Teljesítménymodulációs hegesztés

Alapok és lehetőségek, huzalelektródás, védőgázos ívhegesztés (13)

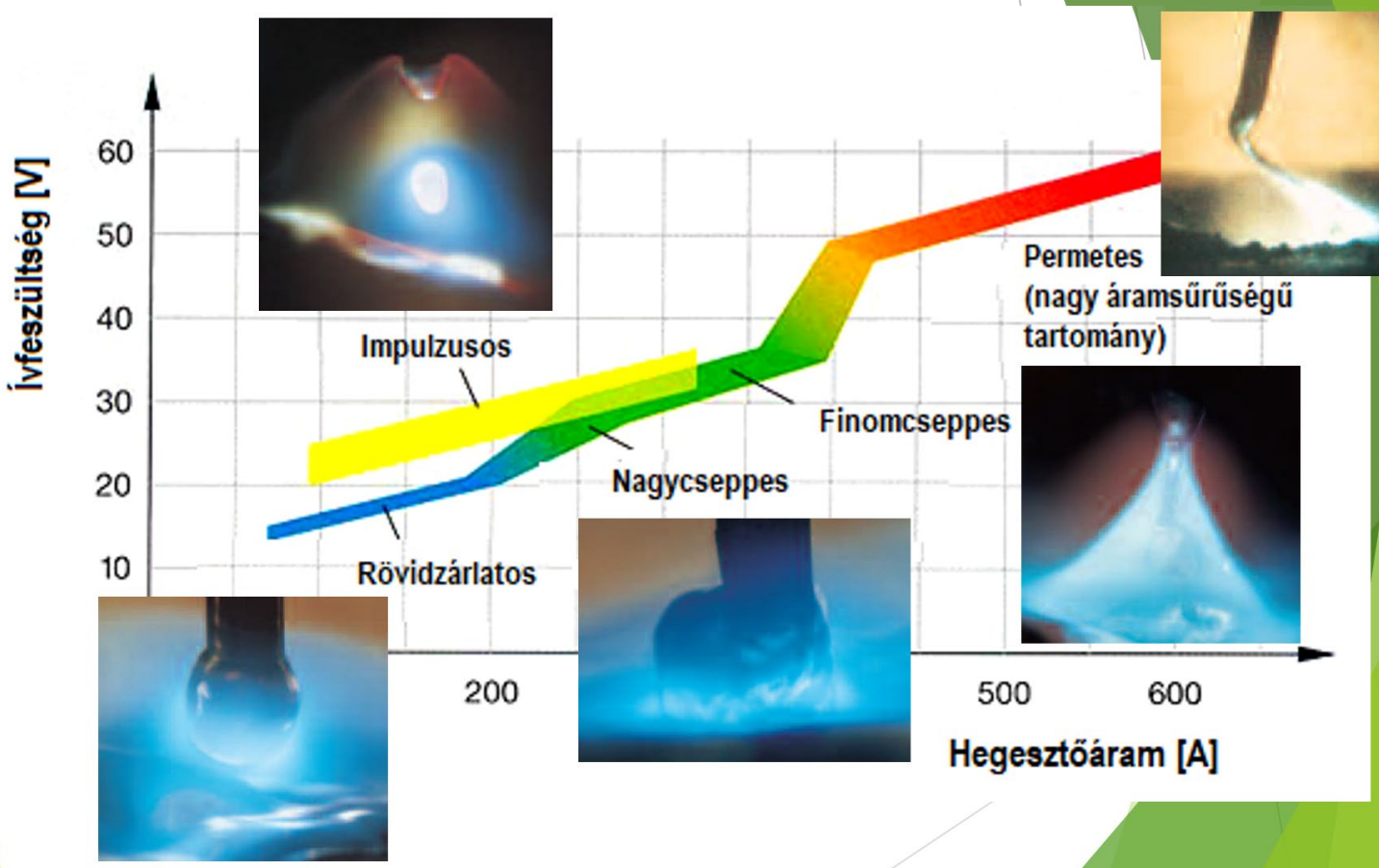
2022.Szeptember 15. Török Máté EWE-IWE

Az előadás absztraktja

- A hegesztő ívoszlop és az ívet befolyásoló tényezők áttekintése
- Anyagátvitel
  - A morfológiai „hagyományos” rendszer áttekintése, kritikája
- Tipikus varratjellemzők alakítása
  - Teljesítmény moduláció alapjai és eszközei
  - Hullám alak vezérlés, paraméterek, ívtulajdonságok villamos módosításai
  - Ívszabályozás mechanikus beavatkozással
- Hegesztőív stabilizálás eszközei
  - korrekciók
- Egyes gyártók korszerű, teljesítmény modulációs szabályozás változatainak áttekintése
- A felhasználó szabadkeze, mibe tudunk, mibe érdemes még belenyúlnunk?

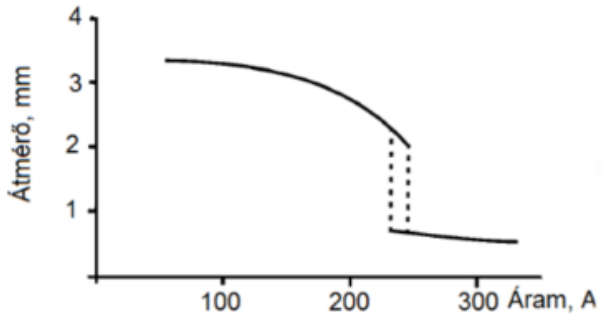
Anyagátvitel – a morfológiai rendszer kritikája

- Az anyagátvitel két alapesete
  - A huzalelektróda végén lévő olvadék cseppeket képezve leszakad, és a hegfürdőbe jut ami a zárlatmentes anyagátvitel
  - Az olvadt huzalelektródavég hozzáér a hegfürdőhöz, az ív kialszik, majd a fémhíd szétrobbanása után az ív újra gyullad, ami a zárlatos anyagátvitel

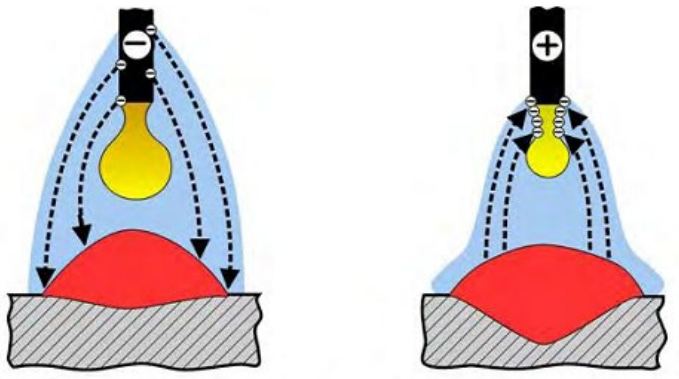


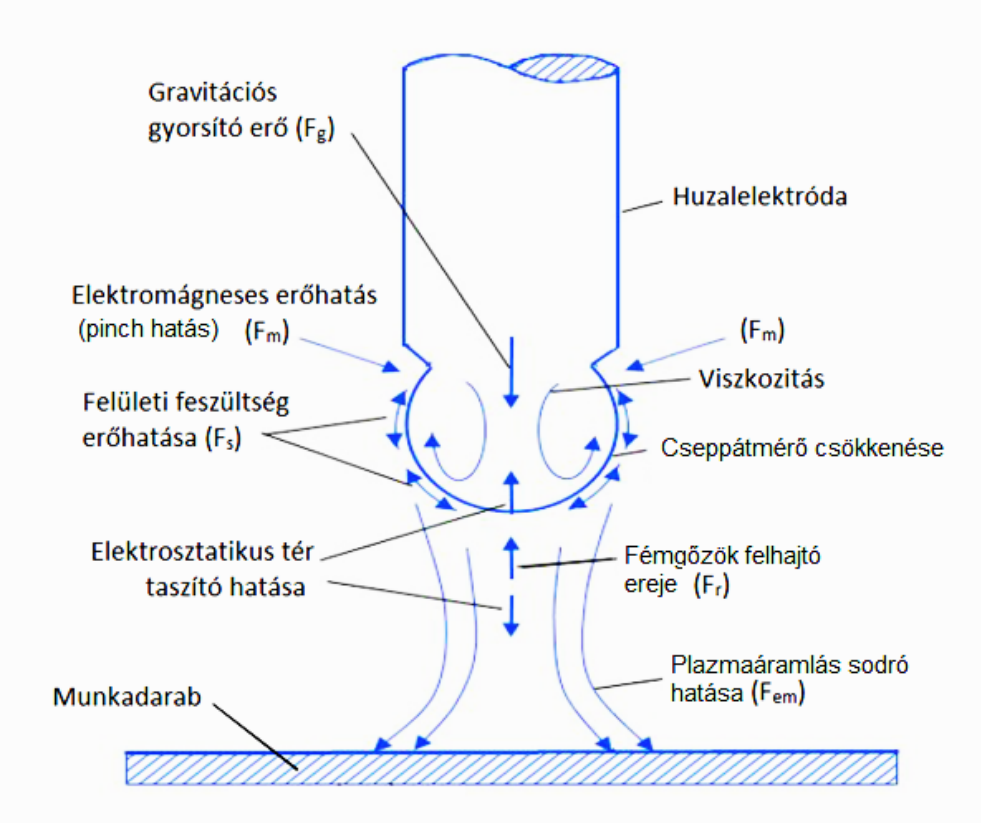
Az anyagátvitel (cseppleválás) fő paraméterei:

- Áramsűrűség és a hullámalak
  - huzalelektródás, védőgázos hegesztésnél megfigyelhető jelenség, hogy az áramsűrűség növelésével, egy jól meghatározható küszöbérték felett a leváló cseppek mérete hirtelen lecsökken
  - Hullámalak, határozza meg az ív dinamikáját
  - így egy áram impulzussal egy a huzal átmérőjénél kisebb cseppet tudunk leválasztani



- Felületi feszültség
- Polaritás





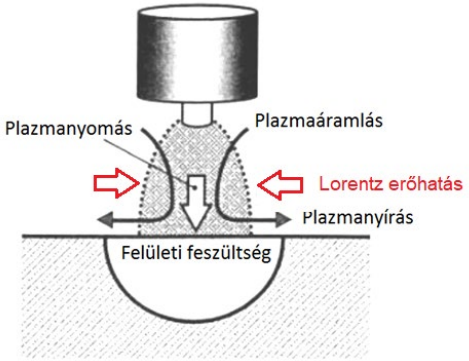
Varratjellemzők alakítása

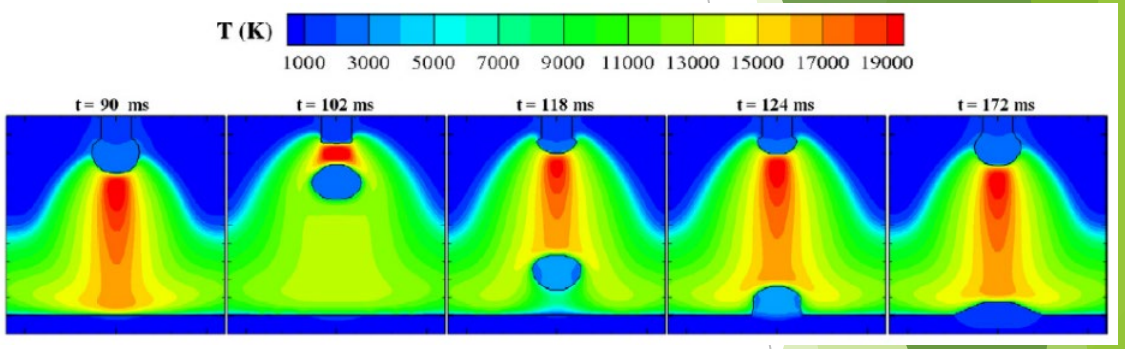
- Plazmaáramlás
  - Íverő (ívnyomás)
  - Plazmanyírás

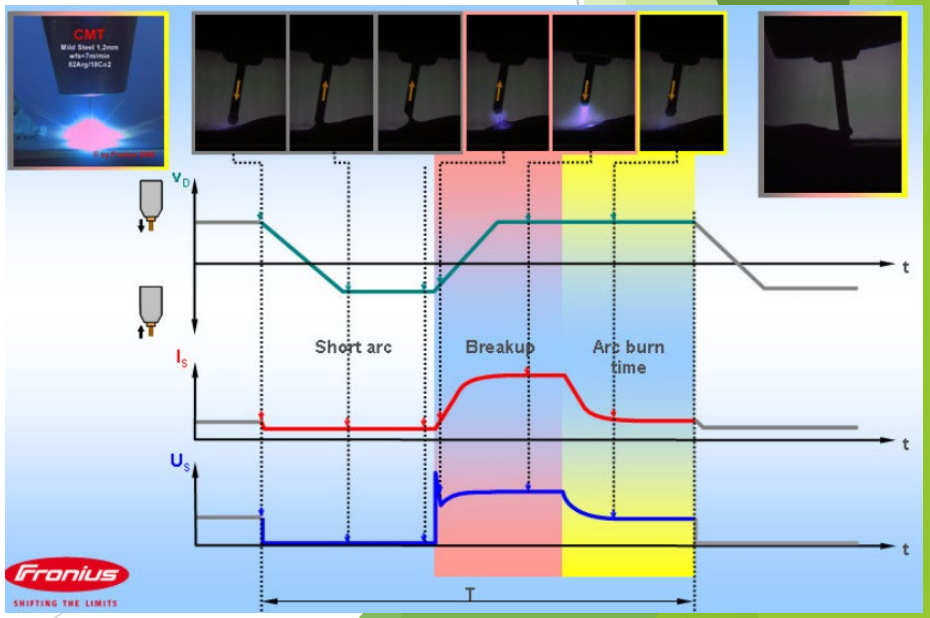
  } varratszélesség, beolvadás

  - Váltakozó polaritás
  - Huzalelőtolás modifikációja
  - Áramcsúcsok elektronikus „levágása”

  } hőbevitel ellenőrzése

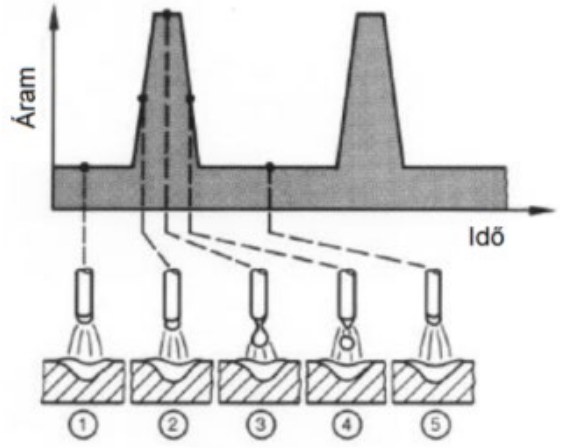






Impulzusos ív – teljesítmény moduláció

- Az impulzusos ívet a szakirodalmak a morfológiai rendszer részeként kezelik. Technikai szempontból azonban tekinthető a teljesítmény moduláció alapjának, vagy kiindulópontjának
- A teljesítmény moduláció az elektronikus áramforrások kimenet vezérlését jelenti. A moduláció kiterjedhet az ívgyújtás, az ív stabilitás, az a
illetve az ívoszlop tulajdonságainak befolyásolására
- az impulzus ívű hegesztés fő paraméterei
  - impulzus frekvencia
  - alapáram,
  - impulzus áram,
  - az impulzus áram időtartama
  - az impulzus áram növekedési és csökkenési sebessége

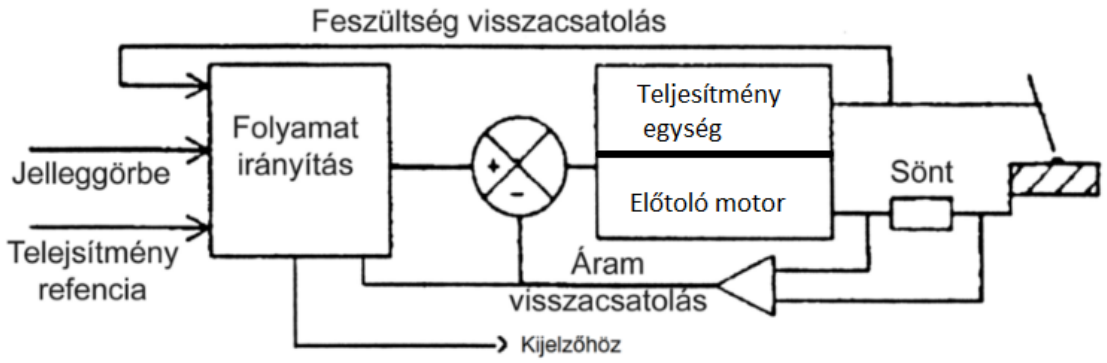


- Az egyenletes cseppátmenet biztosítása érdekében a hegesztőáram meghatározott modulációjával, a cseppleválás kívánt frekvenciájával azonos frekvenciájú áramimpulzusokat állít elő az áramforrás.
- ívet stabilan fenntartó alapáramra szuperponált áramimpulzus nyomán a huzal átmérőjének nagyjából megfelelő méretű csepp válik le.
- **Kezdeti impulzusív változatoknál a beolvadási mélység csekély volt, mert a plazmaáramlás szerepe nem kellően érvényesül. Ezen lépünk túl**

Teljesítménymoduláció okai - eszközei

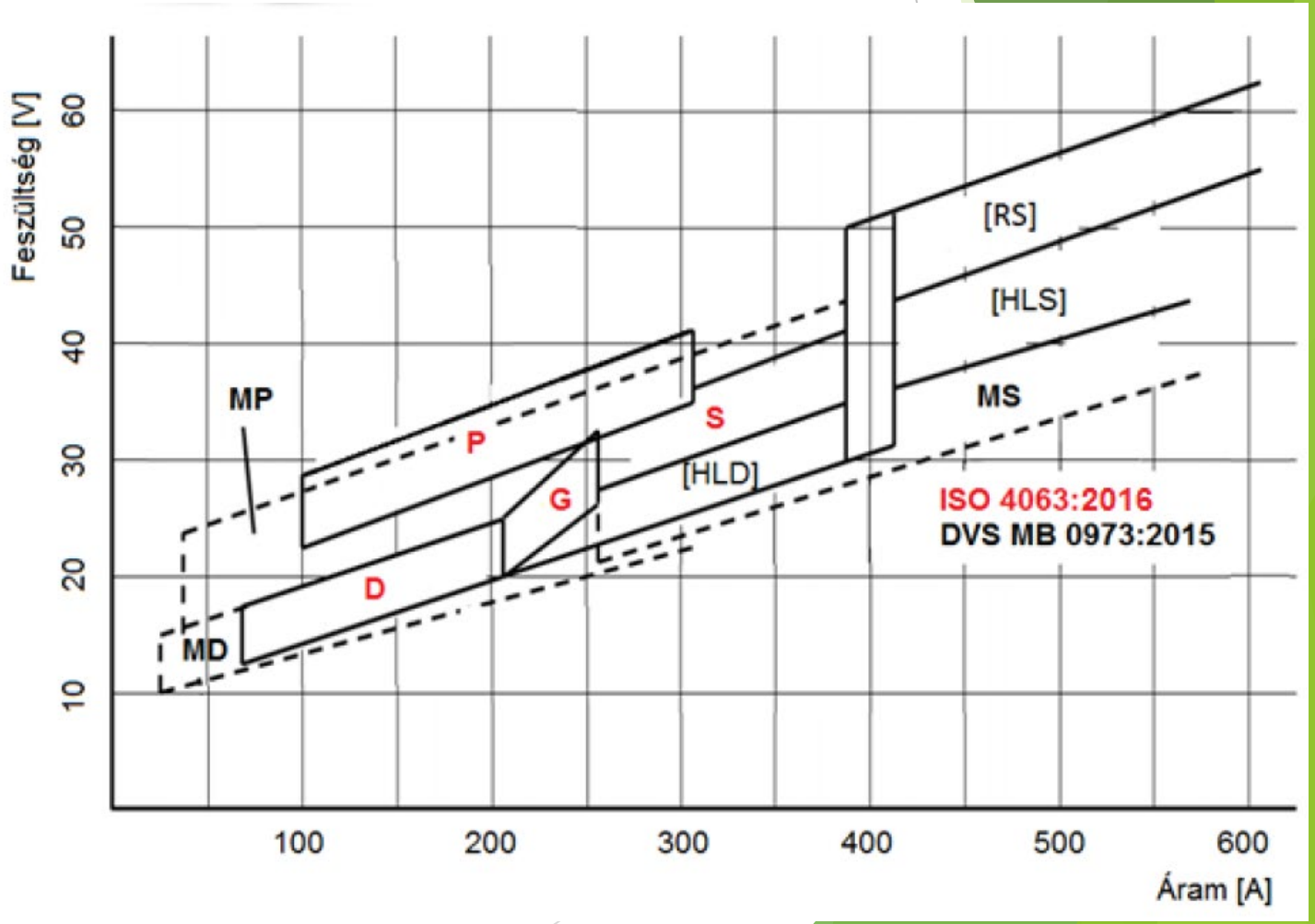
- Az áramforrás kimeneti értékeit valamilyen cél elérése érdekében vezéreljük
- A kimenetek vezérlését a megvalósult mért áramerősség, ívfeszültség, előtolási sebesség alapján végezzük a kívánt cél megvalósításához szükséges irányban. Feszültség, áram és előtolás szabályozás. A célok rendszerint.:
  - Átmeneti ívtartomány elkerülése – kiváltása
  - Ívgyújtási fröcskölés elkerülése
  - Anyagátmenet befolyásolása
  - Leolvasztási teljesítmény növelése
  - Termikus hatásfok szabályozása
  - **Varratalak, beolvadás varratfelület befolyásolása**
  - **Hőbevitel csökkentés**

- A befolyásolás lehetőségei
  - Anyagátmenet idejének és frekvenciájának a változtatása a rövidzárlat idején
  - Fröcskölés csökkentése a rövidzárlat ideje alatt
  - Anyagátmenet kezdetének és végének befolyásolása a huzalelektróda irányának, sebességének befolyásolásával
  - Az ívhossz csökkentése rövidzárlat mentes anyagátmeneteknél
  - Időbeni kombinálása az anyagátmenetek típusainak
  - A varratgeometria és beolvadás szabályozása, az anyagátmenet típussal, villamos paraméterek modifikációjával



DVS felosztás szerint modulált ívek

- Hagyományos rendszer stabil munkapontjai MSZ EN ISO4063:2016
  - D- rövidzárlatos, G-nagycseppes, S-Finomcseppes, P impulzus
- DVS MB 0973:2015
  - MD-Modulált rövidzárlatos
  - MP-Modulált impulzusos
  - MS-Modulált Finomcseppes
  - HLD-Nagyteljesítményű rövidzárlatos
  - HLS- Nagyteljesítményű finomcseppes
  - RS-Forgóíves



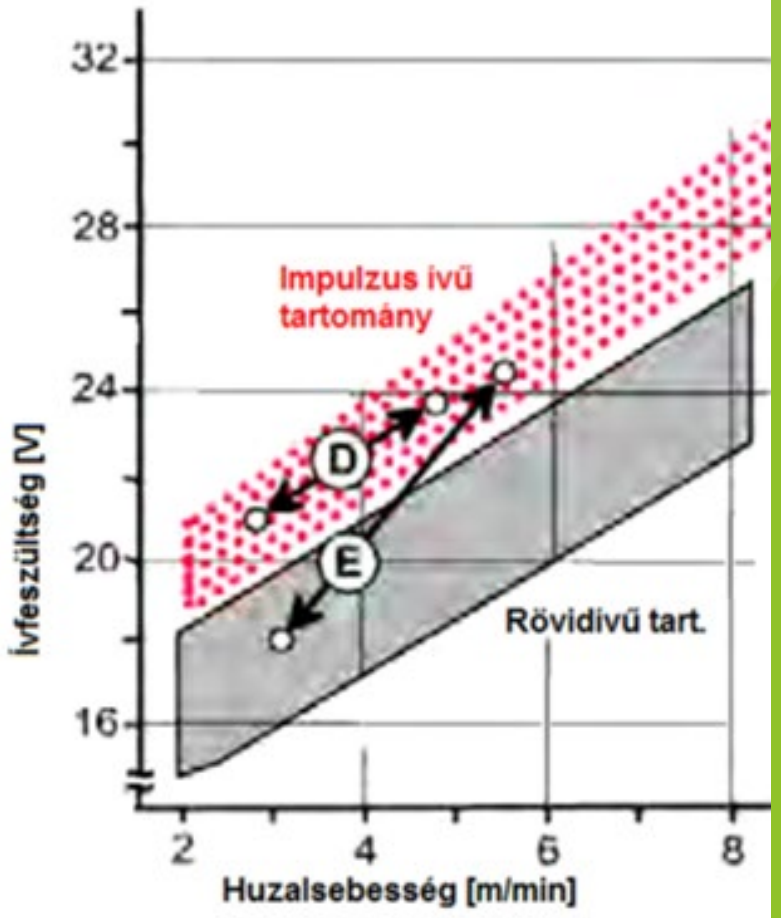
Modifikációk főbb típusai,

- Szabályozott rövidív
- Fröcskölés csökkentett rövidív
- Energiacsökkentett rövidív
- Nagyteljesítményű rövidív
- Modifikált impulzusív
- Impulzusív
- Modifikált finomcseppes ív
- Polaritásváltoztatott ív
- **Kombinált ív**
- Huzalelőtolással modifikált ív

		KLB				ILB				Drahtbewegung		
Hersteller	Bezeichnung	5.3.1 Spritzerarmer KLB	5.3.2. Energiereduzierter KLB	5.3.3. Leistungsgesteigerter KLB	5.5. Modifizierter SLB	5.6. Impulslichtbogen	5.7. Modifizierter ILB	5.8. Wechselstromprozess	5.9. Kombinierte Prozessvariante	5.10.1 Zyklische Drahtbewegung	5.10.2 Reversierende Drahtbewegung	5.10.3 Variable Drahtbewegung als Regelgröße
Cloos	ColdWeld		X					X				
	ControlWeld	X										
	RapidWeld				X							
	MoTion Control Weld	X	X	X							X	
	MoTion Vari Weld	X					X		X		X	
	Rapid Pulse Weld						X					
EWM	coldarc / coldArc XQ	X	X									
	pipesolution	X										
	rootarc / rootArc XQ	X	X									
	forcearc				X							
	forcearc puls						X					
	position weld								X	X		
	wiredArc				X							X
	wiredArc puls						X					X
	acArc puls					X		X				
Fronius	CMT	X	X	X							X	
	CMT Advanced	X	X	X				X			X	
	CMT mix								X	X	X	
	LSC, LSC Advanced	X	X									X
	PCS						X					
	PMC					X	X					X
	PMC mix	X					X		X	X		
Kemppi	WiseRoot	X	X									
	WiseThin	X	X									
Kjellberg	newArc	X		X	X							
Lorch	SpeedArc / SpeedArc XT	X			X							
	SpeedCold	X	X									
	SpeedPulse					X	X					
	SpeedPulse XT					X	X					
	SpeedRoot	X										
	SpeedUp	X				X	X		X	X		

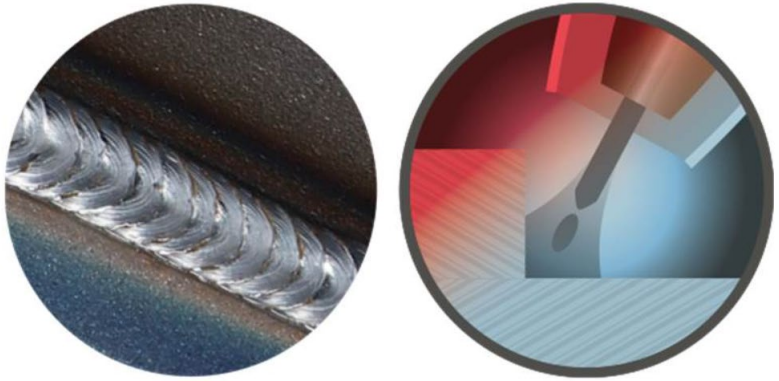
Modulációk kombinációja

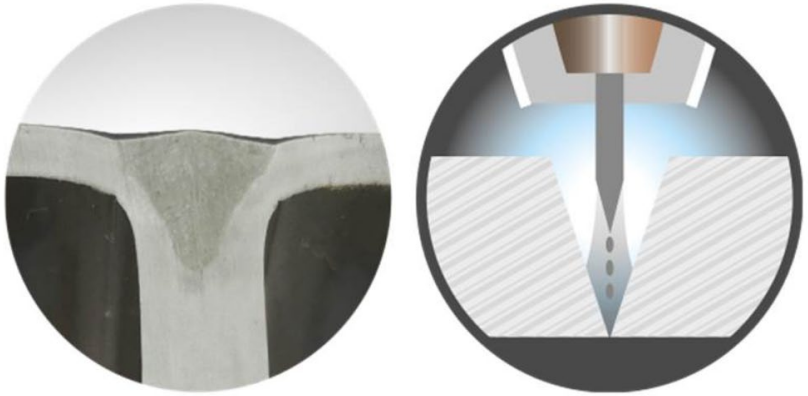
- A különböző modulációkat a gyártók kombinálják rendszerint és a kombinációkat mintegy technológia változatként „árulják”
- Az egyes modifikációk előnyeit kombinálva kapunk új „technológiákat”. A modifikáció kombinációkat érdemes két részre bontani.
  - Kombináláshoz a belső akár 1000Hz feletti adatkommunikáció, és vezérlési sebesség szükséges – impulzusos anyagátvitel
  - Kombináláshoz 50Hz alatti beavatkozás szükséges, (lüktető ív, változó anyagátmeneti forma)– termikus pulzálás
- A kombináció lehet
  - Mindkét változatban azonos anyagátmenettel
  - A két munkaponton eltérő anyagátment típussal



Modulációk kombinációja

- FRONIUS PMC-MIX impulzus és LSC (cseppleválasztás + rövidzárlat)
- SKS KF PULSE (cseppleválasztás + rövidzárlat)
- Fronius PCS Pulse (impulzus és szórt ív kombináció)
- Fronius CMT+P (hőbevitel csökkentett + impulzus)





Miben van szabadkezünk?

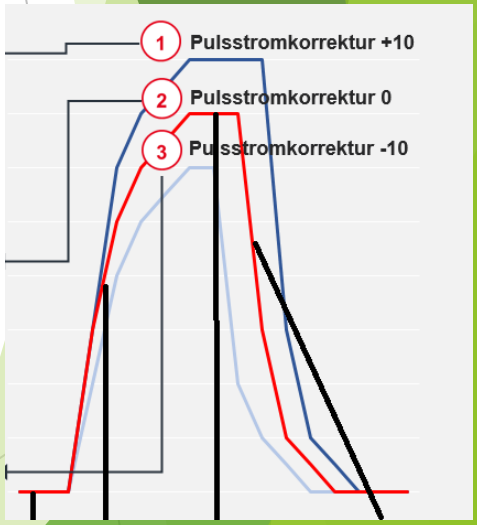
- Az elektronikus áramforrás oldaláról
  - „technológia” változatok kiválasztása
  - Gyártók által kínált korrekciók alkalmazása
  - Jelleggörbék kiválasztása, alkalmazása
  - Gyártók által kínált technológia kombinációkra
- Az áramforrást kívülről befolyásolva, vezérelve
  - Saját technológia kombinációkra interfacen keresztül
  - A vezérlési elv sajátosságait ismerve az eredmény befolyásolása
  - „nem megfelelő” jelleggörbe tudatos alkalmazása

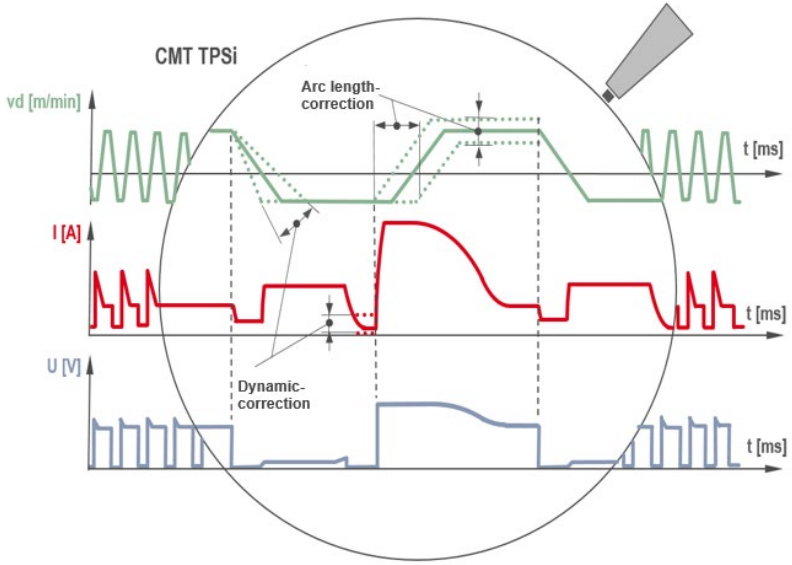
Miben van szabadkezünk?

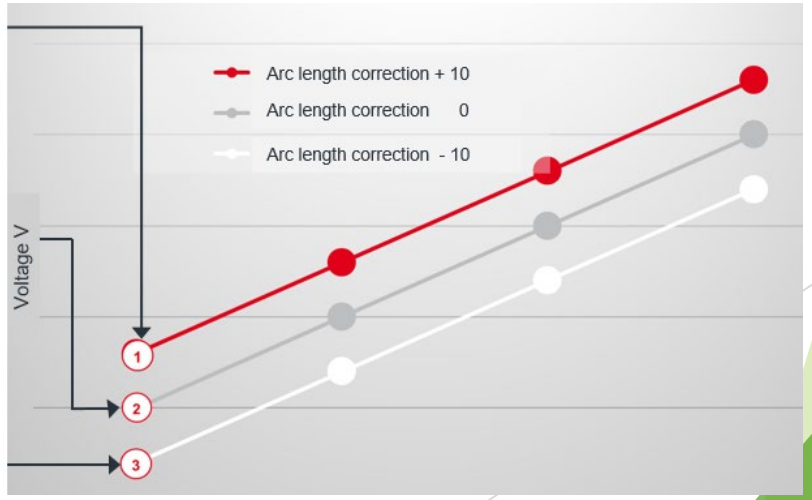
- A gép kiválasztásához szükséges tudnunk, hogy milyen anyagátmenetet kell megvalósítanunk, mik a korlátok, melyik gyártó milyen alternatívát kínál a feladat végrehajtására.
  - Rövidívű tartományban fontos, hogy ugyan a legtöbb gyártó kínál számítógép vezéretlt inverteres megoldásokat, a push-pull rendszeres, változatok mint (CMT/AWP/Micromig) lényegesen nagyobb teret engennek vékonylemezek, horganyzott vékonylemezek hegesztése esetén
  - Amennyiben váltakozó anyagátmenetet szeretnénk, alacsonyabb frekvenciáknál ezt külső vezérléssel is elérhetjük, de ha szükséges a nagyobb jelfeldolgozási sebesség, dinamika, akkor érdemes olyan gépet ami enged belső kombinációkat
  - Bár az egyes gyártók megoldásai hasonlóak, hasonló elven működnek, a tapasztalat, hogy nem minden esetben reprodukálhatóak a varratok az alternatív megoldásokkal

Korrekciók

- Dinamika korrekció.: (virtuális gázpedál), rendszerint a rövidzárlati áram kialakulásának meredekségét lehet befolyásolni, és ezáltal az ívet „lágyabbá”, vagy „keményebbé” tenni
- Az impulzuskorrekció rendszerint növeli vagy csökkenti az impulzuásram mértékét és idejét is. Kombinált technológiáknál a anyagátmenet változatok arányát is jelentheti
- Az ívhossz korrekcióval a felvett jelleggörbéhez képest toljuk el az ívfeszültséget pozitív vagy negatív irányban
- Korrekciók huzalelőtolás vezérlésnél







Jelleggörbék kiválasztása -kritika

- Egy-egy „technológia változathoz” is számtalan jelleggörbe tartozhat. Ezeket a gyártók „fejlesztik”, de például egy egyszerű széndioxidos CMT-hez is ugyan ahhoz az anyaghoz 10-20 különböző jelleggörbe is tartozhat, melyek mind külön optimalizálva lettek egy egy feladatra
  - Dinamikusabb ív
  - Nagyobb résáthidaló képesség
  - Rövidebb ív gyökhegesztéshez
- Jelleggörbe és jelleggörbe között sokkal markánsabb különbségek jelennek meg mint a jelleggörbétől ívhossz, vagy dinamika korrekcióval eltérni, ezért érdemes a jelleggörbéket beszerezni a gyártótól, és tesztelni az adott feladathoz
- A jelleggörbe adatbázist a gyártók kérésre rendszerint rendelkezésre bocsájtják, akár rövid leírással a jellegőrbe sajátosságairól

Datenbank Zuordnungstabelle RCU5000i Software
Database allocation table RCU5000i Software

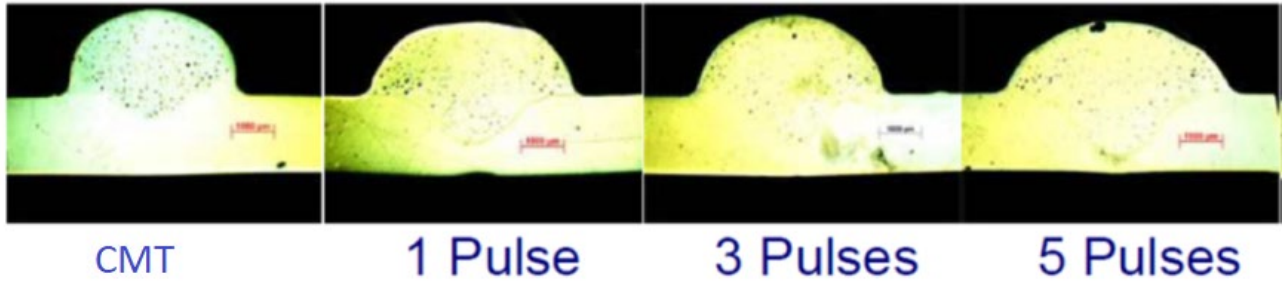
R0029	Standard	(veraltet) (deprecated)
R0043	AluEdition	(veraltet) (deprecated)
R0164	Standard	
R0168	AluEdition	
R0204	BMW	
R0242	TPS 7200, TPS 9000	(veraltet) (deprecated)
R0284	TimeTwin	(veraltet) (deprecated)
R0401	TPS 3200	
R0500	TimeTwin	
R0581	Standard RCU5000i	(veraltet) (deprecated)
R0647	Standard RCU5000i	(veraltet) (deprecated)
R0656	TPS 7200, TPS 9000	
R0777	Standard RCU5000i	
R0842	CMT Advanced	(veraltet) (deprecated)
R0908	CMT Twin	(veraltet) (deprecated)
R0940	CMT Advanced	
R0950	CMT Twin	(veraltet) (deprecated)
R0979	2nd Standard RCU5000i	
R1045	CMT TWIN	
R03-0013	USA Standard	(veraltet) (deprecated)
R03-0017	USA TPS 7200, TPS 9000	
R03-0025	USA TPS 3200	

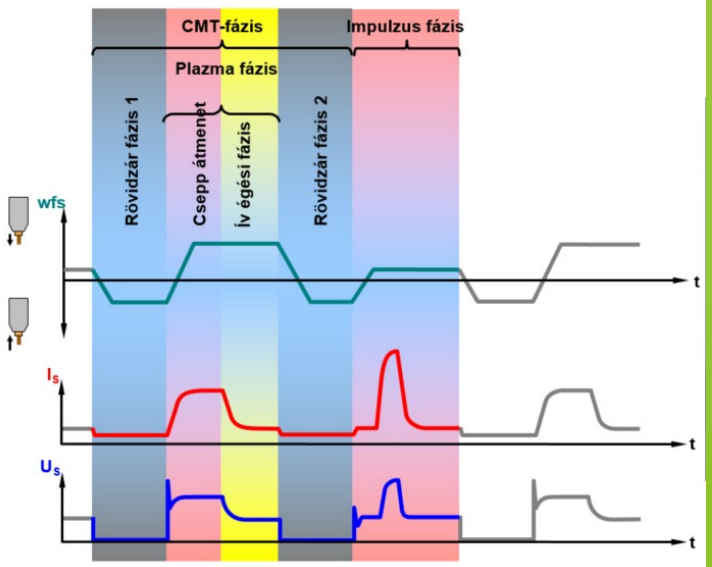
M03-0013 RCU5000i Programlist 1.10.2002

Code	Mode(Ref.Nr.)			Material	Diameter	Gas
01(A1)	S(519)			ER 70 S-6	0,9mm .035"	C1 100% CO2
02(B1)	S(96)			ER 70 S-6	1,2mm .045"	C1 100% CO2
03(C1)	S(98)			ER 70 S-6	1,6mm 1/16"	C1 100% CO2
06(A2)	S(124)	P(123)		ER 70 S-6	0,9mm .035"	M21 Ar+18%CO2
07(B2)	S(375)	P(378)		ER 70 S-6	1,2mm .045"	M21 Ar+18%CO2
08(C2)	S(97)	P(417)		ER 70 S-6	1,6mm 1/16"	M21 Ar+18%CO2
12(B3)	S(528)	P(529)		E70 T-G(-Ni1)	1,2mm .045"	M21 Ar+10%CO2
13(C3)	S(532)	P(533)		E70 T-G(-Ni1)	1,6mm 1/16"	M21 Ar+10%CO2
16(A4)	S(541)	P(540)		ER 4043	0,9mm .035"	I1 100% Ar
17(B4)	S(16)	P(116)		ER 4043	1,2mm .045"	I1 100% Ar
18(C4)	S(189)	P(190)		ER 4043	1,6mm 1/16"	I1 100% Ar
21(A5)	S(545)	P(544)		ER 5356	0,9mm .035"	I1 100% Ar
22(B5)	S(15)	P(191)		ER 5356	1,2mm .045"	I1 100% Ar
23(C5)	S(187)	P(188)		ER 5356	1,6mm 1/16"	I1 100% Ar
26(A6)	S(543)	P(542)		ER 1050	0,9mm .035"	I1 100% Ar
27(B6)	S(264)	P(209)		ER 1050	1,2mm .045"	I1 100% Ar
28(C6)	S(36)	P(140)		ER 1050	1,6mm 1/16"	I1 100% Ar
31(A7)	S(562)	P(561)		ER Cu Al-A1	0,9mm .035"	I1 100% Ar
32(B7)	S(20)	P(113)		ER Cu Al-A1	1,2mm .045"	I1 100% Ar
33(C7)	S(21)	P(147)		ER Cu Al-A1	1,6mm 1/16"	I1 100% Ar
36(A8)	S(531)	P(530)		ER CuSi-A	0,9mm .035"	I1 100% Ar
37(B8)	S(153)	P(342)		ER CuSi-A	1,2mm .045"	I1 100% Ar
42(B9)	S(200)			E 71 T-II	1,2mm .045"	gaslos

Technológia kombinációk

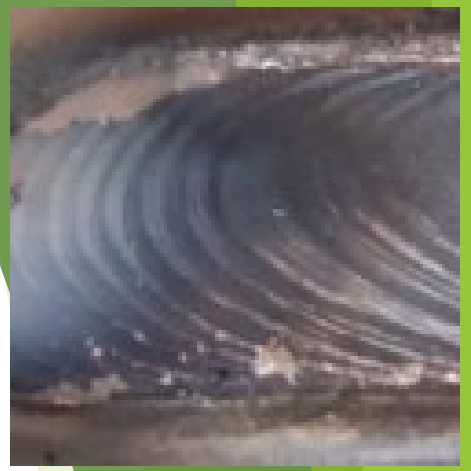
- Az áramforrás gyártók kínálatában „technológia” kombinációk is szerepelnek
  - CMT+P (korrekcióval beállítható a CMT és az impulzusok aránya



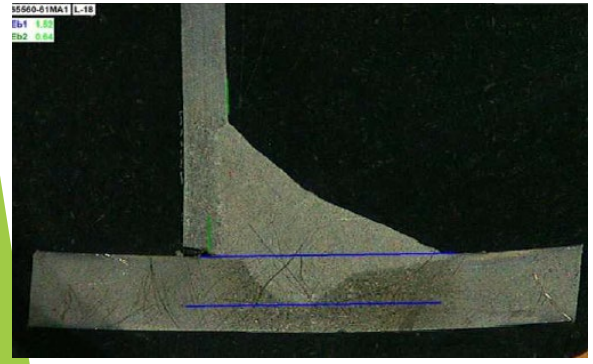


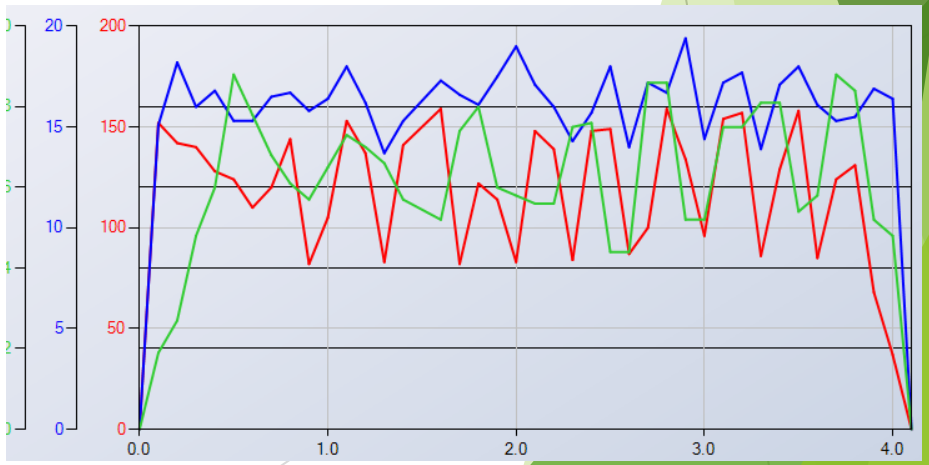
- Saját kombinációk interfacen keresztül (job/program váltás)
  - Robotvezérlőről adja magát, de egy egyszerű plc-vel is könnyen kivitelezhető kommunikációs idők ~20ms, 10Hz alatti tartományban stabilan lehet dolgozni,
  - Korlátot jelent, hogy az áramforrás engedi-e a jelleggörbék közti váltást ívmegszakítás nélkül
  - Kombináció előnyös lehet egy szinergikus jellegörbe munkapontjai között is. Például egy egyszerűbb gépnél hőbevitel csökkentés céljából egy alacsonyabb előtolási érték rövidzárlatos tartományban, ívmegtartás érdekében majd egy magasabb szintén rövidzárlatos tartományban ívstabilizálás, beolvasztás érdekében
  - Lehet állandó előtolású gépből, változó előtolásút „készíteni”

CMT kombinációk



- Szériagyártásban alkalmazott 5Hz es váltakozással CMT programok
  - Alacsonyabb érték a CMT jelleggörbe aljáról ~2m/min előtolással, kizárólag ívmegtartás céljából
  - Magasabb előtolás érték azonos jelleggörbéről ~9m/min előtolási értékkel
  - A CMT- tartományban lüktető ív különösen előnyös horganyzott vékonylemezek sarok varratainál.
    - A varrat keresztmetszet biztosításához szükséges előtolási érték mellett az ívstabilitás nem elégséges (katódfolt „vándorol” a sarokban). A magasabb előtolási érték lemez átégést okozna azonos hegesztési sebességnél. Magasabb hegesztési sebesség a horganygőz varratfémbe „fagyását” okozná a túl rövid hegfürdő idő miatt
    - A robotról vezérlet program váltakozással, a két munkapont előnyei kihasználhatóak. Az alacsonyabb értéken a hegfürdőméret csökken, átégés nem történik, a magasabb értéken az ív stabil, kigázosítás, beolvasztás megtörténik. A varrat felület pikkelyezetté válik

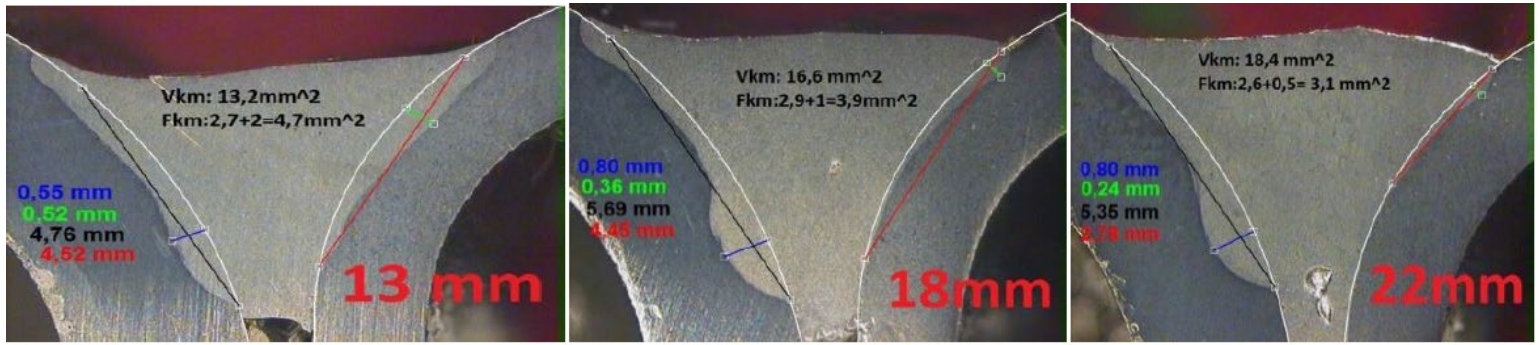




24.08.2022 12:11:26.7 6 4.1 35 118 173 11.9 16.4 23.2 0.0 0.0 120|113|111|113|111|113|111|113|111|113|111|113|111|113|111|113|111|113|120|111|113|111|113|111|1

Szabályozási elv ismerete

- Amennyiben tudjuk, hogy milyen elvű a szabályozásunk, szándékosan tudunk hatni rá.
- Saját példa, CMT technológia esetén
  - A beállított előtolási értékhez tartozik egy elméleti áramerősség az adott jelleggörbén
  - A vezérlés a mért megvalósuló áramerősségből kiindulva korrigál az előtolás értéken, hogy tartani tudja az elméleti áramerősséget
  - Amennyiben az elméleti áramerősség kisebb, úgy az előtolási sebességen növel a vezérlés
  - Az elméleti áramerősségtől való konstans eltérést tudjuk szándékosan befolyásolni
    - Nagyobb ívfeszültség esetén csökken az áramerősség a belső szabályozás szerint, illetve az áramjárta huzalhossz növelése is árammerősség csökkenéshez vezet, a szabadhuzalhossz növelésével, az áremerősséget kvázi csökkentjük, amit a vezérlés huzalelőtolás korrrekcióval fog kompenzálni
    - Az eredmény kövel azonos teljesítmny szinten több huzal leolvasztása, amiből adódik, hogy az energia nagyobb hányadát használjuk leolvasztásra, kisebb hányadát felolvasztásra, így egy megnövekedett varrat keresztmetszetet kapunk, kisebb beolvadással. Fordítva az áramjárta huzalhossz csökkentésével, kisebb keresztmetszetű, nagyobb beolvadású varratot kapunk



Köszönöm a megtisztelő figyelmet!