

Duplex acélok hegesztett kötéseinek szövetszerkezeti vizsgálata

Balázs János^(a), Nagy Hinst Adrián^(b), Dobránszky János^(c)

^{a)} BME Gépészmérnöki Kar, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.

balazs.janos@freemail.hu

^{b)} BME Gépészmérnöki Kar, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. nhadrian@gmail.com

^{c)} MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoport, 1111 Budapest, Bertalan Lajos utca 7.

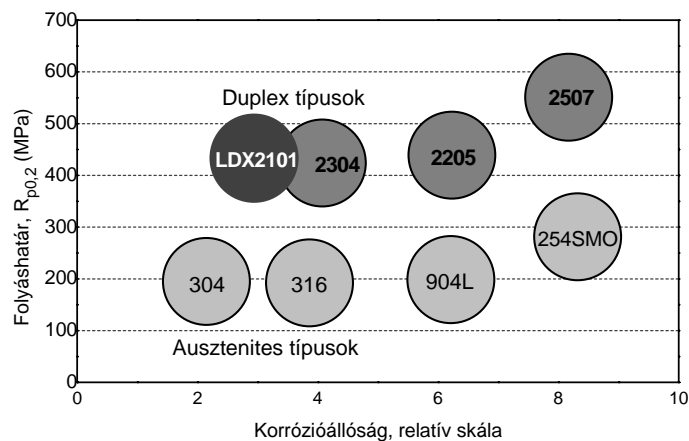
dobi@eik.bme.hu

Kivonat: A kísérleti munkánk célja a különböző duplex korrózióálló acélok hegesztheségi tulajdonságainak vizsgálata volt, TIG- és ATIG-eljárás használata esetén. A varrat szövetszerkezetét befolyásoló technológiai paraméterek hatását is vizsgáltuk. Az egyik legfontosabb eredményünk a színes marási eljárás sikeres használata volt a hegesztési varratok metallográfiai vizsgálatában. Ennek révén pontosan megállapítható a ferrit és az ausztenit fázis mennyisége, amelyek egyensúlya a duplex acéloknál kimagaslóan fontos.

Kulcsszavak: duplex acél, volfrámelektrodás hegesztés, ATIG-hegesztés, ferrit-ausztenit fázisarány, színes maratás

1 Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a hagyományos ausztenites, ferrites és martenzites acélok mellett megjelentek a közel fele-fele arányban ferritet és ausztenitet tartalmazó, ún. duplex korrózióálló acélok, melyekben az előbb említett két fázis előnyös tulajdonságai ötvöződnek a duplex acélokban. Ilyen például a nagy folyáshatár, mely kétszerese is lehet az ausztenites acélokénak, jó alakíthatóság, nagy nyúlási érték (30%), kis átmeneti hőmérséklet ($\leq -40^\circ\text{C}$), jó hegesztheség, s végül, de nyilvánvalóan nem utolsó sorban az 1. ábrán szemléltetett, kiváló lyukkorróziós ellenállás, amelyet a PRE értékek különféle változatai fejeznek ki. A ma ismeretes duplexacélcsoportokat bemutató 1. táblázat tartalmazza a Ni- és Mo-szegény vagy „sovány” (angolul: „lean duplex”) acélokat is. Ezek kifejlesztését az utóbbi évtizedben gyakran tapasztalható, igen nagy Ni- és Mo-árak ösztönözték. Az első sovány duplexet az AK Steel fejlesztette ki 2000-ben, a legismertebb típus viszont az Outokumpu által 2001-ben kifejlesztett LDX2101 acéltípus.



1. ábra. Korrózióálló acélok korrózióállósága

1. táblázat. Duplex korrózióálló acélok összetétele (PRE = lyukkorróziós ellenállási index)

Csoport	Típus	EN	UNS	C	N	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	Cu	W	Más	PRE
Duplex 22% Cr	2205 / UR45N	1.4462	S31803	0,03	0,18	22	5	3,2	2,0	1,0	-	-		35
	ATI2003 *		S32003	0,03	0,17	21	3,6	1,7	2,0	1,0	-	-		30
	Uranus 50		S32404	0,04	0,20	21,5	7,0	2,5	2,0	1,0	1,5	-		30
Duplex 25% Cr	XM-26		S31100	0,06	-	26	6,5	-	1,0	1,0	-	-	0,25Ti	26
	453S / 329	1.4460	S32900	0,05	0,04	26	5	1,5	1,0	0,75	-	-		31
	44LN	1.4460	S31200	0,03	0,15	25	5	2	2,0	1,0	-	-		34
	Carpenter 7-Mo		S32950	0,03	0,15	25	5	2	2,0	0,5	-	-		34
	Carpenter 7-Mo+		S32950	0,03	0,25	27,5	4,4	1,7	2,0	0,6	-	-		35
	Ferrallium 255		S32550	0,04	0,17	26	5,5	3	1,50	1,0	2,0			39
	Uranus 47N		S32550	0,03	0,18	25	6,5	3	2,0	1,0	-	-		38
Sumitomo DP3		S31260	0,03	0,16	25	6,5	3	1,0	0,75	0,3	0,3		38	
Szuperduplex	Zeron100	1.4501	S32760	0,03	0,25	25	7	3,5	1,2	0,8	0,5	0,6		42
	SAF2507	1.4410	S32750	0,03	0,30	25	7	4	1,2	0,8	-	-		43
	UR 52N+	1.4507	S3520	0,03	0,25	25	6	3,5	1,5	0,8	1,5			41
	DP3W		S39274	0,03	0,25	25	7	3	1,0	0,8	0,5	2		42
	SAF2906	1.4477	S32906	0,03	0,40	29	7	2,2	1,2	0,8	0,8			42
	DP28W		S32808	0,03	0,35	27,5	7,7	1	1,1	0,5	-	2,3		40
				S39226	0,030	0,20	25,0	6,	3,0	1,0	0,75	0,5	0,3	

25. Jubileumi Hegesztési Konferencia
Budapest, 2010. május 19-21.

							5							
	AF918		S39277	0,025	0,28	25	7,5	3,5	-	0,025	1,6	1,0		42
Hiper- duplex	SAF2707HD		S32707	0,03	0,40	27	6,5	4,8	1,5	0,5	-	-	1Co	49
	SAF3207HD		S33207	<0,03	0,50	32	7	3,5	1,5	0,8	-	-		50
Sovány duplex (lean duplex)	Nitronic 19D		S32001	0,03	0,12	20,5	2	0,6	5	1,0	-	-		23
	2304 / UR35N	1.4362	S32304	0,03	0,10	22,5	4,5	0,3	1,0	2,0	0,3	-		24
	LDX2101	1.4162	S32101	0,03	0,22	21,5	1,5	0,3	5	1,0	0,5	-		26
	UR2202	1.4062	S32202	0,02	0,20	22	2	0,2	2,0	1,0	-	-		26
	ATI 2102		S82011	0,03	0,21	22	1,5	1,0	2,5	1,0	0,5	-		26
Egyéb	3RE60		S31500	0,03	0,07	18,5	4,5	2,6	1,5	1,6	-	-		27

* A gyártója ezt az acélt a „lean duplex” kategóriába sorolja

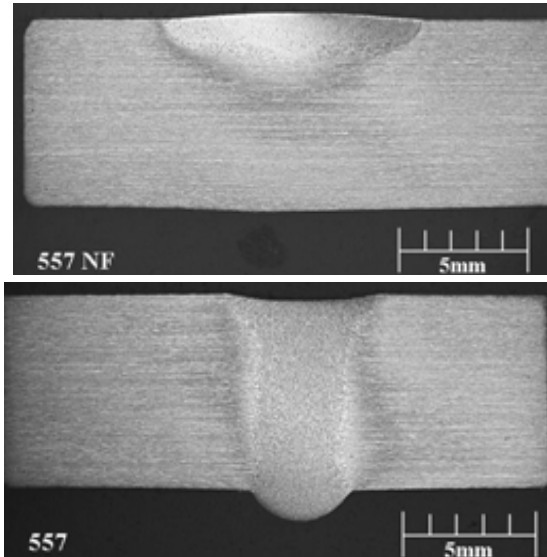
A duplex acélok hegesztésekor fontos, hogy a fázisarányt 20-70% ferrit értéken tartsuk, bár inkább azt kell hangsúlyozni, hogy az ausztenit mennyiségének el kell érnie legalább 30%-ot. Ahhoz, hogy ezt az értéket tartani tudjuk, megfelelő hűtési sebességet és hőbevitelt kell alkalmazni. Ezen kívül segítségünkre lehet egyéb ausztenitképző elemek ötvözése vagy pedig a védőgázhoz való nitrogénadagolás. A megfelelő fázisarány kialakulásához a következő táblázatban meghatározott hőbeviteli értékeket kell alkalmaznunk. A minimális hőbevitel 0,5 kJ/mm minden alapanyag esetén.

2. táblázat. Az egyes duplex acél típusok ajánlott hőbeviteli értékei a gyártó szerint

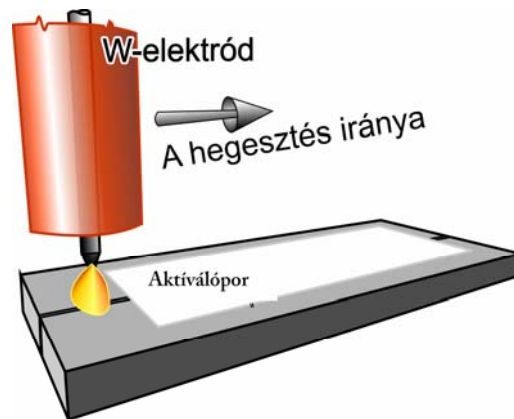
Alapanyag	Maximális hőbevitel
2304	2,0 kJ/mm
2205	2,5 kJ/mm
2101	1,5 kJ/mm

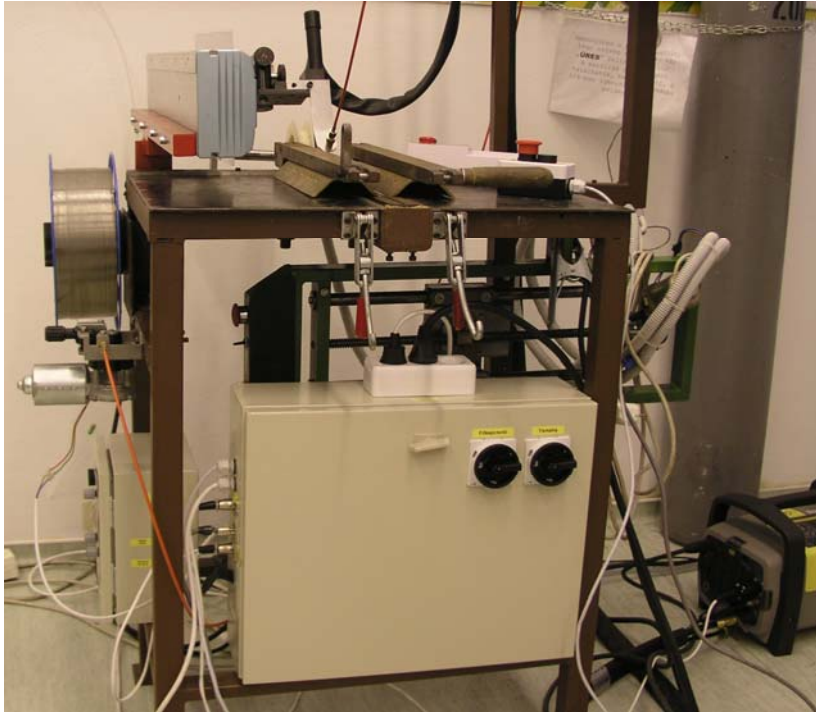
2 A hegesztési kísérletek ismertetése

A kísérleti varratokat TIG- és ATIG-eljárással készítettük. Az ATIG-eljárás technikai téren megegyezik a TIG-eljárással, az egyedüli eltérést az aktiválópor alkalmazása jelenti. A hegesztendő munkadarab felületét vékony aktiválópor-réteggel látjuk el. E por hatása, hogy csökken a hegesztés áramszükséglete, illetve ugyanakkora áramerősséggel hegesztve nagyobb hegesztési sebességgel haladhatunk. Jótékony hatása továbbá, hogy csökken a hőhatásövezet szélessége, mélyül a beolvadás.



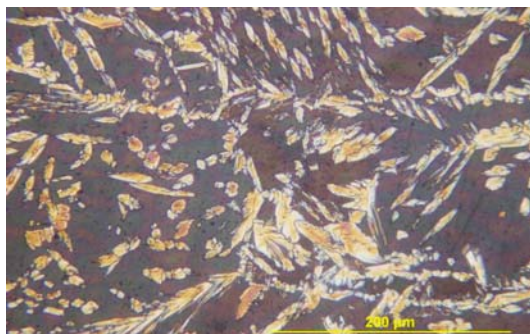
2. ábra. 160 A áramerősséggel hegesztett varratok makrofotói: bal oldalt hagyományos TIG-eljárással, jobb oldalt az ATIG-eljárással készült varrat keresztmetszeti képe





3. ábra. ATIG hegesztés vázlata (fent) valamint a hegesztőberendezés

A hegesztés során 3,0 és 1,5 mm vastag lemezekon hideghuzalos, W-elektrodás hegesztéssel, TIG- és ATIG-eljárással, egyoldali I-varratokat készítek. Az ATIG-hegesztés alkalmazása vastag lemezeknél térül meg, emiatt ezeket a kísérleteket csak a 3 mm-es lemezekon végeztük el. A védőgáz nitrogéntartalmának hatását vizsgáltuk a varrat ausztenittartalmára színesmaratási eljárással. Az így készített felvételeket ImagePro Plus képelemző programmal elemeztük.

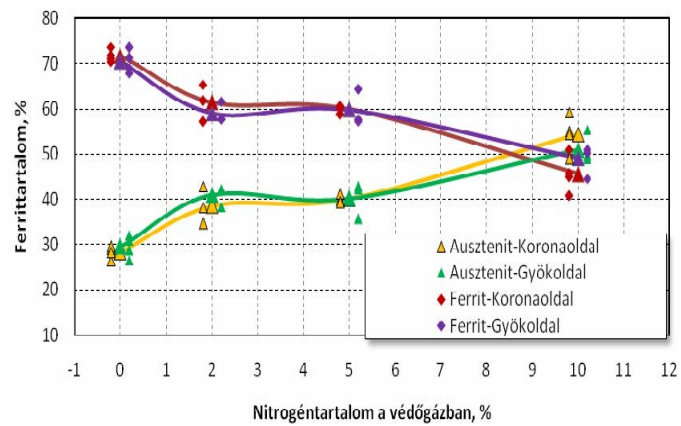




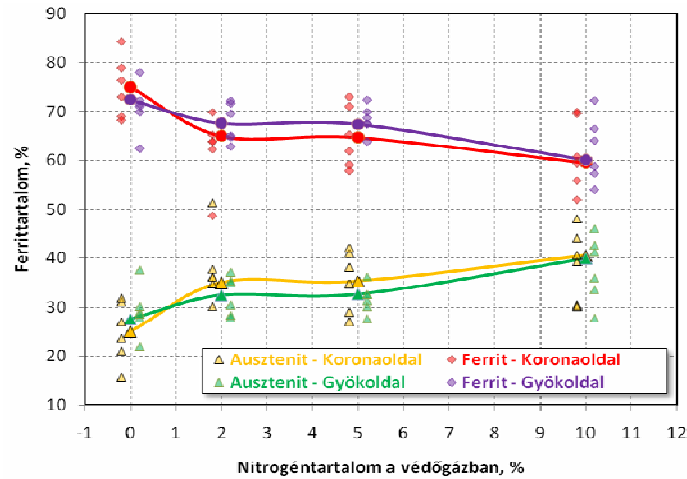
4. ábra. A varratfém koronaoldala és a képelemzővel elkülönített fázisok (piros=ferrit)

3. Eredmények

TIG eljárás esetén, már 2% nitrogén adagolása esetén is a 70%-os ferrittartalom alá mehetünk, 10% esetén elérhetjük az alapanyagban található 50%-ot.



5. ábra. A ferrittartalom alakulása TIG hegesztésnél a védőgáz nitrogéntartalma függvényében



5. ábra. A ferrittartalom alakulása TIG hegesztésnél a védőgáz N₂-tartalom függvényében

Összefoglalás

Az azonos hegesztési paraméterek mellett készült TIG és ATIG varratok ausztenit arányát akár 2% nitrogén védőgázhoz adagolásával javíthatjuk. Ha a nitrogén mennyiségét 5-10%-ra növeljük, akkor megközelíthetjük az alapanyag 50-50%-os arányát is. Az ATIG eljárás esetén nagyobb ferrittartalomra számíthatunk, a TIG eljárással szemben. Végeztünk mágneses fázisarány-meghatározási vizsgálatokat is Ferritescope, Ferricomp és FerriteMeter műszerekkel [6], ezek megerősítették a színes maratásos eljárás eredményeit.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a munkájuk támogatásáért a következő intézményeknek és vállalatoknak: NKTH-OTKA K69122, Böhler Kft., Outokumpu Kft., Messer Hungarogáz Kft., Linde Gáz Magyarország Zrt., Dinnox-H Kft., Patent Kft., Esab Kft., ÁEF Laboratórium Kft., DKG East Zrt.

Irodalomjegyzék

- [1] How to Weld Duplex Stainless Steels. Avesta Welding AB. (2006)
<http://www.avestawelding.com/3756.epibrw> (2010-02-28)
- [2] B. Aitken: How to Weld Duplex Stainless Steel.
http://www.engineersaustralia.org.au/shadomx/apps/fms/fmsdownload.cfm?file_uid=EF9B0598-E8BE-B607-D9A0-96CF65BCB7D6&siteName=ieaust
(2010-02-28)
- [3] Sándor T., Dobránszky J.: The Experiences of Activated Tungsten Inert Gas (ATIG) Welding Applied on 1.4301 Type Stainless Steel Plates. Materials Science Forum 537-38 (2007) 63-70

- [4] Kardos I: Színes metallográfia alkalmazása a gyakorlatban. Bányászati és kohászati lapok. Kohászat, 139 (2006:6) 5-11
- [5] I. Kardos, Z. Gácsi, P. J. Szabó: Color Etching for Characterization the Grain Orientation in Spheroidal Graphite Cast Iron. Materials Science Forum, 537-538 (2007) pp. 389-396
- [6] Mészáros I, Ginsztler J: Magnetic Investigation of Creep and Thermal Shock Fatigue Processes. In: Baldev Raj (szerk.) Pressure Vessels and Piping, Inspection and Life Management. Narosa, New Delhi 2009, 159-164