

Tárolótartály fenéklemez vizsgáló mérőrendszer

Tóth Ferenc*

Bevezetés

Az olaj- és vegyiparban világszerte használatban levő tárolótartályok száma több millióra tehető. Ezek nagy részének üzemideje meghaladja a 30–50 évet, emiatt azokat a váratlan meghibásodások elkerülése végett ellenőrizni kell.

A tartályok általában alacsony széntartalmú acélból készülnek; külsőjük, a változó éghajlati viszonyok között, a nedvesség hatására, belső felületük – a tárolt folyadék összetételétől függő mértékben – korrózió áldozdik. A korrózió számos hibajelenséget indukál, ezek részletes leírása az Anyagvizsgálók Lapja 1995/2. számában megtalálható [1].

A tárolótartály fenéklemezének vizsgálatára különböző elven működő eljárásokat és berendezéseket dolgoztak ki. A ténylegesen használatba vett változatok a következők.

- permanens mágnessel gerjesztett, szórt mágneses fluxus mérése;
- elektromágnessel gerjesztett, szórt fluxust detektáló forgófejes berendezés;
- kombinált, szórt fluxus és örvényáram egyidejű mérésén alapuló eljárás;
- alacsony frekvenciás – indirekt csatolású – örvényáramú mérőrendszer.

Mindegyik módszernek van előnye és hátránya a többiekhez viszonyítva, a különbségek azonban nem nagyon jelentősek.

A szórt fluxus mérésén alapuló metodikát mintegy 25 éve sikeresen használják új és hosszabb idő óta üzemelő olaj- és gázvezetékek ellenőrzésére, de tárolótartályoknál a módszert csak az utóbbi tíz év során kezdték alkalmazni [2]. Az eljárás előnye, hogy a tartály nagy felületű fenéklemezének a vizsgálata elfogadhatóan rövid idő alatt elvégezhető.

Tartályoknál azonban felmerülnek bizonyos problémák, amelyek olajvezetékekénél nem fordulnak elő, mivel ez utóbbiak geometriai paraméterei mindig sokkal kötöttebbek. Tartályoknál a fő gondot az okozza, hogy a fenéklemez szinte sohasem sík, ezért a hibahelyek okozta szórt fluxus amplitúdója nem feltétlenül arányos a hiba méretével, emiatt a vizsgálat elsősorban a hibahelyek felderítésére használható, kvantitatív hibaméret megadására nem mindig alkalmas. Ez a zavaró hatás természetesen mindegyik vizsgálati eljárásnál fellép, a kapott eredmények értékelésénél ezt figyelembe kell venni.

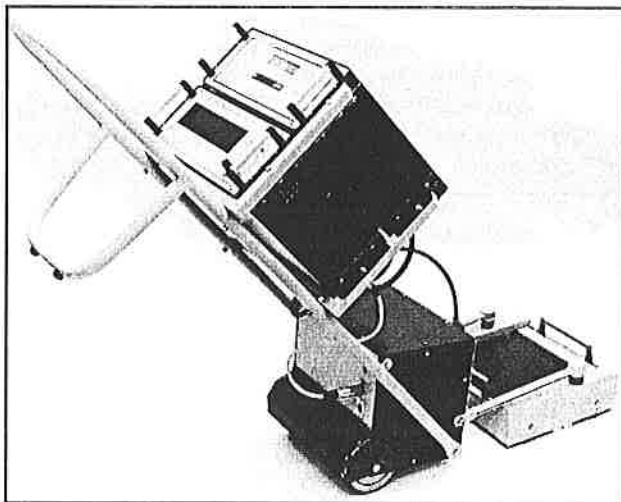
A tárolók fenéklemezének ellenőrzésére forgalomba került mérőberendezések nagyobb hányada permanens mágnes gerjesztésű szórt fluxust detektáló típusú, a KFKI Szilárdtest Fizikai Kutató Intézetben kidolgozott mérőrendszer is ebbe a változatba sorolható (1. ábra).

Szórt mágneses fluxus vizsgálati eljárás

A szórt mágneses fluxust mérő eljárás lényegében hasonló a közismert mágnesporos hibavizsgálathoz, azzal az eltéréssel, hogy sem száraz, sem nedves porra nincs szükség [3]. Ezeknél a hibavizsgálóknál a kérdéses tárgyat olyan mértékig mágnesezik, hogy a hibahelyeknél a fluxus kilépjen a felületből, amelyet azután megfelelő érzékelők elektromos jelekké alakítanak át. A hibajelek különböző kijelzőkre kerülnek, egyidejűleg vizuális és hangjelzést adnak a hibánál, illetve a mérési adatok a számítógép tárolójába kerülnek hibatérkép készítése céljából.

A mágnesezést permanens mágnes végzi, a szórt mágneses fluxust Hall-szondák detektálják. A berendezés a fenéklemez mindkét oldala korróziós hibáinak kimutatására készült, ezért erős mágneseket kell használni, hogy több mm-nyi légrés esetén is a lemez telítésig mágnesezhető legyen. A tartályokhoz használt acélok telítési mágnesessége tipikusan 1,6–2 tesla.

Ilyen nagyságú mágnesességnél a korábbi vizsgálatokból származó maradó mágnesességnél már nem okozhat hibát, ezért a szórt fluxus hibajel viszonylag állandó és reprodukálható. Alacsonyabb mágnesességnél (<1,5 tesla) a berendezés ugyan detektálja a hibákat az első felvételnél, de ismételt azonos irányú vizsgálatnál a maradó mágnesességnél fokozatosan lecsökkenti a hibajel nagyságát, kivéve, ha az egymás után következő méréseket ellentétes irányban haladva végzik.



1. ábra

A szórt mágneses fluxus értékét adott mágnesrendszerrel az alapanyag vastagsága és permeabilitása szabja meg. A legtöbb tartálylemez anyaga lágyacél, ezek permeabilitása általában hasonló és ezért a lemezben a fluxust ténylegesen az anyag vastagsága határozza meg.

Adott erősségű mágnes mindig megszabja azt a maximális lemezvastagságot, amelyenél már a fluxussűrűség nem elég a kis méretű hibák kimutatására, illetve az előzőekben említett maradó mágnesességnél hatása nem lesz elhanyagolható. A rendelkezésre álló mágnesnél ez a vastagság 12 mm fölött kezdődik, de természetesen befolyásolja az alapanyag permeabilitása is.

A kidolgozott mérőberendezés permanens mágnes 240 mm széles felület vizsgálatát teszi lehetővé, optimális légrés a lemez és a mágnespólusok között 4 mm. A légrést a 6 mm-nél vékonyabb lemezeknél növelni kell, de a vastag védőréteggel bevont fenéklemezeknél a rést esetleg csökkenteni szükséges.

A Hall-szondás érzékelő egység a permanens mágnespólusok távolságának felezővonalában helyezkedik el, beállított távolsága a vizsgált felülethöz 2 mm. Felfüggesztése rugalmas, így a kiemelkedő akadályok a szondasort függőlegesen – a felület síkjával párhuzamosan – megemelik. Az érzékelőegység légrésének növelése csökkenti a hibadetektálás érzékenységét, ezért a vastag védőréteg-bevonatú fenéklemezeknél szükségessé válhat a légrés redukálása. A Hall-szondák egymás közti távolsága 15 mm, amelyenél a hibajelek felbontása optimális. Mivel mindegyik szonda érzékenysége túlnyúlik a szomszédos szondákon, a hibadetektálás a teljes felületet átlapolással lefedi.

Hibatípusok

A mérőszondák jelamplitúdója arányos a korróziós folt méretével és mélységével. Hasonlóan más roncsolásmentes vizsgálati eljárásokhoz – pl. az ultrahangos mérésekhez – a kapott jel nagyság és a hiba geometriája közötti összefüggés többnyire komplikált. A szórt fluxus jelamplitúdóját a következő tényezők befolyásolják:

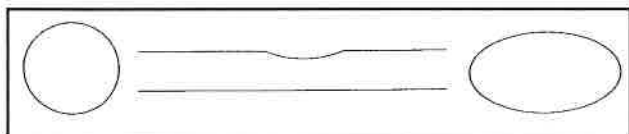
- a korróziós folt térfogata,

* MTA KFKI Szilárdtest Fizikai Kutató Intézet, Budapest

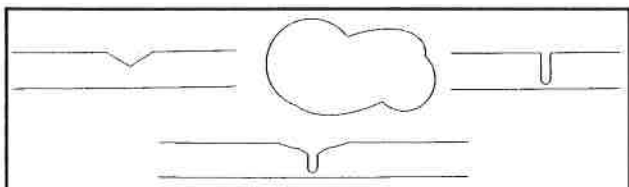
- a repedés mélysége, geometriája és hosszának viszonya a szélességéhez,
- az alapanyag permeabilitása és vastagsága,
- a mágnesező kör tulajdonságai (térfertősség, légrés, a mágnes anyaga, a mágneses ellenállás értéke),
- az érzékelők típusa.

A felsorolt változók egy részének hatása egyéb roncsolásmentes hibavizsgálatoknál megszokott módon, kalibrációs etalonok segítségével kiküszöbölhető. Ugyanis, a vizsgálandó lemezzel azonos vastagságú és anyagú (permeabilitású) lemezen kimunkált referencia hibákról és a vizsgálandó lemez hibáiról kapott jelek összehasonlíthatók, ha a mágnesezés és a mérőberendezés beállított érzékenységi fokozata azonos.

A gyakorlatban számos formájú hibaféleség lehetséges, ezek többsége azonban a 2. ábrán látható alaptípusra vezethető vissza. A korróziós foltok általában kör, vagy ellipszis alakban kezdődnek, amelyek méretnövekedése közben kónuszos formát vesznek fel, majd végül többnyire cső alakúvá válnak (3. ábra). Természetesen ez jelentős leegyszerősítése a valós helyzetnek, tapasztalatok szerint azonban az ilyen geometriájú műhibák kisebb eltérést adnak a tényleges hibákhoz viszonyítva, mint a szokásos 120°-os kónuszú furatokkal történő összehasonlítás.



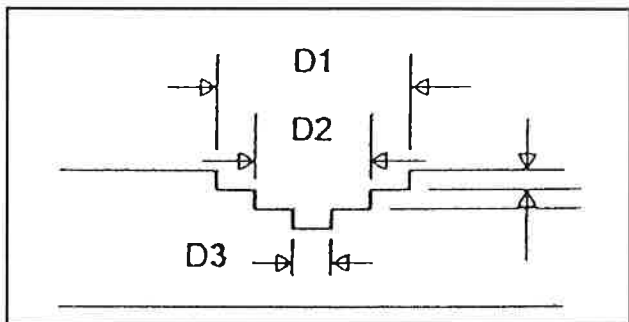
2. ábra



3. ábra

Nagyon fontos, hogy a kalibrációs lemez permeabilitása megegyezzen a vizsgált tartályfénék permeabilitásával; eltérés esetén a mélység nagyságára vonatkozóan 25%-ot meghaladó hibás kijelzés is felléphet. Hasonlóan az ultrahangos és örvényáramos mérésekhez, a szórt fluxus vizsgálatoknál is döntő jelentőségű a referencia alapanyagának megválasztása.

A legjobb ekvivalens hibajelet a 4. ábrán látható – lépcsős közelítés – 136°-os kúpszögű furatok adják; az ultrahangos és a tényleges geometriai méretellenőrzésekkel összehasonlítva, a hiba szórása általában $\pm 10\%$.



4. ábra

Jelfeldolgozás

A szórt fluxus mérést a vizsgálatok végzése közben különböző nemkívánatos zavaró jelek nehezítik. A felület durvasága, az alapanyag inhomogenitásából származó permeabilitás-ingadozások, mint zajok elfedhetik a kisebb méretű hibák jeleit.

Egy további zavaró jel a mozgó mágnes által a lemezben keltett örvényáramok mágnesező tere. A mérések végzése közben három fajta örvényáramú jel keletkezik, ezek:

- felfutó jel a kocsi indulásakor,
- állandó értékű örvényáram egyenletes haladási sebességnél,
- csökkenő lefutású jel a kocsi lefékeződésénél.

Ezek a különböző eredetű zajok a mérőerősítők megfelelő levágású elektronikus szűrői segítségével nagymértékben redukálhatók, de természetesen fontos az egyenletes haladási sebesség tartása is.

Az alaplemez permeabilitásának lassú változása, a felület egyenetlenségéből származóan a kocsi és a szondator vibrációja az egyes Hall-szondák differenciál összekapcsolásával kompenzálható. A szórt fluxus tangenciális komponensének mérésével ugyan elérhető lenne, hogy az örvényáram zavaró tere elhanyagolható legyen, de a vertikális tér mérése a gyakorlatban előnyösebb, mivel a fenéklemez külső oldali (hozzá nem férhető) hibáinak kimutatására érzékenyebb; 40%-os külső oldali korróziós folt nagyobb jelet produkál, mint a belső, szonda felőli hiba.

Mindig figyelembe kell fenni, hogy a szórt fluxus mérése lényegében kvalitatív – nem kvantitatív – vizsgálati eljárás és elsősorban a korróziós károsodások helyének megbízható kimutatására alkalmas.

A detektált jelamplitúdó sokkal inkább a térfogati anyagihiányt jelzi, mint a maradék falvastagságot; különböző alakú mélyedések és falvastagság-csökkenések azonos kijelzést produkálhatnak, ezért a falvastagságra vonatkozóan a kijelölt hibáknál valódi kvantitatív eredmény csak az ultrahangos falvastagságméréssel kiegészítve kapható. Utólagos ultrahangos vastagságmérést természetesen csak a nagymértékben károsodott helyeken szükséges elvégezni. A mérőberendezés számítógépes adatgyűjtője eltávolítja a különböző hibaszintű adatokat, amelyekből kiválaszthatók azok a helyek, amelyeket feltétlenül vizuálisan és ultrahangos falvastagságméréssel is ellenőrizni kell. A hibaszint különböző lépcsőit megjelenítve a monitoron, a teljes vizsgált felület állapota kiértékelhető.

Vizsgálati feltételek

Hasonlóan más roncsolásmentes mérésekhez, a vizsgált felületet bizonyos fokig elő kell készíteni. A szórt fluxus azonban sokkal kisebb igényű a felület tisztaságával szemben, mint pl. az ultrahangos mérések, de természetesen a hulladékokat, port el kell távolítani. Mágnesezhető hulladékokat, levált, korrodált rögöket lehetőleg el kell távolítani, különben ezeket a mágnes pólusai összeszedik és leválásukkal zavaró kijelzéseket okoznak. A mágnes pólusait időszakosan ellenőrizve az esetleg felgyülemlett rögöket is el kell távolítani.

A felület lehet száraz vagy nedves, azonban célszerű elkerülni, hogy a szonda víztócsákba kerüljön.

Hibás kijelzést mutató egyéb tényezők

A belső fenéklemez súlyosabb korróziója esetén, nagyfokú egyenetlenségeknél, bordázottságnál, hegesztési varratoknál és hegesztési fröcskölődéseknél a berendezés nagy hibajeleket produkál, ezért ezeket a helyeket szükség esetén homokfúvással meg kell tisztítani.

A hegesztéssel javított felületek – az anyagszerkezetben történt változások következtében – hibás kijelzést okozhatnak.

A fenéklemez lokális görbültségei, horpadások szintén jelentősen korlátozzák a mérések érzékenységét és pontosságát, amelyet természetesen figyelembe kell venni.

Adatgyűjtő és kiértékelő egység a roncsolásmentes anyagvizsgáló berendezéshez

A mérőkocsin elhelyezett sokcsatornás szonda a lemezvastagság pillanatnyi értékét méri és jelzi az előlapi kezelőfelületen. A mért értékek folyamatos tárolására és a mérés vezérlésére egy – szintén a mérőkocsin elhelyezett – adatgyűjtő egység szolgál. Az adatgyűjtő fogadja a 16 csatornás mérőszonda jeleit, az útdó jelét és 1,5 cm-es felbontással tárolja a csatornák hibajeleit. A berendezés előlapi kezelőfelületén beál-

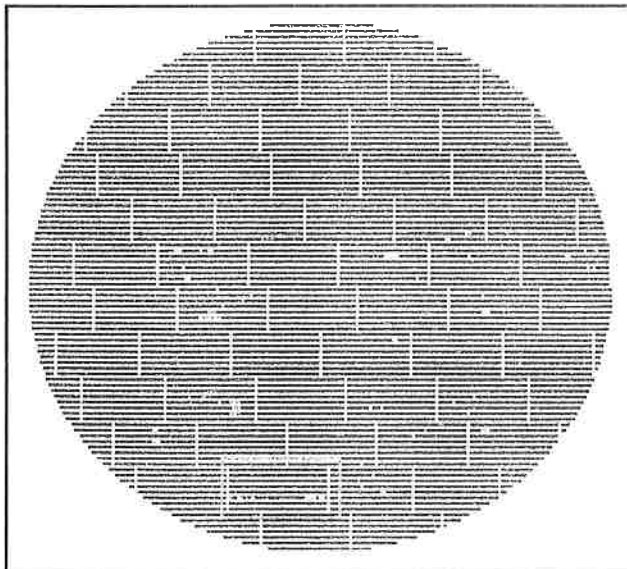
líthatók a mérési és adatkezelési paraméterek, valamint folyamatosan követhető a mérés menete.

Az adatgyűjtő egység felépítése:

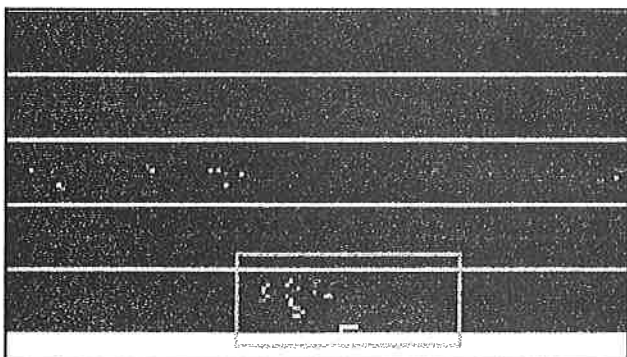
A berendezés tartalmaz egy ún. beágyazott számítógépet merevlemez háttértárolóval, mérő és előlapvezérlő áramkörökkel, valamint a megfelelő tápfeszültségeket előállító DC/DC konverter egységet. A mérőszondából érkező digitális jelek optikailag le vannak választva az adatgyűjtő egység áramköreitől. Az előlapon található nyomógombok és a 2x24 karakteres LCD monitor lehetővé teszik egy menüvezérelt kezelőfelület használatát. A berendezésen az adatkiolvasás lebonyolítására és a szervizfunkciók ellátására ki van építve a billentyűzet, a VGA monitor és a soros interfész (RS 232) csatlakozója. Monitorral és billentyűzettel kiegészítve az adatgyűjtő berendezés úgy használható, mint egy normál számítógép.

A mérőprogram fő funkciói és jellemzői:

A mérési ciklusok vezérlése, a mért értékek leolvasása és a mérések tetszőleges sorrendű jelölése. A színek és a hibaszintek megfeleltetése az 5. ábrán látható. A tartálpadló bármelyik részlete kijelölhető és egy nagyobb felbontással tovább vizsgálható. Ilyen nagyított részletek láthatók a 6. és a 7. ábrán.



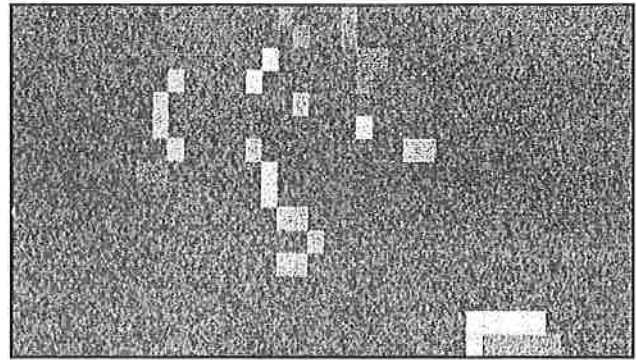
5. ábra



6. ábra

A mérés menete:

Az egy sorban elhelyezett 16 érzékelő egymástól 1,5 cm-es távolságra van elhelyezve. Így a mérési szélesség 24 cm, amit a mérőkocsi egyszerre lefed. (A mérőkocsi útadója úgy van beállítva, hogy a hosszirányú felbontás is 1,5 cm legyen.) A mérés azonosítása szempontjából a 24 cm-es mérési szélességet sávnak nevezzük, így hivatkozik rá a mérőprogram és a kiértékelő program is. A sávokat az adatgyűjtő egység sorszámmal látja el. A 7. ábrán egy ilyen sávnak a részlete látható. A tel-



7. ábra

(kék) 0–24% (zöld) 25–49% (sárga) 50–74% (piros) 75–100%

jes mérési területet először sávokra kell osztani, és a meghatározott kezdőpontot és bejárási útvonalat kijelölve egyértelműen elkészíthető a teljes padlóterkép.

Az adatgyűjtő egység bekapcsolásával megjelenik a bejelentkező kép, majd néhány másodperc múlva a beállító menü. A mérés megkezdése előtt be kell állítani a mérés azonosítóját (a mérés dátuma és sorszáma, vagy az adatfájl neve) és a mérés helyét (listáról választható ki). A mérés lehet új, vagy egy korábban megkezdett mérés folytatása. A beállítások befejeztével a mérés menübe kell lépni, ahol a START nyomógomb megnyomásával a mérés indítható. Ekkor az LCD kijelzőn például az alábbi feliratok jelennek meg:

Mérés	1996. 12. 12.	#3
73,5 cm	sáv=49	mért=50%

Az első sor a mérés azonosítója, a 73,5 cm a sáv kezdetétől megtett távolság, a sáv sorszáma 49, a „mért” mezőben levő érték pedig a 73,5 cm-es hosszértéknél a teljes mérési szélességben (16 csatorna/24 cm) előforduló legnagyobb hiba. A sáv végéhez érve a STOP billentyű megnyomásával megáll a mérés, elmentődnek a mért értékek és a berendezés a mérés indítás menübe lép. Ekkor a mérőkocsit a következő sáv elejére kell vinni, ahol a START nyomógombbal indítható a következő sáv mérése. A START hatására a sáv sorszáma automatikusan nő 1-gyel. Természetesen lehetőség van a sáv sorszámanak egyedi beállítására is.

Főbb műszaki adatok

Vizsgálati szélesség:	240 mm (lemezvastagság<10mm) 220 mm (lemezvastagság>10mm)
Vizsgálható lemezvastagság:	4–10 mm 10–16 mm csökkent érzékenységgel
Maximális érzékenység:	20%-os hátoldali korróziós folt 6 mm lemezvastagságon
Detektálható átlukadás:	1,5 mm átmérő
Kijelzés:	16x16 szegmensű LED 2 küszöbszintű hangjelzés
Optimális vizsgálati sebesség:	0,5 m/s
Adatgyűjtő egység (embedded computer) adatai:	
Alaplap:	AT 486
HDD:	540 MB
Monitor:	2x24 karakter LCD
Szervizmonitor csatlakozás:	VGA
Mért csatornaszám:	16
Felbontás:	1,5 cmx1,5 cm fenéklemezre vonatkoztatva
Tápfeszültség:	12 V/1,2–1,5 A

Irodalom

- [1] Dr. Bácskai A., Csizinszky L.: Álló hengeres tartályok fenéklemezének állapotellenőrzése, Anyagvizsgálók Lapja, 1995/2. p. 83.
- [2] D. Johnston: Above Ground Storage Tank Floor Inspection Using Magnetic Flux Leakage, Materials Performance, Oct. 1992. p. 36.
- [3] Tóth F.: Mágneses anyagvizsgálatok, Anyagvizsgálók Lapja, 1995/4. p. 101.