FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

MÁSODLAGOS FÁZISOK KIVÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA AISI 316 AUSZTENITES KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLBAN

KOCSISOVÁ Edina, DOMÁNKOVÁ Mária

Abstract

The process of the secondary phases precipitation controls the mechanical and physical properties of the stainless steels. The goal of this analysis is characterisation of the chosen factors (temperature expositions and deformation) influencing kinetics of the secondary phases precipitation at the grain boundaries. The improvement of the commercial steel properties relies on an accurate prediction of the microstructure.

Keywords:

Austenitic stainless steel, precipitation, microstructure, corrosion, deformation, heat treatment.

Összefoglalás:

A másodlagos fázis kiválása befolyásolja a korrózióálló acél mechanikai és a fizikai tulajdonságait. A tanulmány célja megvizsgálni adott tényezők (hőkezelés, maradó alakváltozás) hatását a másodlagos fázis kiválásának kinetikájára a szemcsehatáron. Az acélok tulajdonságainak javításához szükséges a kialakuló mikroszerkezet pontos ismerete.

Kulcsszavak:

Auszténites korrózióálló acél, kiválás, mikroszerkezet, korrózió, alakváltozás, hőkezelés.

1. Bevezetés

A korrózióálló acélok kémiai összetétele biztosítja a korrózió elleni védelmet különböző munkaközegekben. A korrózió kinetikájának meghatározása igen bonyolult. A károsodási folyamatokat tekintve azonban különböző matematikai összefüggések alkalmazhatók a folyamat sebességének meghatározására [1].

Az auszténites korrózióálló acél kitűnően ellenáll a korrózióknak, jól hegeszthető, ezért gyakran alkalmazzák szerkezeti anyagként a kémiai, petrokémiai iparágban és az energetikában [2]. Az energetikai és vegyipari létesítmények hegesztett kötéseiben különböző korróziós problémák léphetnek fel, amelyek közül jelentős a szemcseközi korrózió. A szemcsék belsejéből a Cr a szemcsehatárra vándorol és $(\text{Fe,Cr})_{23}\text{C}_6$ formájában kiválik. Különösen veszélyesek az 500...900°C-ra felhevült varratrészek, mert 500...900°C között rideg, kemény (800...1000 HV) rendezett rácsú szilárd oldat (σ -fázis) kiválási veszélye áll fenn, jelentősen rontva az acél szívósságát és korrózióállóságát. Az acélok szövetszerkezetének kialakulásában mind a kémiai összetétel, mind a

hevítési-hűtési folyamatok jelentős hatással bírnak. Azonos ötvözőtartalmú acélok mikroszerkezete hőkezeléssel megváltoztatható [3,4].

Ha a króm tartalom a passziválási érték alá süllyed (körülbelül 12 tömeg %) az acél korróziós szempontból gyengül [5,6], ebben az állapotban érzékenyebbé válik a szemcseközi korrózióra és a feszültségkorrózió okozta repedésre. Az acél korrózióállóságának csökkenése bekövetkezhet hőkezelés során, ha a hűtés a homogenizálási hőmérsékletéről kis sebességgel történik vagy hegesztési folyamat közben (hőhatásövezet jelenléte) vagy melegalakítás során is. A korróziós hajlam kialakulásának mértékét a következő tényezők befolyásolhatják: az acél kémiai összetétele, szemcseméret, alakítás mértéke, hőmérséklet és a hűtési idő a kritikus hőmérséklet-tartományban valamint a szemcsehatár jellege, stb. [7].

Jelen tanulmány célja a hűtési és az alakváltozás hatásának vizsgálata az acél korróziós hajlamának kialakulására. Vizsgálatainkkal főleg az alakváltozás mértékének hatását tanulmányoztuk a másodlagos fázisok kiválási folyamataira.

2. Kísérleti anyag és vizsgálati módszerek

Kísérleti anyagként az AISI 316 jelölésű ausztenites korrózióálló acélt alkalmaztunk, amelynek kémiai összetétele az 1. táblázatban található.

1.táblázat. Az AISI 316 jelölésű acél kémiai összetétele (tömeg %)

Acél	Vegy összetétel (tömeg %)								
	C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
AISI 316	0,050	0,032	0,47	0,86	0,003	0,001	17,55	11,56	2,10

A kísérleti acél 12 mm vastag, hidegen hengerelt lemez volt, amelyet 1050 °C- on oldó izzítással 1 órán át hőkezelték, majd gyors hűtéssel lehűtöttek. A próbadarabok egy részét maradékalakváltozásnak tettük ki, az alakváltozás mértéke az egyes darabokon 20, 30 és 40 % -os volt. A próbadarabokat ezután 400–900°C közötti hőmérsékletre hevítettük, ahol 0,1-től 1000 óráig hűtöttük. A próbadarabokon metallográfiai előkészítés után fénymikroszkópos vizsgálatot végeztünk, majd ASTM A 262 előírás szerinti korróziós vizsgálatot hajtottunk végre a vizsgált acél korróziós hajlamának feltérképezésére. Az ausztenit szemcsehatárain megjelenő másodlagos fáziskiválások részletes tanulmányozását transzmissziós (átsugárzásos) elektronmikroszkópos (TEM) vizsgálattal végeztük, amelyet elektrondiffrakciós (ED) vizsgálatokkal, illetve energiadisziperzív spektroszkópiával (EDX) egészítettünk ki.

3. Vizsgálati eredmények

A vizsgált acél oxálsavban végrehajtott korróziós vizsgálat utáni mikroszerkezetét az 1. ábra mutatja. A szövetszerkezet ausztenites szemcséből áll, jellegzetes izzítás utáni ikerkristályokkal. A szemcsék poliéderesek, a szemcseméret nem egyenletes. Az 1.a ábra az acél oldó izzítás utáni állapotát mutatja,

a korróziós károsodás részleges. Az 1.b ábrán látható szövetképen a szemcsehatár részleges lyukkorrózió jeleit mutatja. A szemcsehatárok teljes korróziója az 1.c ábrán látható. A szemcsehatárok korrodálódtak, az acélban kristályközi korrózió ment végbe, az acél szenzibilizációjáról beszélhetünk.

1. ábra. Az AISI 316 jelölésű acél jellegzetes szövetképei korróziós vizsgálat után
a) oldó izzítás, b) 800°C/10 min hőntartás, c) 800°C/10 óra hőntartás után

A korróziós vizsgálat eredményei alapján TTS diagramot (T-time, T-temperature, S-sensitisation) szerkesztettünk. A 2. ábrán látható a vizsgált AISI 316 jelölésű acélhoz tartozó TTS diagram, 0%-os alakváltozás, illetve az alkalmazott mértékű alakváltozások után. A korróziós vizsgálat érzékenysége nem tette lehetővé a különböző mértékű deformáció hatásának kimutatását. Az eredmények elemzése alapján, a C-görbék helyzete az alakváltozási mértéktől függetlenül megegyezőnek mondható. A deformált próbadarabok esetében felvett C-görbe balra tolódott el (a rövidebb idők felé) a nem alakított próbadarabhoz képest (0% alakítási mérték).

2. ábra. AISI 316 jelölésű acél TTS diagramja

A 3.a ábrán a TEM vizsgálatához készített replika részletesen mutatja a 650°C / 30 óra paraméterű korróziós folyamat hatását. A szemcsehatáron szabálytalan geometriai alakú és méretű kiválások figyelhetők meg. ED segítségével ezeket a részecskéket $M_{23}C_6$ karbidként azonosítottuk. A szemcsehatáron kivált fázisok: $M_{23}C_6$ karbid, M_6C karbid, σ -fázis és χ -fázis, amelyek részarányának időbeli változását a 3.b ábra szemlélteti.

3. ábra. AISI 316 jelölésű acél 650°C/30 óra paraméterű hőntartás után
a) szemcsehatár részlete a másodlagosan kivált fázisokkal (extrakciós replika)
b) a hőntartás idejének hatása 650°C-on a kivált fázisok részarányára

4. Összefoglaló

Az AISI 316 jelölésű ausztenites acél korróziós vizsgálata alapján bizonyítást nyert, hogy a szekunder fázisok kiválására az alakváltozás mértéke jelentősen hat. A felvett TTS diagramból következik, hogy az alakváltozásnak kitett próbadarabok esetén a C-görbe a rövidebb idő és az alacsonyabb hőmérséklet irányába tolódott el. A vizsgált acélban az alábbi másodlagosan kivált karbidokat és fázisokat azonosítottuk: $M_{23}C_6$ karbid, M_6C karbid, σ -fázis és χ -fázis, részarányuk a hőntartási idővel változott.

Köszönetnyilvánítás

Ez a cikk az OP K + F projekt támogatásával készült: Növekvő energiabiztonság Szlovákiában, ITMS: 26220220077, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával.

Irodalom

- [1] Reti T, Kovacs T: *A phenomenological method for the prediction of damage accumulation processes under varying external conditions* In: Materials Science Forum, Vol. 414-415: 2003, p.317-322.
- [2] Lo,K.H., Shek,C.H., Lai,J.K.L.: *Recent development in stainless steels*. In: Materials Science and Engineering R: Reports, vol. 65, 2009, p.39-104.
- [3] Bagyinszki Gy., Bitay E.:*Anyagtulajdonság- és technológiai paraméter-meghatározó módszerek értékelése* In: Műszaki Tudományos Füzetek - FMTÜ; XII. 2007. p 5-10.
- [4] Kovács T., Barta I., Borossay B.: *Adott szerkezetű próbatestek előállítása* In: Műszaki Tudományos Füzetek - FMTÜ; XII. 2007. p. 27-30.
- [5] Puli,R., Ram, J.: *Corrosion performance of AISI 316L friction surfaced coatings*. In: Corrosion Science, Vol.62, 2012, p.95-103.
- [6] Wasnik, D.N., Dey,G.K., Kain,V., Samajdar, I.: *Precipitation stages in 316L austenitic stainless steel*. In: Scripta Materialia, Vol.49, 2003, p.135-141.
- [7] Mudali, U.K., Shankar, P., Ningshen, S., Dayalk,R.K., Raj, B.: *On the potting corrosion resistance of nitrogen alloyed cold worked austenitic stainless steels*. In: Corrosion Science, Vol. 44, 2002, p.2183-2198.

Kocsisová Edina, doktorandusz, **Dománková Mária**, egyetemi docens
Szlovák Műszaki Egyetem Pozsony, Anyagtechnológiai Kar Nagyszombat
Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská Republika Tel.: 00421/33 [552 1007](tel:00421335521007)
email: edina.kocsisova@stuba.sk, maria.domankova@stuba.sk