

Hajtűcsövek íveinek ellenőrzése örvényárammal

Laufner Nándor – Kulcsár Tibor – Skopál István*

Bevezetés

A különböző hőcserélők nagy hányadát ún. hajtű, azaz U alakúra hajlított csövekkel készítik. A gyártás egyik kritikus lépése a hajlítás, amelynek során többféle hiba is kialakulhat a deformált csőszakaszban, főleg akkor, ha kicsi a hajlítási sugár. Ilyen a túlzott ovalítás és a falvékonyodás, illetve az anyag meggyűrődése, amely mind a csőfal gyengülését eredményezi. (Nem szabad elfelejteni, hogy a hőcserélőcsövek többsége nyomástartó edény!) Az, hogy mi számít túlzottnak, a konkrét készüléktől, az üzemeléskor benne uralkodó nyomás- és hőmérsékletviszonyoktól függ, természetesen. Annak ellenőrzése, hogy a fenti típusú, nemkívánatos deformációk megfelelő – rendszerint a tervezők által előírt – korlátok között maradtak-e, szemrevételezéssel és mechanikai vagy ultrahangos mérésekkel viszonylag könnyen megoldható.

Nehezebb feladat a hajlított szakaszokban esetleg létrejött repedések kimutatása. A terhelés hatására továbbterjedő repedés a legveszélyesebb hibafajta, amivel hajtűcsövek gyártása közben számolni kell. Hangsúlyozandó, hogy repedések az eredetileg a gyártómű által bevizsgált és annak megfelelően műbizonylattal ellátott csőszálak hajlításakor is keletkezhetnek. Jogos tehát az igény, hogy a hajtűcsövek íveinek repedésmentességét valamilyen, netán többféle, roncsolásmentes eljárással ellenőrizzék. Ezek közül kettő – a nyomáspróba és az örvényáramú vizsgálat – kellően univerzális, mind a csövek anyagát (mágnesezhető – nem mágnesezhető), mind a repedés pozícióját (felületre kitévő – felület alatti) tekintve.

Mivel azonban a hagyományos víznyomáspróbalával csak a már meglévő szivárgási helyek (lyukak és belső palásttól külső palástig húzó repedések), vagy a nyomáspróba alatt éppen átszakadásig szétnyúló repedések deríthetők fel, egyes alkalmazásoknál – a nagyobb biztonságra törekvés jegyében – manapság már előírják az örvényáramú vizsgálatot is.

A következőkben az e célra kidolgozott módszerünket mutatjuk be.

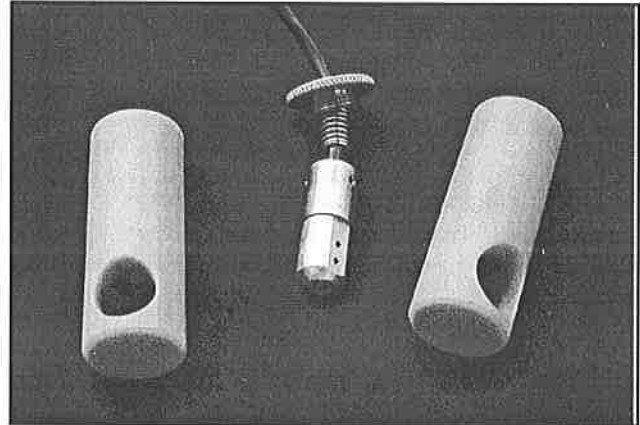
Szegmens-szondás kézi vizsgálat

Hőcserélők csöveinek üzemközi ellenőrzésében régóta nagy szerepet játszik a belső szondás örvényáramú módszer. A tapasztalatok szerint flexibilis (pontosabban szólva: flexibilísen megvezetett) szondával az U alakú csövek ívei is vizsgálhatók így, ha az R hajlítási sugár nagyobb, mint a cső D_b belső átmérőjének (5-8)-szorososa: $R > (5-8)D_b$. Nagyobb görbület esetén viszont már nem biztosítható a kellő hibaérzékeltség, mert az íven csak túl kis átmérőjű szondát lehetne mozgatni.

Hajtűcsövek íves szakaszainak – gyártásközi – ellenőrzéséhez ezért külső, tapintószondás technológiát dolgoztunk ki. Hozzá érzékeny szegmens-szondát készítettünk (gyártó: Test Maschinen Technik GmbH.), amely tetszőleges irányú repedések kimutatására alkalmas. A szonda sajátossága, hogy hatásos szélessége – azaz: a vele egyidejűleg vizsgálható sáv szélessége – kicsi. 19 mm-es csőnél, például, kb. 3 mm, tehát a teljes palást átvizsgálásához sok alkotó mentén kell végighúzni a szondát. (A hatásos szélesség függ a csőátmérőtől, mert azzal együtt változik a fémfelület-szonda távolság.)

Mivel a szondamozgatás gépesítése az adott feladatnál körülményes és költséges lenne, legfeljebb hosszabb távon és nagy tételeknél válna kifizetődővé, kézi vizsgálatot terveztünk és valósítottunk meg.

A kézzel vezetett szonda azonban csak akkor ad korrekt eredményeket, ha mozgás közben a szondának mind a fémfelülettől mért távolsága, mind a felülethez viszonyított dőlésszöge állandó, sőt minden munkadarabnál és referencia próbatestnél (etalonnál) azonos értékű. Ezt speciális, rugós befogóval oldottuk meg, amellyel – egy adott hajlítási sugarú csőnél is – változó felületi görbület és az ovalítás ellenére betarthatók a fenti feltételek (1. ábra). A különböző hajlítási sugarakhoz különböző befogókat kell illeszteni.



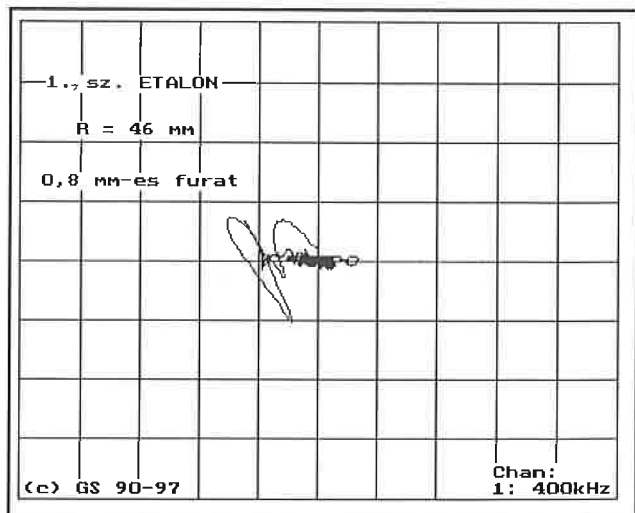
1. ábra. Csővek vizsgálatához készített szegmens-szonda és befogói

Etalonjelek, érzékenység

A 2.–5. ábrák regisztrátumai demonstrálják a szonda, ill. a módszer használhatóságát, mind ausztenites, mind ferrites acélcsövek esetén.

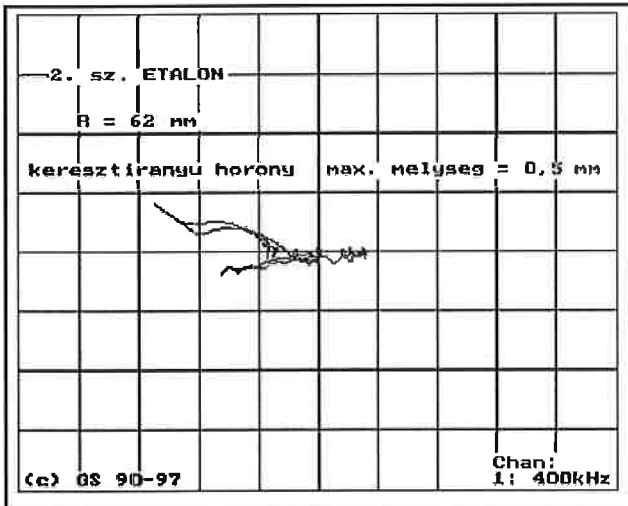
Az etalonokban a repedéseket hossz- és keresztirányú (a csőteneggel párhuzamos, ill. arra merőleges) hornyok, a lyukakat pedig furatok modellezik. A hornyokat keskeny tárcsával (szélesség = 0,2 mm, rádiusz = 20 mm) vágják, tehát fokozatosan mélyülnek.

A legfigyelemreméltóbb az, hogy a max. 20%-50% mélységű hornyok jelei a zajból világosan kiemelkednek és az 0,8 mm-es furat jele igen pregnáns. Ez persze a jól megválasztott vizsgálati paramétereknek

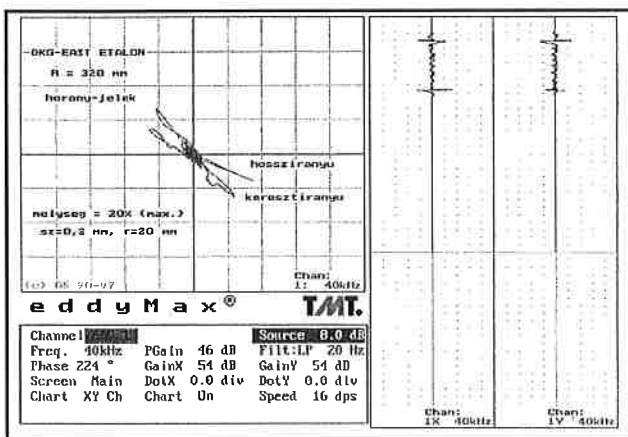


2. ábra Furatjel $\varnothing 19 \times 1$ mm-es ausztenites csőnél

* AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.



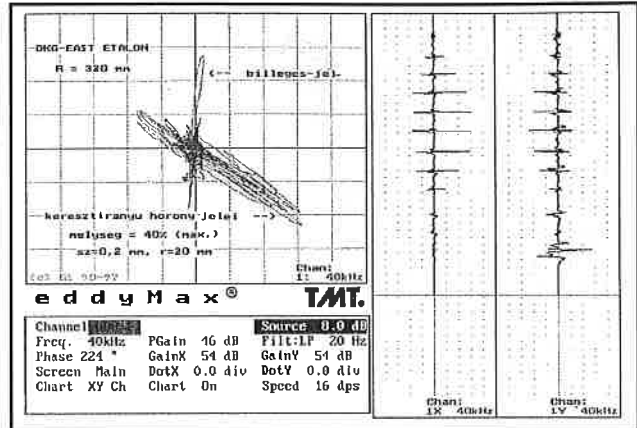
3. ábra. Keresztirányú horony jele Ø 19 x 1 mm-es ausztenites csőnél



4. ábra. Horonyjelek Ø25 x 2,5 mm-es ferrites csőnél

is köszönhető, amelyek révén a mesterséges hibák jelei, ill. az óhatatlanul előforduló szondabillegésből és a felületi egyenetlenségektől származó zavarjelek fázishelyzet szerint egyértelműen elkülönülnek. Ezen túlmenően, amint az a vektordiagramokon látható, a hossz-, ill. keresztirányú repedések is megkülönböztethetők egymástól, jeleik fázishelyzete alapján.

Az 5. ábra a jel nagyság és a szonda által „érett” átlagos horony-



5. ábra. Szondabillegésből származó jel és horonyjelek szétválása, illetve a változó horonymélység hatása a jelkomponensekre Ø25 x 2,5 mm-es ferrites csőnél

mélység összefüggését is mutatja. A felvétel úgy készült, hogy a szondát egymás után több alkotó mentén elhúztuk egy keresztirányú horony fölött, miközben a készülék X(t) és Y(t) idődiagramon (is) rögzítette az egyre növekvő, majd csökkenő jelkomponenseket.

Összefoglalás

Érzékeny, kézi, szegmens-szondás örvényáramú módszert dolgoztunk ki hajtűcsövek íves szakaszainak repedésvizsgálatához. A módszer egyaránt alkalmas mágnesezhető és nem mágnesezhető anyagú csövek hajlítás utáni ellenőrzésére. A helyes szondatartást és -vezetést a csőátmérőhöz és a hajlítás sugárához illesztett rugós befogóval biztosítottuk.

Több, mint 3000 db cső vizsgálata után az alábbiakkal jellemezhetjük a módszert:

- Érzékenység: 0,05 mm mély karc, ill. 2 mm átmérőjű és 0,02 mm-nél vékonyabb revelt már észrevehető volt.
 - Vizsgálati sebesség: 1-3 perc/cső Ø25 mm alatt és R<100 mm mellett, a felület minőségétől és az ovalitástól függően.
- Előnyként említendő, hogy a zaj mértékéből (feltéve persze, hogy nem a vizsgált gyakorlatlanságából vagy a befogó kopottságából fakad) következtethetünk a vizsgált szakasz minőségének egyenletességére. Végezetül elmondható, hogy a tárgyalt örvényáramú módszer hatékonyságban és költségeiben is versenyképes társa a nyomáspróbának, miközben hibakimutató képessége felülmúlja az utóbbit.

A mágneses tér nagy érzékenyséű mérési módszere és alkalmazása az elektromágneses roncsolásmentes anyagvizsgálatban

Vértessy Gábor*

Az elektromágneses elven alapuló roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekre igen nagy igény van, széles körben alkalmazzák azokat sokféle feladat megoldására. Az alábbiakban a mágneses tér olyan új mérési módszereit mutatom be, amelyek az intézetünkben kifejlesztett mérési technikán alapulnak, és alkalmasnak látszanak arra, hogy a jelenleg ismert eljárásoknál érzékenyebb és megbízhatóbb módszert illetve mérőberendezést hozunk létre a fémszerkezetek repedéseinek és anyagszerkezeti hibáinak felderítésére.

A mágneses tér méréséhez alkalmazott módszer (Fluxset) a hagyományos fluxgate magnetométerek egy speciális változatának tekinthető,

és számos előnye van azokkal szemben. Egyen, és alacsony frekvenciájú, 1 nT – 500 µT közötti erősségű mágneses terek mérhetők segítségével, egyszerű áramköri kivitelű vezérlés és egyszerű mechanikai felépítésű mérőszonda alkalmazásával, amelyek ugyanakkor nagy stabilitást is biztosítanak, és szélsőséges körülmények között is üzemeltethetők.

Ez a mérési eljárás alkalmas az örvényáramú effektuson alapuló roncsolásmentes anyagvizsgálati mérésekre. A módszer fő előnye és újszerűsége a mágneses tér nagy érzékenyséű mérésének és a hagyományos örvényáramú módszerek kombinálásán alapul, amely egyrészt igen nagy érzékenységet biztosít, és ezáltal kisebb hibák is kimutathatók, másrészt lehetővé teszi a gerjesztési frekvencia jelentős

* MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf.: 49.