

KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉL TIG-ELJÁRÁSVÁLTOZATOKKAL HEGESZTETT KÖTÉSEINEK MECHANIKAI VIZSGÁLATA

MECHANICAL TESTING OF STAINLESS STEEL JOINTS WELDED BY TIG PROCESS VARIANTS

Losonci Kálmán¹, Bagyinszki Gyula²

¹ÉLINVEST Kft., Magyarország, 1184 Budapest, Lakatos u. 61-63,
losoncikalman@gmail.com

²Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,
Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, bagyinszki.gyula@bgk.uni-
obuda.hu

Abstract

This article is a review of the welding technology test, what X2CrNi18-9 material quality austenitic stainless steel was performed, examining the main mechanical properties of welded joints. The welded joints between thin sheets, TIG (Tungsten Inert Gas) process, to different process variants made with variable process parameters. The "Return" method as a special case compared with other TIG process variants.

Keywords: stainless steel, TIG-welding, autogenous welding, filler metal welding, „Return” welding

Összefoglalás

Jelen cikkben olyan hegesztéstechnológiai tesztről számolunk be, amit X2CrNi18-9 anyagminőségű ausztenites korrózióálló acélon végeztünk, vizsgálva a hegesztett kötések főbb mechanikai tulajdonságait. A hegesztett kötések vékony lemezek között, TIG (Tungsten Inert Gas) eljárással, annak különböző eljárásváltozataival készítettük, változó technológiai paraméterek mellett. A „Return” eljárásváltozatot, mint speciális esetet hasonlítjuk össze más TIG-eljárásváltozatokkal.

Kulcsszavak: korrózióálló acél, TIG-hegesztés, autogén hegesztés, hozaganyagos hegesztés, „Return” hegesztés

1. Technológiai kísérletek

A hegesztéseket argon védőgáz as volfrám-elektrodás (TIG vagy AWI) ívhegesztéssel, EWM Triton 160 inverteres DC (egyen-áramú) hegesztőgéppel végeztük. A kísérletekhez X2CrNi18-9 (1.4307 ausztenites korrózióálló acél) anyagminőségű, hidegen hengerelt, 2,5 mm vastagságú lemezt használtunk, melynek kémiai összetétele: C=0,021%, Mn=1,5%,

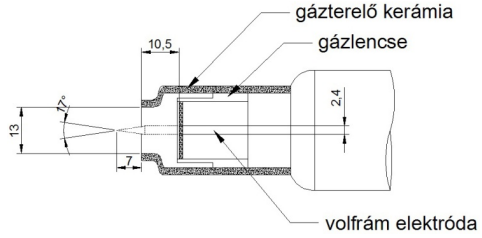
Si=0,5%, Cr=18,29%, Ni=8,01%, P=0,026%, S=0,002%. Fő mechanikai tulajdonságai: $R_{p0,2}=283$ MPa, $R_m=647$ MPa, A=55,6%. Az anyag kiválóan hegeszthető, alacsony hőmérsékleten is nagy szívósságú, jól mélyhúzható és polírozható.

A hozaganyag nélküli (Autogén, jelölésben: A) és hozaganyagos (TIG rod, jelölésben: Tr) hegesztéseket végeztünk. Ez utóbbiaknál X2CrNiMo19-12 (1.4430 vagy

19 12 3L) anyagminőségű, 2,0 mm átmérőjű tömör pácát alkalmaztunk. Ezen hozaganyag összetétele: C=0,01%, Mn=1,7%, Si=0,79%, Cr=18,2%, Ni=12,2%, Mo=2,5%, P=0,027%, S=0,002%, Cu=0,1%, Nb<0,01%, V<0,001%; fő mechanikai tulajdonságai: $R_{p0,2}$ =370 MPa, R_m =635 MPa, A=56%, KV=82J (-196 °C-on). Ezen hozaganyag használata javasolt X2CrNi18-9 alapanyag hegesztéséhez, mivel kedvező korrózió-állósági jellemzői vannak.

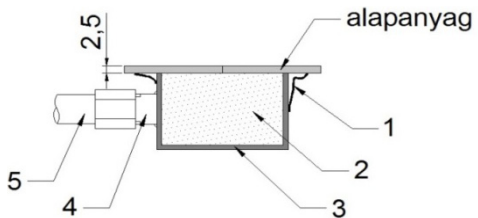
A tompavarratos hegesztett kötések gépi lemezollóval vágott, 300x125 mm-es lemezdarabok között készültek, melyeket fűzővarratokkal pozicionáltunk egymáshoz. Gyökhézag-mentes autogén hegesztéseknél a 7 mm hosszúságú fűzővarratok távolságát 70 mm-re választottuk. Az 1 mm gyökhézagú hozaganyag hegesztés előtt a 7 mm hosszúságú fűzővarratok 40 mm-es távolságban készültek. A gyökvédelem egyik megoldása alátétlemez alkalmazása, aminek anyaga esetünkben 40 mm széles, 2 mm vastag vörösréz lemez. Ennek szorosan kell a munkadarabhoz illeszkednie, mivel a nem megfelelő zárás utat enged a levegőnek és a gyökoldalon oxidáció lép fel.

20 °C-os környezeti hőmérsékleten, kb. 50%-os páratartalom mellett, az **1. ábra** szerinti pisztolyfej-kialakítással, 4.6-os (99.996%) tisztaságú, 10 liter/perc áramlási sebességű, palackos argon védőgázzal hegesztettünk. A védőgáz előáramlását 1 s-ra, utóáramlását 5 s-ra állítottuk, hogy ívgyújtáskor és varratbefejezéskor is legyen kielégítő gázvédelem. Gázlencsét is alkalmaztunk, hogy a pisztolyból kiáramló gáz turbulenciáját megakadályozzuk, elkerülve a környező levegő bekeveredését. Az elektróda távolsága a munkadarabtól (kísérleteinkben 2 mm) a beolvadás és varratalak szempontjából fontos, a pisztoly dőlésszöge (43°) a hőbevitelre van hatással.



1. ábra. Alkalmazott pisztolyfej kialakítás

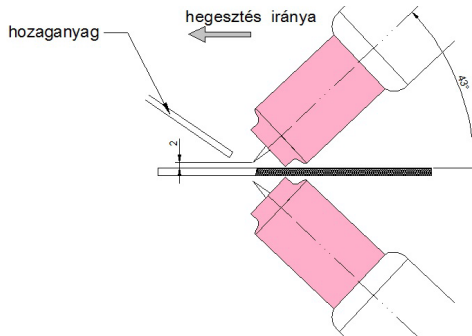
Amikor vörösréz alátétlemez gyöktámasztás (material backing, rövidítésben: mb) helyett védőgázos gyökvédelmet (gas backing, jelölésben: gb) alkalmaztunk, az ehhez használt tér feltöltéséhez szükséges időt 1 percben határoztuk meg, és a védőgázáramot 5 liter/perc-re korlátoztuk. A gázzal feltöltött tér (2) egy oldalain és végein alumínium ragasztószalaggal (1) lezárt U-profil (3), melyet ideiglenesen a gyökoldal alá illesztünk (**2. ábra**). Fontos a gázáramlás folyamatos biztosítása gáztömlő (5) és pl. 1/4"-os menetes csőcstalakozás (4) segítségével. A feltöltött térből lennie kell egy kiáramlási pontnak is, hogy ne keletkezhesen túlnyomás a hegfürdő alatt, ami a képződő varratot „deformálhatná”.



2. ábra. Gyökoldali gázvédelem megoldása

Az autogén és egyoldali (Single Side, jelölésben: SS) tompavarratos hegesztett kötések gyökvédelemmel és anélkül készültek, két-két különböző áramerősség (Low = alacsonyabb, High = magasabb; jelölésben: L és H) - hegesztési sebesség kombinációban, azaz különböző fajlagos hőbevitellel. A „Return” (jelölésben: R) vagyis két oldalról egyidőben hegesztő

eljárásváltózatnál (**3. ábra**) az áramerősség a két oldalon alkalmazott értékekkel adható meg (pl: 55/35 esetben a korona oldali áramerősség = 55 A, a gyökoldali áramerősség = 35 A). A gyökoldali hegesztés a beolvadást biztosítja, valamint a gyökoldalt védi a levegő káros hatásaitól.



3. ábra. „Return” TIG eljárásváltózat

Ebben az esetben a hőbevitel a két oldalról összegződik, s az közel megegyezik az egy oldalról végzett hegesztésekével. Az eljárásváltózat megvalósítható hozaganyag-gal és anélkül is. A kísérleteinkben a koronaoldalon nagyobb áramerősséget alkalmaztunk a gyökoldalihoz képest, ami főként abban az esetben indokolt, ha hozaganyagot is használunk. A hegesztés gyökoldalán egyenletes beolvadás tapasztalható, s ez a technológia fő előnye.

A fajlagos hőbevitel (szakaszenergia, vonalenergia) szokásos számítási képlete: $q/v = k \cdot U \cdot I / v_h$, ahol k a hőhasznosítási tényező közelítő (átlagos) értéke (TIG-hegesztésre $k \approx 0,6$), U az ívfeszültség V-ban, I a hegesztőáram erőssége A-ban, v_h a hegesztési sebesség mm/s-ban, így a mértékegysége J/mm. A hőbevitelnek ez a meghatározása pontatlan lehet, mivel a kísérletek során több fontos hőbevitelt befolyásoló tényező is felmerül, de ezek pontos hatását a k értékére jelen keretek között nem tudtuk vizsgálni. Ilyen például a rézalátét alkalmazása, vagy a „Return”

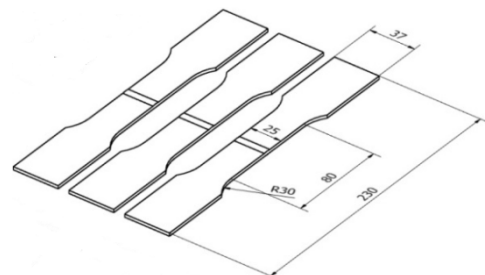
eljárásnál a két pisztoly együttes használata. Az elvégzett kísérleti hegesztések fő paramétereit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat. Kísérleti hegesztések fő paramétereit

Kísérlet sorszáma	Kísérlet megjelölés	Áramerősség [A]	Feszültség [V]	Hegesztési sebesség [mm/s]	Fajlagos hőbevitel [J/mm]
1.	SS.A.mb.L	90	11 ± 1	1,9	310
2.	SS.A.mb.H	110	11 ± 1	2,6	280
3.	SS.A.gb.L	90	11 ± 1	2,0	303
4.	SS.A.gb.H	110	11 ± 1	2,4	299
5.	SS.Tr.mb.L	80	11 ± 1	1,9	286
6.	SS.Tr.mb.H	100	11 ± 1	2,4	280
7.	SS.Tr.gb.L	80	11 ± 1	1,8	295
8.	SS.Tr.gb.H	100	11 ± 1	2,2	295
9.	R.A.L	55/35	11 ± 1	1,8	325
10.	R.A.H	70/40	11 ± 1	2,4	297
11.	R.Tr.L	55/25	11 ± 1	1,4	391
12.	R.Tr.H	65/35	11 ± 1	2,1	319

2. Mechanikai vizsgálatok

A kötések mechanikai vizsgálatához szakító próbatesteket – minden egyes kísérleti hegesztésből hármat-hármat – munkáltunk ki a 250 x 300 mm-es hegesztett lemezekből. Ezeket gépi lemezollóval elődaraboltuk, majd egyetemes marógéppel készre forgácsoltuk (**4. ábra**).



4. ábra. Vizsgálati próbatestek

A vizsgálatokat szabályozott hajtású, TTM100 típusú orsós szakítógéppel

végeztük. A tizenkettő különböző technológiai kísérlet kötéseiből származó három-három próbatest szakítóvizsgálati eredményeit átlagoltuk. A hegesztett kötések szilárdsági jellemzői (folyáshatár, szakítószilárdság,) minden esetben meghaladták az alapanyagra előírt minimum értékeket ($R_{p0.2} = 210$ MPa, $R_m = 520$ MPa).

A hozaganyag nélkül hegesztett (1-4. sorszámú) kötések szilárdsági értékei közel azonosak az alapanyagéval, és a szakadás az alapanyagban történt. A töretfelület szívós törést mutat, a duktilitási (szakadási nyúlás és kontrakció) értékei hasonlóak az alapanyagban mértekkel (**2. táblázat**).

2. táblázat. Vizsgálati eredmények

Kísérlet sorszám	Egyezményes folyáshatár $R_{p0.2}$ [N/mm ²]	Szakítószilárdság R_m [N/mm ²]	Szakadási nyúlás A [%]	Kontrakció Z [%]
1.	332	670	47	61
2.	332	666	47	59
3.	328	667	50	60
4.	336	683	46	59
5.	333	623	30	49
6.	335	646	38	50
7.	333	654	37	52
8.	329	670	45	56
9.	344	664	46	53
10.	332	664	41	55
11.	321	659	36	51
12.	339	638	33	50

A hozaganyaggal hegesztett (5-8. sorszámú) kötések szilárdsági értékei kis mértékben elmaradnak az első csoporthoz képest, lényeges különbség a szakadási nyúlásban és kontrakcióban van. Ezen csoportnál minden esetben a varratban történt a szakadás, a töretfelület párhuzamos a varratvonallal. Az 5-ös számú próbadarab átlagosnál alacsonyabb szakadási nyúlása a hiányos beolvadás eredménye.

A „Return” eljárásvaltozattal készült varratoknál a hozaganyag nélküli (9-10. sorszámú) próbadarabok nagyobb szakítószilárdságot és szakadási nyúlást mutatnak, mint a hozaganyaggal készültek (11-12. sorszámúak). Minden esetben a varratban történt a szakadás, de ezt nem beolvadási hiba okozta.

3. Következtetések

A mechanikai vizsgálatok során mért eredmények egyértelműen megmutatták, hogy a varratok szilárdsági értékei jó egyezést mutatnak az alapanyagéval, így az anyagminőségre előírt minimum feltételeket teljesítették.

A szakítóvizsgálat további tanulsága, hogy az egyoldali autogén eljárással készült varratok az alapanyagban szakadtak el, eltérően a többi eljárásvaltozattól, melyek során a szakadási helyek a varratba estek. A töretfelületek minden esetben szívós törést mutattak, 50-60% közötti jelentős kontrakcióval.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Gáti József, Kovács Mihály: *Kötéstechnológia*, Óbudai Egyetem BL 516, Budapest, 2010
- [2] Harold M. Cobb: *The History of Stainless Steel*, ASM International Materials Park, Ohio, 2010
- [3] J. Redmond - R. Davison: *The evolution of high performance stainless steels*, International Molybdenum Association, London
- [4] Curtis W. Kovach: *High-Performance Stainless Steels*, International Molybdenum Association, Pittsburgh
- [5] Thomas J. Leinert, Sudarsanam Suresh Babu, Thomas A. Sievert: *ASM Handbook - Welding Fundamentals and Processes*, ASM International, 2011
- [6] Kovács Mihály: *Hegesztés*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2012
- [7] Szerkesztette Gáti József: *Hegesztési Zsebkönyv*, COKOM Kft, Miskolc, 2003