

Dobránszky János, tudományos főmunkatárs,  
MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoport

Sándor Tamás, kutatómérnök,  
ETV-Erőterv Rt.

Magasdi Attila, PhD-hallgató,  
BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék

## **Az AVI-hegesztés különleges eljárásváltozatai: az ATIG-hegesztés és az FBTIG-hegesztés**

### **Bevezető**

A hegesztési technológiák fejlődése eredményeként, az alumínium és a színesfémek hegesztése iránti ipari igényekkel párhuzamosan, az 1920-as évek elején ismerték föl, hogy el kell távolítani a levegőt (oxigént) az ömledék és a hőhatásövezet közeléből. Ekkor merült fel az a gondolat is, hogy a villamos ívet valamilyen nagyon stabil, a fémekkel nem reagáló gázburokkal kellene „beburkolni”.

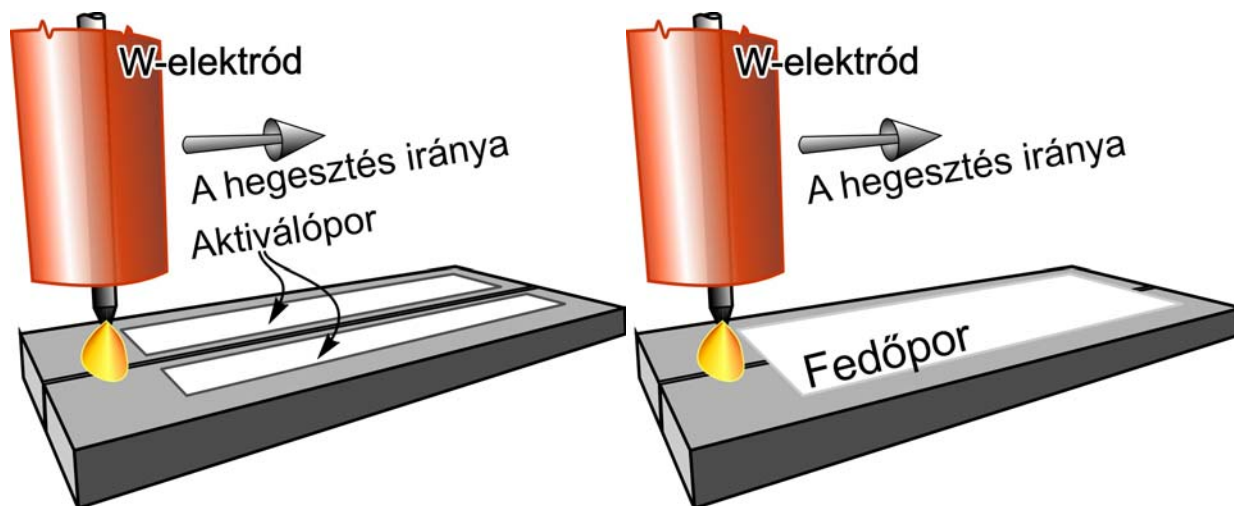
A bevonatos elektródák az acélok hegesztésére ekkor már elterjedtek voltak, de az alumínium hegesztéséhez a „nemleolvadó” elektróda problémáját kellett megoldani. A volfrám bizonyult a legalkalmasabb elektródaanyagnak, s mindmáig meg is maradt annak. A védőgáz az argon lett, ill. a hélium, s maga az eljárás „TIG-welding” néven vált világszerte ismertté. A magyar szaknyelvben a szabatosan „semleges védőgázos volfrámelektródás ívhegesztésnek” fordítandó eljárás „AVI-hegesztésként”, illetve „AWI-hegesztésként” rögzült.

Az alumíniumötvözetekhez jól megfelelő ötvözetlen volfrámelektróda mellett kidolgozták a tórium-oxid, cirkónium-oxid, lantán-oxid, cérium-oxid és az ittrium-oxid ötvözésű volfrámelektródákat. Ezek az ötvözők javítják az ívgyújtást, nagyobb áramsűrűséget tesznek lehetővé és növelik az élettartamot. A hegesztésnél lényeges szempont a beolvadás megfelelő kontrollja, hosszú időn keresztül erre a célra nem volt más eszköz, mint az elektródacsúcs kialakítása, valamint a védőgáz összetételének változtatása.

A beolvadási mélység jelentősen növelhető a védőgáz He- és H-tartalmának növelésével, de a nagyobb vastagságú lemezek hegesztése iránti igény növekedése olyan módszerek kidolgozását is inspirálta, amelyek révén látványosan jobb eredmény érhető el ezen a téren: az 1990-es évek közepére megszületett a TIG-hegesztés két különleges eljárásváltozata, az ATIG (Activated TIG, aktiválóporos) és az FBTIG (Flux-bonded TIG, porbevonatos) hegesztés.

## Az aktiválóporos hegesztés

Az ATIG és az FBTIG eljárás mindenben megegyezik az AVI-eljárással, az aktiválópor alkalmazását kivéve. Tehát bármilyen AVI-berendezéssel végrehajthatók ezek a különleges hegesztések, feltéve, ha van megfelelő aktiválópor, és azt helyesen tudjuk alkalmazni. Az alkalmazások vázlatát, fényképét az 1. ábra mutatja.



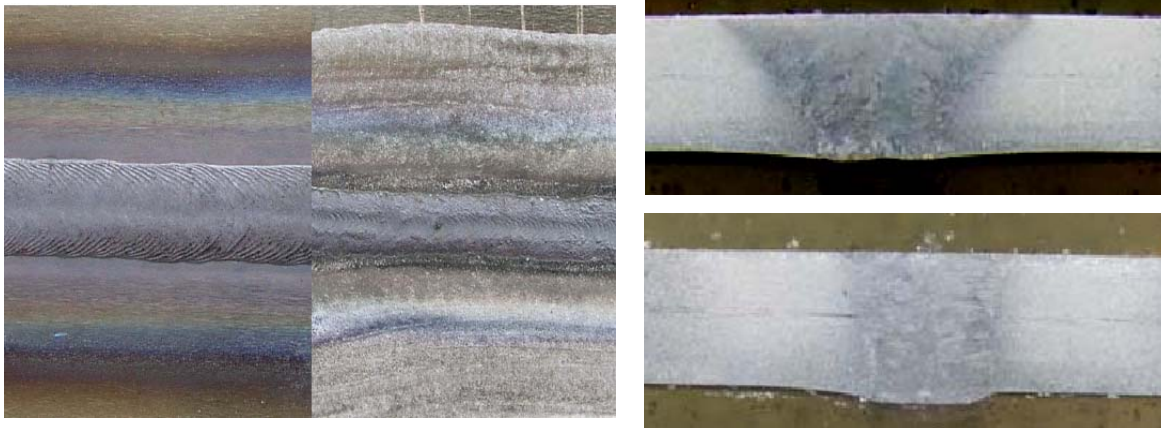
1. ábra – Az FBTIG (balra) és az ATIG-hegesztés (jobbra) vázlata

Az ívbeszűkítési elmélet szerint a felületre juttatott aktiválópor jelentősen növeli az ív ellenállását az anód (alapanyag) közelében. Ennek megfelelően az ív kisebb felületen képes áttörni csak az aktiválóport meg a felületet, minek következtében a létrejött ív kisebb felületen fejt ki az alapanyag, majd az ömledék hevítését. Belátható, hogy az aktiválópor nélküli esetben létrejövő anódfolt, nagyobb felületén átlépő energia, sekélyebb beolvadást képes előidézni, mint az aktiválóporos esetben kialakuló, kisebb anódfolton áthaladó ív. A beolvadási mélység növekedést tovább erősíti az ömledék keveredésének különleges volta. Érdekes egybeesés, hogy az ív ellenállását növelő anyagok ugyanazok az oxidok ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), amelyek hatására az ömledék áramlásában kialakul az ún. fordított Marangoni-hatás.

Az ATIG hegesztésnél számolni kell az aktiválópor rétegvastagságára való érzékenységgel, főként a korrózióálló acélemezek hegesztésekor, amelyek rosszabb hővezető képességük révén az ömledékben tartják a hőt, így kis hőbeviteli változásokra is (az aktiválópor rétegvastagságára) érzékenyebben reagálnak. Az aktiválópor bizonyos mennyiség fölötti alkalmazása rohamos zárványképződést idéz elő a varratban. A szakirodalom az aktiválópor mennyiségét tekintve  $0,1 \dots 0,25$  g/m értéket ír elő, de a pontos érték erősen függ a hegesztési sebességtől is. Optimális paraméterekkel akár 10 milliméter vastagságú anyagok is hegeszthetők egy varrattal!

## ATIG-hegesztési kísérletek eredményei

Ausztenites korrózióálló acéllemezeken végzett összehasonlító hegesztési kísérletek elvégzésekor a legszembetűnőbb különbséget a varratkeresztmetszetben és a varratalakban találtuk. A 2. ábrán látható egy AVI-varrat és egy ATIG-varrat koronaoldala és keresztmetszete: a hagyományos eljárással készült varrat keresztmetszete szétnyíló V-alakú, és lényegesen nagyobb, mint az aktiválóporos varraté.



2. ábra – A TIG és az ATIG-eljárással készült varrat felülete és keresztmetszete

Látható különbségeket találunk a hőhatásövezetek méreteiben is. A szemcse-durvult övezet, a varratkeresztmetszetek két oldalán elhelyezkedő sötétebb színével, szabad szemmel is jól látható. 5 mm vastag, AISI 304 típusú acél hegesztésekor a hőhatás övezet szélének távolsága a varrat középvonalától az TIG-hegesztés esetén 10–11 milliméter, míg az ATIG-hegesztés esetén ez az érték 8–9 milliméter. Elmondható tehát, hogy az ATIG-hegesztésnél jóval kedvezőbb az alapanyagot érő hőhatásövezet maradófeszültségeinek eloszlása, mint a TIG-eljárásnál.

A kísérletekben  $\text{SiO}_2$  port alkalmaztunk elsődleges aktiválóporoként, de megvizsgáltuk más porok tulajdonságait is. Természetesen egy másik aktiválópor nagy valószínűséggel, csak más paraméterekkel alkalmazható optimálisan. A  $\text{TiO}_2$  nagyon szép varratfelszín eredményez, a beolvadási mélységet pedig a szénacél lemezek esetén körülbelül 50%-kal növelte, amely érték nem olyan jelentős, mint a  $\text{SiO}_2$ -nál tapasztalt.

## Összefoglalás

- ❖ A TIG-hegesztés koronaoldala esztétikusabb, de a keverék aktiválópor kiegyenlítette az ATIG-eljárás e hátrányát. A gyökoldalak között nem volt látható eltérés.
- ❖ A mechanikai tulajdonságok tekintetében – mind a szilárdság, mind szívósság – egyenlő és az elvártaknak megfelelő minőséget produkált a két hegesztési eljárás.

- ❖ Kedvezőbb szövetszerkezet jön létre az ATIG-hegesztés varratában. Ez a kisebb hőbevitelnek köszönhető. A mechanikai vizsgálatokban azonban nem érzékelhető jobb mechanikai tulajdonságok az ATIG-varrat finomabb dendritessége eredményeként.
- ❖ A kisebb hőbevitel a hőhatásövezetek méretében is megmutatkozott: keskenyebbek különböző hőhatásövezeti szenvedő zónák az ATIG-varratnál.
- ❖ Az illesztési hézagra való érzékenység vizsgálata igazolta, hogy az ATIG-hegesztés nem csupán hézag nélküli illesztéssel alkalmazható, hanem 0,8 milliméteres hézagig minden további nélkül. Ez a tény az iparban is alkalmazható eljárások közé emeli az ATIG-hegesztést.
- ❖ Tovább javítja az ATIG-eljárás versenyképességét, hogy lényegesen nagyobb vastagságú lemezek, csövek hegesztése is lehetséges vele **egy varratsorral**, megfelelően nagy sebesség mellett. Ez a szempont, valamint az aktiválóporok egyszerű összetételéből fakadó mérsékelt ár együttesen gazdaságossá teszik az eljárást.
- ❖ Végző összefoglalásként tehát leszögezhető, hogy az ATIG-hegesztés a nagy termelékenységű és gazdaságos hegesztési eljárások fokozott figyelemre érdemes – ám még a helyét kereső új változata.

## Szakirodalom

1. Cornu J: Advanced welding systems – Fundamentals of fusion welding technology. IFS Publications Ltd., UK, 1988.
2. Cornu J: TIG and related processes. IFS Publications Ltd., UK, 1988.
3. Lowke JJ, Tanaka M, Ushio M: Arc modelling for prediction of weld depth variability in TIG welding. Australian Welding Journal, Vol. 47. 2002.
4. Sire S, Marya S: On the selective silica application to improve welding performance of the tungsten arc process for a plain carbon steel and for aluminium. Académie des sciences , C.R. Mécanique 330 (2002) 83-89.
5. Modenesi PJ, Apolinário ER, Pereira IM: TIG welding with single component fluxes. Journal of Materials Processing Technology, 99 (2000:1-3) 260-265.
6. Vágvölgyi Gábor: Védőgáz és a volfrámelektroda csúcsgeometriájának hatása auszteni korrózióálló acélok hegesztési varratainak geometriai jellemzőire. Szakmérnöki diplomadolgozat, BME ATT, Budapest, 2004.
7. Anderson PCJ, Wiktorowicz R: Improving productivity with A-TIG welding. TWI & Air products, USA, 1996.
8. Paskell T, Lundin C, Castner H: GTAW Flux increases weld joint penetration. Welding Journal, April 1997.