FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVII.

Kolozsvár, 2012. március 22–23.

LDX2404-ES ACÉL HEGESZTÉSE

BAKOS Levente, UZONYI Sándor

Abstract

We studied the properties of LDX 2404 lean duplex stainless steel, welded by different gas mixtures of TIG technology. This article is about the searching of the welding parameters, the optimal gas mixture, the welded joints micro and macro structure analysis, and the hardness test of the test pieces.

Keywords:

welding, duplex steel, stainless steel

Összefoglalás

A tanulmány az LDX 2404-es lean duplex korrózióálló acél hegeszthetőségét vizsgálja, különböző nitrogén tartalmú argon védőgázkeverékek esetén, TIG eljárással. Vizsgálat tárgyát képezték a hegesztési paraméterek keresése, az optimális gázkeverék megtalálása, illetve a hegesztett kötés mikro és makro szerkezeti vizsgálata, keménységvizsgálata.

Kulcsszavak:

hegesztés, duplex acél, korrózióálló acél

1. Duplex acélok

A duplex acélok vagy más néven ferrites-ausztenites acélok történelme majdnem olyan régi, mint a többi, az iparban felhasznált korrózióálló acéloké [1]. Gyártásuk 1924-ben kezdődött a finnországi Avesta acélművekben: nagy króm- és nikkeltartalommal, ferrites és ausztenites, vegyes szövetszerkezettel. A modern duplex acélok jellemző ötvözői: króm, molibdén, nikkel, nitrogén, mangán; ezek közül az első háromból tartalmaz jelentős mennyiségűt. A duplex acélok jól jellemezhetők a lyukkorrózió-állósági egyenértékkel (Pitting Resistance Equivalent = PRE), amelyet az ötvöztartalom határoz meg:

$$PRE_w = Cr + 3.3(Mo + 0.5W) + 16N \quad (1)$$

Mivel ezen ötvözők tözsdepiaci értéke tág határok között változik, egyes fejlesztések arra irányulnak, hogy arányukat csökkentsék, így biztosabban tervezhető a gyártás költsége. Ilyen fejlesztések eredményei az úgynevezett „Lean” (sovány) duplex korrózióálló acélok is, mint amilyenek a tanulmányunkban is foglalkoztunk, ezeknek a nikkel és molibdén tartalmát jelentősen lecsökkentették az elterjedten használt ausztenites korrózióálló acélok ötvöztartalmához képest. Vizsgálatunk tárgya az Outokumpu svéd acélgyártó vállalat 2010-ben kifejlesztett LDX2404-es sovány duplex acélja. Az új fejlesztésű lean duplex acélok célja a hagyományosan elterjedt ausztenites korrózióálló acélok helyettesítése. Ennek érdekében a lean duplex acélok előnyül szolgál, hogy mind a mechanikai mind a korrózióállósági tulajdonságai jobbak, mint a helyettesítendő ausztenites acélok tulajdonságai.

2. LDX2404 hegesztése

A hegesztéshez volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztő automatát használtuk, a technológiai paraméterek beállításához kiindulási alapul egy Böhler Welding Group által készített tanulmányt, illetve a gyártó által készített vizsgálatok tapasztalatait használtunk fel. A vizsgálat során 3mm-es lemezeket hegesztettünk tompa „I” kötéssel, hegesztő hozaganyag alkalmazása nélkül, 0, 1, 3, 5, 8 és 10% nitrogén tartalmú argon védőgázzal és tiszta argon gyökvédelemmel. A cél az volt, hogy teljes átolvadást érjünk el. A hőbevitel növelését a hegesztési áramerősség növelésével és a hegesztési sebesség drasztikus csökkentésével tudtuk a kellő szintre hozni. Szakirodalmi adatok alátámasztják, hogy az LDX2404-es acélnál nagyobb hőbevitel alkalmazható, mint az LDX2101-es acélnál. A hegesztés során a védőgáz nitrogéntartalmának változtatásával módosultak mind a hegesztés, mind a varrat paraméterei is. Minél több nitrogén került a védőgázba, annál nagyobb volt az ívfeszültség, ezzel egyenes arányban nőtt a bevitt hőmennyiség is [2., 3. ábra].

1. ábra. Folyáshatár - korrózió-állóság diagram

2. ábra. A feszültség változása

3. ábra. A hőbevitel változása

3. Vizsgálatok

A duplex korrózióálló acélok hegesztésekor az ausztenittartalom a kötésben sehol nem csökkenhet 30%-alá. Ezt kétféle mérési eljárással vizsgáltuk: mikroszerkezeti képek digitális analízisével és

Feritscope-pal. A mérés során a mért eredmények szórása miatt felmerült a gyanú, hogy a varratban valamilyen oknál fogva nem egyenletes a ferrit-ausztenit arány. Ezért egy mintadarabot többszöri köszörülés után rétegről rétegre tanulmányoztunk a Feritscope-pal. A mérési eredmények a vártnak megfelelőek voltak és homogén eloszlásúak. Az előzetes nagy szórás a Feritscope-os mérés azon hiányosságából adódott, hogy érzékeny az egyenetlen felületre. Ezáltal beláttuk, hogy a szövetelem eloszlás a varrat teljes keresztmetszetében egyenletes. A varrat makrogeometriai vizsgálatának eredményei: az hegesztőanyag hiánya miatt lapos koronaoldal és kis dudorodás a gyöknél, valamint széles varratok a nagy hőbevitel miatt. A digitális képanalízis szövetelem eloszlásra vonatkozó eredményeit a **2. táblázat** mutatja. A szövetszerkezet vizsgálata után a hegesztett kötésekben vett mintákon megmértem az alapanyag, a hőhatásövezet (HHÖ) és a varratfém keménységét. A mérés célja volt kimutatni a varrat alapanyagtól való keménységbeli eltérését. A gyártó által közölt maximális 290HV keménységet egy ponton sem lépte túl az anyag. A keménységmérés az MSZ EN 1043-1-es szabványban előírtak szerint zajlott. A kapott eredményeken jól látszik, hogy a varratfém keménysége a varratot védő gáz nitrogéntartalom-növekedésének függvényében növekszik.

1. táblázat. Vegyi összetétel

Outokumpu	ENW _{nr}	ASTW/UNS	Cr	Ni	Mo	N	Mn
LDX 2101®	1.4162	S32101	21.5	1.5	0.3	0.22	5
LDX 2404®	1.4662	S82441	24	3.6	1.6	0.27	3

2. táblázat. A hegesztési paraméterek

#	t	Védőgáz		Gyök v.gáz (l/min)	I (A)		Hőbe- vitel (kJ/mm)	U V	Heg. sebesség (cm/min)	Illesz- tés (mm)	W elekt. távols. ² (mm)	W kúpszög (°)
	(mm)	(l/min)	típus ¹		fűző	varrat						
1	3,0	10	100:0	1-2	160	160	1,84	11,5	3,5	0	2	60
2	3,0	7	99:1	1-2	160	160	1,98	12,4	3,5	0	2	60
3	3,0	7	98:2	1-2	160	160	2,00	12,5	3,5	0	2	60
4	3,0	8	97:3	1-2	160	160	2,03	12,7	3,5	0	2	60
5	3,0	8	95:5	1-2	160	160	2,08	13,0	3,5	0	2	60
6	3,0	8	92:8	1-2	160	160	2,19	13,7	3,5	0	2	60
7	3,0	8	90:10	1-2	160	160	2,32	14,5	3,5	0	2	60

¹: A védőgáz százalékos eloszlása: a kisebbik érték a nitrogén gáz arányát mutatja.

²: Volfrámelektroda távolsága a munkadarabtól

3. táblázat. A varrat szövetszerkezeti aránya (A védőgáz százalékos eloszlása: a kisebbik érték a nitrogén gáz arányát mutatja, a nagyobbik a 4.6-os tisztaságú Ar gázét)

Próbatest	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
Ar:Ni %	100:0	99:1	98:2	97:3	95:5	92:9	90:10
□:δ %	22,2	23,3	28,7	29,8	31,2	35,1	45,7

4. Következtetések / Összefoglaló

Különböző szakirodalmakban léteznek az itt leírt mérésekhez hasonló mérések, de az LDX2404-es acél ilyen jellegű vizsgálatit jelenleg nem lehetett elérni nyilvánosan is elérhető dokumentumtárakban. Az LDX2404-es acél 3 mm-es lemezeinek hegesztőanyag nélkül végzett hegesztéséhez több bevitt energiára volt szükség, mint a korábban már vizsgált LDX2101-es és egyéb duplex acélok hegesztéséhez. A gyártó anyagbizonylataiban megengedi az LDX2404-es acélnál a maximum 2,5kJ/mm értéket, aminél többet a kísérlet során nem számoltunk, így ez itt gondot nem okozhat. A próbadarabok hegesztése során a lemezeket rézgyámmal fogattuk le, gyökoldalon pedig gázzal hűtött réz gyöktámasz volt. Köztudott, hogy a réz hővezető képessége kiváló, ezért feltételezem, hogy a nagy hőbeviteli értékeket ez is okozhatta. A varratokat többféle módszerrel is megvizsgáltuk ferrittartalom szempontjából. A hőhatásövezetek kis méretét láthattuk a makroszerkezeti fényképeken. A varratok keménységét megmértük, a kapott adatokon jól látszik az eltérő nitrogén tartalom arány alkalmazása a varratoknál. A védőgázban 5% feletti nitrogén alkalmazása során a varrat keményedik az 5% alatti nitrogén tartalomhoz képest.

A kísérleti eredmények mutatják, hogy az itt alkalmazott paraméterek esetén legalább 3-5% nitrogén tartalom szükséges a kívánt ausztenit arány eléréséhez. Lean duplex acélok hegesztése esetén 5%-nál nagyobb nitrogén tartalom a védőgázban nem javasolt, mert ennél nagyobb nitrogén tartalom króm-nitridek nem kívánt kiválását okozhatja.

A hegesztés során hegesztőanyag hozzáadagolást nem alkalmaztunk. Ipari alkalmazás esetén javasolt nagy nikkel tartalmú hegesztőanyag hozzáadagolása, ezzel elősegítve az ausztenitképződést. Hegesztőanyag használata esetén javasolt a 3mm-es, és annál nagyobb falvastagságú lemezek hegesztés előtti élelőkészítése.

Ipari alkalmazás esetén a termelékenység növelése érdekében amennyiben a körülmények megengedik, javasolt a fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés alkalmazása a tanulmányban leírt volfrámelektródás ívhegesztés helyett.

Irodalom:

- [1] Jan Olsson and Mats Liljas: 60 Years of Duplex Stainless Steel Applications, Avesta, acom No. 2-96 (1996.), 1.p.
- [2] Szunyogh László (szerk.): Hegesztés és rokon technológiák, GTE, Budapest (2007.)
- [3] Dobránszky János: Korszerű duplex acélok hegesztéstechnológiája és alkalmazási lehetőségei, Messer és Lincoln Electric szakmai nap (2010.)
- [4] Bakos Levente, Uzonyi Sándor: LDX2404-es acél hegesztése, TDK dolgozat, 2011.

Bakos Levente, gépészmérnök
BME, Anyagtudomány és Technológia
Tanszék / TÜV Rheinland InterCert Kft.
1111 Budapest, Bertalan Lajos utca 7
Telefon: +3630-8946964
E-mail: bakosle@gmail.com

Uzonyi Sándor, gépészmérnök hallgató
Budapesti Műszaki Egyetem, Anyagtudomány
és Technológia Tanszék
1111 Budapest, Bertalan Lajos utca 7
Telefon / Fax: +3670-2487278
E-mail: uzonyi.sandor90@gmail.com