FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

ALN KIVÁLÁS MÉRÉSE ÉS SZIMULÁCIÓJA MELEGEN HENGERELT LÁGYACÉL TEKERCSEBEN

MUCSI András

Abstract

In this paper the simulation and measurement of (mainly aluminium-)nitride precipitation in hot rolled Al-killed steel strip have been presented. Precipitation kinetics in temperature range 600-700 °C has been measured by thermoelectric power tests. Based on this measurements the amount of precipitated nitrogen during cooling of a coil after coiling has been calculated.

Keywords: AlN precipitation, hot rolled low carbon steel

Összefoglalás

A cikk alumíniummal csillapított lágyacél lemezekben megfigyelhető (főként alumínium-) nitrid kiválási folyamat mérés technikájáról és szimulációjáról szól. A kiválási kinetikát 600-700 °C közötti hőmérsékleten végzett kísérletekkel és termofeszültség méréssel állítottuk fel. Ezen mérési eredmények alapján a melegen hengerelt tekecsben csévézés után lejátszódó nitridkiválást szimuláltuk.

Kulcsszavak: AlN kiválás, melegen hengerelt alacsony karbontartalmú acél

1. Bevezetés

Alumíniummal csillapított lágyacél lemezek igen elterjedtek jó mélyhúzzhatóságuk (r_m , átlagos anizotrópiaérték: ~ 1.8) és alacsony folyáshatárjuk (170-190 MPa) és az IF acélokhöz képest alacsony árak miatt. A mélyhúzzhatóságot a technológiai paraméterek közül a csévézés hőmérséklete, a hideghengerlés mértéke, a lágyítási technológia során a felhevítés sebessége határozza meg. A jó mélyhúzzhatóság és az alumínium nitrid kiválási folyamata szoros kapcsolatban van, ha a kiválások finom, diszperz formában vannak jelen, akkor a hidegalakított lemez újrakristályosodása során a szemcsehatárok irányába történő növekedést gátolják a kiválások, kialakul a „palacsinta” szövet, mindemellett erős {111} textúrával fog a lemez rendelkezni a lágyítás után. Ha a kiválások nagy méretűek, akkor csíráképzőként hatnak, körülöttük random textúra keletkezik, de az előző sorokban leírt hatásokat nem fejtik ki. Ha a kiválási folyamat lágyított anyagon és magas hőmérsékleten megy végbe, akkor nagy méretű kiválások keletkeznek, ez kerülendő. Az alumíniummal csillapított mélyhúzzható lágyacélok gyártástechnológiai jellegzetességéből adódik, hogy a felcsévézés utáni hőmérsékletéről (550-700 °C, acélminőségtől függ) való lehűlés közben jelentős mennyiségű nitrogén válhat ki. A kivált nitrogén mennyisége nagymértékben függ a csévézés hőmérsékletétől és erről a hőmérsékletéről való lehűlési sebességtől.

2. A nitridkiválási folyamat mérése 600-700 °C hőmérsékletintervallumban

A nitridkiválási folyamat mérésének egyik lehetséges módja a termofeszültség mérése. A termofeszültség mérése egy speciális készülékkel történik, mely képes igen kicsi, 10-100 nV nagyságrendű feszültségjeleket felerősíteni igen kis zaj mellett. A berendezés vázlata az alábbi ábrán látható.

1. ábra. A termofeszültség mérésére használt készülék vázlata

A próbatestet két igen tiszta elektrolitréz blokk közé helyezzük, és egy arra alkalmas elektromosan szigetelt rögzítéssel a két réz tömbhöz megfelelő kontaktusba hozzuk. Az egyik réz blokkot egy szabályzórendszer 15 °C-on, míg a másikat 25 °C-on tartja. A hőmérsékletkülönbség miatt a két rézblokk között termofeszültség keletkezik, amit egy megfelelően kiszájú erősítőre kötve mérhető jelet kapunk. A termofeszültség jele S , mértékegysége nV/K illetve nV/°C. A termofeszültség értékét sok tényező befolyásolja. Értéke csökken, ha a rács torzultsága nő (visszaoldódás, alakváltozás) és nő, ha az atomrács torzultsága csökken (kiválás, újakristályosodás). Az egyes ötvözőelemek által okozott termofeszültség változás alacsony ötvözőtartás esetén egyenesen arányos az adott elem oldatban lévő mennyiségével, ezt fejezi ki a Nordheim-Gorter szabály:

$$\Delta S = \sum K_i \cdot x_i \quad (1)$$

Ahol ΔS a termofeszültség változás, K_i az adott ötvözőelemre vonatkozó arányossági tényező, x_i az adott elem tömegszázalékban oldatban lévő értéke. A K_i arányossági tényező karbon atomokra -45 $\mu\text{V}/(\text{wt}\%\text{K})$, míg nitrogénre -24 $\mu\text{V}/(\text{wt}\%\text{K})$. Az oldott nitrogén és karbontartalom ezzel a méréstechnikával kb. 1-2 ppm pontossággal határozható meg. Massardier és társai egy speciális módszert dolgoztak ki az oldott karbon és nitrogéntartalom mérésére, melynek részletes leírása az irodalomban fellelhető [1]. Az eredményeik szerint az oldott nitrogéntartalom csökkenés különböző hőmérsékleteken végzett hőkezelések során az idő függvényében a következő ábrán látható alakot ölti (összetétel: 0.025% C, 0.2% .Mn, 0.005% N, 0.058% Al)

2. ábra. A nitrogén kivált mennyisége Massardier és társai szerint a hőmérséklet és az idő függvényében melegen hengerelt légyacél lemezben [1]

A mérési módszert egy saját összetételre (0.05%C, 0.004%N, 0.23%Mn, 0.029%Al) alkalmazva hasonló görbéket kaptunk az oldott nitrogén csökkenésére az idő és a hőkezelés hőmérséklete függvényében. A görbékre Avrami típusú kinetikát illesztettünk, melynek segítségével nemizoterm feltételek melletti átalakulási folyamat számítható. Ezek alapján egy olyan szimulációs eredmény sor készült, ahol a melegen hengerelt, különböző csévélni hőmérsékleten felcsévélt tekercsekben a nitridkiválási folyamat előrehaladottságát számítottuk különböző lehülési sebességek mellett. A melegen hengerelt tekercsben csévélni után az átlagos lehülési sebesség sok tényezőtől függ, átlagos értékét 15-25 °C/óra értékűre lehet becsülni. Ebből kiindulva a szimulációt tehát 550-650 °C-on felcsévélt és különböző hülési sebességgel lehült tekercsrészekre végeztük el.

3. ábra. A nitridkiválás mértéke különböző hőmérsékleten felcsévélt, különböző sebességgel történő lehülés során saját mérési eredmények alapján

4. ábra. A nitridkiválás mértéke különböző hőmérsékleten felcsévélt, különböző sebességgel történő lehűlés során saját mérési eredmények alapján

Általánosan elmondható, hogy a nitridkiválás 400 °C-os hőmérséklet alatt igen csekély az összes lehülési sebesség esetén, tehát a szimulációban használt lehülési sebességet leginkább a tekercs adott pontjának 400 °C-os hőmérséklete és csévélési hőmérséklete közti lehülési sebességgel lehet leginkább összevetni. A szimulációt mind a saját mérés alapján felállított, mind az [1]-ben található mérési eredmények alapján elvégeztem. Az eredmények az alábbi ábrákon láthatók.

3. Összefoglalás

A cikkben az Al-al csillapított lágyacélok nitridkiválási folyamatainak méréstecnikájáról és alkalmazásáról olvashattunk. A szimulációs eredmények alapján a csévélési hőmérséklet és erről a hőmérsékletről történő lehülési sebesség függvényében a kivált (alumínium)nitrid mennyiségére adtunk becslést.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönettel tartozik a Richter Gedeon Talentum Alapítván felé a kutatásban nyújtott segítségért.

Irodalom

[1]. V. Massardier a*, V. Gue'taz, J. Merlin, M. Soler: Kinetic and microstructural study of aluminium nitride precipitation in a low carbon aluminium-killed steel, Materials Science and Engineering A355 (2003) 299-310

Mucsi András doktorandusz

BME-GPK

OE-BDGBMK

H-1081 Budapest, Népszínház u. 8.

mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu