

DUPLEX ACÉLLEMEZEK LÉZERSUGARAS HEGESZTÉSEKOR BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSOK

LASER WELDING EFFECT ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF DUPLEX STAINLESS STEELS WELDS

Fábián Enikő Réka¹, Dobránszky János², Csizmazia János³

¹Budapesti Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Hungary 1111, Budapest, Bertalan Lajos utca, 7 sz. MT épület 108; fabianr@eik.bme.hu

²MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Hungary 1111, Budapest, Bertalan Lajos utca, 7 sz. MT épület 104; Dobranszky.Janos@eik.bme.hu

³Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, Hungary, 1116, Budapest, Kondorfa u.1; janos.csizmazia@bayzoltan.hu

Abstract

The mechanical and corrosion properties of duplex stainless steel welds are highly dependent on microstructure. Microstructure is affected by welding parameters and by filler metals. The high heat input and rapid cooling rates have a negative effect on the ferrite-austenite ratio in the welded joints of duplex stainless steels. The test materials were 1.4162 (lean duplex, LDX2101) and 1.4462 (AISI 2205) type steels in duplex steels group. Microstructural changes in welds were identified and examined using color metallographic methods.

Keywords: laser welding, duplex stainless steel, 2205, 2105, filler material

Összefoglalás

A duplex acélok hegesztett kötéseiben a hegesztés során bevitt hő és a nagy hűlési sebesség hatására a ferrit- ausztenit arány jelentősen eltérhet az alapanyag fázisarányától. A varratfém szövetszerkezetét a technológiai jellemzők, a hozaganyagok jelentősen befolyásolják. A szövetszerkezet meghatározó a hegesztett kötések mechanikai tulajdonságai szempontjából. Jelen dolgozatban az LDX2101 és a 2205 típusú duplex acélok lézersugaras hegesztésekor kialakult varratok szövetszerkezetét és a kötések mechanikai tulajdonságait ismertetjük.

Kulcsszavak: lézersugaras hegesztés, duplex acéllemez, 2205, LDX2101, hozaganyag

1. Bevezetés

A ferrit- ausztenites duplex acélokat ott alkalmazzák, ahol a korróziós hatás mellett a mechanikai igénybevétel is jelentős, mivel a duplex acélok nagyobb szakítószilárdsággal rendelkeznek, mint a hasonló korrózióállóságú ausztenites acélok

[1-3]. Azonos teherbírású tartály gyártásához duplex acélok jelentős tömeg megtakarítást jelentenek az ausztenites acélokhöz képest a nagyobb folyáshatárnak köszönhetően.

A hegesztési eljárás során a hőbevitel, a lehűlési körülmények meghatározóak a duplex acélok varratának szövetszerkezeté-

re. A duplex acélok különböző ötvözői nem egyenletesen oldódnak a szövetszerkezetben, az ausztenitképzők az ausztenitben, a ferrit-, illetve karbidképzők a ferritben dúsulnak. A dúsulás mértéke a hőmérséklet függvényében változik [2,4]. Történtek vizsgálatok egyes duplex anyagok lézersugaras hegesztésének tanulmányozása céljából [5], de hozaganyaggal történő lézersugaras hegesztés hatásáról kevés adat ismert.

2. Kísérleti eszközök, anyagok

Jelen munkánkhoz kapcsolódóan az 1,5 mm vastagságú 2205 minőségű ún. standard duplex és LDX2101 minőségű, nikkemben szegényebb, mangánban dúsabb ún. "lean" duplex acéllemezek lézersugaras hegesztésekor bekövetkező változásokat követtük hozaganyag nélkül illetve hozaganyaggal való hegesztés során.

A vizsgált lemezek vegyi összetételét az 1. táblázatban láthatjuk. A vizsgálni kívánt 2205 acéllemez szövetszerkezetét 55% ausztenit és 45% ferrit, az LDX2101 acéllemezét 35% ausztenit és 65% ferrit alkotta méréseink szerint.

A lézersugaras hegesztést a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-ben működő, diódapumpált, Rofin DY 027 típusú Nd:YAG berendezéssel végeztük, 2500W-os teljesítményen.

A hegesztéseket egy célszerszámon (munkaasztalon) készítettük el. A munkaasztal közepén rézből készült réssel ellátott betét van, erre helyeztük a mintadarabokat és alulra szerelhető a gyökvédelemként bevezetendő gáz. Felülről rézsínekkel szorítottuk le a mintadarabokat.

Hozaganyagként Sulzer Metco által gyártott Metco 41C típusú fémszórásiport, és 0,8 mm átmérőjű EN12072: 22 9 3 NL huzalt használtunk. A Metco 41C por vas mellett 17% Cr-ot, 12% Ni-t, 2,5% Mo-t 2,3% Si-t és 0,03% C-t tartalmaz. A huzal vegyi összetétele a vas mellett: 22,5% Cr, 8,5% Ni, 3,0% Mo, 0,5% Si, 0,02% C és 0,15% N tömegszázalékban megadva.

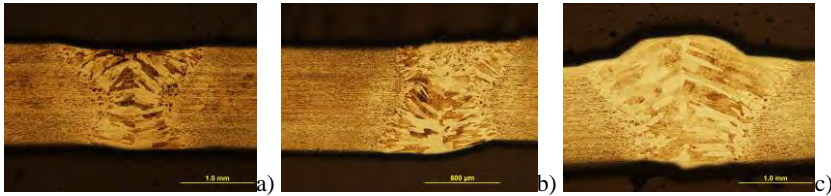
A Sulzer Metco berendezésen maximum 15 g/perces poradagolást sikerült elérni. Huzaladagolásakor 1000 mm/perces huzalsebességnél jött létre megfelelő varrat szemrevételezés alapján.

Védőgázként argon védőgázt használtunk. Az argon nemcsak az oxidációtól védi a varratfémeket, de a levegőben levő jelentős mennyiségű ausztenitképző nitrogén beoldódását is meggátolja. Figyelembe véve az irodalmi adatokat [6, 7] a védőgáz mennyiségét 35 l/min állítottuk be. Irodalmi adatok szerint [7] a fúvóka a hegesztés helyétől mintegy 30 mm-re állítva eredményezi a legnagyobb beolvadási mélységet.

1. táblázat. A vizsgált anyagok vegyi összetétele

Acélminőség	Vegyi összetétel, tömeg %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Fe
LDX 2101	0,023	0,66	4,97	0,022	0,001	21,49	1,51	0,29	0,228	0,25	többi
2205	0,019	0,37	1,42	0,022	0,001	22,4	5,8	3,16	0,177	-	többi

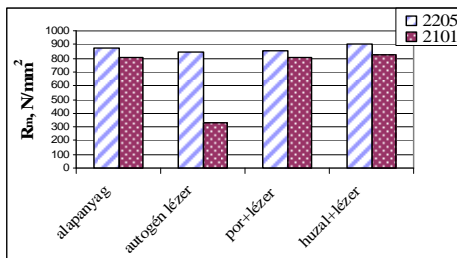
3. Vizsgálati eredmények



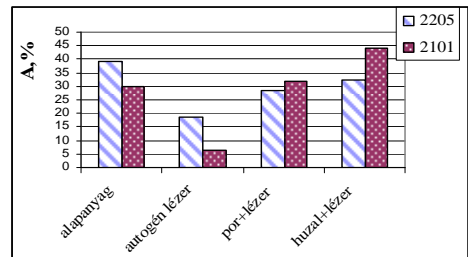
1. ábra. Hozaganyag hozzáadásának hatása a varrat alakra 2205/1,5mm mintasorozatonál.
 Marószers:Kalling'2 reagens N= 25x; v lézersugár = 1500mm/perc
 a) autogén hegesztés, b) poradagolás 15 g/perc c) huzaladagolás 1000 mm/perc

Szemrevételezés alapján 2500W-os lézerteljesítmény mellett, a lézersugár 1500 mm/perces haladási sebességekor megfelelő átvadási varrat alakult ki úgy autogén hegesztésekor, mint hozaganyag hozzáadásával való hegesztés során. A varratok alakja a hozaganyag hozzáadásával módosult (**1. ábra**), de varrathibát metszeti síkokban nem tapasztaltunk.

A különböző hozaganyagok mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásának tanulmányozása érdekében szakítóvizsgálatokat az MSZ EN ISO 6892-1: 2010 szabvány szerint végeztük. A vizsgált anyagoknál legkisebb szakítószilárdság és a legkisebb szakadáshoz tartozó nyúlás autogén hegesztés után adódott (**2-3. ábra**). A 2205 standard duplex acélnál a szakítószilárdság még autogén hegesztésekor is alig változott, miközben a LDX2101 acélnál hozaganyagmentes hegesztésekor jelentősen csökkent az R_m alapanyaghoz képest.



2. ábra. Hegesztés hatása a szakítószilárdságra



3. ábra. A hegesztés hatása a szakadási nyúlásra

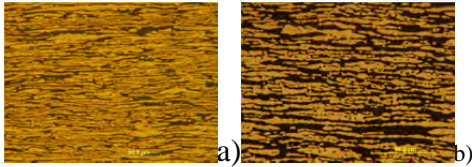
A legjobb mechanikai tulajdonságok a jelentős Ni tartalmú 22 9 3 NL huzaladagolásakor adódtak. Az LDX2101-anyagnál huzaladagoláskor nagyobb lett a szakadáshoz tartozó nyúlás, mint a szállítólevél adatai szerinti alapanyagnak, ugyanakkor a szakítószilárdság nem csökkent.

A tulajdonságok változásaiért a szövetszerkezet a felelős.

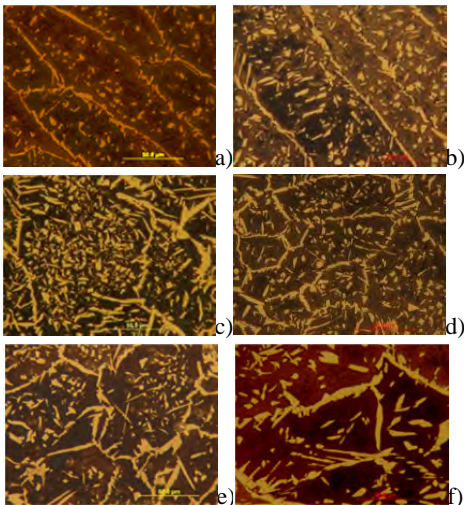
A ferrittartalom mérésére közismerten beváltak a mágneses indukciós elven működő Fischer FMP30 típusú ferritszkópok. Mivel e ferritszkópoknak a mérőfeje 1,43 mm átmérőjű gömbsüveg, ezeknél a mintáknál a varratméretek miatt a mérési jelek részben az alapanyagból is jöhetnek. A varratfémbe létrejött fázisok megkülönböztetésére, fázisarányok mennyiségi kiértékelésére alkalmasabbnak látszott színes maratással megkülönböztetni az ausztenitet a ferrittől. Képelemzős módszerrel való meghatározáshoz a

legalkalmasabbnak a Beraha'2 féle marószert (85 ml víz, 15 ml HCl, 1 g $K_2S_2O_5$) bizonyult. Maratás után a ferrit sötét, az ausztenit világos.

A hegesztésre szánt duplex acéllemezek szövetszerkezete a **4. ábrán** látható. A ferrit ausztenit mennyiség illetve elrendeződés a varratokban nemcsak az alapanyagtól függően változott, de a hozaganyagok is jelentősen befolyásolták azt (**5. ábra**).

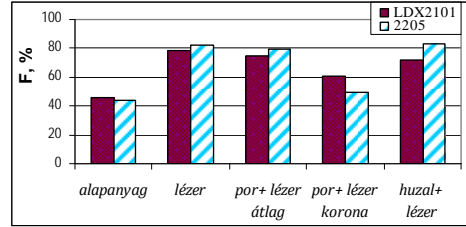


4. ábra A hegesztendő anyagok szövetszerkezete
a) 2205 lemez b) 2101 lemez



5. ábra. A varratfémek jellegzetes megjelenése
a) 2205 acél autogén hegesztéskor
b) LDX 2101 acél autogén hegesztéskor
c) 2205 acél poradagolással hegesztve
d) LDX2101 acél poradagolással hegesztve
e) 2205 acél huzaladagolással hegesztve
f) LDX2101 huzaladagolással hegesztve

Hegesztés után a varratfémekben a ferrittartalom minden esetben nőtt. A ferrittartalom számszerűsített mérési eredményeit a **6. ábrán** szemléltettük.



6. ábra. A varratfémek ferrittartalma

3. Következtetések

A vizsgált duplex acélok lézersugaras hegesztésekor a hozaganyagok javították az alakváltozó képességet és a szilárdságot. A legjobb mechanikai tulajdonságok huzaladagolással végzett lézersugaras hegesztéskor adódtak. A mérési eredmények a ferrittartalommal nem egyértelműen függnek össze. Feltehetőleg az ausztenit szemcséken belüli eloszlása illetve a szemcsék alakja is meghatározó.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Gunn RN: *Duplex stainless steels*. Abington Publishing, Cambridge, 1999, 1-47, 110-143.
- [2] Bődök Károly: *Az ötvöztelen, gyengén és erősen ötvözött acélok korrózióállósága, különös tekintettel azok hegeszthetőségére*, Budapest, Corweld, 1997, 229-246
- [3] *Duplex stainless steel for storage tanks*-Brochure; http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Duplex_for_Storage_Tanks-brochure.pdf
- [4] Muthupandi V, Srinivasan PB, Seshadri SK, Sundaresan S: *Effect of weld metal chemistry and heat input on the structure and properties of duplex stainless steels*. Material Science and Engineering, A358, 2003, 51-57
- [5] Pekkarinen J, Kujanp V: *The effects of laser welding parameters on the microstructure of ferritic and duplex stainless steels welds*, Physics Procedia 5, 2010, 517-523
- [6] Bögre Bálint: *Duplex rozsdamentes acélok lézersugaras hegesztése*, BME, ATT, 2014
- [7] Paripás Béla, Szabó Szilárd, Kocsisné Baán Mária, Tolvaj Béláné, Bencs Péter: *Lézeres mérési- és megmunkálási eljárások a Gépészetben*, [ww.tankonyvtar.hu/..lezeres.../G4_04_lezeres_meresi_es_megmunkalas..](http://www.tankonyvtar.hu/~lezeres.../G4_04_lezeres_meresi_es_megmunkalas..)