

# KIS TELJESÍTMÉNYŰ ELJÁRÁS VÁLTOZATOK ÉS AZ ANYAGÁTVITEL MÓDJAI A FOGYÓELEKTRÓDÁS HEGESZTÉS TERÜLETÉN

## LOW POWER ARC WELDING PROCESS VARIANTS AND THE MATERIAL TRANSFER AT THE GAS METAL ARC WELDING

Somoskői Gábor\*

### Abstract

The modern, clock-controlled power sources with the support of digital technology permits better welding processes and solves several problems of metal joining. The article tries to make differences between the lots of welding process variants existing on today welding machine market. It shows in details the low power process variants, namely in the short-arc range.

### 1. Bevezetés

A hegesztőgép gyártók és fejlesztők az elmúlt néhány évben több, hangzatos nevekkel ellátott eljárás változatot fejlesztettek ki. Bár az elnevezések először ügyes marketingfogásnak tűnnek, ez a folyamat adekvát válasz a hegesztő iparban keletkezett új problémákra.

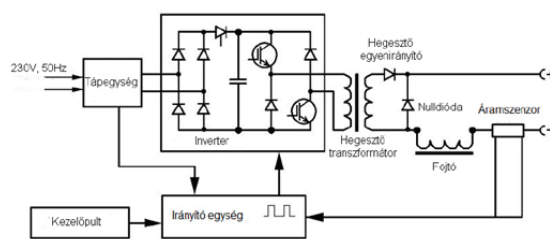
A fejlesztőkön nagy a piaci nyomás, a teljesség igénye nélkül az alábbi megoldandó kérdésekre várnak a gépek felhasználói megoldást:

- szerkezet súlyának csökkentése
- falvastagság csökkentése
- bevonatok (horgany, foszfátózás, stb.) alkalmazása
- növelt szilárdságú alapanyagok használata
- hegesztett szerkezetet elvárt gyártási pontosságának növekedése
- gazdaságossági mutatók (sebesség, beolvadási mélység, leolvadási teljesítmény) növekedése
- füst kibocsájtás csökkentése
- zajszint csökkentése

### 2. Áramforrások villamos viselkedése

A tendenciát az tette lehetővé, hogy az áramforrások villamos konstrukciója az elmúlt években hatalmas fejlődésen ment keresztül. (1. ábra) A digitális technika és az órajel alapján vezérelt és szabályozott villamos gépek egyedi, eddig nem megvalósítható anyagátvételi módokat tesznek lehetővé. Lehetővé vált, hogy akár a cseppátmenet létidejének törtrésze alatt a villamos gép (hegesztő gép) beavatkozzon a folyamatba és az optimális anyagátvitel megvalósításának céljából megváltoztassa a villamos jellemzőket. Itt elsősorban a dinamikáról és a feszültségről van szó.

Tovább növeli a lehetőségeket, hogy egyes eljárás változatok esetén a huzal előtoló is integrált a teljes szabályzási folyamatba, így lehetőség van az huzal előtolási sebesség intuitív változtatására, eddig nem tapasztalt szabályzási gyorsasággal. Így kellőképpen összetett többváltozós függvények hozhatók létre. A független változó általában az idő, a feszültség és ezen keresztül a rövidzár indikálása, valamint az áramerősség. A függő változó az áramforrás dinamikája, a huzal előtolási sebesség, az áram és feszültség időbeli lefolyása lehet.



1. ábra. Digitális áramforrás felépítése [1]

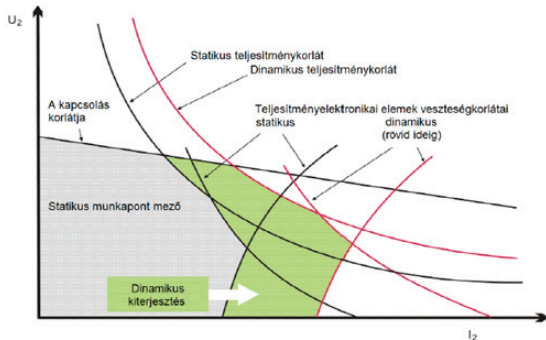
Így a hegesztő gép szabályozása felfogható egy vektor – vektor függvényként. A bemenő, független változók az áramerősség, a feszültség, az idő és a huzal előtolási sebesség, míg a függvényértékek a dinamika (az áramerősség változásának sebessége) és kialakult ívfeszültség.

Hagyományos áramforrások statikus terhelési jelleggörbéjét az áramforrás és a kiegészítők (összekötő kábelek, hegesztőpisztoly, végső soron maga a munkadarab is) felépítése, annak ohmos, induktív és kapacitív ellenállása határozza meg. Az áramforrás villamos tulajdonságainak (elektromechanikus, mágneses vagy elektronikus úton lehetséges) megválasztásával az adott alkalmazásnak megfelelő áram- vagy feszültségtartó jelleggörbe állítható be. Ezzel szemben az irányított (a mindenkori rendelkező jel idő- vagy feltételfüggetlen változtatásával) az áramforrás villamos felépítése által megszabott korlátokon belül elvileg bármilyen statikus terhelési jelleggörbe beállítható és használható. (2. ábra)

A digitális áramforrások szabályozási sebességét az áramforrás dinamikus reakcióidejével is mérhetjük. Ez a fenti vektor - vektor függvény differenciáltja

\* PhD hallgató

és azt határozza meg, hogy a független változók megváltozása esetén a kimeneti jelek milyen "gyorsan" változnak meg a programozott függvénynek megfelelően és hogyan alakulnak ki az új feltételeknek megfelelő paraméterek. (2. ábra)



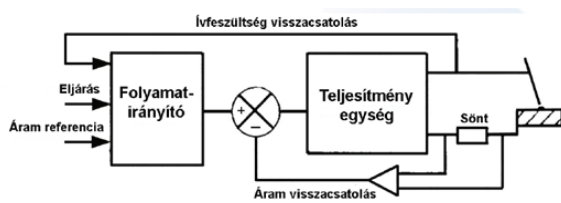
2. ábra. Áramforrások statikus és dinamikus viselkedése [1]

Ezt a sebességet befolyásoló tényezőt két részre lehet osztani:

- A szabályzó kör idő szükséglete ahhoz, hogy a változás villamos paramétereit megmérje, az adatokat feldolgozza, és létrehozza a függvénynek a megváltozott feltételeknek megfelelő rendelkező jeleket. A szabályozás sebességének növelése számára a kapcsoló üzemi tápegység vezérlőjének frekvenciája jelent korlátot.

A teljesítmény egység reakcióidejét (a megváltozott rendelkező jelre) az áramforrás belső és a hegesztőáramkör induktivitása, kapacitása és ellenállása szabja meg. Ez az áram növekedési és csökkenési sebességével mérhető, és az áram tranziens viselkedésével írható le. Ezt a köznapi szóhasználat dinamika, vagy fojtás néven ismeri.

A kapcsolóüzemű áramforrások kapcsolási frekvenciája tehát közvetlen hatással van a berendezés dinamikus viselkedésére. (3. ábra) Így a növekvő kapcsolási frekvencia a teljesítményegység reakcióidejének csökkenésével is jár. Egy, ma már hagyományosnak mondható tirisztoros áramforrás 50Hz körüli kapcsolási frekvenciája mellett 10A/ms áramnövekedési sebességet (dinamikát) lehet elérni, addig egy 100 kHz kapcsolási frekvenciájú digitális hegesztőgépnél ez akár 1000A/ms értékű is lehet.



3. ábra. A hegesztési folyamat vezérlése [1]

A hegesztő áramforrások fejlesztése jelenleg az áramforrások reakcióidejének csökkentésére, ezzel a dinamikus viselkedés befolyásolásának nagyobb lehetőségére irányulnak. Lehetővé vált olyan eljárás változatok megalkotása, ahol a cseppleválást és ezen keresztül az anyag átmenetet az áram időbeli lefutásának modulációjával hozzák létre (STT, CMT). Természetesen a megfelelő teljesítményelektronika vezérléséhez a szoftverek fejlesztése és integrálása az ipari folyamatba is szükségesség vált.

Az eljárás változatok megjelenésének előnyei mellett számos hátrány jelentkezik, megoldandó kérdés vetődik fel. Az egyértelmű, hogy ezek a modern eljárás változatok a fogyóelektródás ívhegesztés (GMAW) családjába tartoznak. De a WPS (Welding Procedure Specification, Hegesztési Utasítás) szempontjából mennyire tekinthető egymással kompatibilisnek a különféle gyártók által alkalmazott technológiák?

Az American Welding Society (AWS) szerint "a WPS provides in detail the required welding variables for specific application to assure repeatability by properly trained welders", vagyis a WPS részletesen leírja a hegesztési munkarend változóit egy adott feladat elvégzéséhez oly módon, hogy az minden tekintetben megismételhető legyen a megfelelően kiképzett hegesztő számára. Ezért nagyon fontos, hogy a felhasználók korlátozása helyett, hogy milyen hegesztő berendezéseket használhatnak a WPS szerint, megteremtjük ezen eljárás változatok osztályozását. Így könnyen lehetővé válik a különböző fantázia nevek mögött megbújó műszaki megoldások egyértelmű összehasonlítása és adott esetben kompatibilitása.

### 3. Eljárás változatok rövidzárás anyagátvitel esetén

A rövidzárás hegesztés esetén az anyagátmenet sorozatos rövidzárak fellépése mellett valósul meg. A rövidzár pillanatában a hagyományos hegesztőgépek dinamikáját az alkalmazott villamos megoldások (transzformátor, fojtó tekercs, egyenirányító működési sebessége) és a külső tényezők, kábelek, hegesztő pisztoly és a munkadarab határozza meg. Az alábbi peremfeltételek határozzák meg az ív stabilitását, ezek megváltozása erős fröcskölést, szegély beégést, hidegkötést eredményez.

- huzal előtolási sebesség
- szabad huzalhossz
- az ívben lejátszódó sztochasztikus mágneses és gázdinamikai folyamatok
- a hegfürdőben fellépő Marangoni hatás
- a munkadarab felületi szennyeződése
- hálózati feszültség
- pisztolytartás

A 100 kHz nagyságú órajellel vezérelt digitális szabályzású áramforrások a cseppleválás léteje alatt képesek beavatkozni a folyamatba, azt pozitívan szabályozva. Az optimalizált, esemény vezérelt szabályzással a rövidzáras hegesztés fent említett hátrányai teljesen kiküszöbölhetőek.

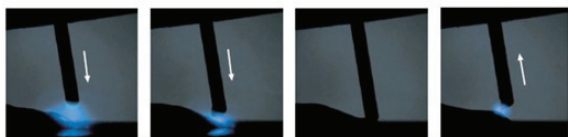
A különböző gyártók divatos hangzású nevek alatt hoztak létre ilyen eljárás változatokat, ezek nagy részét szabadalmaztatták is, de mindegyikben a közös az, hogy a rövidzárlati viselkedést és az ív újragyújtását szabályozzák. Az alkalmazott módszerek két csoportba sorolhatók. Az egyes típusnevek csoportosítása a 6. ábrán látható.

- A huzal előtolási sebesség állandó és a cseppleválást valamint az ív újragyújtását villamos impulzussal segítik.
- A rövidzárlati fázisban a huzalt visszahúzzák és így a cseppleválás árammentesen, a felületi feszültség hatására történik meg.



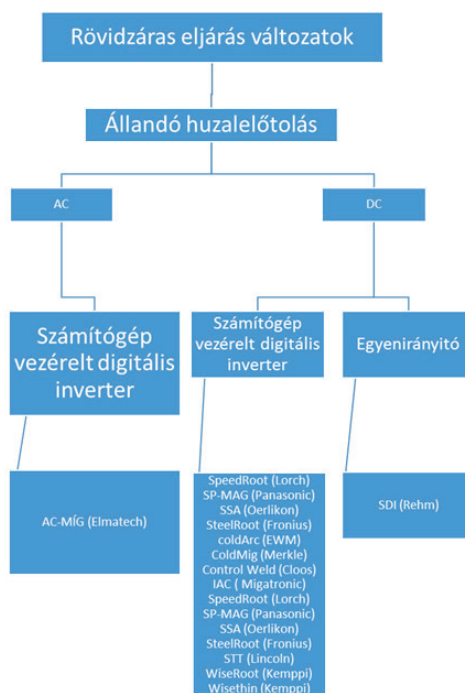
4. ábra. Áramimpulzussal segített cseppátmenet [2]

Az alkalmazott villamos impulzus szerepe a cseppleválás egzakt megvalósítása. Szabályozható a nagysága, valamint az, hogy a rövidzár pillanatához képest mikor következzen be időben. (4. ábra) További előny, hogy a hő bevitel és az ív nyomása, ezen keresztül a beolvadás nagyon jól kézben tartható és szabályozható.



5. ábra A CMT eljárás cseppleválása

Ha a huzal előtolási sebességet is integráljuk a szabályzási folyamatba, az anyagátmenetet még tovább finomíthatjuk. Ezen az elven alapul a CMT eljárás. A berendezés két huzal előtolóval rendelkezik. Az első feladata a folyamatos és stabil, pontos huzal előtolási sebesség létrehozása. A második a hegesztő pisztolyba épített és alkalmas a huzal előtolás irányát megváltoztatni több tucatszor a másodperc alatt. Ezáltal egy két lépés előre, egy lépés hátra mozgást kapunk. Speciális puffer szükséges a két előtoló között.

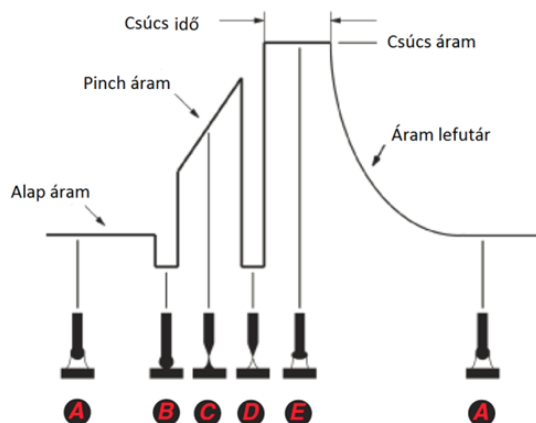


6. ábra. Eljárás változatok csoportosítása [[1]]

Amikor a huzal megérinti a munkadarabot, rövidzár keletkezik. A digitális szabályzás ezt érzékelve a hegesztő áram lecsökkenti, és az ívet megszakítja. Ezáltal a rövidzáras hegesztésre jellemző fröcskölés teljesen megszűnik. További előny a hő bevitel csökkenése, hiszen csak a folyamat egy részében ég az ív. A huzal visszahúzása által a hegesztési fürdő felületi feszültsége a felelős a cseppleválásért. Rögtön a cseppleválás után a huzal újra előre halad, az áramerősség megnő és a folyamat újra indul, ahogy az 5. ábrán látható. [4]

Az eljárás főbb jellemzői a következők:

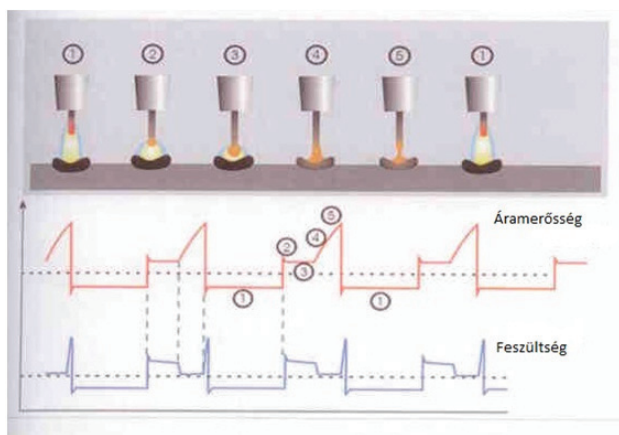
- Szabályzási rendszerbe integrált huzal előtolási módszer
- Fröcskölés mentes hegesztési folyamat
- Nagyon alacsony hő bevitel
- Stabil ív



7. ábra. Lincoln STT eljárás áram függvénye

Egyik eljárás a Lincoln cég által kifejlesztett STT (Surface Tension Transfer), főleg távvezetékek csöveinek gyökhegesztésére alkalmas. Az anyagátvitelért ebben az esetben is a felületi feszültség felelős. (7. ábra) Az ábrán jól látható, mennyire komplex áramerősség – idő függvény valósítható meg. Az eljárás változat hátránya, hogy a hegesztő pisztolyon és a földkábelen kívül egy további villamos kábel szükséges a rövidzárlat pillanatának érzékeléséhez.

Vékony lemezek, illetve nagy illesztési hézag esetén alkalmazható néhány gyártó váltóáramú megoldása. [3] Az elektróda negatív polaritása alatt a nagyobb hő terhelés miatt a képződő csepp nagyobb méretű, ami jó résáthidaló képességet tesz lehetővé. Azonban így a hő bevitel és a beolvadási mélység kisebb lesz. A pozitív és negatív fázis aránya tetszőlegesen meghatározható, így a hő bevitel és a leolvadási teljesítmény széles határok között kézben tartható. (8. ábra)



8. ábra. Váltóáramú eljárás változat jellemző feszültség – áramerősség jelleggörbéje [[3]]

#### 4. Összefoglalás

Látható, hogy a felhasználók által állított bonyolult követelmény rendszernek a hegesztő berendezések gyártói és fejlesztői komplex megoldásokkal szolgálnak. A cikkben csak a kis teljesítményű, rövidzáras ívre jellemző eljárásváltozatot ismertettem. Ezen túl mind az impulzus hegesztés területén, mind a hagyományos finomcseppek anyagátvitel esetén hasonlóan összetett rendszerek léteznek. Megfontolandó ezen eljárás változatok részletes tárgyalására és osztályozására is.

Világos, hogy a fejlesztések nagymértékben képesek a hagyományos fogyóelektródás hegesztésről alkotott képünk megváltoztatására. Megoldásokat kínálnak olyan problémákra, amelyek korábban vagy nem léteztek, vagy együtt kellett velük élnünk a hagyományos eljárások korlátai miatt. Azonban a villamos gépek, berendezések, a szoftverek fejlesztése ellenére sem tudunk olyan problémákat megoldani, mint az egyenetlen illesztési hézag, a felületi szennyeződések hatása, vagy a hegesztő pisztoly mozgatásából eredő egyenetlenségek. A berendezések villamos viselkedésének, dinamikai és tranzienstulajdonságainak széles határok között történő szabályozhatósága nem változtatja meg az ív fizikáját és cseppátmenet törvényszerűségeit.

#### 5. Irodalom

- [1] Kristóf, Cs; Pálkás, L: Ívhegesztő áramforrások dinamikus viselkedése, Előadás, Mesterkurzus az Óbudai Egyetemen 2013.09.06
- [2] Prof. Dr.-Ing Cramer, H; Dipl.-Ing Dudziak, M: Overview of modern arc processes and their material transfer in the case of gas-shielded metal-arc welding, Welding and Cutting 2012.05, p: 319-325
- [3] Jaeschke, B: Der wirtschaftliche MSG-Lichtbogenschweissenprozess durch moderne Gerätetechnologien, DVS-Berichte Vol. 267, DVS Media GmbH, Düsseldorf 2010
- [4] Somoskői, G: A CMT eljárás elméleti alapjai és gyakorlati alkalmazási lehetőségei, 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2010. május 19-21, p: 271-273

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projektben ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0029 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.