül a vevővel. Ennek során azonban mindenkor kizárja a vevő ráhatását a vizsgálatok eredményei alapján tett megállapításaira.
6. Részt vesz szakmai, társadalmi egyesületek munkájában egyrészt továbbképzés, másrészt szakmája iránti elkötelezettségének demonstrálása céljából. Eredményeiről rendszeresen beszámol hazai és külföldi rendezvényeken, illetve közleményekben.
7. Csak azokat a címeteket használja, amelyek használatára jogosult.

II. Szakmai etikai elvárások

1. A dolgozónak mindenkor tudatában kell lennie annak, hogy munkája során elkövetett mulasztás emberek életét veszélyeztetheti, számottevő anyagi kárt okozhat és jelentős társadalmi kihatása lehet.
2. Csak azokon a területeken fogad, illetve vállal el megbízásokat, amelyekben szakmailag illetékes. Munkavégzése során a szakterületén kívül eső feladatok megoldásában keresi az együttműködést, illetékes szakértőkkel vagy szakmai intézménnyel.
3. A vállalat feladatait az adott korra jellemző szakmai ismeretek alapján, a lehetőségek figyelembevételével és a lehető legnagyobb körültekintéssel oldja meg.

4. A vizsgáló berendezéseket, mérőeszközöket és a számítógépes információs rendszereket mindenkor rendeltetésszerűen használja. Ezek használata során tapasztalt rendellenességekről mindenkor tájékoztatást ad.
5. Az elvégzett munkával és a vállalt felelősséggel összhangban lévő díjazást fogad el. Az előírások figyelembevételével törekszik arra, hogy valamennyi díjazás az elvégzett munkával (a nyújtott szolgáltatással) és a vállalt felelősséggel arányos legyen.
6. Küzd olyan magas szintű műszaki eredményekért, amelyek növelik a saját és a Laboratórium szakmai tekintélyét, illetve fokozzák a Laboratórium szakmai tevékenységének megbízhatóságát.

III. Társadalmi felelősség

1. A dolgozó figyelembe veszi feleltetéseinek, kollégáinak és beosztottainak egyéni jogait azzal, hogy betartja azok követelményeit, tiszteletben tartja és számol azok törekvéseivel, nem akadályozza meg, hogy alkalmazkodhassanak a törvényhez és a szakmai etikához.
2. Tudatában van a természet, a környezet, a biztonság és az egészség fontosságának. A társadalom jólétéért és annak hasznára dolgozik.
3. A nyilvánosság számára biztosítja a világos információt saját szakterületén, a közérdeklődésre számotartó műszaki témák megértésével.
4. Tiszteletben tartja és a lehető legnagyobb figyelemmel kíséri hazája (vagy azon ország, amelyben hivatását gyakorolja) hagyományait és kulturális értékeit.

Tisztelettel köszöntjük szakterületünk kitüntetettjeit!

Széchenyi-díj kitüntetésben részesült *dr. Michelberger Pál* akadémikus, a közúti jármű-szerkezetek konstrukciós és szilárdsági méretezési problémáinak kutatásában, fejlesztésében és oktatásában elért iskolateremtő eredményeiért, és a hazai járműgyártásban való hasznosításáért.

Eötvös Loránd-díj kitüntetésben részesült *dr. Rittinger János* okleveles gépészmérnök, hegesztő szakmérnök, a hegesztés és a hegesztett szerkezetek állapotellenőrzése terén elért kutatási, fejlesztési eredményeiért.

Gillemot László-emlékérem kitüntetésben részesítette a Gépipari Tudományos Egyesület Anyagvizsgáló és Hegesztési Központi Szak-

osztálya *dr. Terpián Zénó* akadémikust, *dr. Romvári Pál* egyetemi tanárt, *dr. Vojnich Pál* főiskolai tanárt a mechanikai technológia tudományterületeken évtizedeken át végzett kimagasló eredményes kutató, fejlesztő, oktató és műszaki tudományos közéleti tevékenységükért.

Összinté tisztelettel gratulálunk – olvasóink nevében is – a kitüntetetteknek, kívánva erőt és egészséget további munkájukhoz.

Kérjük továbbra is támogassák lapunkat gazdag tapasztalataik közreadásával.

A szerkesztőbizottság

Tanfolyamok 1995-ben

MINŐSÉGÜGYI TANFOLYAMOK

TÜV Rheinland Hungaria – GTE közös tanfolyamok:

- Minőségbiztosítási alapok, az MB-rendszer felépítése
Időtartam: 5 nap
- Minőségügyi technikák Időtartam: 5 nap
- Minőségügyi statisztika Időtartam: 5 nap
- Mérésügyi Időtartam: 3 nap
- Belső auditor, beszállító auditor Időtartam: 3 nap

A levezsgázottak német-magyar nyelvű bizonyítványt kapnak.

OKJ-szakképesítést adó tanfolyamok:

- Minőségellenőr tanfolyam Időtartam: 150 óra
- Minőségügyi felülvizsgáló és tanúsító (auditor) tanfolyam
Időtartam: 120 óra

ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK:

- Radiológiai vizsgáló: RT1, RT2, RT3
- Ultrahangos vizsgáló: UT1, UT2, UT3, UT2T
- Mágneses, penetrációs, vizuális vizsgáló: MPVT1, MPVT2
- Örvényáramos vizsgáló: ET1, ET2
- Rezgéselemző: VAT1, VAT2
- Színképelemző: ST1, ST2
- Általános hegesztett terméket vizsgáló inspektor: INSP

Vizsgaköteles közép- (1), felsőfokú (2 és 3) és továbbképző tanfolyamok.

NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK BIZTONSÁGTECHNIKÁJA továbbképző, 24 órás tanfolyam

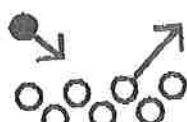
KOMPLEX EUOMÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ TANFOLYAM

Időtartam: 900 óra.

Regisztrált munkanélkülieknek díjtalan a részvétel!

JELENTKEZÉS ÉS FELVILÁGOSÍTÁS

GTE Oktatási Iroda, 1027 Budapest, Fő utca 68. III. em. 344.
Tel.: 202-1382 vagy 201-2011/422, 626 – Fax: 201-7180



Anyagok, felületek, összetételének vizsgálata a Budapesti Műszaki Egyetemen

Akár gyárt, akár forgalmaz nagy értékű, fém-, fémtövezet-, félvezető-, kerámia- vagy más szigetelő anyagot tartalmazó, esetleg speciális rétegszerkezettel, felületi bevonattal rendelkező termékeket, szükséges lehet a kémiai összetétel, az összetevők felület menti vagy arra merőleges eloszlásának pontos ismeretere.

A BME Felületfizikai Laboratóriuma, megbízási szerződések keretében, **a nagyközönség szolgálatára bocsátja**, eddig a kutatásban alkalmazott, **speciális műszereit és tudását**. Összetevők kimutatása 0,0001%-ig, az összetételváltozás kimutatása 5 mikrométer felbontással.

Szaktanácsadás: korróziós, felületvédelmi, tapadási, törési, elszíneződési, adalékolási, ötvözesi problémák megoldása, elektromos kontaktusproblémák, szigetelő-átütés anyaghibákra visszavezethető okainak feltárása.

Részletes információért hívja
dr. Pavlyák Ferenc tudományos főmunkatársat;
tel.: 463-1589, fax: 463-4194.

Nemzetközi rendezvények 1995-ben

7th Int. Conf. on Mechanical Behaviour of Metals, 1995. május 28–június 2. Hága, Hollandia. Cím: ICM7 Secretariat c/o Congress Office ASD, Asvest 22, POB 40, NL-2600 AA Delft, Tel.: (+31) 15-120234, fax: (+31) 15-120250

Non Energetic Applications of Nuclear Science, Brüsszel, Dánia, 1995. június 1–3.

9. Nemzetközi Hőtechnikai és Termogrammetriai Konferencia, 1995. június 13–16. Budapest. Cím: dr. Benkő Imre, MATE, 1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6–8.

Ultrasonic International '95, Edinburgh, UK. 1995. július 5–8. Cím: Ultrasonics, alt. L. Clayton, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX28DP-UK.

AECM-5 Conf. Applications and Acoustic Emission Techniques, Sundsvall, Svédország, 1995. július 10–14. Cím: ASNT 1711 Arlington Lane P.O. Box 28518, Columbus OH-43228-USA, fax: +1 614 276899

SPT-5 Int. Conf. Structural Failure, Product Liability and Technical Insurance, Bécs, 1995. július 10–14. Cím: Dr. H. P. Rossmanith, Inst. of Mechanics. TU Vienna, Wiedner Hauptstrasse 8–10/325, A-1040 Vienna, Austria.

TEFF-4, Teaching and Education in Fatigue and Fracture, Failure Analysis and Safety Engineering, Bécs, Ausztria, 1995. július 14–15. Cím: Dr. H. P. Rossmanith, Institute of Mechanics, Technical University Vienna, Wiedner Hauptstrasse 8–10/325, A-1040 Vienna, Austria.

6th Int. Symp. on Fracture Mechanics of Ceramics, Karlsruhe, Németország, 1995. július 18–20. Cím: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Materialforschung II, Postfach 3640, D-76021 Karlsruhe, Germany.

XXIX. CSI – Colloquium Spectroscopicum Internationale Lipcse, Németország. 1995. augusztus 27. – szeptember 1.

Nonlinear finite element analysis, München, Németország, 1995. szeptember 4–8. Jelentkezés, kedvezményes díjbefizetés július 15-ig. Cím: Zace Services Ltd. P.O. Box 2, CH-1015 Lausanne 15, Switzerland. Tel.: 41/21/6914065, fax: 41/21/6915601

Fatigue Design, Helsinki, Finnország, 1995. szeptember 5–8. Cím: Gary Marquis, FD'95 Office, VTT Manufacturing Technology, P. O. Box 1704, FIN-02044 VTT, Finland, Tel.: (+358) 0-456 6866, fax: (+358) 0-456 7002

XXV. Jubileumi Kémiai szimpózium, Ráckeve, 1995. szeptember 6–8. Témakörök: színrendszerek, színérés, szindinamika, kémiai technológia. Szervező: Magyar Kémikusok Egyesülete, 1027 Budapest, Fő u. 68. Tel.: 201-6883, fax: 201-8056

Int. Symp. Non-Destructive Testing in Civil Engineering, (NDT-CE), 1995. szeptember 26–28. Berlin, Németország. Cím: DGZIP, Unten den Eichen 87, D-12205 Berlin. Tel.: intl. + (0)30-8114001, fax: intl. + (0)30-8114003

ENS Topsafe '95 – atomerőművek biztonságos működése. Budapest, 1995. szeptember 24–27. Atrium Hyatt Hotel. Szervező: Magyar Nukleáris Társaság, Koblinger László titkár, cím: KFKI AEFI. Tel.: 169-9499/2515. fax: 155-2530.

XII. Duna-Adria Nemzetközi Szeminárium: kísérleti mechanika, 1995. október 5–7. Sopron. Cím: GTE rendezvény iroda, 1027 Budapest, Fő u. 68. Tel.: 131-5960, fax: 202-0252

Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia a Duna-Adria régióban, Pula, Horvátország, 1995. október 5–6. Szervező: a Horvát Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Szövetsége. A résztvenni szándékozó magyar előadók az előadásuk angol nyelvű kivonatát a GTE titkárságra küldjék – 1027 Budapest, Fő u. 68. –, a Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakosztálynak címezve, legkésőbb június 30-ig.

Int. Symp. on Materials Ageing and Component Life Extension, Milánó, Olaszország, 1995. október 10–13. Cím: Mrs. A. Oriani, CISE SpA – Segrate P. O. Box 12081, Milano 20134, Italy, Tel.: (+39) 2 21672648, fax: (+39) 221672620

Nemzetközi rendezvények 1996-ban

7th Int. Symp. on Tubular Structures, Miskolc, 1996. augusztus 28–30. Szervező: az IIW XV-E albizottsága, a Miskolci Egyetem és a GTE. Jelentkezés angol nyelvű előadáskivonattal 1995. október 15-ig. Cím: dr. Farkas József, ME, 3515 Miskolc-Egyetemváros.

IIW-közpülés, Budapest, 1996. augusztus 31–szeptember 6. Szervező: GTE Hegesztési Központi Szakosztály

11th European Conf. on Fracture; Poitiers-Futuroscope, Franciaország, 1996. szeptember 3–6. Jelentkezés előadáskivonattal 1995. szeptember 30-ig. Cím: Prof. André Dragon, LMPM, ENSMA – Site du Futuroscope, B. P. 109-F-86960 Futuroscope Cedex. France. Tel.: 33 49498224, fax: 33 49498238.

14th World Conf. on Non-Destructive Testing, New Delhi, India, 1996. december 8–13. Szervező: Indian Society for NDT. Cím: Dr. Baldev Raj, president of ICNDT, director Metallurgy and Materials Group, Indira Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam 603 102, Tamilnadu, India. Tel.: 04117-40301/40356 (O), 04117-40342 (R), Fax: 04117-40360 és 04117-40336. Jelentkezés előadáskivonattal 1996. januárjában.

ANYAGVIZSGÁLOK LAPJA 1994.évi 4. évfolyamának tartalomjegyzéke

Cikkcímek rovatok és témakörök szerint

Szám Oldal Kódszám

KÉSZÜLEKEK, BERENDEZÉSEK

Az ármérővezérelt kisciklusú fárasztóvizsgálat megbízhatósága, Rózsahegyi Péter	2	41	942 041 137
MTS Users Club ülése és TestStar bemutató Miskolcon, Major Zoltán	2	44	942 044 026
Dinamikus neutron- és gamma radiográfia alkalmazása ipari fejlesztésben, dr. Balaskó Márton	2	35	942 035 136
Színesfémek elektromos vezetőképességének pontos mérése örvényáramos módszerrel, Neumaier P. – Haskó F.	2	38	942 038 091

RmV-HELYZETKÉP

Szerkezetek megbízhatósága; Törésmechanika – roncsolásmentes vizsgálat, dr. Tóth László	3	67	943 067 023
Roncsolásmentes vizsgálatok, Tóth Ferenc	3	71	943 071 139
Felületi és felület közeli repedések kimutathatósága roncsolásmentes módszerekkel, Harnisch József	3	73	943 073 140
Föld alatti tárolótartályok tömörségi vizsgálata, dr. Balikó Sándor	3	76	943 076 141

Festékbetoolásos repedésvizsgálat

* A festékbetoolásos vizsgálat mai gyakorlata, Klausz Gábor	4	99	944 099 149
* Festékbetoolásos vizsgálórendszerek működőképességének összehasonlító vizsgálata, dr. Lehofer Kornél (Ed.)	4	100	944 100 038
* Új, környezetbarát festékbetoolásos vizsgálószerek, Helmut Klumpf	4	103	944 103 150
* A prEN 571 szabványtervezetről, dr. Lehofer Kornél	4	107	944 107 038
Örvényáramú anyagvizsgálat, Tóth Ferenc	4	108	944 108 139
Az IRIS csővizsgáló-rendszer, Domak Gábor	4	114	944 114 151
Néhány gondolat az egyes keménységmérési eljárások összehasonlításáról, dr. Borbás Lajos	4	115	–

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Egy súlyos ipari katasztrófa és hatása a műszaki fejlődésre

* A rideg törés mikroszerkezeti vonásai, dr. Prohászka János	1	3	941 003 132
* Cseppfolyós szénsavat tároló tartály rideg törése, dr. Rittinger János	1	9	941 009 133
* Káresetelemzések eredményeinek felhasználása műszaki feladatok megoldásában, dr. Rittinger János	1	13	941 013 133
* Módszer nyomástartó szerkezetek rideg törésének megelőzéséhez, Fehérvári Attila – dr. Rittinger János	1	16	941 016 13/134
* Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata, dr. Karsai István	1	20	941 020 135
* Töréssel kapcsolatos kutató- és oktatómunka a BME Mechanikai Technológiai Tanszéken, dr. Czoboly Ernő – dr. Havas István	1	22	941 022 029/022
* A répcelaki törés hatása a Miskolci Egyetem kutatási és oktatási tevékenységére, dr. Tóth László	1	25	941 025 023
Műanyagok és kompozitok dinamikus törése, beszámoló az európai szimpóziumról, Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér	1	12	–
A terhelés nagyságának, időtartamának, a terhelésváltozás irányának szerepe a várható élettartamra, dr. Berke Péter – dr. Michelberger Pál	2	35	942 035 031/114
Nemzetközi tanácskozások Miskolcon a kifáradásról és a törésről, dr. Tóth László	2	47	–
Tapasztalatok az anyagvizsgálat köréből, dr. Szombatfalvy Árpád	2	48	942 048 118
Hőmérsékletmérés acélok hegesztésénél, Hollósné Szabó Andrea – Gyura László – Csikós Gábor	2	49	942 049 084/085/138
A gyorsított időjárásállósági vizsgálatok összehasonlítása, Kovácsné Dr. Stahl Ágnes	3	78	943 078 142
A röntgenemissziós analitika, dr. Bacsó József	3	81	943 081 143
Az ICP-MS technika és néhány alkalmazása, dr. Bertalan Éva	3	84	943 084 144

SZÁMÍTÁSTECHNIKA

Átmérővezérelt kisciklusú fárasztóvizsgálat, Rózsahegyi Péter	3	87	943 087 137
Zömítés kísérleti és szimulációs vizsgálata, dr. Krállics György – Tatár Levente – dr. Lovas Jenő	4	118	944 118 065/148/013

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

Minőség és környezete, Bagyinszki Gyula	3	91	043 091 145
Beszámoló a II. Minőségi Hét nemzetközi konferenciáról, Pákh Miklós – dr. Róth András	1	28	–
Magyar Minőségi Díj '94	3	95	–
Oktatási szeminárium a minőségért, Varga Sándorné	4	117	944 117 028

SZABVÁNYOSÍTÁS

Hatályba lépett az MSZ-EN 473, Fücsök Ferenc	2	50	942 050 003
A szabványosítás és az akkreditálás új rendje, dr. Lehofer Kornél	2	53	942 053 038

SZEMLE

Mérőműszerek, vizsgálóeszközök a Proceq kínálatából, dr. Borbás Lajos	1	27	-
MHK-6 örvényáramos készülék – szivárgásfigyelő-rendszerek	2	56	-
World Coat '94, Mohácsi Gábor	3	90	-
Az Európai Szerkezetintegritási Társaság konferenciája, dr. Tóth László	4	121	-
XXII. FATIPEC – A festékipar újdonságai, Kovácsné Dr. Stahl Ágnes	4	122	-

MÉRŐFÖLDKÖVEK

Dr. Huszár István köszöntése	1	31	-
Dr. Vojnich Pál köszöntése	4	126	-
Az anyagvizsgálat mérőföldkövei, dr. Tóth László	2	59	-
Dr. Kuty Ákos	2	61	-

KÖNYVISMERTETÉS

Anyagok alakváltozással és töréssel szembeni ellenállása, V.T. Troshhenko, (dr. Tóth László)	4	124	-
Visual and optical testing, P. McIntire – P.O. Moore, (Szűcs Pál)	4	125	-

HÍREK

ESEMÉNYNAPTÁR

MIT KÍNÁLUNK ÖNNEK? MIT KÍNÁLUNK ÖNNEK? MIT KÍNÁLUNK ÖNNEK?

KÉSZÜLÉKEKET, BERENDEZÉSEKET

ANYAGVIZSGÁLAT

- *Roncsolásmentes vizsgálat*
 - ultrahangos készülékek
 - mágneses készülékek
 - festékdifúziós eszközök
 - örvényáramos készülékek
 - röntgenkészülékek
 - röntgenfilmek
- *Vizuális vizsgálat*
 - üvegszálas endoszkóp
 - video endoszkóp
 - boreszkóp
- *Mechanikai vizsgálat*
 - keménységmérők
 - szakítógépek
 - ütőművek
 - keménységösszehasonlító lapok
- *Anyagösszetétel elemzés*
 - optikai emissziós és
 - röntgenfluoreszcens színképelemző berendezések

MÉRÉSTECHNIKA

- *Gépek állapotellenőrzése*
 - rezgésmérők
 - csapágyállapot-mérők
 - egytengelyűség-mérők
- *Beton- és vasbetonszerkezetek állapotellenőrzése*
 - szilárdságra
 - elektrokémiai korrózióra
- *Környezetvédelmi mérések*
 - zajszintmérők
 - hőmérsékletmérők (érintésmentes és tapitós)
 - nedvességtartalom-mérők
 - páratartalom-mérők
 - füstgázlelmezők
 - légszennyezettség-mérők gázokra, gőzökre, szénhidrogénekre
- *Hosszméréstechnika*
 - tolómérők
 - mérőórák
 - mérőgépek
 - érdességmérők
 - teljes Mitutoyo program
 - kaliberek
- *Bevonatvastagság-mérés*
 - mágnesezhető és
 - nem mágnesezhető fémen

TESTOR

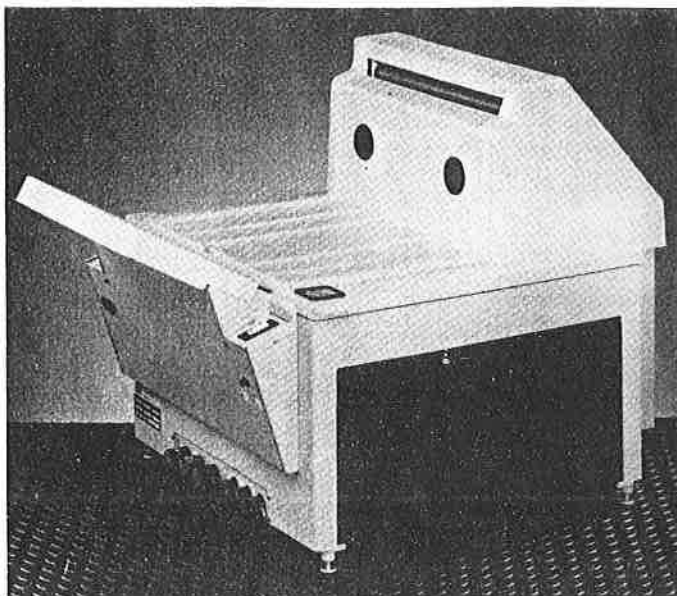


AFP Mini-NDT **ipari röntgenfilm-előhívó automata**

A készülék konstrukciója mind szerkezetében mind a kezelhetőség szempontjából korszerű, helytakarékos, könnyen kezelhető és karbantartható. A megbízható, halk filmtovábbító görgős szerkezet, az előhívás kémiai folyamatainak automatikus szabályozása és az energiatakarékos infravörös szárítás biztosítja a kiváló képmínőséget.

Az asztali készülék sötétkamrai helyigénye: 840 x 560 mm² alapterület, magassága: 610 mm.

Üzemeltethető helyhez kötötten telepítve, vagy mert mobil kivitelű, a tevékenység helyszínén időlegesen üzembe helyezve.



Ha a helyszínen nincs vízvezeték, akkor rendelhető az ún. no plumbing kit, át-szerelési készlet, a vízellátás kiépítéséhez.

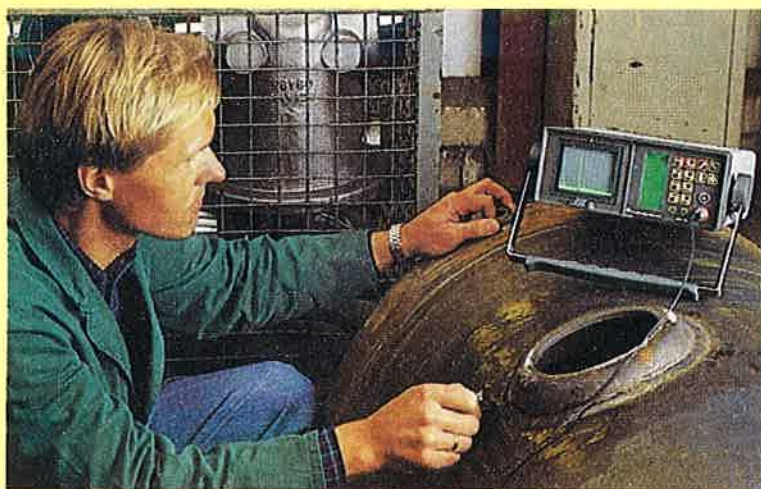
Műszaki jellemzők:

- Netto tömege: 45,5 kg, vízzel, vegyszerrel feltöltve 68,2 kg
- Az előhívható film szélessége max.: 35,6 cm hosszúsága min.: 10 cm
- Tartálytérfogat egyenként 7,2 l
- Vízfogyasztás: 2,3 l/min.; készenléti üzemmódban nincs vízfogyasztás
- Előhívási teljesítmény:
 - a 20 x 25 cm-es filmből 18 db/óra
 - a 35 x 43 cm-es filmből 40 db/óra
- Energiaellátás: egyfázisú 220 V, 50 Hz váltóáramú hálózatról, áramfelvétel: 7,5 A
- Garancia: 1 év

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

1124 Budapest, Törpe u. 8. · Tel.: 155-8995 · Fax: 155-2618



**KORSZERŰ, HORDOZHATÓ, RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLÓ ÉS ELLENŐRZŐ KÉSZÜLÉKEK
SZÉLES VÁLASZTÉKÁT KÍNÁLJA A**

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT-MÉRÉSTECHNIKA

Budapest, Törpe u. 8. 1538 Bp. Pf. 528. • ☎ 155-9886 • Fax: 155-2618