FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A FELSZAKADÁS VIZSGÁLATA, SAJÁTOSSÁGAI ST52-3 TÍPUSÚ ACÉLBAN

Mura Andrea

Általános törekvés, hogy egyre nagyobb szilárdságú acélokat alkalmazzunk. A nagyszilárdságú acélok kedvező tulajdonságai és a rájuk jellemző szívós törés mellett azt is megfigyelték, hogy a melegen hengerelt lemezekből kimunkált lapos próbadarabok szakító- és ütvehajlító vizsgálat során számos esetben keresztben felhasadnak, felszakadnak.

A közlemény megpróbál áttekintést adni azokról a mechanizmusokról, melyek az eddigi kutatások eredményei szerint ezt a felszakadást okozhatják, illetve arról, hogy a jelenség miként befolyásolja az St 52-3 típusú acél mechanikai tulajdonságait.

1.BEVEZETÉS

A XX. század folyamán megnőtt az igény az olyan szerkezeti anyagok iránt, amelyek egyre jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Az acélok jelentős részénél ez nagyobb szilárdságot, jobb szívósságot és hegeszthetőséget jelent, illetve minél nagyobb szilárdság/súly arányt. Ezeknek a kívánalmaknak jól megfelelnek a nagy szilárdságú, gyengén ötvözött acélok (HSLA steels). A folyáshatáruk 275-550 MPa, szakítószilárdságuk 415-700 MPa közötti érték. Jellemzőjük még a jó alakíthatóság és a jobb korrózióállóság.

E tulajdonságoknak köszönhetően az alkalmazási területük rendkívül széles, például gépszerkezetek, anyagmozgató berendezések, épületek, hidak, fűtőtornyok, nagynyomású olaj- és gázvezetékek, vasúti járművek, daruk, hajók, stb. Ugyanakkor a következő problémák fokozottan jelentkeznek:

- hegeszthetőség,
- bemetszés-érzékenység,
- a szilárdság növekedésével általában csökken a szívósság is,
- a metallurgiai folyamatokra jobban oda kell figyelni,
- érzékenyebbek a hengerlési körülményekre,
- olyan fémtani folyamatok mehetnek végbe a hengerlés (termomechanikus alakítás) során, amelyek a keresztirányú szilárdsági, szívóssági jellemzőket csökkentik. Példa erre a réteges tépődés (lamellar tearing) és a szplittingesedés (splitting).

A közlemény témája az utolsóként említett szplittingesedés. E szó arra a tulajdonságra utal, hogy ütő- és szakítóvizsgálat során az ilyen acélokból kimunkált próbatestek a hengerlési sikkal párhuzamosan felhasadnak, felszakadnak. A jelenséget sokféle névvel illetik, magyarul felszakadásnak, felhasadásnak, felnyílásnak nevezik. Alapvetően három oka lehet:

- Az ilyen anyagok öntése során - amely általában folyamatos öntés - a szennyezők és ezen belül az alacsony hőmérsékleten dermedő mangán-szulfid az öntecs közepében helyezkednek el és a hengerlés során a lemez középsíkjaiban maradnak.

- A hengerlés és az azt követő tekercselés hőmérsékleti, alakítási viszonyai között olyan fémtani folyamatok mennek végbe (pl. teljes vagy részleges rekristallizáció), amelyek a szemcsehatárokat gyengítik.
- A harmadik ok lehet pusztán mechanikai jellegű: a nagyszilárdságú acélok szakító vagy ütésvizsgálata során jelentkező keresztirányú expanzió erő-, feszültségigénye nagyobb, mint a keresztirányú szilárdság.

Az 1.ábra a hasadás makroszkopikus képét mutatja. A szakítópróbánál (a) egy nagyobb hasadás figyelhető meg a lemez középsíkjában, amely párhuzamos a hengerlési síkkal, míg az ütépróbatesteken (b) párhuzamos hasadások egész rendszere látható. A legmélyebb felszakadás közepén figyelhető meg, ez két részre osztja a próbadarabot a töretfelület közelében. Az így létrejött két részt az ütépróbatesteken két újabb felszakadás tovább osztja, amelyek körülbelül fele olyan mélyek, mint az első volt. Az ezután megjelenő felhasadások egyre kevésbé mélyek, mint az előzőek voltak.

a)

b)

1.ábra.

Felszakadás a) szakítópróbatesten, b) ütépróbatesten

2.IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A 70-es években elvégzett vizsgálatok alapján Engl és Fuchs [1] úgy gondolják, hogy az összetétel, a megmunkálás, valamint a hűtés módjának és sebességének együttes hatására kialakuló szövetszerkezet az oka a felhasadásnak. Ezen vizsgálatok eredményeképpen több hasadási alaptípust különböztetnek meg, melyek között az átmenet általában folyamatos (zárványos, cleavage és szemcsehatár típusok). Mindegyik esetben a törési felületen alakváltozásos gödröcskés törés figyelhető meg.

Az eddigi kutatások eredményei [1,2,3,4,5] alapján az állapítható meg, hogy

- a melegalakítás kedvez a jelenség kialakulásának, különösen ha a hengerlés befejező hőmérséklete olyan alacsony, hogy a szövetszerkezetben az ausztenit mellett a ferrit is megjelenik,
- a hengerlést követő hűtés módja is hatással van előfordulására,
- nemesített acélok esetében nem, normalizált acélok esetében elvértve figyelhető meg;
- nem fordul elő ridegtörésnél, kialakulásához nagyobb képlékenység, illetve ennek következtében fellépő keresztmetszet-csökkenés szükséges,
- az alakváltozásosan tört felületeken helyi ridegtörés eredményeképpen jön létre.

Kialakulása a következő mechanizmusokkal hozható összefüggésbe:

- a sorbarendeződött, nyújtott zárványok menti felszakadozás,
- a szemcsehatárok mentén kivált karbidok mentén létrejött feltépődés,
- a hengerlés során kialakuló (100) [011] kristálytani textúra, amely kedvez a ferritkristályok hasadásának,
- az ausztenit-ferrit tartományban hengerelt acélban alakított, elnyúlt ferrit létrejött,
- az ausztenit-ferrit tartományban alakított acélban bekövetkező intenzív szálásodás,
- a melegalakításkor kialakuló szemcseméret egyenlőtlen eloszlásakor a hengerlési síkkal párhuzamos durvaszemcsés területeken könnyen végbemegy a hasadás.

ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A tapasztalt jelenség okainak elemzésére az 1.táblázatban feltüntetett összetételű anyagon igen nagyszámú próbatesten (350 db) szakító-, ütő- és hajlító-vizsgálatokat végeztünk, annak megállapítására, hogy a jelenség hogyan befolyásolja a szilárdsági, szívóssági és alakváltozási jellemzőket. A mechanikai vizsgálatokat fémtani elemzések egészítették ki annak érdekében, hogy a jelenség fémtani okait is megkíséreljük feltárni.

A vizsgált anyag melegen hengerelt, nióbiummal és vanádiummal mikroötvözött, St 52-3 típusú acéllemez volt.

A vizsgált anyag vegyi összetétele

1. táblázat

Vegyi összetétel [%]										
C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Al	V	Nb	Cu
0.11	1.28	0.31	0.019	0.011	0.027	0.046	0.046	0.002	0.026	0.050

A szakítóvizsgálat során az R_{eH} folyáshatár, az R_m szakítószilárdság, az R_u' valódi feszültség a szakadás pillanatában, az $A_{11.3}$ és $A_{5.65}$ szakadási nyúlások és a Z kontrakció értéke lett meghatározva (2.táblázat).

A szakítóvizsgálat során mind a hossz-, mind a keresztirányban kimunkált próbatestek szilárdsági és képlékenységi mérőszámai megfeleltek a DIN 17 100 (1980) szabványban rögzített előírásoknak. A hosszirányú próbákön erőteljesebb felszakadások jelentkeztek. Ezek 93%-án és a keresztirányú próbák 22%-án volt szabad szemmel látható felszakadás. A vastagságirányú szilárdsági és alakváltozási jellemzők vizsgálatához készített ún. „behegesztett” próbatestek szakítóvizsgálatakor mindössze egy próba szakadt a hegesztett kötésben. A *hajlító igénybevételt* azonban az így kialakított próbatestek nem bírták, a repedés az összes esetben a lemez síkjára merőlegesen befordított és behegesztett alapanyagban indult meg. Ki kell emelni, hogy a vastagságirányú szilárdsági és képlékenységi jellemzők meghatározására vékony (6 mm vastag) lemez esetében nincs előírás.

2.táblázat

	próba kivételének módja*	R_m	R_{eH} [MPa]	R_u' [MPa]	$A_{5.65}$ [%]	$A_{11.3}$ [%]	Z [%]
Átlagérték		551	456	1062	33.05	25.17	52.83
	keresztirányú	561	489	1034	27.58	21.00	49.82

A műszerezett ütővizsgálat során kapott ütmunka értékek a szabványban előírtakat szintén kielégítik, a vizsgált Charpy féle V-bemetszésű próbatestek -40°C hőmérsékleten is igen szívósan viselkedtek, a próbák túlnyomó része -60°C -os hőmérsékleten is szívósan tört. A vizsgálatkor a próbatestek nagy részén - a hosszirányú próbák 99%-án, a keresztirányú próbák 70%-án - szabad szemmel is megfigyelhető volt a felszakadás. Összefüggés a próbakivétel helye és a felhasadások mérete között nem volt. A lemeztábla különböző részeiről kimunkált próbatesteken mért ütmunka értékek között sem volt kimutatható különbség.

Hőkezelt (650°C -ra hevített majd gyorsan hűtött) ütő- és szakítópróbáknál a felszakadások továbbra is jelentkeztek, de a keresztirányú ütőpróbatesten a szabad szemmel megfigyelhető felhasadások száma lényegesen kisebb volt, mint a nem hőkezelt darabok esetében. Az eltérés 53%.

Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy az acéllemez felhasználás szempontjából lényeges szilárdsági, képlékenységi és szívóssági tulajdonságait az észlelt felszakadozások nem befolyásolták károsan. A mért értékek az előírtaknak megfeleltek, sőt meg is haladták azokat, abban az esetben, ha a szabványokban előírt vizsgálatokat végeztük.

A fémtani, főként *scanning-elektronmikroszkópos vizsgálatok* eredményei szerint az elütött, illetve elszakított próbák a nagy szilárdságú acélra jellemző alakváltozások, gödröcskés törést mutattak. a felszakadás környékén pedig hasadásos törés volt megfigyelhető. Az észlelt felszakadások a korábban említett három típus közül a zárványos és a cleavage típusba sorolhatók be. A töretfelületen egyenletesen elszórva gömbalakú, komplex zárványok, a felszakadások környékén ezen kívül töredezett és

négyszögletes MnS és CaMnS zárványok is találhatóak voltak. A felszakadozások belső felületét a hasadás mélysége miatt az elektronmikroszkóp nem tudta végigpásztázni, kivéve a csak mikroszkóppal megfigyelhető kis méretű felnyílásokat, ahol nagy mennyiségű töredezett mangánszulfid volt (3.ábra). A töredezett és elnyújtott mangánszulfidok összefüggésbe hozhatók az észlelt felszakadozásokkal. Szintén közreműködhet a jelenség kialakulásában a lemez középsíkjában dúsult foszformennyiség (4.ábra), amely ridegedést okozva gyengíti az anyagot. A vizsgálatok során összefüggő, nagy kiterjedésű zárványréteg nem volt megfigyelhető. Figyelemre méltó, hogy az acélban mind a foszfor- mind a kéntartalma meglehetősen kicsi volt (0,019% és 0,011%).

3.ábra.

Töredezett mangánszulfid a töretfelületen

4.ábra.

Primer szövetkép; a hasadás környéke

4.ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Az irodalmi áttekintés, valamint az elvégzett vizsgálatok alapján a következő megállapítások tehetők:

- az anyag szilárdsági, képlékenységi és szívóssági tulajdonságait az észlelt felszakadások nem befolyásolták károsan,
- a fémtani vizsgálatok során a töretfelületen a felszakadások környékén nagy mennyiségű töredezett és négyszögletes MnS és CaMnS zárvány, valamint a lemez középsíkjában foszfordúsulás volt megfigyelhető,
- jelenség pontos okainak feltárása további összehasonlító vizsgálatokat igényel.

Irodalomjegyzék

- [1] Bernhard Engl- Axel Fuchs: Macroscopic Features of Separations in Structural Steels Practical Metallography 17, 1980 3.-13. oldal
- [2] E. Hornbogen - K.D. Beckmann: Delamination Fracture of a Hot-rolled Microalloyed Structural Steel Archiv Eisenhüttenwes. 47 1976/9 553.-558. oldal
- [3] A. J. DeArdo: An Investigation of the Mechanism of Splitting Which Occurs in Tensile Specimens of High Strength Low Alloy Steels Metallurgical Transactions 1977/3 473.- 485. oldal
- [4] G. E. Hicho - S. Singhal - L. C. Smith - R. J. Fields: Effect of Thermal Processing Variations of the Mechanical Properties and Microstructure of a Precipitation Hardening HSLA Steel HSLA Steels. Technology and Applications. ASM 1983 708. oldal
- [5] G. R. Speich - D. S. Dabkowski: Effect of deformation in the Austenite and Austenite-Ferrite Regions on the Strength and Fracture Behaviour of C, C-Mn, C-Mn-Cb, and C-Mn-Mo-Cb Steels, The Hot Deformation of Austenite 557.-598. oldal American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1977

Mura Andrea , Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológia Tanszék, H-3515 Miskolc Egyetemváros
Tel: +46/365-111