

Miért a felületi hibák vizsgálata a fontosabb?

Dr. Tóth László*

Bevezetés

A mikroelektronika rohamos fejlődése robbanásszerű változást idézett elő a roncsolásmentes vizsgálatok reprodukálhatóságának javulásában. Különösen igaz ez az ultrahangos vizsgálatokra, ahol mind a vizsgálat paraméterei, mind pedig a regisztrált jelek digitálisan tárolhatók; ebből következően bármikor azonos feltételekkel a vizsgálatok megismételhetők, illetve újabb értelmezési módszerek megjelenésével a tárolt hibajelek információtartalma értékelhető. Hasonló fejlődés tapasztalható a radiológiai jelek digitális feldolgozásával, hisz a számítógép segítségével tárolt képek információtartalma ugrásszerűen megnőtt a hagyományos vizuális, esetleg „feketedésmérés” alapján végzett értékeléshez képest. Mindkét említett terület azonban olyan szakembereket kíván, akik járatosak egyrészt a roncsolásmentes vizsgálatok, másrészt a számítógépes technika területén.

Hazánkban a roncsolásmentes vizsgálat kialakulása és felfutása az 50-es évek második felében indult meg és a „virágkorát” a 70-es években érte el. Ekkor számos igen jól képzett szakember tevékenykedett a nagyberuházásokat megvalósító hazánk iparában. E korra alapvetően a radiológiai vizsgálatok és a manuális ultrahangvizsgálatok jellemzőek. A bevezetőben említett „digitális bázisú” roncsolásmentes vizsgálatra való áttérés napjainkban jelentős problémát jelent, hisz egyrészt egyetemenként a roncsolásmentes anyagvizsgálat oktatására a tantárgyakban igen kevés idő jut, másrészt a korábban (10–15 éve) végzett és praktizáló szakemberek számítógépes ismeretei, illetve „affinitásuk” e területhez természetes emberi adottságból adódóan jelentősen elmarad a ma végzett hallgatók mögött. Ezek a nagy számok törvényei alapján tények, amelyek figyelmen kívül hagyása csupán „strucc-politika”. Én meg vagyok győződve arról, hogy van a roncsolásmentes vizsgálatnak egy olyan területe, amely egyrészt igen-igen fontos, másrészt pedig a korábban végzett és napjainkban még praktizáló szakemberek ismeretei nagyon jól hasznosíthatók. Ez pedig a felületi vizsgálatok területe.

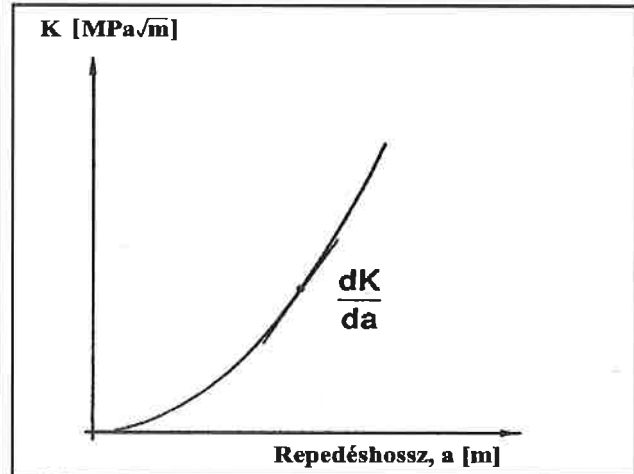
E rövid közleményben egyrészt a felületi vizsgálatok fontosságára kívánom felhívni a figyelmet a törésmechanika gyakorlati alkalmazásának szemszögéből, másrészt rá kívánok mutatni arra, hogy a világ egyik vezető intézetének, a *The Welding Institute* tanfolyamaiban milyen döntő súllyal jelentkeznek a felületi vizsgálatok.

A hibák veszélyességének megítélése

Az teljesen nyilvánvaló, hogy a folytonossági hiányok közül *legveszélyesebbek a repedésszerű hibák*. Ezek környezetében kialakuló viszonyok a törésmechanika elveinek alkalmazásával invariáns mennyiségekkel leírhatók (pl. feszültségintenzitási tényező, J-integrál, repedés kinyílás). Az anyagok repedés megindulásával szembeni ellenállása próbatesteken végzett vizsgálatokkal meghatározhatók, következésképpen a biztonsági tényező értéke számítható a repedés figyelembételeivel is, amely nem más mint az anyagjellemző (a fenti mennyiségek kritikus, a repedés megindulásához tartozó értéke) és a repedéscsúcs környezetének leírására használt mennyiség adott körülményekre vonatkozó értékének hányadosa. Amennyiben a roncsolásmentes vizsgálatnál egy, vagy több repedést, repedésszerű hibát észlelünk, természetes kérdésként jelentkezik az, hogy az mennyire veszélyes, illetve több repedés esetén melyik és hányszor veszélyesebb, milyen rangsort tudunk felállítani? Hogyan függ ez a terhelés jellegétől (statikus, avagy ismétlődő). E kérdések – mint ahogy erre korábbi közleményekben rámutattam [1-3] – a törésmechanika elveinek következetes alkalmazásával megválaszolhatók. Az elvek rövid megismétlésével szeretnék rámutatni arra, hogy a felületi hibák számottevően veszélyesebbek mint a belső hibák.

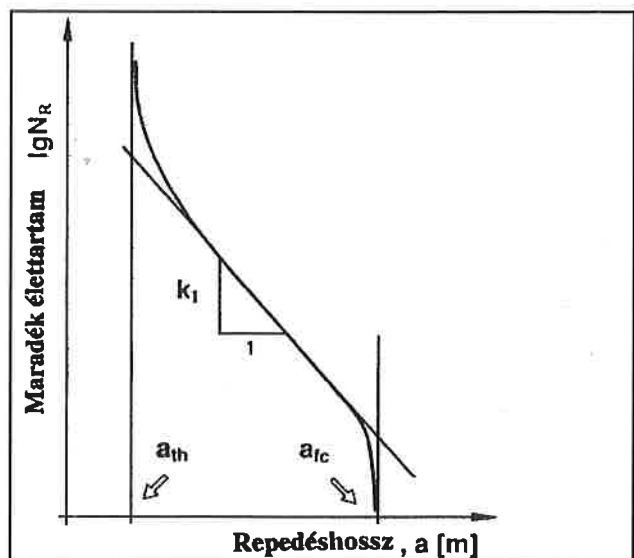
A kvázistatikus terhelésű szerkezeteknél a repedésszerű hiba környezetében kialakuló viszonyok jól jellemezhetők azon törésmechanikai mennyiségekkel, amelyek magukba foglalják a szerkezeti elem ter-

helését, geometriáját, a hibák alakját, méretét és elhelyezkedését, valamint az anyag jellemző tulajdonságait. Ilyen mennyiség pl. rideg anyag esetén a feszültségintenzitási tényező (K). A feszültségintenzitási tényező az anyagjellemzők közül csak a rugalmassági moduluszt tartalmazza, ezért a legkülönbözőbb kialakítású és terhelésű szerkezeti elemekben lévő repedések környezetében kialakuló feszültségintenzitási tényező számítható. Az 1. ábra egy adott terhelésű, adott geometriájú elemben kialakuló feszültségintenzitási tényező változásának a jellegét szemlélteti a repedés hosszának függvényében.



1. ábra A feszültségintenzitási tényező változásának a jellege a repedéshossz függvényében egy adott geometriájú és terhelésű szerkezeti elemnél.

Az 1. ábra kapcsán két megállapítást is tehetünk. Egyrészt azt, hogy minél meredekebb az adott pontban az érintő, annál nagyobb a repedéshossz egységnyi növekedésének a hatása a feszültségintenzitási tényező változására, azaz a biztonsági tényező erőteljesebben csökken. A derivált maga tehát a repedés veszélyességének – a szerkezeti elem repedésérzékenységének – jellemzésére alkalmas, mivel ez minden esetben egy konkrét számérték. A pusztá számokkal jellemzett viszonyok összehasonlítása pedig egyszerű.

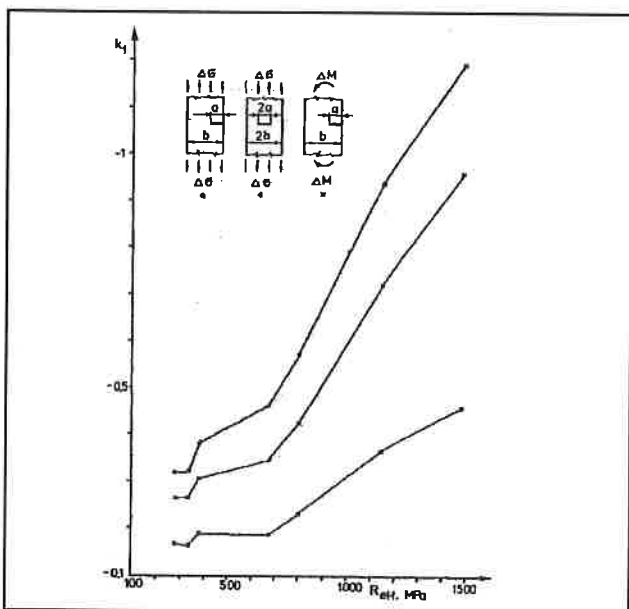


2. ábra A maradék élettartam logaritmusának a repedéshossz függvényében ismétlődő terhelésű szerkezeti elemeknél

* Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék

Az 1. ábra kapcsán tehető másik megállapítás pedig az, hogy a terhelés (a feszültség) növekedésével a hibák veszélyessége fokozódik. Mivel a feszültségintenzitási tényező értéke a terheléssel (feszültséggel) egyenesen arányos, ezért a feszültség növekedésével a hiba veszélyessége is lineárisan növekszik. Részletes elemzésekkel az is kimutatható, hogy a felületi hibák a legveszélyesebbek éppen abból adódóan, hogy általában a felületi rétegben ébrednek a legnagyobb feszültségek (kivéve azokat az eseteket, amikor valamilyen módon maradó feszültségek is keletkeznek pl. hegesztés, hőkezelés, felületi képlékeny alakítás).

Az ismétlődő terhelésű szerkezeti elemek repedésérzékenysége is definiálható a repedéshossz egységnyi megváltozásával előidézett maradékélettartam-változás segítségével [1-3]. Ezt szemlélteti a 2. ábra, ahol a repedésérzékenységet a k_1 jelöli. A korábban ismertetett számszerűen kidolgozott példák közül [1-3] a 3. ábrán a különböző folyáshatárú anyagokból készült és azonos méretű felületi vagy belső repedést tartalmazó húzott illetve hajlított elemek repedésérzékenysége látható, abban az esetben, ha az ismétlődő feszültség értéke a mindenkori folyáshatár 75%-a.



3. ábra A repedés terjedési érzékenysége általánosan jellemző k_1 értékek a folyáshatár 75 %-ára ismétlődő húzásra vagy hajlításra igénybe vett, azonos méretű felületi vagy belső repedést tartalmazó, eltérő minőségű acélból készült lemezekre

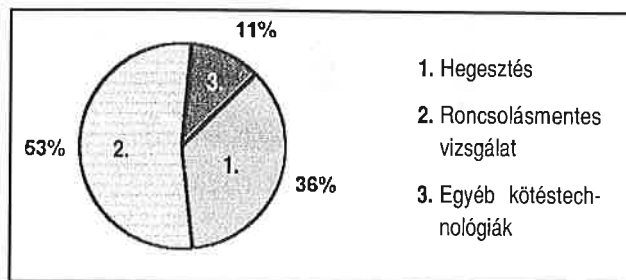
A 3. ábrát szemlélve megállapítható, hogy
 – a felületi hibák lényegesen (2–2,5)-ször veszélyesebbek, mint a belsők,
 – az anyagok szilárdságának növekedésével a szerkezeti elemek repedésérzékenysége növekszik,
 – húzott szerkezeti elemekben a felületi repedés veszélyesebb, mint a hajlítottban.

Megítélés szerint az előzők egyértelműen bizonyítják azt, hogy a felületi hibák veszélyesebbek, mint az anyag belsejében lévők, következésképpen ezek vizsgálatára nagyobb gondot kell fordítani. Ennek nyilvánvalóan tükröződnie kell abban is, hogy a szakemberek képzése kapcsán erre nagyobb gondot fordítanak.

Az ideai TWI-tanfolyamok tematikai elemzése

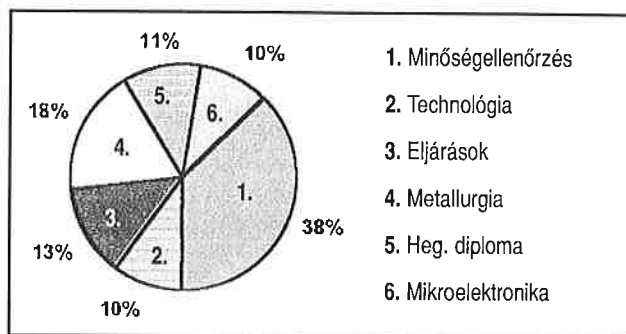
A világszerte ismert és elismert angol hegesztési intézet, The Welding Institute (TWI) 1996. évben 348 tanfolyamot hirdetett meg. Ezek tematikai megoszlását a 4. ábra szemlélteti.

Az ábra jól szemlélteti, hogy a súlypontot a roncsolásmentes vizsgálatokhoz (53%) és a hegesztéshez (36%) kapcsolódó tanfolyamok



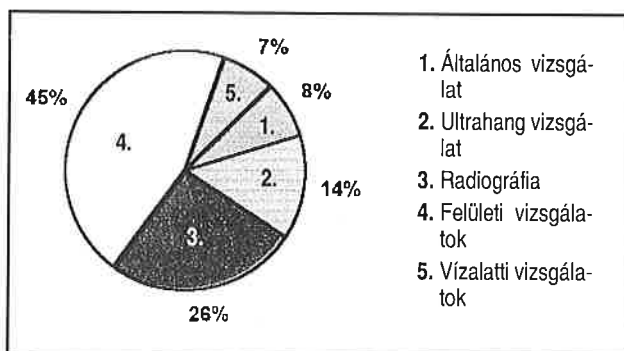
4. ábra A TWI-tanfolyamok megoszlása a tematika szerint (348 tanfolyam 1996-ban)

adják. A hegesztésen belül meghatározó a minőségellenőrzéshez és a felületelehez tartozó tanfolyamok száma (36%=48) tanfolyam. Ezt szemlélteti az 5. ábra.



5. ábra A TWI tanfolyamok megoszlása a hegesztés területén

A roncsolásmentes vizsgálatok közül a felületi vizsgálatok döntő súllyal rendelkeznek. Ezt híven tükrözi a 6. ábra. A számértékek összevetéséből az is látható, hogy a két „hagyományos”, a radiológiai- és az ultrahangos vizsgálatokhoz kapcsolódó tanfolyamok összesen kisebb arányt képviselnek mint önmagában a felületi vizsgálatok.



6. ábra A TWI tanfolyamok megoszlása a roncsolásmentes vizsgálatok területén

E tény egyrészt alátámasztja mindazt, amit a felületi hibák veszélyességének törésmechanikai elvek felhasználásával végzett elemzése kapcsán említettünk, másrészt azt, hogy a képzésben igenis nagy szerepet kell szánni a felületi hibák feltárásához, azok értékeléséhez kapcsolódó módszerekre. A hazai képzés struktúrájában is tükröződnie kellene ennek a szemléletnek.

Összefoglalás

Az ismertetett megfontolások, a bemutatott eredmények és tapasztalatok birtokában az alábbi megállapítások tehetők:

1. A törésmechanika elvek következetes alkalmazásával lehetőség van a különböző repedészerű hibák veszélyességének számszerű jellemzésére és ezáltal azok veszélyességének egyértelmű rangsorolására.

2. A felületi hibák számottevően veszélyesebbek, mint a belső hibák.
3. A felületi vizsgálatok szerepe, az előzőkből következően, jelentős, amit a roncsolásmentes vizsgálatokhoz kapcsolódó hazai képzések szervezése, tematikáinak kidolgozása kapcsán hangsúlyosabbá kell tenni.
4. A világszerte ismert és elismert *The Welding Institute* által szervezett 1996. évi tanfolyamok tematikáiban az előzőekben tett megállapítások maradéktalanul tükröződnek.
5. A jól felkészült, hosszú ideje roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozó, a számítógépes ismerteket nehezebben befogadó szakem-

berekből a felületi vizsgálatokat végzők igen nivós csoportja alakítható ki hazánkban.

Irodalomjegyzék

- [1] Tóth L.: Szerkezetek megbízhatósága. Törésmechanika-roncsolásmentes vizsgálat. Anyagvizsgálók Lapja. 1994/3. p. 67-70.
- [2] Tóth L.: Szerkezetek integritása – Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága. Anyagvizsgálók Lapja. 1995/1. p.8-10.
- [3] Tóth L.: Hegesztett kötések megbízhatósága, a hibák veszélyességének megítélése. Hegesztéstechnika. 1995/4. p.3-7.

Nagyobb szilárdságú acél – nagyobb kockázat – fokozott követelmények

Dr. Karsai István – Dr. Ginzler János

Az érdeklődés és az igény a nagy szilárdságú, egyben elegendően szívós szerkezeti acélok iránt, az egyéb, pl. szálerősítéses kompozit anyagok előretörése ellenére, változatlan; egyes területeken még ma is az acél a meghatározó szerkezeti anyag.

Megújult az acélgártás, az anyagok nagy megbízhatósággal állandó minőségben állíthatók elő; ugyanakkor jelentősen megváltoztak a feldolgozó, hőkezelési technológiák is.

A téma gazdasági és műszaki szempontból egyaránt fontos, mert a nagyobb szilárdságú anyagból könnyebb önsúlyú szerkezet készíthető, miközben a kisebb falvastagság növekvő biztonságot jelent a ridegtöréssel szemben.

A szilárdság növelésére elméletileg sokféle lehetőség van. Nagyon leegyszerűsítve a kérdést, ezek négy fő csoportba sorolhatók (1. ábra). A viszonylagos egyszerűsége miatt közülük kézenfekvő az ötvözés nyújtotta lehetőségek kihasználása.



1. ábra. A szilárdságnövelés elvi lehetőségei

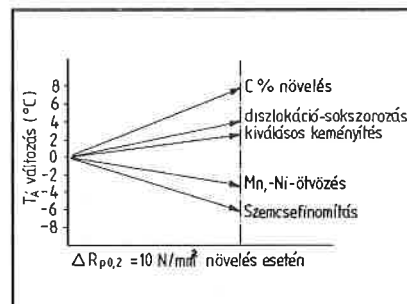
A ferrit szilárdsága jelentős mértékben növelhető a ferritben oldódó ötvözőelemekkel. A legnagyobb szilárdságnövekedést közismerten az intersticiósan oldódó karbon okozza. A széntartalom növelése azonban csak viszonylag szűk határok között lehetséges, mivel az a szívósságot csökkenti és edződési veszéllyel jár. Ugyanakkor például a szubsztitúciósan oldódó nikkal beötvoztése a szilárdságot és a szívósságot is növeli. Még kedvezőbb a szemcsefinomító hatású ötvözők használata.

A gyakorlatban igen sokféle nagy szilárdságú acélt fejlesztettek ki. A következőkben ezek közül csak a hegesztett szerkezetekben alkalmazásra kerülő növelt szilárdságú acélok kapcsolatos egyes problémákkal foglalkozunk.

Növelt szilárdság – hegesztés – törés

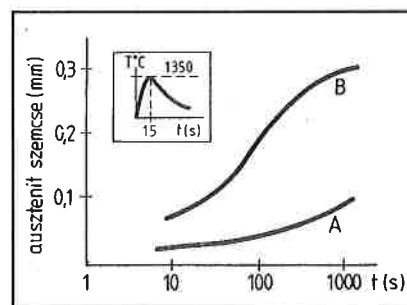
A hegesztett szerkezetekben különösen fontos követelmény, a törési veszély elkerülése érdekében, a megfelelő szívósság, vagyis hogy az acél ellenálló legyen a repedés keletkezésével, valamint a repedés terjedésével szemben is.

A 2. ábra azt mutatja be, hogy 10 N/mm² folyáshatár-növekedést eredményező különféle szilárdságnövelő technikák milyen hatással vannak a kritikus átmeneti hőmérsékletre [1]. Látható, hogy a lehetőségek közül a finom szemcse szerkezetet biztosító technika adja a legkedvezőbb eredményt.



2. ábra. A szilárdságnövelő technikák hatása az átmeneti hőmérsékletre

Ebbe a csoportba tartoznak a különlegesen dezoxidált, csökkentett széntartalmú, egyidejű-



3. ábra. Két különböző acél ausztenit szemcseméretének elvi változása a hegesztési hőciklus hatására

leg mikroötvoztókat tartalmazó, kén- és zárványszegény acélok, amelyek szemcsefinomsága legalább a Taylor-skála 5. fokozatának felel meg, vagy annál finomabb.

A növelt folyáshatárú mikroötvoztott acélok két csoportba sorolhatók:

- normalizált, vagy szabályozott hengerléssel gyártott acélok,
- nemesített acélok.

A nagy igénybevételű varratnélküli csövek gyártásához Magyarországon egy fejlesztési program keretében a WTX, illetve spirálvarratos csövek gyártásához a DX jelölésű, szemcsefinomított, mikroötvoztókat tartalmazó növelt folyáshatárú acélszaladót fejlesztettek ki, amelyek az első csoportba tartoznak. Az acélok folyáshatára 360–480 MPa tartományba esik.

A mikroötvoztók, nitrogén jelenlétében, normalizáláskor, illetve ennek megfelelő, szabályozott vég hőmérsékletű hengerlés során diszperz nitrid-, illetve karbonitrid-kiválásokat eredményeznek [2], melyek hatására a folyáshatár jelentősen megnövekszik. A nitridek, karbonitridek jelenléte emellett csökkenti a ferrit szemcse nagyságát, ami kedvezően változtatja meg az átmeneti hőmérsékletet, és az acél kevésbé érzékeny a bemetszésekre is.

A hegesztési hő hatása

Egy adott kémiai összetételű anyag tulajdonságait a szövetszerkezete határozza meg. A szövetszerkezet egyik mennyiségi jellemzője a szemcse nagyság, ami az ausztenit szemcseméretétől és a hűtési viszonyoktól függ.

A hegesztés folyamán hőt közlünk az anyaggal. A ferrit-perlites szövetszerkezet a hőhatás övezetben, a hevítés hatására, ausztenit alakul; a kialakuló szemcse nagyságát a hevítési hőmérséklet, az idő és egyéb más tényezők (pl. fázisösszetétel, hevítési sebesség, előzetes alakítás stb.) befolyásolják.

Ugyanakkor megjegyzendő, hogy a szemcse méret-változás jellege is változik az idő függvényében a különböző anyagoknál. Ezt mutatja vázlatosan két eltérő anyagra a 3. ábra. A hőciklust, amely mindkét anyag esetében azonos, a bekeretezett kis segédábra