



Dunaújvárosi Főiskola

Ladi Ákos - Gombos Tamás - Panyiger János:

Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztő gépek bemérése



Tudományos diákköri dolgozat

2011

Konzulens: Dr. Palotás Béla, Zemankó István (Műszaki Intézet)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Az elektromos ív jellemzői, stabilitása	3
2.1 Ív statikus (terhelés alatti) jelleggörbéje	4
2.1.1. Statikus ív	5
2.1.2. A szakaszok értelmezése	5
2.2 Az áramforrás és az ív statikus üzeme.....	5
2.3 Az ívstabilitás feltétele	6
2.4. A villamos ívet befolyásoló tényezők:	6
3. Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés (MIG/MAG).....	7
3.1. A hegesztő berendezés.....	8
3.2. A védőgáz	8
3.2.1.Védőgáz típusok	9
3.2.2 Semleges védőgáz alkalmazása	10
3.3 Az elektródahuzalok	11
4. Cseppátmenetek	13
4.1 Az anyagátmenetek	14
4.2. A rövidzárlatos anyagátmenet	15
4.3. Gömbcseppes, rövidzárlat nélküli anyagátmenet	17
4.3.1.A gömbcseppes anyagátmenet lehetséges fajtái:.....	18
4.4. Impulzusos szóró anyagátvitel	19
4.5 Forgóíves anyagátmenet	19
5. Fogyóelektródás védőgázos hegesztőgép bemérése.....	20
5.1. A gépbemérési módszer gyakorlati alkalmazása.....	23
5.2 Mérési eredmények	24
5.2.1. Rövidzárlatos anyagátmenet:.....	24
5.2.2. Finomcseppes anyagátmenet:	26
6. A hegesztésre alkalmas tartomány meghatározása	27
7. A mérési eredmények kiértékelése	29
8. Összefoglalás	32
9. Irodalom	33

1. Bevezetés

Az utóbbi húsz év alatt a műszaki élet területén jelentős haladás következett be. Nagyléptékű fejlődés jellemezte az elektronikai ipart, az irányítástechnikát, a számítógépek bevonultak a mindennapi termelésbe, a gyártás terén számos új eljárás, technológia honosodott meg. A technika általános fejlődése nyomon követhető a hegesztés szakterületén is. Számos új eljárást és eljárásváltozatot fejlesztettek ki és alkalmaztak, korszerűbb alap-, hozag- és segédanyagok állnak rendelkezésre a felhasználóknak, s robbanásszerűnek mondható a hegesztő berendezések terén elért haladás. A műszaki élet nyitottabbá vált, s ezen a téren is megindult egy európai integrációs folyamat. A korábbi KGST előírásokat felváltották az európai szabványok, megváltozott a hegesztőképzés rendszere, s a gyártás meghatározó tényezőjévé vált a minőségbiztosítás.

Ma már mindenki elfogadja azt a megállapítást, hogy egy termék vagy hegesztett szerkezet minőségi előállításának nem elhanyagolható feltétele a gyártásban közreműködők elméleti és gyakorlati felkészültsége, ismereteik rendszeres megújítása. A jó minőségű hegesztéshez elengedhetetlen egy minőségi hegesztőgép - amiből mára sokféle létezik -, és annak megfelelő beállítása. A technikai fejlődés hatására, mára különböző hegesztési eljárásokat ismerhettünk meg, amelyek közül a fogyóelektrodás védőgázos ívhegesztés a legelterjedtebb. A mai korszerű gépek programvezéreltek, de az általánosságban használt gépek nem ilyenek, ezért a hegesztők csak bizonyos tapasztalat után tudják meghatározni, hogy kell ezeket gépet megfelelően beállítani, hogy az a követelményeknek megfeleljen. Ha egy hegesztő szakembert alkalmazunk egy új gépre akkor ahhoz, hogy a kívánt minőséget elérje, ki kell tapasztalnia a gép megfelelő beállításait, ami rendszerint próbálkozással és selejtképződéssel jár. Ennek kiküszöbölésére érdemes bemérni a hegesztőgép jelleggörbéjét, megfelelő beállítási adatait, így a dolgozó egyszerűen és gyorsan ki tudja választani a legmegfelelőbb beállítást, ami által elkerülhetjük a felesleges hulladékképződést és a nem megfelelő minőségű termék megjelenését. Ezek hatására a termék előállítási költségei csökkennek, de nem a minőség rovására, és ez által a piacra bocsájtott termék piacképesebbé válik, ami manapság nem szem elől tévesztendő szempont.

A továbbiakban az elméleti alapok tisztázása után, bemutatunk egy lehetséges módszert a fogyóelektrodás védőgázos hegesztőgépek bemérésére, illetve a mérési eredmények kiértékelésére. A mérésekkel meghatározott hegesztési munkapontok és paraméter összefüggések lehetővé teszik a hegesztőgépek gyors és az adott feladatnak megfelelő beállítását.

2. Az elektromos ív jellemzői, stabilitása

A villamos ív az áramvezetés különleges formája, amely ionizált gázok, illetve fémgözök alkotta áramvezető csatornában (az ívplazmában) jön létre. Az ív hőmérséklete több ezer fokra az ív ellenállásán hővé alakuló villamos energia révén alakul ki. A nagy hőmérséklet- és energia- koncentráció miatt a villamos ív különösen alkalmas hegesztésre [1].

Az ív létrehozása rövidzárlat megszakításával, (érintésses gyújtás), illetve érintkezés nélkül, nagyfrekvenciás, nagyfeszültségű átütés (érintés nélküli gyújtás) révén lehetséges.

A hegesztő ívet stabilan kell tudni fenntartani. A villamos ív zavartűrő képességét az ívstabilitás mértékével jellemezzük. Az ívstabilitás energetikai alapja az, hogy a villamos ív fenntartásához bekövetkezett és az ív által leadott energia egyensúlyban van.

Az ív létrejöttének három fontos feltétele van

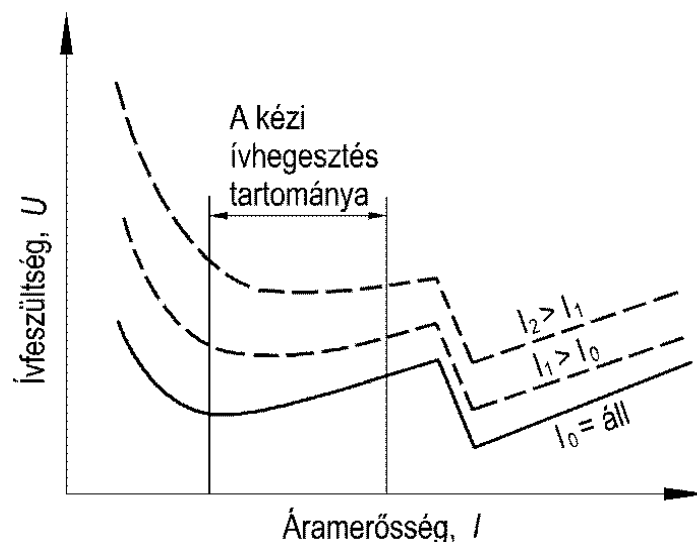
- kellő intenzitású elektron kibocsátáshoz szükséges, ez nagy hőmérsékletű katódoltot igényel,
- ionizált közeg, azaz kis ellenállású áramút, amelyen a villamos kisülés az adott feszültségen és nagy áramerősséggel létrejöhet (ez az ívatmoszféra),
- az ívatmoszféra ionizációs potenciájától függő mértékű villamos térerősség (az ívfeszültség és az ívhossz hányadosa), amely a töltéshordozók kezdeti felgyorsulásához, mozgásához szükséges [4].

A hegesztésre használt villamos ív tulajdonságai

- árama 1-től 1000 A-ig terjed, extrém esetekben elérheti az 2500 A-t is,
- a feszültsége 10-től 50 V-ig terjed,
- ívhossza 1-től 10 mm-ig terjed,
- a teljesítménye néhány kW nagyságú, de elérheti a 10 kW-t is [2].

2.1 Ív statikus (terhelés alatti) jelleggörbéje

A **1. ábra** segítségével meghatározható a különböző ívhosszok esetében a kézi ívhegesztésre alkalmas tartomány áramerőssége és ívfeszültsége.



1. ábra. Az ív statikus jelleggörbéje különböző l ívhosszak esetén $l_0 < l_1 < l_2$ [7]

2.1.1. Statikus ív

- Az ívben mért feszültségesés nagysága az ívhossz mentén változik.
- Az ívhőmérséklet eloszlása sem egyenletes. Ív tengelyében (plazmacsatorna) 12000-15000 °C az átlagos ívhőmérséklet.
- Ív jelleggörbe az ív feszültség – áramerősség viszonyát mutatja.
- Az ív gyújtásához nagyobb, a fenntartásához kisebb feszültség szükséges. Ez azért lehetséges, mert a katód hőmérsékletének emelkedésével megnő az elektron emisszió és a gázok ionizációja, így javul az ívoszlop vezetőképessége. Nagyobb áramerterhelések esetén az ív a fémes vezetőkhöz hasonlóvá válik és érvényesül az Ohm törvény ($U=I \cdot R$) [1].

2.1.2. A szakaszok értelmezése

Az 1 . ábrán látható tartományok értelmezése a következő:

I. szakasz: nem stabil, hegesztéshez nem használható

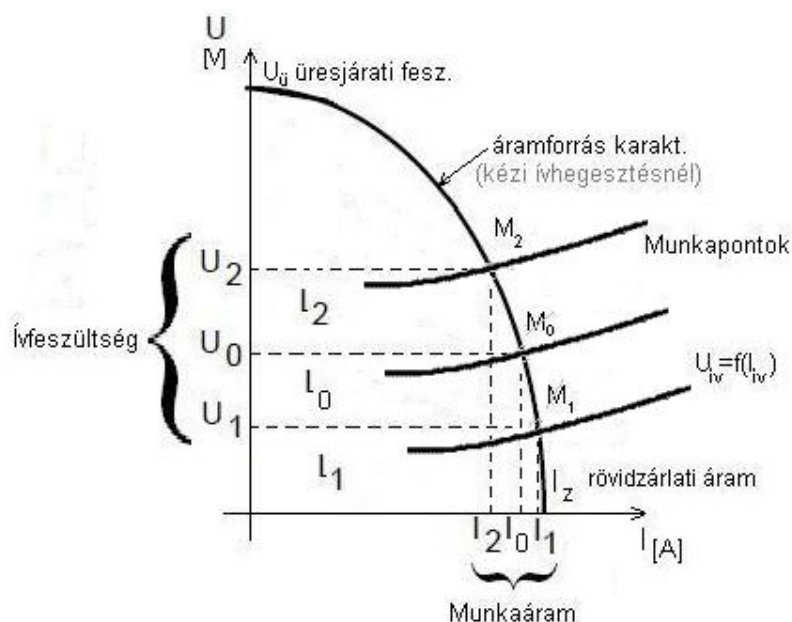
II. szakasz: kézi, AWI, fedett ívű hegesztés

III. szakasz: fogyóelektródás, fedett ívű hegesztés

Az ív fenntartásához szükséges feszültség függ az ív hosszától is, növekvő ívhossz esetén a feszültségnek növekednie kell.

2.2 Az áramforrás és az ív statikus üzeme

A hegesztő ív stabilitása – az ívköz fizikai jellemzőin kívül – nagymértékben függ a hegesztő áramforrás statikus és dinamikus tulajdonságaitól, ami kihatással van a munkapontok alakulására (2. ábra).



2. ábra. A munkapontok kialakulása

2.3 Az ívstabilitás feltétele

A stabilitás feltétele:

$$K = \left(\frac{\partial U_{iv}}{\partial I} - \frac{\partial U_a}{\partial I} \right) > 0 \quad (1)$$

A stabilitási feltétel úgy is megfogalmazható, hogy az ív-karakterisztika meredekségének $\left(\frac{\partial U_{iv}}{\partial I} \right)$ nagyobbak kell lenni a gép-karakterisztika meredekségénél $\left(\frac{\partial U_a}{\partial I} \right)$.

Megvizsgáljuk a különböző jelleggörbe tartományokban a stabilitást.

1. Eső jellegű negatív ív-karakterisztika

$\frac{\partial U_{iv}}{\partial I} < 0$ és így $K > 0$ csak akkor lehet, ha: $\left| \frac{\partial U_{iv}}{\partial I} \right| < \left| \frac{\partial U_a}{\partial I} \right|$, azaz a munkapontban az áramforrás meredeksége nagyobb, mint az ív karakterisztika meredeksége.

2. Vízszintes ív-karakterisztika esetén

$$\frac{\partial U_{iv}}{\partial I} \approx 0 \quad K > 0 \quad \text{ha:} \quad \frac{\partial U_a}{\partial I} < 0$$

Szintén eső áramforrás jelleggörbe szükséges.

3. Emelkedő (pozitív) ív-karakterisztika esetén

$\frac{\partial U_{iv}}{\partial I} > 0 \quad K > 0 \quad \text{ha:} \quad \frac{\partial U_a}{\partial I} < \frac{\partial U_{iv}}{\partial I}$, azaz a munkapontban a gép-karakterisztika kisebb meredekségű az ív-karakterisztikánál [6].

A fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéseknél ebben a stabilitási tartományban dolgozunk.

2.4. A villamos ívet befolyásoló tényezők:

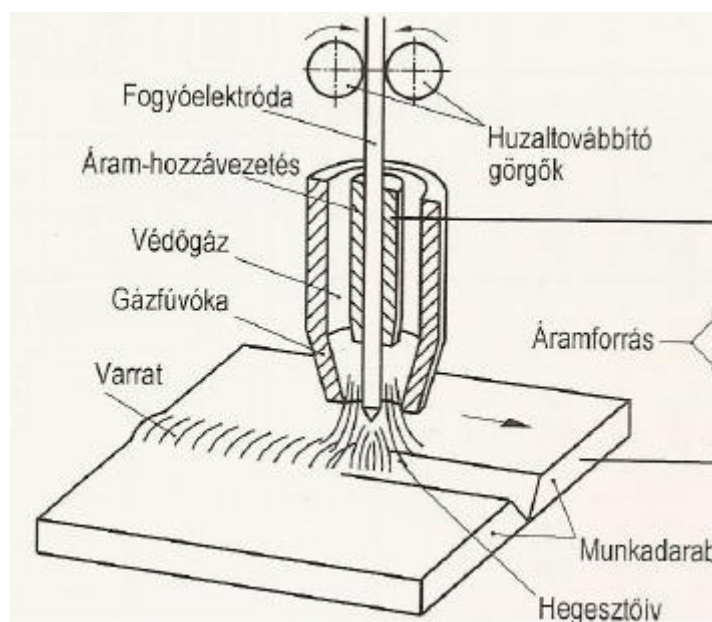
- Induktivitás (növelésével az ív időtartama megnövekszik, ennek folyékonyabb hegfürdő és egyenletesebb varrat az eredménye),
- Csepp leválás viszonyai (ami lehet rövidzárlatos, nagycseppes „gömbyszerű”, finom cseppes „szórt”, vegyes átmenet),
- Védőgáz típusa és összetétele (lehet semleges, aktív, vagy kevert gáz),
- A hegesztő pisztoly tartása, azaz a huzal hajlásszögének nagysága és iránya,
- Huzal kinyúlás (túlzott huzal kinyúlás rontja az ív stabilitását, ami kihat a varrat keresztmetszeti jellemzőire),
- A külső hatások (ív gyújtása, rosszul érintkező áramátadó vagy erős légmozgás, amik az egyensúlyt zavarják meg).

A legtöbb fogyóelektródás eljárásnál egyenáram fordított polaritást kell alkalmazni, ezzel érhető el a legstabilabb ív és a legnagyobb leolvadási teljesítmény. A cseppleválás viszonyainak beállítása az ív stabilitását döntő mértékben befolyásolja [2]. A szükségesnél nagyobb huzalkinyúlás esetén többlet varratfém olvad le, csökken a beolvadási mélység és nagyobb lesz a varratdomborulat, és romlik az ív stabilitása.

Ha az argonhoz széndioxidot keverünk, akkor szembetűnő technológiai előnyökhöz jutunk, így az ív is stabilabban ég. Az ívstabilizáló és fémátvitelt egyenletessé tevő aktív gázhozzáadás mértéke általában kicsi, már 0,5 % oxigénnel is elérhető a hatás [7].

3. Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés (MIG/MAG)

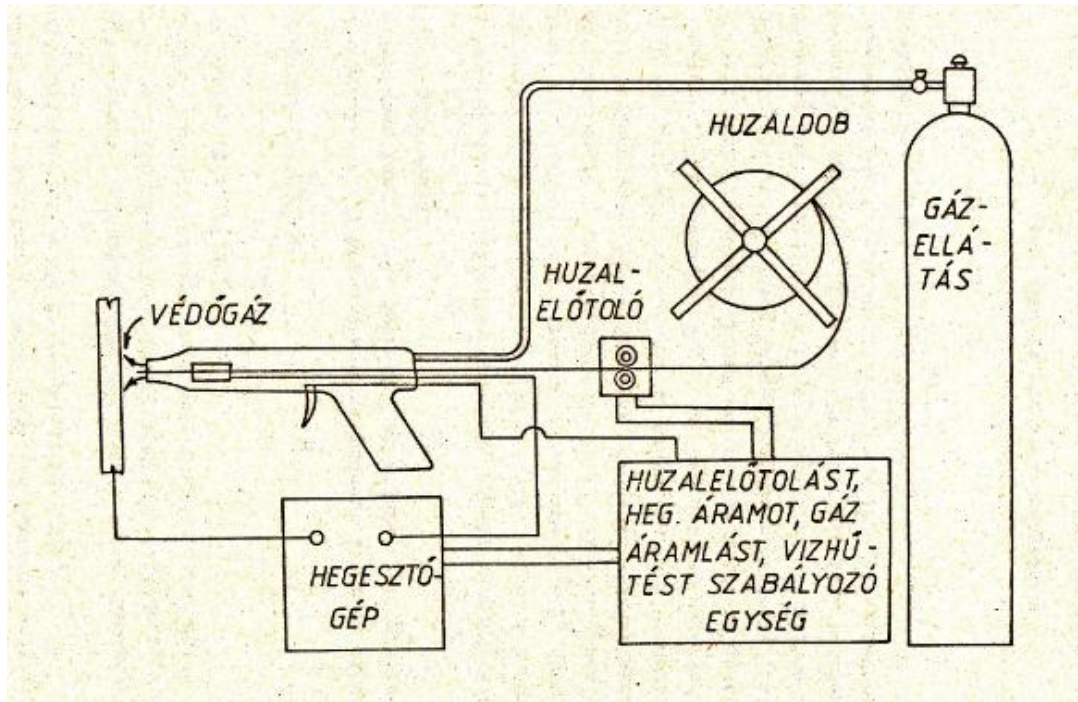
Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztésnél a hegfürdő villamos ív keltette hő hatására alakul ki. A hegfürdőt a levegőtől védőgázzal választják el (3. ábra). Ezeket az eljárásokat az alkalmazott hozaganyag és az alkalmazott védőgáz szerint csoportosítják. A védőgáz szerint lehet semleges védőgázos eljárás, ebben az esetben a hegfürdő és a védőgáz között nem jön létre kémiai reakció, valamint az aktív védőgázos eljárás mely esetben a hegfürdő és a védőgáz között kémiai reakciók jönnek létre [3]. Hozaganyagok lehetnek tömör vagy porbeles, körszelvényű huzalok vagy szalagok. Ezek alapján a következő elnevezéseket különbözteti meg a szabvány (MSZ ISO 4063:2002) fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG), fogyóelektródás aktív védőgázos ívhegesztés (MAG), fogyóelektródás aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával, fogyóelektródás semleges védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával [3].



3. ábra. A védőgázos ívhegesztés elve [3]

3.1. A hegesztő berendezés

Egy tipikus fogyóelektródás védőgázos ívhegesztő berendezés felépítését szemlélteti a **4. ábra**.



4. ábra. A fogyóelektródás ívhegesztő vázlatos elrendezése [1]

Általános felépítése egy fogyóelektródás védőgázos hegesztőgépnak a következő:

- Gáz ellátás,
- Huzaldob,
- Huzalelőtoló,
- Hegesztőgép,
- Szabályzó egység.

A továbbiakban áttekintjük az eljárás csoportokra jellemző változókat.

3.2. A védőgáz

A védőgáz feladata az ívhegesztés során az oxigén és a nitrogén kiszorítása a hegesztés közvetlen közeléből. A védőgáz befolyásolja a hegfürdő viszkozitását, így hatással van annak nedvesítő képességére is. A védőgázos hegesztést a kötések jó minősége, a fedőpor- és a salak-eltávolítás elmaradása, semleges védőgáz alkalmazásakor a varrat kémiai összetételének állandósága, a koncentrált hőhatás következtében a keskeny hőhatásövezet, és ennek megfelelően a minimális elhúzóadás jellemzi.

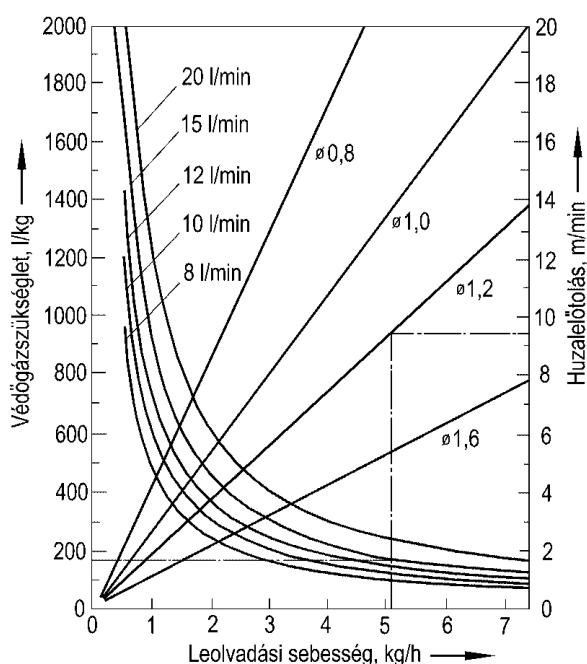
A védőgáztól függően ötvözetlen, gyengén és erősen ötvözött acélok, könnyű- és színesfémek, ill. ötvözetek, valamint különleges fémek és ötvözeik egyaránt jól hegeszthetők. A legelterjedtebb eljárások: az argon, a hélium és a szén-dioxid védőgázos hegesztés, valamint az ezekből készült gázkeverékekkel történő hegesztés. A gázkeverékek

esetén az egyik alkotó lehet oxigén, széndioxid, valamint nagyon kis mennyiségben nitrogén és hidrogén is. Léteznek három, illetve négykomponenses védőgáz keverékek is [2].

3.2.1. Védőgáz típusok

- semleges (nemes) gázos fogyóelektródás ívhegesztést (AFI - hegesztés),
- aktív védőgázos fogyóelektródás ívhegesztést (CO₂ - hegesztés),
- keverék védőgázos (kevertgázos) fogyóelektródás ívhegesztést [3].

A különböző hegesztési paraméterek változásával a védőgáz mennyisége is változik, ehhez add tájékoztatást a következő diagram (5. ábra).



5. ábra. Védőgáz szükséglet a leolvadási sebesség függvényében [2]

Általában használt védőgázok tulajdonságai az **1. táblázatban** láthatók.

A gáz	Hegesztés során fellépő reakció	Sűrűség 0,1 MPa nyomáson és 15 °C-on	A palack színe
Argon, Ar	Semleges	1,759	Szürke
Hélium, He	Semleges	1,176	Szürke
Szén-dioxid, CO ₂	Oxidáló	1,849	Szürke+jelölés
Oxigén, O ₂	Oxidáló	1,336	Kék

1. táblázat. A védőgázok jelölése és fizikai tulajdonságai [10]

A védőgáz ívhegesztéseknél az alkalmazott védőgáz mennyiség is fontos jellemző, így a szükséges védőgáz mennyiségeket a **2. táblázatban** megadtuk.

d _e , mm	Védőgáz-szükséglet, l/min	
	rövidívhez	szórt ívhez
0,8	8,0	12,0
1,0	10,0	12,0
1,2	10,0	15,0
1,4	12,0	16,0
1,6	nem ajánlott	18,0

2. táblázat. A fogyóelektródás hegesztés védőgáz szükséglete [3]

Jóllehet a MAG - hegesztés bevezetésekor kezdetben csak a CO₂ jött egyedi gázként számításba, ma már egyre inkább a felhasználás specifikusan optimalizált argonalapú aktív gázkeverékek terjedtek el. A gázkeverékkel magas leolvadási teljesítmény mellett jóval fröcskölés mentesebben lehet hegeszteni, mint a CO₂ védőgázzal. A gazdaságos hegesztési eredmény elérésének egyik lényeges előfeltétele, hogy kiküszöböljük a körülményes utómegmunkálást, s ezzel megteremtjük az automatizálás alapjait.

A keverési arányok sokszor eltérőek. Ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok hegesztésére sok helyen alkalmaznak 20-50 % széndioxid tartalmú argon-széndioxid keverékeket, viszont ezeket szórt ívű anyagátmenetnél nem alkalmazhatók [11].

Ezeknek a gázkeverékeknek, és változatainak előnyeit sorolja fel a **3. táblázat** az alapanyag függvényében.

A védőgáz jelentős hatással van:

- az ívstabilitásra,
- a hőbevitelre,
- beolvadás mélységére és a varrat alakjára,
- a varrat külalakjára,
- a hegesztés sebességére,
- az anyagátmenet módjára és a fröcskölésére.

3.2.2 Semleges védőgáz alkalmazása

Az argon védőgázos fogyóelektródás ívhegesztést AFI - hegesztésnek nevezik. Erősen ötvözött acélok, könnyű-, és színesfémek hegesztéséhez ajánlott az eljárás.

Anyag	Védőgáz	Indokolás, előnyök
Alumínium	Argon	s=0+2,5 mm; legkedvezőbb fémátvitel és ivstabilitás, legkisebb fröcskölés
	75 % argon 25 % hélium	s=25-76 mm; nagyobb hőbevitel, mint az argonnál /házánkban nem alkalmazzák/
Magnézium	Argon	Igen jó tisztítóhatás
Szénacél és gyengén ötvözött	CO ₂	Nagy teljesítményű és sebességű gépesített hegesztés, csekély károsító felület, félig gépesített /kézi vezetésű/ hegesztés, mély beolvadás
	Argon + 3-5 % oxigén	Jó ivstabilitás, higfolyósabb és jobban irányítható hegfürdő,
	Argon + 18-20 % CO ₂ 80 % Argon 15 % CO ₂ 5 % O ₂	Jó összeolvadás, kedvező varratalak, sima varratfelület, minimális szélbeégés, csekély fröcskölés, nagyobb varratfém szívósság
Gyengén ötvözött acél	Argon + 2 % oxigén	Szélbeégés nincs, igen jó varratfém szívósság
Erősen ötvözött acél Rozsdamentes acél	Argon + 1 % oxigén	Jó ivstabilitás, higfolyósabb, jól irányítható hegfürdő, jó összeolvadás, kedvező varratalak, sima varratfelület, nagyobb vastagságoknál is minimális szélbeégés
	Argon + 2 % oxigén	Jobb ivstabilitás, összeolvadás, nagyobb hegesztési sebesség mint az Argon + 1 % oxigén-nél, kis anyag vastagságok esetén
Réz, nikkel, és ötvözetek	Argon	Jó nedvesítő hatás, a hegfürdő jó szabályozhatósága 3 mm-nél kisebb anyagvastagságoknál,
	Hélium + argon	Nagyobb hőbevitel, mely ellensúlyozza a nagyobb anyagvastagságok erőteljesebb hőelvezetését /házánkban nem használatos/
Reaktív fémek /Ti, Zr, Ta/	Argon	Jó ivstabilitás, minimális varratfém szennyeződés. Gyökoldalon semleges gázvédelmet kell használni

3. táblázat. A védőgáz kiválasztása [1]

3.3 Az elektródahuzalok

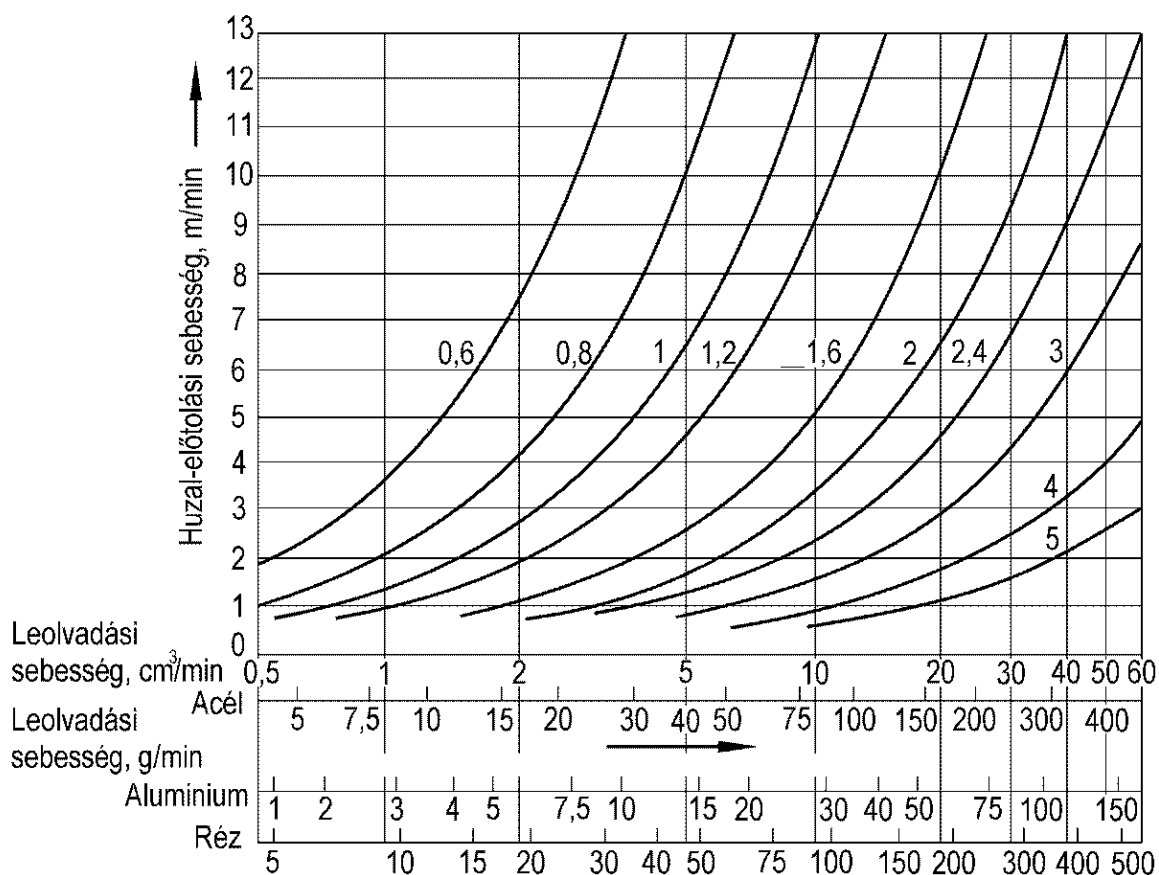
A védőgázos hegesztéshez használt huzalok anyaga és kémiai összetétele a hegesztendő fémekhez nagyon közelálló, vagy azzal megegyező. Fontos, hogy a huzal anyagának összetétele minél jobban közelítse meg a hegesztendő munkadarab összetételét. Bizonyos esetekben más anyagú huzalt kell alkalmazni mint az alapanyag összetétele mert némely ötvözetnél így hegeszthető megfelelően a munkadarab.

Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztésekre javasolt maximális huzal előtolási sebességeket mutatja a 4. táblázat a különböző gáz típusoknál és huzal átmérőknél a lehetséges hegesztési helyzetekben.

Eljárás		V _{emax} , m/min												
		CO ₂ -hegesztés				Keverék védőgázás heg.*				Porbeles huzal + CO ₂ védőgáz**				
Huzal átmérő, mm		0,8	1,0	1,2	1,6	0,8	1,0	1,2	1,6	1,0	1,4	1,6	2,0	2,6
Gyökhegesztés		4	3,5	2	-	6	5	4	-	4	3	-	-	-
Hegesz- tési helyzet	Fekvő	9	8,5	8	6,5	10	9	8,5	7	9	8	9	6	4
	Álló	9	8,5	8	6,5	10	9	8,5	7	9	8	9	6	4
	Falmenti	8	7	6	5	9	7	6	6	7	5	7	5	3
	Függ. le	8	7	6	-	9	7	6	-	7	5	-	-	-
	Függ. fel	6	5	4,5	-	7	6	5	-	5	4	-	-	-
	Fejfeletti	6	5	4,5	-	7	6	5		5	4	-	-	-

4. táblázat. Előtolási sebességek fogyóelektródás védőgázás ívhegesztésekhez [10]

Huzalelektrodák leolvadási sebessége és fajlagos leolvadása a huzal-előtolási sebesség függvényében a **6. ábrán** látható.



6. ábra. Huzalelektrodák leolvadási sebessége és fajlagos leolvadása a huzal-előtolási sebesség függvényében [3]

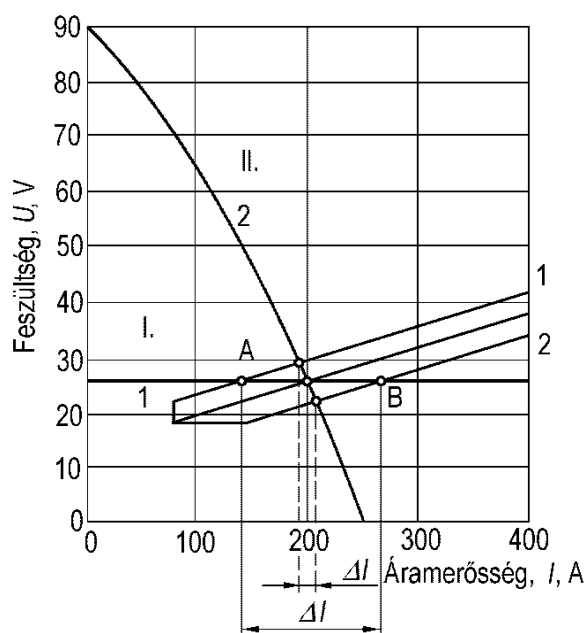
Gyártóktól függően különböző kialakítású és fajtájú hegesztőhuzalok kaphatóak, melyeknek a felhasználása széleskörűen változik.

A tömör fém-huzalelektrodák szabványos átmérőfokokban készülnek: 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 és 1,6 mm, ritkábban 2,0; 2,4 mm átmérőjűek. A leggyakrabban használják az 1,0-es és az 1,2 mm-es huzalelektrodákat.

4. Cseppátmenetek

A fogyóelektrodás ívhegesztés anyagátvitelét meghatározó hatás a Lorentz-törvényből származtatható, és az áramjárta vezető körül kialakult mágneses térre vezethető vissza. Ez az erő jelentősen függ az áramerősségtől. Az anyagátvitel gyakorlatilag a hozaganyag végéről csepp formájában leváló olvadék munkadarabra jutása, mely akkor jön létre, ha a cseppre ható leválasztó erő tengely irányú eredője egyenlő vagy nagyobb, mint azt ott tartani igyekvő erő.

Az ív hossz változtatásával a hegesztőáram is változik. Ezek változása következtében kettő ív fajtát különböztetünk meg. Lehet rövid ív és hosszú ív. Az ívhossz hatása a **7. ábra** alapján érthető meg.



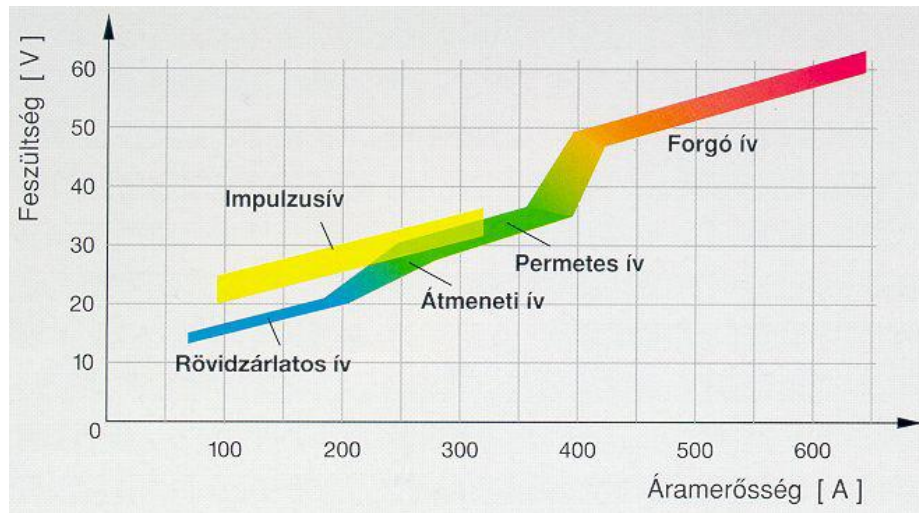
7. ábra. A hegesztőáram változása a hegesztőívhossz változásának függvényében
1 hosszú ív; 2 rövid ív; az elektróda előtolási sebessége az **A** pontban 3,8 m/min, **B** pontban 7 m/min [3]

A fogyóelektrodás ívhegesztő áramforrások jelleggörbéje vízszintes vagy enyhén eső. Az ábrából látható a vízszintes jelleggörbe előnye. Az ívhossz változtatásával eső jelleggörbe esetében igen kis áramerősség-változás érhető el, míg vízszintes jelleggörbe esetén, pl. 1,2 mm-es átmérőjű huzalelektrodával, akár 130 A változás is elérhető 8 V hegesztési

feszültségváltozás mellett. Az ívhosszal szoros összefüggésben van a hegesztés során kialakuló anyagátmenet.

4.1 Az anyagátmenetek

Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéseknél kialakulható cseppátmenetek a **8. ábrán** látható.



8. ábra. Cseppátmenetek az áramerősség függvényében

A munkadarab vastagsága, a hegesztési helyzet és a védőgáz határozza meg az adott feladatra megfelelő ívtípust.

Az **5. táblázatban** összefoglaltuk a fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés anyagátviteli módjait, ezek jellemzőit és alkalmazási területeit, majd a következő pontokban részletesebben is kifejtésüket.

Az anyag átmenetet befolyásoló tényezők

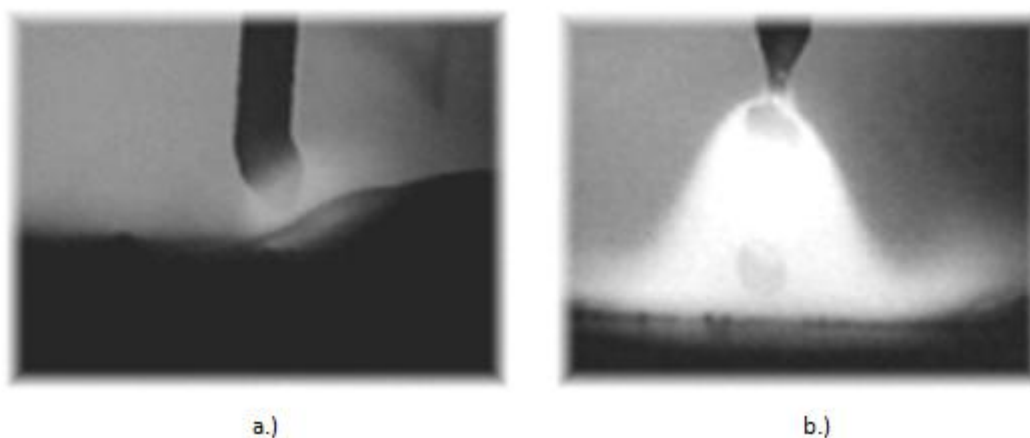
Az, hogy a cseppek milyen alakúak, mekkorák és milyen irányba repülnek, számos tényezőtől függ:

- a hegesztőáram nagyságától és típusától,
- az áramsűrűség nagyságától,
- az elektródahuzal anyagától és összetételétől,
- a huzalkinyúlás nagyságától,
- a védőgáztól,
- az áramforrás jellemzőitől.

Anyagátviteli mód	Jellemzői	Alkalmazási területei
Rövidzárlatos iv	Rövidzárlat következtében fröcsköléssel kell számolni. Kis teljesítmény. Szén-dioxid vagy argon bázisú kevert gázok alkalmazása.	Vékonylemezek gyök, illetve kényszerhelyzetben történő hegesztése.
Átmeneti iv	Az anyagátmenet nagycseppekben részben rövidzárlattal történik. Kevesebb, de nagyobb cseppek fröcskölés, közepes teljesítmény. Argon bázisú kevert gázok alkalmazása.	Lehetőség szerint ezt a tartományt el kell kerülni.
Impulzus iv	Rövidzárlatmentes szabályozott anyagátvitel. A lehető legkisebb fröcskölés. Közepes leolvastási teljesítmény. Argonban gazdag kevert gázok alkalmazása.	Vastagabb szelvények hegesztése esetén dolgozunk az átmeneti tartományban.
Permetes iv	Az anyagátvitel finomcseppek, rövidzárlatmentes és fröcskölés szegény. Nagy leolvastási teljesítmény és nagy hegesztési sebesség. Argon bázisú kevert gázok alkalmazása.	Vékony és közepesen vastag szelvényű anyagokhoz.
Forgóív	Az anyagátvitel finomcseppek, az olvadt hozaganyag örvénylő forgással alakítja ki a nagy hegfürdőt. Nagyon magas leolvastási teljesítmény. Argonbázisú héliumtartalmú védőgázok.	Nagyobb falvastagságokhoz. Hegesztés lehetőleg PA helyzetben. Nagy szelvényvastagságú termékeknél. Csak PA helyzetben gépesített vagy robothegesztéssel.

5. táblázat. Anyag átviteli módok jellemzői és alkalmazási területei

Nagy felbontású kamerával készített fénykép felvételek a **9. ábrán** láthatók.



9. ábra. A rövidzárlatos (a.) és a cseppek anyagátmenet (b.) [3]

4.2. A rövidzárlatos anyagátmenet

A rövidzárlatos anyagátmenet kis hegesztőáram és kis hegesztőfeszültség beállításakor már megjelenik. Ennek köszönhetően különösen alkalmas vékony lemezek, vékony csövek és vastag falú csövek gyökvarratainak hegesztésére.

A leolvastott anyag mennyisége meghatározza a hőbevitelt és a hegfürdő méreteit.

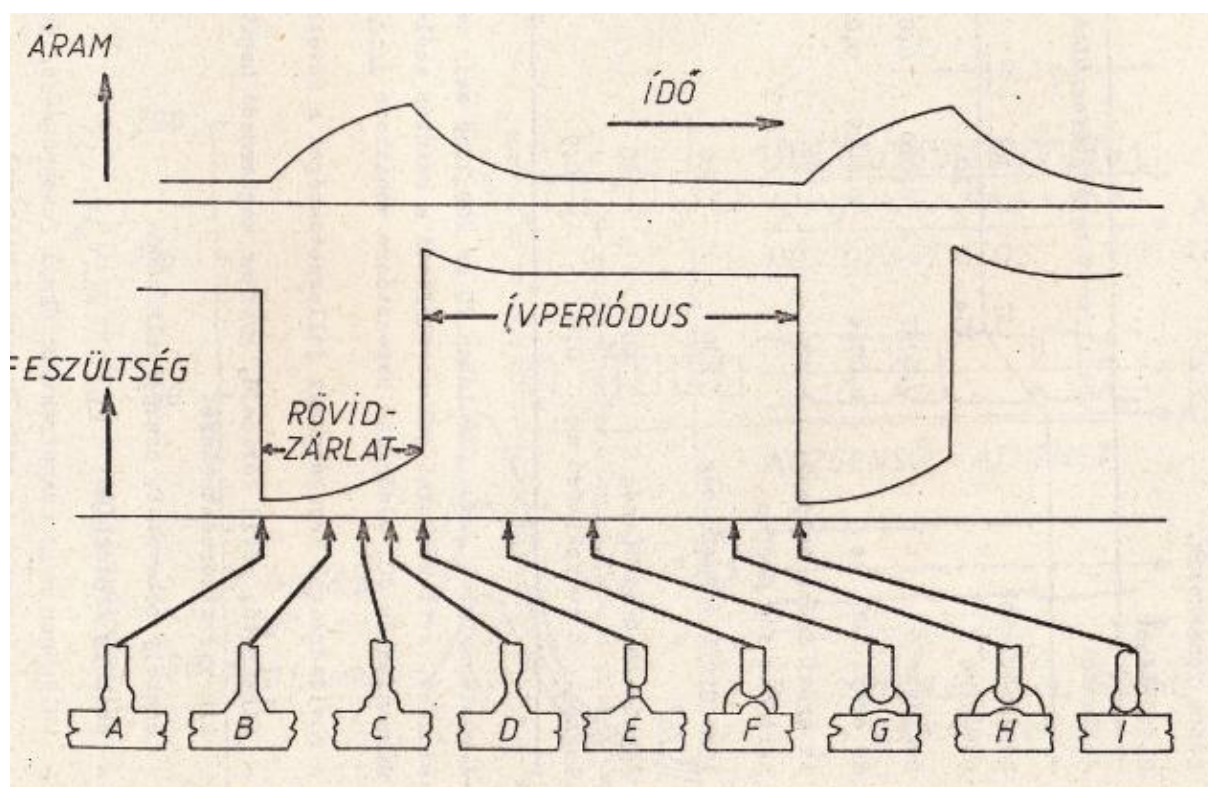
A rövidzárlatok általában 20 - 200 közé esnek másodpercenként.

A stabil rövidzárlatos cseppátmenet egy viszonylag szűk stabilitási tartományban ($U - I$) alakul ki, ami a huzal átmérőtől függ (**6. táblázat**).

Huzal átmérő {mm}	Hegesztő áram {A}			
	Vízszintes helyzetben		Függőleges helyzetben	
	min.	max.	min.	max.
0,8	50	150	50	125
0,9	75	175	75	150
1,2	110	240	110	200

6. táblázat. Az áramerősség alakulása a huzal átmérőtől, és a hegesztési helyzetektől függően

Ezt az anyagátmenetet szemlélteti a (10. ábra) mely az áram és a feszültség változását mutatja az idő függvényében..



10. ábra. Az áram és a feszültség változása az idő függvényében, illetve az anyagátmenet jellegzetes pillanatai [1]

Az „A”, illetve az „I” jelű pillanatban az előretolt huzal éppen hozzáér az alapfémen képződött fémfürdő felületéhez, rövidzárlat keletkezik, a feszültség hirtelen lecsökken. Az áram növekedése folyamatos, az áramforrás inductívitasától függően az áramnövekedés görbéje annál laposabb, minél nagyobb az áramforrásba épített inductívitas.

A rövidzárlat elsősorban a beállított hegesztőfeszültségtől függő ideig tart, eközben az áramerősség nő és a feszültség is növekszik, a megömlött fémhidak a Pinch effektus hatására egyre szűkülő keresztmetszete miatt (B, C, D) mindaddig, amíg a fémhíd megszakad, a feszültség hirtelen megnövekszik, az áramgörbe-ismét az öninductívitasától függő folyamatos csökkenése indul meg: az ív újra kigyullad és megkezdődik az ív égésének szakasza. Közben a huzal végén újabb csepp keletkezik, és a huzalvég közelít a fürdőhöz, a feszültség és az

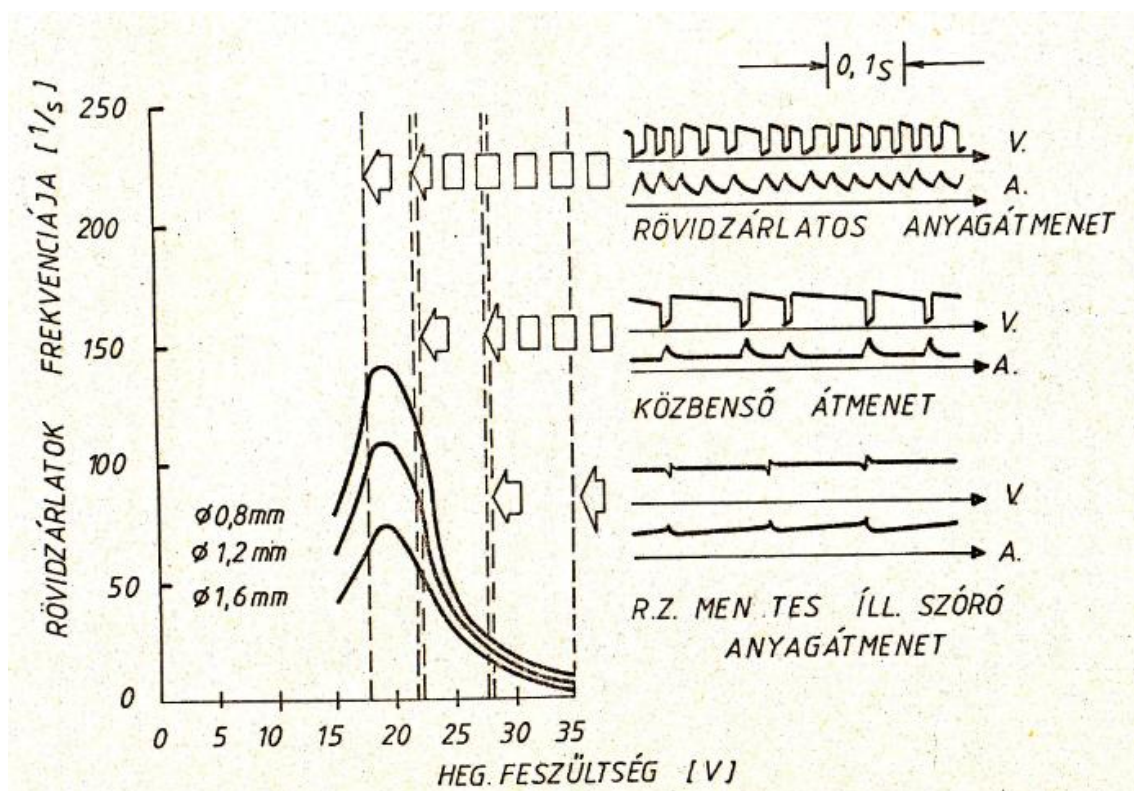
áramerősség állandó értéke csökken, mígnem újra rövidzárlat keletkezik, és a folyamat ismétlődik [1].

A rövidzárlatos anyagátmenet jellegzetességei a következők:

- kisméretű, rövid ideig tartó, gyorsan megszilárduló hegfürdő, kis varratkeresztmetszet,
- kisebb hőmérsékletű és csekély elhúzóadás,
- kevésbé fröcsköl,
- különösen nagy cseppfrekvenciánál erősen gázban is csekély ötvöző kiégések.

A rövidzárlatok frekvenciája az áramtól, a feszültségtől, valamint a védőgáz fajtájától függően 20...200 Hz között változik. Ezt szemlélteti a **11. ábra**.

A hegesztés stabilitása szempontjából különösen fontos a hegesztő áram dinamikus viselkedése. Ez alapvetően a fojtástól és huzalkinyúlás értékétől függ. (mind kettőnek kicsinek kell lennie).



11. ábra. Feszültség és áramerősség diagram alakulása a rövid ívű anyagátmeneteknél [1]

4.3. Gömbcseppes, rövidzárlat nélküli anyagátmenet

Ha az áramsűrűség viszonylag nagy és egyenáramú, fordított polaritású elektróda huzalt használunk, akkor gömbcseppes, rövidzárlat-nélküli anyagátmenet jelenségét tapasztaljuk. A CO_2 védőgázos hegesztés hajlamos erre az anyagátmenetre a teljes használható hegesztőáram tartományban.

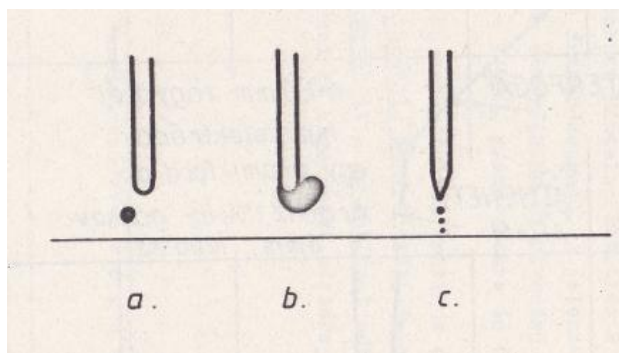
A gömbcseppes anyagátmenet jellemzője olyan cseppméret, mely a huzalátmérőnél nagyobb. A huzal-tengely irányú gömbcseppes anyagátmenet lényegében semleges védőgázban könnyen elérhető, ha az ívhossz elég nagy ahhoz, hogy a csepp elektróda huzal végéről leváljon, mielőtt beleér a hegfürdőbe. Kevésbé fröcsköl, de a kötőhibák túlzott keletkezése, a kismértékű beolvadás és a túlzott varratdomborulat miatt érdemes elkerülni.

A CO_2 gázvédelem nagyon hajlamos a huzaltengelytől eltérő gömbcseppes átmenetre. Ennek oka egy elektromágneses repulziós erőkomponens, mely a csepp alsó felületére hat, s azt az elektródahuzal felé nyomja, nem engedi leválni, hanem ide, oda lengeti. A Pitch erő egyenesen arányos a hegesztőárammal és a huzalátmérővel, ez az erő a cseppet a huzal végéről való leválasztására törekszik. Ritkán hullik a csepp a kívánt helyre, sokszor a fürdőn kívülre esik, és nagyon fröcsög.

Ezt az anyagátmenet típust szokás átmeneti anyagátmenetnek is nevezni. A gyakorlatban ebben a tartományban nehéz hegeszteni.

4.3.1. A gömbcseppes anyagátmenet lehetséges fajtái:

Az „a” a huzaltengely irányú (axiális) gömbcseppek. A „b” a CO_2 gázos (nem axiális) lecseppenése. A „c” az argon vagy semleges gázos lecseppenés, ebben az esetben az átmenet finomcseppes, ezt szórt ívű anyagátmenetnek is nevezik (**12. ábra**).



12. ábra. Gömbcseppes rövidzárlat-nélküli anyagátmenet három lehetséges módjai [1]

Argon, vagy más semleges védőgázban a gömbcseppes átmenet a hegesztő áram növelésekor meghatározott elektróda átmérő esetén, meghatározott áramerősségnél átmegy szóró anyagátmenetbe. Az átmenet hirtelen következik be egy kritikus áramerősségnél, ami függ a huzalelektroda anyagától, átmérőjétől és az alkalmazott védőgáztól [1], [4].

A szóró anyagátvitelt általánosan használják a vastagabb anyagoknál, ezzel együtt jár a nagy áramerősség és a nagy hegesztési teljesítmény [3].

A gömbcseppes anyagátmenetre jellemző hegesztési paraméterek a **7. táblázatban** láthatók.

A széndioxid védőgázban a gömbcseppes anyagátmenet, szóró átmenetű változatára jellemző kritikus áramerősséget nem lehet elérni. Ha növeljük az áramerősséget, csökken a cseppméret, de nem axiális irányba haladnak és nagyobb lesz a fröcskölés mértéke, mint az argonban vagy argon alapú védőgázban. Az utóbbi csökkentése, csak olyan hegesztési paraméterek

beállításával lehetséges, melyeknél az ív mélyen benyomul a fémfürdő felszíne alá nyúló tölcsérbe.

Elektródahuzal anyaga	Huzalátmérő [mm]	Védőgáz	Legkisebb szóró ívet adó hegesztőáram [A]
Ötvözetlen acél	0,76	98 % Ar + 2 % O ₂	150
	0,89		165
	1,14		220
	1,59		275
Rozsdamentes acél	0,89	99 % Ar + 1 % O ₂	170
	1,14		225
	1,59		285
Alumínium	0,76	Argon	95
	1,14		135
	1,59		180
Réz	0,89		165
	1,14		210
	1,59		310
Szilíciumbronz	0,89		165
	1,14		205
	1,59		270

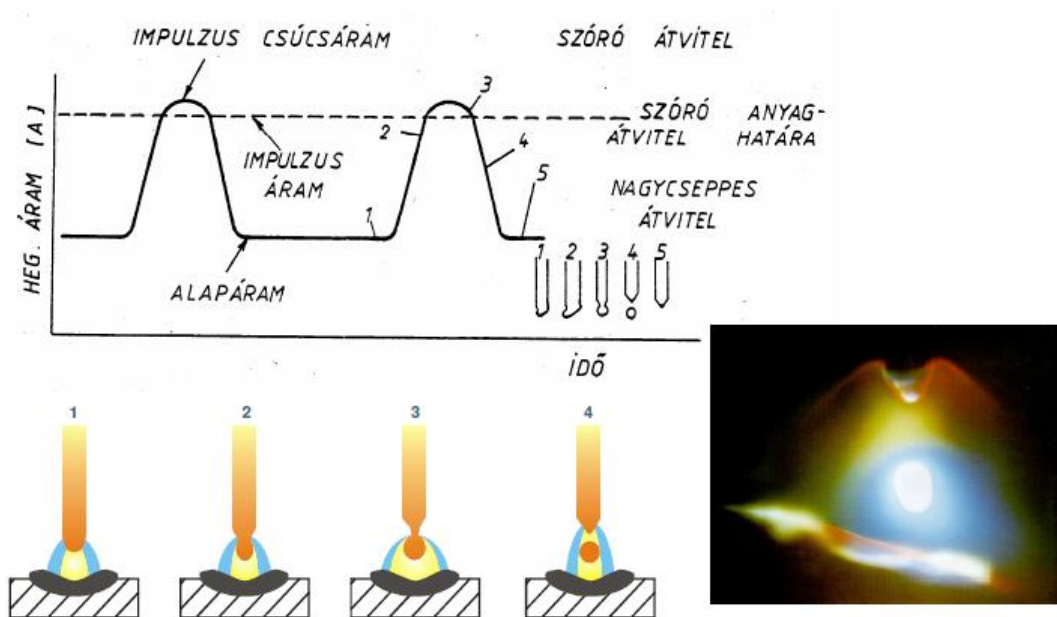
7. táblázat. Gömbcseppes szóró anyagátvitel kritikus áramerőssége a huzalelektróda anyagától, átmérőjétől és az alkalmazott védőgáztól függően [3]

4.4. Impulzusos szóró anyagátvitel

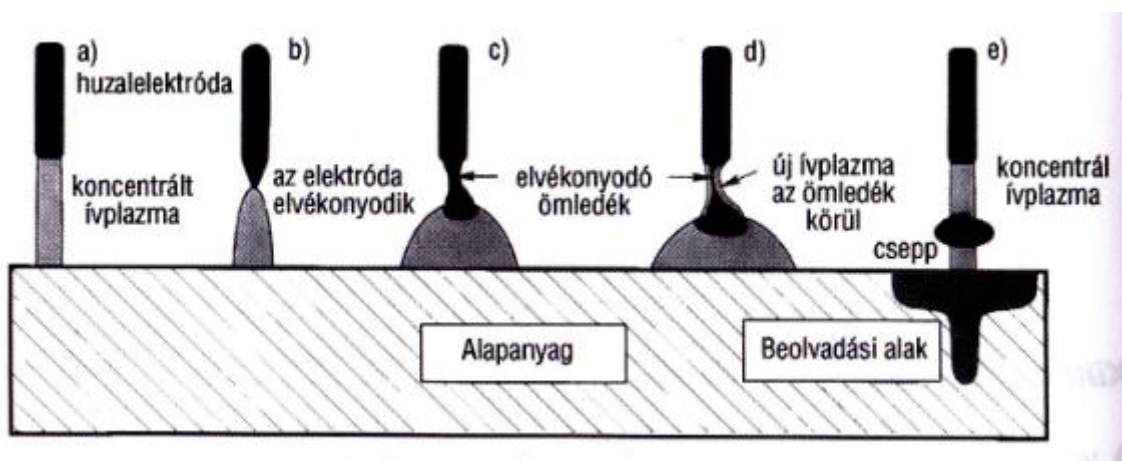
Az impulzushegesztés lényege, hogy minden helyzetben lehet vele hegeszteni (**13. ábra**). Nagyobb huzalátmérőt és nagyobb áramerősséget lehet alkalmazni, mint a rövidzárlatos hegesztésnél. Olyan áramforrás szükséges hozzá, mely két áramszintet periodikusan képes előállítani egy alapáramot, ami a villamos ív fenntartására képes, de a cseppek leolvasztására nem. A másik az impulzusáram, melynek a nagyságát úgy állítják be, hogy a csúcson nagyobb legyen a huzalanyag és a gázkeverékhez tartózkodó kritikus áramerősségnél. Ennek hatására állandóan égő ív és axiális irányú szóró cseppátmenet alakul ki. A hőbevitel és a hosszegységre eső energia jóval kisebb, ezért nagyobb elektróda huzal átmérővel is alkalmassá válik vékonyabb lemezek, csövek hegesztésére, alumínium és korrózióálló anyagok estében is.

4.5 Forgóíves anyagátmenet

A nagyteljesítményű, ún. forgóíves anyagátmenet során, amely nagy Argon - tartalmú gázkeverékben megfelelően nagy huzal-előtolási sebesség és ívfeszültség mellett alakul ki, a huzalból leolvadó csepp megnyúlik, és lengésbe jön, és a tengely körül kialakuló spirális mozgást végez, miközben ívplazma veszi körül, vagyis az ív forgó mozgást végez, innen az elnevezése (**14. ábra**).



13. ábra. Impulzusos anyagátmenet [9]

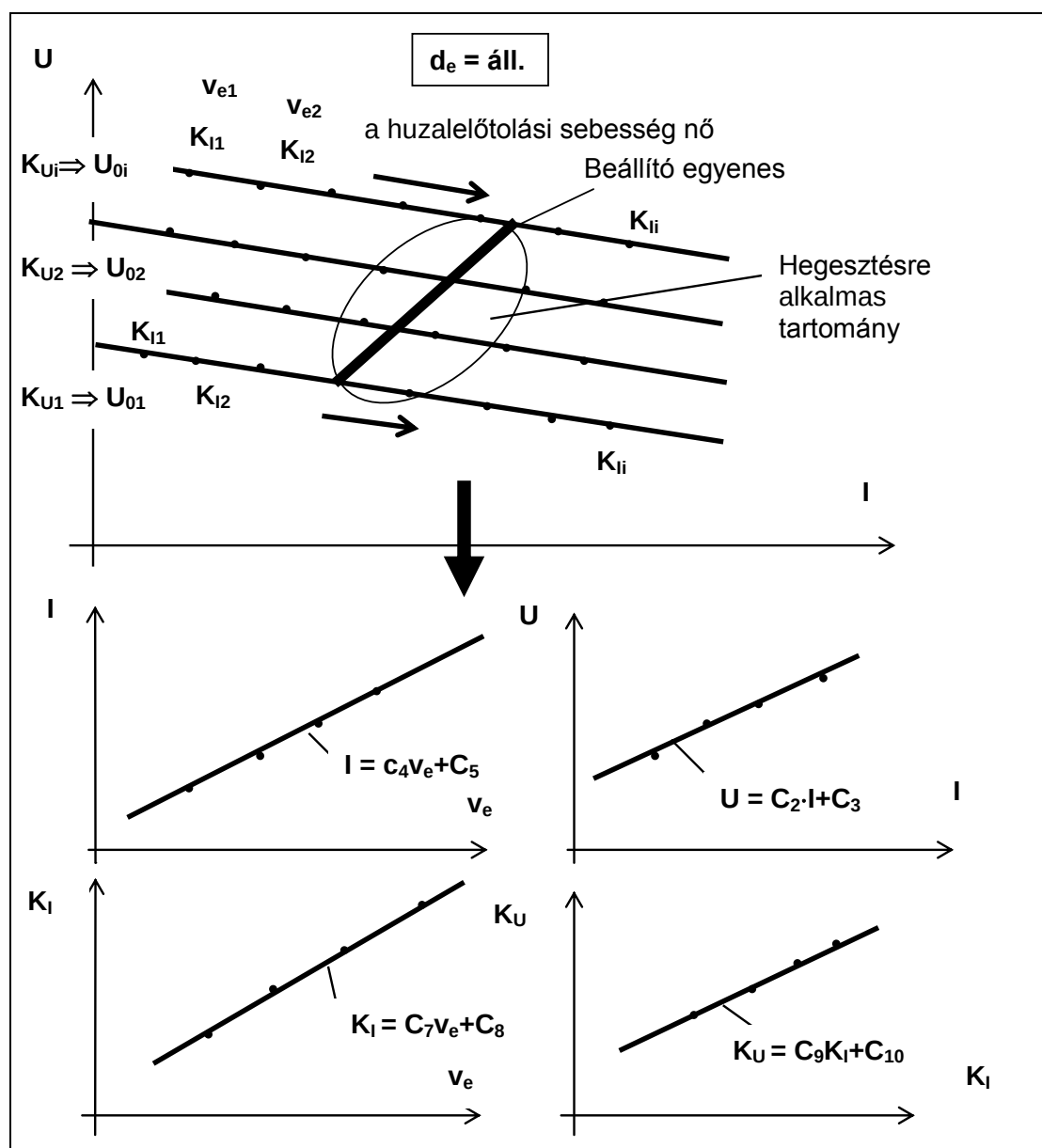


14. ábra. Forgóíves anyagátmenet. a) koncentrált ívplazma; b) a huzalvég elvékonyodik; c) ömledék híd; d) az ömledék híd körül új plazma képződik; e) koncentrált ívplazma

5. Fogyóelektródás védőgázos hegesztőgép bemérése

Adott hegesztőgép karakterisztikán, az előtolási sebesség növelése növekvő áramerősséget jelent [8]. Módszeresen beállítva az egyes karakterisztikákon a huzal-előtolási sebesség változtatásával kapott munkapontokat, próbahegesztéseket végezve, meghatározhatók a hegesztési paraméterek és a hegesztésre alkalmas tartomány. A mérések eredményei alapján felírhatók a hegesztési paraméterek közötti összefüggések.

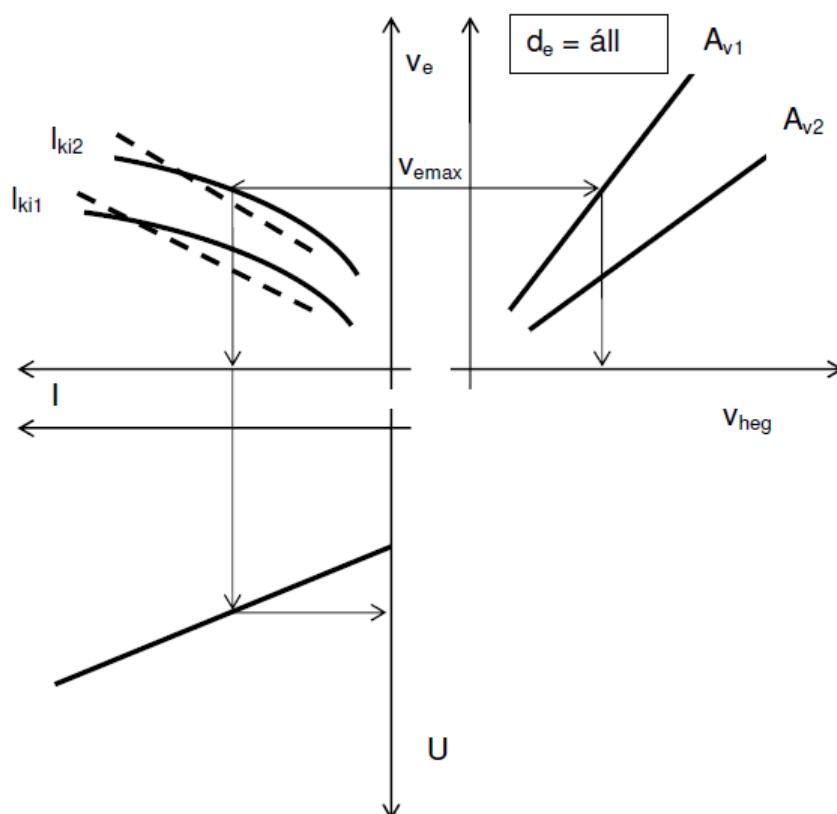
A gépbemérés módszere a **15. ábrán** látható.



15. ábra. A gépbemérés módszere [8]

A módszeres bemérés alapján, a hegesztésre alkalmas tartomány kijelölése után, a hegesztési paraméterek összefüggése felírható. Tehát a megfelelő hegesztő áramot (I) adó huzal-előtolási sebesség (v_e) meghatározható. Az ívfeszültséget az áramerősség határozza meg. A módszeres bemérésből az adott paramétereket biztosító kapcsoló állások is meghatározhatók (K_I, K_U). A megfelelő paramétereket biztosító kapcsoló állások ismerete nagyban segíti a hegesztők munkáját.

A hegesztési paraméterek között egyértelmű kapcsolat írható (rajzolható) fel (**16. ábra**). Ha a paraméterek közötti kapcsolat ismert, ez a hegesztési paraméterek számítását is lehetővé teszi.



16. ábra. A hegesztési paraméterek összefüggése fogyóelektródás hegesztéseknél

A hegesztési paraméterek közül egyet megválasztva a többi paraméter kiadódik, például kiindulva a huzal előtolási sebességből, mind az áramerősség és az ívfeszültség, illetve a hegesztési sebesség is meghatározható (16. ábra).

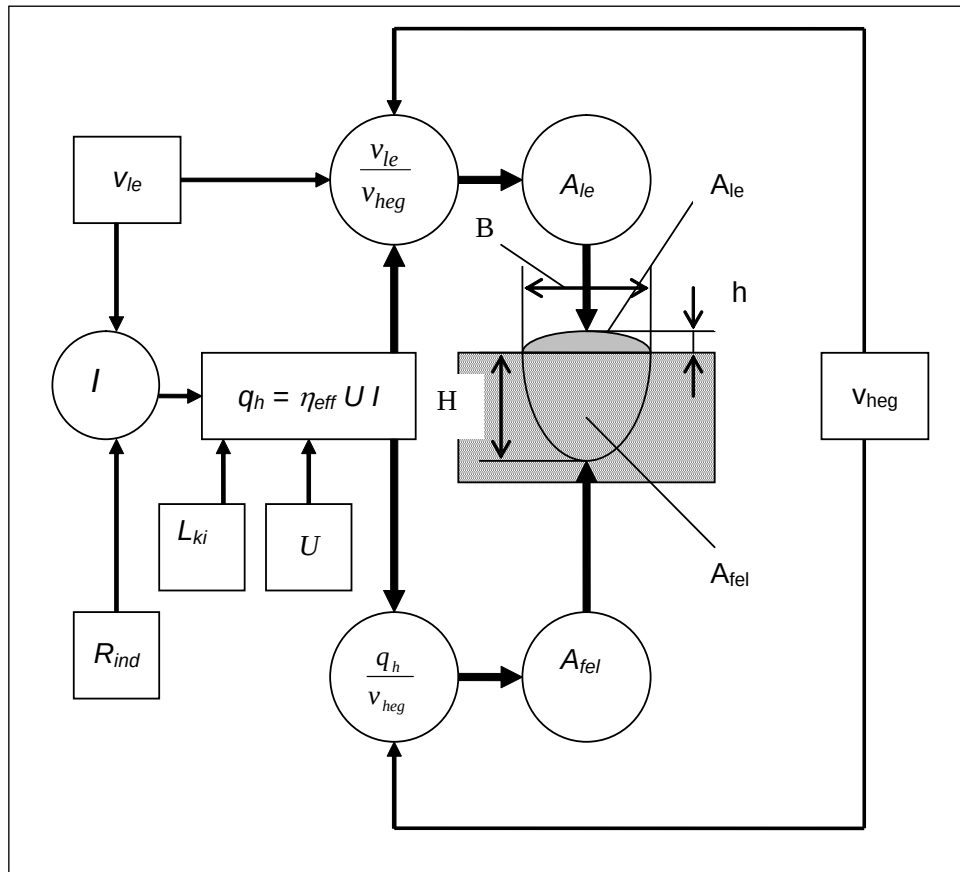
A hegesztési paraméterek hatásának ismerete abból a szempontból fontos, hogy ennek alapján a hegesztési paraméterek könnyebben határozhatók meg.

A hegesztési paraméterek varratgeometriára való hatását a **17. ábrán** szemléltetjük. A varratok két részre oszthatók, a leolvasztott (A_{le}) és a felolvasztott (A_{fel}) keresztmetszetre. A feladattól függ az, hogy a felolvasztott, vagy a leolvasztott keresztmetszetet írják elő. Az első esetben egy tér feltöltése a feladat, a második esetben pedig egy adott beolvadási mélység elérése a cél. Mindkét esetben van felolvasztás is és leolvasztás is. Ha a feltöltés a cél (feltöltő hegesztések) a kontinuitás összefüggését kell figyelembe vennünk. Ez azt fejezi ki, hogy a hegesztőanyagból leolvadt fém a tér feltöltésére szolgál.

A kontinuitás összefüggése a következő:

$$v_{le} A_d \eta_{ki} = v_{heg} A_{le} c \quad (2)$$

Az összefüggésben v_{le} az előtolási sebességet, A_d a hegesztőhuzal fémes keresztmetszete, v_{heg} a hegesztési sebesség, A_{le} a leolvasztott varratkeresztmetszet, η_{ki} a kihozatali hatásfok és c a mértékegységek közötti átváltást segítő konstans.



17. ábra. A hegesztési paraméterek hatása a varrat keresztmetszetére [9]

5.1. A gépbemérési módszer gyakorlati alkalmazása

A gyakorlatban egy REHM Synergic 504 típusú hegesztőgép bemérését végeztük el (18. ábra).



18. ábra. REHM Synergic 504 típusú fagyóelektrodás ívhegesztő gép

A hegesztőgépen a karakterisztika 3 feszültség fő-fokozattal, 12 al-fokozattal állítható be (tehát 36 feszültség karakterisztika állítható) és minden karakterisztikán 9 előtolási fokozat állítható be.

A bemérést $\varnothing$ 1 mm-es hegesztő huzallal, CORGON 18 típusú védőgázban (82 % Argon + 18 % CO₂) végeztük el. Egy huzalátmérő és egy védőgáz esetében is mintegy 300 beállítást kellett kipróbálni.

Adott karakterisztikán lépkedve, minden huzal-előtolás beállításnál mértük a tényleges előtolási sebességet és az adott beállításnál hernyóvarratokat hegesztettünk. A mérés során értékeltük a hegesztési folyamatot, a varrat alakját, az ívstabilitást és a cseppátmenet jellegét.

A mérési eredmények részletesen az **1. mellékletben** láthatók.

5.2 Mérési eredmények

Az összes mérési eredmény elemzésére nincs lehetőségünk a dolgozat keretében, így csak néhány jellegzetes tartományt emelünk ki.

5.2.1. Rövidzárlatos anyagátmenet:

Az I/1-I/3 feszültség kapcsoló állásának a 9 előtolási sebességi fokozathoz tartozó varratai a **19. ábrán** láthatók.



19. ábra. I/1-I/3próba varratok

A 19. ábrán is és a további képeken is jól megfigyelhető, hogy az összes karakterisztikán az adott hegesztési jellemzők mellett (huzalátmérő, védőgáz típusa), az első kettő varrat nem

megfelelő. Ez a túl alacsony áramerősségnek köszönhető, ugyanis nem jön létre stabil ív ezért az anyag átmenet nagy gömbcseppen keresztül rövidzárlatos, így a varrat egyenetlenné válik. Abban az esetben, ha egy vékonyabb huzal átmérőt alkalmaztunk volna, akkor lehetséges, hogy ezek is megfelelőek lennének.

Ha egy adott karakterisztikán növeljük a huzal-előtolási sebességet, akkor növekszik az áramerősség is. Ennek köszönhetően megváltoznak a hegesztési paraméterek, megváltozik az ív hossza és a cseppátmenet fajtája is.

A rövidzárlatos tartomány a I/1 - II/8 ív feszültségi fokozatokig tart, ebben a tartományban az áramerősség 60 - 200 A között változik.

A rövidzárlatos anyagátmenetnek köszönhetően már olyan előnyökhöz jutunk, ami megfelelő varratalakot eredményez még abban az esetben is, ha a kisebb feszültségnek köszönhetően a beolvadás az 5 mm vastag próbatestben kicsi.

Ha a huzal-előtolási sebességet tovább növeljük, akkor ismét romlanak a varrat tulajdonságai. Így például túl magassá válik a varrat, felülete egyenetlenné válik és a huzal egyenetlen előtolása miatt megnő a fröcskölés és az ömledék eloszlása sem lesz egyenletes, tehát a varrat alakja és beolvadási mélysége megváltozik, így ismét nem használható tartományba kerülünk.

Az II/5 - II/8 feszültség kapcsoló állásoknál a 9 előtolási sebességi fokozathoz tartozó varratok a **20. ábrán** láthatók.



20. ábra. A II/5 - II/8 karakterisztika próbavarratai

Ha az ívfeszültség növelésének hatását vizsgáljuk, akkor szembevető változásokat tapasztalunk, ez látható a 20. ábrán. Többek között az is megfigyelhető, hogy ha úgy növeljük az áramerősséget, hogy a huzal-előtolási sebességet közel azonos értéken tartjuk, akkor jól megfigyelhetően nő a varrat szélessége és magassága lecsökken, azaz a varrat laposabbá válik.

A tapasztalatok szerint az első két varrat továbbra sem megfelelő és a huzal-előtolási sebesség túlzott növelésével romlanak a hegesztési jellemzők.

A korábban már említett beállító egyeneseknek jelentősége talán itt jól látható, mert a hegesztésre alkalmas tartomány közepén lévő varratok a legmegfelelőbbek (folytonos, sima varratfelület) ami a jó hegesztett kötés egyik feltétele. Ebben a tartományban a hegesztésre alkalmas tartomány is kiszélesedik.

Tapasztalataink szerint a II/8 fokozatot követő hegesztési paraméterek már az átmeneti tartományba esnek, ahol az ívstabilitáshoz szükséges összes feltétel nem teljesül, így ezeket lehetőleg célszerű elkerülni, így ezért ezzel a tartománnyal részletesen nem is foglalkozunk. Ez a tartomány egészen a III/4 ig terjed, mert a szórt ívű anyag átmenetet úgy 250 - 300 A - tól számítjuk.

5.2.2. Finomcseppes anyagátmenet:

A III/11 feszültség kapcsoló állásának a 7 előtolási sebességi fokozathoz tartozó varratok a **21. ábrán** láthatók.



21. ábra. III/11 jelű karakterisztika próbavarratai

Mint az ábrán látható, az átmeneti tartományból kilépve jelentősen megváltoznak a varrat jellemzői. A szórt ívű anyagátmenetnek köszönhetően teljesen más geometriájú varratokat kapunk. Itt már 250 - 300 A áramerősség felett vagyunk. Az 1 mm huzalátmérő azonban már kevésnek bizonyult és a gázkeverék sem a legideálisabb a szórt ívű cseppátmenethez, ezért nem feltétlenül kaptunk megfelelő varratokat, de azért néhány következtetéseket levonhatunk.

A nagy áramerősség miatt az 5 mm vastag lemez vékonynak bizonyult. A nagy hőbevitelnek köszönhetően a lemez már átolvadt. Minél nagyobb feszültség tartományokba mentünk annál jobban alkalmatlanná vált az alsó kettő előtolási sebesség, és a nagy leolvadási sebesség és a kevés huzal miatt megnőtt a visszaégés veszélye is. A nagy végkráter is eléggé rontotta a varrat minőségét. A varratfelület a sok hozaganyagnak köszönhetően, - az utolsó mérések esetében az előtolási sebesség megközelítette a 30 m/min-t - már nem egyenletes.

A hegesztési paraméterek megfelelő beállítással tovább finomíthatók.

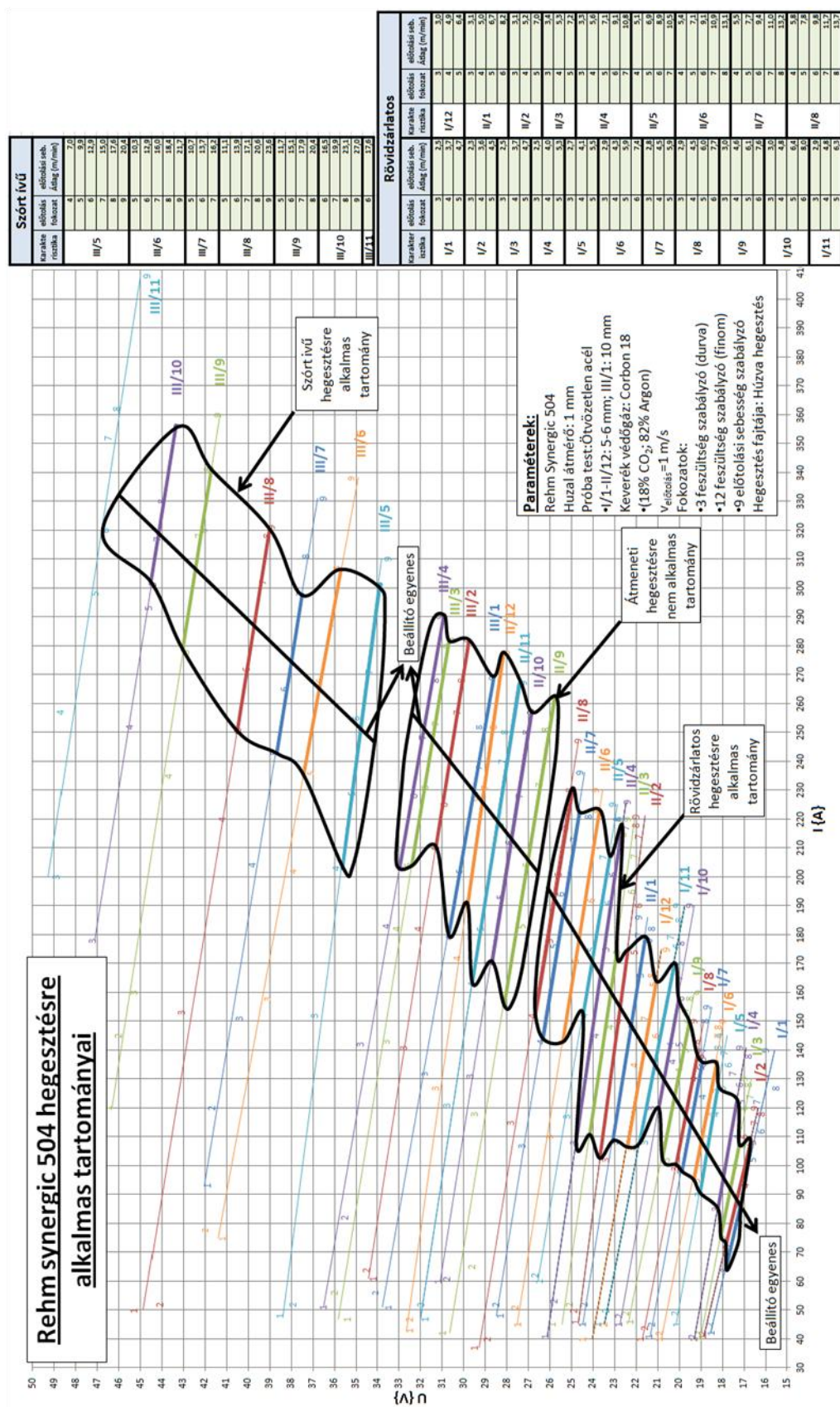
A mérési eredmények azt bizonyították, hogy a mért áramforrás széles tartományban alkalmazható, több huzalátmérő alkalmazással a teljes tartomány kihasználható.

6. A hegesztésre alkalmas tartomány meghatározása

Ahhoz, hogy egy hegesztő géppel a megfelelő beállításokkal a legjobb eredményt érjük el, ahhoz ismernünk kell a gép tulajdonságait a különböző állítási lehetőségek tudatában. A következő **22. ábrán** leolvasható a hegesztő berendezés különböző feszültség szabályzó kapcsolójának (3 fő, és 12 alkarakterisztika) és a 9 fokozatú huzal-előtolási sebesség szabályzó kapcsoló állásban mért (I) áramerősség és (U) ívfeszültség mért értékei.

Ezeknek az adatoknak a tudatában meg lehet határozni a különböző cseppátmeneti tartományokat, amelyekkel az adott paraméterekkel a lehető legjobb varrat érhető el. Meghatároztuk a hegesztésre alkalmas tartományokat a cseppátmenetet is figyelembe véve. Ezeken a tartományokon kívül eső részeket hegesztésre alkalmatlannak tartjuk. Ide tartozik az átmeneti tartomány és olyan tartományok is, amelyek esetében nem teljesülnek a hegesztéshez szükséges feltételek. Ezekben az esetekben instabillá válik az ív, ami olyan jellemzőkkel jár ami a hegesztés szempontjából nem előnyös, például ilyen a nem megfelelő áramerősség, a túlzott varratdudor, fröcskölés, szabálytalan varrat, felületi egyenetlenségeket stb.

A bejelölt tartományokon belül berajzolt beállító egyenesek megadják az adott tartományon mért, közelítőleg legjobb munkapontokat. Így az adott hegesztési paraméterek tudatában a hegesztő szakemberek próbahegesztések nélkül a legegyszerűben és leggyorsabban meghatározhatják az adott feladatra legjobb paramétereket és az azt biztosító kapcsoló beállításokat. Ami megkönnyíti a géphasználatát és költségek takarítható meg ami szintén fontos szempont napjainkban. A diagramot célszerű a gépen, vagy annak közelében elhelyezni.



22. ábra. A hegesztésre alkalmas tartományok ábrázolása

7. A mérési eredmények kiértékelése

Abban az esetben, ha csak a szükséges hegesztési paraméterek állnak rendelkezésünkre, akkor egy olyan személynek, aki nem használta az adott berendezést korábban, az csak próbahegesztések árán tudja a gépet megfelelően beállítani. Abban az esetben, ha rendelkezésre áll egy segédlet, mint mondjuk egy diagram amely a **23. ábrán** látható, annak segítségével könnyen meghatározható a többi paraméter. A diagramon fel vannak tüntetve a berendezésen hegesztésre alkalmas tartományok (rövidzárlatos, szórt ívű) fontos paraméterei. Feltételezzük, hogy adott a huzal-előtolási sebesség. A diagram segítségével az általánosságban alkalmazott varratsor keresztmetszeteket figyelembe véve, (20, 30, 40, 50 mm²) meghatározható a huzal-előtolási sebesség (v_e , m/min) függvényében a szükséges hegesztési sebesség (v_{heg} , mm/min). Továbbá fel van tüntetve az I áramerősség (A), az U ívfeszültség (V), a huzal-előtolási sebesség (v_e , m/min) függvényében, amelynek köszönhetően meghatározható a berendezés feszültség kapcsolóinak beállítása a kívánt hegesztési paraméterek eléréséhez.

Megjegyzés: A mérési pontatlanságból adódó eltérések miatt az áramerősség (I [A]), és az ívfeszültség (U [V]) kapcsolatát mutató közelítő egyenesek pontatlanok a többi negyedben található pontokhoz képest. A feszültség nagy szórása miatt a görbe csak közelítésre használható.

A huzal-előtolási sebesség különösen befolyásolja a többi paramétert. Mint az láttuk egy adott karakterisztikán belül különböző előtolási sebességet adhattunk meg.

A **24. ábra** a 9 előtolási sebességi fokozatból a hegesztésre alkalmas tartományokon belüli állásokat jelöli a különböző karakterisztikáknál. Jól megfigyelhető, hogy az előtolási sebességet szabályzó kapcsoló állásának növelésekor az I áramerősség is fokozatosan növekszik, míg az ívfeszültség fordított arányban csökken. Továbbá az is megfigyelhető, hogy az azonos előtolási sebességi fokozat értéke növekszik az ív feszültség növekedésével. A diagram által viszonyítási alapunk lehet a különböző karakterisztikák közötti előtolási sebességek változása között.

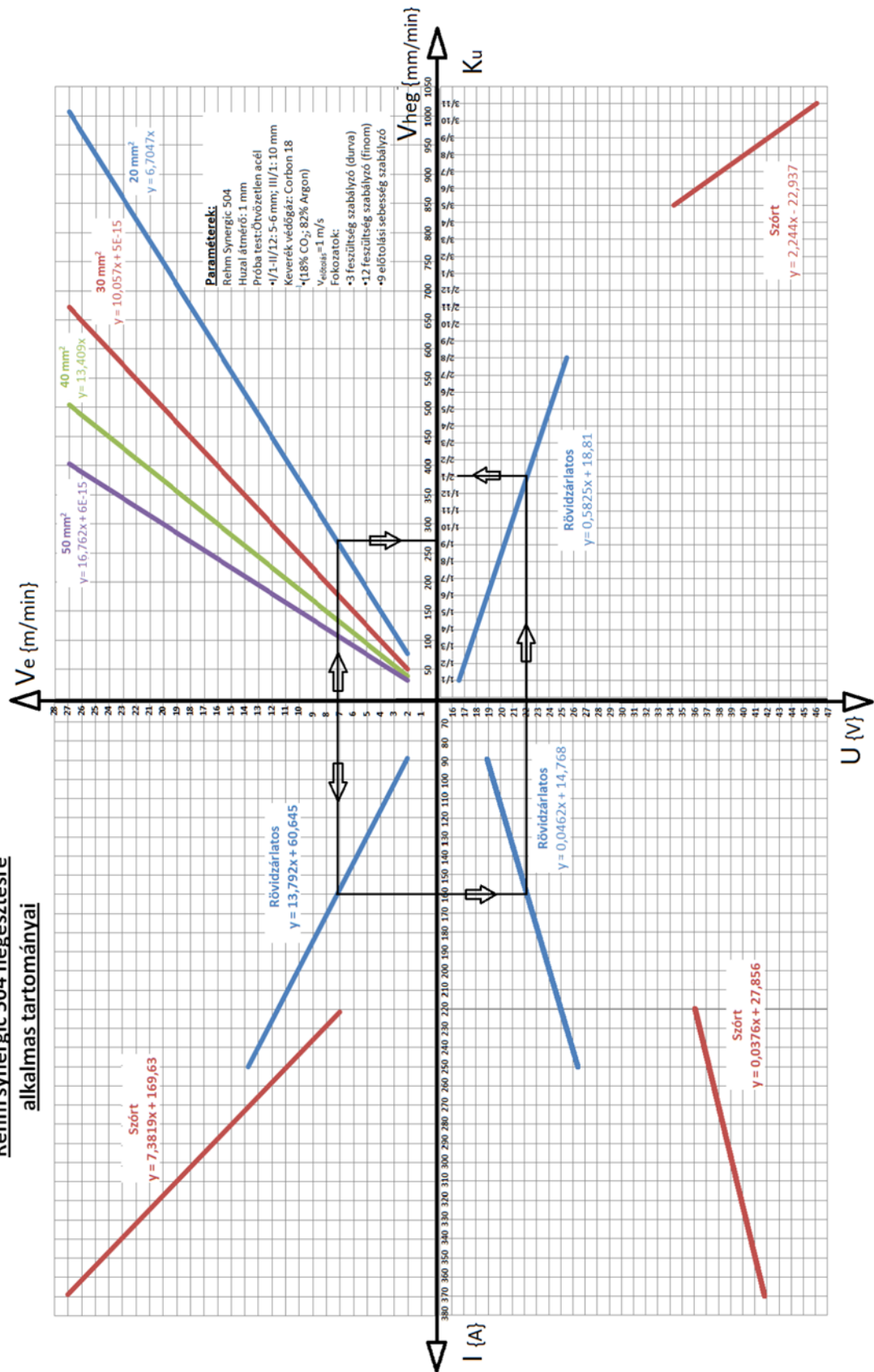
A REHM SYNERGIC 504 típusú hegesztőgép bemérése folyamán rövidzárlatos és nagycseppes „gömbölyű”, és finomcseppes „szórt” rövidzárlat nélküli anyagátmenetekkel találkozunk, és kimértük az átmeneti tartományt is.

Az elvégzett vizsgálatok igazolták a gépbemérési módszer alkalmazhatóságát, a kapott eredmények összhangban vannak a szakirodalmi adatokkal.

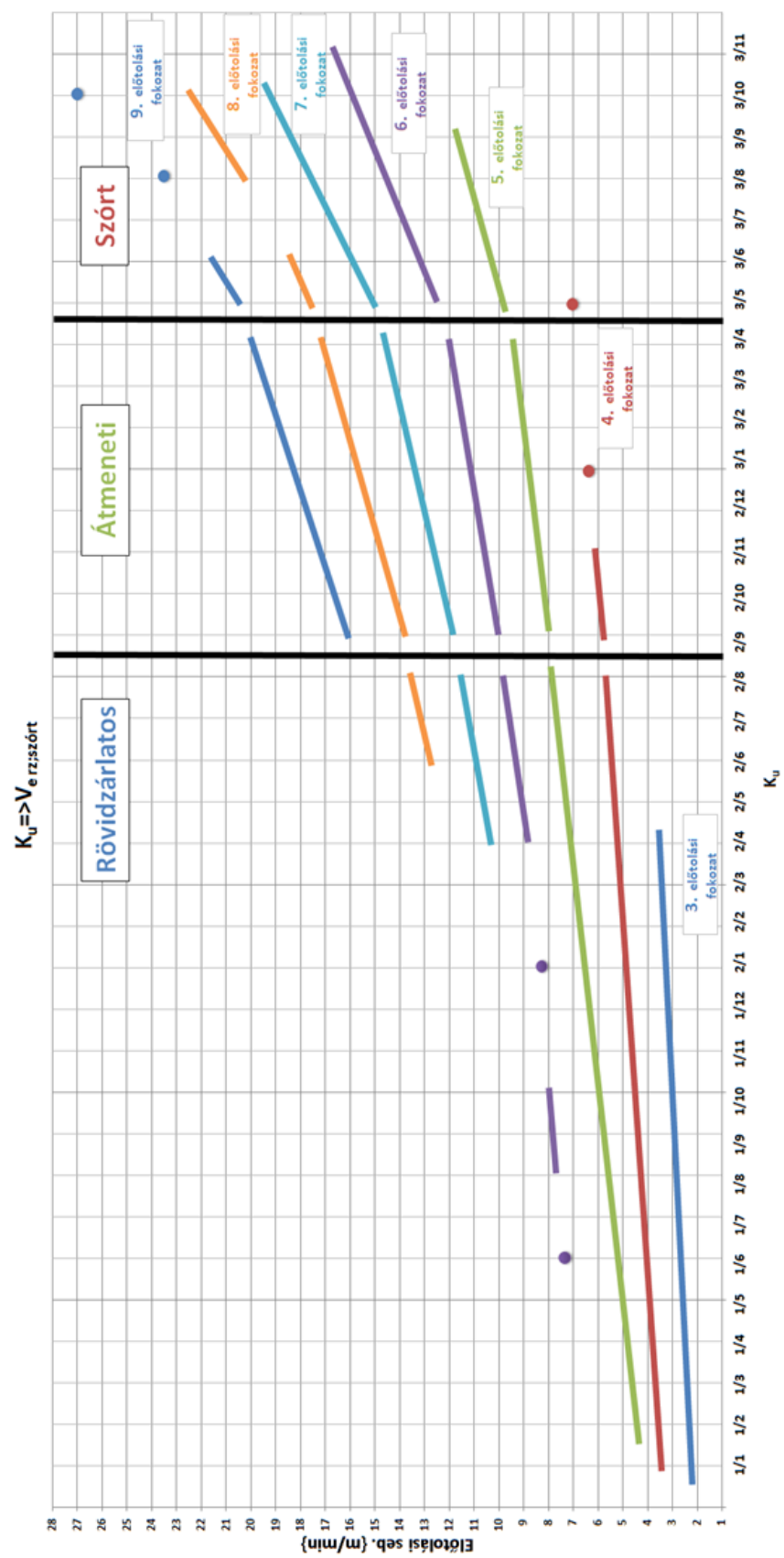
Az elméleti megfontolások alapján el tudtuk végezni a hegesztési paraméterek közötti összefüggésének feltárását, felírtuk a függvény kapcsolatokat és felrajzoltuk a hegesztési paraméterek meghatározását segítő diagramokat is.

A REHM SYNERGIC 504 típusú hegesztőgép beállítási diagramja használható a gyakorlatban és lehetővé teszi a hegesztési paraméterek gyors és megbízható meghatározását.

Rehm synergic 504 hegesztésre
alkalmas tartományai



23. ábra. A különböző anyagátmenetek a hegesztési tartományokban.



24. ábra. Előtolási sebesség alakulása a különböző karakterisztikákban

8. Összefoglalás

A fogyóelektródás védőgázos ívhegesztések – a CO₂ - hegesztés, a keverék védőgázos ívhegesztés, az argon védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés és a portöltetű huzalos védőgázos ívhegesztés – a gyakorlatban a leggyakrabban alkalmazott hegesztési eljárások.

Az eljárás változatokhoz a hegesztőgépek sokasága áll rendelkezésre. A berendezések általában alkalmasak a rövidzárlatos anyagátmenet, a vegyes anyagátmenet és sokszor a szórt ívű anyagátmenet megvalósítására egyaránt. Adott berendezésnél annak meghatározása, hogy hol és milyen anyagátmenetet biztosít a gép, általában csak próbálgatással lehetséges. Ehhez sok kísérletet kell elvégezni, hiszen az egyes anyagátmenet tartományok helye nem egyértelmű és a berendezéseken is csak az ívfeszültséget állító karakterisztika kapcsoló illetve a huzalelőtolás állítására alkalmas kapcsoló található. Sokszor nincs áramerősség jelző és feszültség jelző műszer sem a gépeken. Ezekből következik az, hogy az adott feladatra alkalmas hegesztési paramétereket biztosító kapcsoló állások meghatározása nem egyszerű feladat. A gyakorlatban nagyon hasznosnak bizonyulnak azok a beállítási diagramok, amelyekben látható, hogy a kívánt hegesztési paramétereket milyen kapcsoló állásokban tudjuk elérni.

A tudományos diákkör célja az volt, hogy bemutassa egy hegesztőgépen, a módszeres és következetes gépbemérést, amellyel a gépbeállítási diagramok rajzolhatók fel.

A fogyóelektródás védőgázos hegesztéseknél lapos, vagy más néven vízszintes statikus karakterisztikájú áramforrásokat használunk. A karakterisztika kiválasztásával állíthatjuk be az ívfeszültséget, az áramerősséget pedig a huzal-előtolási sebesség határozza meg. Adott karakterisztikán haladva, adott előtolási sebességgel hegesztve, elemezhető a varrat alakja, az ív stabilitása, a cseppátmenet módja stb. A beállítási adatokat feljegyezve, az áramerősséget és a feszültséget mérve felrajzolható az ún. beállítási diagram, amely alapján adott beállítás reprodukálható és meghatározható a hegesztésre alkalmas tartomány. A diagram alapján a felhasználó azonnal ki tudja választani az egyes kapcsolók beállítását, amellyel a kívánt hegesztési paramétereket adja a hegesztőgép.

A hegesztésre alkalmas tartomány kimérése lehetővé teszi a hegesztési paraméterek számítását is, hiszen a hegesztési paraméterek összefüggése számszerűen is felírható. A hegesztési paraméterek összefüggéseinek ismerete a hegesztési paraméterek számítását is lehetővé teszi és egy számítógéppel segített paraméter meghatározás alapjául is szolgálhatnak.

A dolgozat rámutat arra, hogy milyen hasznos volna, ha a hegesztőgépek mellé a beállítási diagramokat is mellékelnék, hiszen ez nagyban megkönnyítené a hegesztők munkáját és a hegesztési utasítások elkészítését és azok betartását is egyszerűbbé tenné.

9. Irodalom

- [1] Dr. Konkoly Tibor: Védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés, BME Mechanikai Technológiai Tanszék, Budapest, 1983
- [2] Kristóf Csaba: Hegesztőgépek, ESAB Kft., Budapest, 2002
- [3] Dr. Gáti József: Hegesztési Zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1996, ISBN 963 16 0536 1
- [4] dr. Kovács Tünde, dr. Pinke Péter: A cseppátmenet vizsgálati lehetőségei különböző hegesztési technológiáknál, XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2011. március 24-25., 2-4. oldal
- [5] Dr. Horváth László, Dr. Strobl András, Katula Levente, Dr. Kristóf László: Szerkezet-Technológia, BME Oktatási segédlet, Budapest, 2007
- [6] Dr. Palotás Béla: Hegesztés előadás jegyzet, Dunaújvárosi Főiskola, 2010
www.duf.hu
- [7] Wikipédia: Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés
- [8] Dr. Palotás Béla: A hegesztési paraméterek meghatározása egyszerűen, Hegesztéstechnika, 2010. (21. évf.) 4. sz. 23-30. old.
- [9] Dr. Palotás Béla: Fogyóelektródás ívhegesztés. E - learning tananyag, Dunaújváros, 2011
- [10] Halász Gábor: Védőgázok hatása és kiválasztása acélok fogyóelektródás, aktív védőgázos hegesztésénél, Acélszerkezet 2010/2. szám, 92.-95. oldal.
- [11] Messer: Hegesztési védőgázok, 2011, 1-20. oldal

Jegyzőkönyv

<u>Mérés sorszáma:</u> I.	Dunaújvárosi Főiskola			<u>Mérést végezte:</u> Gombos Tamás Ladi Ákos Panyiger János
	<u>Mérés címe:</u> Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztő gépek bemérése			
<u>Mérés helye:</u> M2 épület	<u>Dátum:</u> 2011.11.03.			<u>Neptunkód:</u> X8IKV8 AHEJHU

Mérés célja

A mérés célja, hogy bemutassuk egy hegesztőgépen, a módszeres és következetes gépbemérést, amellyel a gépbeállítási diagramok rajzolhatók fel.

Mérés helye

Dunaújváros, Dunaújvárosi Főiskola tanműhelye

Mérés időpontja

- 2011.09.23. 10⁴⁵-12⁰⁰, 13⁰⁰-15³⁰ (1/1-1/10)
- 2011.09.26. 18¹⁵-19³⁰ (1/11-2/4)

Alkalmazott gépek

- Rehm Synergic 504

Huzal átmérő: 1 mm

Próba test: 5-6 mm

Védőgáz: Corgon 18 (18% CO₂)

Velőtolás=1 m/s

Fokozatok:

- 3 fő karakterisztika
- 12 állás
- 9 előtolási sebesség

Hegesztés fajtája: Húzva hegesztés (balról- jobbra)



Összegzés

A mérés rámutat arra, hogy milyen hasznos volna, ha a hegesztőgépek mellé a beállítási diagramokat is mellékelnék, hiszen ez nagyban megkönnyítené a hegesztők munkáját és a hegesztési utasítások elkészítését is egyszerűbbé tenné.

Mérést végezte

Gombos Tamás (X8IKV8), Ladi Ákos (AHEJHU), Panyiger János (EC6XWC)

Konzulensek

Dr. Palotás Béla (egyetemi docens), Zemankó István

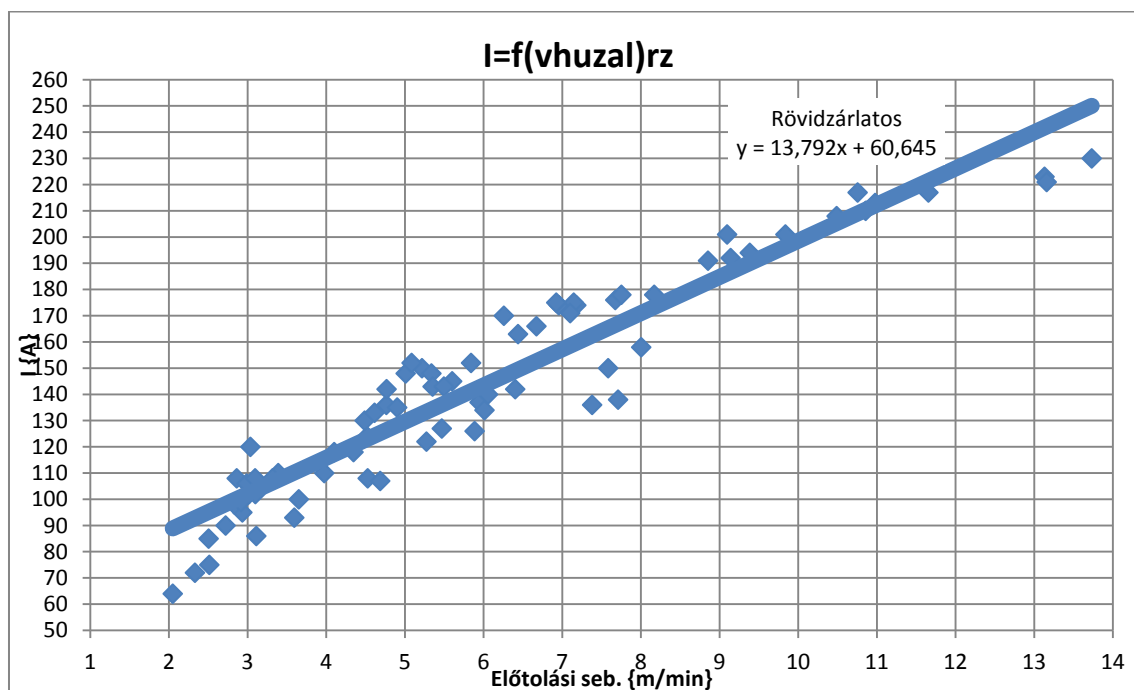
Kelt: Dunaújváros, 2011-11-03

.....
Aláírás

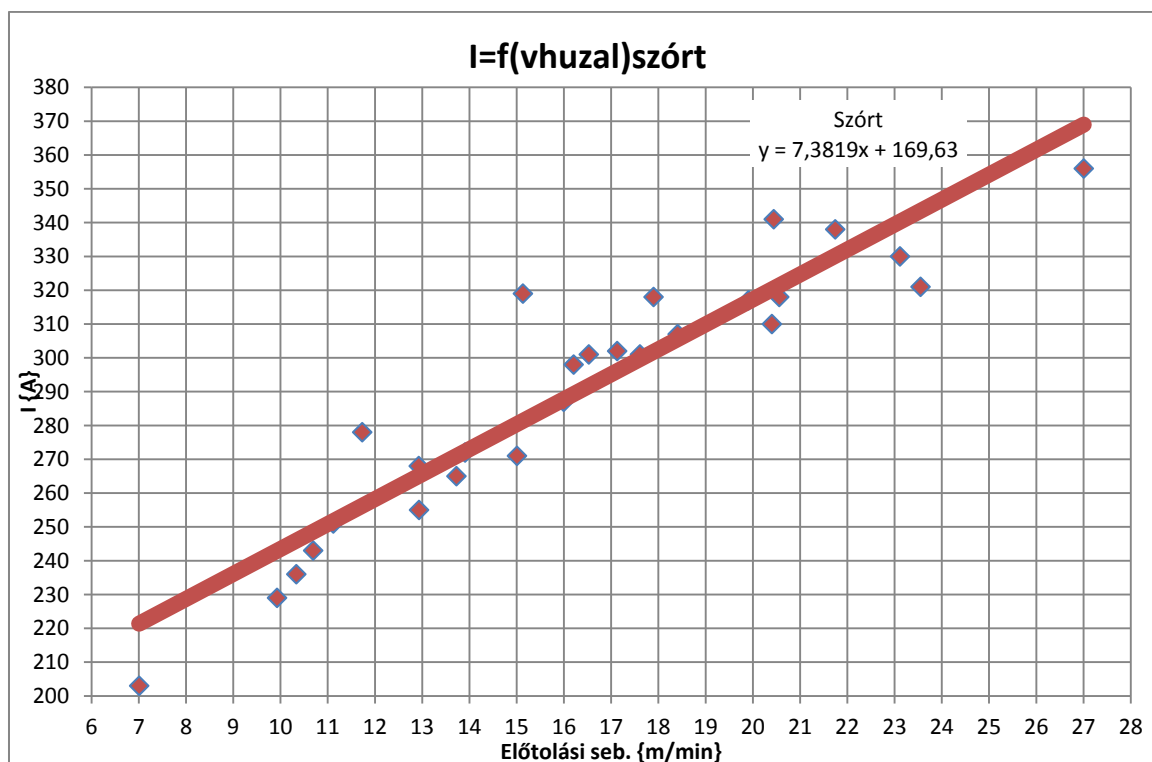
10. Melléklet:

Diagramok:

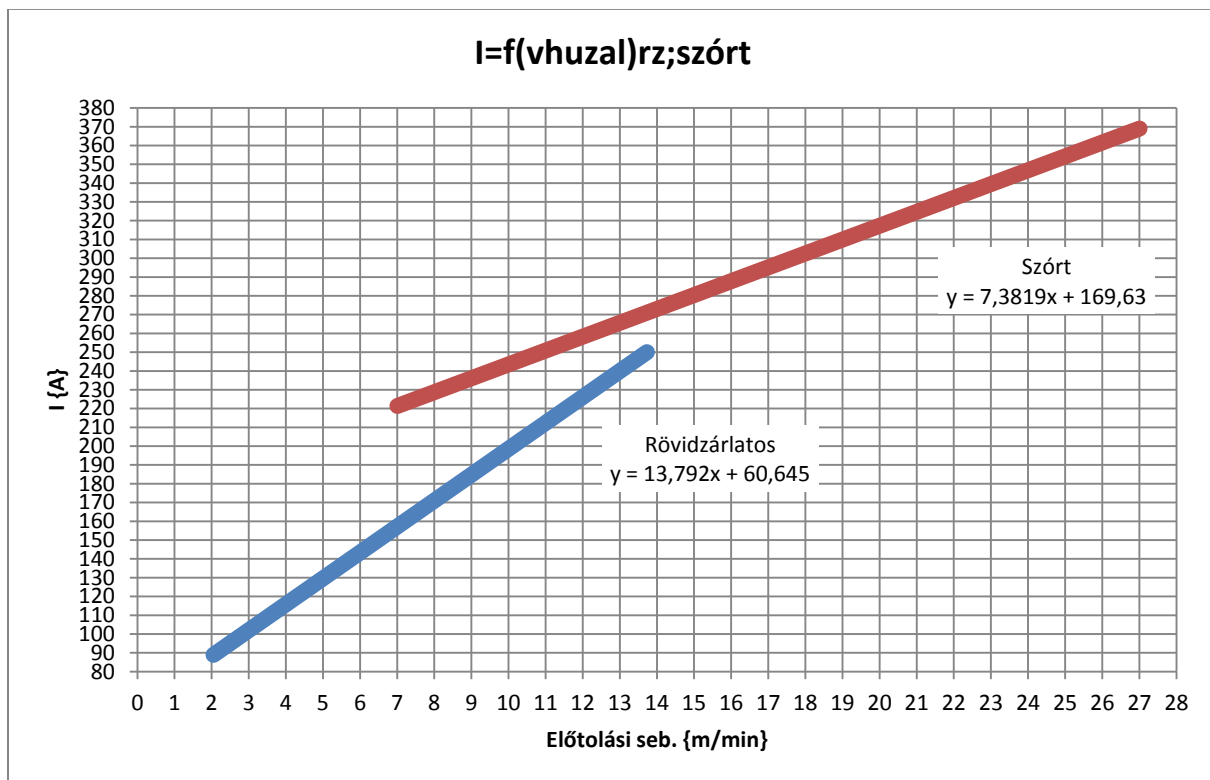
Az előtolási sebesség és az áramerősség összefüggése rövidzárlat esetén:



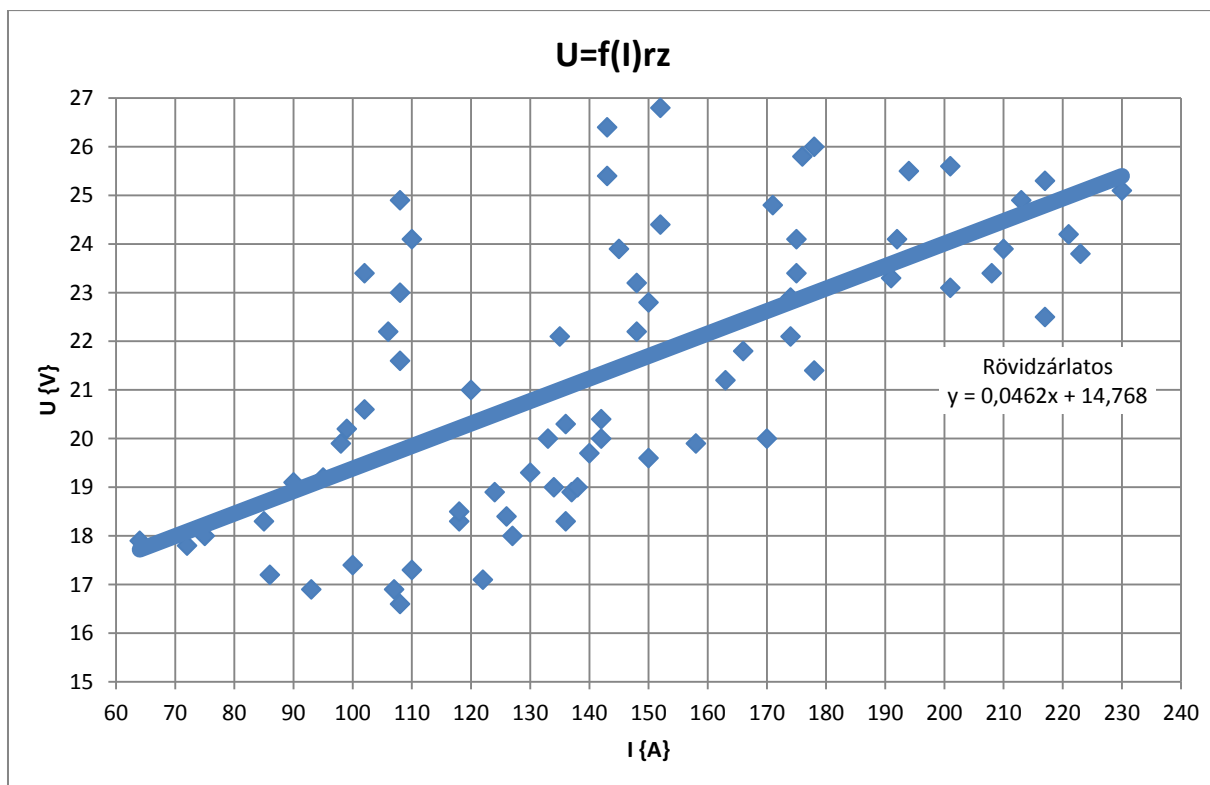
Az előtolási sebesség és az áramerősség összefüggése szórt ív esetén:



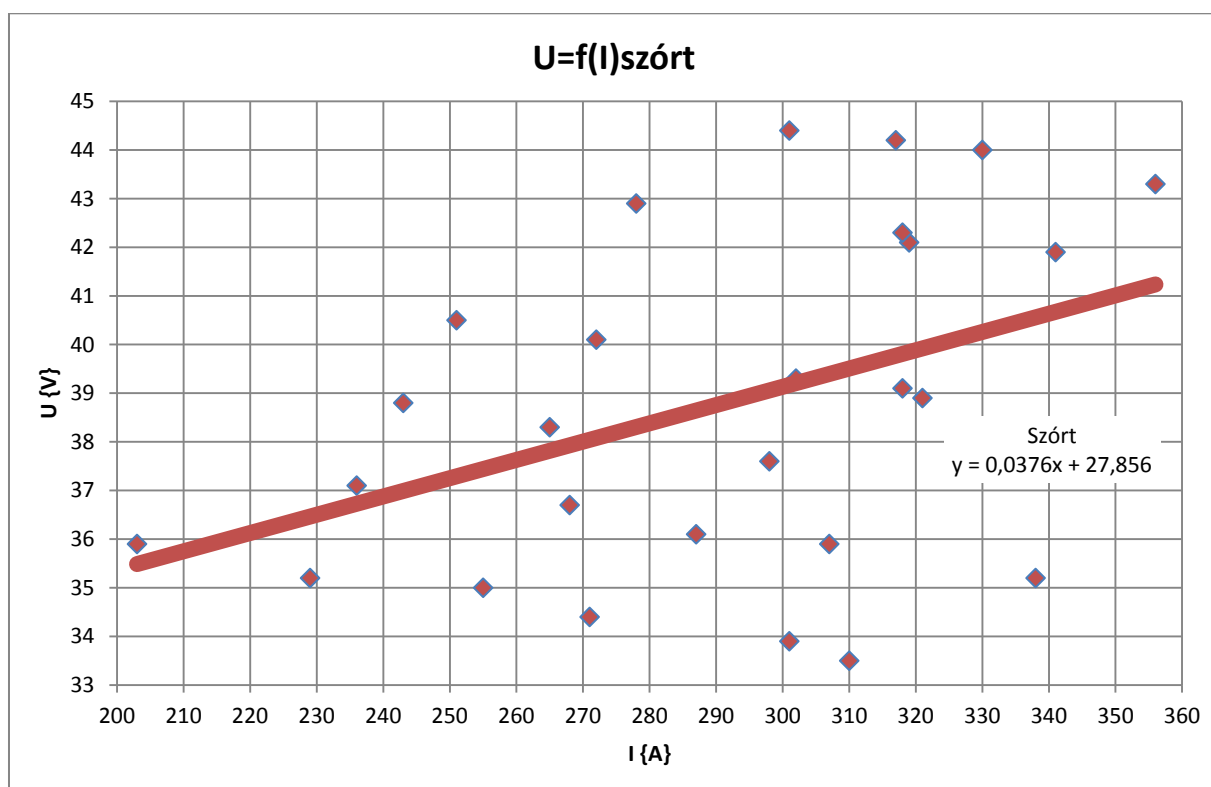
Az előtolási sebesség és az áramerősség összefüggése hasznos tartományok esetébe:



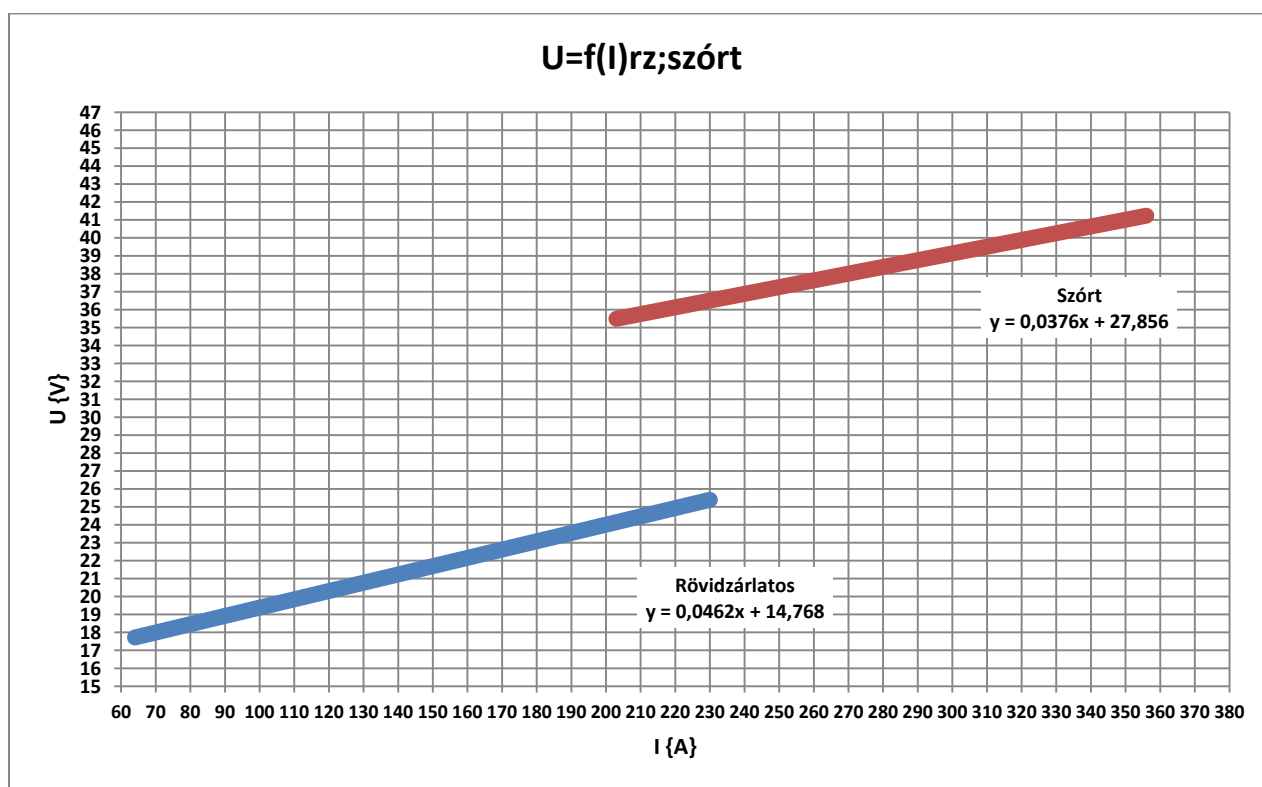
Az áramerősség és az ívfeszültség összefüggése rövidzárlat esetén:



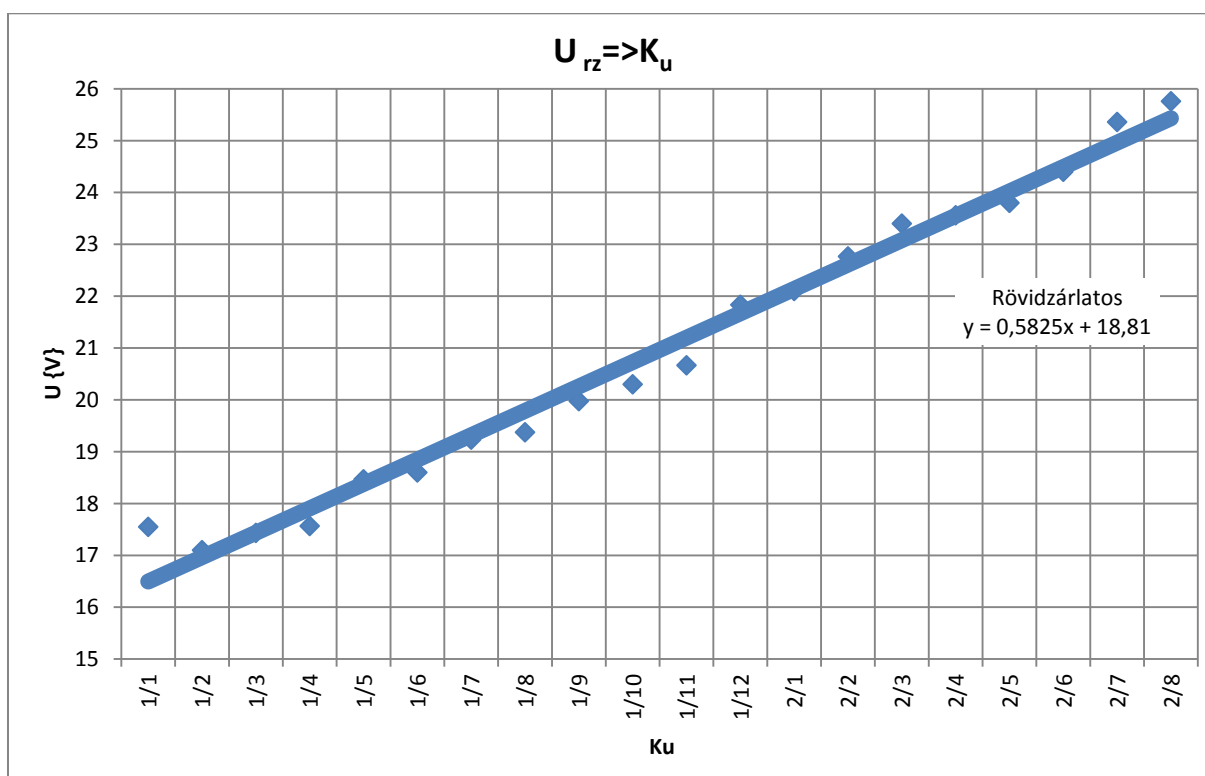
Az áramerősség és az ívfeszültség összefüggése szórt ív esetén:



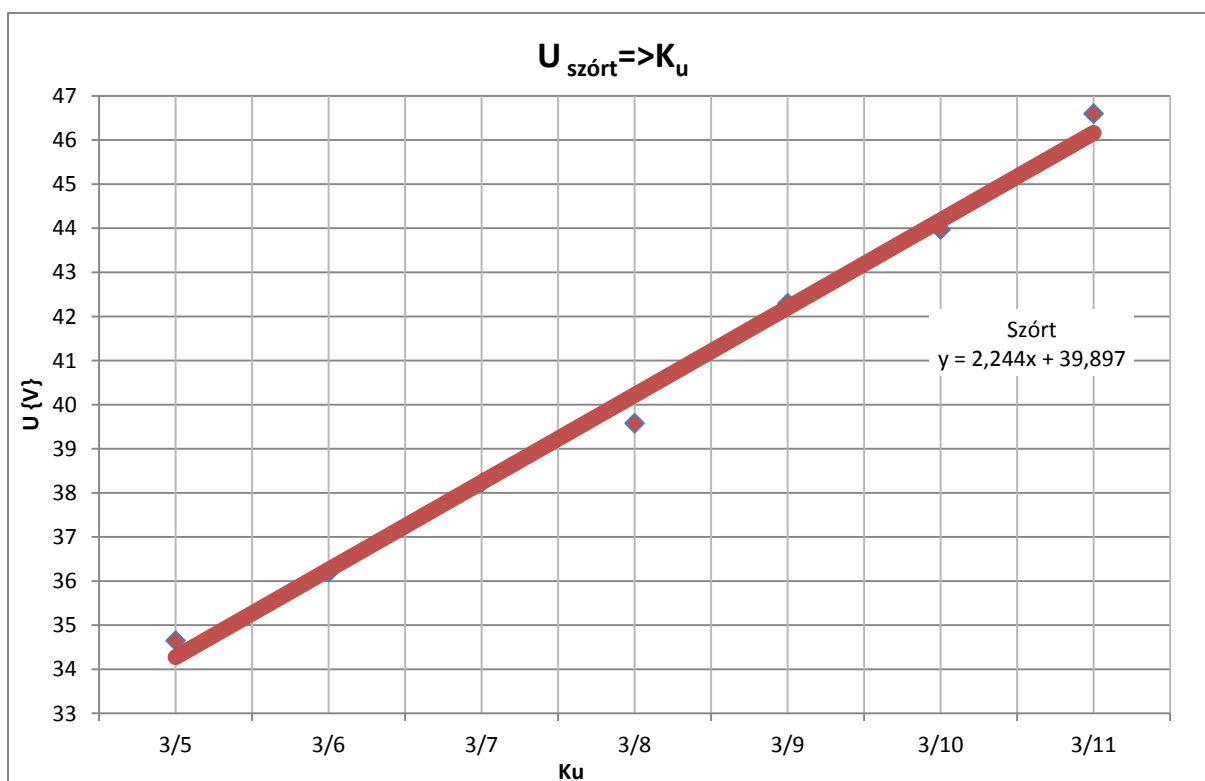
Az áramerősség és az ívfeszültség összefüggése a használható tartományok esetén:



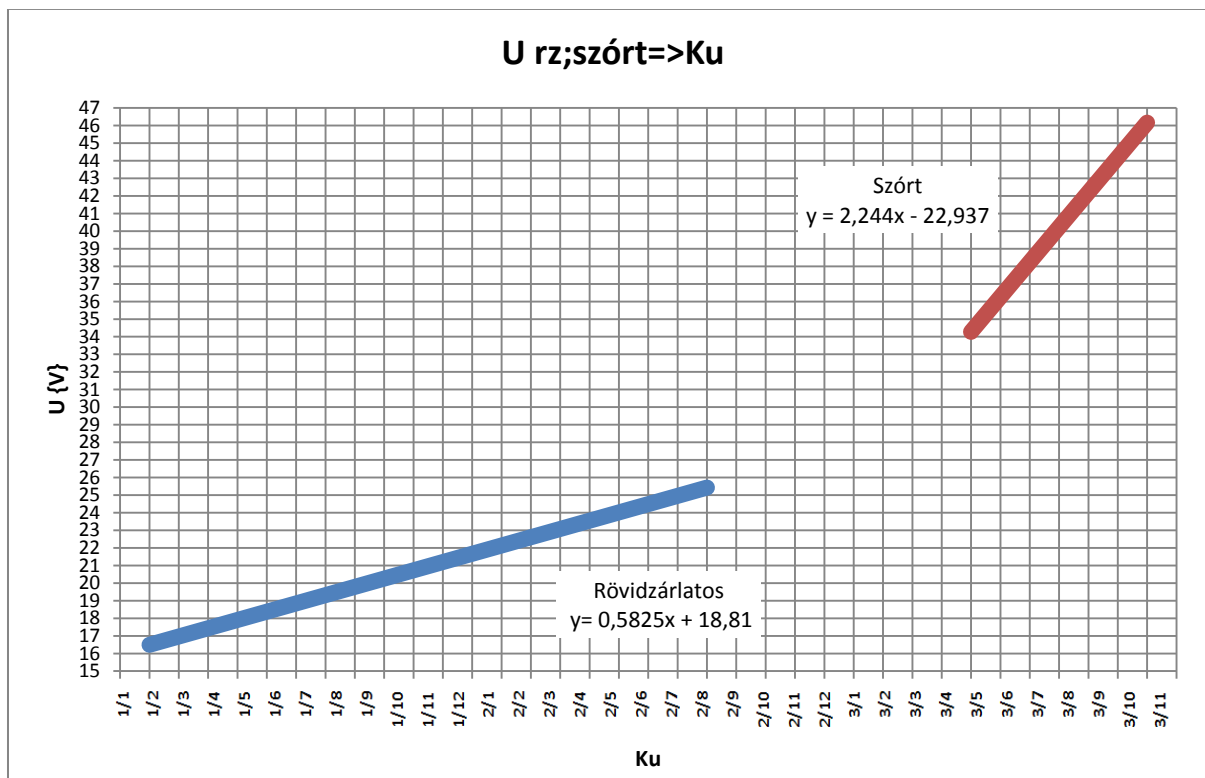
A karakterisztikákhoz tartozó ív feszültségek rövidzárlat esetén:



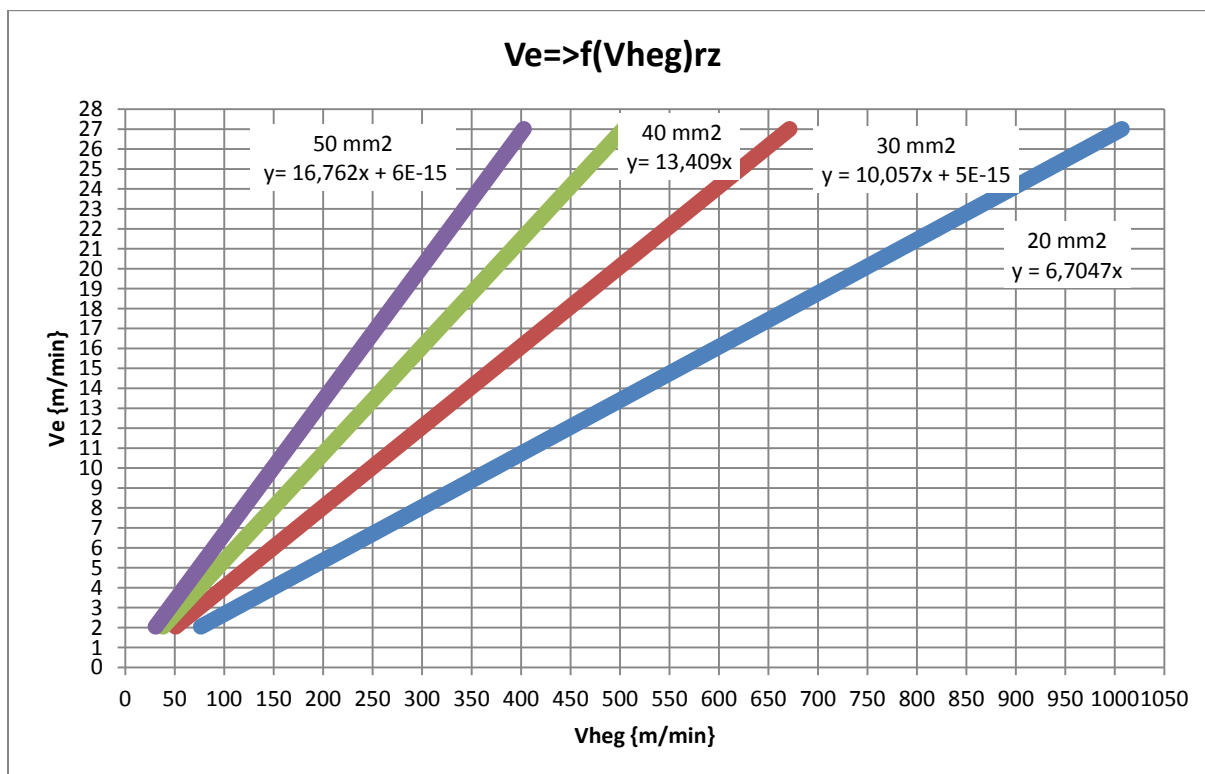
A karakterisztikákhoz tartozó ív feszültségek szórt ív esetén:



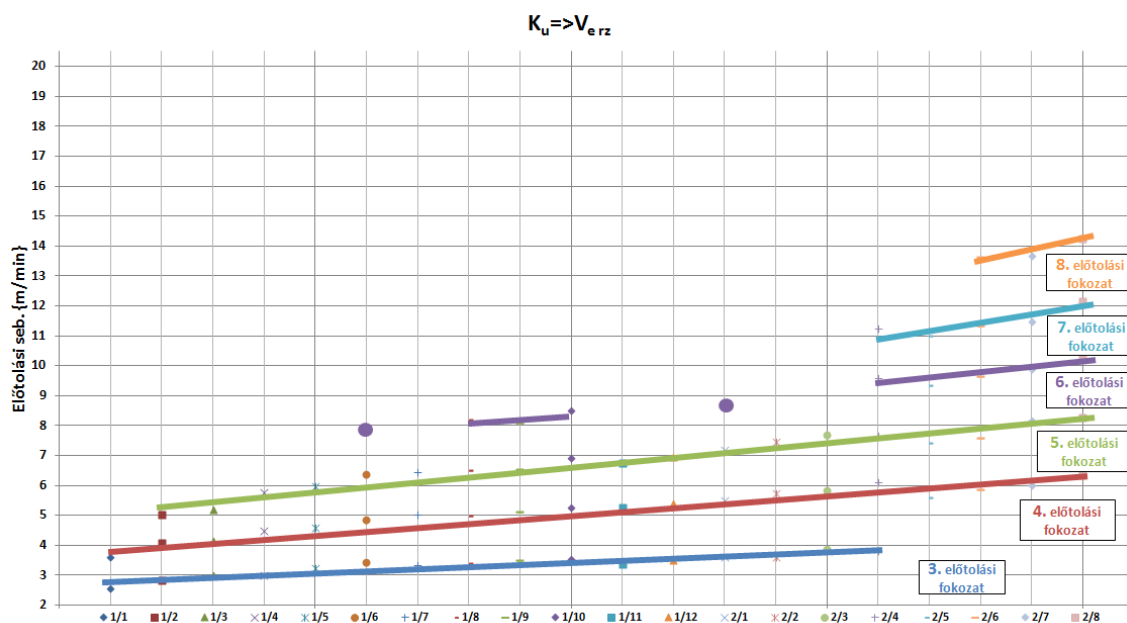
A karakterisztikákhoz tartozó ív feszültségek a használható tartományok esetén:



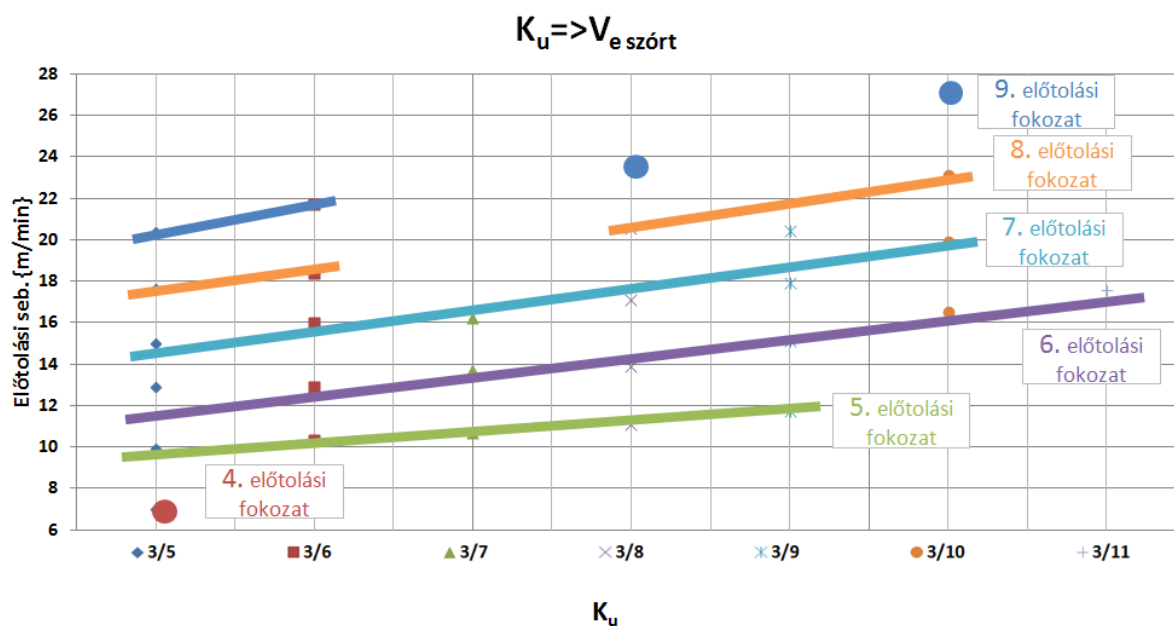
A hegesztési sebesség és az előtolási sebesség összefüggései a varrat keresztmetszet alapján:



A karakterisztikákhoz tartozó huzal előtolási sebesség rövidzárlat esetén:



A karakterisztikákhoz tartozó huzal előtolási sebesség szórt ívt esetén:



Számítások

Hegesztési sebesség meghatározása rövidzárlat esetén:

Karakter isztika	V _{heg} meghatározása (rövidzárlat)				$v_{\text{heg}} \cdot A_v = v_{\text{elő}} \cdot A_d$	
	V _{heg} {mm/min} $\Rightarrow$ ha A _v {20 mm ² }	V _{heg} {mm/min} $\Rightarrow$ ha A _v {30 mm ² }	V _{heg} {mm/min} $\Rightarrow$ ha A _v {40 mm ² }	V _{heg} {mm/min} $\Rightarrow$ ha A _v {50 mm ² }	Ad {mm ² }	c
I/1	76,4	50,9	38,2	30,6	0,785	0,95
	116,0	77,3	58,0	46,4		
I/2	86,9	57,9	43,5	34,8		
	134,0	89,3	67,0	53,6		
	168,8	112,5	84,4	67,5		

I/3	93,7	62,5	46,9	37,5
	136,1	90,8	68,1	54,5
	174,7	116,5	87,4	69,9
I/4	93,4	62,3	46,7	37,4
	148,2	98,8	74,1	59,3
	196,7	131,1	98,3	78,7
I/5	101,5	67,6	50,7	40,6
	152,9	101,9	76,5	61,2
	203,9	136,0	102,0	81,6
I/6	109,4	72,9	54,7	43,8
	162,1	108,1	81,0	64,8
	219,5	146,3	109,7	87,8
	275,2	183,5	137,6	110,1
I/7	105,7	70,5	52,9	42,3
	168,6	112,4	84,3	67,4
	221,8	147,9	110,9	88,7
I/8	108,7	72,5	54,4	43,5
	167,3	111,6	83,7	66,9
	224,2	149,4	112,1	89,7
	287,5	191,7	143,7	115,0
I/9	112,5	75,0	56,3	45,0
	172,0	114,7	86,0	68,8
	225,9	150,6	112,9	90,3
	282,8	188,5	141,4	113,1
I/10	113,2	75,5	56,6	45,3
	177,6	118,4	88,8	71,1
	238,7	159,1	119,4	95,5
	298,4	199,0	149,2	119,4
I/11	106,7	71,1	53,4	42,7
	177,7	118,5	88,9	71,1
	233,3	155,6	116,7	93,3
I/12	111,4	74,3	55,7	44,6
	182,8	121,9	91,4	73,1
	240,1	160,0	120,0	96,0
II/1	115,4	77,0	57,7	46,2
	186,8	124,5	93,4	74,7
	248,8	165,9	124,4	99,5
	304,6	203,1	152,3	121,8
II/2	115,6	77,0	57,8	46,2
	194,5	129,7	97,3	77,8
	259,4	172,9	129,7	103,8
II/3	126,4	84,3	63,2	50,6
	199,0	132,7	99,5	79,6
	267,7	178,5	133,8	107,1
II/4	123,7	82,5	61,9	49,5
	208,8	139,2	104,4	83,5
	266,5	177,6	133,2	106,6
	339,2	226,1	169,6	135,7
	401,0	267,4	200,5	160,4
II/5	189,6	126,4	94,8	75,8
	258,2	172,1	129,1	103,3
	330,1	220,1	165,1	132,0
	391,1	260,7	195,5	156,4
II/6	199,6	133,0	99,8	79,8
	264,8	176,5	132,4	105,9
	340,8	227,2	170,4	136,3
	404,8	269,9	202,4	161,9
	489,6	326,4	244,8	195,8
II/7	204,9	136,6	102,5	82,0
	286,1	190,8	143,1	114,5
	349,9	233,3	175,0	140,0
	409,3	272,9	204,7	163,7
	490,6	327,1	245,3	196,3
II/8	217,8	145,2	108,9	87,1
	289,1	192,7	144,5	115,6
	366,8	244,5	183,4	146,7
	434,6	289,7	217,3	173,8
	512,0	341,3	256,0	204,8

Hegesztési sebesség meghatározása szórt ív esetén:

Karakter isztika	V _{heg} meghatározása (Szórt)				v _{heg} ·A _v =v _{elő} ·A _d	
	V _{heg} {mm/min}>=>h _a A _v {20 mm2}	V _{heg} {mm/min}>=>h _a A _v {30 mm2}	V _{heg} {mm/min}>=>h _a A _v {40 mm2}	V _{heg} {mm/min}>=>h _a A _v {50 mm2}	Ad {mm2}	c
III/5	261,3	174,2	130,7	104,5	0,785	0,95
	370,2	246,8	185,1	148,1		
	482,2	321,5	241,1	192,9		
	559,5	373,0	279,8	223,8		
	656,6	437,8	328,3	262,7		
	760,8	507,2	380,4	304,3		
III/6	385,4	256,9	192,7	154,1		
	482,0	321,3	241,0	192,8		
	596,5	397,6	298,2	238,6		
	686,4	457,6	343,2	274,6		
	810,8	540,5	405,4	324,3		
III/7	398,7	265,8	199,3	159,5		
	511,8	341,2	255,9	204,7		
	604,3	402,9	302,1	241,7		
III/8	414,6	276,4	207,3	165,8		
	518,6	345,7	259,3	207,4		
	638,6	425,7	319,3	255,4		
	766,6	511,1	383,3	306,6		
	878,1	585,4	439,1	351,2		
III/9	437,4	291,6	218,7	175,0		
	564,2	376,2	282,1	225,7		
	667,4	444,9	333,7	266,9		
	762,2	508,2	381,1	304,9		
III/10	616,3	410,8	308,1	246,5		
	1007,0	671,3	503,5	402,8		
III/11	654,5	436,3	327,3	261,8		

Mérési eredmények

1/1	U _o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	20,1	1	18,5	42	185	197	1,1	vegyes átmenet/nem jó
	19,9	2	18,6	45	192	184	1,1	vegyes átmenet/ nem jó
	19,9	3	17,9	64	325	358	2,0	rövidzárlatos átmenet, magas varrat/ alsó határ
	20	4	17,2	86	515	522	3,1	rövidzárlatos átmenet, kicsit magas varrat/felső határ
	19,8	5	16,6	102	695	696	4,2	rövidzárlatos átmenet, magas varrat/nem jó
	19,7	6	16,2	112	854	845	5,1	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil magas varrat (lögösödik)/nem jó
	19,7	7	16,4	122	1020	977	6,0	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	19,8	8	15,5	127	1153	1186	7,0	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	19,7	9	16	140	1332	1224	7,7	nagyon istabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
U _o Átlag:	19,8							
1/2	U _o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	20,5	1	18,9	41	238	234	1,4	vegyes átmenet/ nem jó
	20,5	2	18,9	42	230	225	1,4	vegyes átmenet/ nem jó

	20,5	3	17,8	72	395	382	2,3	rövidzárlatos átmenet, kicsit magas varrat/ alsó határ
	20,3	4	16,9	93	598	600	3,6	rövidzárlatos átmenet, kicsit magas varrat, (gyök hegesztés, vékony lemezek)/ megfelelő
	20,5	5	16,6	108	766	743	4,5	rövidzárlatos átmenet, kicsit magas varrat/ felső határ
	20,2	6	17	110	958	903	5,6	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,2	7	16,5	115	1110	1117	6,7	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,1	8	16,2	118	1230	1227	7,4	nagyon istabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,2	9	16,5	120	1360	1372	8,2	nagyon istabil átmenet, rossz a beolvadás,nem folyamatos a varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	20,3							
1/3	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	20,8	1	19,1	40	250	220	1,4	vegyes átmenet/ nem jó
	20,7	2	19,1	42	220	211	1,3	vegyes átmenet/ nem jó
	20,8	3	18	75	430	408	2,5	rövidzárlatos átmenet/ alsó határ
	20,6	4	17,4	100	626	591	3,7	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	20,5	5	16,9	107	798	764	4,7	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat/ felső határ
	20,8	6	17	120	971	1030	6,0	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,6	7	16,7	124	1326	1300	7,9	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,7	8	16,8	128	1326	1300	7,9	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,6	9	17	130	1480	1478	8,9	nagyon istabil átmenet, rossz a beolvadás,nem folyamatos a varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	20,7							
1/4	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	21,4	1	19,3	40	245	232	1,4	vegyes átmenet/ nem jó
	21,4	2	19,4	41	230	228	1,4	vegyes átmenet/ nem jó
	21,4	3	18,3	85	425	410	2,5	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	21,20	4	17,3	110	662	663	4,0	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	21,2	5	17,1	122	884	874	5,3	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat(redők jelentek meg)/ felső határ
	21,2	6	17,2	128	1000	1000	6,0	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, fröcskölés/nem jó
	20,9	7	17,5	132	1227	1185	7,2	instabil, nem folytonos a varrat, fröcsögés
	21,2	8	16,8	138	1428	1408	8,5	nagyon istabil átmenet, rossz a beolvadás,nem folyamatos a varrat, fröcskölés/nem jó
	20,9	9	17,2	141	1572	1555	9,4	nagyon istabil átmenet, rossz a beolvadás,nem folyamatos a varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	21,2							
1/5	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	21,9	1	20,1	45	257	237	1,5	vegyes átmenet/ nem jó
	21,8	2	20,2	49	237	232	1,4	vegyes átmenet/ nem jó

	21,8	3	19,1	90	449	458	2,7	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	21,8	4	18,3	118	697	670	4,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	21,8	5	18	127	914	909	5,5	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat, a használható tartomány kitolódik/ felső határ
	21,8	6	17,7	135	1137	1126	6,8	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	21,7	7	17,9	139	1300	1294	7,8	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	21,7	8	18,2	141	1586	1528	9,3	...
	21,8	9	18,1	145	1772	1682	10,4	...
Uo Átlag:	21,8							
1/6	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	22,7	1	20,9	40	268	245	1,5	vegyes átmenet/ nem jó
	22,6	2	20,9	42	264	259	1,6	vegyes átmenet/ nem jó
	22,5	3	19,2	95	495	483	2,9	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	22,3	4	18,5	118	723	726	4,3	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	22,4	5	18,4	126	1000	962	5,9	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	22,3	6	18,3	136	1264	1196	7,4	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat/ felső határ
	22,1	7	18,2	145	1440	1410	8,6	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	22,3	8	18,2	148	1666	1706	10,1	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	22,2	9	18	150	1881	1825	11,1	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	22,4							
1/7	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	23	1	21,4	41	257	243	1,5	vegyes átmenet/ nem jó
	23	2	21,3	45	242	235	1,4	vegyes átmenet/ nem jó
	22,9	3	19,9	98	470	475	2,8	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	22,8	4	18,9	124	784	723	4,5	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	22,8	5	18,9	137	1007	976	5,9	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat/ felső határ
	22,8	6	18,9	135	1264	1248	7,5	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	22,8	7	18,9	140	1450	1445	8,7	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat(drasztikus romlás), fröcskölés/nem jó
	22,7	8	18,8	150	1686	1594	9,8	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	22,5	9	18,7	155	1967	1911	11,6	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	22,8							
1/8	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	23,4	1	21,8	40	257	246	1,5	vegyes átmenet/ nem jó
	23,3	2	21,6	44	245	233	1,4	vegyes átmenet/ nem jó

	23,4	3	20,2	99	487	485	2,9	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	23,1	4	19,3	130	752	744	4,5	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	23	5	19	134	1004	1000	6,0	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	23,3	6	19	138	1300	1270	7,7	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat/ felső határ
	23,1	7	19,1	140	1475	1450	8,8	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat(drasztikus romlás), fröcskölés/nem jó
	23,2	8	19,2	143	1737	1735	10,4	akadozó átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó 'rötyi'
	23,1	9	19,3	150	2000	1935	11,8	akadozó átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó 'rötyi'
Uo Átlag:	23,2							
1/9	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	24,1	1	22,3	46	271	266	1,6	vegyes átmenet/ nem jó
	24,2	2	22,5	49	254	240	1,5	vegyes átmenet/ nem jó
	23,9	3	20,6	102	504	502	3,0	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	23,9	4	20	133	795	743	4,6	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	23,8	5	19,7	140	1032	987	6,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	23,7	6	19,6	150	1266	1262	7,6	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat/ felső határ
	23,8	7	19,7	154	1525	1493	9,1	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	23,6	8	19,5	158	1752	1776	10,6	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	23,5	9	19,1	160	1987	1997	12,0	akadozó átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó 'rötyi'
Uo Átlag:	23,8							
1/10	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	24,5	1	22,8	45	270	255	1,6	vegyes átmenet/ nem jó
	24,4	2	22,8	48	255	250	1,5	vegyes átmenet/ nem jó
	24,6	3	21	120	512	500	3,0	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	24,4	4	20,3	136	806	782	4,8	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	24,3	5	20	142	1081	1053	6,4	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	24,5	6	19,9	158	1345	1323	8,0	rövidzárlatos átmenet, kicsit instabil, kicsit magas varrat/ felső határ
	24,3	7	20	165	1576	1600	9,5	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	24,5	8	19,9	177	1891	1811	11,1	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	24,4	9	19,5	190	2185	2057	12,7	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	24,4							
1/11	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	25,4	1	23,8	45	214	225	1,3	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	25,4	2	23,4	50	220	225	1,3	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	25,4	3	21,6	108	486	468	2,9	folyamatos leolvadás de nem olyan jó mint az előzőeknél/alsó határ

	24,9	4	20,4	142	805	784	4,8	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	24,9	5	20	170	1066	1020	6,3	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felső határ
	25	6	20,1	176	1330	1303	7,9	jobb mint az előzőeknél de enm jó már
	24,9	7	20,4	179	1612	1607	9,7	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	25	8	20	185	1857	1714	10,7	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	24,9	9	20,1	190	2142	2094	12,7	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	25,1							
1/12	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	25,8	1	24,5	40	260	257	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	25,8	2	23,5	45	258	250	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	25,7	3	22,2	106	506	490	3,0	rövidzárlatos átmenet,folyamatos ív / alsó határ
	25,5	4	22,1	135	847	787	4,9	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	25,6	5	21,2	163	1075	1071	6,4	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felső határ
	25,6	6	21,1	145	1382	1330	8,1	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	25,3	7	21,6	151	1621	1566	9,6	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	25,5	8	21,3	166	1920	1878	11,4	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	25,2	9	20,6	175	2134	2105	12,7	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	25,6							
2/1	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	26,2	1	24,5	45	264	263	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	26,2	2	24,4	52	264	257	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	25,9	3	23	108	525	507	3,1	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	26	4	22,2	148	841	829	5,0	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	25,9	5	21,8	166	1141	1083	6,7	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	25,6	6	21,4	178	1396	1327	8,2	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felső határ
	25,9	7	21,9	180	1691	1651	10,0	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	25,5	8	21,3	182	1966	1884	11,6	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	25,6	9	21,9	186	2258	2142	13,2	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	25,9							
2/2	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	26,4	1	24,8	46	279	266	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	26,7	2	24,9	50	274	263	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	26,6	3	23,4	102	522	511	3,1	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	26,4	4	22,8	150	875	864	5,2	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő

	26,5	5	22,1	174	1211	1108	7,0	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	26,2	6	21,9	190	1422	1412	8,5	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	26,3	7	21,6	214	1706	1641	10,0	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés az előzőnél kicsit szebb/nem jó
	26,3	8	22	218	2030	1975	12,0	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	26,1	9	22	221	2302	2232	13,6	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	26,4							
2/3	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	27,5	1	25,1	52	267	266	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	27,5	2	25,9	45	267	259	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	27,1	3	24,1	110	580	550	3,4	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	27,2	4	23,2	148	914	865	5,3	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	27,1	5	22,9	174	1228	1165	7,2	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	26,9	6	22,2	195	1473	1471	8,8	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	27,1	7	22,1	207	1808	1720	10,6	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés valamivel szebb mint az előző/nem jó
	27,1	8	22,6	215	2113	2031	12,4	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
	26,9	9	22,4	220	2425	2335	14,3	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	27,2							
2/4	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	28,2	1	26,2	41	268	263	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	28,2	2	25,8	53	260	254	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	28,1	3	24,9	108	553	553	3,3	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	28	4	23,9	145	900	967	5,6	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	27,9	5	23,4	175	1192	1190	7,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	27,9	6	23,1	201	1532	1500	9,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ megfelelő
	27,9	7	22,5	217	1812	1773	10,8	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	27,9	8	22,9	220	2273	2120	13,2	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás,nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	27,9	9	22,4	226	2526	2326	14,6	nagyon instabil átmenet,nincsen varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	28,0							
2/5	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	29,1	1	26,5	60	253	235	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	29,1	2	26,7	62	247	236	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	28,7	3	25,2	117	546	542	3,3	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó

	28,7	4	24,4	152	860	835	5,1	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	28,6	5	24,1	175	1126	1182	6,9	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	28,7	6	23,3	191	1465	1486	8,9	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	28,7	7	23,4	208	1747	1749	10,5	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	28,5	8	22,8	220	2166	2020	12,6	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/ nem jó
	28,6	9	23,2	225	2303	2300	13,8	nagyon instabil átmenet, nincsen varrat, fröcskölés/ nem jó
U _o Átlag:	28,7							
2/6	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	29,8	1	27,5	45	264	264	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	29,8	2	27,6	51	258	260	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	29,6	3	26	110	572	577	3,4	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	29,5	4	25,4	143	885	899	5,4	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	29,5	5	24,8	171	1172	1195	7,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	29,5	6	24,1	192	1499	1548	9,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	29,7	7	23,9	210	1824	1795	10,9	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	29,3	8	23,8	223	2212	2165	13,1	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	29,3	9	23,9	230	2447	2489	14,8	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/ nem jó
U _o Átlag:	29,6							
2/7	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	30,7	1	28,3	48	276	279	1,7	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	30,8	2	28,5	52	272	276	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	30,4	3	27,3	107	591	575	3,5	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	30,2	4	26,4	143	910	922	5,5	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos) durva átmentet/ alsó határ
	30,4	5	25,8	176	1306	1252	7,7	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	30,2	6	25,5	194	1583	1545	9,4	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	30,2	7	24,9	213	1776	1883	11,0	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	30,1	8	24,2	221	2189	2197	13,2	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	30,3	9	24,6	236	2485	2540	15,1	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/ nem jó
U _o Átlag:	30,4							
2/8	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	31,5	1	29,5	37	291	281	1,7	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	31,6	2	28,9	40	287	282	1,7	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	31,3	3	27,8	115	620	596	3,6	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó

	31,3	4	26,8	152	965	982	5,8	rövidzárlatos átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	31,4	5	26	178	1299	1285	7,8	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	31,3	6	25,6	201	1621	1658	9,8	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	31	7	25,3	217	1967	1918	11,7	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	31	8	25,1	230	2307	2270	13,7	rövidzárlatos átmenet, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
	31,2	9	24,7	247	2567	2643	15,6	instabil átmenet, nagyon magas varrat, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/ nem jó
U _o Átlag:	31,3							
2/9	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	32,6	1	31	42	271	273	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	32,7	2	29,6	65	274	261	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	32,7	3	29,5	118	632	611	3,7	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	32,2	4	27,9	155	954	952	5,7	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	32,3	5	27,3	183	1329	1332	8,0	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	32,3	6	27,1	204	1666	1730	10,2	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	32,2	7	26,5	232	2028	2030	12,2	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	31,9	8	26,2	251	2300	2255	13,7	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	32	9	25,9	262	2751	2698	16,3	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár
U _o Átlag:	32,3							
2/10	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	33,6	1	31,2	60	269	282	1,7	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	33,7	2	30,8	61	272	277	1,6	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	33,2	3	29,7	131	626	625	3,8	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	33,3	4	28,9	170	988	1008	6,0	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	33,4	5	28,3	193	1358	1432	8,4	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	33,3	6	27,9	212	1746	1776	10,6	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	33,3	7	27,4	228	2113	2110	12,7	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	33,2	8	27,1	250	2470	2370	14,5	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő(gázosodás nagyobb mértékű)
	33,3	9	26,9	257	2848	2795	16,9	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár(gázosodás nagyobb mértékű)
U _o Átlag:	33,4							
2/11	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	34,9	1	31,8	47	241	235	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	34,9	2	32	52	240	237	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	34,7	3	30,8	121	579	567	3,4	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	34,6	4	29,6	163	1006	1009	6,0	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ

	34,5	5	29,2	182	1380	1445	8,5	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	34,5	6	28,3	218	1795	1809	10,8	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	34,2	7	28,2	240	2122	2100	12,7	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	34,2	8	28,1	250	2445	2524	14,9	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő(gázosodás nagyobb mértékű)
	34,4	9	27,2	267	2874	2890	17,3	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár(gázosodás nagyobb mértékű)
U _o Átlag:	34,5							
2/12	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	35,8	1	32,5	43	254	249	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	35,8	2	32,5	47	243	242	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	35,5	3	31,3	127	637	646	3,8	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	35,7	4	30,3	172	1052	1043	6,3	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	35,5	5	29,9	191	1419	1398	8,5	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	35,6	6	29,5	227	1798	1852	11,0	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	35,5	7	29	231	2156	2227	13,1	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	35,4	8	28,6	252	2610	2502	15,3	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	35,4	9	28	278	2914	2948	17,6	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár(gázosodás nagyobb mértékű)
U _o Átlag:	33,4							
3/1	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	37,1	1	33,5	51	227	234	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	36,7	2	34,1	56	224	226	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	36,7	3	31,8	132	580	579	3,5	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	36,8	4	30,7	179	1021	1062	6,2	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	36,7	5	30,2	202	1429	1440	8,6	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	36,6	6	29,5	229	1876	1856	11,2	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	36,6	7	29,3	238	2196	2196	13,2	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	36,3	8	29,3	252	2601	2581	15,5	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kezd túl melegedni a varrat , nő a végkráter/ megfelelő
	36,3	9	28,7	269	2974	2876	17,6	átmeneti ív, jó csepp átmenet, túl melegszik a varrat és nagy a vég kráter nem szép a varrat teteje/ felsőhatár
U _o Átlag:	36,6							
3/2	U_o {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	38,2	1	34,2	61	255	250	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	38,2	2	34,5	64	251	247	1,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	38,1	3	32,8	141	630	647	3,8	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	38,1	4	32,1	182	1067	1094	6,5	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	37,7	5	31,3	210	1453	1449	8,7	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ

	37,6	6	30,9	225	1926	1842	11,3	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	38	7	30,3	257	2236	2336	13,7	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	37,9	8	30,1	268	2790	2711	16,5	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kezd túl melegedni a varrat , nő a végkráter/ megfelelő
	37,9	9	29,8	282	3107	3130	18,7	átmeneti ív jó csepp átmenet, túl melegszik a varrat és nagy a vég kráter nem szép a varrat teteje/ felsőhatár
Uo	38,0							
3/3	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	39,5	1	35,4	47	227	223	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	39,6	2	36	56	218	223	1,3	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	39,6	3	33,6	143	648	663	3,9	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	39,6	4	33,1	182	1139	1115	6,8	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	39,5	5	32,6	204	1555	1547	9,3	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	39,2	6	31,8	231	1931	1961	11,7	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	39,3	7	31,3	253	2377	2366	14,2	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	39,3	8	30,9	280	2921	2750	17,0	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kezd túl melegedni a varrat , nő a végkráter/ megfelelő
	39,3	9	30,5	282	3294	3251	19,6	átmeneti ív, jó csepp átmenet, túl melegszik a varrat és nagy a vég kráter nem szép a varrat teteje/ felsőhatár
Uo Átlag:	39,4							
3/4	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	41,2	1	36,5	51	239	232	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	40,9	2	35,5	82	237	238	1,4	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	41,1	3	34,8	142	649	638	3,9	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	40,9	4	33,6	183	1146	1176	7,0	vegyes átmenet nem folyamatos leolvadás még kicsit nagy cseppek/ nem jó
	40,5	5	32,9	203	1605	1546	9,5	átmeneti ív, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	40,8	6	32,3	228	2027	2002	12,1	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	40,8	7	31,9	246	2426	2424	14,6	átmeneti ív, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	40,4	8	31,3	268	2932	2831	17,3	átmeneti ív, jó csepp átmenet, kezd túl melegedni a varrat , nő a végkráter/ megfelelő
	40,8	9	31,1	290	3480	3267	20,2	átmeneti ív, jó csepp átmenet, túl melegszik a varrat és nagy a vég kráter nem szép a varrat teteje/ felsőhatár
Uo Átlag:	40,8							
3/5	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	42,7	1	38,5	48	226	217	1,3	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	42,9	2	37,9	52	214	211	1,3	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	42,9	3	36,9	152	706	692	4,2	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	42,8	4	35,9	203	1170	1166	7,0	szort ívű átmenet, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	42,8	5	35,2	229	1645	1664	9,9	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	42,4	6	35	255	2086	2225	12,9	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő

	42,5	7	34,4	271	2521	2481	15,0	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	42,2	8	33,9	301	3016	2854	17,6	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	42,4	9	33,5	310	3361	3440	20,4	instabil átmenet, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	42,6							
3/6	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	44,7	1	41,2	75	217	224	1,3	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	44,8	2	42	78	210	211	1,3	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	44,7	3	39,1	158	696	715	4,2	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	44,6	4	37,9	202	1192	1229	7,3	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	44,3	5	37,1	236	1724	1721	10,3	szort ívű, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	44,2	6	36,7	268	2163	2146	12,9	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	44,4	7	36,1	287	2700	2632	16,0	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	44,5	8	35,9	307	3036	3100	18,4	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	44,3	9	35,2	338	3624	3624	21,7	szort ívű, jó csepp átmenet, kicsit magas varrat/ felsőhatár nem egyenletek a tejete nagy a vég kráter)
Uo Átlag:	44,5							
3/7	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	46,5	1	41,9	93	175	187	1,1	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	46,3	2	41,7	120	171	182	1,1	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	46,3	3	40,4	151	669	673	4,0	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	46,5	4	39,8	204	1250	1235	7,5	vegyes átmenet nagy cseppek/ nem jó
	46,5	5	38,8	243	1791	1773	10,7	szort ívű, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	46,3	6	38,3	265	2301	2274	13,7	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	46,4	7	37,6	298	2718	2684	16,2	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	46	8	37,3	311	3200	3287	19,5	instabil átmenet, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
	46	9	36,5	331	3805	3740	22,6	instabil átmenet, rossz a beolvadás, nem folyamatos varrat, fröcskölés/nem jó
Uo Átlag:	46,3							
3/8	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	48,6	1	45,3	50	183	178	1,1	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	48,6	2	44,1	52	175	168	1,0	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	48,5	3	43,1	153	762	761	4,6	vegyes átmenet/ nem jó
	48,5	4	41,2	220	1274	1297	7,7	vegyes átmenet/ nem jó
	48,2	5	40,5	251	1845	1861	11,1	szort ívű, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	48,1	6	40,1	272	2302	2334	13,9	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	48,2	7	39,3	302	2904	2805	17,1	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő

	48,2	8	39,1	318	3391	3462	20,6	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	48	9	38,9	321	3910	3940	23,6	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
Uo Átlag:	48,3							
3/9	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	51	1	46,5	120	433	493	2,8	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	50,8	2	46	145	229	253	1,4	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	50,9	3	45,3	160	785	785	4,7	nincsen átmentet, nem jön létre varrat / nem jó
	51	4	43,7	235	1493	1482	8,9	vegyes átmenet/ nem jó
	50,9	5	42,9	278	1975	1935	11,7	szort ívű, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	50,7	6	42,1	319	2499	2545	15,1	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	50,6	7	42,3	318	2942	3024	17,9	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	50,5	8	41,9	341	3424	3390	20,4	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ felsőhatár
	50,7	9	41,4	360	4068	4032	24,3	szort ívű átmenet / nem jó
Uo Átlag:	50,8							
3/10	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	53,7	1			469	444	2,7	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	53,7	2			457	452	2,7	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	53,6	3	47,2	178	1213	1221	7,3	vegyes átmenet, instabil ív / nem jó
	53,5	4	45,5	252	1792	1770	10,7	vegyes átmenet, instabil ív / nem jó
	53,5	5	44,6	293	2237	2164	13,2	vegyes átmenet, instabil ív / nem jó
	53,6	6	44,4	301	2745	2764	16,5	szort ívű, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ
	53,3	7	44,2	317	3345	3291	19,9	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	53,2	8	44	330	3920	3785	23,1	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ megfelelő
	53,2	9	43,3	356	4471	4531	27,0	szort ívű átmenet, jó csepp átmenet, jó varrat/ felsőhatár
Uo Átlag:	53,5							
3/11	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	56,4	1			248	237	1,5	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	56,3	2			230	236	1,4	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	56,2	3	48,9	200	1082	1142	6,7	nincsen varrat, instabil az ív/nem jó
	56,2	4	48,7	257	1799	1775	10,7	nincsen varrat, instabil az ív/nem jó
	56,1	5	47,1	298	2475	2445	14,8	nincsen varrat kifújja
	56	6	46,6	320	2895	2956	17,6	szort ívű, (nem teljesen folyamatos)/ alsó határ(égeti a kezét)
	56	7	46,5	352	3544	3612	21,5	szort ívű átmenet/nem jó
	55,8	8	46,1	362	4124	3942	24,2	szort ívű átmenet/nem jó

	55,8	9	44,7	408	4606	4543	27,4	szort ívű átmenet/nem jó
Uo Átlag:	56,1							
3/12	Uo {V}	előtolás fokozat	U {V}	I {A}	előtolási seb. 1. (10s) {mm}	előtolási seb. 2. (10s) {mm}	előtolási seb. Átlag {m/min}	megjegyzés
	58,1	1			244	230	1,4	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	58,4	2			229	224	1,4	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	58,6	3	51	250	1061	1013	6,2	nincsen varrat, instabil az ív/nem jó
	58,5	4	49	315	1855	1814	11,0	nincsen varrat, instabil az ív/nem jó
	58,6	5	48,2	351	2743	2695	16,3	állandóan vissza ég nem lehet hegeszteni
	58,6	6			3344	3280	19,9	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	58,1	7			3995	4368	25,1	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	58,5	8			4401	4475	26,6	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
	58,1	9			4880	5000	29,6	A túlnagy áramerősség miatt a huzal vissza égés kockázata nagy ezért már nem mérhető a tartomány/nem jó
Uo Átlag:	58,4							