

Szabályozott anyagátvitelű fogyóelektródás védőgázos hegesztések vizsgálata

Gyura László*, Fehérvári Gábor**, Balogh Dániel***

*Linde Gáz Magyarország Zrt., e-mail: laszlo.gyura@hu.linde-gas.com

**Linde Gáz Magyarország Zrt., e-mail: gabor.fehervari@hu.linde-gas.com

*** egyetemi hallgató (MSc), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Absztrakt: A modern fogyóelektródás technológiák hegesztőgépeinek vezérlései a cseppelolvadás szabályozása, ezáltal a minél nagyobb stabilitás érdekében, nagy sebességgel avatkoznak be a hegesztési folyamatba. Gyakorlatilag a legtöbb hegesztőgépgyártó rendelkezik ilyen speciális, saját névvel levédett technológiával (CMT, QSet, STT, stb.), amelyekkel a stabilitás növelése mellett, speciális körülmények közötti (pl. extra vékony lemez hegesztése, nagy résáthidalás gyökhegesztésnél, stb.) technológiák is elvégezhetők. Az áramerősség valamint az ívfeszültség időben történő gyors szabályozása révén speciális jelalakok jönnek létre, amelyek kimérése hagyományos műszerekkel (multiméter) nem lehetséges. Az előadás, a hazánkban is már alkalmazott, leggyakoribb technológiák közül ismerteti néhányat, a speciális jelalakok digitális oszcilloszkóppal történt kimérésének segítségével, különböző alkalmazások során.

Abstract: Controls of the welding machines of modern metal technologies intervene in the welding process at a high speed in order to adjust the drop off and to achieve higher stability with that. The most welding machine manufacturers have this kind of special technology protected by their own name (CMT, QSet, STT, etc.) to perform technologies in special conditions (e.g. welding of super light sheets, high bridging at root welding, etc.) with increasing the stability. Through fast control of the current strength and arc voltage in time there will be special symbol shapes whose measure is impossible by classical meters (multimeter). The presentation introduces some most frequently technologies already applied in Hungary, too with the help of measuring the special symbol shapes with digital oscilloscope during various applications.

Kulcsszavak: anyagátmeneti mód, ívtípus, impulzusív, duplaimpulzus, CMT, STT, QSET, Variweld, Speedweld, Speedup, Speedarc, Speedpulse, U-pulse, digitális oszcilloszkóp, dinamikus ív karakterisztika

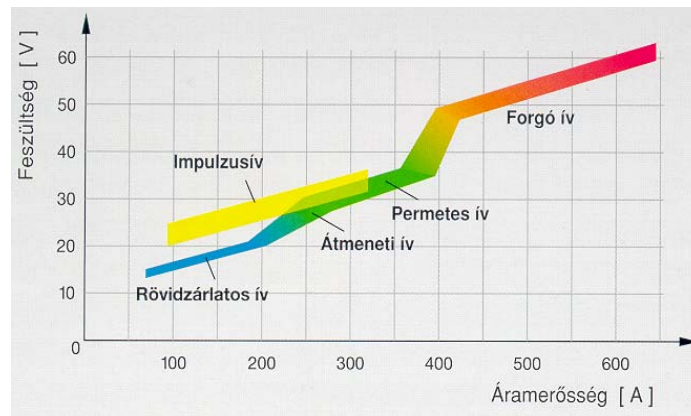
1. Bevezetés

A hagyományos fokozatkapcsolós egyenirányítós, valamint a tirisztoros hegesztő áramforásokkal szemben a mai modern inverteres (elsősorban a primerkörü) gépek megjelenésével, valamint a mikroprocesszorok beépítésével lehetővé vált a hegesztési tulajdonságokat befolyásoló dinamikus viselkedés gyors szabályozása.

A nagy működési frekvenciájú hegesztőgépek vezérlései, a mikroprocesszoros irányítás a cseppelolvadás szabályozása – ezáltal a minél nagyobb ívstabilitás – érdekében, nagy sebességgel avatkoznak be a hegesztési folyamatba. A szinergikus vezérlések több paraméterre kiterjeszthetők, az adott dinamikus tulajdonságok a pillanatnyi állapothoz (rövidzárlat, cseppleválás, stb.) hangolhatók. A nagy működési frekvencia következtében teljes mértékben irányított rövidzárlatos folyamatok, valamint speciális impulzus jelalakok hozhatók létre. Gyakorlatilag a legtöbb hegesztőgépgyártó rendelkezik ilyen speciális, saját névvel levédett technológiával (CMT, QSet, STT, Variweld, stb.), amelyekkel a stabilitás növelése mellett, különleges körülmények közötti (pl. extra vékony lemez hegesztése, nagy résáthidalás gyökhegesztésnél, stb.) technológiák is elvégezhetők. Az áramerősség valamint az ívfeszültség időben történő gyors szabályozása (és esetleg a huzalelőtolás időben történő változtatása) révén kialakult jelalakok kimérése hagyományos műszerekkel (multiméter) nem lehetséges. Az előadás, a hagyományos rövidzárlatos és impulzus technológiák cseppátmeneti folyamatainak ismertetése után a hazánkban is már alkalmazott, leggyakoribb modern technológiáknál, a speciális jelalakok digitális oszcilloszkóppal történt kimérésének segítségével néhány technológiát mutat be különböző alkalmazások során.

2. Normál cseppátmenetek

Egy adott munkadarab hegesztéséhez választott technológia különböző anyagátviteli módokat, ívtípusokat eredményezhet (1. ábra) [1]. Kis teljesítmény tartományban (vékonylemezek, gyökhegesztés, stb.) ún. rövidzárlatos ívről beszélünk. Felváltva alakul ki ív, ill. rövidzárlat, amelynél az ív rövid időre ki is alszik, majd a csepp leválása után ismét kigyullad. A rövidzárlati frekvencia, és a rövidzárlati áram függ a huzalelőtolás sebességétől (áramerősség), a szabad huzalhossztól, az ívfeszültségtől az alkalmazott védőgáz típusától, valamint a hegesztőgép fojtásától. A frekvencia értéke, még normál (hegesztésre alkalmas) ívet feltételezve 50-150 Hz közötti. Bár a kialakult, levált cseppek mérete még tiszta széndioxid alkalmazása mellett is általában kicsi, a rövidzárlat következtében fellépő fröcsköléssel kell számolni széndioxid és kevertgáz alkalmazása esetén egyaránt. További probléma, hogy a cseppelválás spontán jön létre, a rövidzárlatok gyakorisága döntően véletlenszerű, a rövidzárlati szakasz, és az ívszakasz ideje folyamatosan változik [2].



1. ábra Hagyományos ívtípusok, anyagátviteli módok stabil munkatartománya 1,2 mm-es huzalra, kevertgáz esetére

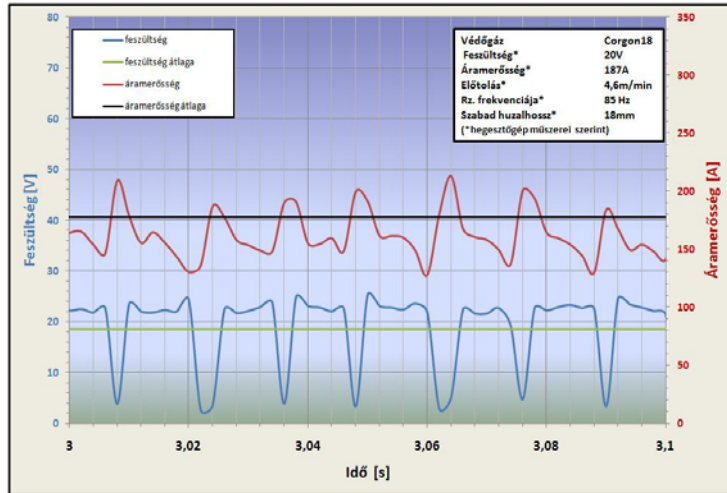
Az időnként az ömledékbe érő huzal, valamint a leolvadó cseppek miatti ívhosszváltozást áramváltozás követi, mely változás gyorsaságánál meghatározó jelentősége van a hegesztőgép fojtásának. Túl kis mértékű fojtás túl gyors áramváltozást, ezáltal nagyobb fröcskölést, a nagy fojtás, lassú áramfelfutást, lágyabb ívet, túl meleg, nagy méretű fürdőt eredményez [3]. Mindezek következtében a folyamat egy hagyományos egyenirányítós, vagy tirisztoros gépnél nehezen szabályozható, alkalmazhatósága (pl. nagyon vékony lemezek, nagy hézag, stb. esetén) korlátokba ütközik.

A rövidzárlatos anyagátviteli folyamat stabilitása (adott körülmények között) függ:

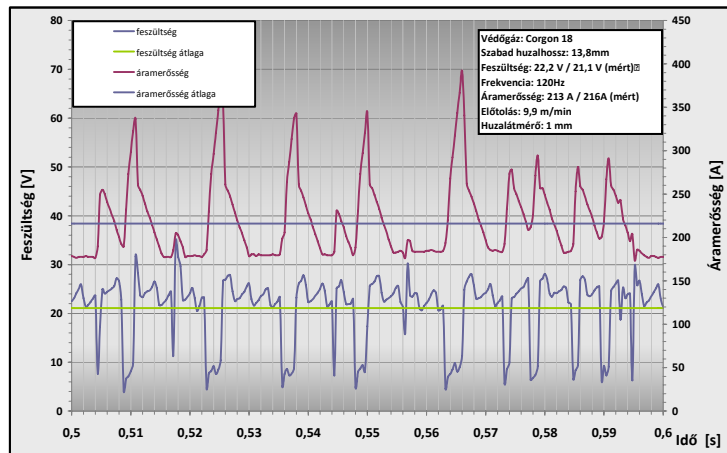
- az áramforrás dinamikus viselkedésétől,
- a hegesztőáramkör eredő inuktivitásától és
- az ív és a hegfürdő kezelésétől [4]

A teljesítmény növelésével a rövidzárlatok száma csökken ugyan, de még rendszertelenebbé válik, ún. nagycseppekes vagy vegyes anyagátmenet alakul ki. A folyamatot erőteljes fröcskölés és füstképződés jellemzi. További teljesítmény növeléskor egy bizonyos kritikus áramerősség elérése után kevertgázok alkalmazása során egy finomcseppekes rövidzárlatmentes fröcskölésszegény anyagátvitelnél szóró- vagy permetes ív alakul ki. Az áram és a feszültség értéke a folyamat alatt döntően állandó, nem alakulnak ki szélsőséges áram és feszültség csúcsok. A nagy teljesítményeknél a kevertgáz széndioxid gázra történő cseréje a rövidzárlat mentességet „elrontja”. Igen erős fröcskölés mellett durvacseppekes anyagátvitelnél ún. hosszú ív keletkezik. Ebben a tartományban semmiképpen nem javasolt a széndioxid védőgáz alkalmazása [2]. (Az 2-4. ábrák a szerzők által kimért áramerősség és hegesztési feszültség időbeli változását mutatják normál (hagyományos) üzemmódban rövidzárlatos, vegyes és szórt ívű anyagátvitel esetén. A cikkben bemutatott mérések általában gyengén ötvözött acél hegesztő huzallal

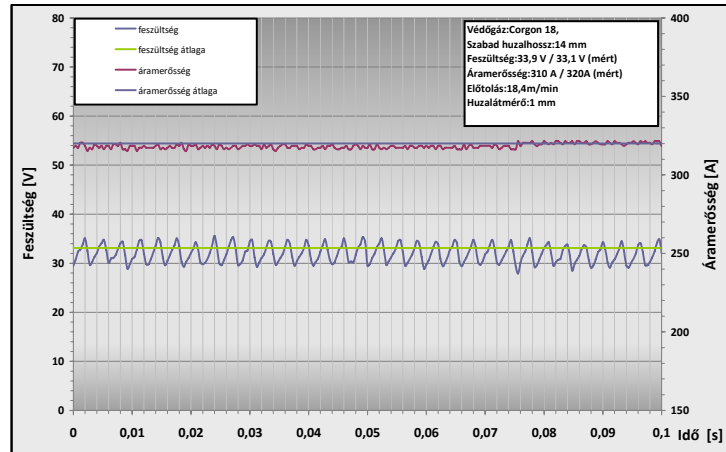
(G3Si4 típusú) történő hegesztés során készültek. [5] A bemutatott mérési diagramokon pirossal az áramerősség, késsel az ívfeszültség jelalakja látható.)



2. ábra Rövidzártas anyagátmenet áram, feszültség jelalakja kevertgáz alkalmazása esetén, 1,2 mm-es húzalnál (hegesztőgép FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC TPS 450)



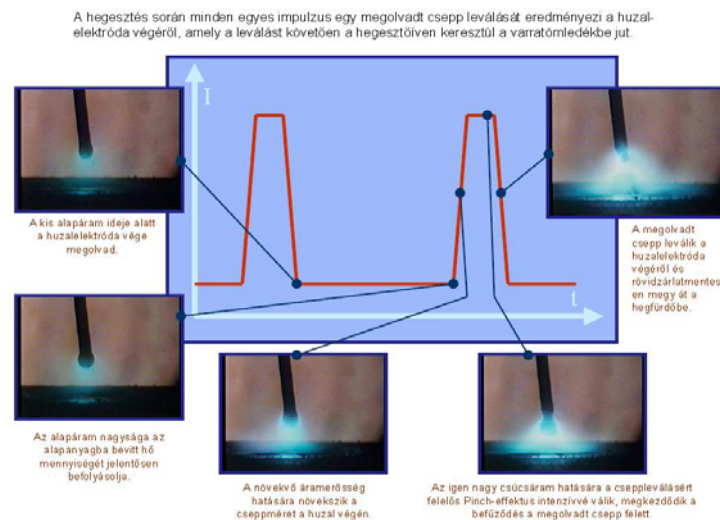
3. ábra Vegyes (átmeneti) anyagátmenet áram, feszültség jelalakja kevertgáz alkalmazása esetén, 1,0 mm-es húzalnál (hegesztőgép: LORCH SAPROM S5 SPEEDPULSE)



4. ábra Szóró ívű anyagátmenet áram, feszültség jelalakja kevertgáz alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: LORCH SAPROM S5 SPEEDPULSE)

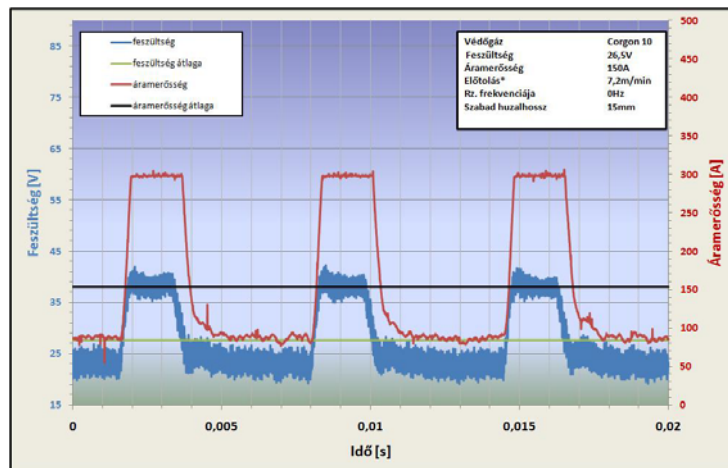
2. Impulzusívű anyagátmenet

A rövidzárlatmentes szabályozott anyagátvitel (impulzus ív) a legkisebb fröcskölést okozza, gyakorlatilag általánosan alkalmazható szinte minden teljesítmény tartományban.



5. ábra Az impulzus ív áramgörbéjének értelmezése, és a cseppleválási folyamat

Az elektróda végéről leolvadó cseppek leválasztása szabályozottan – az áramforrás által meghatározott áram és feszültség „hullámforma” időbeli változása szerint – megy végbe. A stabil hegesztési folyamatra jellemző „egy impulzus-egy csepp” folyamatot a huzalelőtölési sebesség és az impulzus paraméterek (pl. frekvencia, stb.) megfelelő összehangolása eredményezi. A létrehozott klasszikus impulzus jelalak (5. ábra) a technológiára jellemző különböző paraméterekkel befolyásolható. Az alapáram a két impulzus között az ív fenntartására szolgál, megválasztásánál arra kell figyelni, hogy az ív ne aludjon ki, ugyanakkor a huzal leolvadása sem induljon meg. Az impulzus áramnak olyan mértékűnek kell lenni (kritikus áramerősség felett), hogy a Pinch-hatás révén a csepp leváljon. Az impulzus frekvenciát a huzalelőtöléssel összhangban kell megválasztani úgy, hogy a cseppek száma biztosítsa az előtölt huzal leolvasztását. Az ívhossz az impulzus feszültséggel szabályozható, nem célszerű túl nagy ívhosszt alkalmazni. Az impulzus áram nagyságával és az alapáramhoz viszonyított idejével szabályozható az impulzus ív keménysége. Egy azonos teljesítményt biztosító kisebb, de hosszabb idejű csúcsáram lágyabb ívet eredményez, míg egy nagyobb, de rövid ideig tartó áramcsúcs lágyabb ívhez vezet. Meghatározó szerepe van a stabil folyamatnál az áram felfutásának és lefutásának is [2]. A 6. ábra egy kimért klasszikus impulzus áram és feszültség jelalakot mutat.



6. ábra Impulzus ívű anyagátvitel áram, feszültség jelalakja kevertgáz (90/10) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: KEMPPi KEMPACT PULSE 3000)

Az impulzus íves anyagátvitel megvalósítása magas széndioxid tartalmú védőgáz alatt nem lehetséges. (Általában a gyakorlatban a 10% /max. 18%/ széndioxid tartalmú argonbázisú kevertgázt használják ehhez a technológiához.)

3. Irányított anyagátvitelű technológiák

Az irányított anyagátvitelű folyamatok fő előnye elsősorban a szabályozható ívteljesítményen keresztül a szabályozott hőbevitelben keresendő – amely a hagyományos eljárásokhoz képest akár jelentősen csökkenthető – valamint e technológiák további célja a fröcskölésmentes stabil folyamat biztosítása.

A munka során vizsgált hegesztő berendezések speciális „márkanévvel” levédett irányított anyagátvitelű technológiáit a cseppátmenet szempontjából három csoportba sorolhatjuk. Egyrészt beszélhetünk teljes mértékben irányított rövidzárlatos folyamatokról (CMT, STT, QSet), speciális impulzus jelalakokat létrehozó technológiákról (Variweld, Speedpulse, stb.), valamint a kettőt kombináló megoldásról (CMT-pulse-mix). Az első csoport technológiái az elérhető kis teljesítmény következtében elsősorban a vékony lemezek, pozícióhegesztések, gyökhegesztések esetén javasolt. A második csoport eljárásai a stabil ív, a fröcskölés csökkentésének elkerülése érdekében gyakorlatilag széles teljesítmény tartományban eredményesen alkalmazhatók.

3.1. Irányított rövidzárlatos technológiák

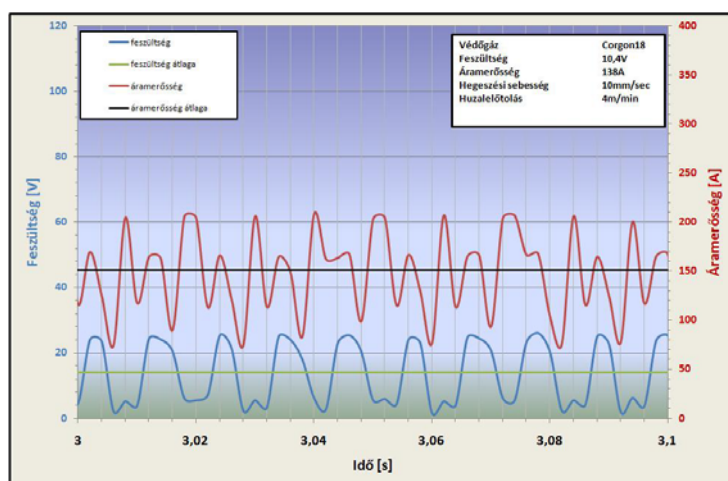
3.1.1. A CMT (Cold Metal Transfer) védőgázos ívhegesztés

A Fronius cég által kifejlesztett CMT berendezéseknek a hagyományos hegesztőgépektől eltérően két fontos jellemzője van. Egyrészt egy érzékelő, amely észleli a rövidzárlatot a munkadarab és a huzalelektroda között, másrészt a huzalelőtoló rendszer hagyományostól való eltérése, ami abban nyilvánul meg, hogy a rövidzárlat érzékelésekor a huzalt a berendezés képes a hagyományos huzalelőtoló rendszerekkel ellentétben rövid ideig az előtolás irányával ellentétes irányban is elmozdítani. A huzalelőtoló rendszer két egymástól független előtolóból – huzalelőtoló, valamint a hegesztőpisztolynál elhelyezett meghajtó – és egy közbeiktatott huzalkiegyenlítőből áll. Amíg a fő előtoló szerkezet a folyamatos előtolást végzi, addig a pisztolyházban levő digitálisan vezérelt, nagy dinamikájú AC szervomotor biztosítja az ütemes visszahúzó mozgást. Ez a folyamat lehetővé teszi az alacsony hőbevitelű hegesztést azzal, hogy csökkenti a rövidzárlati áramot amint a leváló csepp hozzáér a munkadarabhoz, hiszen az anyagátvitel pillanatában a visszahúzás miatt már nem tud nagy áram folyni (7-8. ábra). Ez a technológia lényegében egy meleg-hideg-meleg-hideg folyamat váltakozása. A CMT technológiát eredetileg vékony alumínium lemezek hegesztéséhez fejlesztették ki, amellyel akár 0,3 mm vastagságú lemez is tompán meghegeszthető. [6]

Gyura László et al.: Szabályozott anyagátvitelű fogyóelektródás védőgázos hegesztések vizsgálata

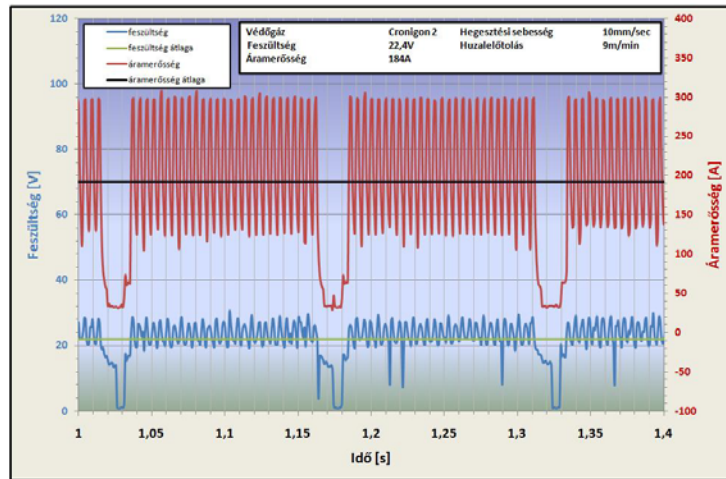


7. ábra A CMT ciklus fázisai (a harmadik képen látható fázisban történik a huzal visszahúzása)



8. ábra CMT technológia áram, feszültség jelalakja kevertgáz (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 3200 CMT)

A CMT és impulzus technológia kombinációjánál a huzal visszahúzása után néhány század másodpercig tartó impulzus hullámokkal (5-20 impulzus) az előre haladó huzalról szabályozottan kis cseppeket olvasztunk le mindaddig, amíg a rövidzárlat létre nem jön (9. ábra). Ez az eljárásváltozat nagyobb beolvadást eredményez, jobban terül az ömledék, és még stabilabb az anyagátmenet.

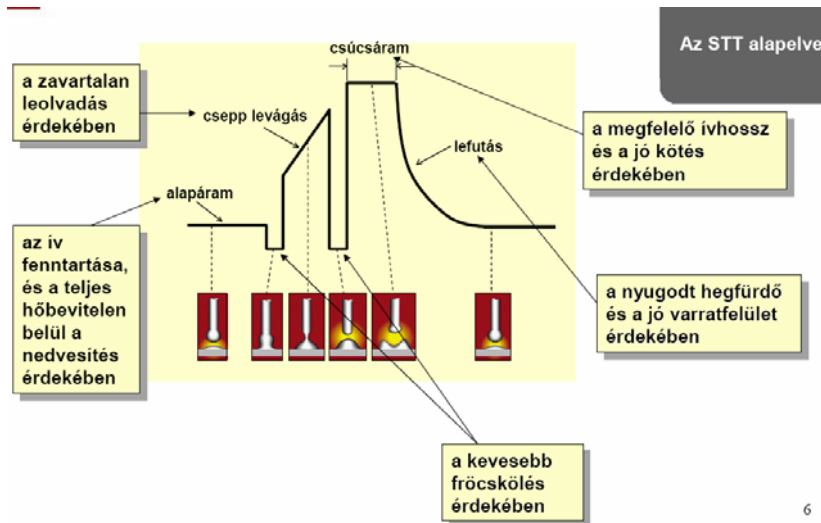


9. ábra CMT-Puls Mix technológia áram, feszültség jelalakja kevertgáz (97,5/2,5) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es 316LSi huzalnál (hegesztőgép: FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 3200 CMT)

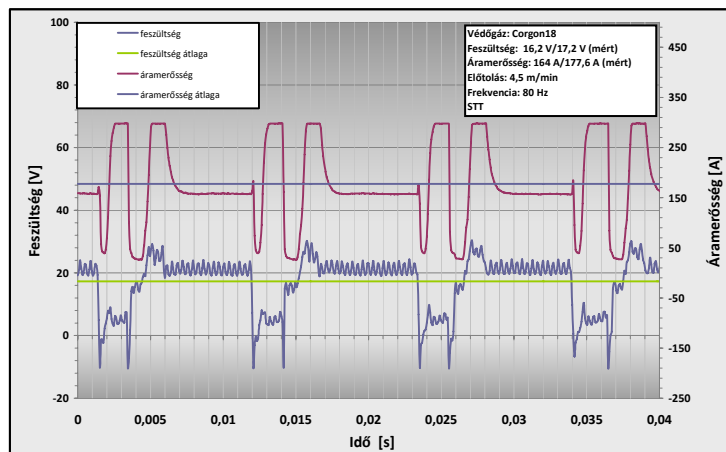
3.1.2. STT (Surface Tension Transfer) hegesztéstechnológia

Az Lincoln nevéhez kapcsolódó STT hegesztési eljárás lényege kis teljesítményű, állandó huzalelőtolás sebesség melletti, a felületi feszültségen alapuló anyagátmenet.

A különbség a hagyományos rövidzárlatos hegesztéshez képest, hogy az STT-nél az áramerősség folyamatosan ellenőrzött, periódusonként kialakuló speciális impulzus hullámformájú és tulajdonképpen nem csak a huzalelőtolási sebességtől függ. Az impulzus áramforma ellenére a kis teljesítmény miatt rövidzárlat ez esetben is kialakul, de mind annak kialakulás előtt és után a berendezés rövid időre kikapcsolja a hegesztőáramot. Azaz a rövidzárlat alatt az áramfelfutás közben annak értékét a vezérlés korlátozza, majd ki is kapcsolja (10-11. ábra). A cseppleválás gyakorlatilag a megolvadt csepp felületi feszültségének köszönhető. Amikor a rövidzárlat megszűnt, a csepp leolvadt, egy áramimpulzussal (csúcsáram) megnövelt ívhossznál történik meg a leolvadt anyag beolvasztása, a beolvadási mélység biztosítása. Az alapáram és a csúcsáram mértéke, valamint ezek egymáshoz való viszonya határozza meg a leolvadó cseppek méretét, valamint a beolvadási viszonyokat. Az eljárást elsősorban csővezetékek gyökvarratainak hegesztéséhez használják, mivel a technológia gyakorlatilag érzéketlen a hegesztési pozícióra, és nagyon jó résáthidalási képességgel rendelkezik. [7]



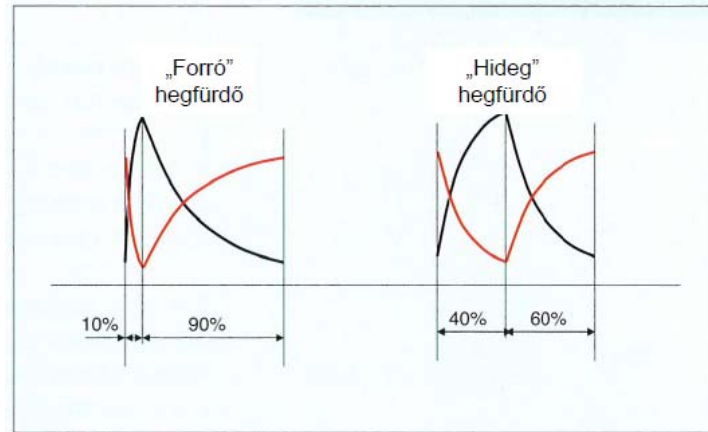
10. ábra Az STT technológia áramgörbéjének értelmezése, és a cseppleválási folyamat



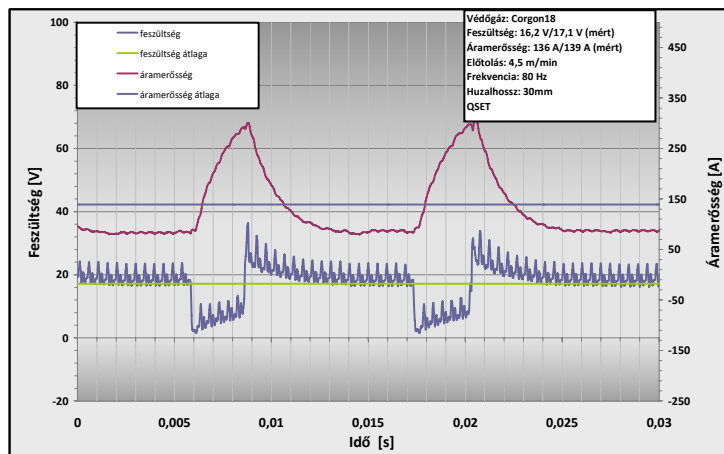
11. ábra Az STT technológia áram jelalakja kevertgáz (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: LINCOLN INVERTEC STT II)

3.1.3. QSet hegesztéstechnológia

Az ESAB technológiájának lényege a rövidzárlatos hegesztéseknél a folyamat olyan mértékben történő irányítása, hogy az ív ideje és a rövidzárlat idejének aránya állandó legyen a hegesztés teljes ciklusa alatt. A technológia segítségével az említett két idő aránya, ezáltal a hegfürdő hőmérséklete szabályozhatóvá válik (12. ábra).



12. ábra A QSet technológia lényege, az áram (fekete), feszültség (piros) jelalakja



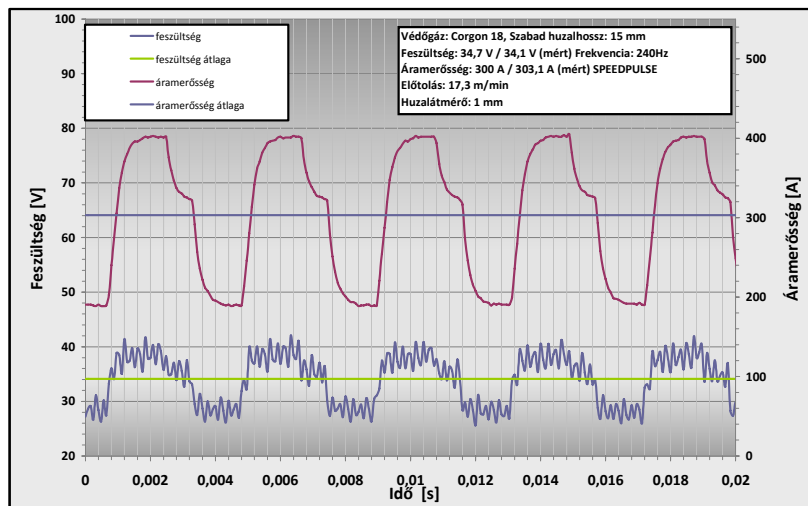
13. ábra A QSet technológia áram, feszültség jelalakja (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: ESAB ARISTO™ MIG 4100iw ARISTO™ FEED 3004w U6)

A rövidzárlatos technológia frekvenciája, a QSet funkció segítségével szabályozott marad, és a rövidzárlatos technológiával ellentétben a hirtelen bekövetkező zavarok esetén (pl. a pisztoly pozíciójának, távolságának megváltozása, stb.) sem változik ez meg, a folyamat továbbra is stabil lesz [8]. A mérések során felvett, a technológiára jellemző jelalakot mutatja a 13. ábra.

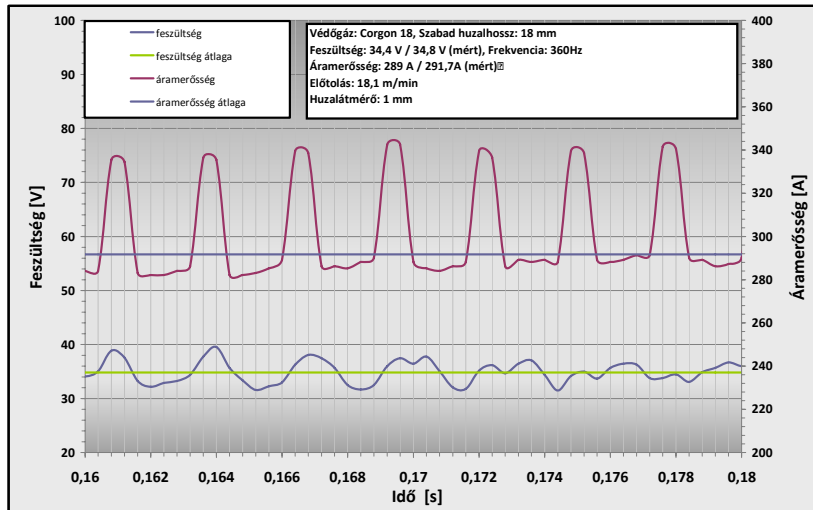
3.2. Modern impulzus üzemű technológiák

Fentiekben láthattuk, hogy egy impulzus technológia során meglehetősen sok paraméter beállítására van szükség, amelyet a sikeresség érdekében nem célszerű egy átlagos felhasználóra bízni. A hegesztőgép gyártók általában saját, a kívánt feladathoz leginkább alkalmazható hullámformájú impulzus jelalakot hoznak létre, amelyet a felhasználó legfeljebb kis mértékben tud befolyásolni. Ez esetben a fő paraméter, amelyet állítani kell, általában a huzalelőtölési sebességen keresztül a hegesztés teljesítménye.

A következőkben néhány áramforrásról (Lorch, Cloos, SKS) készült diagramokat mutatunk be, különböző teljesítmények és eljárás változatok esetén. A 14-15. ábra a Lorch szabadalmaztatott Speedpulse, ill. Speedarc [9] technológiáihoz tartozó mért jelalakokat mutatja be.

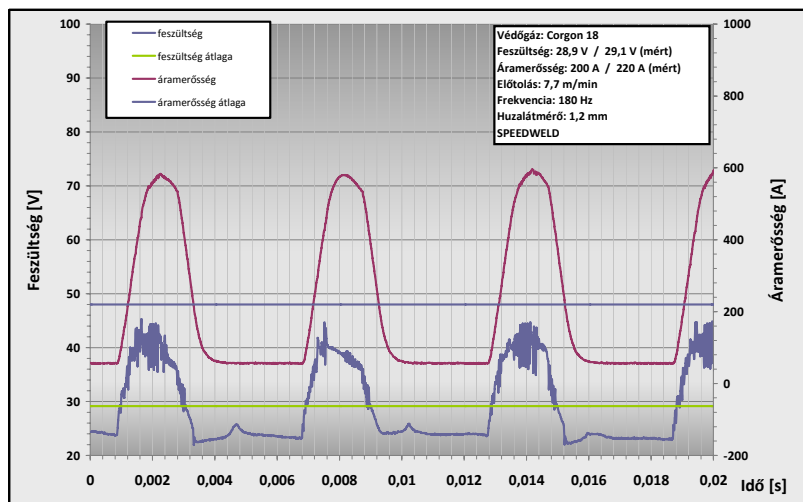


14. ábra A „Speedpuls” technológia áram, feszültség jelalakja (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: LORCH SAPROM S5 SPEEDPULSE)

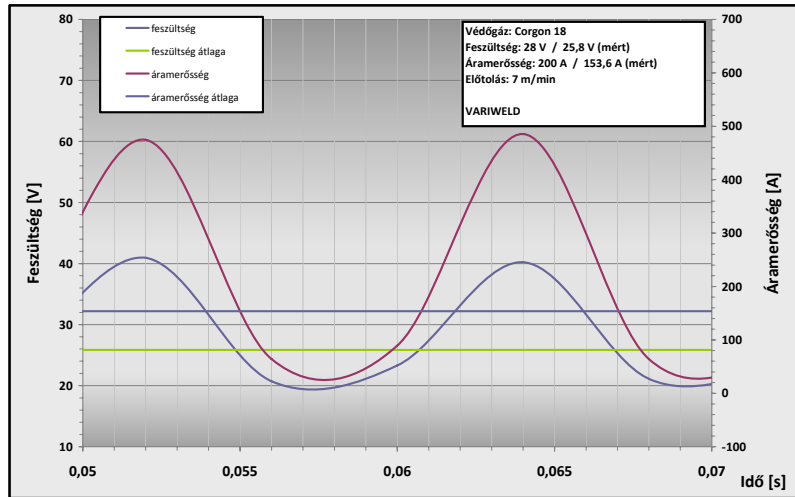


15. ábra A „Speedarc” technológia áram, feszültség jelalakja (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es húzalnál (hegesztőgép: LORCH SAPROM S5 SPEEDPULSE)

A 16-17. ábra a Cloos szabadalmaztatott Speedweld, ill. Variweld [10] technológiáihoz tartozó mért jelalakokat mutatja be.

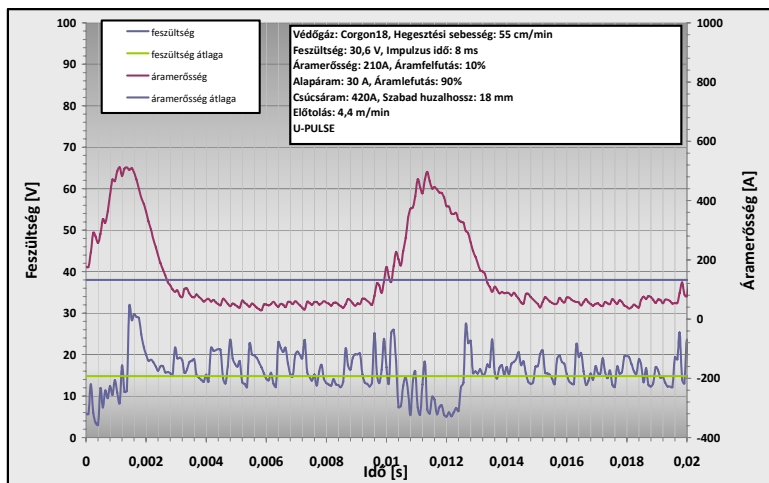


16. ábra A „Speedweld” technológia áram, feszültség jelalakja (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es húzalnál (hegesztőgép: CLOOS QINEO PULSE 450)



17. ábra A „Variweld” technológia áram, feszültség jelalakja (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: Cloos)

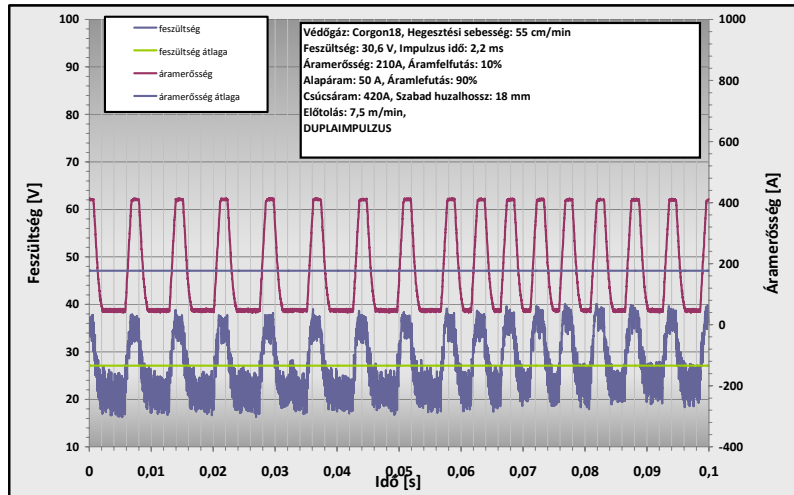
A 18. ábra az SKS szabadalmaztatott „U-PULSE” [11] technológiájához tartozó mért jelalakokat mutatja be.



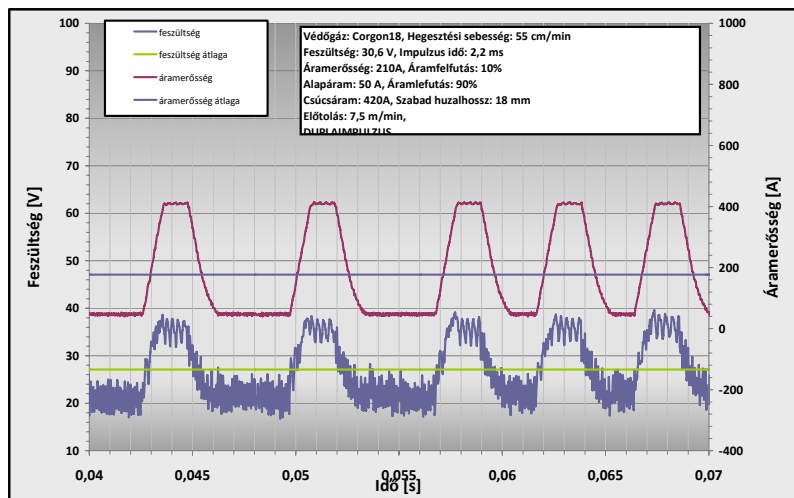
18. ábra Az „U-PULSE” technológia áram, feszültség jelalakja (82/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál (hegesztőgép: SKS LEIPOLD LSQ)

Egyes gyártók az egyedi jelalakok mellett az ún. dupla (kettős) impulzus üzemmódot is javasolják, melyek lényege hogy egy kis frekvenciával (2-5 Hz), azonos huzalelőtolási sebesség mellett két különböző paraméterű impulzus sorozatot változtatnak, a még tökéletesebb varrat elérése érdekében (19-22. ábra) A

huzalelötölési sebesség pulzálásával további előny érhető el, ami pl. egy függőlegesen felfele haladó gyökhegesztésnél jól kihasználható (23-24. ábra).

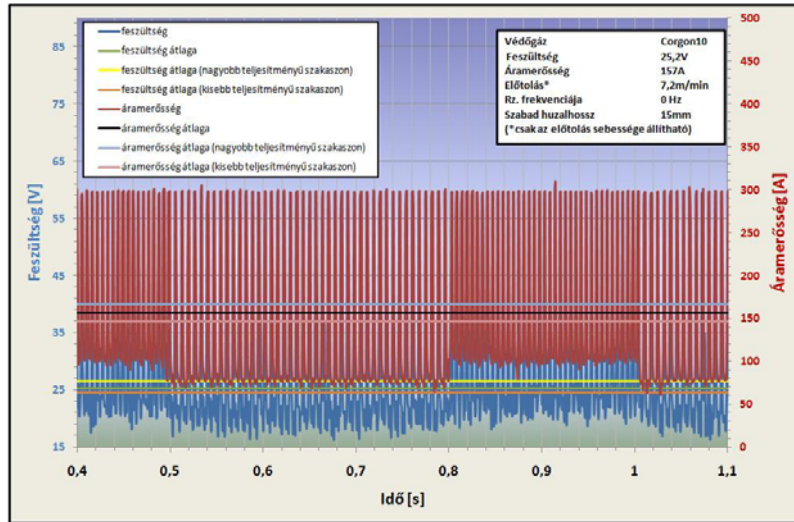


19. ábra Kettős impulzus ívű anyagátmenet áram, feszültség jelalakja kevertgáz (90/10) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál 0,1 s mért idő alatt (hegesztógép: SKS LEIPOLD LSQ)

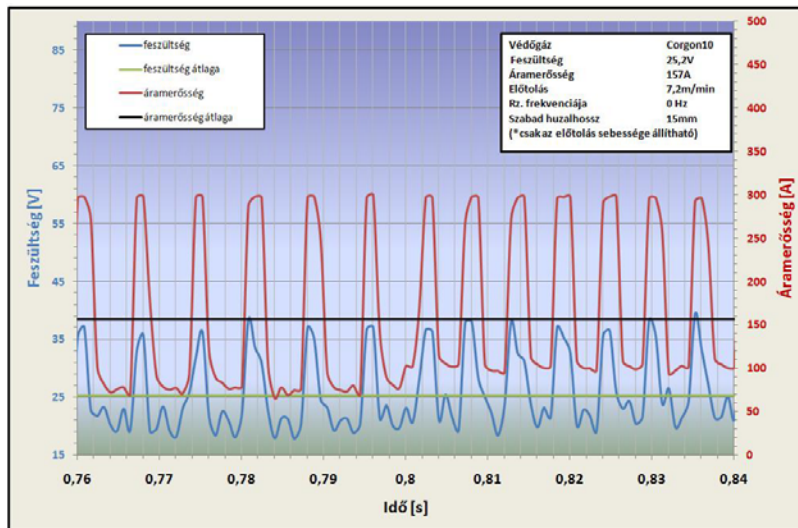


20. ábra A 19. ábrán látható kettős impulzus ívű jelalak a két különböző paraméterekkel jellemezhető impulzus „átmeneti” tartományban vizsgálva (állandó huzalelötölás mellett a frekvencia nagysága változik)

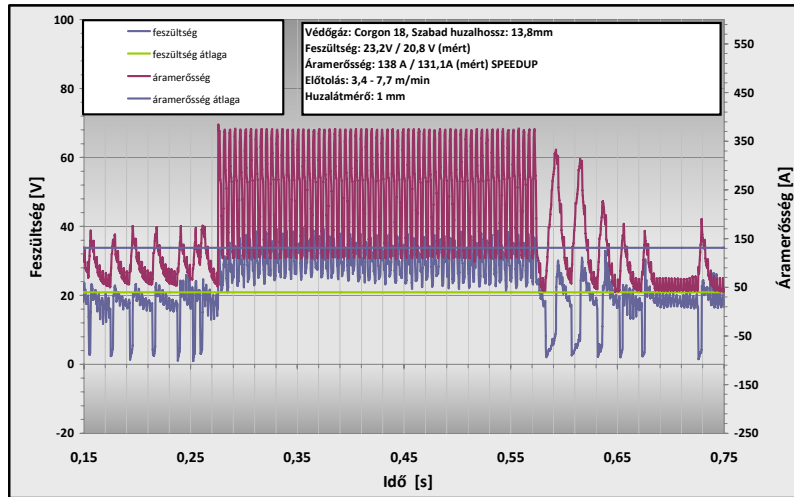
Gyura László et al.: Szabályozott anyagátvitelű fogyóelektródás védőgázos hegesztések vizsgálata



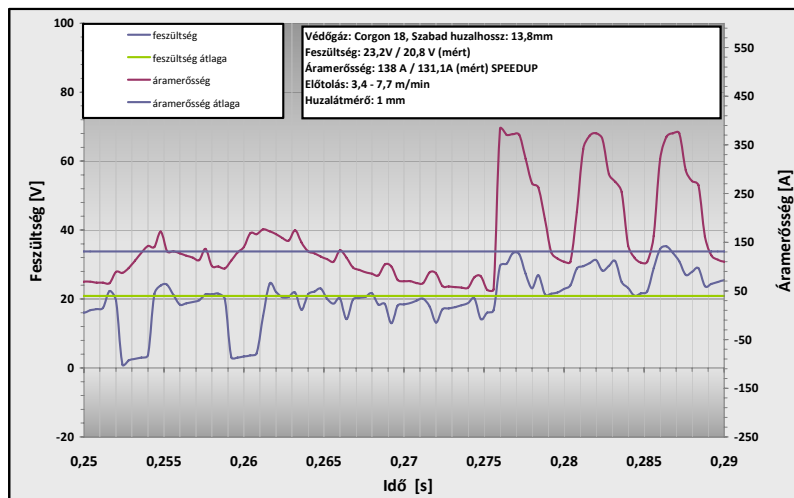
21. ábra Kettős impulzus ívű anyagátmenet áram, feszültség jelalakja kevertgáz (90/10) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es húzalnál 0,7 s mért idő alatt (hegesztőgép: KEMPII KEMPACT PULSE 3000)



22. ábra A 21. ábrán látható kettős impulzus ívű jelalak a két különböző paraméterekkel jellemezhető impulzus „átmeneti” tartományban vizsgálva (állandó húzalelőtolás mellett a frekvencia és az alapáram nagysága is változik)



23. ábra Kettős impulzus ívű változó huzalelőtoláshoz tartozó anyagátmenet áram, feszültség jelalakja kevertgáz (92/18) alkalmazása esetén, 1,0 mm-es huzalnál 0,6 s mért idő alatt (hegesztőgép: LORCH SAPROM S5 SPEEDPULSE)



24. ábra A 23. ábrán látható kettős impulzus ívű jelalak a két különböző paraméterekkel jellemezhető impulzus „átmeneti” tartományban vizsgálva (változó huzalelőtolás mellett a frekvencia és az áramerősségek nagysága is változik)

Összefoglalás

A programozható processzor vezérlésű inverterekkel nemcsak a speciális jelalakú impulzus technológiák végrehajtása válik lehetővé, de a gyors dinamikus visszacsatolás révén a hullámforma, ezáltal a cseppleválás folyamata is szabályozható. Az egyes gépek által létrehozott speciális hullámformákról a szakirodalmakból meglehetősen kevés információt kapunk. Fenti írásunkban bemutattuk néhány korszerű technológia vizsgálata során a gép gyártójától, a technológiától, teljesítménytől függő – digitális oszcilloszkóppal kimért – áram, feszültség jelalakot, valamint röviden ismertettük a technológiák lényegét. A cikk terjedelmi, mennyiségi korlátai miatt minden egyes technológiánál csak néhány (általában egy-egy) alap (jellemző) jelalakot mutattunk be. A mérések során ennél lényegesen több eredmény (diagram) született, hiszen a paraméterek változtatása az alkalmazott hegesztési anyagok (pl. védőgáz, stb.) cseréje újabb és újabb mérésre adtak lehetőséget. A későbbiekben a hegesztőgép gyártókkal, forgalmazókkal egyeztetve tervezzük a teljes mérési sorozat megjelentetését.

Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a bemutatottakon kívül más hegesztőgép gyártók is rendelkeznek hasonló technológiákkal („know-how”-val), de a terjedelem, valamint a rendelkezésünkre álló idő nem tette lehetővé több berendezés vizsgálatát.

Köszönetnyilvánítás Ezúton mondunk köszönetet azoknak a cégeknek, amelyek berendezéseiket méréseinkhez rendelkezésünkre bocsátották:

- Crown International Kft. (CLOOS képviselő)
- ESAB Kft.
- Froweld Kft. (Fronius képviselő)
- Invent Welding Kft. (Kemppi képviselő)
- Lincoln Electric M.o.-i képviselő (a Lincoln berendezést a KVV Zrt. biztosította)
- REHM Hegesztéstechnika Kft. (SKS képviselő)
- Qualiworld Kft. (Lorch képviselő)

Irodalomjegyzék

- [1] Hegesztés-Innováció-Kompetencia, Műszaki katalógus, Linde Gáz Mo. ZRt. kiadványa
- [2] Hans-Ulrich Pomaska: MAG-Schweissen „Kein Buch mit sieben Siegeln, Linde AG, 1989
- [3] Kristóf Csaba: Hegesztőgépek, ESAB Kft.-2002
- [4] Hegesztési Zsebkönyv, Szerk.: Dr Gáti József, Cocom Kft.-2003
- [5] Balogh Dániel: Hegesztőgépek dinamikus karakterisztikájának vizsgálata digitális oszcilloszkóppal, BSc Szakdolgozat, SzD1/2009, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (Konz.: Dr Palotás Béla, Gyura László)
- [6] http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-AFAEA0FD-9F90D4FF/fronius_international/hs.xml/79_6073_ENG_HTML.htm
- [7] <http://www.harrisweldingsupplies.com/lincolninvertectstii208230460360migwelder.aspx>

- [8] Akármilyen jó hegesztő is Ön ettől még jobb lesz!, Műszaki katalógus, ESAB Kft. kiadványa
- [9] Paszternák László: Világszabadalom a LORCH-tól: SPEEDPLUS MIG/MAG hegesztés, ACÉLSZERKEZETEK 2009 IV/3. pp. 84-86
- [10] QINEO® Pulse für das universelle Schweißen in der Industrie, Műszaki katalógus, Carl Cloos Schweißtechnik GmbH
- [11] Dr. Farkas Attila, Barabás Péter: 5 éve Magyarországon az SKS: Ívhegesztő berendezések, kifejezetten robothegesztésre tervezve, ACÉLSZERKEZETEK 2009 IV/3, pp. 92-97