FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

AZ S235JR MINŐSÉGŰ MELEGEN HENGERELT ACÉLLEMEZ HIDROGÉNÁTBOCSÁTÓ-KÉPESSÉGE ÉS SZÖVETSZERKEZETE

Fábián Enikő Réka

Summary

The tendency for fish-scale formation of the enamelled products is characterized by the hydrogen permeability. The permeation of hydrogen through steel involves its entrance at one surface and its exit at the other surface. The permeation rate, P , at which hydrogen passes through a slab of thickness, d , per unit area, will be established by the diffusivity and the solubility of hydrogen in the steel. The dissolved hydrogen is contained as atomic hydrogen in the interstices of the metal lattice. In steel exist various traps for hydrogen atoms. Trapping enhances the solubility of hydrogen but decrease the diffusivity. Traps are, for example: grain boundaries, boundaries of second phase particles, steel-inclusion interfaces, micro-cavities etc. Traps can be characterized by their nature. A reversible trap being one that hydrogen can both enter and leave. A dislocation core is saturable, reversible trap; while voids and cracks are unsaturable reversible traps. The studied hot rolled coil of S235JR grade steel had homogenous microstructure, constituted from ferrite, pearlite and inclusions non-metallic. There were not micro-cavities. The measured T_H values were low (between: 0.45- 0.7).

Összefoglalás

A zománcozott lemezek pikkelyesedését a lemez -zománc határfelületen megjelenő és rekombinálódott hidrogén váltja ki. Az acél hidrogénátbocsátó képessége függ a hidrogénnek az acélban való oldhatóságától és diffúziós tényezőjétől. A hidrogén az acélban interszticiósan oldódik. A hidrogénatomok a vas ideális rácsában az oktaédes és tetraédes helyeken helyezkedhetnek el, reális szerkezetekben viszont úgynevezett csapda helyekhez is kötődnek. Ilyen csapdák a vakanciák, diszlokációk, szemcse- és fázishatárok és a mikroüregek. A csapdák számával a hidrogén oldhatósága és a diffúziója módosul. A csapdák természetük szerint lehetnek reverzibilisek és irreverzibilisek. Például a diszlokációk telíthetőek és reverzibilisek hidrogénre nézve, míg a mikroüregek, mikrorepedések nem telíthető reverzibilis csapdák. A vizsgált S235JR minőségű, melegen hengerelt acél tekercsben hidrogén áthatolási idő rövid volt (az 1 mm-es lemezvastagságra átszámított hidrogén áthatolási idő 0,45- 0,7 között változott). Az acéltekercs szövetszerkezete ferrites kevés perlittel, nagy nagyítással zárványok is megfigyelhetők voltak. Inhomogenitás nem jellemezte a tekercs szövetszerkezetét

Bevezetés

A zománcozási hibák egy részét gázok eltávozása okozza [1]. Ezek a hibák két csoportba oszthatók: nagy hőmérsékleten kialakuló hibák, mint a tűszúrás, túlyukacsosság, gödröcskék, fekete foltosság és vöröspontosság; és kis hőmérsékleten keletkező hibák, mint pl. a pikkelyek, lepattogzások és hólyagok [2]. A nagy hőmérsékleten keletkező hibákat a hidrogén, szénmonoxid és széndioxid eltávozása okozza. A kis hőmérsékleten keletkező hibákat elsősorban a hidrogén diffúziója okozza [3]. Lepattogzás akkor keletkezik, amikor az acél -zománc határfelületen a megjelenő hidrogén

rekombinálódik. A kiváló hidrogén nyomására a zománc lepattogzik, kúpos alakú gödröcskéket hagyva maga után. Pikkely akkor keletkezik, ha a lepattogzás nem teljes. Egy halpikkelyhez hasonló ív alakú repedés keletkezik a bevonatban [4].

Amint az 1. táblázatból is látszik az S235JR minőségű acél vegyi összetétele közel áll az Al-al csillapított, kis karbontartalmú, hidegen alakított zománcozható minőségű acélokéhoz (pl. DC04EK). Felmerült a kérdés, hogy zománcozható-e ez a minőség melegen hengerelt állapotban.

Acél minőség	Szabvány szám	Vegyi összetétel [%]									
		C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Ni	Al	Fe
DC04EK	EN 10209-96	≤0,08	≤2	≤0,6	≤0,06	≤0,07	≤0,3	≤0,3	≤0,4	≤0,1	többi
S235JR	EN 10025-90-AL93	≤0,2	≤1,4	≤0,6	≤0,045	≤0,045	≤0,3	≤0,3	≤0,4	≤0,1	többi

1 táblázat A vegyi összetétel szabványos előírása S235JR acélra és DC04EK acélra

A hidrogén az acélban intersticiósan oldódik. A hidrogénatomok a vas ideális rácsában az oktaéderes és tetraéderes helyeken helyezkedhetnek el, reális szerkezetekben viszont úgynevezett csapda helyekhez is kötődnek. A csapdákat csoportosíthatjuk kölcsönhatási energiája szerint, de csoportosíthatjuk a szerint is, hogy azok megszüntethetők-e például hőkezeléssel (pl a diszlokációk), vagy nem (pl. mikroüregek). Néhány csapda kölcsönhatási energiái (a növekvő kölcsönhatási energiák sorrendjében): intersticiális helyek a vasban (< 0,1 eV), szemcsehatárok a nikkelben (≈ 0,19 eV), diszlokáció a vasban (0,28 eV), szemcsehatárok a vasban (0,28 eV), tiszta belső határfelület a vasban (0,87 eV) [5]. Mivel a zománcozott késztermék gyártástechnológiája adott lépésekből áll, a hidrogén bejut az acélba. A zománcozott termék pikkelyesedésének elkerüléséért arra kell törekedni, hogy az anyagban levő hidrogén ne tudjon gyorsan eltávozni. Tehát, ahhoz hogy a zománcozott acéltermék ne pikkelyesedjen szükséges, hogy a zománcozandó anyag kellő koncentrációban tartalmazzon csapdahelyeket.

Kísérleti anyag

A 2. táblázatban látható vegyi összetételű S235JRG2 minőségű acélt a Dunafer Rt-nél, LD konverterben állították elő, majd folyamatos öntés következett. A brammát 6 állványos meleghengersonon a meleg hengerelték. A csévélési hőmérséklet 650 °C volt. E folyamat végén a melegtekercs mérete: 2,2 x 1100 mm volt. A Dunafer- Voest Alpine Hideghengermű Kft-nél a lemezt pácolták, dresszírozták, majd kikészítették. A tekercs elejéből, közepéből és végéből kb. 2 m² próbatáblákat vágtak ki dresszírozatlan, illetve dresszírozott állapotban (a tekercs közepén 4-5 m hosszúságban nem dresszírozták a tekercset, hogy ilyen állapotban is megvizsgálhassuk az anyagot).

Vegyi összetétel [%]										
C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr	Ni	Al	N	Fe
0,065	0,379	0,01	0,009	0,008	0,03	0,036	0,027	0,048	0,0041	többi

2. táblázat A vizsgált S235JRG2 acél vegyi összetétele

Metallográfiai vizsgálatra a mintadarabok a próbalemezek közepén levő keresztcsíkból származnak (vizsgáltuk a lemezeket szélétől középig). Hidrogénátbocsátó képesség vizsgálatára a lemezek széléből és közepéből voltak a minták kivágva, a metallográfiai vizsgálatra kerülő mintadarabok mellől.

Kísérleti technika:

A minták hidrogén áthatolási idejét DIPERMET -H berendezéssel mértük.

A vizsgálati minták szövetszerkezetét Leica MEF 4 típusú fénymikroszkóppal, vizsgáltuk.

A tekercs közepéről, lemez közepéről, a lemezvastagság közepéből előkészített vékony fóliás mintákat, illetve a C- lenyomatokat JEOL 200A típusú transzmissziós elektronmikroszkóppal (TEM) vizsgáltuk.

Vizsgálati eredmények

40x70 mm-es mintákon mértük az első hidrogénátlépési időt. A hidrogénáthatolási idő mérőszámai nagyon kis értékeket adtak (3. táblázat) ($T_H = \frac{t_0}{d^2}$, ahol t_0 hidrogén átlépési idő [perc], d lemezvastagság, [mm]).

	T_H dresszírozatlan állapotú lemez			T_H dresszírozott állapotú lemez		
Tekercs eleje	0,5	0,5	0,6	0,45	0,56	0,6
Tekercs közepe	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
Tekercs vége	0,4	0,5	0,56	0,6	0,5	0,6

3. táblázat Az S235JRG melegen hengerelt lemez hidrogénáthatolási idő mérőszámai

A vizsgált minták szövetszerkezete viszonylag homogén. A ferrit mellett megjelenik a perlit (1. ábra, 2. ábra). A átlagos szemcseméret jellemzően 367 μm^2 . A lemez felülettől távolabb foltokban

1. ábra A lemez szövetszerkezete

2. ábra Perlit szemcse - C lenyomat

3. ábra Karbid a hármás szemcsehatáron

4. ábra TEM-es felvétel

viszonylag nagyobb méretű szemcséket is (980-1950 μm^2 .) láttunk. A szemcsehatárokon előfordulnak karbidok. A kristályhatárokon mutakozó összefüggő, tömör karbidhártya jelenléte a dresszírozott állapotú lemezben gyakoribb (3. ábra).

A TEM -es vizsgálatok során azt tapasztaltuk,

hogy a dresszírozott lemeznél a mátrixban sűrűbben helyezkednek el a parányi kis kiválások, mint a dresszírozatlanban. A melegen hengerelt állapotú lemezben a diszlokációk rövidek, rendszertelenül összesűrűsödve apró cellás szerkezetet rajzolnak ki. A diszlokáció sűrűség 6 felvétel alapján: $15,3 \times 10^8 / \text{m}^2$. A dresszírozott állapotú lemezben a diszlokációk hosszabbak, egyenletesebben oszlanak el a szemcsében. Csekély irányítottság és kisebb mértékű cellásodás is megfigyelhető. A diszlokáció-sűrűség 8 felvétel alapján: $31,5 \times 10^8 / \text{m}^2$

Amint a mérési eredményekből kitűnik, ezek a „csapdahelyek” nem növelik jelentősen a lemez hidrogénáthatolási idejét. Bár a dresszírozott minta diszlokáció-sűrűsége körülbelül a duplája volt a csak melegen hengerelt szalagénak jelentős különbség a T_H értékben nem mutatkozott. [6] szerint a hidrogén diffúziós tényezőjét $10^{12} / \text{m}^2$ -nél kisebb diszlokáció-sűrűség nem befolyásolja meghatározóan.

A vizsgálat során zománcozási kísérleteket is végezve (ipari körülmények között), a zománcozott minták pikkelyesedtek.

Következtetések

Az S235JRG2 acélszalag szövetszerkezetét jellemzően ferrit és kevés perlit alkotja. Nemfémes zárványok is előfordultak az acéllemezben főleg a lemez végén. A $10^8 / \text{m}^2$ nagyságrendű diszlokáció-sűrűség nem befolyásolja a T_H értéket.

Az S235JRG2 minőségű melegen hengerelt szalag esetén a hidrogénátbocsátó képesség mérőszáma kicsi, zománcozásra nem alkalmas.

Megjegyzés

A kísérleteket OM támogatással készülő: ALK 0038/2001 hivatkozási számú „Zománcozható acéllemezek, technológiák és vizsgálati módszerek” című K+F munka keretében végeztük a Dunafer Innovációs Menedzsment koordinációjával.

Irodalom

- [1] Newly, J.R.: "Steel Sheet for Porcelain Enamelling" ASM Metals Handbook Vol 1, p. 177-80.
- [2] Major, J.K.: "Enamel Defects Caused by Hydrogen," U.S. Steel Corporation, p. 129-33. G.P.K
- [3] Chu, G.P.K.; Keeler, I.K; and Davis, H.M. "A Study of Gases in Porcelain Enamelling;" J. Am. Ceram. Soc, 36/2 48-59 (1953).
- [4] Andrews, A. I. Porcelain Enamels, 2nd edition, The Garrard Press, Champaign, p. 602,
- [5] Tren, J. K. -Thomson, A. W.-Berstein, I. M-Richards, R.: Met. Trans. 7A. 821; 1976
- [6] K. Kiuchi és R. B. és Mc Lellan „The solubility and diffusivity of hydrogen in well-annealed and deformed iron” -Perspectives in Hydrogen in Metals, Pergamon Press, 1990, p.49.

Fábián Enikő Réka / PhD hallgató

Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet

Magyarország, 1116 Budapest, Fehérvári út 130,

Telefon: 00-36-1-463 0557 /Fax: 00-36-1-463 0529 / e-mail: reka@bzaka.hu