

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 eredmény sorok 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.

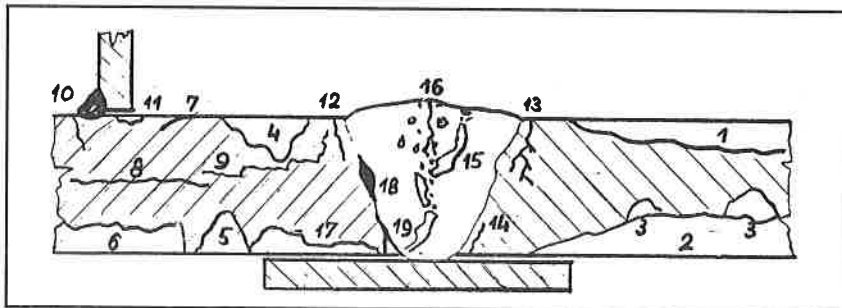
A tartály fenéklemezében különböző való-színűséggel előforduló károsodási formákat, hi-

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].

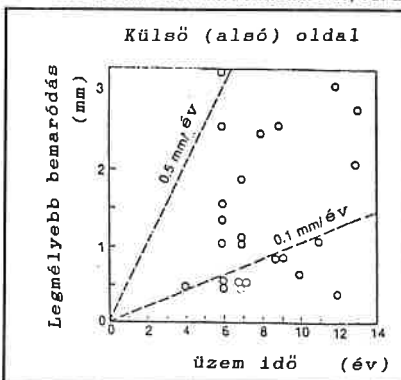
A korróziós károsodást minősítő vizsgálati módszerek

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. Korróziós 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 kénhidrogén 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 kénhidrogén 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. Réskorróziós 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.: vákuumkamra-buboré-kos) valósíthat meg azokat, még az sem állítható teljes biztonsággal, hogy nincs lyuk, illetve szivárgási 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)
- kismegajonás 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 mérőleg 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:

- szemcseztört, 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.

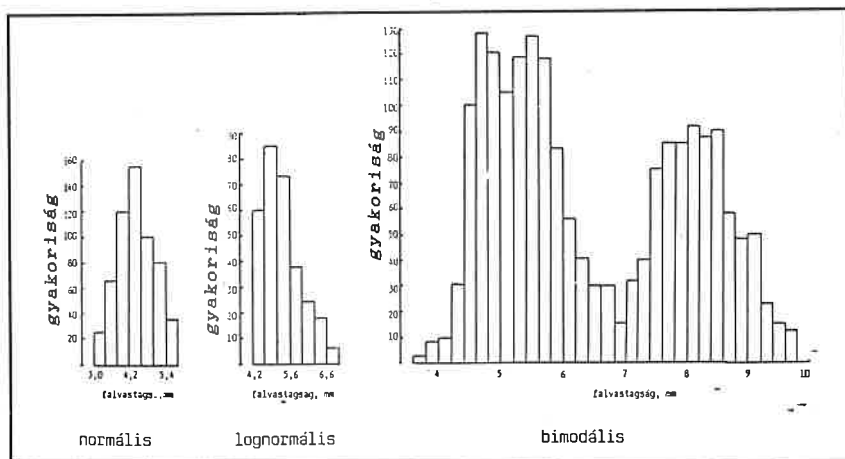
Az automatizált mágneses hibakereső műszer egy menetben 280 mm széles sávot vizsgál s fluxusa olyan erős, hogy 20 mm vastag lemezen is alkalmazható [4]. Kimutatja a fenék-lemez alsó oldalán rejtőző hibákat is, a regisztrátum pedig utólag értékelhető formában is dokumentál valamennyi érzékelt hibát.

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 kismegajonás 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. Kisebb, 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.

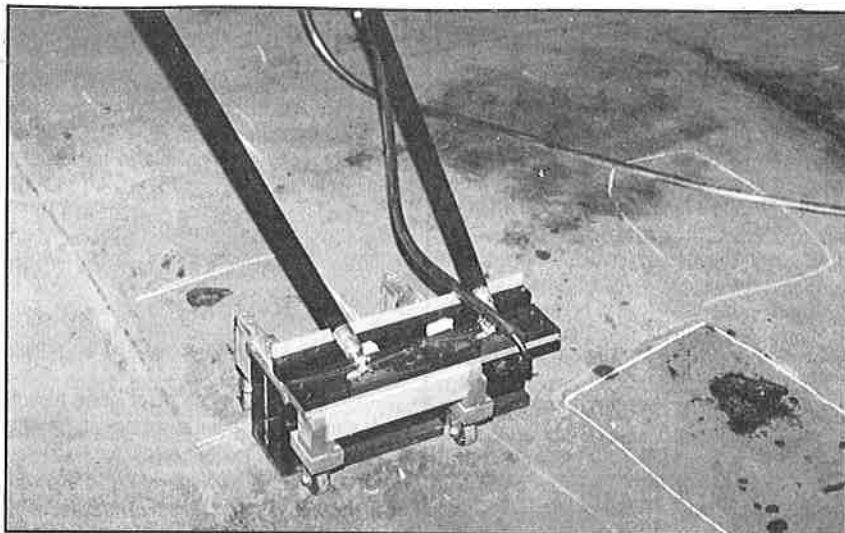
Valószínűségelméleti elemi ismeretek nélkül is könnyű elképzelni, hogy a fenéklemez alsó, talaj felőli, nem látható oldalán lévő lyukakat nem könnyű „eltalálni” a mérőfej néhány ponton (folt) való elhelyezését. Azt is tudni kell, hogy a ma még leggyakrabban használt mérő- és mérőfej típusok bizonyos méretnél kisebb túladali 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 vizsgálatában.

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.

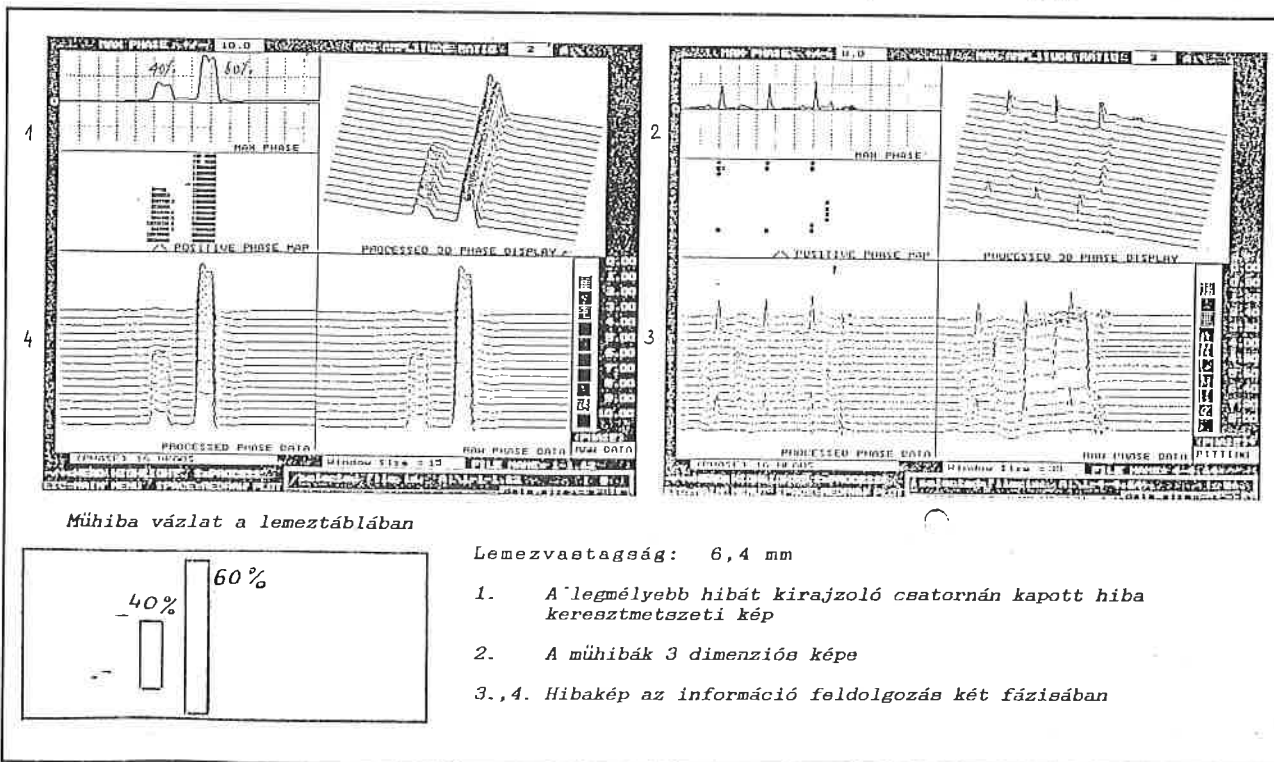
A vizsgálatban a helyszínen közvetlenül két személy vesz részt. Az egyik mozgatja a kocsit, s egy előre beállított küszöbértéknél nagyobb hibákról menetközben tudomást szerez vörös LED jelzések alapján. Ezek helyét zsírkrétaival nyomban bejelöli (4. ábra), majd egy ismétlési folyamatban koncentráltabban 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 műhibás 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 fejes, 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 országokban
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.