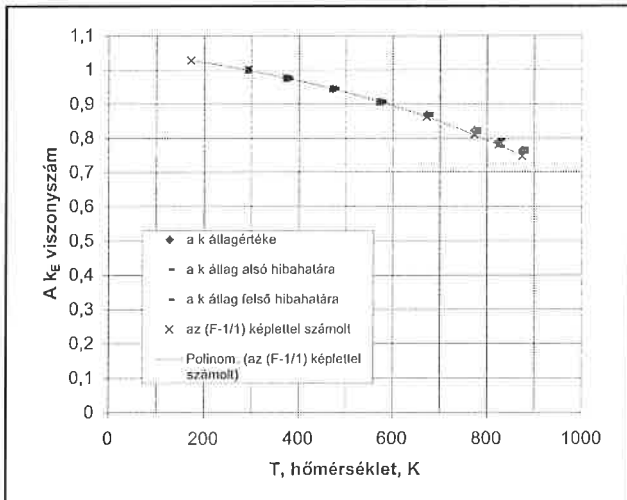


melegsilárd szerkezeti acélok és melegalakító szerszámacélok különböző hőmérsékleteken szakítóvizsgálattal kimért adatait, meghatározva a $k = R_{p0,2T}/R_{p0,220}$ folyáshatár-viszony várható értékét és szórását a hőmérséklet függvényében. A változást az F-1 ábra szemlélteti. A \bar{k} érték hőmérsékletfüggése a

$$\frac{T}{T_k} = 2 - \exp(ak^n) \quad \text{alakú függvénnyel leírható, amelyből}$$

$$k = \left\{ \frac{1}{a} \ln \left(2 - \frac{T}{T_k} \right) \right\}^{1/n} \quad (F1/1)$$

Az inkohereus kiválókkal keményített ferrites acélok csoportjára $a = 0,54$, $n = 2$, a ferrites matrixra jellemző hőmérséklet: $T_k = 1042$ (K); T a hőmérséklet K-ben.



F-2. ábra. A k_E rugalmassági modulus viszonyszám hőmérsékletfüggése a kiválókkal keményített ferrites acélok csoportjára

A függvény $T > 195$ K-től (-78°C -tól) írja le \bar{k} értékét.

A rugalmassági modulus viszonyszám, a $k_E = E_T/E_{20}$ hőmérsékletfüggése ugyancsak az (F1/1) egyenlet szerint változik. A már említett ferrites acélok csoportjára ekkor az egyenlet állandói: $a = 0,56$; $n = 3$, a ferrites matrixra jellemző hőmérséklet: $T_k = 1183$ (K) (F-2 ábra). A ferrites acélcsoportra szobahőmérsékleten $E_{20} = 218\,000$ MPa átlagos érték a jellemző, amelynek relatív hibája: $\pm 0,5\%$, és a relatív szórása: $\pm 1,5\%$.

Hivatkozások

1. Lehofer, K.: Erörterungsbeitrag zu "Beitrag zur schnellen Ermittlung des Kriechverhaltens von Stahl nach dem Verfahren von Rajakovics" von Nechtelberger, E., Kreitner, F., Krainer, E.: Archiv f. Eisenhüttenwesen 44 (1973) 2. S. 136-141.
2. Lehofer, K.: A folyáshatár mint anyagszerkezet-jellemző, Magyarok szerepe a világ természettudományos és műszaki haladásában tudományos találkozó, Budapest 1986. Előadások II. kötet, 432-438 o.
3. Prandtl, L.: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Vol. 8. (1928) S. 85.
4. Lehofer, K.: A kifáradási élettartam meghatározása nagy hőmérsékleten, Gép XXIX. (1977) 3. pp. 100-108.
5. Lehofer, K.: A kisciklusú fárasztó igénybevételek egyenértékűsége növelt hőmérsékleteken, Anyagvizsgálók Lapja 1997/4. pp. 97-102.
6. Rózsahegy P.: Szerkezeti acélok kisciklusú fárasztása növelt hőmérsékleten, Gép XLVI. (1994) 12. pp. 22-28.
7. Lehofer K.: A hajtógátóvizsgálat újraértelmezése, Anyagvizsgálók Lapja 2003/1, p. 11.
8. Coffin, L. F. Jr.: Fatigue at high temperature - prediction and interpretation. James Clayton lecture at the University of Sheffield, 1st April 1974. The Institution of Mechanical Engineers Proceedings 1974, Volume 188 9/74.
9. Gillemot L.: Anyagszerkezettan és Anyagvizsgáló, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967., pp. 210-213.
10. Gillemot, L., Sinay, G.: A kontrakciós munka mint anyagjellemző, MTA Műsz. Tud., Oszt. Közl. 22. 1958. 4. pp. 343-363.
11. Rózsahegy P.: Kisciklusú fárasztás vizsgálattechnikai kérdései, Emlékkülés / VI. Törésmechanikai szeminárium kiadványa, MTA MAB - Bay Zoltán Alapítvány, Miskolc-Tapolca 1997., pp. 344-357.

(Folytatás a B7. oldalról)

$$K_{II} = 29,4 + 14,9 \cdot \exp[0,022 \cdot (T - TTKV_{41})], \quad (MPa \cdot m^{0,5})$$

Sanz, G. [5] a $K_{II} = 100$ MPa·m^{0.5} értékhez tartozó hőmérséklet és az átmeneti hőmérséklet között a következő kapcsolatot állapította meg:

$$TTKV_{K=100} = 9 + 1,37 \cdot TTKV$$

Fehérvári, A. [6] a CTOD=0,2 és 0,4 mm értékekhez tartozó hőmérsékletek és az átmeneti hőmérséklet között az alábbi kapcsolatokat határozta meg hegesztési varratok és B = 28 mm méretű próbatestek esetén:

$$TTCTOD_{0,2} = 14,5 + 1,29 \cdot TTKV_{27}$$

$$TTCTOD_{0,4} = 28,7 + 0,86 \cdot TTKV_{27}$$

Wallin, K. [7] az ütővizsgálattal meghatározott átmeneti hőmérséklet helyett Sanz, G. által meghatározott összefüggés bevezetését javasolta a referencia görbe egyenletébe, továbbá a vizsgálati eredmények azonos (B = 25 mm) vastagságra vonatkoztatott átszámítását és a burkoló görbék valószínűségének megadását.

$K_{min} = 20 + [11 + 77 \cdot \exp\{0,019(T - TTKV + 18 + \Delta T)\}](25/B)^{0,25} \cdot (\ln 1/P)^{0,25}$ ahol a ΔT az átmeneti hőmérséklet szórása (13^oC) ez jól egyezik a hazai vizsgálatok eredményével, amelyeket a [8] dokumentumban adtunk közre.

Wallin, K. javaslata alapján született meg az ASTM E 1921:1997 szabvány, amely által javasolt mestergörbe független változója a $T_0 = 100$ MPa·m^{0.5} értékhez tartozó hőmérséklet.

- A $T_0 - C$ hőmérsékleteknél kisebb hőmérsékleteken, abban az esetben ha az $A + B > 0$ a számított törési szívósság értéke:

$$K_{min} = [(12 \cdot KV^{0,5} - 20) \cdot (25/B)^{0,25}] + 20, \quad (MPa \cdot m^{0,5})$$

A törésmechanikai anyagjellemzők származtatása alapján megállapítható hogy az acélok törési szívósságának legkisebb értéke 20-30 MPa·m^{0.5} között van. A származtatott törésmechanikai anyagjellemzőkre további adatokat találhatunk a [9,10] dokumentumokban.

Megállapítások

A törésmechanika gyakorlati alkalmazásához valorizált módszerek állnak rendelkezésre. A törésmechanikai anyagjellemzők, ma már kiforrott vizsgálati módszerekkel meghatározhatók (elsősorban a káreset-elemzésekhez), illetve megbízhatóan származtathatók az ütővizsgálat eredményéből. Végül, ha megoldódik a hibák valós méretének megadása a roncsolásmentes vizsgálatokkal [11] a törésmechanika a műszaki gyakorlat megbízható eszköze lesz.

Hivatkozások

- [1] PVRC recommendations on toughness requirements for ferritic materials, WRC Bulletin 175 (1972)
- [2] ESIS P2-92, ESIS procedure for determining the fracture resistance of ductile materials.(1992)
- [3] Rittinger, J.: A 15H2MFA jelű acél dinamikus törésmechanikai referencia görbéjének meghatározása a törési valószínűség megadásával. VASKUT Kutatási Jelentés. OKKFT A/11-4.3.4 (1982)
- [4] Rittinger, J.: Referencia görbék jelentősége a törésmechanika gyakorlati alkalmazásánál. Gép XXXIV. 393 (1982)
- [5] Sanz, G.: Essais de Mise au Point D'une Methode Quantitative de Choix des Qualités D'acier via-a-vis du Risque de Rupture Fragile. Revue de Metallurgie 77, p621/642 (1980)
- [6] Fehérvári, A.: Az ütővizsgálat és a COD mérés eredményének kapcsolata. BKL Kohászat 108. p155 (1975)
- [7] Wallin, K.: Proposal for unified rules for selection of Charpy toughness criteria for both low and extra high strength steels Doc. X-1318-95 (IIW)
- [8] Fehérvári, A., Rittinger, J.: Observations on scatter of impact energy. Doc. 2912 (IIW) 1972.
- [9] Guidelines on pressurized thermal shock analysis for WWER nuclear power plants. IAEA-EBP-WWER-08 (1997)
- [10] Unified procedure for lifetime assessment of components and piping in WWER NPPs "VERLIFE" Version 5 (2003)
- [11] Rittinger, J.: A törésmechanika és a roncsolás mentes anyagvizsgálat kapcsolata. VIII. Országos Törésmechanikai Szeminárium. Miskolc-Tapolca (2004)

Származtatott törésmechanikai anyagjellemzők használata a rideg törésnek kitett szerkezetek ellenőrzésében

Dr. Riffinger János*

Bevezetés

A törésmechanika gyakorlati alkalmazásához három szakmai terület harmonikus összhangjára van szükség, mégpedig:

Valorizált, kellő referenciákkal rendelkező számítási módszerekre van szükség a rugalmas arányos törés (LEFM), a rugalmas-képlékeny törés (GYFM) és a képlékeny törés (PC) területén. Ezek a módszerek ma már jelentős nemzetközi megmérettetést követően szabványokban (PI BS 7910), műszaki dokumentumokban (ASME Code III, XI, API 579, WES 2805, SINTAP) megtalálhatók.

Roncsolásmentes vizsgálatokra, amelyekkel szemben elvárt követelmény, hogy a hibákat valós befoglaló méretükkel adják meg.

Annak ellenére, hogy az MSZ EN 473:2001 szabvány szétválasztja a termék megfelelés tanúsítását roncsolásmentes vizsgálatokkal végző (MM) személyzetet az üzemeltetés során ismétlődő vizsgálatokat végző személyzettől (EM) – az utóbbiak számára többlet követelményként támasztja a törésmechanika roncsolásmentes vizsgálatokkal szembeni igényét, részletesen foglalkozik az üzemeltetés során keletkező hibák morfológiájával – mégis a roncsolásmentes vizsgálatokat végzők körében még mindig hiányzik a szemléletváltás, amely a törésmechanika gyakorlati alkalmazása szempontjából nélkülözhetetlen.

Jóváhagyó közleménnyel 2001-ben megjelent az MSZ EN 583 szabványsorozat, amelynek tagjai közül ma már több magyar nyelven is hozzáférhető. A MSZ EN 583 szabványsorozat megismerése és alkalmazásba vétele remélhetőleg hozzájárul az elvárt szemléletváltáshoz.

A mértékadó törésmechanikai anyagjellemzők ismerete a harmadik terület, amely a törésmechanika alkalmazásához szükséges.

Ma természetesen tekintjük, hogy az anyagokra rendelkezésre állnak a határfeszültségek a képlékeny töréshez, a kifáradási határértékek a fáradáshoz, a kúszáshatárok a kúszásra történő méretezéshez. Valójában ezt az információs halmazt kell kiegészíteni a törésmechanikai méretezéshez szükséges anyagjellemzőkkel.

A törésmechanikai vizsgálatok az acélok átvételi vizsgálatai között, hasonlóan a kúszásvizsgálatokhoz és a fárasztóvizsgálatokhoz nem szerepelnek. A hegesztett szerkezetek esetén a hegesztett kötés törésmechanikai anyagjellemzőinek ismeretére van szükség. A hegesztett kötések egy termék előállításánál során leghamarabb a technológia vizsgálatához készülnek el (amikor, már adott az alapanyag és a hegesztő anyag, a hegesztési munkarend). A próbavétel lehetőségei megismétlődnek a gyártás során készített munkapróbák révén.

A szerkezeteket gyártóknak fel kell készülni arra, hogy a vevő joggal igényelni fogja a törésmechanikai anyagjellemzők szolgáltatását az üzemeltetés során végzett állapotellenőrzésekhez. Ez valójában nem jelent mást, mint például az MSZ EN 287-3 szerinti technológiai vizsgálatok sorába a törésmechanikai vizsgálatok felvételét, a törésmechanikai anyagjellemzők meghatározását, szükség szerint a munkapróbák esetén is.

A törésmechanikai anyagjellemzők függvénykapcsolatokkal adhatók meg. Ezeket nevezzük származtatásnak, amely azt is kifejezésre juttatja, hogy nem egy abszolút értékről, hanem az anyag szívósságát kifejező hagyományos anyagjellemzővel való kapcsolatról van szó. A hagyományos anyagjellemző lehet átvételi követelmény, mivel értéke a törésmechanikai vizsgálatok végzésére fel nem készült anyagvizsgáló laboratóriumban is meghatározható.

A törésmechanikai anyagjellemzők származtatásának elve

Az acélok szívósságának a változása a hőmérséklet függvényében tangens hiperbolikus függvénnyel írható le; példaként az ütmunka KV(T) kapcsolata:

$$KV = A + B \cdot \ln[(T - T_0)/C]$$

Az egyenlet állandóinak jelentése:

*Riffinger Engineering

A+B a vizsgált acél szívósságának legnagyobb értéke (USE= upper self energy),

A-B a vizsgált acél szívósságának legkisebb értéke (LSE),

2C a szívós-rideg átmenet hőmérsékleti intervalluma,

B/C a szívós-rideg átmenet mereedsége a T_0 pontban.

A szívósság hőmérséklettől függő változása alapján a törésmechanikai anyagjellemzők származtatása három hőmérséklet-tartományra bontható, mégpedig: $a T > T_0 + C$, $a T = T_0 \pm C$ átmeneti és $a T < T_0 - C$ hőmérséklet-tartományra. A három területet szigorúan külön kell választani, nincs általános érvényű származtatás.

A $T_0 + C$ vagy ennél nagyobb hőmérsékleteken az acél, vagy a hegesztési varrat szívós állapotban van, az ütmunka értéke A+B (USE). A szívós szakaszra jellemző maximális ütmunka és a J integrál között, illetve a J integrálból számított K_{IC} érték között szoros kapcsolat van. Ennek a kapcsolatnak a kvázi rideg törés kezelése során van jelentősége. A kvázi rideg törés azt jelenti, hogy az acél szívós állapotban van, de a szívóssága kevés ahhoz, hogy egy jelentős dinamikus igénybevételt (pl. távvezetékek esetén egy ütést, földrengést) elviseljen. Ezeknek a nem tervezhető események hatására rideg törés következhet be. A szerkezet szempontjából lényeges az, hogy a törés a lehető legkisebb terjedelmű legyen (szívárgási keresztmetszettel, repedés hosszával kifejezve).

A $T_0 \pm C$ hőmérsékleti tartományon belül a szívósság B/C meredekségű görbe szerint változik. A szívósság a hőmérséklet függvényében ebben a szakaszban változik a legjelentősebben. A származtatásra két lehetőség van. Az [1] közlemény nyomán széles körben használják a referencia görbét, amelynek alakja általános formában megadva a következő:

$$K_{IC} = a + b \cdot \exp[c \cdot (T - TTKV)]$$

ahol: a T °C hőmérsékleten keresett törési szívósság kritikus értéke K_{IC} (ha statikus terhelésnél $\dot{K} < 2,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}$, vagy a repedés megállásához tartozó törési szívósság változás értéke: $\dot{K}_{th} = 10^5 - 10^6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}$). Az ütvizsgálattal meghatározott átmeneti hőmérséklet (TTKV) helyett az Amerikai Egyesült Államokban a DWTT vizsgálattal meghatározott NDT használták (használták). A referencia görbébe folyamatosan beépült a sztohasztikus elemzés, és ezzel lehetőség nyílt az adott valószínűséghez tartozó alsó burkoló görbe meghatározása, illetve a vastagság hatásának figyelembe vétele.

A másik megadási lehetőség az adott törésmechanikai anyagjellemzőhöz tartozó hőmérséklet és az átmeneti hőmérséklet kapcsolatának meghatározása. A törésmechanikai anyagjellemzőhöz tartozónak azt a hőmérsékletet tekintik, ameddig a törésmechanikai anyagjellemzőből számított méretű hiba stabil egy megadott szerkezet esetén.

Végül a $T_0 - C$, vagy ennél kisebb hőmérsékleteken is meghatározható törésmechanikai anyagjellemző. Az ötvöztelen acélok esetén az A-B nullának tekinthető. Nemesített, vagy termomechanikusan kezelt acélok esetén számottevő szívósság mérhető rideg állapotban. A martenzites acélok nem rendelkeznek szívós-rideg átmenettel. A martenzites acélokat csavarzatokhoz, rudazatokhoz használják gyakran. Ezek az elemek méretüknek fogva általában nem teszik lehetővé a szabványos törésmechanikai anyagvizsgálat elvégzését, ezért feltétlenül rá vagyunk utalva a törésmechanikai anyagjellemző származtatás útján történő meghatározására.

Példák a származtatott törésmechanikai anyagjellemzők köréből

- A $T_0 + C$ vagy ennél nagyobb hőmérsékleteken [2]:

$$K_{mat} = K_{J0,2} = \{E \cdot [0,53 \cdot KV^{1,25}] \cdot 0,2^{(0,133 \cdot KV^{0,256}) / 1000(1 - v^2)}\}^{0,5}$$

Ahol a K_{mat} a 0,2 mm méretű stabil repedés terjedéshez tartozó J integrálból számított feszültségintenzitási tényező.

- A $T_0 \pm C$ hőmérsékleti intervallumban hőmérsékletenként 12 próbatest vizsgálati eredményére illesztett Weibull-függvény:

$$F(x) = 1 - \exp[-a(x - x_0)^b]$$

paramétereinek (a, x_0 , b) ismeretében a (100-P) = 5%-hoz tartozó burkoló görbe egyenlete 15H2MFA jelű acél esetén [3, 4]:

(Folytatás a 86. oldalon)