

Szerkezetek kritikus üzemi hőmérsékletének becslése

Dr. Lehofer Kornél

Szerkezeteink biztonságos üzemeltetéséhez a kritikus üzemi hőmérsékletük ismerete sok esetben alapvető jelentőségű mind a tervezés és a gyártás során a szerkezet anyagának, hőkezelési állapotának a megválasztásához és a minőségi követelmények – köztük a megengedhető anyaghiányok – meghatározásához, mind az időszakos állapotellenőrzések során roncsolásmentes vizsgálatokkal kimutatott illetve a nullállapothoz vagy egy korábbi ellenőrzéshez képest megváltozott anyaghiányok veszélyességének a megítéléséhez.

A kritikus üzemi hőmérséklet meghatározásához, vagy legalább is kielőgítő pontosságú becsléséhez, ismernünk kell – a szerkezet igénybevételét az állandósult és az átmeneti (indítás, leállítás) üzemi viszonyok között, beleértve természetesen a hőmérsékletet is; – a szerkezet anyagának állapotát, anyagszerkezetét és az igénybevétellel szembeni ellenállását jellemző mechanikai tulajdonságait; – a szerkezetben, különösen az igénybevételre illetve a gyártása (például a hegesztési varratok) szempontjából kiemeltetett szelvényekben, meglévő és roncsolásmentesen kimutatható anyaghiányokat (típusát, helyét és méretét) és a hozzájuk rendelhető feszültségállapotot illetve törésmechanikai jellemző (pl. a K_I feszültségintenzitási tényező) értékét.

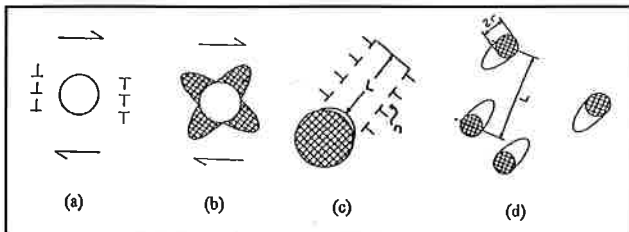
Az elektronika és a számítástechnika dinamikus fejlődésének is köszönhetően a célszerűen megválasztott roncsolásmentes vizsgálati módszerek együttes alkalmazásával – mindenekelőtt az ultrahangos és az örvényáramos eljárások bevonásával – az anyaghiányok illetve jellemzőik (típus, hely és méret) ma már kielőgítő biztonsággal kimutathatók illetve meghatározhatóak; továbbá az anyaghiányokhoz rendelt feszültségállapot és törésmechanikai jellemző kielőgítően pontosan számítható (pl. a véges elemek módszerével) a szerkezet igénybevételének ismeretében.

Viszont, ma még nem áll rendelkezésünkre teljes körűen a szerkezeti anyagoknak az anyag szerkezetétől, az igénybevétel módjától és hőmérsékletétől függő törésmechanikai anyagjellemzőinek (pl. a K_{IC} -nek) az értékei, amelyek szükségesek a kimutatott anyaghiányok veszélyességének a megítéléséhez, illetve a szerkezet kritikus üzemi hőmérsékletének a meghatározásához. Gondot jelent az is, hogy bár hiányosan, de a már meglévő mechanikai és törésmechanikai vizsgálati adatok a szerkezeti anyagok kémiai összetétele (minőségi jele) szerint csoportosítva szerepelnek az adatbankokban, ráadásul a tulajdonságot meghatározó anyagszerkezet jellemzői (pl. szemmagyság, kiválások átlagos távolsága) nélkül.

E probléma áthidalására a következő becslési módszer javasolható, amelynek lényegét a $K_I < K_{IC}$ elv alapján minősíthető igénybevételi eset példáján szemléltetjük.

A K_{IC} függése az anyag szerkezetétől és a hőmérséklettől

Az anyagszerkezetük fémtani jellemzői alapján egyútt vizsgálható ötvözetcsoporthoz mechanikai tulajdonságainak leírására korábban kidolgozott módszert [1] alkalmazva korrelációs összefüggést vezetünk le az inkoherens kiválásokkal keményített szilárd oldat matrixú szerkezeti anyagok K_{IC} törési szívósságának anyagszerkezet-függésére [2] a kiválások mentén üregképződéssel bekövetkező szívós törést leíró Ashbay-féle fémfizikai modell [3] figyelembevételével. A modell az anyag szerkezetét a kiválások átlagos távolságával jellemzi (1. ábra), amelyet – az Orován-féle összefüggést felhasználva – a vele fordítva arányos, 20 °C-on mért $R_{p0,2}$ folyáshatár, mint másodlagos szerkezeti paraméterrel, helyettesítettünk megteremtve a különböző összetételű, stabil kiválásokkal keményített, de a minőségre és



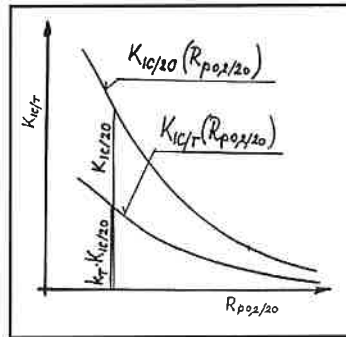
1. ábra. A kiválás–matrix határfelületek mentén üregképződéssel bekövetkező szívós törés fémfizikai modellje Ashbay szerint [3]. A kemény kiválások körül felhalmozódó diszlokáció hurkok(a) képlékeny zónákat hoznak létre (b) előidézve a diszlokációk további képződését és felhalmozódását e zónákban, majd az alakváltozás egy kritikus értékénél a határfelület felszakadását (c) és végül az üregek törést okozó növekedését (d).

rácsszerkezetre azonos matrixú ötvözeteken mért mechanikai tulajdonságok adatai együttértékelésének a fémfizikai feltételeit [1].

A K_{IC} törési szívósság anyagszerkezet-függésére – valamely $T = \text{állandó}$ hőmérsékleten – a következő korrelációs összefüggés érvényes:

$$K_{IC/T} = C - D \cdot \exp[-(B + A/R_{p0,2/20})] \quad (1)$$

ahol A , B , C és D az ötvözetcsoporthoz érvényes korrelációs állandók. Az $R_{p0,2/20}$ folyáshatárt MPa-ban helyettesítve a $K_{IC/T}$ értékét MPa·m^{1/2} dimenzióban kapjuk. A leggyakrabban használt, kiválósan keményített ferrites szerkezeti és szerszámacélokra (normál metallurgiai eljárásokkal gyártott, megfelelően átalakított és hőkezelt), 20 °C-on ($T = 293$ K-en) érvényes korrelációs állandóinak számértékei [2]: $A = 653$; $B = 0,09$; $C = 401$; $D = 566$.



2. ábra. A $K_{IC/T}(R_{p0,2})$ függvények lefutásának egymáshoz viszonyított menete

Értékelve a ferrites acélcsoport egyes acéljain a különböző $T < 293$ K-en mért adatokkal meghatározható $K_{IC/T}(R_{p0,2/20})$ összefüggéseket – amelyek egymáshoz viszonyított lefutását a 2. ábra szemlélteti – megállapítottuk, hogy azokra a

$$K_{IC/T}(R_{p0,2/20}) = k_T \cdot K_{IC/20}(R_{p0,2/20}) \quad (2)$$

összefüggés érvényes, ahol definíció szerint

$$k_T = K_{IC/T}/K_{IC/20} \quad (3)$$

amely a hőmérséklet függvénye:

$$k_T = \exp[(T - 293) \cdot a] \quad (4)$$

azaz 20 °C-on ($T = 293$ K-en): $k_T = 1$

A ferrites acélcsoportra a (4)-ben szereplő állandó értéke: $a = 0,01$

A szerkezet kritikus hőmérséklete meghatározásának menete

1) A szerkezet kiválásokkal keményített állapotra hőkezelt anyagán szakítóvizsgálattal meghatározzuk 20 °C-on az $R_{p0,2/20}$ folyáshatár várható értékét, amellyel – ha nincs vizsgálati adatunk – a szerkezet anyagára érvényes (1) összefüggéssel kiszámítjuk a $K_{IC/20}$ törési szívósság várható értékét.

2) Meghatározzuk roncsolásmentes vizsgálatnál a szerkezetben lévő anyaghiányokat és kiszámítjuk a szerkezet igénybevételéből a hozzájuk rendelhető K_I értékeket, majd ezek legnagyobb értékével a k_T tényező $k_T = (K_I)_{max}/K_{IC/20}$ értékét.

3) A k_T számított értékével, a szerkezet anyagára érvényes (4) összefüggésből kiszámítjuk a szerkezet $(K_I)_{max}$ értékéhez tartozó kritikus hőmérsékletét, azaz:

$$T_{krit.} = (\ln k_T)/a + 293 \quad (5)$$

Ezen a hőmérsékleten $(K_I)_{max} = K_{IC/T_{krit.}}$, azaz a szerkezet biztonságos működtetése érdekében a $T_{ü}$ üzemi hőmérséklet nagyobb kell legyen a $T_{krit.}$ -nál, hogy teljesüljön a

$$(K_I)_{max} < K_{IC/T_{ü}}$$

feltétel.

Ha a szerkezet $T_{ü}$ üzemi hőmérséklete kisebb, mint az (5) szerint számított $T_{krit.}$ hőmérséklet, akkor a szerkezet kritikus méretű anyaghiányait ki kell javítani, vagy a szerkezet igénybevételét kell lecsökkenteni (már ha erre mód van).

Hivatkozások

- Lehofer, K.: A folyáshatár mint anyagszerkezet-jellemző, Magyar Fórum Tudományos Találkozó, II. kötet, pp. 432–438., Budapest, 1986.
- Lehofer, K.: A K_{IC} törési szívósság anyagszerkezet-függése, Anyagvizsgálók Lapja, 1995/4. pp. 123–124., és V. Törésmechanikai Szeminárium Előadásai, pp.204–209., Miskolc-Tapolca 1995.
- Ashbay, M. F.: Strengthening Mechanism in Kristals, Kelly and Nickolson Eds., p. 137., Elsevier Press, 1971.