

# Kis falvastagságú, nagy C-tartalmú acélok hegeszthetősége

*Dobránszky János*

## Bevezető

A vékony (közelebbről:  $s \leq 2$  mm) acéllemezek hegesztése meglehetősen gyakori feladat. A feladat végrehajtására tipikusan alkalmazott eljárás a védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés (MIG/MAG), az AVI (TIG) hegesztés, illetve gyakran az ellenállás ponthegesztés. Rögtön hozzá kell azonban tenni, hogy az ilyen vékony lemezek anyaga az esetek döntő többségében ötvözetlen acél, austenites korrózióálló acél, ritkábban mikroötvözött vagy gyengén ötvözött acél. Ezekben az esetekben az acél karbontartalma olyan kis értékű, hogy ezt valamint a további ötvözők csekély mértékét és a kis falvastagságot is figyelembe véve nem csak a hidegrepedési veszély, de más hegeszthetőségi probléma sem vetődik fel.

A hegeszthetőségi problémákat számos esetben a nagy falvastagságú alapanyag idézi elő annak következtében, hogy a lehülés sebessége jelentősen megnő a falvastagsággal, és ez  $CE \geq 0,45-0,50$  karbonegyenérték felett megnöveli a hidegrepedési veszélyt. Ennek elhárítására az előmelegítés alkalmazását javasolja a szakirodalom, amely – érthetően – nem a finomlemezekre összpontosít.

Kivételesen ritkának számít az olyan hegesztett szerkezet, amelynek kis falvastagságú alapanyaga jelentős mennyiségű C-t tartalmaz. Az ilyen, enyhén hipereutektoidos alapanyagokat speciális vágószerszámok (pl. szalagfűrészek) anyagaként fejlesztették ki. A végtelenítés során a kis igénybevételnek kitett, kisméretű lapoknál gyakran alkalmaznak keményforratást, de a nagy vágási teljesítményű lapokat hegesztéssel végtelenítik. Ezen acélok hegesztése nem ítéhető meg teljesen azonos módon sem a szerszámacélokéval, amelyek hegesztését (leginkább javítóhegesztés) mindig hőkezelés követi, sem pedig a nagy karbonegyenértékű, közepesen ötvözött acélokéval, ezek C-tartalma ritkán haladja meg a 0,4 %-ot.

## A kísérletek leírása

A kis falvastagságú, nagy C-tartalmú acéllemezek hegesztés során enyhén hipereutektoidos acéllemezek tompahegesztését végeztük el. A kísérletek során két különböző kémiai összetételű acélt használtunk, melyek vastagsága 1,0 mm, 1,25 mm és 1,65 mm volt. Kísérleti anyagként CK75 (1.1248) és 75Ni8 (1.2796) acélokat használtuk, melyek kémiai összetételét az I. táblázatban adjuk meg. A szelvényméretek: 110×1,0; 206×1,65; és 155×1,25 mm.

	C [tömeg %]	Si [tömeg %]	Mn [tömeg %]	Ni [tömeg %]	P [tömeg %]	S [tömeg %]
CK75	0,70 – 0,80	0,15 – 0,35	0,60 – 0,80	–	≤ 0,035	≤ 0,035
75Ni8	0,75	0,20 – 0,30	0,40 – 0,60	≅ 2,0	≤ 0,025	≤ 0,010

I. táblázat

A hegesztést argon védőgázos fogyóelektródás ívhegesztéssel hajtottuk végre különböző összetételű hegesztőhuzalokkal, ill. AVI hegesztéssel, hozaganyag nélkül és hozaganyaggal egyaránt. Az előmelegítés nélküli hegesztés mellett 350°C és 420°C előmelegítést vizsgáltunk. Hegesztőanyagként egyrészt az EN 440 szerinti G3Si1 jelű, d=0,8 mm-es ötvözetlen hegesztőhuzal szolgált, másrészt pedig egy átmeneti hegesztőanyagként alkalmazott, d=1,0 mm-es austenites huzal, az ELGA Chromamig 309 LSi, melynek tömegszázalékos kémiai összetétele, a varratfém mechanikai jellemzői és a ferritszáma (FN) a II. táblázatban láthatók:

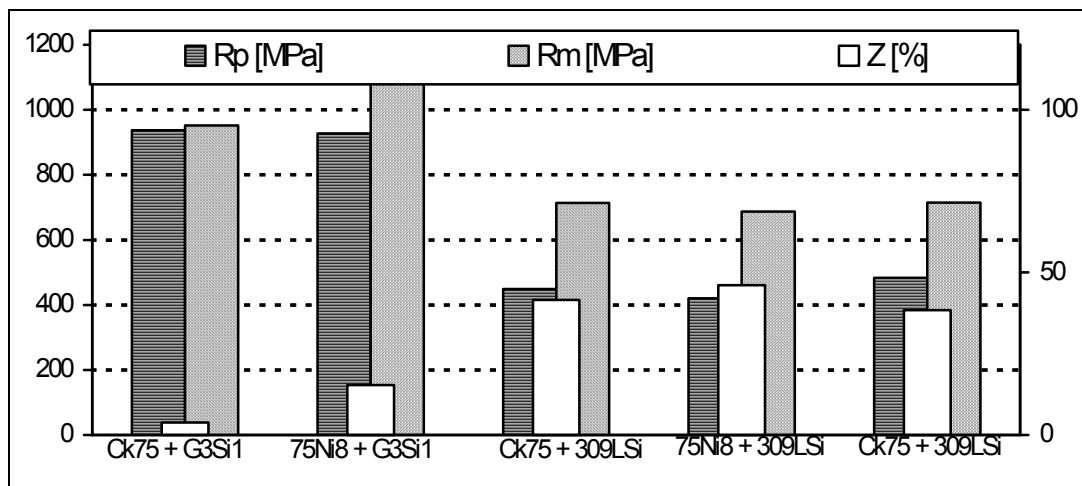
C	Si	Mn	Cr	Ni	R <sub>m</sub>	R <sub>p0,2</sub>	A <sub>5</sub> [%]	FN
0,02	0,7	1,6	23,0	13,0	650 MPa	450 MPa	35	10

II. táblázat

A hegesztéshez ráfutó- és kifutólemezt alkalmaztunk, melyek közül a kifutólemez az austenites varratfém dermedésekor több esetben letört: ez a jelenség az austenites varratfém másfélszer nagyobb mértékű zsugorodásával és a varrat végénél kialakuló hőtorlódással függ össze; elkerülni helyesen megválasztott méretű (rövid) kifutólemezzel lehet.

### Vizsgálati eredmények

A hegesztett kötések szilárdságát az MSZ ISO 4136 szerinti szakítóvizsgálattal ellenőriztük, melynek eredményeit az 1. ábrán foglaltuk össze:



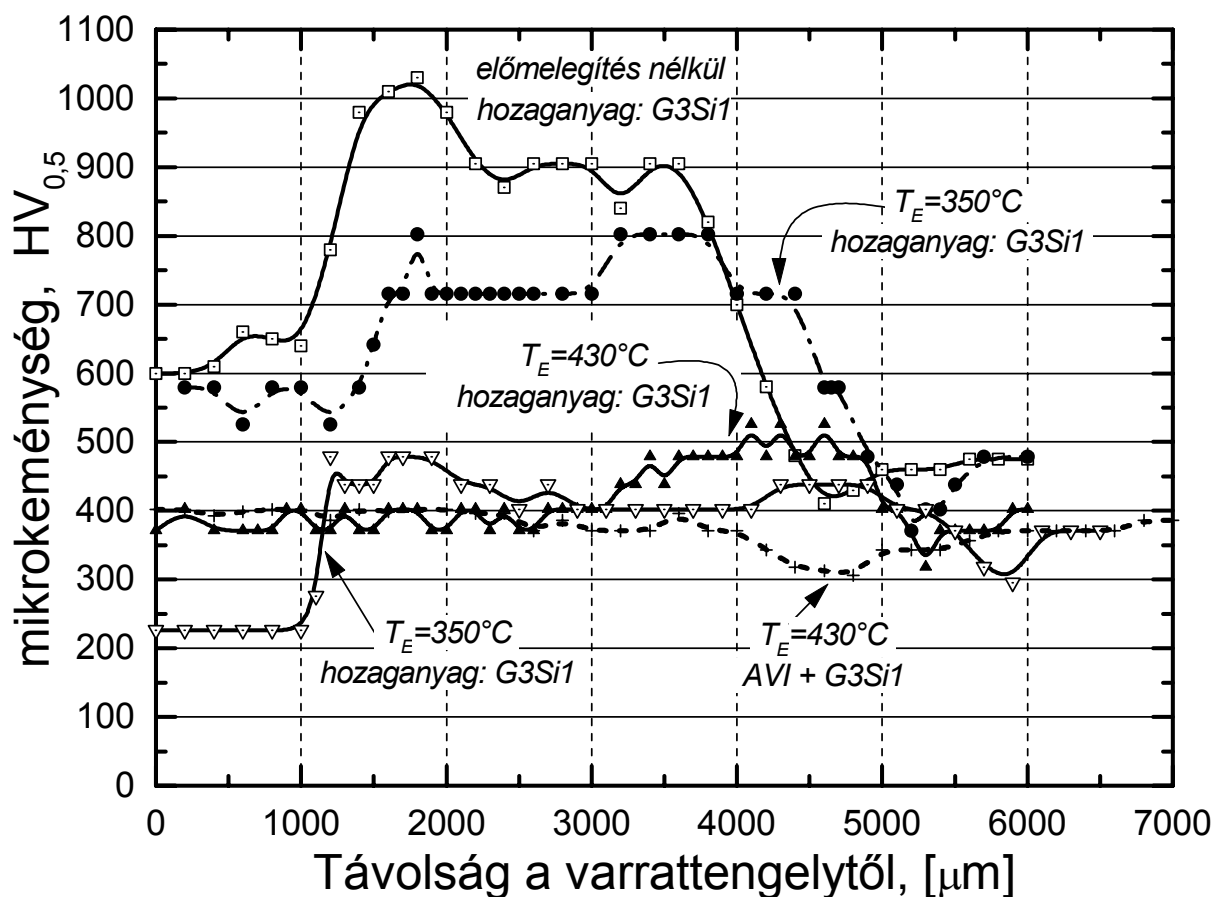
1. ábra

Miután valamennyi alapanyag/hegesztőanyag kombinációnál a varratban szakadtak a próbatestek, az 1. ábrán jól megjelenik a két hegesztőanyaggal készített varrat mechanikai tulajdonságai közötti különbség: az ötvözetlen hegesztőanyag szilárdsága jóval nagyobb, szívóssága viszont lényegesen kisebb értékű, mint az austenites hegesztőanyaggal készült varraté. Ki kell emelni, hogy az ötvözetlen hegesztőanyag varratának szilárdsága

másfélszerese annak az értéknek, amit a katalógusok az ilyen anyagra előírnak, aminek oka nyilvánvalóan a karbon jelentős beötvöződése a varratfémbe. Ugyanez a tény valamint a durvaszemcsés ömledék magyarázza a csekély szívósságot is.

A metallográfiai vizsgálatok szerint a varratfém és a hőhatásövezet túlhevített zónájának szövetszerkezete a 420°C előmelegítés ellenére erősen inhomogén, az eldurvult austenitből Widmanstätten-ferrit, perlit ill. bainit keveréke alakult ki. Ennek a szerkezetnek valóban kicsi a szívóssága és a kifáradással szembeni ellenállása, míg az austenites anyagú varratfém kitűnő szívóssággal és kifáradási jellemzőkkel bír, egyfajta „képlékeny csuklóként” működik a hegesztett szerkezetben. Szilárdsága lényegesen elmarad ugyan az alapanyag és a másik varratfém mögött, de amennyiben az üzemi terhelés nem éri el a folyáshatár felét, szilárdsági, kopási és kifáradási szempontból egyaránt kiválóan alkalmazható.

350°C előmelegítésnél dominánssá válik az alsó bainit, a túlhevített zónában pedig martensit is kialakul. Az előmelegítés elhagyása a varrat jelentős részében és a hőhatásövezet széles sávjában martensit kialakulását eredményezi, amely hidegrepedést okoz, gyakran a lehűlés befejeződése előtt, a primer austenit szemcsehatárok mentén terjedve. Mindezen szövetszerkezeti sajátosságokhoz jól illeszkedik a keménység változása. A 2. ábrán látható a különböző módon hegesztett varratok vonalmenti keménységeloszlása. A keménységcsúcsok csak azon esetekben tarthatók  $HV_{0,5}=450-500$  érték alatt, amennyiben az előmelegítés meghaladja a 400°C-ot (a tapasztalat szerint az előmelegítés mellett szükség van még utóhőkezelésre is).



Ezen az ábrán feltüntettük annak a varratnak a mérési adatait is, amelyet különleges AVI-technikával hegesztettünk meg, nevezetesen rés nélküli illesztéssel és kis mennyiségű hozaganyaggal. Az így készült varrat összetétele és szövetszerkezete közel esik az alapanyagéhoz, a keménységeloszlás egyenletes. Minthogy a varrat a nagy alapanyaghányad miatt szilárd és szívós, a szakító próbatesteken a szakadás a hőhatásövezet kilágyult zónájába esik. 1192 MPa szakítószilárdság és  $Z=28\%$  kontrakció mérhető a szakadásnál.

### Összegzés

A nagy C-tartalmú, kis falvastagságú ötvöztelen acélok hegesztésénél nagy jelentőséggel bír az előmelegítési hőmérséklet helyes megválasztása. Előmelegítés nélkül a varrat és a hőhatásövezet hidegrepedési hajlama igen nagy. Az előmelegítés hőmérsékletének megválasztásához nem adnak kellően megbízható eligazítást a közismert nomogramok, nomogramrendszerek, ill. számítások. A nomogramok általában nem tartalmazzak 5-10 mm-nél vékonyabb lemezekre vonatkozó részleteket (MSZ6280, ill. MSZ EN 10113, IRSID Atlas, AWS Welding Code). A számítási módszerek (Séférian, BWRA, IIW, ASME BPVC) pedig 210-310°C közötti értéket szolgáltatnak, ami a keménységmérési adatok alapján nyilvánvalóan nem megfelelő. A tapasztalati úton 400-430°C-ban megválasztott előmelegítési hőmérséklet, amely egyben a hegesztést követő utólagos hőkezelés hőmérséklete is, jó megoldást jelent. A varratok legnagyobb szívóssága az austenites hozaganyaggal való hegesztéssel biztosítható, ilyenkor viszont kicsi a varrat folyáshatára (a hozaganyag ferrittartalma kb. 10 % kell legyen, hogy a melegrepedési veszély ne lépjen fel). Nagy szilárdság, fáradással szembeni ellenállás és egyben szívósság viszont kis mennyiségű, a varrattömeg 10 %-ánál nem nagyobb mennyiségű hozaganyaggal végzett AVI-hegesztéssel biztosítható. Az így készült varrat csaknem homogén kötést biztosít, és a nagyon alacsony hidrogéntartalom miatt a varrat szívóssága megfelelő marad.

### Irodalom

1. D. Séférian: Métallurgie de la soudure, Dunod 1965.
2. P. Seyffarth: Schweiß ZTU-Schaubilder, VEB Verlag Technik, 1982.
3. Bődök K.: Az ötvöztelen, gyengén és erősen ötvözött acélok korrózióállósága, különös tekintettel azok hegeszthetőségére, CorWeld 1997.
4. Welding Handbuch vol. 4., AWS 1982.