

Mágneses anyagvizsgálatok

Tóth Ferenc*

A világ éves acél- és nyersvastermelése – kb. 1 milliárd tonna – messze meghaladja minden egyéb fém mennyiségét, ezért annak gazdaságos előállítás és felhasználása alapvető fontosságú. A vasúti közlekedésben, az energiatermelésben, a hidak, a gáz- és olajtávvezetékek építésénél, a nagy szilárdságú gépelemek előállításánál mind nagyobb követelményeket támasztanak a felhasználásra kerülő alapanyagokkal szemben, ezért azok roncsolásmentes ellenőrzése iránti igények is állandóan növekszenek. Az anyagban előforduló esetleges hibák kimutatása, a korróziós károsodások, a belső feszültségek, a rugalmas és képlékeny deformáció mértékének meghatározása, a fáradás vagy kúszás okozta korai meghibásodások előrejelzése, különösen a nagy biztonságigényű iparágakban (petrokémia, nukleáris energiatermelés, légitközlekedés stb.) ma már általános követelmény.

Időszakos – roncsolásmentes – biztonsági vizsgálatokkal a tartószerkezetek, a nagy igénybevételnek kitétt gépelemek esetleges korai meghibásodásai, a feszültségek felhalmozódásai idejekorán megállapíthatók, így a váratlan katasztrófák megelőzhetők, vagy a kifogástalan állapotban lévő alkatrészek üzemidejének meghosszabbításával jelentős költségmegtakarítások érhetők el.

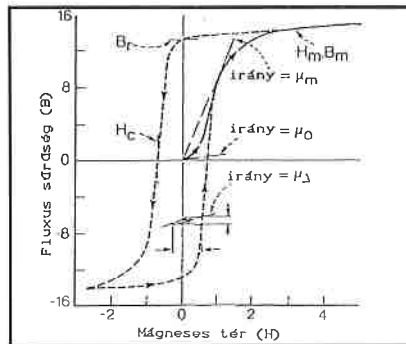
Manapság számos – különböző fizikai alapelveken működő – roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárás ismert és használatos, ezek közül egy, a mágneses módszer kizárólag az acéliparban alkalmazható. A vas és acél mágnesezhetősége, a mechanikai és a mágneses tulajdonságok közötti szoros kapcsolat révén sok anyagjellemző vizsgálható, a nem látható repedések detektálásától kezdve a lokális belső feszültségek jelzéséig; ráadásul a mágneses mérőberendezések általában egyszerűbbek és ezért könnyebben adaptálhatók, mint egyéb, pl. ultrahangos vagy röntgenberendezések.

Az anyag mágneses jellemzői

A ferromágneses anyagok, mágneses tekintetben, hiszterézis görbéikkel jellemezhetők, amelyek egy külső mágnesező tér és az anyag belső mágneses fluxus sűrűsége közötti kapcsolataként jön létre.

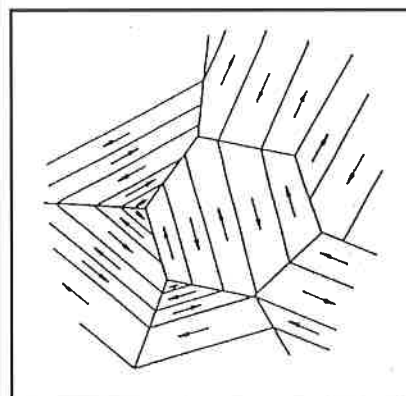
A külső H mágnesező tér növekedésével a vasban a B mágneses fluxus sűrűsége eleinte csak lassan, majd egyre meredekebben emelkedik; egy meghatározott gerjesztéstől kezdve pedig már nem változik, telítés jellegűvé válik (1. ábra).

A ferromágneses anyagok tulajdonságai doménszerkezetükkel magyarázhatók. Ezek a fémek ún. mágneses doménekből állnak (2.



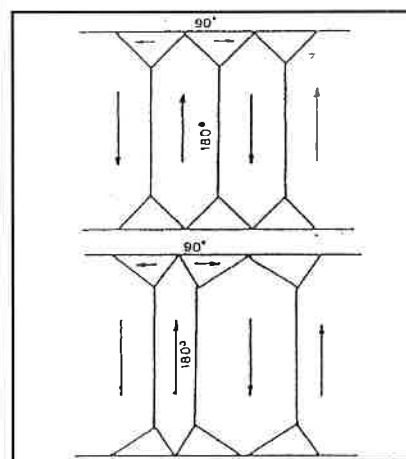
1. ábra Ferromágneses anyagok mágneses hiszterézis görbéje és legfontosabb mágneses paraméterei.

ábra), minden egyes domén külső tér nélkül is mágnesezett, de azok különböző irányítottságúak és ezért az anyag eredő teljes mágneszettsége ténylegesen nulla. A doméneket át-



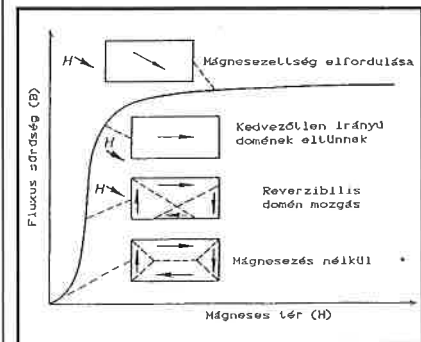
2. ábra Ferromágneses anyagok doménszerkezete.

meneti rétegek, kb. 0,1 μm vastagságú doménfalak választják el egymástól. Az egyes domének könnyű mágneszettségi iránya egymáshoz viszonyítva 90° és 180° is lehet (3. ábra).



3. ábra Domének 90°-os és 180°-os könnyű mágnesezési irányjai.

Ha ezt az anyagmintát változó erősségű mágneses térbe helyezik, azok a domének, amelyeknek irányítottsága megegyezik a külső mágneses tér irányával, először növekedésnek indulnak az ellentétes irányítottságúak rovására, majd egy meghatározott külső térnél az ellentétes irányítottságú domének egymás után, egyenként vagy csoportosan – más és más mágneses térértéknél – befordulnak a külső tér irányába (4. ábra).



4. ábra Doménméretek változásai és irányítottságuk beállása külső mágnesező tér hatására.

A domének mérete és alakja függ a kémiai összetételtől, a textúrától, szemcsemérettől, a kiválásoktól, amelyek általában kisebbek a szemcseméretnél. Szemcsehatárokon, inhomogenitásoknál a doménfalak irányítottsága többnyire eltér a 90°-tól és a 180°-tól.

B mágneses fluxus sűrűsége és a H külső mágnesező tér közötti kapcsolatot a következő összefüggéssel adható meg:

$$B = \mu \mu_0 H$$

ahol a μ_0 mágneses állandó (a vákuum permeabilitása),
 μ a relatív permeabilitás, dimenzió nélküli szám.

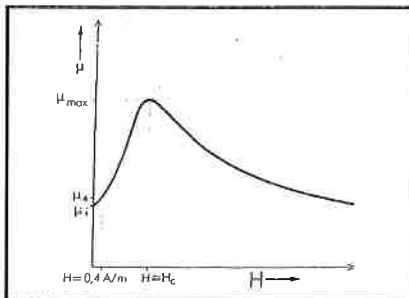
A telítésig (B_s pont) mágnesezett minta külső mágnesező terét csökkentve, a fluxus sűrűségének változása nem olyan meredekező mint volt a térerő növekedésénél és a H tér megszüntetésénél az anyag felmágnesezett marad (1. ábra). A kikapcsolt térhez tartozó B_r maradó fluxus sűrűséget remanenciának nevezik. A remanenciát az eredeti mágneszéssel ellentétes irányú külső térrel lehet csak zérusra csökkenteni; az ehhez tartozó H_c teret koercitív térnek nevezik (1. ábra). A negatív irányú teret tovább növelve az anyag ismét telítésbe kerül.

A negatív irányú mágnesező teret csökkentve, majd pozitív irányban növelve a mágneszettség már nem a kezdő mágnesezési görbe mentén növekszik, zérus külső térnél a függőleges tengelyt a koercitív térnél metszi és végül B_s telítési pontba jut; a ciklikus átmágneszéssel jön létre egy teljes hiszterézis hurok.

* MTA Szilárdtestfizikai Kutató Intézet, Budapest

A teljes felmágnesezéshez tartozó B_s telítési fluxussűrűség fontos anyagjellemző.

Az anyag relatív permeabilitása (azaz a hiszterézis görbe meredeksége) nem állandó, a külső tér függvényében egy kezdeti értékről indulva növekszik, maximumot ér el, majd fokozatosan csökken, nagy tereknél – telítésnél – egységnyi lesz (5. ábra).



5. ábra Permeabilitás értékének változása a mágnesező tér függvényében.

A kezdő mágnesezéshez tartozó ($H=0$, a szűzgörbe induló szakasza) permeabilitást μ_0 kezdő permeabilitásnak nevezik. Fontos jellemző a permeabilitás maximális értéke: a μ_{max} jó közelítéssel a koercitív térrel egyező gerjesztésnél mérhető.

Használatos a növekményes permeabilitás (amelyet elsősorban mágneses anyagok örvényáramú vizsgálatánál szokás használni); ez egy adott gerjesztő tér kismértékű modulációja során mérhető: $\mu_\Delta = \Delta B/\Delta H$ tényező.

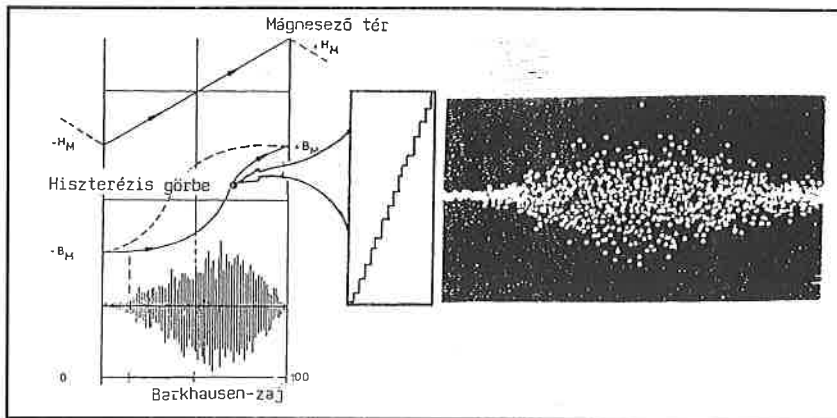
A hiszterézis görbe finomszerkezete a Barkhausen-zaj jellegű jelenség, amely a külső mágnesező tér hatására létrejövő felmágneseződés ténylegesen nem folyamatosan, hanem sok apró – különböző amplitúdójú – ugrásokkal megy végbe (6. ábra). Az anyag felületére helyezett tekercsben a mágnesezettség-ugrások időben és amplitúdóban véletlenszerűen változó – elektronikus zajra emlékeztető – jelfeszültséget indukálnak, amelyet felfedezőjük után Barkhausen-zajnak neveznek.

Az egyes ugrások amplitúdóját, gyakoriságát, a mágnesező tértől való függését – azaz a Barkhausen-zaj spektrumát – az alapanyag mikrostruktúrája és a mechanikai feszültség határozza meg, ezért ezzel az eljárással a szemcseszerkezet, a hőkezelés ellenőrizhető, ismert vagy homogén mikrostruktúrájú munkadarabok feszültségviszonyai tanulmányozhatók.

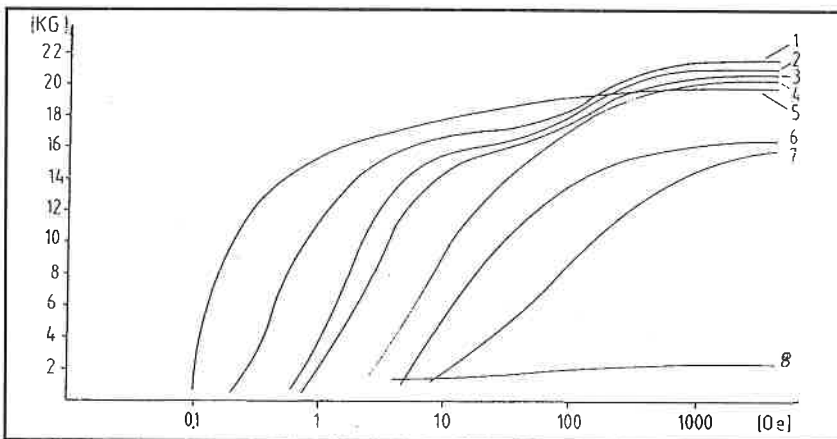
A hiszterézis hurok és paraméterei – a permeabilitás, a koercitív tér, a telítés, a remanencia, a Barkhausen-zaj – az alapanyag kémiai összetételétől, a metallográfiai struktúrájától, a kiválások jelenlététől, a hőkezeléstől, a mechanikai feszültségtől függ. A mágneses telítési értéket (B_s) pl. elsősorban a kémiai összetétel, a kristályszerkezet szabja meg.

A kémiai összetétel, a szénttartalom, a mikrostruktúra, a hőkezelés, a keménység, a szaktíószilárdság valamint a koercitív tér (H_c) között ugyancsak szoros a korreláció.

A növekményes permeabilitás: μ_Δ (tipikus örvényáramú berendezésekkel ez a paraméter könnyen mérhető) segítségével a dekarbonizált réteg vastagsága, a maradófeszültség határozható meg.



6. ábra Hiszterézis görbe finomszerkezete, a Barkhausen-zaj oszcilloszkópos megjelenítése.



7. ábra Néhány, gyakran használt alapanyag tipikus mágnesezési görbéje, az első síknegyedben ábrázolva. – 1. hőkezelt tiszta vas; 2. hőkezelt öntöttvas; 3. melegen hengerelt alacsony széntartalmú acéllemez; 4. öntött acél; 5. 3 % Si tartalmú irányított lemez; 6. gömbgrafitos öntvény; 7. szürke vasöntvény; 8. hőkezelt rozsdamentes céll (monel).

A kezdő permeabilitás (μ_0) alapján az anyag keménysége – megfelelő hitelesítések után – ugyancsak ellenőrizhető.

A mágneses anyagok legfontosabb paraméterei (H_c , μ , B_s , B_r) széles intervallumban változnak (7. ábra) az anyag minőségétől függően, a permeabilitás vagy a koercitív erő több nagyságrendet is átfog, ezért egy adott anyagjellemzőben keresett eltérések kimutatására más és más paraméter lehet optimális, illetve egyidejűleg különböző jellemzőkben történő módosulásokat is célszerű figyelembe venni, amelyek a hiszterézis görbe alakváltozásainak a következményei.

A hiszterézis hurok mérése több egymástól független paramétert szolgáltat, ezáltal lehetővé válik a mikrostruktúra és a megmunkálási hatások szétválasztása. Az ilyen típusú, aránylag egyszerű vizsgálati eljárást viszont gyakran megnehezítheti az ún. lemágnesezési hatás, aminek következtében a vizsgált tárgy geometriájától is függ bizonyos mértékig a kapott eredmény. Ezért a koercitív tér, a permeabilitás, a telítési fluxussűrűség, a remanencia vagy a Barkhausen-zajspektrum önmagában még nem mindig elegendő a kérdéses munkadarab jellemzésére; esetenként további karakterisztikák meghatározása is szükséges, ismerni kell továbbá a tárgy geometriáját, a gerjesztési szintet, amelyek ugyancsak befolyásolhatják a kapott eredményeket.

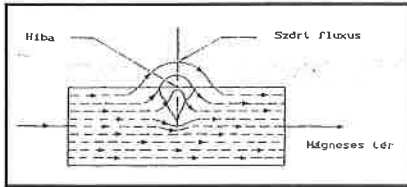
Osszefoglalva: a hiszterézis görbe nevezetes paraméterein keresztül a következő legfontosabb anyagjellemzőket lehet vizsgálni:

- repedések, felületi, térfogati hibák
- kéregvastagság
- szénttartalom kvantitatív mérése, szilíciumtartalom ellenőrzése
- gömbgrafitos, lemezgrafitos öntvények szétválogatása
- szemcseméret, szemcseszerkezet
- keménység
- képlékenység, szaktíószilárdság
- maradó húzó, nyomó mechanikai feszültségek meghatározása
- kífáradás detektálása.

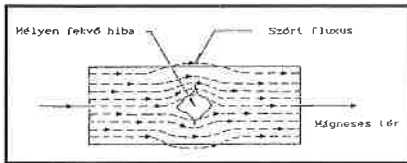
Szórt fluxusú vizsgálati eljárások

A mágneses roncsolásmentes – szórt fluxus mérése elvén működő – anyagvizsgálati eljárás fizikai alapja az anyag inhomogenitása és a gerjesztő mágneses tér közötti kölcsönhatás: a munkadarab felületén vagy belsejében lévő geometriai vagy mágneses folytonossági hiány megzavarja a lokális mágnesezettséget és ez mágnesestér-érzékelővel (pl.: mágnesezhető porral) kimutatható [1].

A felületen előforduló hibák jelentősen eltorzítják a mágneses fluxus eloszlást (8a. ábra), ezért azokat könnyű detektálni, az



8a. ábra A mágneses fluxus torzulása felületi hibánál.

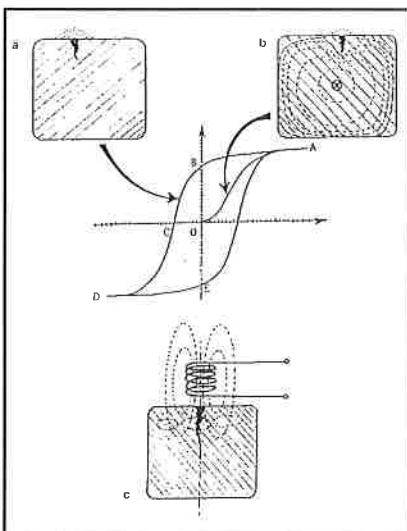


8b. ábra A szórt fluxus eloszlása a mélyen fekvő hibánál

anyag belsejében levő zárványok jelzése azonban már nem olyan kézenfekvő, mivel a hibahely környezete bizonyos mértékig simítja, árnyékolja az erővonalak útját (8b. ábra). E kvalitatív kép alapján is nyilvánvaló, hogy megbízható hibadetektálás csak megfelelően megválasztott térgerjesztésnél és mérési elrendezésnél lehetséges, és feltétlen figyelembe kell venni az alapanyag geometriai és mágneses jellemzőit.

A mágneses tér és a különböző anyaghibák közti kölcsönhatás megértését és modellezését nehezíti az anyag nem lineáris mágneses karakterisztikája, a legtöbb esetben nehezen definiálható határfelületek és a sokszor egyidejűleg fellépő különböző fizikai sajátosságok keveredése.

A 9. ábra a három legfontosabb mágneses tér – anyaghiba közötti kölcsönhatás tipikus feltételeit szemlélteti [2]. A széles körben alkalmazott mágnesporos eljárásnál egyenárammal felmágnesezik a munkadarabot és a tér kikapcsolása után is megmaradó mágnesezettség miatt (remanencia következtében) a hibahelynél kilépő erővonalak kirajzolódnak, azaz a maradó szórt terű vizsgálatnál az anyag mágneses hiszterézis görbéjének BC szakaszát hasznosítják (9a. ábra).



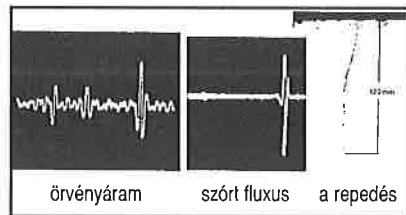
9. ábra Gerjesztéstől függő különböző szórt fluxusú vizsgálati lehetőségek.

Térperturbációs vizsgálatoknál állandó nagyságú mágneses tér jelenlétében, „aktív térnél” mérik a kilépő erővonalak nagyságát a hiszterézis görbéje OA szakaszán (9b. ábra).

Végül a váltóterű szórt fluxusú, illetve örvényáramú méréseknél a teljes hiszterézis görbe gerjesztésre kerül (9c. ábra, A-B-C-D-E-A tartomány) és a hibáknál vagy a váltóáramú szórt fluxus térváltozása, vagy az impedancia-változás (örvényáramú eljárás) indikálható a mérőtekercsben. Váltóáramú gerjesztésnél természetesen csak a felület közelében lévő tartomány mágnesezhető, a behatolási mélységet az alapanyag permeabilitása, elektromos vezetőképessége és a gerjesztő tér frekvenciája határozza meg.

Az automatikus mérőrendszereknél többnyire az aktív terű szórt fluxusú módszert alkalmazzák, de gyakori egyidejűleg mind az aktív mind a maradó térnél keletkező szórt fluxus jeleinek a kiértékelése is, amely különösen hibafajták keveredésénél jelentősen elősegítheti a pontos diagnosztizálást.

A 10. ábrán csőfalban lévő valós repedés



10. ábra Valós repedés tipikus örvényáramú és szórt fluxusú mérőjele.

örvényáramú és szórt fluxussal mért tipikus jele látható. Az összehasonlításból is nyilvánvaló, hogy a szórt fluxus jel/zaj viszonya durva felületnél messzemenően jobb [3].

Az örvényáramú eljárás elsősorban sima felületű (nem ferromágneses) tárgyak – felületre kijövő – hibáinak nagy pontosságú mérésére optimális, a szórt fluxus viszont durvább felületeknél, hengerelt vagy öntött termékek külső és belső hibáinak felderítésére használható.

A szórt fluxus mérésének alkalmazásai

A. Nagy szilárdságú csövek vizsgálata

A gáz- és olajipari csőgyártmányok mechanikai hibái, az ötvözőelemek szórása, a hőkezelési technológia pontatlanságai, a méretingadozások csak szűk tartományon belül változhatnak.

A csövekre vonatkozó ismert API (American Petroleum Institute) szabványok a következő négy alapvető vizsgálatot ajánlják a termékek ellenőrzésére:

- az alapanyag elektromágneses vizsgálata
- a hosszirányú hibák mérése
- a keresztirányú hibák detektálása
- falvastagságmérés.

A felsorolt vizsgálatok csak különböző mérési elven működő berendezésekkel végezhetők el, ezek az API ajánlások szerint a következők:

- Alapanyag ötvözöttsége, a hőkezelés minősége, a keménység folyamatosan és ron-

csolásmentesen ellenőrizhető az alapanyag mágneses paraméterei (kezdeti és maximális permeabilitás, telítési indukció, koercitív erő) alapján.

– Csőmenti és keresztirányú felületi és felület alatti hibák kimutatására – szórt fluxus mérése elvén működő – két egymást követő vizsgáló berendezés használata a legalkalmasabb. A csövet hosszirányban felmágnesezve a keresztirányú repedéseket lehet kimutatni a csövet körkörösén körülvevő mágneses térmérő szondákkal, míg a hosszirányú hibák a cső körül forgó, a mágneses tér szórását érzékelő szondák segítségével detektálhatók.

– A cső falvastagságának meghatározása legkönnyebben ultrahangos vastagságméréssel oldható meg. A vizsgáló fejek csatlósához általában áramló vizet használnak, de előfordul csatoló közeg nélküli elektromágneses akusztikus mérőátalakító (EMAT) is.

B. Tartókábelek vizsgálata

A személy- és teherszállításra használt acélkábelek számos károsító hatásnak vannak kitéve (kopás, korrózió, fáradás stb.). Időszakos vizsgálatok biztonsági és gazdasági okokból nyilvánvalóan nagyon fontos. Erre a célra a szórt fluxus mérése alapján működő berendezéseket tekintik a legalkalmasabbaknak.

Acél tartókábelek tipikus károsodásai:

– Kopás. Tartós igénybevétel következtében a külső szálak megkopnak; ha azok eredeti átmérője 1/3-dal csökken, a kábelt ki kell cserélni.

– Kábel átmérőcsökkenése. Túlzott kopás, megfeszítési változások, belső túlszakadások, kábelnyúlás miatt következhet be.

– Korrózió. Kopásnál súlyosabb károsodás, amely gyakran a belső szálakon indul meg, külső felületen csak később jelentkezik. Korróziós gödrök megjelenésekor a kábelt ki kell cserélni.

– Hurok. Szorosra húzott hurok nem javítható károsodást, meg nem határozható szilárdságcsökkenést eredményez.

– Hőmérsékleti károsodás. Tűz vagy magas hőmérséklet a fém elszíneződését, a belső kenőanyag részleges elvesztését okozhatja, az ilyen kábelt ki kell cserélni.

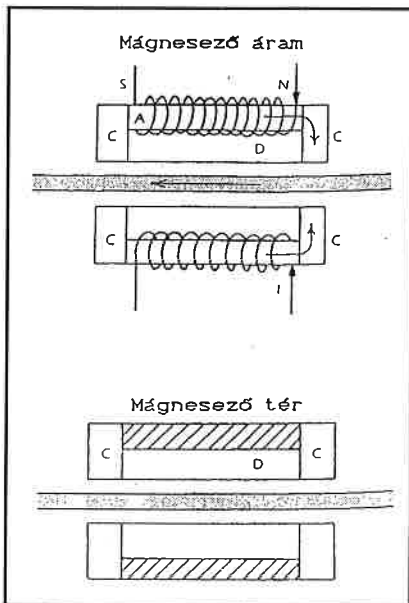
– Szétlapítás. Kerékdob vagy egyéb tárgy sorozatos ütése plasztikus deformációt hoz létre. Ha az ilyen jellegű behatás nem szüntethető meg, gyakoribb ellenőrzésre van szükség, korai kábelszerét igényel.

– Fáradási meghibásodások. A sodrat belső felületén az egyes fonatok érintkezési pontjainál a hajlítási feszültségváltozás, vibrációk fáradásos töréshez vezethetnek.

– Szakadt huzalok. Szálszakadások megjelenése egyértelműen a kábel elhasználódására utal. Gyakori ellenőrzéssel a romlás mértéke, a kábelszer idejéig előre meghatározható. Új kábeleknel közvetlenül a szerelés után egy-egy szál elszakadhat, ha ezek száma nem növekszik, nem jelentenek problémát. Ha egy adott helyen több szál is elszakadt, okát feltétlenül ki kell vizsgálni.

Acél kötelek vizsgálatára használt szórt fluxus mérőberendezés a kábel mentén haladó

elektromágneses vagy permanens mágnes gerjesztőfokozatból és hibavizsgáló érzékelőből áll (11. ábra). Detektálásra tekercset vagy Hall-szondát használnak. A tekercs a hirtelen keresztmetszet-változást, a szálszakadást érzékenyebben jelzi, a Hall-szonda a korróziót, a szálvésztest, a fokozatos kopást is kimutatja.



11. ábra Acélkötelek hibavizsgálata szórt fluxus eljárással.

A vizsgálófej széthyitható, hogy az könnyen a kábel köré szerelhető legyen. A mérőegység jele vonalíróra kerül, a regisztráló papír mozgása a fej haladási sebességével van szinkronban. A vizsgálati sebesség 20–150 m/perc értékek között változhat.

Az elektromágneses vagy a permanens mágnes a vizsgált kábelt telítéig mágnesezi, a mérőtekercs 0,2%-os keresztmetszet-változást, szálszakadást is kimutat, akár 5 cm átmérőjű kábel belsejében is.

Használatba vétel után közvetlenül elkezdett és periódikusan megismételt ellenőrzéssel a kábel használati ideje jelentősen növelhető és a kábelcseré időpontja előre meghatározható. A bányaköteleket négyhavonta, a magas épületek liftköteleit évente szokták ellenőrizni.

C. Gáz- és olajvezeték vizsgálata

Gondosan ellenőrzött csövekből készült gáz- és olajvezeték-hálózatok különféle külső és belső károsító hatásoknak vannak kitéve, ezért biztonsági okokból azokat időnként felül kell vizsgálni. Az ellenőrzést a legtöbb esetben a gáz- és olajszállítás megszakítása nélkül – nyilvánvalóan roncsolásmentesen – kell elvégezni, mivel minden meghibásodás súlyos és nagyon költséges következményekkel jár. Az is döntő fontosságú, hogy téves kijelzések ne legyenek, mivel egy-egy csőszakasz kiáása, cseréje szintén tetemes (és felesleges) költséget okoz.

A mérőberendezésnek teljesen autonómnak kell lennie, saját energiaforrással mintegy 100 km távolságot befutva kell elvégeznie a

teljes felületszakasz vizsgálatát, a mérési adatokat előszelektálva rögzítenie, gyakran igen szélsőséges környezeti körülmények között (40–50 C° hőmérséklet, 70 bar nyomás, 1–4 m/s haladási sebesség, esetenként 10 g gyorsulás, korlátozott térfogat, stb.). Egy 100 km hosszúságú, 600 mm átmérőjű vezeték felülete csaknem $4 \cdot 10^9$ cm², ezért ha minden 1 cm² méretű hibát detektálni kell, 5 Mbit/s adatfolyam mellett, kiegészítve egyéb (távolság, haladási sebesség stb.) adattal, Gbit méretű tárolóra van szüksége a fedélzeti számítógépnek.

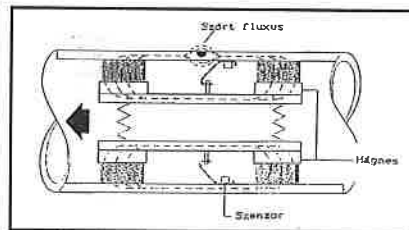
Az ilyen ún. „intelligens csőgörények” túlnyomó többségében hibavizsgálata ugyancsak a szórt fluxus metodikát használják (API szabvány is ezt ajánlja). A fontosabb követelmények a következők:

- a gáz- vagy olajszállítás nem szakítható meg,
- minden számításba veendő hibát ki kell mutatni,
- a külső és belső hibákat szét kell választani, meg kell adni a hibaméreteket,
- a hiba koordinátáit pontosan meg kell határozni,
- a valódi hibákat meg kell különböztetni bármilyen egyéb zavaró jeltől.

Egyes hibatípusok – rövid, mélyedésszerű hibák, amelyek általában nem nagyon szoktak növekedni – megengedett mérete 40%-os csőfalvastagságig terjedhet, más hibaféleségek: hosszan elnyúlt repedések, vágatok, korróziós felületek lényegesen veszélyesebbek, ezért maximális méretük nem haladhatja meg a csőfal 20%-át.

A csőgörényekben a szórt fluxus méréséhez szükséges mágnesezést többnyire permanens mágnesekkel állítják elő, az erővonalak a csőfalhoz záródnak rugalmas acélhuzalkötegen keresztül (12. ábra). A hibaezérkelő szondakoszorú – számuk a csőátmérőtől függően 32-től több száz – a mágnespólusok közti neutrális szakaszon – a csőfalra felfekve méri folyamatosan a felületből kilépő szórt fluxust.

A hibafajta megkülönböztetése, a hibaméret kvantitatív meghatározása végett az aktív terű vizsgálat mellett általában maradó



12. ábra Gáz- és olajszállító csővezeték hibavizsgálata a szórt fluxus mérésével.

terű szórt fluxusú mérést is végeznek a mágnesező körön kívül elhelyezett második szondakoszorúval (13. ábra). Érzékelőként vagy tekercset, vagy Hall-szondát használnak; tekercs esetén a jelamplitúdót korrigálni kell a pillanatnyi haladási sebesség figyelembevételével.

A mérőrendszer a hibavizsgáló fokozaton, a tápkörön, a számítógépen és az adattárolón kívül további kiegészítő fokozatokat is tartalmaz; ilyenek: csőátmérő- és anyagtulajdonság-ellenőrző örvényáramú egység, távolságmérő, elakadásjelző.

D. További alkalmazások

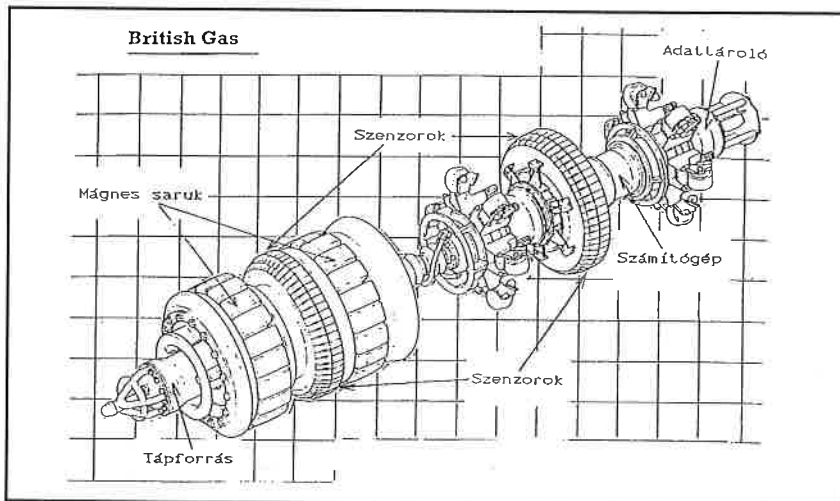
Forgásszimmetrikus gépipari termékeken kívül a szórt fluxusú módszer alkalmas szabálytalan alkatrészek, helikopter rotorok, gázturbina tárcsák, fogaskerekek, ágyúcsövek, lövedékek, csapágyházak, futógyűrűk és még sok más alkatrész külső és belső hibáinak felderítésére is.

Ilyen feladatra számos számítógépezérelt, automatikus mérőrendszert dolgoztak ki, amelyeket – metallográfiai vizsgálatokkal összekapcsolva – elsősorban nagy megbízhatóságú gépelemek várható élettartamának meghatározására használnak.

Anyagtulajdonságok vizsgálata mágneses paraméterekkel

A koercitív térerősség mérése

A ferromágneses anyagok egyik legfontosabb jellemzője a koercitív tér, amelyet a mik-



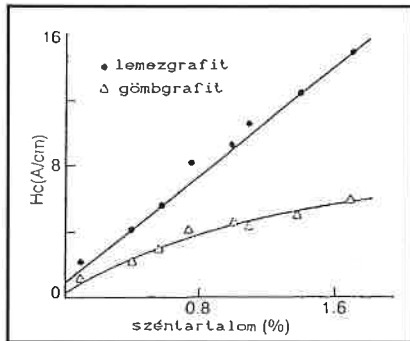
13. ábra Intelligens csőgörény egyszerűsített vázlata.

rostruktúra, szemcseméret, az ötvözőelemek, zárványok (elsősorban a nem mágneses zárványok), a mechanikai deformáció, a hőkezelés, a mechanikai feszültségek határoznak meg. A koercitív tér valódi anyagjellemző, nem függ a munkadarab geometriájától. Mérése különösen a keményfémiparban elterjedt a keménység meghatározására; indirekt úton az anyagösszetétel, a kobalt-tartalom, a revésedés, a porozitás stb. ellenőrzésére is használják [4, 5].

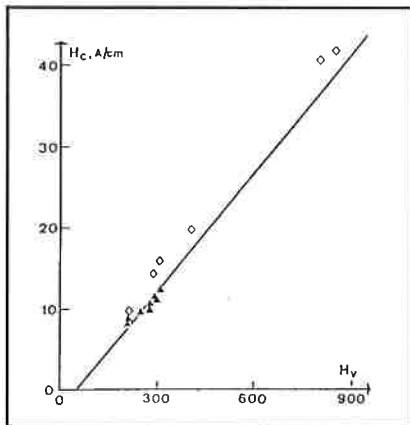
A tiszta vas koercitív tere 10 A/m, a lágy mágneses anyagoké 1 A/m körüli, a kemény mágneses anyagok, permanens mágnesek koercitív tere 10^5 A/m-t is meghaladhatja. Tipikus lágy szénacélok tere 30–120 A/m: a hőkezelt szénacéloknál 1000 A/m mérhető 0,3% széntartalomnál és ha a széntartalom eléri az 1%-t, a koercitív tér 4000 A/m-re növekszik.

Az öntöttvas koercitív tere 200 A/m-től 2000 A/m-ig változik a széntartalomtól és a grafit előfordulási formájától függően (14. ábra). Tipikus acélféleségek keménysége és koercitív tere közti kapcsolatot a 15. ábrán látható.

Az ötvözőelemek hatása eltérő: a szén, kobalt, mangán, volfram jelentősen; míg a króm, molibdén, titán, alumínium közepesen, az edzés ugyancsak jelentősen növeli a koercitív tér nagyságát; a szilícium viszont számottevően csökkenti. A transzformátor-lemez alapanyagát azért ötvözik szilíciummal, mert a



14. ábra Öntöttvas koercitív terének függése a széntartalomtól.

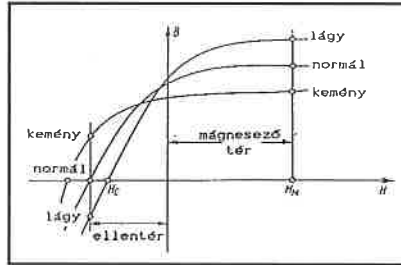


15. ábra Különböző acélok koercitív terének függése a keménységtől.
 ▲ szemcsés perlit
 ◇ hőkezelt martenzit
 — szénacél

hiszterézis görbe keskenyedése a transzformátor vasvesztését mérsékli. A trafólemezek koercitív tere hengerléssel és megfelelő hőkezeléssel – anizotróp textúra kialakításával – tovább csökkenthető.

A nikkell, egyéb ötvözőktől függően, csökkentheti vagy növelheti a kialakuló koercitív tér nagyságát.

A koercitív teret úgy méri, hogy a munkadarabot elektromágnessel telítésig felmágnesezik (16. ábra), majd az áramot kikapcsolva, irányát ellentétesre változtatva értékét addig növelik, míg megszűnik a munkadarab mágnesezettsége (16. ábra H_c pont).



16. ábra Keménység meghatározása a koercitív tér mérésével.

A kis felületrészek rúd alakú vasmagos tekercsel is vizsgálhatók. Ezek viszonylag kis területet tapogtatnak le, a maximális vizsgálati mélység kb. 2–3 mm. A járom és a szonda típusú mérőfejeket felületi keménység, edzési mélység meghatározására használják relatív, összehasonlító ellenőrzéseknél [6, 7].

Teljes terjedelmű anyagvizsgálathoz, nagy darabszámú gépalkatrészek, csavarok, szerzőszámok, csapágyházak ellenőrzésénél a mérést nagy méretű tekercs segítségével végzik, amely természetesen a felmágnesezést és a lemágnesezést is automatikusan elvégzi.

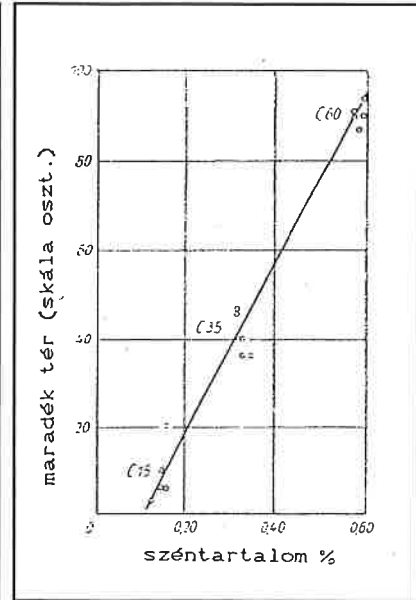
A remanencia tér mérése

A telítésig mágnesezett vas és acél alkatrészek – a külső tér kikapcsolása után – az adott alapanyag összetételére illetve hőkezeltiségi állapotára jellemző B_r remanencia mágnesezettség marad. Bár a remanencia és a koercitív tér között általában elég szoros a kapcsolat, előfordul, hogy a keresett metallurgiai tulajdonság a remanencia térrel sokkal egyértelműbb összefüggést mutat mint a koercitív térrel vagy egyéb mágneses paraméterrel (17. ábra).

A remanencia teret mérő berendezések lényegében megegyeznek a koercitív teret mérőkkel, azzal a különbséggel, hogy a felmágnesezés után – amely tekercsel, járommal vagy akár permanens mágnessel történhet – a munkadarab mágnesezettségét kell meghatározni. Kis felületelemek – hornyok, furatok, fogak – keménységmérésére, „pontoszerű” vizsgálatára permanens mágneses „ceruzaszondát” használnak, amelynek érzékenysége ugyan elmarad a járom típusú vizsgálófejekhez képest, de mivel a mágnesező tér egy pontban koncentrálódik, lokális változások, inhomogenitások kimutatására is alkalmas.

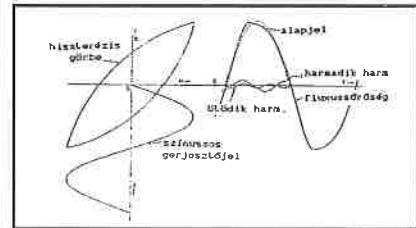
Harmonikus analízis

A munkadarabot váltóárammal táplált mé-



17. ábra A remanencia függése a széntartalomtól.

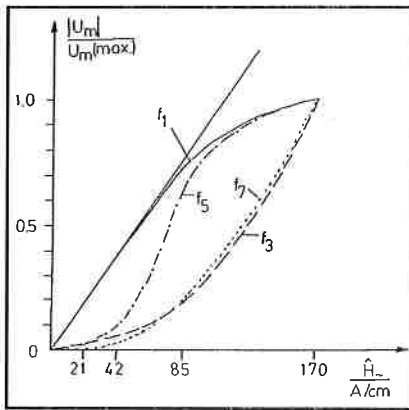
rőtekercsbe helyezve a hiszterézis miatt az anyagban kialakuló mágnesezettség, a mágneses fluxussűrűség késik és eltorzul a gerjesztő áramhoz (azaz a gerjesztő térhez) viszonyítva (18. ábra).



18. ábra Hiszterézis görbe által keltett harmonikusok szinuszos váltóáramú mágnesezésnél.

A mérőtekercsben indukált fluxus változása ($d\Phi/dt$) torzulása Fourier-komponensekre bontható, amely a gerjesztéssel egyező alapprofrekvenciából és annak páratlan számú harmonikusából áll [8]. A hiszterézis görbe formája és mérete határozza meg az egyes harmonikusoknak az alaphoz – és egymáshoz – viszonyított arányát, amelyek természetesen attól is függenek, hogy a gerjesztő tér képes-e a teljes hiszterézis hurkot átfogni vagy sem (19. ábra). Mivel az alapanyag összetétele, a mechanikai megmunkálás és a hőkezelés a hiszterézis hurok más és más szakaszát módosítja, lehetőleg telítésig kell mindig a munkadarabot mágnesezni, megfelelő harmonikus tartalom csak ilyenkor érhető el [9].

A különböző technikai paraméterek (keménység, kéregvastagság, mechanikai feszültség, szilárdsági határ, szürke öntvény oldott széntartalma, szenítés, dekarbonizálás mértéke stb.) és a harmonikus tartalom közötti korreláció általában a harmadik és az ötödik Fourier-komponenseknél a legnagyobb, magasabb összetevőket már nem nagyon használnak analízisre. A 19. ábráról nyilvánvaló, hogy a harmadik és az ötödik felharmonikus menete



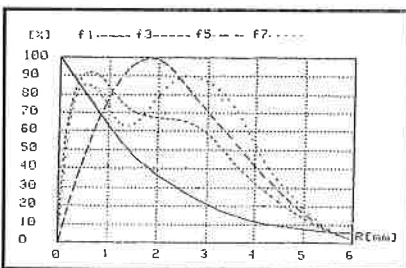
19. ábra A harmonikus tartalom függése a gerjesztési amplitúdótól.

a gerjesztés függvényében alapvetően különbözik az alapharmonikustól, de a hetedik már nem tartalmaz semmilyen többlet információt a harmadikhoz képest.

Gyakori eset, hogy a vizsgált fizikai tulajdonság, pl. a kéregvastagság, mind az alapharmonikussal mind a felharmonikussal mérhető. Ilyenkor célszerű annak ellenőrzése, hogy melyik komponens ad nagyobb érzékenységet, mert nyilvánvalóan az érzékenyebb nagyobb pontosságot és megbízhatóbb szétválasztást tesz lehetővé.

A harmonikus tartalom mérése az elmondottakon túlmenően további előnyökkel is rendelkezik. Ferromágneses anyagoknál a váltóáramú tér behatolási mélysége – a nagy értékű permeabilitás miatt – kicsi, ezért térfogati anyagvizsgálat csak nagyon alacsony frekvencián lehetséges, ahol részben már alacsony az érzékenység a külső és belső hibákra, részben pedig megnő a mérési idő. A 20. ábra ferromágneses rúdban, 100 Hz gerjesztésnél, alapharmonikánál, illetve annak harmonikusain mérhető tényleges behatolási mélységet tünteti fel a felülettől számított távolság függvényében. A várt hatással ellentétben minél nagyobb a frekvencia, annak tere annál mélyebb rétegekig terjed, azaz annál mélyebben lévő rétegek vizsgálata válik lehetővé [9]. A jelenség azzal magyarázható, hogy a magasabb harmonikusokat nem a külső tér gerjeszti, hanem az anyagban létrejött örvényáramok, amely viszont a felülettől számítva exponenciálisan csökken és ezért azok ellentéte a mélyebb rétegekben mind kisebb.

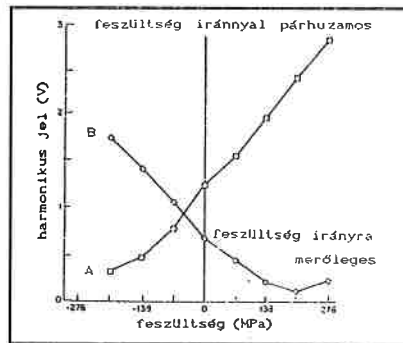
A 20. ábrán az is látható, hogy nagy távolságban a térgerjesztés maximum helyétől



20. ábra Különböző harmonikusok amplitúdó változása az anyag felületétől mért mélység függvényében.

(azaz a tekercs közepétől), a harmonikus komponensek rohamosabban esnek, mint az alapharmonikus, ezért az előbbiekre koncentráltabb, érzékenyebb tartományuk rövidebb. Így hosszanti geometriai méretváltozások kevésbé befolyásolják a mérési eredményt.

A keménység, a kéregvastagság, az alapanyag összetétele, a hőkezeltégi állapot jelzésein túlmenően a harmonikus tartalom arányos a mechanikai feszültséggel is. A 21. ábrán az A-görbe a feszültség irányával párhuzamosan, a B-görbe a feszültség irányára merőlegesen mérhető harmadik harmonikus tartalom relatív változását szemlélteti a feszültség függvényében. A meredek jelváltozás a hiszterézis görbe nagyfokú torzulása miatt következik be.



21. ábra A harmonikus tartalom függése a mechanikai feszültségtől.

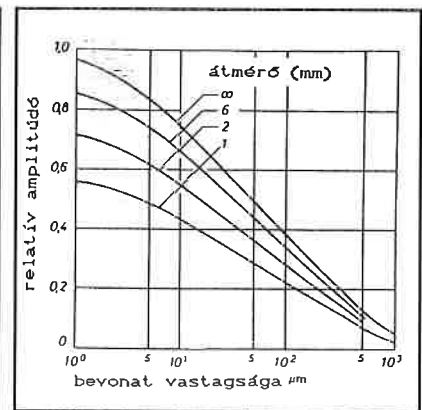
A permeabilitás mérése

A ferromágneses anyagok permeabilitása lényegében a mágneses fluxusra vonatkozó „mágneses vezetőképesség” mértéke. Annak ellenére, hogy értéke nem csak az anyagjellemzőktől, hanem a külső mágneses tér értékétől is erősen függ (5. ábra), megfelelően megválasztott mérési feltételek mellett számos fizikai tulajdonság ellenőrzésére alkalmas.

A mágneses fluxus vezetőképességének mérésén alapuló eljárás egyik leggyakoribb alkalmazási köre a különféle felületi rétegek, bevonatok vastagságának mérése [10]. A módszer egyaránt használható ferromágneses alapanyagokon lévő nem mágneses védőbevonatok (festékek, műanyag, oxid, karbid, nitrid, króm, nikkal stb.) vastagságának meghatározására; nem mágneses alapanyagoknál mágneses bevonatok, mágneses filmek vastagságának mérésére. A vizsgálat váltóáramú „mágneses híd” áramkör segítségével történik. Lényege: a váltóárammal gerjesztett mágneses kör a mérendő – nem mágneses – rétegen keresztül záródik. Így a kapott jel a rétegvastagságtól függ [11]. Ezen az elven 1 μm–1 mm közötti – mágnesesen szigetelő – rétegek vastagsága mérhető (22. ábra).

A mérőműszer természetesen „érzi” a vizsgált tárgy felületének kiterjedését, ezt jelzik a különböző átmérőnél kapott érzékenységi összefüggések.

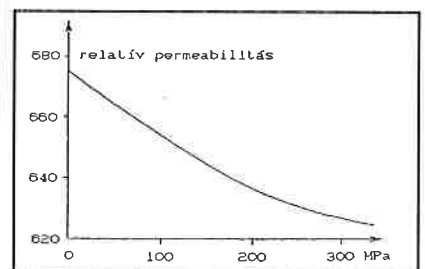
Mágneses bevonatoknál, annak mágneses vezetőképessége (ha a permeabilitás nem túlságosan kicsi) nyilvánvalóan arányos a vastagsággal, a mérőműszer ugyancsak mm-ben kalibrálható.



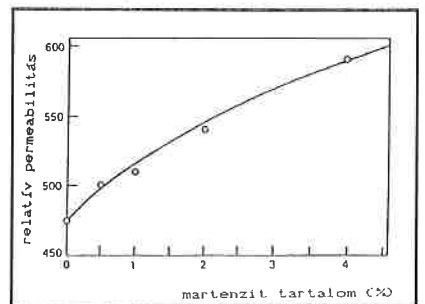
22. ábra Bevonatok rétegvastagságának mérése mágneses vezetőképesség segítségével.

Az előzőkhez teljesen hasonló elven működő berendezést használnak ausztenites acélok ferrittartalmának mérésére. A korrózióálló ausztenit ugyanis nem mágneses, ezért a ferrittartalom (az ún. „kemény” pontok, melyeken megindul a korrózió), hasonlóan a mágneses filmekhez, megnöveli a mágneses vezetőképességet. A mérőműszer 0,1 – 50% ferrittartományra kalibrálható.

A differenciális permeabilitás értéke függ a mechanikai feszültségtől. Ismert összetételű alapanyagoknál ezért a permeabilitás feszültségmérésre is használható. A 23. ábrán szénacél huzal permeabilitásának a húzófeszültségtől való függése látható egy adott, optimális 4 kA/m egyenáramú előmágnesezésnél mérve. Hűzőművekben ugyancsak fontos, hogy a gyártás során az alapanyag martenzittartalma ne emelkedjen a megengedett érték fölé, mert az a húzhatóságot jelentősen csökkenti [12]. A permeabilitás martenzittartalomtól való függése (24. ábra) segítségével a gyártás során a huzal szabályozott hűtése mindig optimálisra állítható.



23. ábra Szénacél permeabilitásának függése a húzófeszültségtől.



24. ábra Permeabilitás értékének függése a martenzittartalomtól.

A mágneses anizotrópia mérése

A mechanikai feszültség a mágneses anizotrópia érzékelő segítségével is mérhető. Ez az eljárás ugyancsak az alkalmazott feszültség hatására létrejövő hiszterézis görbe torzulásán alapszik, lényegében a permeabilitás irányfüggőségét (anizotrópiáját) méri [13, 14].

Kétféle mágneses anizotrópiáról lehet beszélni, az egyik, amely a ferromágneses anyagok fizikai sajátossága, a másik, amelyet a mechanikai feszültség, a magnetostríció indukál.

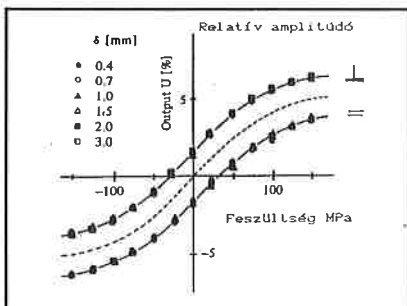
A mérőberendezés használata egyszerű, a röntgensugaras maradó feszültség méréssel azonos pontosságot mutat, vizsgálati mélysége azonban számottevően mélyebb (kb. 1 mm). Az eljárást Japánban vasúti sínek hőtágulás okozta feszültségváltozásainak mérésére használják. A feszültségmérés pontosságát a szonda távolságingadozása viszonylag nagy intervallumban (0–3 mm) nem zavarja (25. ábra), a kijelzett érték azonban függ a sín demagnetizálásának irányától.

A módszer feszültség meghatározásán kívül alkalmas a kéregvastagság mérésére is. Viszonylag vékony kéregvastagságnál nagyobb gerjesztő frekvenciát (400 Hz) használnak, alacsony, 40 Hz-es gerjesztésnél 2–4 mm vastagságú keményített rétegeknél is jó arányosság található a kimenő jel és a kéregvastagság között (26. ábra).

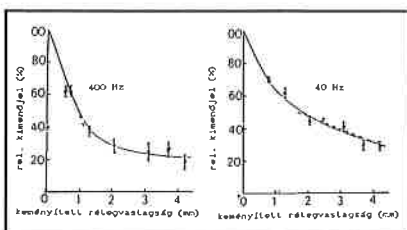
A magneto-elasztikus vizsgálati eljárás

Ferromágneses anyagok (acélok, öntöttvas, nikkel és bizonyos nikkelötvözetek) belső feszültsége a mágneses hiszterézis görbe torzulásán túlmenően egy másik jellemző, a Barkhausen-zajspektrum segítségével is vizsgálható [15, 16].

A Barkhausen-zaj a mágneses hiszterézis



25. ábra Permeabilitás anizotrópiájának függése a belső feszültségtől. A kijelzett értéket a szondatávolság ingadozása nem befolyásolja, de az alapanyag (vasúti sín) demagnetizálásának irányát figyelembe kell venni.



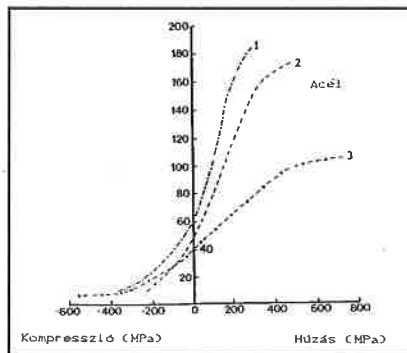
26. ábra Kéregvastagság mérése a permeabilitás anizotrópiájának meghatározásával.

görbe felvételénél keletkezik azáltal, hogy a gerjesztő mágneses tér változása során a kérdéses anyagokban a felmágneseződés ténylegesen nem folyamatosan, hanem sok apró diszkrét ugrással megy végbe (6. ábra). Az egyes ugrások amplitúdóját, sűrűségét a mágnesező tér értékétől való függését – azaz a Barkhausen-zaj spektrumát – a kérdéses anyag mikrostruktúrája és az anyagban lévő mechanikai feszültségek határozzák meg. Ha az anyag mikrostruktúrája ismert, vagy legalább a mérendő tárgyban nem változik jelentősen, az egyes munkadarabok azonos összetételű alapanyagból, azonos gyártástechnológiával készültek, a Barkhausen-zaj változásai lényegében a mechanikai feszültségre utalnak.

A Barkhausen-zaj mérési módszert legelterjedtebben maradék feszültség vizsgálatokra használják. Tartószerkezetek, különféle nagy igénybevételnek kitett gépelemek – gázturbina alkatrészek, csapágyak, főtengelyek, ágyúcsövek, tartószerkezetek, hidak stb. – feszültségállapotainak ellenőrzésére a leggyorsabb és legegyszerűbben alkalmazható eljárás. Ha a vizsgálni kívánt szerkezeti elem anyaga ismert, vagy kalibrálás céljára eredeti anyagminta is rendelkezésre áll, változó nagyságú húzó és nyomó feszültségnek kitéve a mintát, fel lehet venni az adott összetételű és mikrostruktúrájú alapanyagra jellemző mechanikai feszültség – Barkhausen-zaj amplitúdó karakterisztikát, amelynek ismeretében kvantitatív adatok kaphatók a kérdéses szerkezet feszültségviszonyaira (27. ábra). A kalibráció elvégezhető az egyik végén befogott, a másik végén súlyokkal terhelt próbadarabon, amelynek felső felületén húzó, alsó felületén nyomó feszültség keletkezik.

A vizsgált anyagokban – gyártás során visszamaradt, vagy terhelés következtében létrejövő maradék feszültség a karakterisztikát eltolja. A kalibrációs görbén leolvasható eltolódás megadja a maradék feszültség nagyságát.

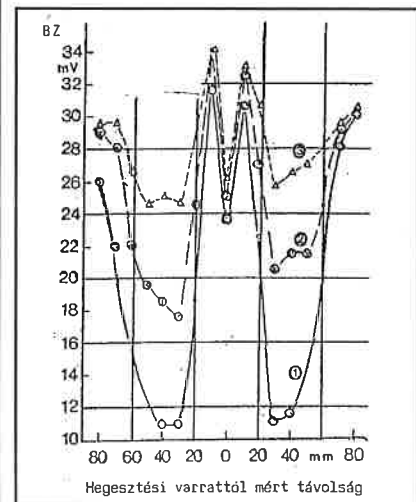
Amíg a mechanikai feszültség a rugalmassági határokon belül marad, addig a feszültség és a Barkhausen-zaj közötti összefüggés egyértelmű. A rugalmassági határnál nagyobb terhelésnél az összefüggés hiszterézis jellegűvé válik, a leginkább használatos anyagoknál ± 200–500 MPa-on belüli feszültségértékig lehet méréseket végezni.



27. ábra A Barkhausen-zaj amplitúdó függése a mechanikai feszültségtől különböző alapanyagoknál.

A módszer, azonkívül, hogy a húzó és nyomó feszültségeket megkülönbözteti, irányérzékeny és a mágnesezés iránya (ez lényegében azonos a vizsgálófej irányítottságával) kijelöli a feszültségmérés irányát is. A mérőfejet elforgatva tetszés szerinti szögben felvehető a megfelelő feszültségvektor.

A Barkhausen-zaj mérése jól használható hegesztések következtében fellépő feszültségváltozások kimutatására, a hőkezeléssel elérhető feszültségcsökkenés követésére (28. ábra). Természetesen figyelembe kell venni, hogy hegesztésnél a hőhatásnak kitett zónában többszörös fázisátalakulások mehetnek végbe, emiatt azok Barkhausen-zaj karakterisztikája is alapvetően megváltozhat. Ráadásul a többszöri termikus ciklus képlekeny deformációt hozhat létre, amely szintén eltérést okozhat a kijelzésben [17].



28. ábra Hegesztési varratra mérőlegesen mérhető belső feszültség és csökkenése hőkezelés hatására.

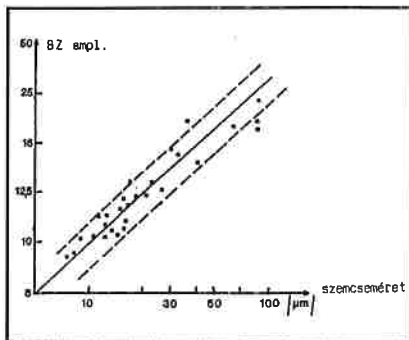
Jó minőségű acélok előállításához szükséges a szemcseméret és azok homogenitása határozza meg a mechanikai szilárdságot, a hideg alakíthatóságot, a mélyhúzási jellemzőket [18].

A szemcseméretet többnyire optikai úton vizsgálják, azaz a mintát polírozzák és egy adott hosszegységre eső szemcsehatárok számából következtetnek az átlagos szemcseméretre. Annak ellenére, hogy ezt az eljárást számítógépesítették, a módszer még megmaradt optikainak és roncsolásosnak, ezenfelül időigényes és folyamatos mérésre alkalmatlan.

A Barkhausen-zaj értékét a szemcseméretet befolyásolja, ezért sikeresen használják alacsony széntartalmú acélok átlagos szemcseméretének ellenőrzésére. Mivel a módszer nagyon gyors, görbült felületeknél is használható, teljes méretre kiterjedhet, felület-előkészítést nem igényel, ezért akár gyártósorba is illeszthető folyamatos minőségellenőrzés céljából.

A 29. ábrán alacsony széntartalmú, ferrites acélok metallográfiai módszerrel meghatározott szemcsemérete és Barkhausen-zaj amplitúdója közti összefüggés látható.

A mágneses paraméterek (koercitív tér, re-



29. ábra Optikai úton és a Barkhausen-zaj amplitúdó mérésével meghatározott szemcseméret korrelációja.

manencia, differenciális permeabilitás, Barkhausen-zaj) mikroszerkezet-függőek, ezért azok hirtelen változásai túlterhelés, hőmérsékleti károsodás, feszültségkorrózió által okozott kifáradásra utalnak [19]. Nagy igénybevételnek kitett gépelemek, tartószerkezetek, tartályok mágneses paramétereit időszakszerűen ellenőrizve ilyen módon azok várható élettartama megbecsülhető. Kifáradás vizsgálatára vonatkozó eljárások ismertetésére egy későbbi számban kerül sor.

Irodalom:

- [1] F. Förster: Non-destructive inspection by the method of magnetic leakage fields. Theoretical and experimental foundations of the detection of surface cracks of finite and infinite depth. *Sov. J. NDT*, 18, 841, (1982).
- [2] W. Lord and J. H. Hwang: Defect characterization from magnetic leakage fields. *Brit. J. NDT*, 19, 14, (1977).
- [3] W. Stumm: Inservice non-destructive inspection of heavily loaded structures, in particular underwater structures, with leakage flux methods. *Brit. J. NDT*, 25, 124, (1983).
- [4] G. L. Burkhardt and H. Kwun: Effects of grain size, hardness and stress on the magnetic hysteresis loops of ferromagnetic steels. *J. Appl. Phys.*, 61, 1576, (1987).
- [5] E. S. Gorkunov: Coercivity of heat treated structural steels in various remanent magnetization states. *Sov. J. NDT*, 22, 180, (1986).
- [6] N. M. Radigin and V. P. Syrochkin: Feasibility of electromagnetic inspection for the strength and hardness of structural steel under elastic tension. *Sov. J. NDT*, 9, 453, (1973).
- [7] T. Jakel: Quality control of ferromagnetic components by coercitive field strength measurement. *Brit. J. NDT*, 26, 287, (1984).
- [8] S. N. M. Willcock and B. K. Tanner: Harmonic analysis of B-H loops. *IEEE Trns. Mag.*, 19, 2265, (1983).
- [9] P. Neumaier: Computer Aided Quality Sorting by Electromagnetic Methods. 5TH Pan Pacific Conference NDT, 1987 Apr. Paper A-10-1400.
- [10] S. R. Ryan: Theory of magnetic-reductance thickness measurements in high-conductivity ferromagnetic materials. *NDT Internat.* 14, 135-139 (1981).
- [11] W. H. Gühring: SAIMC Exhibition Symposium, Johannesburg, 1975. Apr.
- [12] W. Polanschütz: Inverse magnetostrictive effect and electromagnetic non-destructive testing methods. *NDT Internat.* Vol. 19 No. 4, 249-258.
- [13] D. L. Atherton and D. C. Jellis: Effect of stress on magnetization. *NDT International*, 19, 15, (1986).
- [14] S. Kishimoto, M. Kobayashi, Y. Kodaira, M. Kobayashi and H. Yamada: Noncontact Stress Measurement of Rail Steel Using a Magnetic Anisotropy Sensor, *Magnetic Society of Japan*, Vol 13, No. 2, pp 435-438 (1989).
- [15] G. A. Matzkanin, R. E. Beissner and C. M. Teller: The Barkhausen effect and its applications to non-destructive evaluation S. W. R. I. Report No. NTI AC-79-2, (1979).
- [16] W. A. Theiner and I. Altpeter: Determination of residual stresses using micromagnetic parameters. In *New Procedures in NDT*. Edited by P. Höller, (Springer-Verlag, 1983).
- [17] L. P. Karjalainen and M. Moilanen: Detection of plastic deformation during fatigue of mild steel by the measurement of Barkhausen noise. *NDT International*, 12, 51, (1979).
- [18] M. Ojala and S. Saynakangas: A new electronic grain size analyzer for technical steel. *J. Phys. E.*, 5, 669, (1972).
- [19] C. H. A. Sanford-Francis: Fail-safe magnetic permeability inspections of high-strength steel (low alloy) critical aerospace components, subject to fatigue failure. *Brit. J. NDT*, 23, 241, (1987).

A szabványosítás és az akkreditálás új rendje

Mint ismeretes, az Európai Unióhoz csatlakozásunk egyik feltétele a szabványosítás és a minőségtanúsítás szervezeti és eljárási rendszerének illesztése az európai rendszerhez. E téren már sokirányú képzési (lásd az Eseménynaptár rovatunkat), szervezési és jogszabály-alkotási munka van folyamatban. Ez utóbbit tekintve, 1994. január 1-től életbelépett a Ptk. azon módosítása, miszerint minden gazdálkodó köteles az általa szolgáltatott termék, dolog minőségét tanúsítani. Ugyancsak ekkortól hatályos a termékfelelősségről szóló 1993. évi X. tv. is, amely szerint a gyártó és az importáló felelős azért, hogy a terméke a gyártás időpontjában megfeleljen a tudomány és a technika állásának, és ezt, ha kell, bizonyítani is köteles.

A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. tv. újabb lépés az említett jogharmonizáció útján. Ennek szellemében, 1995. szeptember 25-én **köztestületként megalakult a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)**, amely a jövőben állami vagy magán kezdeményezésre szabványokat dolgoztat ki és hagy jóvá, továbbá képviseli hazánkat a nemzetközi szabványosítási szervezetekben. Nemzeti szabványt csak az MSZT fogadhat el és hozhat nyilvánosságra. Az alakuló közgyűlés az MSZT elnökévé **dr. Konkoly Tibor** professzort választotta.

A laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálásáról szóló 1995. évi XXIX. tv. ugyancsak a már említett célokat szolgálja. A törvény szerint a Magyar Köztársaság nemzeti akkreditáló szervezete a **Nemzeti Akkreditálási Testület (NAT)**, amely kizárólagos jogokkal felruházott köztestület. Az 1995. szeptember 28-ai alakuló közgyűlés a NAT elnökévé **dr. Tolnai Lajost**, a Magyar Kereskedelmi és Iparkamara elnökét választotta meg. A NAT tagsága önkéntes – eltérően a kamarai rendszertől –, de a tagság feltételekhez van kötve. Tagjai között harmonikus arányban szerepelnek a hivatalból tagok, az akkreditált szervezetek, az érdekvédelmi szervezetek, a tudományos és műszaki egyesületek és a felsőoktatási intézmények.

Az MSZT és a NAT köztestületek létrehozásával a honi szabványosítási és akkreditálási feladatok ellátására új szervezeti és eljárási rendszer kezdte meg működését.

L. K.

ULTRAHANGOS

falvastagságmérők,
hagyományos és digitális
vizsgálókészülékek, vizsgálófejek

Az Ön partnere
az anyagvizsgálatban

GRIMAS®
IPARI
KERESKEDELEM

Tel.: 277-4470
Fax: 276-0557

A vizuális vizsgálat és eszközei

Szűcs Pál* – Wohlráb Zsuzsanna*

A vizuális vizsgálat (VT), a szemrevételezés eszköztelensége miatt nemcsak az egyik legelterjedtebb anyagvizsgálat, de sokak számára a legkevésbé megbecsült is: „mert nézni mindenki tud”. Ez igaz is, de a fontos részletet, a jelentős elváltozást csak a gyártási és szerelési technológiában, valamint az üzemeltetési körülményekben egyaránt jártas, gyakorlott anyagvizsgáló szakember fogja meglatni, és csak a képzett anyagvizsgáló tudja egyértelműen dokumentálni.

A szemrevételezés szintjei

A szemrevételezés (VT) az egyik legalapvetőbb és az egyik legszélesebb körben alkalmazott roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer. Alkalmazási körét és célját tekintve beszélhetünk:

- önálló vizuális,
 - roncsolásmentes vizsgálatokat kiegészítő,
 - állapotellenőrző vagy káresetelemző vizsgálatokat kiegészítő
- tevékenységet jelentő vizsgálati módszerről.

Önálló vizuális vizsgálat

Az önálló, mondhatnánk „klasszikus” vizuális vizsgálat szerepe a gyártásban, valamely technológiai művelet során vagy egy késztermék esetén eléggé ismert. De nemcsak ismert, hanem meghatározott is. Szabványok, műszaki irányelvek, szabályzatok rendelkeznek végrehajtásának időpontjáról, azaz a művelet sorban kijelölt helyéről, a vizsgálat körülményeiről, terjedelméről és az értékelési kritériumokról. A legalapvetőbb, legelterjedtebben használt szabványok a következők:

MI 4310/1:1985; MSZ 4310/2:1984; MI 7780:1986; MI 12374:1979; MSZ EN 25817:1993 az MSZ 4310/3:1985 helyett; MSZ 13833/4:1982; IM (1985) MSZ 10417:1989; MSZ 13833/1:1981; MSZ 1754:1984; MSZ 1755:1984; MSZ 13833/6:1981; MSZ 13833/7:1983; MSZ 13833/9:1983; MSZ 13833/10:1983; MSZ 13833/11:1983;

A szemrevételezés és az egyéb roncsolásmentes vizsgálat kapcsolata

Talán kevésbé tudatos és körülhatárolt a szemrevételezés ténye és szerepe a többi roncsolásmentes vizsgálati módszer esetén:

– A mágnesporos és a folyadékbehatolásos vizsgálat értékelése vizuálisan, illetve a vizuális vizsgálat segédeszközeivel (nagyító, megvilágítás, fényképezés, ...) történik.

– A radiográfiai, az ultrahangos és az örvényáramos vizsgálat fizikai jelenségek alapján és nem szemmel való megfigyelés útján regisztrálja a hibákat. Az eredmények végső interpretálása azonban általában

vizuális vizsgálaton történik. Pl. a radiográfiai filmek értékelése kis nagyítású lupéval.

– A számítógéppel támogatott térfigurali vizsgálati módszerek (radiográfia, ultrahang) a feltárt hibát méretarányosan és térben jelenítik meg a számítógép monitorán. A szemlélő maga előtt látja a vizsgált szerkezeti elemet, benne a feltárt repedést, zárványt. A szem által felfogott ernyőkép további többletinformációt szolgáltat, ami általában újabb asszociációt indít el, akár a hiba okát, akár a javítás módját illetően.

A káresetelemzés és a vizuális vizsgálat kapcsolata

A szemrevételezés feladata az üzemelő, illetve károsodott elem környezetének és a vizsgált elemnek magának részletes, célratoró és reprodukálhatóan dokumentált leírása. Ez egy adott szerkezeten elvégzett sok hasonló szerkezeti elem állapotellenőrzése, illetve káresetelemzése során felgyülemlett és gondosan rendszerezett szakmai tapasztalat alapján válik lehetővé. A szemrevételezés célja a további vizsgálatok irányának kijelölése, az alkalmazandó vizsgálatok típusának és terjedelmének meghatározása, a meghibásodás okának, vagy lehetséges okainak behatárolása. Bár ezen munkahipotézis további vizsgálatokkal való megerősítése általában nem hagyható el, a szakszerűen elvégzett szemrevételezés lényegesen gyorsítja és olcsósítja a vizsgálatokat.

A szemrevételezés oktatása

Hazánkban 1989-ben tartották az első vizuális roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamot. Azóta évente 5–6 első fokozatú és 2–3 második fokozatú MPV tanfolyamot szerveznek. A tanfolyamok a GTE Anyag-

vizsgáló Központi Szakosztálya által jóváhagyott tematika szerint, a SZTÁV Rt. jegyzeteinek felhasználásával folynak. Három fokozatú tanfolyam ezidáig egyetlen egy volt, 1992-ben. Az itt minősített szakemberek oktatóként és vizsgáztatóként működnek a V1 és V2 tanfolyamokon. Az oktatás jogi hátterét az alábbi rendeletek és szabványok alkotják:

– 12/1992. (IV.4) IKM rendelet „Az iskolarendszeren kívüli, az ipari és kereskedelmi tevékenységgel összefüggő szakmai oktatásról, képzésről és minősítésről”

– 7/1993. (XII.30) MűM rendelet „Az Országos Képzési Jegyzékről”

– 10/1993. (XII.30) MűM rendelet „A szakmai vizsgáztatás általános szabályairól és eljárási rendjéről”

– MSZ EN 473:1994 „Roncsolásmentes anyagvizsgálatot végzők minősítése és a minősítés tanúsítása”

– MSZ EN 45001:1991 „Vizsgáló laboratóriumok működésének általános feltételei”

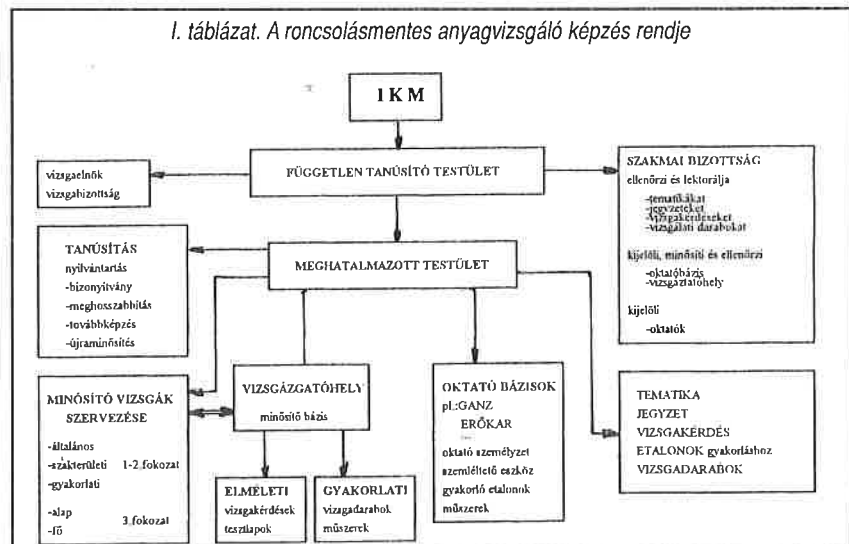
– MSZ EN 45013:1991 „Személyzet tanúsítását irányító tanúsítási szervekre vonatkozó általános feltételek”

A roncsolásmentes anyagvizsgálók képzésének, minősítésének, a minősítések nyilvántartásának rendjét az I. táblázat foglalja össze.

1995 tavaszán az MHE–vizsgacentrum megbízást kapott a hegesztés és az anyagvizsgálat területén, és ezt követően tanfolyami tematikák és vizsgakérdések kidolgozására adott megbízást az MSZ EN 473-ban felsorolt valamennyi módszerre, valamint spektroszkópos, rezgéselemző, röntgen finomszerkezet vizsgáló, mechanikai anyagvizsgáló, metallográfiai anyagvizsgáló és hegesztő inspektor szakmákra.

A vizuális anyagvizsgáló 1...3 fokozatú képzés szakmai és vizsgáztatási követelményeit az OKJ 13-9-3193/19...21-07-9-0-01

I. táblázat. A roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés rendje



* ERŐKAR Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium

szám alatt szerepelteti. A tanfolyamon oktatott tárgyakat, óraszámokat és az elsajátítandó műszereket a II. táblázat tartalmazza:

II. táblázat. A vizuális tanfolyamok szerkezete

	V1	V2	V2T	V3
Előfeltétel a beiskolázáshoz	Középfok 1 hónap gyak.	Középfok + V1 3 hónap gyak.	Középfok + V2 5 év gyakorlat	Felsőfokú végz., 8 hónap gyak.
Alap-ismeretek Fizika	20 4 4 — 6 — 8	20 4 4 4 4 4 8	4 4 2 2 4 —	70 8 — 8 8 16 16
Műszer igény	tolómérő mikrométer varratmérők lupé (tükör) boreszkóp binokuláris mikroszkóp	V1 eszközei + fiberszkóp videó-endoszkóp lézer interferométer	új típusú műszerek	varratmérők videó-endoszkóp interferométer

Tehát napjaink feladata a kidolgozott tematikák alapján jegyzeteket írni, teszt-lapokat és vizsgakérdéseket összeállítani, a gyakorláshoz és a vizsgáztatáshoz kellő számú és minőségű hibás darabot előállítani, összegyűjteni. Csak ezután lehet minősíteni azokat az **oktató bázisokat**, amelyek rendelkeznek

- képzett személyzettel,
- szemléltető eszközökkel, tanteremmel,
- gyakorló mintadarabokkal,
- a szükséges fajtájú és darabszámú műszerrel,
- minősített vizsgáló laboratóriummal.

Értelemszerűen hasonló feltételek alapján lehet kiválasztani a **vizsgáztató helyeket** a gyakorlati (vizsgadarabok, műszerek, képesített oktatók) és az elméleti (vizsgakérdések, vizsgáztató személyzet) vizsgáztatáshoz.

Az MPV tanfolyamok kialakult gyakorlata eddig is megfelelt az MSZ EN 473 szabvány támasztotta tartalmi követelményeknek. A tananyag és a képesített anyagvizsgálók szak tudása európai mércével mérve is megfelelő. A vázolt tevékenység eredményeként létrejön a **vizsgacentrum-oktatóbázis-vizsgáztató hely** együttműködő szervezet, és az országban mindenhol azonos elvek szerint, azonos minőségben képezik és minősítik majd az anyagvizsgálókat. Ettől a folyamatból várható, hogy a tanfolyamok szervezésénél jelenleg tapasztalható ellentmondások is megszűnnek.

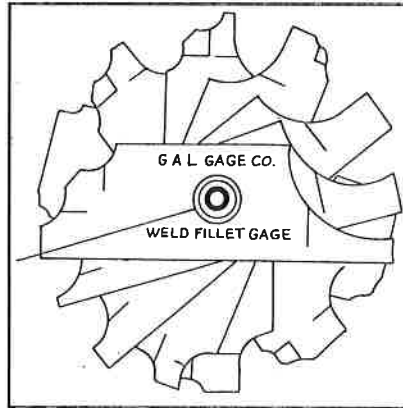
A szemrevételezés eszközei

A vizuális anyagvizsgáló munkaeszközei között pár olyan „jól ismert”, egyszerű mérő- és nagyítóeszköz is megtalálható, mint például az acél-mérőszalag, tolómérő, csavarmikrométer, szögmérő, tükör és lupé. Ezek közül a lupéra hívnánk fel a figyelmet. A párszoros nagyítású nagyító jelentősége nemcsak abban rejlik, hogy a látószöveget nagyítva a vizsgált felület részleteinek jobb felismerését teszi lehetővé. Legalább ennyire fontos, hogy a vizsgáló figyelmét a felület egy kis részletére koncentrálja.

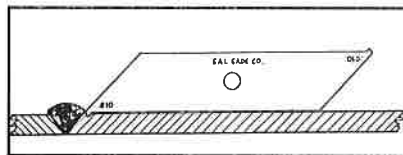
A vizuális vizsgálatok egyik fontos részterülete a hegesztési varratok szemrevételezése, a felületi hibák tételes, szakszerű és számszerű megadása. E területen eddig is alkalmaztak – többnyire házilagos kivétel – varratmérő, ellenőrző eszközt. Időközben a külföldi irodalomban újabb mérőeszközök kerültek ismertetésre, amelyek készenléti táskák formájában hazánkban is beszerezhetők.

Az 1. ábrán látható sorozat varratméretek meghatározására szolgál. A 2. ábrán látható eszköz adott méretű vagy annál nagyobb szegélykioldadás, esetleg adott mélységű felületi hiba mérésére alkalmas.

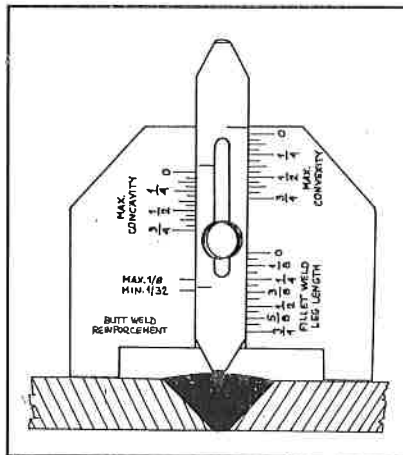
A 3. ábrán látható eszköz tompavarratok gyök- illetve koronamagasságát, illetve sarokvarratok magasságát hivatott megmérni.



1. ábra. Varratméret (keresztmetszet) ellenőrző



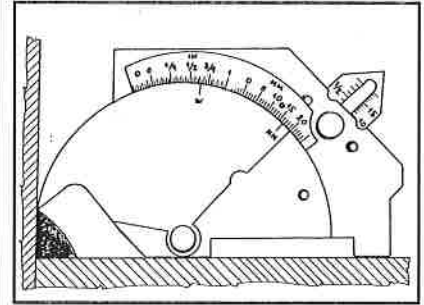
2. ábra. Szélbecégs ellenőrző



3. ábra. Általános varratalak mérő

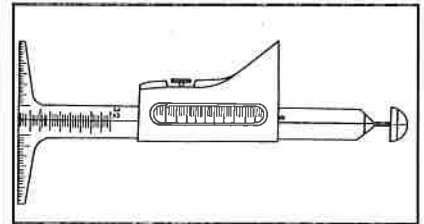
A 4. ábrán látható eszköz a baloldali csúcs segítségével magasságot, mélységet tud mérni. Az elforgó tárcsa baloldali belső élével leélezések szögét méri. A jobb felső sarokban

elhelyezett kihúzható mérce sarokvarratok magasságát méri.



4. ábra. Univerzális varratmérő

Az 5. ábrán bemutatott mérőeszköz az éleltolódás és a leélezés kialakításának mérésére szolgál, de az utolsó három eszköz egyéb felületi és alakhibák méretének a meghatározására is alkalmazható.



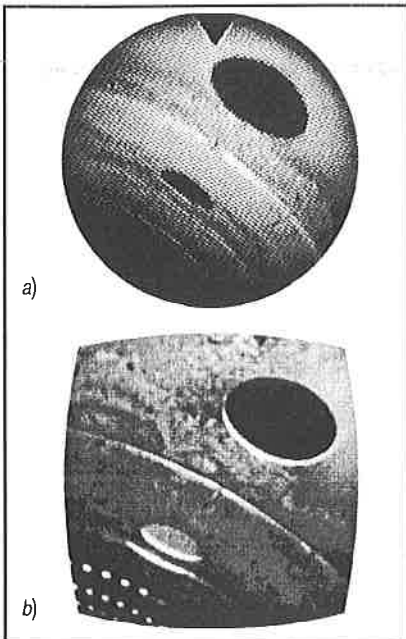
5. ábra. Éleltolódás és élkiképzés mérő

Közvetlenül hozzá nem férhető felületek szemrevételezésének eszközei

A szűkre szabott karbantartási idő alatt sokszor nincs lehetőség a berendezések megbontására, mégis jó lenne tudni, milyen a belső terek állapota. Más esetekben a szerkezeti elemek kialakítása egyáltalán nem vagy csak jelentős idő- és költségráfordítás árán teszi lehetővé kritikus pontok szemrevételezését. Az ilyen közvetlenül meg nem tekinthető helyek vizuális megfigyelésére fejlesztették ki a különféle endoszkópokat.

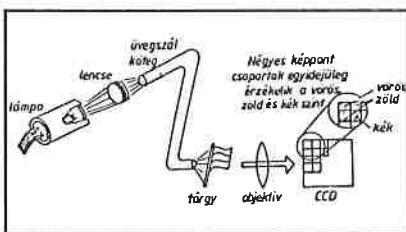
A merev boreszkópok és a hajlékony üveg-szál optikát tartalmazó fiberszkópok elég elterjedtek. A boreszkópok felhasználását korlátozza, hogy csak egyenes úton vezethetők a vizsgálat helyére. A fiberszkópok felbontását meghatározza az alkalmazott kvarcüveg elemi szálok száma. Ezen túlmenően az üveg-szál optikák sérülékenyek, és 3 méter feletti hasznos hossz esetén igen drágák.

Az 1970-ben megjelent CCD képalkotó az endoszkópia új világát nyitotta meg, lehetővé téve a kis átmérőjű, nagy felbontóképességű, fényszegény (3–7 lux) környezetben is érzékeny szilárdtest képalkotók alkalmazását. A modern CCD képalkotó változtatható kioldási idővel (zásebesség), és mintegy 800 ezer képpontot jelentő felbontóképességgel rendelkezik. A CCD elem mindössze 8x7,75 mm nagyságú, a képpontok 513 sorban, soronként 818 oszlopban egy 6,4x4,8 mm-es felületen helyezkednek el. A nagyobb elemi képpontszám miatti finomabb, részletgazdagabb felbontást szemlélteti a 6. ábra.



6. ábra. Az üvegcsálóoptika (a) és a videoendoszkóp (b) felbontása

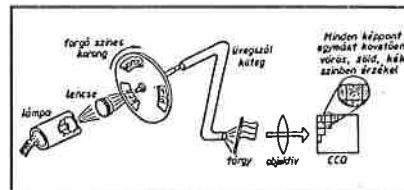
A „képpont” fotódiódát jelent, amelyen a ráeső fény intenzitásával arányos töltés jelenik meg, vagyis a CCD egyszínű képet állít elő. A színes kép létrehozását kétféle módon oldják meg. Az egyik esetben színes optikai rácstot „helyeznek” a szilíciumlapka elé, amelyen (7. ábra) vörös (R) zöld (G), intenzitás (I), kék (B) pontnégyesek vannak, és ezek a négyes képpont csoportok egyidejűleg észlelik az alapszíneket. Tehát a CCD képpontjainak negyede-negyede egy-egy alapszínben látja a tárgyat, és ebből az egyidőben előálló 3+1 képből kell kikeverni a színes képet. A módszer előnye, hogy gyors, hátránya, hogy negyedére csökkeni a felbontóképességet. Ezt a képalkotási módszert alkalmazza az Olympus IV12D2-60 típusú ipari videoendoszkópja.



7. ábra. Egyidejű színes képalkotás

A másik módszer szerint egymás után világítjuk meg a tárgyat a három alapszínnel, és a vörös, zöld és kék (RGB) fényben időben egymás után felvett képeket egyesítjük egy színes képben (8. ábra). Míg az első módszer-nél a felbontóképesség rovására nagy zársebességű (1/1000 s) fényképezés érhető el, a második, úgynevezett mezőszekvenciális színes technikával a lehető legjobb felbontást produkálhatjuk, ezért cserében persze le kell mondanunk a gyorsan mozgó tárgyak megfigyeléséről. A Welch Allyn cég által gyártott VideoProbe 2000 videoendoszkóp is a mezőszekvenciális technikát alkalmazza. A

fényforrás és a fényvezető rendezetlen üvegcsáló köteg közé vörös, zöld és kék szín-szűrőkkel ellátott forgó tárcsát helyeznek. A tárcsa mozgása szinkronizálva van a képet megvilágító lámpával. A videoprocesszor memóriája tárolja a három egyszínű képet és a belőlük kikevert színes változatot.



8. ábra. A mezőszekvenciális színes képalkotás

A 6 méternél hosszabb szondáknál már jelentős a fényvesztés a rendezetlen üvegcsáló kötegben, ezért nem a mezőszekvenciális megvilágítást használják, hanem az endoszkóp fejrészen infravörös diódákat helyeznek el. Természetesen a monokromatikus megvilágítás esetén az endoszkóp fekete-fehér képet szolgáltat, de ezt szinte tetszőleges távolságból.

A VideoProbe 2000 videoendoszkóp sok tekintetben új lehetőséget nyújt a hagyományos vizuális felügyeleti rendszerekkel szemben. A merev boreszkópoknál hozzáférhetőség és megvilágítási fényigény tekintetében, az üvegcsáló-optikáknál felbontóképesség és élettartam tekintetében rendelkezik jobb paraméterekkel. A VideoProbe 2000 felbontóképessége 80 mm tárgytávolság esetében 0,5 mm, 40 mm tárgytávolság esetében 0,2 mm, míg 20 mm tárgytávolságnál 0,08 mm. A videoendoszkóp képét tv-képernyőn egyszerre többen is nézhetik, értékelhetik. A vizsgálat menetét videoszalagon lehet rögzíteni, a kívánt képek kimeríthetők, polarizod képen vagy mágneslemezen tárolhatók.

Az összes optikai rendszer esetén igaz, hogy a képméret, vagyis a rendszer nagyítása a tárgytávolság függvénye. De az endoszkópos vizsgálat során éppen azt nem tudjuk, hogy milyen távolságra helyezkedik el az endoszkóp fejrésze a vizsgált felületről. Ezért mindig gond a „látott” hiba valódi méretének megadása.

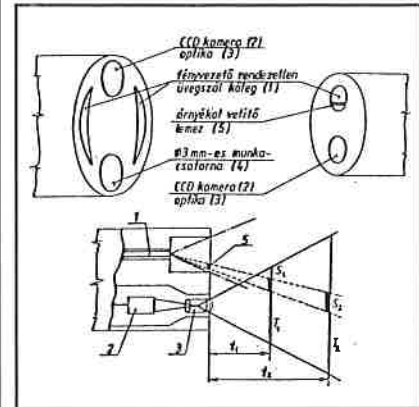
Árnyékszonda

Amint láttuk, a kereskedelmi forgalomban kapható képfeldolgozó rendszerek csak külső segítséggel, és többé-kevésbé korlátozottan alkalmasak mérésre. 1991-ben jelent meg az első olyan endoszkóp, amely referenciátárgy vagy sík alkalmazása nélkül határozza meg a vizsgált tárgy abszolút méretét.

A Welch Allyn által kifejlesztett ShadowProbe (árnyékszonda) fejrészen két ablak található (9. ábra). Az egyik a megvilágítást szolgálja, a másik ablak mögött a CCD kamera és optikája foglal helyet. A fényforrás előtt aszimmetrikusan helyezik el azt a fémszalagot, amelynek árnyékát és a képmezőben elfoglalt helyzetét elemezve állapítja meg az AMS rendszer a vizsgált felület helyzetét (dőlését) és távolságát. A 9. ábrán látható, hogy

- merőleges síkhoz a képoldalal párhuzamos árnyék, ferde síkhoz szöglet bezáró árnyék tartozik,
- különböző siktávolságok esetén az árnyék más és más arányban metszi a képmezőt.

A billentyűzeten egyszerű kurzor-műveletekkel kiválasztható a számunkra szükséges üzemmód, és a lefagyasztott képernyőn egymás után akár többféle mérés is elvégezhető. A ShadowProbe három különböző üzemmódban dolgozik.



9. ábra. A ShadowProbe működési elve

A DIST üzemmódban az optikai tengelyre merőleges síkon két pont lineáris távolságát tudja megmérni. A tárgytávolságot és a rendszer aktuális nagyítását (MAG) maga határozza meg. A vizsgált felületen kurzorkeresztekkel kijelölt két pont távolságát valós méretben kiírja.

A SKEW üzemmód ferde síkon való mérést tesz lehetővé. Az „árnyék”-nak a mért távolságra kell esnie, a mérendő szakasz két végpontját az árnyékon belül ugyancsak kurzorkeresztekkel kell kijelölni. A képernyőn kijelzésre kerül a nagyítás és a távolság valódi hossza.

A DPTH üzemmód az optikai tengelyre merőleges két (tehát egymással párhuzamos) sík távolságát méri meg. Az árnyék képében ilyenkor lépcső figyelhető meg. A lépcső két szélére állított kurzorkeresztek közötti mélységet megméri és kijelzi a rendszer.

A ShadowProbe a VideoProbe 2000 rendszerrel együtt használva az első, abszolút méretet megvalósító videoendoszkóp. Nagy a jelentősége a nehezen hozzáférhető, kis méretű hibákra is érzékeny berendezések (repülőgép-hajtómű, gázturbina, atomreaktor,...) vizsgálatánál.

Összegzés

A szemrevételezés igen szerteágazó, nagy gyakorlatot és szakismeretet feltételező ága a roncsolásmentes anyagvizsgálatoknak. Alkalmazási területeit tömören foglalja össze az American Society for Non-destructive Testing által 1993-ban kiadott, Paul McIntire és P. O. Moore által szerkesztett „Non-destructive Testing Handbook. vol. 8. Visual and Optical Testing” című kézikönyv.

Ultrahangos falvastagságmérés a többszörös visszhang módszerrel

Rózsa Sándor*

Bevezetés

Az ultrahangos vastagságmérés népszerű, hagyományos módja, amelynél az első visszvert visszhangot használjuk az időzítéshez (egyszeres mérési módszerként is ismert), nem mindig ad megbízható mérési eredményt az iparban leggyakrabban használt anyagokon. Ebben a cikkben az úgynevezett többszörös visszhang mérési elvet mutatom be, amely az egyszeres visszhang módszer hibáit kiküszöbölve, a gyors, megbízható és pontos vastagságmérés hatékony eszköze lehet.

Egy kis módszertörténet

Az ultrahang használata fémek vastagságának mérésére, és a korrózió mértékének meghatározására az elv megjelentésétől kezdve jelen volt az iparban. Eredetileg a készülék egy egyszerű ultrahangos generátorból és egy katódsugárcsőből állt. A kijelzett eredmények nehezen értelmezhetők voltak, képzett kezelőkre volt szükség a mérés megbízható elvégzéséhez. A műszer nehéz volt, általában hálózatról működött. Ezt a műszert defektoszkóp-nak vagy A-Scan eszköznek nevezték.

A tranzistor fejlődése nem csak a készülék méretcsökkenését hozta magával, de a jobb hordozhatóságot is, mivel működetésük kisebb teljesítményt igényeltek, kisebb akkumulátorokkal táplálva. A készülék előnyös tulajdonságai megnövelték az ultrahangos mérések népszerűségét a roncsolásmentes anyagvizsgálatban. Mindazonáltal a kijelzés továbbra is analóg volt, és a készülék kezelése bonyolult maradt és igen magas szintű felkészültséget igényelt.

Felmerült az igény egy egyszerű vastagságmérésre digitális műszerrel, melynek eredményét gyorsan lehet használni és értelmezése is könnyű. Az első digitális falvastagságmérők még analóg kijelzőt használtak, tehát kvázi digitális műszerek voltak. Az első valódi digitális mérő csak az 1970-es évek közepén jelent meg. Ennek oka az volt, hogy a tényleges digitális kijelző technika túl bonyolult és nehézkes volt az akkumulátoros műszerekhez.

A digitális ultrahangos falvastagságmérés igen gyorsan népszerűvé vált a készülékek alacsony ára, a könnyű alkalmazása, és kényelme miatt, meg azért, mert úgy tűnt, hogy nem kell képzett személyzet használatukhoz, mivel a „miszlikum” az eredmények értelmezéséből eltűnt.

Sajnos ez az utolsó feltételezés veszélyesen hibás volt és káros hatásokat eredményezett, melyek következtében számos cég teljesen betiltotta a digitális falvastagságmérők használatát – még ma is vannak olyan cégek, melyek tiltják az egyszeres visszhangot használó falvastagságmérők alkalmazását.

A digitális falvastagságmérőt gyártók a technika fejlődését csak a módszer pontatlanságainak csökkentésére használják, mikropro-

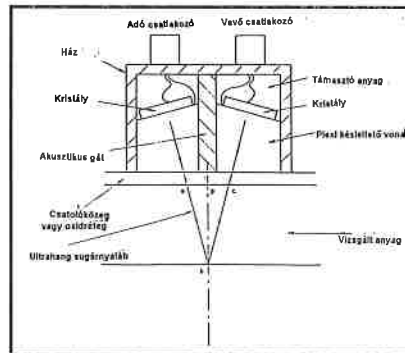
cesszorok vagy keresőtáblázatok alkalmazásával.

Az egyszeres visszhang mérési módszer kizárja a biztonságos mérést minden olyan anyagon, amelyen bevonat van, vagy szemcsés felületű, vagy réteges zárványt tartalmaz (annak ellenére, hogy ez mechanikailag elfogadható anyag), vagy amikor a felület a korrózió miatt egyenetlen. Ezek a körülmények az iparban mindennaposak.

Ahhoz, hogy a többszörös visszhang elvével végzett mérés előnyeit bemutassuk, célszerű röviden áttekinteni a hagyományos egyszeres visszhanggal történő mérést. A bemutatáshoz a kétkristályos mérőfejet használjuk, mivel ez a leggyakrabban használt megoldás.

Egyszeres visszhang, kétkristályos mérőfej

A kétkristályos mérőfej felépítését az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

A kristályok általában egy tárcsából vannak kivágtva, és egymáshoz tompaszögben vannak illesztve egy plexiüveg készletelési vonalon, és akusztikus gumival vagy parafával el vannak szigetelve. A kristályok mozgását egy támasztó anyag – tungstennel töltött epoxi, korlátozza. Az egyik oldal adóként, a másik vevőként működik. A villamos csatlakozást a kristály felületéhez forrasztott vastag huzalok biztosítják. A teljes szerelvényt általában recés műanyag vagy fémtokba helyezik, ahol a jelcsatlakozók alul vagy felül találhatók.

A piezoelektromos elven gerjesztett adóból kilépő ultrahang-energia impulzus a plexiüveg készletelő vonalon végighaladva a csatlakozó közegen át lép be a vizsgálandó anyagba. Haladási sebessége az anyag sűrűségétől és rugalmasságától függően néhány ezer méter másodpercenként. Az anyagba belépő ultrahang impulzus a hátfalról, a határfelület impedancia-különbségétől függően, nagy részt visszaverődik és a mérőfej vevőkristályába jut, bejárva a kristályok szög helyzetének megfelelő V-alakú utat. A visszaérkező hangenergia impulzust az ún. hátfal visszhangot a vevőkristály piezoelektromos úton, a természetes

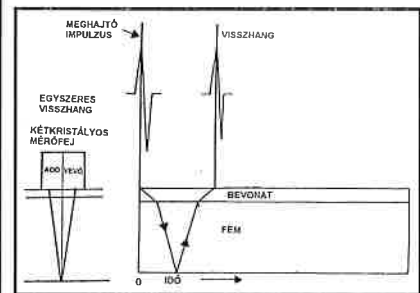
frekvenciájának megfelelő váltóáramú jelle alakítja. Az anyagba belépett hangenergia impulzus kisebbik része az anyagon belüli határfelületek között oda-vissza verődik amíg teljesen le nem csillapodik.

Ha a v terjedési sebesség és a visszhangok közötti t idő ismert, akkor a d anyag vastagság meghatározható a

$$d = v \cdot t$$

összefüggéssel.

Ha az első visszhang visszaérkezésnek idejét mérjük, akkor az úgynevezett egyszeres visszhang mérési módszert alkalmazzuk (2. ábra).



2. ábra

A hibaforrások két alapvető előfordulása kiolvasható az 1–2. ábrákból.

Az egyik, amit V-hibának nevezünk, a kétkristályos mérőfej felépítéséből adódik. A tényleges hiba a kristályok egymással bezárt szögének és a vizsgált anyag tényleges vastagságának trigonometrikus függvényével fejezhető ki. Nyilvánvalóan, mivel a vastagság az amit meg kell határozni, a hiba matematikai kompenzálása ámbár lehetséges, azonban pontatlan, mivel az a-b vagy p-b távolságok egyikének pontos meghatározásához a másik ismerete szükséges.

A második hibaforrás az egyszeres visszhang elv használatakor az a tény, hogy bármely anyag a mérőfej és az anyag felülete között hozzáadódik a hang útjához. A festékbevonat vagy a csatoló anyag vastagsága nyilvánvalóan ismeretlen és emiatt nem lehet automatikusan kompenzálni. Ezenfelül, nem lehet egyszerűen matematikai úton levonni egy ismert bevonatvastagságot a kapott eredményből, mivel a bevonat tényleges hatása az ultrahang terjedési sebességétől függ, ami lehet akár az acélban mért sebesség egynegyede is, így a teljes eredményben a bevonat vastagságának négyszeres is szerepelhet.

A műszergyártók általában ezért javasolják a bevonat eltávolítását a mérés előtt. Ennek azonban esetenként akadályai is lehetnek (pl. zománc, ráégetett festék, műgyanta bázisú festékek esetén), vagy a mérés után a bevonatot helyre kell állítani, ami idő- és költségigényes művelet.

További hibaforrás az ún. nullpont hiba. Ez a plexiüveg készletelési vonal kopásából adódik, ami ténylegesen megváltoztatja a

* Uniford BT.

mérőfej nullpontját. Ez az ultrahang kilépési pontja a mérőfej felületén. Mivel az energia áthaladási idejét a mérőfej felületén figyelembe kell venni (mind az adási mind a vételi úton), ezt le kell vonni a mért időből. Ha ez a kopással változik, a műszert rendszeresen újra kell nullázni. Ez a hiba ugyan teljes mértékben kompenzálható, de a gyakori kompenzáció nem igazán praktikus, és a gyakorlatban elmaradhat.

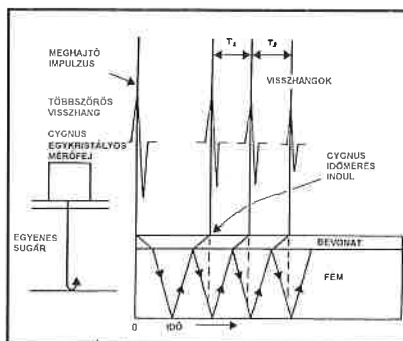
Az egyszeres visszhang elvén mérő kristályos mérőfejes falvastagságmérőkben ezekre a hibákra kifinomult elektronikus kompenzációt használnak. Ez akár automatikusan, akár kezelőszerven keresztül történik, mégis mindegyike ki van téve a hibának.

Látható, hogy képzetlen személyek kezében az egyszeres visszhanggal működő műszer alkalmazása kérdéses, és ez a mérésekkel kapcsolatos kétélyekhez vezethet. Ez az oka annak, hogy az ultrahanghoz értő cégek nem igazán szeretik az egyszeres visszhanggal működő műszereket, és ugyanakkor ez a digitális falvastagságmérők iránti bizalmatlanság oka is.

A többszörös visszhang mérési módszer

A többszörös visszhang mérési módszer elvét a 3. ábra szemlélteti, amelyen az egykristályos mérőfejjel, többszörös visszhangjának idődiagramja is látható. Mivel a mérés nem az első visszaért visszhang felhasználásával történik, látható, hogy amint a visszhangok visszaérnek a mérőfejre, a köztük

tűk eltelt idő éppen annyi, amennyire az ultrahangnak szüksége van az anyagon való áthaladáshoz. (Ez valójában a vastagság kétszereséhez tartozó idő, mivel az energia nyilvánvalóan oda-vissza halad.) Tehát bármely két egymást követő hátfal visszhangot használva, megkaphatjuk az anyag vastagságát, a bevonat nélkül. Ha a mérés három egymást követő visszhangra végezzük el a módszert többszörös visszhang módszernek nevezzük.



3. ábra

Ezt a módszert használták eredetileg a defektoszkópokban is. Ezt még ma is használják, olyan helyeken, ahol a digitális műszerek használata nem engedélyezett, vagy nem működnek (nagyon erős korrózió vagy csillapítás).

Az egyszeres visszhanggal történő méréssel összehasonlítva, nyilvánvalóvá válnak a következő **előnyök**:

– Mivel az ultrahang az anyagra merőlegesen hatol be a vizsgált anyagba, és érkezik

vissza abból, az előzőleg említett V-hiba nem jön létre, így kompenzációja sem szükséges.

– A bevonat vastagsága az eredményben nem szerepel, emiatt megtakarítható a felület alapos lecsiszolása és a későbbi újrafestés vagy felhordás.

– Mivel a kristály a mérőfej felületéhez közel helyezkedik el, nincs plexi késleltető vonal, így a nullponthiba sem létezik.

Az előzőleg említett hibák nélküli műszerhez nincs szükség kifinomult elektronikus kompenzációra, sem azok kezelőszerveire, így a műszert megbízhatóan használhatja különböző kiképzés nélküli is a személyzet.

A többszörös visszhangos mérések pontos és megbízható eredményt biztosítanak, de vannak itt is **hátráltató tényezők**.

– Mivel a műszernek három egymást követő visszhangra van szüksége, az anyag és a visszaverő felület csillapítása és alakja a mérhetőséget befolyásolja.

– A mérőfej felületével nem párhuzamos mérőfelület azt eredményezi, hogy a hang a mérőfejtől távolra sugárzódik vissza – így nem lesz mérés. Erre gyakorlati példa az l-gerenda.

– Egy erősen csillapító anyag lehet hogy nem ad három visszhangot – megint csak nem lehetséges a mérés. Erre gyakorlati példa az öntöttvas és a műanyagok.

Bármilyen ultrahangos műszer használatára vannak korlátozások, ennek forrásai elsősorban az anyag fizikai jellemzői vagy geometriája. Ennek a két paraméternek figyelembe vétele alapvető annak megértéséhez, hogy a műszer esetleg miért nem mér.

CYGNUS INSTRUMENTS LTD

**TÖBBSZÖRÖS VISSZHANG ELVÉN MÉRŐ ULTRAHANGOS FALVASTAGSÁGMÉRŐK
NORMÁL, ROBBANÁSBIZTOS ÉS VÍZÁLLÓ, VALAMINT
ADATTÁROLÓVAL EGYBEÉPÍTETT KIVITELBEN IS**



Kizárólagos magyarországi forgalmazó:

GENSET Kft.

9700 Szombathely, Zanati út 4.

Telefon/fax: 06-94/329-569 • Mobil: 06-20-428-545



Műszaki kereskedelmi képviselő:

UNIFORD Bt. • Rózsa Sándor ügyvezető

2040 Budaörs, Szabadság út 140/2.

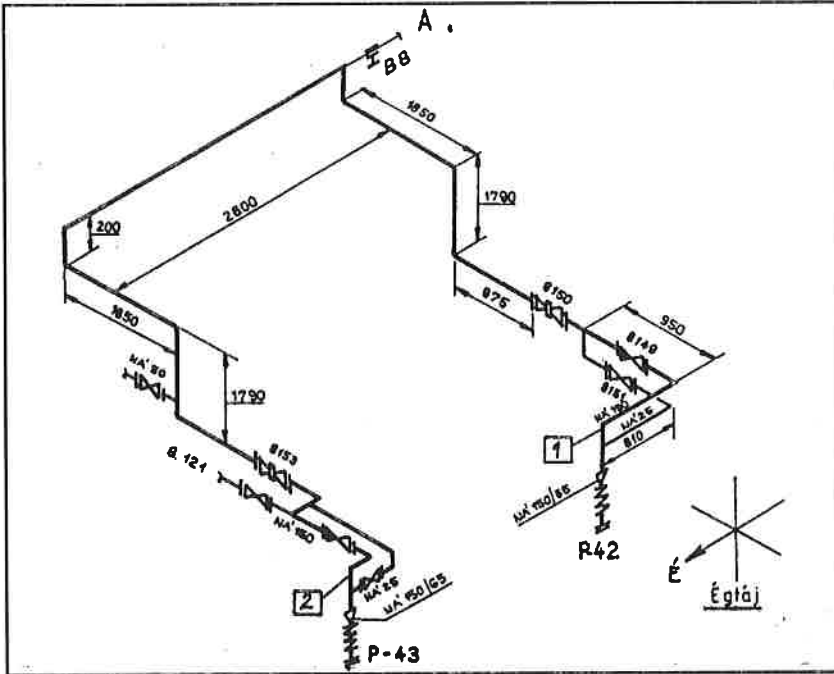
Tel.: 153-6244, 06-60/348-000; Fax: 153-6244

Ultrahangos falvastagságmérés gyakorlata a Mol Rt. Tiszai Finomítóban

Fábián Pál*

A csővezetékek, berendezések különböző mértékben vannak kitéve korróziós, eróziós, vagy mechanikai koptató hatásnak. E hatás nyomónkövetésére szolgál a rendszeres, ütemezett falvastagság-ellenőrzés. A rendszeres ultrahangos falvastagságmérésekkel az elhasználódások, és a korróziós károsodások időben felismerhetők, így a csővezetékek cseréje előre tervezhető, a szükséges anyagok beszerzésére is elegendő idő áll rendelkezésre.

A Mol Rt. Tiszai Finomítóban 1986 óta történik rendszeres, ütemezett falvastagságmérés. A legfrekvenciáltabb terület a technológiai kombinált üzem, ezért az ott lévő csővezetékek ütemezett falvastagságméréséhez első lépésként el kellett készíteni a csővezetékek izometria rajzait. A 450 db izometria rajz elkészülte után kijelölésre kerültek a csővezetékeken a mérési helyek (1. ábra). A mérési helyek száma egy izometrián 4–12 között változik. Egy mérési helyen négy pontban



1. ábra

mérünk; a függőleges egyenes csővezetékek-nél négy oldalon, a vízszintes egyenes csővezetékek-nél alul, felül és két oldalt, acélcsővénél a külső íven négy ponton.

Megállapítottuk a csővezetékek mérési ciklus idejét, mely lehet 1, 2 vagy 3 év, attól függően, hogy milyen anyagot szállít, mennyire fontos üzemi szempontból, milyenek a szállított közeg paraméterei (hőmérséklet, nyomás stb.).

Minden év elején gyűjtjük az aktuális mérő csővezetékek izometria rajzát, és amikor az üzemvitel engedi, elvégezzük a méréseket.

A méréshez az optimális létszám három fő. Egy fő az izometria rajzok alapján mutatja a mérőhelyeket, egy fő előkészíti a felületet és felviszi a csatló közeg, és egy fő végzi a mérést.

1991-ben vásároltunk egy DME DL ultrahangos falvastagságmérő műszert, így azóta a mért adatokat tárolni tudjuk, nem kell azt manuálisan irogatni. A mérési eredmények tárolása a következőképpen történik: a DME DL-ben az adattárak (file) számát 50-re választottuk, ami azt jelenti, hogy egy file-ba 24 pont fér bele, azaz 6 mérési hely. Így egy izometria rajz mérési eredményei 1 vagy 2 file-ba bele férnek. Méréskor a helyszínen az izometria

ba rögzítjük. Így a mérőhely utólag is azonosítható a mérési eredménnyel.

A mérés végzetével a műszert összekapcsoljuk a számítógéppel, és a mérési eredményeket a Testor BT.-től vásárolt programba áttöltjük. Ezzel a programmal elkészítjük a mérési jegyzőkönyvet, amit megküldünk az illetékeseknek. A jegyzőkönyv tartalmazza a mérési eredményeket, és a javaslatunkat (2. ábra). A mérési eredmények további feldolgo-

MOL Rt. Tiszai Finomító
3801 Tiszaiútváros P.f. 27.
Műszaki Főosztály
Műszaki Diagnosztika és Tervezés Iroda

DME DL falvastagságmérési jegyzőkönyv
- MB 2024 -

VIZSALATI ADATOK	
VIZSALATI SZÁM :	30795
BEREND. TECH. JELLE :	11.12.11.vez.
VIZSALAT IDEJE :	1995.05.06. 09:01
VIZSALAT HELYE :	Kombinált Üzeműzők.
VIZSALAT TÁRGYA :	11.12.11.vez.L8I.falvastagság mérése.
VIZSALÓ NEVE :	Fogovai S.Lengyel D.Fábián P.
KEZELŐK AB V.FEJ :	DME DL DA SOL
ANYAGMINŐSÉG :	A33K
TERVEZÉSI MÉRLET :	605x4.0mm
ÜZEMI NYOMÁS :	45°C
0.1bar.	

Pos. számok	Érték mm
0001	2.50
0002	2.10
0003	2.10
0004	2.80
0005	2.70
0006	2.90
0007	2.60
0008	2.40
0009	2.30
0010	2.60
0011	2.60
0012	2.70
0013	2.50
0014	2.50
0015	2.40
0016	2.10

A moétólt rajz szerinti a vezeték cseréje javasolt.

2. ábra

zására írtunk egy programot, amibe az előző programból át lehet vinni a mérési eredményeket.

A program funkciói:

- tárolja a csővezetékek főbb adatait;
- tárolja a mérési eredményeket, melyek csővezetékeként kiírhatók nyomtatóra, vagy képernyőre, mégpedig egy vezetéknek az utolsó 7 évi mérési eredményei kerülnek megjelenítésre mérési helyenként bontva;
- rendezés a vezeték kód alapján nagyság, illetve betűrend szerint;
- felhasználói trend meghatározása:

- megadja a tárolt vezetékerekre a program által számolt várható felhasználás évet, a mért helyek közül a kritikus helyet, valamint az erre a helyre számolt fogyási sebességet,
- képernyőre vagy nyomtatóra kiírható a kért évben várhatóan cserélendő vezeték listája.

Ez a mérési rendszer ugyanígy alkalmazható a tartály fenék-, palást- és tetőlemezek falvastagságmérésénél is.

* diagnosztikai főelőadó

Beszámoló a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumról

Fücsök Ferenc – Pintér László – Tarnai György

Mint az Anyagvizsgálók Lapja előző számából az olvasók számára kiderült, idén május 9–12. között rendezte meg a Gépipari Tudományos Egyesület a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumot. Az azonban már csak a szakmát régóta művelők előtt ismeretes, hogy pontosan 20 évvel ezelőtt, Győrben volt az első, akkor még nem sorszámozott, roncsolásmentes anyagvizsgáló és mérési szeminárium. A 20 éves évfordulót talán azért nem említettük a rendezvényen, mert a decimálisan gondolkodó rendezők a kilencedik szemináriumot nem akarták fordulópontnak hangsúlyozni.

A kétvétenként rendezett szemináriumok között kettő volt amit, a nagyobb nemzetközi rendezvények iránti tiszteletből egy évvel elhalasztottunk. Így a X. szeminárium 1997. márciusában lesz megrendezve, terveink szerint külföldi résztvevőkkel.

Aszemináriumot dr. Rittinger János, a GTE elnöke nyitotta meg, méltatva a roncsolásmentes anyagvizsgálatok és a vizsgáló személyzet jelentőségét. A rövid nyitó ünnepség után plenáris előadásokon a vizsgálatok általános helyzetéről kapott tájékoztatást a nagyszámú hallgatóság. Dr. Rittinger János az építmények (hidak, acélszerkezetű házak, emelőberendezések stb.) vizsgálatának újszerű problémáival foglalkozott. Dr. Konkoly Tibor a roncsolásmentes szakemberképzés harmonizációjának problémáiról és a jövő lehetőségeiről adott tájékoztatást. Véleménye szerint az EN 473 elismerése és szabványba iktatása csak az első lépés azon a hosszú úton, aminek akkor lesz vége, ha a magyar szakemberek mindenfajta bizonyítványát elismerik Európában.

Az elmúlt év őszén Nizzában rendezett 6. európai roncsolásmentes kongresszusról, az egyes szakterületek újdonságairól részletekbe menő ismertetést Fücsök Ferenc tartott. A szeminárium fő szponzora, az AGFA szakmai újdonságairól Lennartz úr tartott előadást, ami az általános témák mellett egy részterületre adott bepillantást.

A második és harmadik nap délelőttjén a hazai fejlesztések eredményeiről számoltak be a szerzők. Az előadások részletes ismertetésétől itt most eltekintünk, mivel azok az Anyagvizsgálók Lapja előző számában megjelentek.

A figyelmes hallgatóság számára kiderült, hogy a világban lejártszódó tendenciák ezen a szemináriumon is megmutatkoztak. Nevezetesen, általános törekvés volt tapasztalható a számítógépes jel- és adatfeldolgozás előnyeinek érvényesítésére valamennyi vizsgálati eljárásnál. Továbbá, az ultrahangos vizsgálat módszereiről és eszközeiről szolt a legtöbb előadás – elsősorban a Paksi Atomerőmű Rt. és az Erőkar Rt. anyagvizsgálóinak tolmácsolásában –, és ez volt a témája egy kerekasztal-megbeszélésnek is. Több, egymásra épülő előadásból átfogó képet kaphattak a résztvevők az atomerőművi reaktortartály gépi ultrahangos vizsgálatának új, a PA Rt. anyagvizsgálóinak aktív közreműködésével, külföldi és hazai szakértők bevonásával továbbfejlesztett, TriAs elnevezésű rendszerének felépítéséről és alkalmazásának kétéves tapasztalatairól.

Az örvényáramos módszer vizsgálati alkalmazása – elsősorban az AGMI Rt. munkatársainak előadásában – csökköteges hőcserélők, menetes furatok ellenőrzéséhez, felületi rétegek vastagságának méréséhez ugyancsak jelentős teret kapott.

A módszerek kombinált alkalmazására a tárolótartályok és föld alatti csővezetékek állapotellenőrzéséről szóló előadások nyújtottak hasznos tapasztalatokat. Érdekes volt megfigyelni, hogy a tárolótartályokról szóló 11/1994 sz. IKM rendelet megjelenése milyen szakmai pezsgést idézett elő.

A világban lejártszódó tendenciák ezen a szemináriumon abban is jelentkeztek, hogy a radiológiai témák száma csökken. Ennek ellenére az újdonság erejével hatott, és sok érdeklődőt vonzott a Sauerwein cég beszámolója a szelén-75 radioaktív izotóp alkalmazásáról.

Dr. Jung József az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat képviselőjében a sugárvédelem aktuális problémáiról tartott előadást. Többek között bemutatta azt is, hogy a sugárvédelmi szempontból nyilvántartott radiológusok száma milyen sajnálatos mértékben csökkent az elmúlt években.

A második nap délutánján két kerekasztal-beszélgetés volt a programban. Az elsőn a vizsgálólaboratóriumok, a tanúsító és ellenőrző szervezetek hazai akkreditálásnak helyzete volt a téma. A megbeszélés vitavezetője Pintér László, a GTE Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakosztály titkára volt.

A vitaindító, egyben tájékoztató előadást a Magyar Szabványügyi Hivatal képviselőjében dr. Ring Rózsa tartotta. Bevezetőjében áttekintést adott az 1988-ban, az Egységes Magyar Minőség tanúsítási Rendszer-el (MSZ-rendszer) megkezdett vizsgálólaboratórium akkreditálásról, kitérve a jog, és eljárási szabályozás helyzetére. Az előadás érintette a 42/1994. (III. 25.) Kormányrendelet hatálybalépését követően továbbfejlesztett tevékenységet is. Az MSZ EN 45000 sorozat szabványkiadványai alapján a Magyar Akkreditáló Testület (Hunat) létrehozása és működtetése, valamint Magyarország képviselője a nemzetközi és európai akkreditáláshoz kapcsolódó szervezetekben is az MSZH feladata.

Az akkreditálást az egységesség biztosítása érdekében az MSZH a vonatkozó szabványok alapján (MSZ EN 45000 sorozat) és a kidolgozott eljárási szabályok szerint folytatja. Az eljárási szabályokat a vizsgálólaboratóriumokra az AR-01, AR-03, AR-05, AR-06, AR-07, AR-08, AR-13, a tanúsító szervezetekre az AR-02, AR-04, AR-05, AR-06, AR-07, AR-08, AR-13 dokumentumok rögzítik, amelyek egységességben – az MSZH Szabványboltban beszerezhetőek. A Magyar Akkreditáló Testület működésére vonatkozó szabályok 1995. február 1-től érvényesek.

Az előadó röviden ismertette a laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálásáról szóló 1995. évi XXIX. törvény rendelkezéseit és a hatálybalépését követően felmerülő, a Nemzeti Akkreditáló Testület, az Akkreditálási Tanács, a szakmai akkreditáló bizottságok létrehozásával kapcsolatos feladatokat.*

A közel egyórás bevezető után a hozzászólások elsősorban az akkreditálás gyakorlati lefolytatását érintették az eljárás egyszerűsítése érdekében. Külön felvetették a hatósági vizsgálatot végző laboratóriumokra a hatóság általi kijelöléssel kapcsolatos követelményeket.

A második kerekasztal Tarnai György vezetésével, az ultrahangos vizsgálatok felhasználóbarát eszközeivel foglalkozott.

A téma kitűzése úgy látszik hasznos volt, mert mintegy 50 érdeklődő vett részt a megbeszélésen. A programot Vogt úr előadásával kezdtük el, aki a délelőtti előadását, amelyben cége termékeit és célkitűzéseit általános jelleggel mutatta be, a ScanMaster rendszer részletes jellemzésével egészítette ki.

A ScanMaster egy olyan szoftver csomag, amely a FlexiTrak kézi szkennelről és az UPI-50 ultrahangos berendezéssel együtt vizsgálórendszerként alkalmazható. A rendszer felépítése, flexibilitása és bővíthetőségei (pl. kombinálható az örvényáramos eljárással is) jellemzően felhasználóbarát filozófiát mutatnak. Az ismertetést sok kérdés követte, amelyek a műszaki lehetőségek mellett, a beszerzési paraméterek megismerésére is irányultak.

A bemutató hasznosságát emelte, hogy a cég szakember tájékoztatást adott termékeinek egy olyan területéről, amely az ultrahangos módszer, tágabb értelemben véve, a roncsolásmentes anyagvizsgálat alkalmazásának egyik jelentős fejlődési irányába tartozik. A kiegészítő elemek (pl.: szkennel, szoftver) fejlesztése, az alaptervezések, eszközök korszerűsítése mellett, jelentősen javíthatja az eljárások – műszaki és gazdasági szempontból fontos – alkalmazhatóságát. Ezért kívántuk a rendezvény lehetőségeit kihasználva keresni azokat a partnereket, akik ezt az igényt felismerve, a hazai fejlesztésekben részt tudnak, akarnak venni.

Ezt követően más cégek képviselői is hozzászóltak a témához. Sajnos a hozzászólások kevesebb műszaki elemet tartalmaztak a kívánatosnál. Elmaradt viszont – szervezési nehézségekre való hivatkozás-

* Időközben megalakult a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT), illetve a Nemzeti Akkreditálási Testület (NAT). (Lásd lapunk 108. oldalán.)

sal –, néhány olyan ismertetés, amely az előzetes megállapodás alapján meg volt hirdetve. Így is a vitát, a beszélgetést csak a vacsora kezdete miatt szakítottuk félbe.

A következő nap délutánján poszterelődásokat rendeztünk, melyeket két bemutató színesített. Az Erőkar Rt. a turbinalapátok számítógéppel támogatott ultrahangos vizsgálatát, a Gázművek Rt. pedig a radiográfiai felvételek számítógépes értékelését mutatta be. Az érdeklődők nagy élvezettel próbálták ki mindkét berendezést.

A szemináriumon, a szokásoknak megfelelően, kétnapos szakmai kiállítás is segítette a résztvevők tájékozódását az új eszközökben. A legnagyobb és legszebb kiállítási területet a szeminárium fő szponzora, az AGFA–Gevaert cég rendezte be. Kiállított még a Grimas Kft., a KBF Unió Kft., a KE–TECH Bt., a Panametrics, a Reform Szövetkezet és a Testor Bt., képviselve az összes, jelentős roncsolásmentes anyagvizsgáló készüléket és anyagot gyártó hazai és külföldi vállalkozásokat. A szeminárium résztvevői teljes áttekintést kaphattak az európai kínálatból és ízelítőt az amerikai technológiából.

A szeminárium zárása előtt, az utolsó program a „Roncsolásmentes anyagvizsgálók oktatása, képzése az MSZ EN 473 tükrében” című kerekasztal beszélgetés volt. A megbeszélést dr. Szabó Béla, a Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés (MHE) igazgatója vezette, és részt vett rajta Soós László okl. villamosmérnök, az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium Oktatási Osztálya képviseletében, valamint az utolsó napon szokatlanul nagyszámú, több mint 40 fő érdeklődő.

Dr. Szabó Béla elmondta, hogy a MHE megpályázta és megkapta a roncsolásmentes vizsgálók vizsgacentrumának működtetési feladatait. Véleménye szerint a feladatra azért alkalmas a MHE, mert ugyanilyen feladatokat lát el a hegesztőképzés területén, ami lényegesen nagyobb feladat. Az Egyesülés nem akar sem tanfolyamokat szervezni, sem az akkreditációs feladatokat ellátni, mert ez ellenkezik az európai normákkal, többek között az EN 473 szabvánnyal is. Az MHE ebbe az ügybe jelentős mennyiségű pénzt fektet be, amikor finanszírozza a tematikák elkészítését és tudja, hogy a vizsgadíjakból sokára kapja ezt vissza.

Kérdésre válaszolva dr. Szabó Béla elmondta, hogy a hegesztők képzéséhez hasonlóan, az Egyesülés kidolgoztatja az oktatóhelyekkel szembeni követelményeket és ezt szakértőivel ellenőriztetni is fogja.

Soós László úr kijelentette: az IKM örül, hogy jó helyen van a vizsgacentrum és gondosan kezelik a dokumentációt. Megígérte, hogy a Minisztérium lehetőségeihez képest támogatja a roncsolásmentes szakma európai elismertetésének és akkreditálásának folyamatát.

Dr. Rittinger János, a GTE elnöke elmondta, hogy a vizsgacentrum feladatainak maradéktalan ellátása esetén az MHE nagy szolgálatot tesz a roncsolásmentes vizsgálók szakmai rangjának növeléséért és európai elismeréséért. Ezért köszönetét fejezte ki.

Dr. Konkoly Tibor felhívta a figyelmet arra, hogy a nemzetközi érvényű bizonyítványok rangjához az is hozzátartozik, ha aláírója nemzetközileg is elismert szaktekinély.

Több hozzászóló részletes javaslatokat tett, amelyeknek közös célja az elért eredmények megőrzése, a szakmai rang devalválásának megakadályozása volt.

A megbeszélésen részt vett és a végén felszólalt a szeminárium két külföldi vendége is. *Obraz* úr, a Cseh Roncsolásmentes Szövetség elnöke elmondta, hogy náluk is hasonlóak a problémák és épp most sikerült megoldaniuk az akkreditáció problémáját. Létrehozta egy ezzel foglalkozó egyesületet, amelyhez jelentős anyagiakkal járultak hozzá az érdekelte iparvállalatok. Javasolta a példa követését és a közeli kapcsolatot tartást, hogy egységesen tárgyaljunk a nyugati akkreditációs szervezetekkel, valamint együtt vegyünk részt a német BAM anyagvizsgáló intézet által kezdeményezett és régióink akkreditációs feladatainak megoldását támogató AMOS-programban.

Markucic úr, a Horvát Roncsolásmentes Szövetség képviseletében elmondta, hogy hasonló megoldáson dolgoznak, mint a csehországi megoldás, és ő is szorgalmazta az együttműködést.

A szeminárium bezárása alkalmából dr. Rittinger János megköszönte a szervezők és résztvevők munkáját. Kért mindenkit, hogy az eddigieknél többet tegyen a roncsolásmentes anyagvizsgáló szakma megőrzéséért, mert felkészült vizsgálók nélkül a vevők kiszolgáltatottjai lesznek a kétes minőségű termékeknek és szolgáltatásoknak.

Az utolsó napon is kitaró nagyszámú résztvevő azzal búcsúzott a kellemes körülményeket nyújtó Hotel Flórától, hogy hamarosan találkozunk, 1997. márciusában, a X. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumon.

Kötelező alkalmazású szabványok

Az ipari és kereskedelmi miniszter 45/1995. (IX. 21.) IKM rendelete módosította az egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (XI. 8.) IKM rendeletet. A szakterületünket érintő néhány fontos változásra az alábbiakban hívjuk fel Olvasóink figyelmét.

A kötelező alkalmazású szabványok közé kerültek, többek között:

MSZ EN 473:1994 – Roncsolásmentes anyagvizsgálókat végzők minősítése és minősítés-tanúsítása

MSZ EN 19:1994 – Az ipari szerelvények megjelölése
A Hőerőművek víz- és gőzrendszerének kémiai vizsgálata főcímű szabványok, mégpedig az MSZ 12660–1:1977, a –21, –22, –23:1978, a –27:1979, a –28:1980, a –30:1978 és a –31:1979 számúak.

Törölték a kötelező alkalmazású szabványok közül, többek között:

MSZ–05–33.3036:1980 – Gázpalackacél. Minőség. Követelmények.

MSZ 25200:1986 – Csővezetékek ipari szerelvényeinek jelölése.

MSZ–09–10.0270:1984 – Önműködő gázelemzők szénbányák részére. Általános műszaki követelmények.

Érdeemes figyelmesen átnézni a változásokat!

RÖNTGEN- KÉSZÜLÉKEK

sötétkamrai, filmkiértékelő
és sugárvédelmi eszközök

FUJI IPARI RTG-FILM

Az Ön partnere
az anyagvizsgálatban

**GRIMAS® IPARI
KERESKEDELEM**

Tel.: 277-4470

Fax: 276-0557

VÁLASZ

Dr. Berke Péter és Dr. Michelberger Pál hozzászólásra

A Szerkezetek integritása, Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága című közleményemre írt hozzászólás (*Anyagvizsgálók Lapja 1995/2. p.94*) pusztán észrevétele is nagy örömmel szolgált. Úgy hiszem mindnyájan hasonlóan éreznék, hisz e tény már önmagában is azt jelenti, hogy a közlemények nem íródnak hiába, azt egyrészt olvassák, másrészt a gondolatokat értékeli, kiegészítik, avagy vitatkoznak azok helytállóságával. Ezen üdvözlendő szemléletmód az, amely véleményem szerint előbbre viheti szakmai életünket, amely megpezdítheti a „beosztás” tekintélyelv alapján kialakult szakmai kapcsolatrendszert.

A **Hozzászólás**-ban kiemelten két gondolatkörre érintenek: úgymint az **oktatási** és alapvetően a járműparhoz kapcsolódó **szakmai** kérdéseket.

Ami a szerkezetek üzemeltethetőségi feltételeinek – a **szerkezet integritásának** – megítéléséhez kapcsolódó **oktatást** illeti, jelentőségét nem lehet túlhangsúlyozni – magam is 26 évet töltöttem eddig e pályán. Öröm számomra, hogy egyformán gondolkozunk. Hogy mennyire, annak érzékeltetésére álljanak itt a következő tények:

1. Az oktatás korszerűsítéséhez kapcsolódóan ez évben beadott MKM pályázatomban szakmai célja, indoklása:

„A hazai nagyberuházások, létesítmények (vegyipari-, olaj- és gázipari-, bányászati szerkezetek, üzemcsarnokok, csővezetékek, nyomástartó rendszerek, erőművek számottevő része, azok gépészeti egységei stb.) telepítésének döntő hányada hazánk történelmének jól meghatározott periódusára, az 1950-es évekre koncentrált. Ezek további üzemeltethetősége (amely a „lebontani – avagy meghatározott feltételek mellett továbbra is üzemben tartható” kérdés eldöntésében csúcsondik ki) csakis komplex ismeretek birtokában ítéhető meg korrekt módon. **Ez a klasszikus** gépészmérnöki, közgazdaságtudományi, környezetvédelmi és jogi **képzésben oktatott tudásanyag valamilyen arányának bázisán realizálható**. Teljesen analóg módon kell gondolkodni új létesítmények telepítése során is. Az említett négy tudományterület szakembereinek bevonásával készített, mintegy 50 főre kiterjedő felmérés eredménye szerint arra a kérdésre, hogy „**megítélése szerint milyen ismereteket, és milyen arányban követelne meg egy szakembertől annak eldöntésére, hogy egy nagy átmérőjű olajvezeték, egy vegyipari üzem, erőmű stb. gépészeti berendezései a tervezési időt meghaladóan is üzemeltethetők-e tovább, ha igen milyen feltételek mellett?**” a következő válaszok születtek:

– gépészmérnöki ismeretek	50±8%
– közgazdaságtudományi ismeretek	19±5%,
– környezetvédelmi ismeretek	16±4%, és
– jogi ismeretek	15±7%.

Az egyes tudományterületek szerepét illetően a klasszikus

– **gépészmérnöki tudományoknak** választ kell adni azokra a kérdésekre, hogy a rendszer adott állapota milyen diagnosztikai vizsgálatokkal mérhető fel, az üzemeltetés során a felhasznált anyagokban milyen károsodás következett be, milyen volt a terheléskép, ez milyen mértékben használta ki a beépített anyagokban rejlő lehetőségeket,

– a **közgazdaságtudományra** alapozottan, annak elméleti és gyakorlati módszereinek ismeretében mérlegelni kell az üzemeltethetőség-lebontás (megszüntetés) döntés általános gazdasági kihatását,

– a **jogi** szabályozásra alapozottan a döntések jogi következményeit,

– a **környezetvédelmi** ismeretek birtokában el kell tudni végezni egy esetleges meghibásodás által előidézett „környezeti hatás elemzését”, amely magába foglalja a lehetséges károsodások körének felmérését és a regeneráció módjait kidolgozását.

A tervezett kutatási program célja az előzőekben részletezett tudományterületek szakembereinek bevonásával a következő feladatok megoldása:

– az adott tudományterületek keretében oktatandó ismeretanyag összeállítása, kiválasztása,

– e területekhez kapcsolódó nemzetközi tapasztalatok összegyűjtése,

– egy posztgraduális képzés tantervének elkészítése annak

figyelembevételével, hogy ez mennyiben realizálható egyrészt a távoktatási módszerek, másrészt a kreditpont-rendszer bevezetésével, (az elnyújtott képzési lehetőség biztosításával),

– egy graduális szintű képzés tantervének elkészítésével,

– a kidolgozott tantervek idegen nyelven (döntően angol és német) való realizálás lehetőségeinek felmérése (alapvetően a SOCRATES és LEONARDO programokhoz való csatlakozás elősegítésére),

– a kidolgozott tantervek nemzetközi megismertetése.”

2. A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán **Szerkezetek integritása** címmel akkreditált PhD képzésre alprogram van meghirdetve (ez hazánkban az egyetlen ilyen program, és jelenleg 5 hallgató választotta ezt a szakirányt).

3. A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karának oktatási programjában szerepel egy **Szerkezetek üzemeltetése** c. kiegészítő program, amelyet a nappali szakos hallgatók az utolsó két évben választhatnak.

4. Az **European Structural Integrity Society** munkájában a miskolci kollégák igen intenzíven bekapcsolódtak.

5. Az 1993 késő őszén alakult **International Society for Technology, Law and Insurance** (ISTLI) alapító tagjaként az e területre kapcsolódó nemzetközi tevékenység tapasztalatait igen jól hasznosíthatjuk a hazai képzés, oktatás formálásában.

6. A **Teaching and Education in Fracture and Fatigue** címmel indított nemzetközi szeminárium-sorozat eddigi rendezvényeinek (Bécs 1992. és 1995., Miskolc 1993. és 1994.) tapasztalatai ugyancsak kellően segíthetik a szerkezetek integritásának megítéléséhez kapcsolódó ismeretek **szaktárgyi szintű** megjelenítését.

Az előző néhány tény kiemelését azért tartottam szükségesnek, mert mélyrehatóan egyetérték a szerkezetek üzemeltethetőségének, biztonságának, megbízhatóságának, élettartamának megítéléséhez kapcsolódó **általános mérnöki szintű képzés** megindításával. Most, amikor az ipar helyzetéből, állapotából adódóan a specializált szakember iránti igény nehezen prognosztizálható, egyre inkább szükség van az általános mérnöki szemléletű szakemberekre, az olyanokra, akik képesek az egy-egy konkrét szerkezet állapotának felméréséhez kapcsolódó anyag-tudományi, diagnosztikai és kontinuummechanikai ismereteket kezelni és a további üzemeltethetőség igen/nem kérdésének mérlegelésénél a döntés környezetvédelmi, jogi és közgazdasági aspektusait is felmérni. A szerkezetek alaptípusaitól függő specializálódás pedig szakmérnöki kérdésben realizálható (pl. a járműveknél és hidaknál a rezgésdiagnosztika, kifáradás a legkülönbözőbb terhelési feltételek mellett, környezeti hatás, avagy a nyomástartó rendszereknél a korrózió, az üzemeltetés körülményeinek szerepe stb.).

Meggyőződésem, hogy ez az a terület, amelyen mint oktatók igen sokat tehetünk és tennünk is kell, még akkor is, ha tudjuk mit jelent egy-egy történelmileg kialakult alap oktatási struktúra módosítása. Közös célunk megvalósításának mikéntje érdekében pedig engedjék meg, hogy idézzem **Michelberger** professzor úr egy mondatát: „**Záró gondolatként engedjék meg, hogy ismétellen kiemeljem a tudományos kutatási területek és kutatóhelyek szoros kapcsolódását, szoros egymásra utalt-ságát**”

Bízom abban, hogy közös, avagy közösen meghirdetett kurzusokkal (nappali, szakmérnöki, mérnök-továbbképző) igazolhatjuk az előző mondata igazságtartalmát, amelyet magam is teljes meggyőződéssel vallom.

A Hozzászólás-ban említett **szakmai** megjegyzések mindegyike helytálló és egyenesen következik az adott szerkezet konstrukciós és üzemeltetési sajátosságaiból.

Dr. Tóth László

* Michelberger Pál: Járműgyártás és járműdinamikai kutatások. Akadémiai szakfoglaló. 1983. március 1. Értekezések, Emlékezések. Akadémia Kiadó, Budapest, 1984. 56. p.