FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

HIDEGALAKÍTÁS HATÁSA A LÁGYACÉLOK SZÖVETSZERKEZETÉRE

FÁBIÁN Enikő Réka

Abstract

The microstructure of the hot rolled low carbon steel with high cooling temperature is formed from ferrite and large massive carbides. Up to 31% reduction of thickness no significant changing in the microstructure was observed, but already after $\varepsilon=12\%$ it could be discern a few cracks in some of the carbides. The texture intensity in ferritic matrix in which normal direction of rolling is the normal of $\{111\}$ plane ($\langle 111 \rangle \parallel \text{ND}$ texture) increases till $\varepsilon \approx 31\%$. After $\varepsilon=37\%$ were observed numerous fragmented carbides and microcavities between them. The intensity of $\langle 111 \rangle \parallel \text{ND}$ texture decrease comparing with the texture of specimen after $\varepsilon=31\%$. At $\varepsilon=51\%$ each coarse carbide has become fragmented. As the fragmentation of the carbides increase in number the randomly oriented measured points quantity increase. After $\varepsilon=51\%$ the intensity of the $\langle 111 \rangle \parallel \text{ND}$ texture increases.

Key words:

Low carbon steel, , ferrite, carbide, microcavities

Összefoglalás

Az EK2 minőségű acéllemez hideghengerlésekor kezdetben (0-30 %) a ferrit szemcsék alakjában, méretében változás nem tapasztalható, de a ferritszemcse határon levő masszív karbidokban repedések már relatív kismértékű alakváltozások után is láthatók. $\varepsilon_z \sim 20\%$ -nál a karbidok 10%-ban van törés. $\varepsilon_z \sim 51\%$ -nél gyakorlatilag az összes masszív karbid töredezett. A kezdeti alakváltozások hatására a hengerelt felülettel párhuzamos mintalemezek normálisa szerinti (111) orientációjú relatív pólusűrűség ($\langle 111 \rangle \parallel \text{NI}$) mennyisége nőtt (0-30%), ám a további alakítások után az egyre nagyobb mennyiségű karbid töredezésével az előbbi tendencia megváltozik. Miután gyakorlatilag az összes karbid már töredezett ($\varepsilon_z \sim 51\%$), az $\langle 111 \rangle \parallel \text{NI}$ jellegű texturáltság ismét erősödő tendenciát mutat.

Kulcsszavak:

ferrit, karbid, mikroüreg, hengerlés, kis karbontartalmú, ötvözetlen lágyacél

1. Bevezetés

Pikkelymentes zománcozásra az ötvözetlen kis karbontartalmú acéllemezek közül csak a nagy hőmérsékleten csévélt, majd hidegen hengerelt és lágyított acéllemezek alkalmasak [1]. Ismert, hogy melegen hengerelt állapotban a kis hőmérsékleten ($T < 700^\circ\text{C}$) csévélt kis karbontartalmú, ötvözetlen acéllemez szövetszerkezete ferrit perlites [2], míg a nagy hőmérsékleten ($T = 730^\circ - 760^\circ\text{C}$) csévélt kis karbontartalmú, ötvözetlen acéllemez szövetszerkezetét a ferrit mellett masszív vaskarbidok jellemzik [3]

Inoue és Kinoshita. [4] vizsgálták a ferrit-perlites acélok alakváltozásának mechanizmusát 0,05-0,91 % C-tartalmú mintákban. A C=0,05% karbontartalmú acélokban a perlitben az üregképződést $\varepsilon=65\%$.

($\phi_t=0,75$ –él) jelölték ki. Verő Balázs [5] kimutatta, hogy a kis hőmérsékleten csévelt minták perlitjében az eltöredezett cementit lemezek közötti területet a ferrites mátrix teljesen benövi 50 %-os alakváltozás után. Porter, D.A. és társai [6] kimutatták, hogy finomlemezes perlitben (90 nm-es lemeztávolság) a cementit folytonosságának megszűnése következtében kialakuló mikroüregek begyógyulnak a későbbi alakváltozások során. Csak egészen durva (400 nm-es lemeztávolságú) perlit cementitlemezekéinek töredezése hozhat létre stabilis mikroüregeket.

2. Kísérleti anyag

A vizsgált lágyacéllemez alapanyagát a Dunafer Rt-nél LD konverterben állították elő, majd a folyamatosan öntött brammát öntött 6 állványos meleghengersonon hengerelték. A lemez csévézési hőmérséklete 730°C volt. A vizsgált lágyacéllemez vegyi összetételét 1. táblázatban láthatjuk.

1. táblázat. A vizsgált acélok vegyi összetétele

Minőség	Kémiai összetétel [%]								
	C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Ni	Al
EK2	0.05	0.21	0.008	0.012	0.016	0.05	0.037	0.026	0.038

A meleghengerezelt lemezekből 40x210 mintalemezeket vágtam és ezeket laboratóriumi körülmények között duo hengerállványon hidegen hengereltem. A vizsgálati minták szövetszerkezetét, Leica MEF 4 típusú fénymikroszkóppal vizsgáltam a hengerlés irányba eső, az arra merőleges, és a felülettel párhuzamos síkban. Ferritszemcsék orientációjának, a kis és nagyszögű szemcsehatároknak a vizsgálata Philips XL-30 pásztázó elektronmikroszkópra szerelt EDAX-TSL-el történt

3. Vizsgálati eredmények és azok értékelése

Az acélminták zárványtartalma nem volt számottevő. A kezdeti alakváltozások során a ferritszemcse-méret, karbidok alakja nem változott a melegen hengerelt állapothoz képest, de már 12%-os lemezvastagságbeli fogyás után találtam olyan karbidot, amelyekben repedések keletkeztek. Az alakváltozás mértékének fokozásával a megrepedt, majd eltöredezett karbidok száma növekedett $\varepsilon \sim 25\%$ -nál $\sim 15\%$ körülire nőtt a megrepedt karbidok aránya, az $\varepsilon = 31\%$ -ban alakított mintánál már a karbidok 32%-ában találtam repedést. $\varepsilon = 37\%$ után a megrepedt

1 ábra. A töredezett karbidok számaránya az alapanyagban fellelhető karbidokhoz viszonyítva, az alakváltozás mértékének függvényében.

illetve töredezett karbidok aránya 50% fölé emelkedett. ~ 52%-os vastagságirányú fogyás után gyakorlatilag az összes karbidban tapasztalhatunk repedéseket. A ferrit szemcsék alakjában kezdetben semmi változást nem lehetett kimutatni fénymikroszkópos vizsgálatok során. Csak $\varepsilon=31\%$ után lehetett először felfedezni a hosszirányú csiszolaton a ferrit szemcsék nyújtottságát. $\varepsilon=42\%$ -os mérnöki alakváltozás után a ferrit szemcsék nyújtottsága a hosszirányú csiszolaton számos szemcsében elérte a 4:1 arányt, de igazán erőteljessé csak $\varepsilon=60\%$ -körül vált, ahol a ferrit szemcsék nyújtottsága lapcsiszolatokon is elérte a 2:1 arányt(3. ábra).

2. ábra. Karbidok repedésekkel 12%fogyás után. Hengerlési felülettel párhuzamos csiszolat

3. ábra Töredezett karbidok, nyújtott ferrit szemcsék ~62%fogyás után. Hengerlési felülettel párhuzamos csiszolat

68% vastagságirányú fogyás után az összetöredezett karbidok sorokba rendeződnek. Mikroüregek a közeli karbidok között illetve a karbidok végeinél találhatóak(4. ábra). Az erőteljesen nyújtott ferritszemcsékben 70% feletti fogyást elszenvedett mintáknál a hengerlési iránnyal kb. 35°-os szöget bezáró nyírási sávok láthatóvá váltak optikai mikroszkópon.

Orientációs vizsgálatokat a hengerlési felülettel párhuzamos csiszolatokon végeztem. A textúra jelenlétét a textúra intenzitásával (pólussűrűséggel) lehet számszerűsíteni, ami azt mutatja meg, hogy adott orientáció hányszor nagyobb valószínűséggel fordul elő a véletlenszerű orientációhoz képest. A vizsgálatok során azt tapasztaltam, hogy a melegen hengerelt szalag szövetszerkezete izotróp. A kiválasztott minták textúra-intenzitását az alakváltozás függvényében az 5. ábra mutatja.

4. ábra. Sorokba rendeződött karbidok, nyújtott ferritszemcsék $\varepsilon = 70,6\%$. Hosszirányú csiszolat.

133 **5. ábra.** Az EK2 acéllemezek hideghengerlésekor kialakuló textúrája

A hengerelt minták orientációs vizsgálata során azt tapasztaltam, hogy a kezdeti alakváltozások hatására a hengerelt felülettel párhuzamos mintalemezek normálisa szerinti (111) orientációjú textúrák (továbbiakban $\langle 111 \rangle \parallel \text{NI}$) mennyisége nőtt (0-30%), ahogy azt korábbi irodalmi adatok alapján elvártuk, ám a további alakítások után, az egyre nagyobb mennyiségű karbid töredezésével az előbbi tendencia megváltozott. Miután gyakorlatilag az összes karbid már töredezetté vált ($\epsilon_z \sim 51\%$), az $\langle 111 \rangle \parallel \text{NI}$ jellegű texturáltság ismét egyre határozottabbá vált

A hengerlés során a karbidok töredezésének hatására bekövetkező ferritszemcsék orientációs izotrópiára való „törekvése” hasonlatos a Cock és társai [7] által, az én vizsgálati anyagomhoz hasonló anyagon tapasztalt, hőkezelés során lejátszódó folyamatokhoz. Cock és társai úgy találták, hogy lágyítás után a karbidok környezetében, a karbidok mellett a ferritszemcsék izotróp jellege uralkodik, míg a ferrites környezetben még jól látható anizotrópia marad

4. Következtetések

Az EK2 minőségű acéllemez hideghengerlésekor a masszív karbidokban repedések már relatív kismértékű alakváltozások után is kialakulnak. Az alakváltozás fokozásával egyre több karbidban jelenik meg repedés. $\epsilon_z \sim 51\%$ -nál gyakorlatilag az összes ferritszemcse határokon levő masszív karbid töredezetté válik. A töredezett karbidok mennyiségi növekedésének anizotrópia csökkentő hatása van.

Irodalom

- [1] http://www.arcelormittal.com/fce/repository/Brochures/Enamelledsteel_brochure_FR.pdf
- [2] Fábián Enikő Réka: *Az S235JRG minőségű melegen hengerelt acéllemez hidrogén –átbocsátó képessége és szövetszerkezete* E. M. E. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka IX., 2004; 51. oldal
- [3] G. Erdem, Y. Taptik: *Effect of Hot Rolling Conditions to Produce Deep Drawing Quality Steels for Continuous Annealing Process*; Journal of Materials Processing Technology 170, 2005, p.18
- [4] T. Inoue, S. Kinoshita, Trans J. Iron Steel Inst vol 17 , 1977 pp. 245-251
- [5] Verő Balázs: *A pikkelyesedésre nem hajlamos acéllemezek gyártás-technológiájának fémtani háttere*, MTA doktori értekezés, Budapest, 1994-; 91oldal.
- [6] D.A. Porter ; K.E. Easterling ; G.D.W. Smith: *Dynamic studies of the tensile deformation and fracture of pearlite*, Acta Metallurgica, 1978, vol26, 1405-1422
- [7] T. De Cock, C. Capdevila, F. G. Caballero and C. Garcia de Andrés: *Global recrystallization model of low carbon sheet steels with different cementite contents*, Mat. Sci and Eng. A vol519; 2009; p.14

Dr. Fábián Enikő Réka, egyetemi adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem/ Anyagtudomány és Technológia Tanszék

1111 Budapest, Bertalan Lajos u 7. MT épület

e-mail: fabianr@eik.bme.hu; telefon: 00-36-1-463 2836