

Hegesztett szerkezetek töréssel szembeni megbízhatóságának becslése

Brenner, András*, Havas, István**

Bevezetés

Feltételezve, hogy a szerkezet megbízhatósága alapvetően a hegesztett kötéstől függ, a töréssel szembeni biztonsági tartalék becsléséhez az elérhető kötésminőség és a szívósság kritikus értékének összehasonlítását kell elvégezni. A következőkben egy ilyen vizsgálatról számolunk be, amelyet kikötői portáldarukkal kapcsolatban végeztünk törésmechanikai jellemzők mérésével.

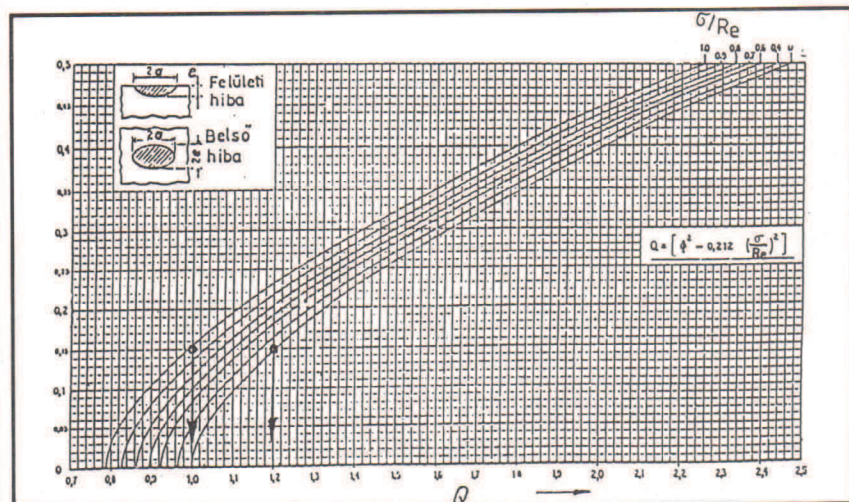
Az acélszerkezeti gyártásban nagy megbízhatósággal elérhető kötésminőség

Vizsgálatainkhoz az alábbi módszert választottuk: a daru-acélszerkezetek hegesztésekor egymással párhuzamosan gyűjtöttük a gyártási körülményekre és a kötések minőségére vonatkozó adatokat. Nagy mennyiségű, azonos gyártási körülményekkel készült kötés ellenőrzési eredményeit statisztikusan feldolgozva, következtetések vonhatók le a kötésminőségnek az adott körülmények között elérhető értékére.

A vizsgált kötések fedettívű gépi hegesztéssel készültek. A felhasznált alapanyagok a tervben előírt, legfeljebb 610 N/mm² névleges szakítószilárdságú, 5-40 mm-es szelvényméretű, kis széntartalmú ötvözetlen acélok voltak. Hegesztéshez az alapanyaghoz igazított, technológiailag megfelelő huzalt és kiszáritott fedőport használtunk. A varratok vízszintes helyzetben készültek és a hegesztő jól hozzáfért a kötéshez. A hegesztések kétoldali gyökfaragásos munkarenddel készültek. A fűzéseket és a hegesztéseket minősített, a teherviselő hegesztett szerkezetek gyártásában gyakorlott szakmunkások készítették, akik az előzetes üzemi ellenőrzésen megfelelték. A hegesztő szakmunkásokat szakképzett, gyakorlattal rendelkező technológusok irányították, illetve ellenőrizték. A hegesztők mindig csapadékmentes, -5°C feletti, szélétől védett üzemi körülmények között dolgoztak. Az újabb követelményeknek megfelelően a hegesztést csak olyan üzemek végezheték, amelyek a személyi és tárgyi feltételeken túl a szükséges jártassággal is rendelkeztek és ezt a hegesztéstechnológia előzetes

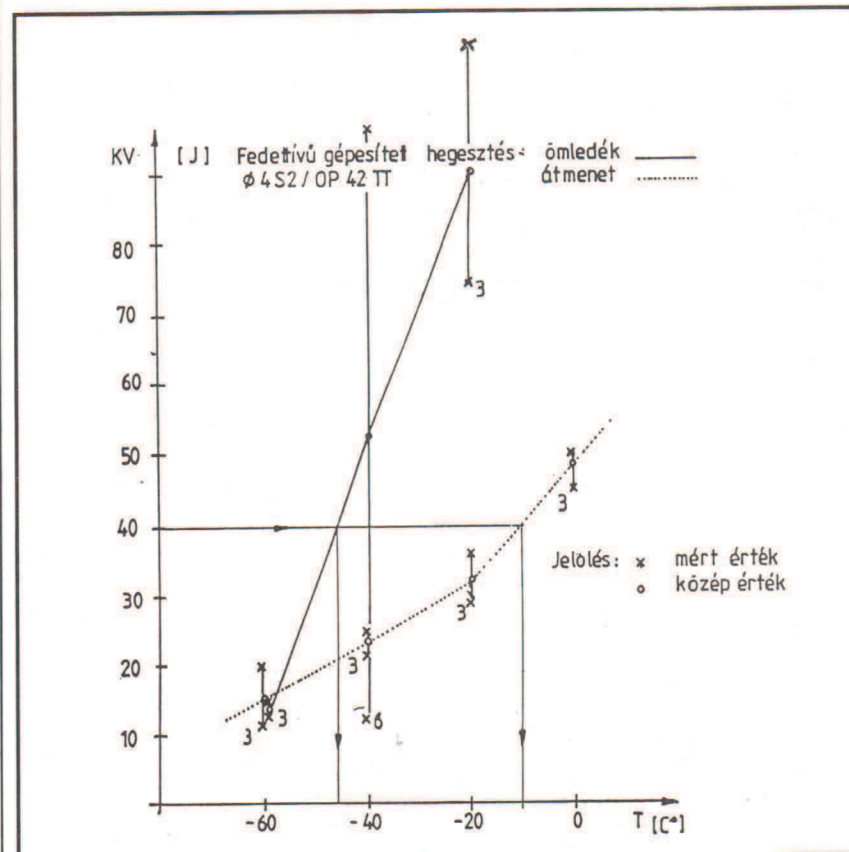
vizsgálatának eredményességével igazolták. Az ilyen körülmények között gyártott varratok vizsgálatából meghatározható a hegesztés korszerű termelési színvonalán, a megkívánható szaktélmű üzemnél, gondos munkával

ipari méretekben elérhető kötésminőség. Ennek érdekében kerek ezren ilyen hegesztett kötésen végeztünk vizuális, méret és alak, penetrációs, ultrahangos, radiográfiai, ritkábban: roncsolásos ellenőrzést. Az ellenőrzés



1. ábra

2. ábra



* Ganz Danubius

** MTA fémtechnológiai tanszéki kutatócsoport
BME MTAI mechanikai technológiai tanszék

alapján a következő megállapítások tehetők. Az ismétlődően előforduló varrathibák térfogati jellegűek (zárványok, összeolvadási, felületi hibák) voltak. A törés szempontjából veszélyes, „éles bemetszést” jelentő térfogati hiányok közel állnak a repedéshez. Ezért a biztonság irányába történő elhanyagolásnak tekintjük, ha ezeket a hibákat repedésként kezeljük és a hatásukat a törésmechanika módszereivel értékeljük. A vizsgálatok szerint ezeknek a hibáknak a befoglaló mérete nagy biztonsággal ($\geq 96\%$) belül marad a $6 \times 6 \times 20$ mm-es hasábon. A törésmechanika összefüggései szerint a feszültségintenzitási tényező ebben az esetben a

$$K_I = \sigma \cdot \sqrt{e_{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{1.21}{Q}} \quad (1)$$

összefüggéssel számítható (a veszélyesebb felületi hibára). Feltételezzük, hogy a törés szempontjából kritikus helyeken a terhelő húzófeszültség megközelíti a folyási határt és $\sigma = 350$ N/mm². A Q tényező értéke az ismert 1. ábra alapján:

$$\frac{e}{2a} = \frac{3}{20} = 0.15 \cdot Q = 1.0 \dots 1.2 \quad (2)$$

Ezt visszahelyettesítve az (1)-be:

$$K_I = 350 \cdot \sqrt{3\pi} \cdot \sqrt{1.21} \leq 1200 \text{ Nmm}^{-3/2} \quad (3)$$

A következőkben ezt fogjuk egybevetni a törési szívósság K_{IC} mért értékével.

A kötésminőség kritikus értéke, kísérletek

A portáldaruk acélszerkezete jellemzően kétféle alapanyagból készül: 370 N/mm²-es, vagy 520 N/mm² legkisebb szakítószilárdságú acélból. Törési szempontból ez utóbbi a veszélyesebb, ezért a kötésminőség kritikus értékének a meghatározására vonatkozó kísérletekhez 52 D (MSZ 6280) minőségű anyagot választottunk. A fedettív hegesztéshez Ø 4, S2 minőségű huzalt és Oerlikon OP 42 TT fedőport használtunk. A kísérleti darabokat a gyakorlatban kialakult technológiai paraméterekkel készítettük.

áramerősség: $I = 550-750$ A

ívfeszültség: $U = 30-34$ V

hegesztési sebesség:

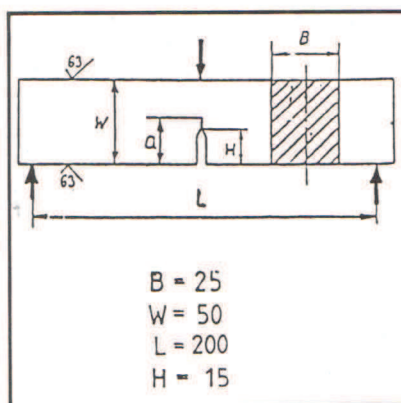
$V = 40-50$ cm/min

sorok száma: 22-24

A kísérleti darabokból V-bemetszésű ütőmunka és háromponton hajlított törésmechanikai (TPB) próbatesteket munkáltunk ki úgy, hogy egyrésznél a bemetszések a varratba, másrésznél a hőhatásövezetbe kerültek a lemez síkjára merőlegesen.

A Charpy-V próbatestekkel a hőmérséklet befolyását kívántuk tisztázni (2. ábra).

A 3. ábrán látható TPB-próbatesteket fárasztással előrepesztettük. A fárasztást addig végeztük, amíg a repedés és a bemetszés együttes hossza el nem érte az



3. ábra

tást addig végeztük, amíg a repedés és a bemetszés együttes hossza el nem érte az

$$a = (0.45 - 0.65) W \quad (4)$$

értéket. A hajlítóvizsgálatot 1 mm/min-es sebességgel végeztük $-20^\circ\text{C} \dots -60^\circ\text{C}$ hőmérséklet-tartományban. Meghatároztuk a COD kritikus repedéskinyílás és J-integrál értékét az instabil repedésterjedés megindulásakor (J_c). J_c anyagjellemzőnek tekinthető (J_{IC}), ha teljesül az alábbi kritérium:

$$a, (W-a), B \geq 50 \cdot \frac{J_c}{(R_e + R_m)} \quad (5)$$

A varratból kimunkált próbatesteknél instabil repedésterjedés volt megfigyelhető. A méretkritériumot kielégítő próbatesteken mért COD és J_c , valamint az ezekből az alábbi formulával számított K_{IC} törési szívósság értékek az 1. táblázatban vannak összefoglalva.

$$K_{IC} = \frac{\sqrt{(J_c \cdot E)}}{\sqrt{(1 - \mu^2)}}$$

A K_{IC} változását a hőmérséklet függvényében a 4. ábra mutatja.

1. táblázat

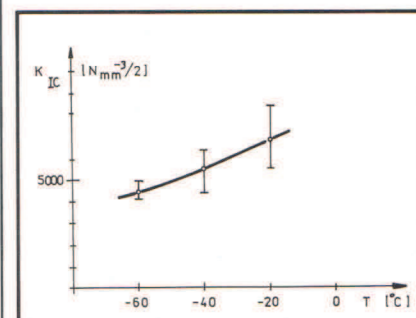
T °C	COD mm	J_{IC} kJ/mm ²	K_{IC} Nmm ^{-3/2}
-20	0.331	294	8231
-20	0.159	137	5623
-40	0.333	168	6219
-40	0.218	141	5704
-40	0.045	77	4232
-60	0.178	102	4864
-60	0.131	83	4363
-60	0.135	72	4073

A töréssel szembeni megbízhatóság becslése

A 4. ábrából kiválasztva a legvesélyesebbnek talált kritikus értéket (a szórásmező legkisebb értéke) és felrajzolva mellé a nagy megbízhatósággal

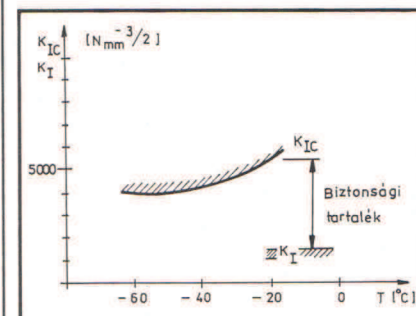
elérhető kötésminőséget jellemző feszültségintenzitási tényezőt, megállapítható, hogy csak a hibahatárt figyelembe véve a biztonsági tartalék számottevő (5. ábra).

Érdekes megfigyelni, hogy a hibák által okozott biztonságcsökkenés a K_{IC} értékének csak egy kis részét teszi ki. Szerencsére nem túl gyakoriak a hegesztett szerkezetek törései. Ha azonban ilyen károsodás mégis bekövetkezik, akkor az az előzők szerint inkább



4. ábra

5. ábra



olyan hatásokra vezethető vissza, amely a gyártási technológia egyéb tényezőiből (pl. szerelés, javítás, szállítás stb. során keletkező feszültségek) fakad. Ilyen megfontolásból – a hi-

bahatár vizsgálata mellett – indokoltnak látszik fokozott figyelmet fordítani a technológiai feszültségek törést okozó hatására is.