

Dobránszky János előadásai 2024-ben

Hegesztés



4. előadás
14-es és 15-ös eljárás csoport
Volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztés;
Plazmaívhegesztés

A Hegesztés tantárgy előadási témakörei

1. A hegesztés általános alapfogalmai, a hegesztési eljárások rendszerezése
2. A hegesztés munkabiztonsági és egészségvédelmi vonatkozásai
3. A 13-as eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
4. A 12-es, 72-es, 73-as eljárások alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
5. **A 14-es eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai**
6. **A 15-ös eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai**
7. A 111-es, a 112-es és a 114-es eljárás alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
8. A lánghegesztés (3) alkalmazásai, működése, felszerelései, anyagai
9. A lézeres hegesztés (52) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
10. **Az elektronnyalábos (51) hegesztés alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai**
11. A termikus vágási eljárások (8) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
12. Az ellenállás- (2) és az indukciós (74) hegesztés alkalmazásai, működése, berendezései
13. A termithegesztés (71) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
14. Az ultrahangos hegesztés (41) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
15. A dörzshegesztés (42, 43 + a 44) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
16. A csaphegesztés (78) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
17. A forrasztás (9) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
18. A termikus szórás alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
19. A műanyagok hegesztésének (6) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
20. Az építkező (additív) gyártás hegesztési vonatkozásainak alapismeretei
21. A hegesztett kötések roncsolásmentes anyagvizsgálata
22. A hegesztéstechnológiai tervezés alapismeretei
23. Az anyagok hegesztés során jellemző viselkedésének (hegeszthetőségüknek) az alapjai

A hegesztési eljárások rendszerezése

Ömlesztőhegesztés

Erőhatás nélküli, hegesztőanyaggal vagy a nélkül végzett, helyi megömléssel járó hegesztési folyamat, amelynek során a beolvadási felületnek meg kell olvadni.

Sajtolóhegesztés

Olyan hegesztési eljárás, amelynek során megfelelő mértékű külső erőhatást alkalmaznak annak érdekében, hogy az mindkét érintkező felületen több-kevésbé képlékeny alakváltozást okozzon, általában hegesztőanyag hozzáadása nélkül. Az illeszkedő felületeket hevíteni is lehet a kötés kialakítás megkönnyítése érdekében.

Illesztési felület

A munkadarabnak az a felülete, melyet a másik munkadarab felületével érintkezésbe kell hozni a kötés létrehozásáért.

1. Rendeltetés szerint

Kötőhegesztés
Felrakóhegesztés
Javítóhegesztés

2. A kötéskepződés mechanizmusa szerint

Ömlesztőhegesztés
Sajtolóhegesztés

3. A kivitelezés módja szerint

Kézi hegesztés
Részben gépesített
Gépesített
Automatizált
Robotosított

4. A kötéshez szükséges energia forrása

I. Szilárd test
II. Folyadék
III. Gáz
IV. Villamos kisülés
V. Sugárzás
VI. Mozgó tömeg
VII. Villamos áram
VIII. Egyéb

Az I–IV. esetben az energia közvetlenül adódik át a meghegesztendő anyagnak, míg az V–VII. esetében a fizikai hatás magában az anyagban kelti a hőt, illetve a mechanikai energiát.

Az ömlesztőhegesztési eljárások rendszerezése

Az ömlesztőhegesztés olyan eljárások gyűjtő elnevezése, amelyek fő jellemzője az, hogy az összehegesztendő anyagoknak a kötési zónába eső jelentős része megolvad, egymással, és a szükség esetén adagolt hegesztőanyaggal összekeveredik, majd megszilárdulva létrehozza a varratfémét.

I. Szilárdtestes ömlesztőhegesztés (--)

II. Folyadékös ömlesztőhegesztés

Öntőhegesztés

Termithegesztés (71)

III. Gázös ömlesztőhegesztés

Lánghegesztés (3)

IV. Villamos ívhegesztések

Kézi ívhegesztés (111)

Porbeles elektródás, védőgáz nélküli ívhegesztés (112)

Fedett ívű hegesztések (12)

Huzalelektrodás, védőgázös ívheg. (13)

Nemleolvadó elektródás, védőgázös ívhegesztések (14)

Plazmaívhegesztések (15)

Elektrogázhegesztés (73)

V. Sugárzásös ömlesztőheg.

Lézeres hegesztés (52)

Elektronnyalábös hegesztés (51)

VI. Mozgó tömeges

ömlesztőhegesztések

még nem ismert ilyen ...

VII. Villamos áramos

ömlesztőhegesztések

Salakhegesztés (72)

VIII. Egyéb ömlesztőhegesztések

Hibrid hegesztések

A sajtolóhegesztési eljárások rendszerezése

Sajtolóhegesztés minden olyan eljárás, amelyben kellő nagyságú külső erő okozta képlékeny alakváltozás hozza létre a kötést az összehegesztendő felületeken, általában

I. Szilárd testes sajtolóheg. hegesztőanyag hozzáadása nélkül.

Hevítőelemes hegesztés

Hevítőcsúcsos hegesztés

Hevítőfúvókás hegesztés

Hevítőfúvókás, szegfejes hegesztés

II. Folyadékös sajtolóheg.

Öntéses sajtolóhegesztés

III. Gázos sajtolóheg.

Sajtoló lánghegesztés (47)

IV. Villamos kisüléssel sajtolóheg.

Mágnesesen mozgatott ívű sajtolóheg. (185) [forgóíves sajtolóheg]

Ívkisüléssel sajtolóhegesztés

[ütőhegesztés, (77)]

Ívhúzásos csaphegesztés (783)

Kondenzátorkisütéssel, ívhúzásos csaphegesztés (785)

Kondenzátorkisütéssel, gyújtócsúcsos csaphegesztés (786)

V. Sugárzásos sajtolóheg.

(még nem ismeretes ilyen eljárás)

VI. Mozduló tömeges sajtolóhegesztés

Ultrahangos heg. (41)

Dörzshegesztés (42)

Kavaró dörzsheg. (43)

Robbantásos heg. (441)

Mágneses impulzusos hegesztés (442)

Hidegsajtoló heg. (48)

Hidegzömítő hegesztés

Hátrafolyatásos heg.

Ütközéssel hegesztés

VII. Villamos ellenállás-hegesztés (2)

Ellenállás-ponthegesztés (21)

Ellenállás-vonalhegesztés (22)

Ellenállás-dudorhegesztés (23)

Leolvasztó tompahegesztés (24)

Ellenállás-tompahegesztés (25)

Ellenállás-csaphegesztés (26)

Nagyfrekvenciás ellenállás-heg. (27)

Indukciós hegesztés (74)

VIII. Egyéb energiafajtájú sajtolóheg.

Diffúziós hegesztés (45)

Melegsajtoló hegesztés (49)

Plattírozó hengerléssel hegesztés

Terminológiai frissítés → MSZ ISO/TR 25901-1:2020

2.1.10. Hegesztőanyagok

2.1.10.1. hegesztőanyag (welding consumable) = A varrat készítéséhez felhasznált anyag. 1.megjegyzés: A kifejezés magában foglalja a *hozaganyagot* (és a *segédanyagot*).

2.1.10.2. beolvadóbetét (consumable insert, fusible insert) = *Hozaganyag*, amelyet a *kötés gyökére* helyeznek *hegesztés* előtt, hogy teljes mértékben megolvadva a *varratfém* része legyen.

2.1.10.3. fogyóelektróda (consumable electrode) = *Hegesztés* közben leolvadó és a *varrat* részét képező *elektróda*.

2.1.10.4. hozaganyag (filler material) = *Hegesztőanyag*, amelyet *hegesztés* közben a *varrat* kialakítása céljából adagolnak.

2.1.10.5. hegesztőpálca (filler rod) = **pálca** (rod), **hegesztőelektróda** (welding rod) = Pálca formájú *hozaganyag*, amely része lehet a *hegesztés* áramkörének.

2.1.10.6. tömör hegesztőpálca (solid rod), **tömör pálca** = *Hegesztőpálca*, amely tömör és nem része a *hegesztés* áramkörének.

2.1.10.7. hegesztőhuzal (filler wire) = Huzal formájú *hozaganyag*, része lehet a *hegesztés* áramkörének.

2.1.10.8. fedőpor (flux), **hegesztőpor** (welding flux) = Alapvetően nemfémes *segédanyag*, a *kötés* felületeinek vegyi úton történő tisztítására, a levegő okozta korrózió megelőzésére, és a szennyeződések csökkentésére, vagy azoknak *salak* formájában a felszínre való felúsztatására.

2.1.10.9. salak (slag) = Az *elektróda* bevonatának vagy a *fedőpornak* a megolvadásából származó nemfémes anyag, amely megdermedve részben vagy teljesen befedi a *varratfém*et.

2.1.10.10. védőgáz (shielding gas) = A légkör általi szennyeződés megelőzésére vagy csökkentésére használt gáz.

Terminológiai frissítés → MSZ ISO/TR 25901-1

2.1.11. Hegesztési segédanyagok

2.1.11.1. segédanyag (auxiliary material) = *Hegesztőanyag*, amely nem képezi részét a kész *varratnak*. 1. megjegyzés: Segédanyagok a *védőgázok*, a *fedőporok* stb.

2.1.11.2. gázvédelem (gas shield) = A *hegesztési övezetet* körülvevő gázburok a *hegfürdő* és a környező légkör vegyi reakcióitól való védelmére.

2.1.11.3. követő gázvédelem (trailing gas shield) = *Védőgáz* kiegészítő hozzávezetése a *varrat* és a hegesztési terület védelmére hűlés közben.

2.1.11.6. gyökvédő gáz (backing gas), **gyökgáz** (root gas) = *Gázos gyöktámaszra* használt gáz.

2.1.11.7. gázos gyöktámasz (gas backing) = *Gyöktámasz* gázzal, elsősorban a légkörrel való reakció megelőzése céljából.

2.1.11.11. gyökalátét (material backing) = *Gyöktámasz* valamilyen anyag felhasználásával az olvadt *varratfém* megtámasztására.

2.1.11.14. kezdőlemez (run-on plate), **befutólemez** = Az anyag része, amely túlnyúlik a *kötés* kezdetén, és lehetővé teszi, hogy a kötés elején a *varrat* teljes keresztmetszetében létrejöhessen.

2.1.11.15. kifutólemez (run-off plate) = Az anyag része, amely túlnyúlik a *kötés* (2.1.4.1.) végén, és lehetővé teszi, hogy a kötés végén a *varrat* teljes keresztmetszetében létrejöhessen.

Terminológiai frissítés → MSZ ISO/TR 25901-1

2.3. A hegesztőberendezésekkel kapcsolatos kifejezések

2.3.1. hegesztőberendezés (welding equipment) = *Hegesztéshez* használt önálló készülék.

PÉLDA: áramforrás, huzalelőtoló stb.

2.3.2. hegesztőegység (welding unit) = Segédeszközöket is magába foglaló *hegesztő munkaeszköz*.

PÉLDA: befogó- és rögzítőkészülékek, robot(ok), *manipulátorok* és forgatókészülékek.

2.3.3. hegesztő munkaeszköz (welding installation) = *Hegesztéshez* használt teljes összeállítás, amely *hegesztőberendezésből* és *hegesztési tartozékokból* áll.

2.3.4. manipulátor (manipulator) = A munkadarab tartására és kívánt helyzetbe hozására (billentésére, illetve forgatására) szolgáló készülék.

2.3.5. hegesztési tartozékok (welding accessories) = *Hegesztéshez* használt segédeszközök.

PÉLDA: hegesztőpisztolyok, hegesztőfejek, gázpalackok, kábelek, *égők*, biztonsági eszközök stb.

2.3.6. váltakozó áramú hegesztő-áramforrás (a.c. welding generator) = *Hegesztésre* használt, váltakozó áramot előállító áramforrás.

2.3.7. egyenáramú hegesztő-áramforrás (d.c. welding generator) = *Hegesztésre* (használt, egyenáramot előállító áramforrás).

2.3.8. elektróda (electrode) = Alkatrész, amely villamos energiát továbbít a fémhez *varrat* létrehozása vagy vágás céljából.

2.3.9. égő (torch) = A *hegesztésre*, vágásra vagy a rokon eljárásokhoz használt villamos ívhez szükséges minden funkció továbbítására szolgáló szerkezet. PÉLDA: Továbbíthat áramot, gázt, hűtőfolyadékot vagy huzalelektrodát. → **welding gun, gun = torch with a handle substantially perpendicular to the torch body** → **az égőtestre szinte merőleges markolatú égő; az ISO/TR 25901-4:2016, 2.6.3. kifejezése**

Terminológiai frissítés → MSZ ISO/TR 25901-1

2.4. A hegesztési paraméterekkel kapcsolatos kifejezések

2.4.1. hegesztési paraméterek (welding parameters) = A *hegesztés* egy meghatározott *munkarenddel* történő végrehajtásához szükséges információk. 1. megjegyzés: Példák a hegesztési paraméterekre: *hegesztőanyagok*, hegesztési áramerősség, hegesztési feszültség, *haladási sebesség*, a hegesztés előtti és utáni hevítés ideje és hőmérséklete, a *sorközi hőmérsékletek* és a *varratsorrend*.

2.4.2. hegesztési változó (welding variable) = A *hegesztett* kötés tulajdonságait befolyásoló változó.

2.4.3. hegesztési adatok (welding data) = A *hegesztési változók* számértékei.

2.4.4. lényeges változó (essential variable) = *Hegesztési paraméter*, amely minősítést igényel.

2.4.5. nem lényeges változó (non-essential variable) = A *hegesztési munkarendi előírásban* megadott *hegesztési paraméter*, amely nem igényel minősítést.

2.4.6. hegesztési sebesség (welding speed) = Egy- vagy többsoros *varrat* időegység alatt elkészített hossza.

2.4.7. haladási sebesség (travel speed) = A hőforrásnak a munkadarab(ok)hoz viszonyított mozgási sebessége.

2.4.8. hegesztési idő (welding time) = A *varrat* elkészítéséhez szükséges idő, az előkészítő és a befejező műveletek nélkül.

2.4.9. kitartási idő (dwell time) = Az az idő, amelynek során a hőforrás a lengetés egy-egy szakaszán állva marad.

2.4.10. hőbevitel (heat input) = A *hegesztés* során a varrat környezetébe bevezetett energia.

1. megjegyzés: A hőbevitelt általában egységnyi hosszúságra vonatkoztatva fejezik ki.

Terminológiai frissítés → MSZ ISO/TR 25901-1

2.4. A hegesztési paraméterekkel kapcsolatos kifejezések

2.4.11. csúcsáramidő (heat time) = Az egymást követő áramimpulzusok időtartama.

2.4.12. sorközi hőmérséklet (interpass temperature) = Többsoros *varratban* a legutoljára hegesztett *varratsor* és a szomszédos *alapfém* hőmérséklete a következő sor megkezdése előtt.

1. megjegyzés: Általában a legnagyobb hőmérséklettel fejezik ki.

2.4.13. előmelegítés (preheating) = A munkadarab megfelelő felületének hevítése *hegesztés* előtt, általában az *előmelegítési hőmérséklet* elérése érdekében.

2.4.14. előmelegítési hőmérséklet (preheat temperature) (preheating temperature) = A munkadarab hőmérséklete a *hegesztési övezetben* közvetlenül a *hegesztés* végrehajtása előtt.

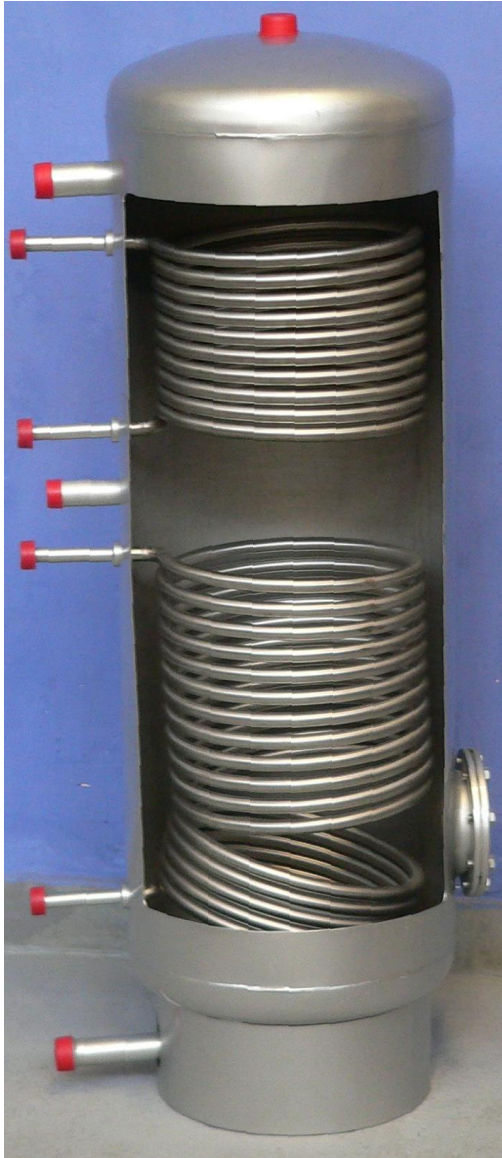
2.4.15. előmelegítés-fenntartási hőmérséklet (preheat maintenance temperature) = A *hegesztési övezet* legkisebb hőmérséklete, amelyet fenn kell tartani, ha a *hegesztés* megszakad.

2.4.16. utóhőkezelés (post-weld heat treatment), **hegesztés utáni hőkezelés** = A munkadarab hevítése *hegesztés* (2.1.1.1.), keményforrasztás, lágyforrasztás, termikus szórás vagy vágás után.

1. megjegyzés: Hegesztés utáni hőkezelést általában feszültségcsökkentő kezelésként alkalmaznak.

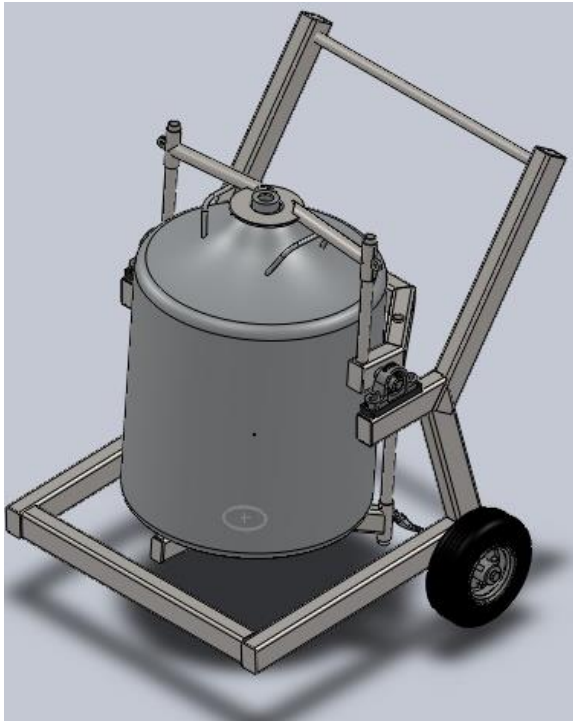
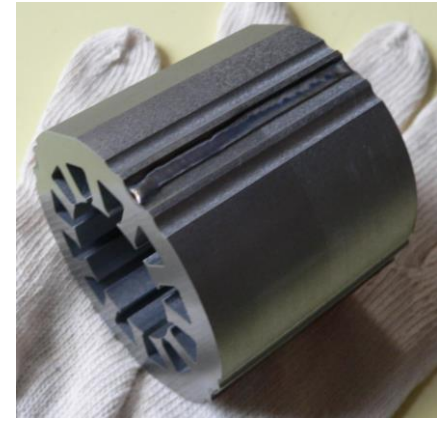
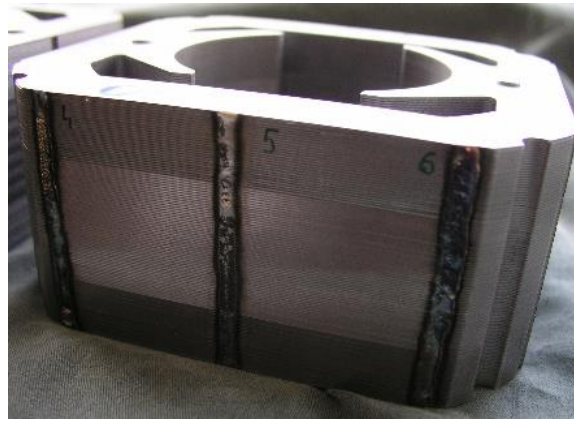
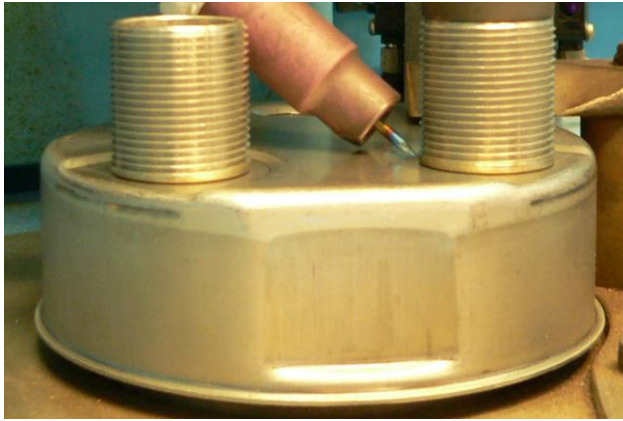
Alkalmazási példák → 14-es eljáráscsoport

Rozsdamentes acél tartályok: Dinox-H, Patent, TR-Acél
Öntvényjavítás: MAGYARMET
Csőhegesztés: ACIS Complex
Hőcserélők gyártása: GEA-EGI

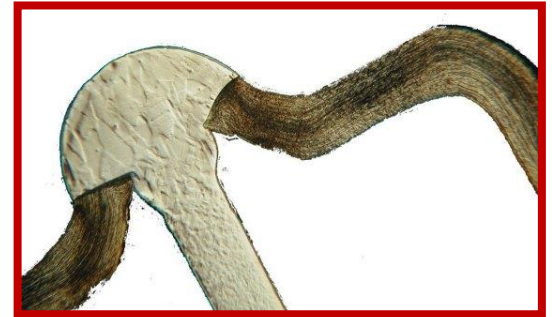
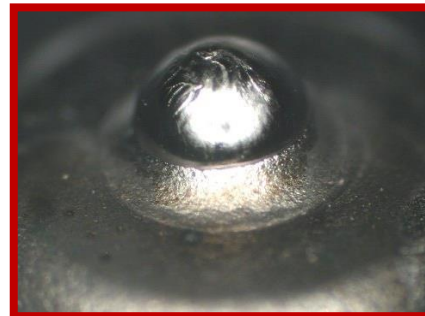
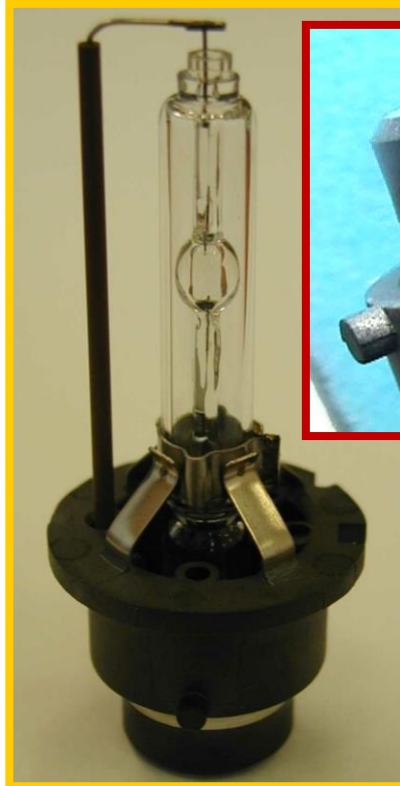
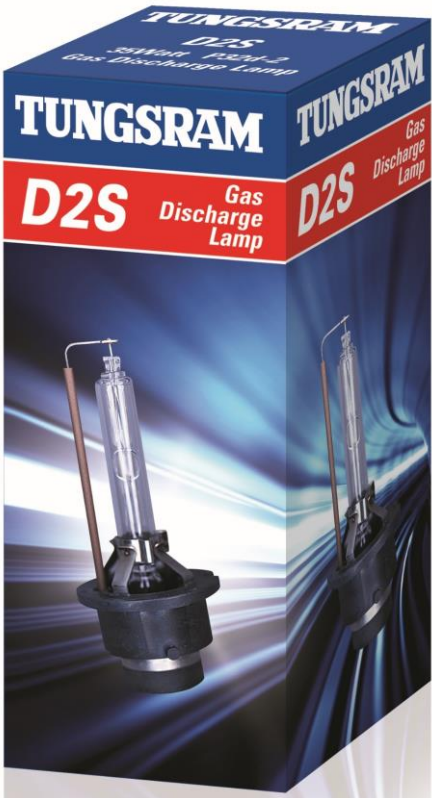
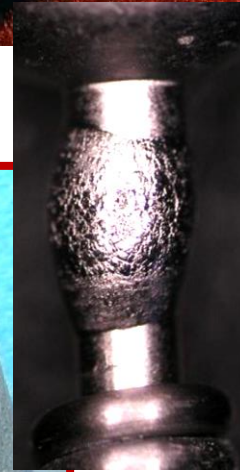
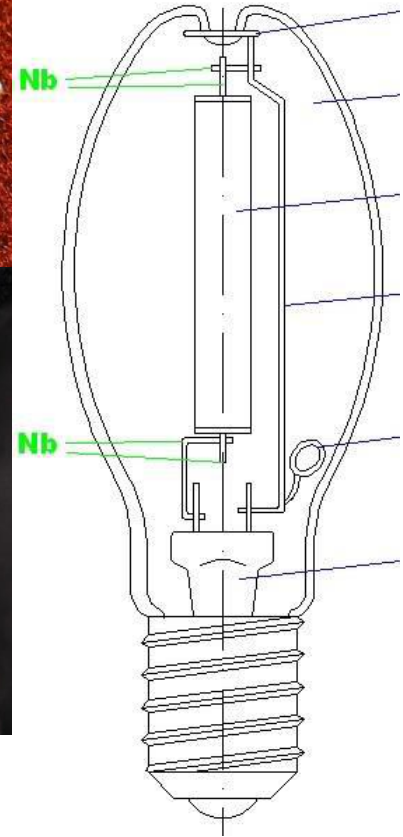


Alkalmazási példák → 14-es és 15-ös eljáráscsoport

Búvárszivattyú: Grundfos, Villanymotor-vasmag: Kienle-Spiess

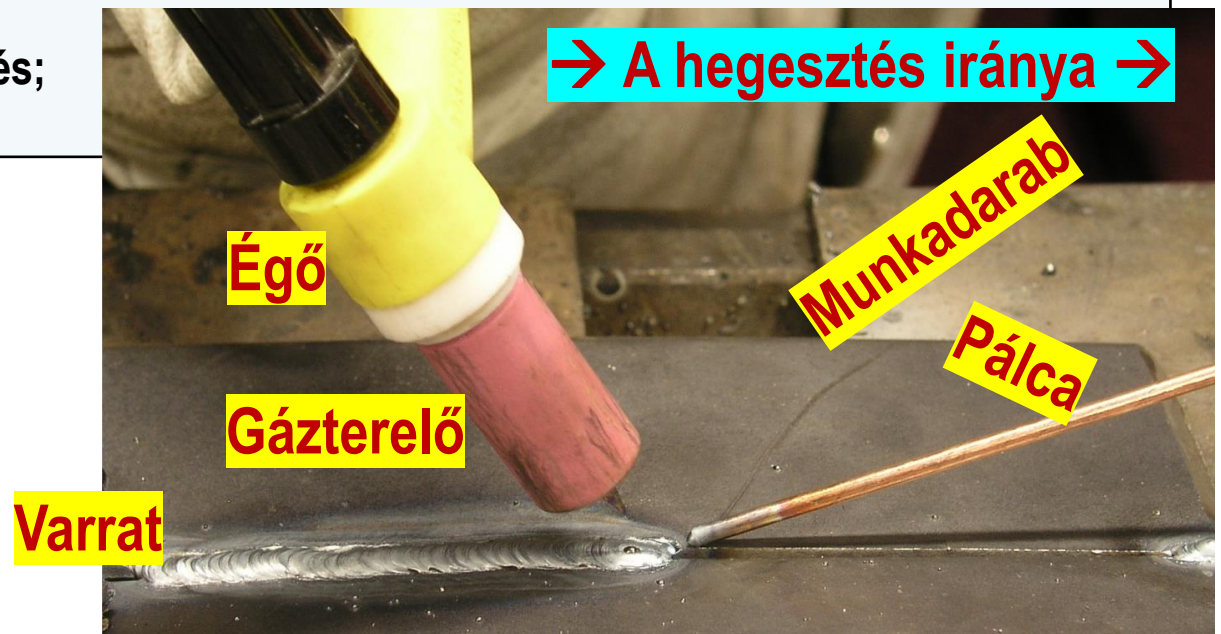


Alkalmazási példák → 14-es és 15-ös eljáráscsoport



MSZ EN ISO 4063:2016

14	Volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztés (TIG-hegesztés)
141	Tömör hozaganyag os, volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; tömör hozaganyag os TIG-hegesztés
142	Hozaganyag nélküli , volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; hozaganyag nélküli TIG-hegesztés
143	Porbeles hozaganyag os, volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; porbeles hozaganyag os TIG-hegesztés
145	Tömör hozaganyaggal és redukáló gázzal végzett, volfrámelektrodás ívhegesztés; tömör hozaganyaggal és redukáló gázzal végzett, TIG-hegesztés
146	Porbeles hozaganyaggal és redukáló gázzal végzett, volfrámelektrodás ívhegesztés; porbeles hozaganyaggal és redukáló gázzal végzett, TIG-hegesztés
147	Volfrámelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés; TAG -hegesztés



Hegesztési tartozékok: az égő (hegesztőégő, TIG-égő)

a hegesztésre, vágásra vagy a rokon eljárásokhoz használt **villamos ívhez szükséges minden funkció** továbbítására szolgáló szerkezet

**Gázhűtéses
TIG-égő**

Szorítócsavar

Hővédő közgyűrű

**Gázlencsés
áramátadó**

Gázlencse

Gázterelő

Áramátadó

Szorítóhüvely

Markolat

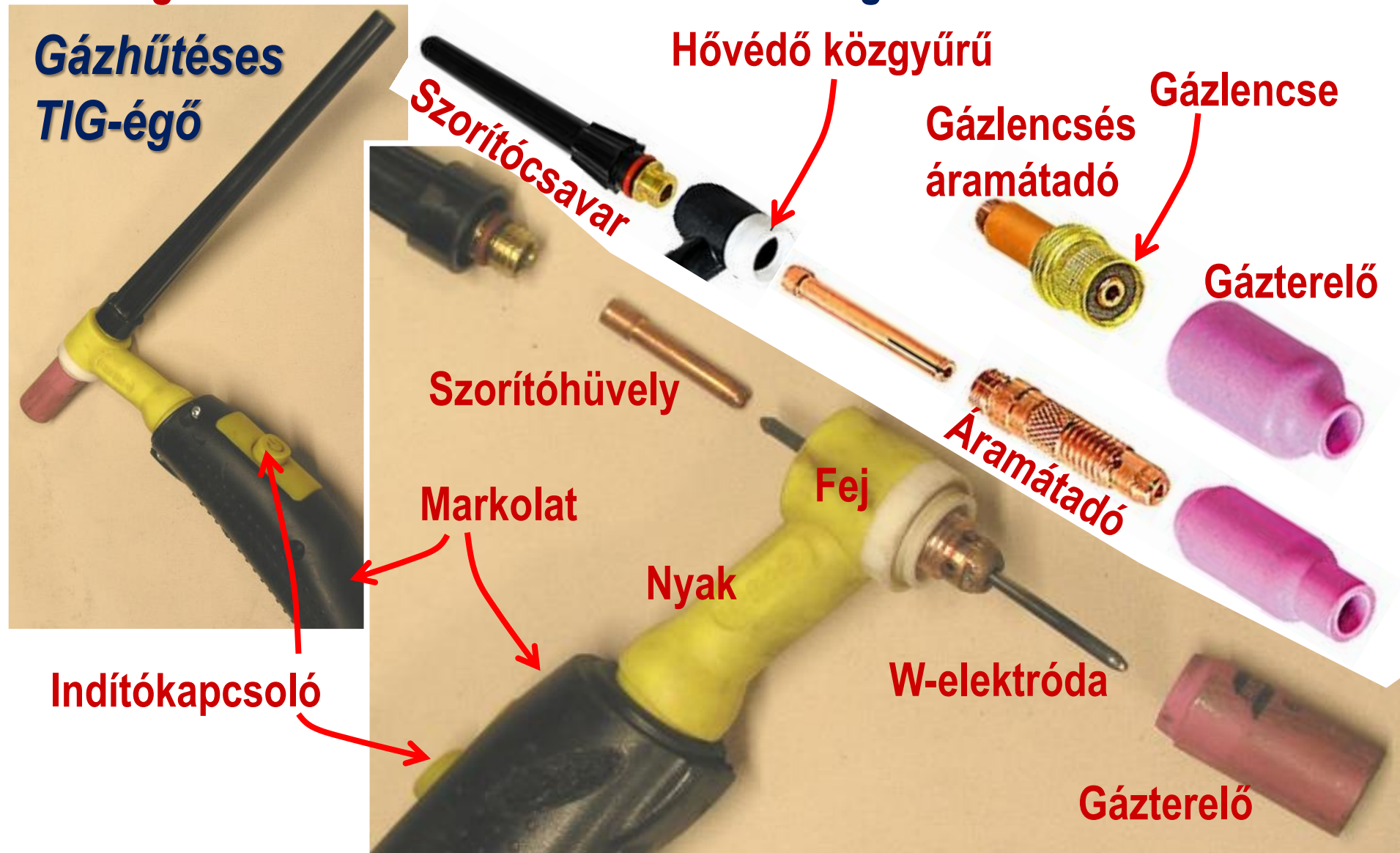
Fej

Nyak

W-elektroda

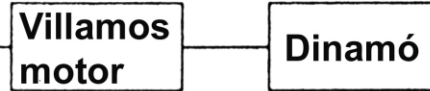
Indítókapcsoló

Gázterelő



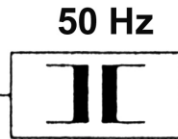
Hegesztőberendezések → hegesztő-áramforrások

1910: Hegesztődinamó
Hegesztőgenerátor



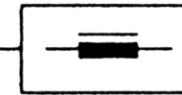
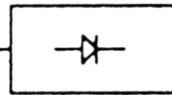
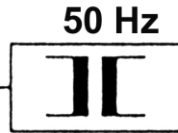
Hagyományos áramforrások
Hegesztőgenerátor

1920: Hegesztő
transzformátor



Hegesztőtranszformátor

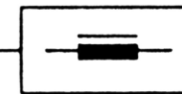
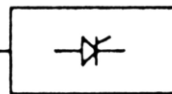
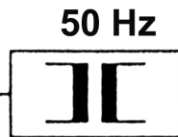
1950: Diódás
hegesztő
egyenirányító



Diódás ...

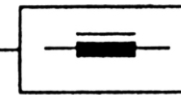
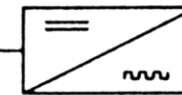
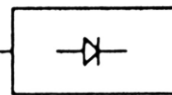
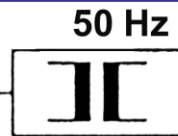
Hegesztő-egyenirányító

1970: Tirisztoros
hegesztő
egyenirányító

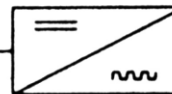
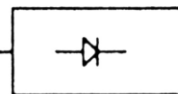


Tirisztoros ...

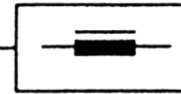
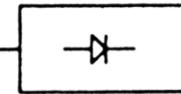
1980: Egyenáramú
szaggató



1980: Hegesztő inverter



5...100 kHz



Hegesztőinverter

Elektronikus áramforrások

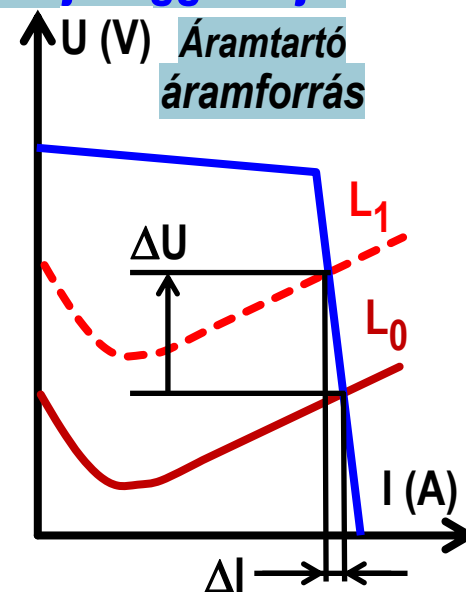
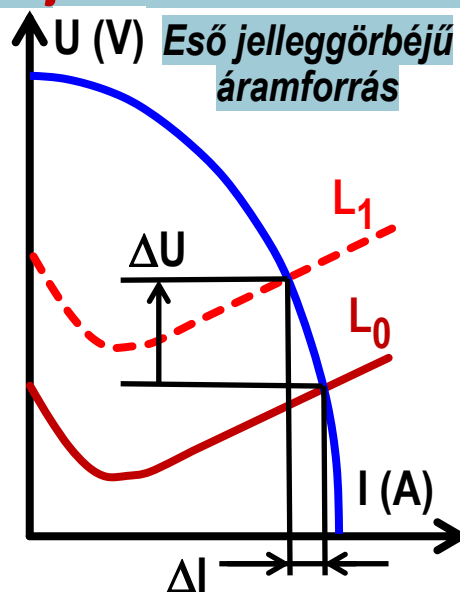
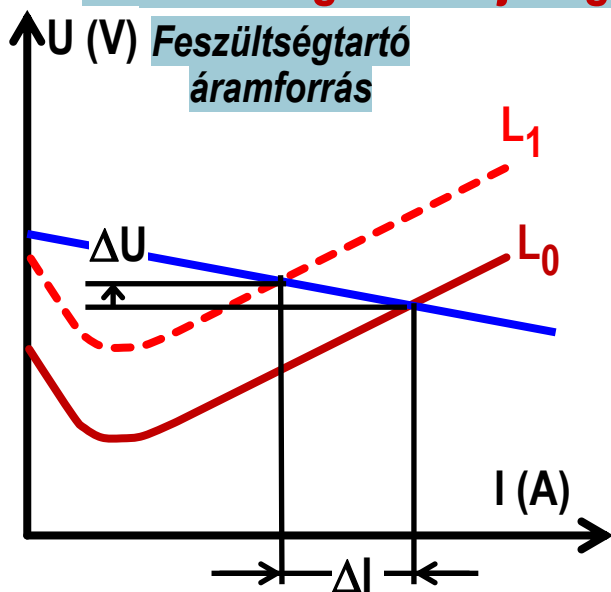
Az áramforrások főbb üzemtani jellemzői

- **Áramfajta:** állandó / impulzusos ($f = 0\text{--}500\text{ Hz}$, $0\text{--}10\text{ kHz}$)
- **Áramnem:** DC, AC, AC + DC; → **Polaritás:** egyenes (–) / fordított (+)
- Eljárás: a TIG-hegesztés mellett + kézi ívhegesztés
- Aggregátorról is használható? Vízhűtés? Lábpedál?
- Automatikus tápfeszültség-kompenzálás $\pm 15\%$ → ***Ez hasznos!***
- Vázszerkezet, védett vezérlőpanel, hordszíj, súly és méret, kerék, emelőfül, csatlakoztatások, digitális kijelző (V/A/f), wifi, memória

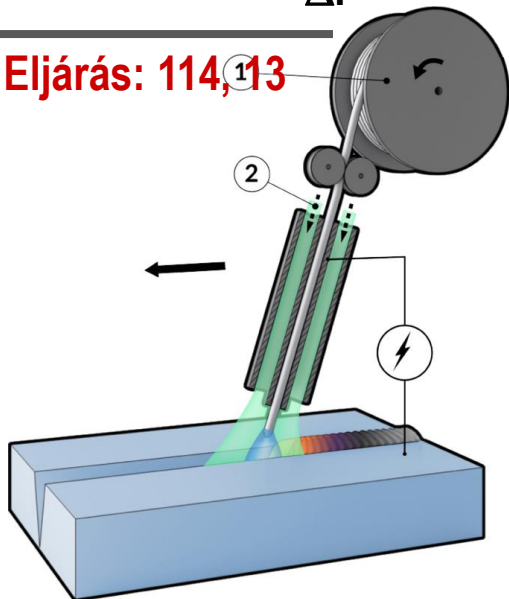
- **Ívgyújtás:** érintéses (nem ajánlott, de olcsó), nagyfrekvenciás gyújtás
- Bekapcsolási üzemmódok: 2 ütemes / 4 ütemes
- Impulzuszabályozás → lásd a terminológiai fogalmakat fentebb
- Polaritásváltás (az ívgyújtást segíti)
- Ívponthegesztési funkció
- „Advanced functions”: Quick start, Dynamic arc, Quick spot, Multitack, Mix AC/DC, Mix TIG, Extra fusion stb.

A hegesztő-áramforrások szabályozási elvének vázlatja

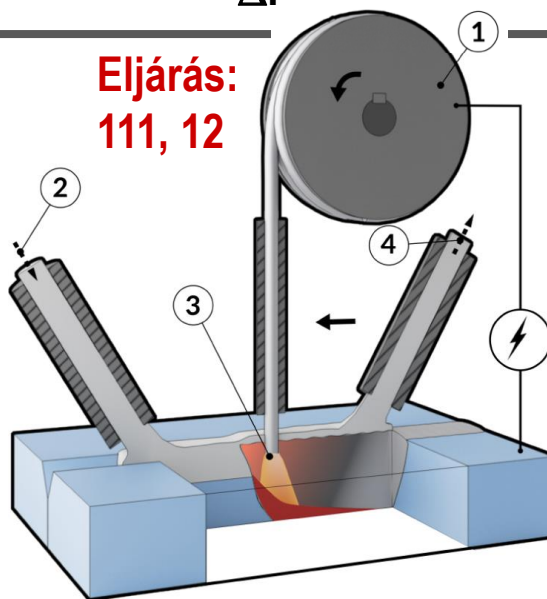
A stabil hegesztőív jelleggörbéje + az áramforrás statikus jelleggörbéje.



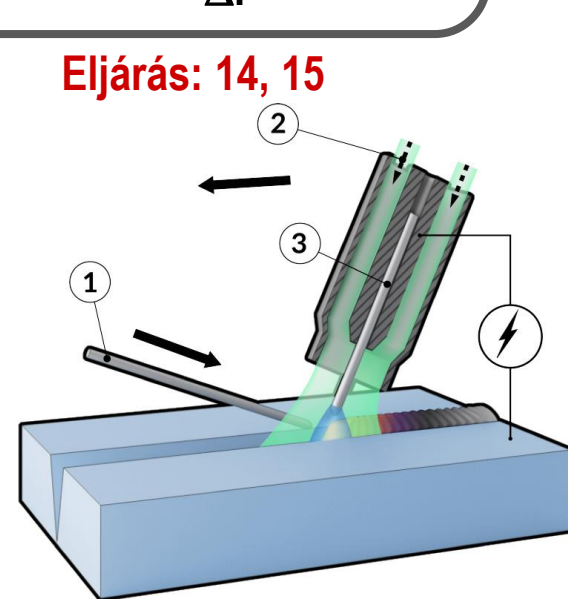
Eljárás: 114, 113



Eljárás: 111, 112

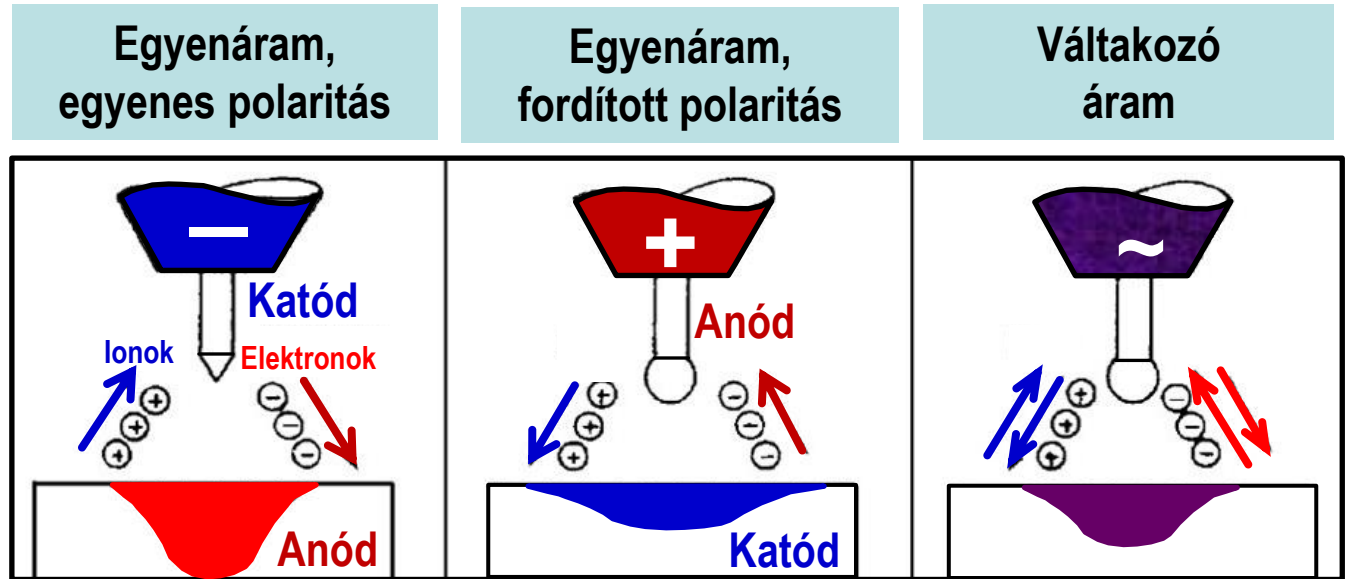


Eljárás: 14, 15



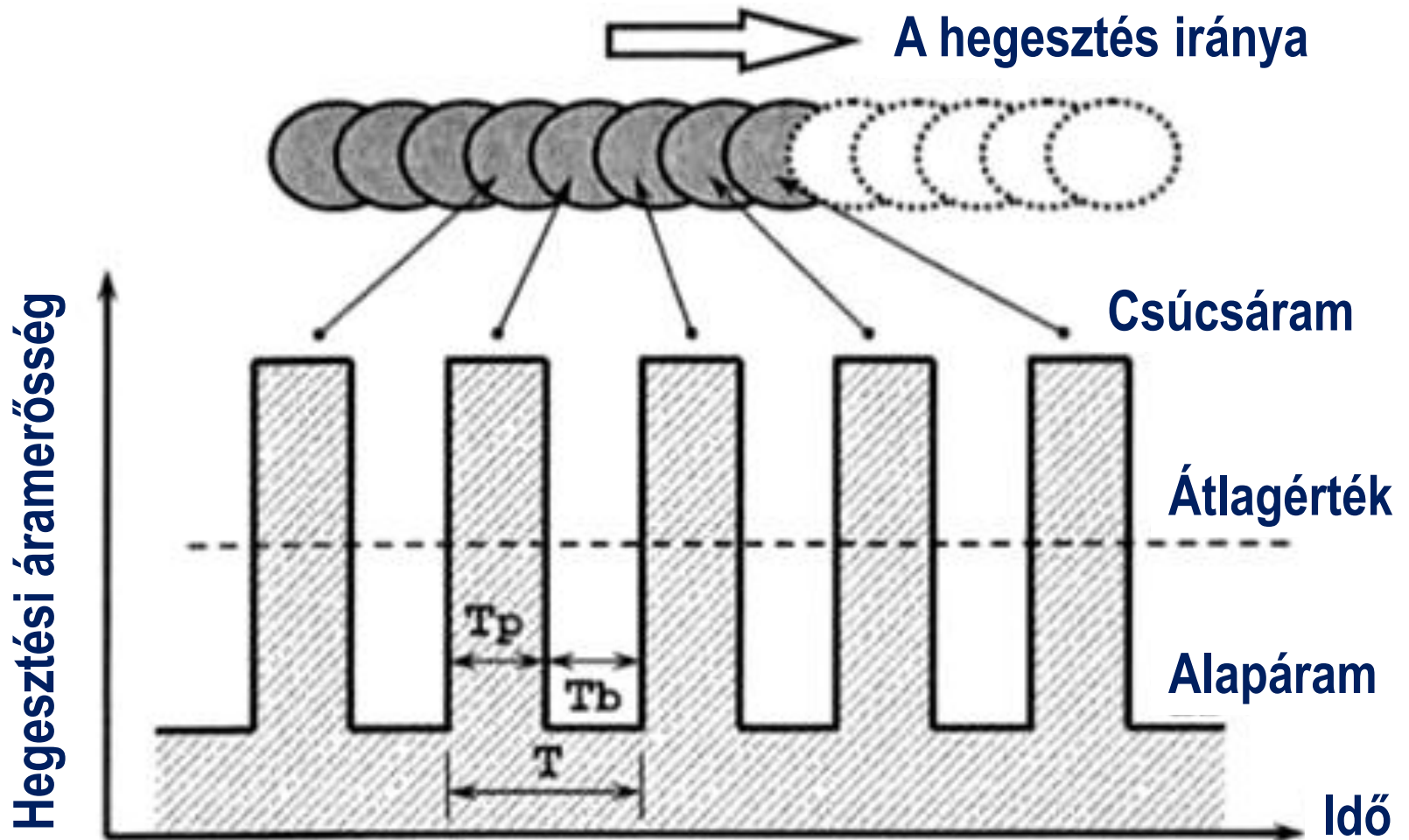
Az áramnem és a polaritás hatásai

Elektronok
és
Lassú, nehéz
ionok

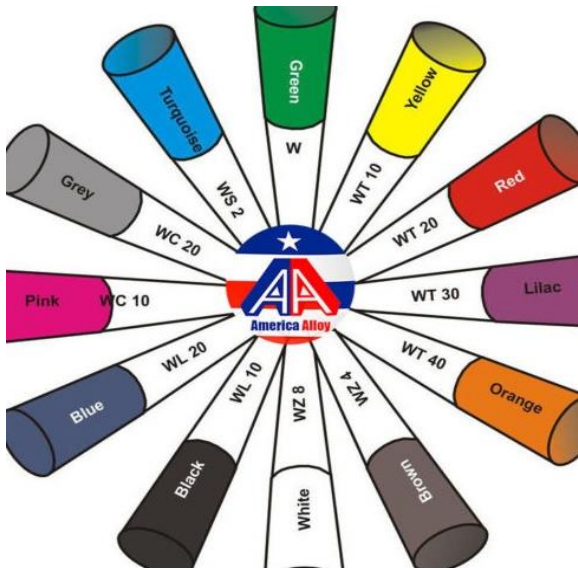


Beolvadás	Mély	Sekély	Közepes
Oxidbontás	Nem érvényesül	Kiváló	Jó
Alumíniumhegesztés?	Nem	Igen, de inkább ne	Igen
Hőmegoszlás az ívben	2 / 1	2 / 1	1 / 1
Elektróda-élettartam	Hosszú	Nagyon rövid	Közepes
Ívstabilitás	Kiváló	Jó	Közepes

Az áramerősség változása impulzusos hegesztés során



$T = \text{ciklusidő} = T_p + T_b \rightarrow \text{frekvencia} = 1 / T$
($T_p = \text{csúcsáramidő}$, $T_b = \text{alapáramidő}$)



NEW!!! **WX**

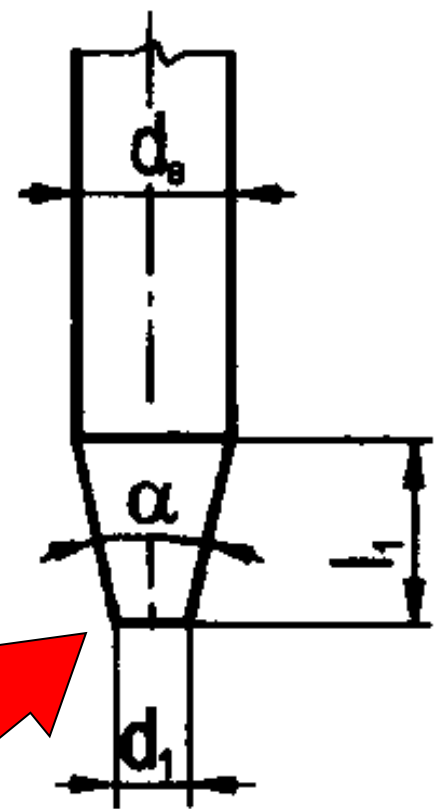
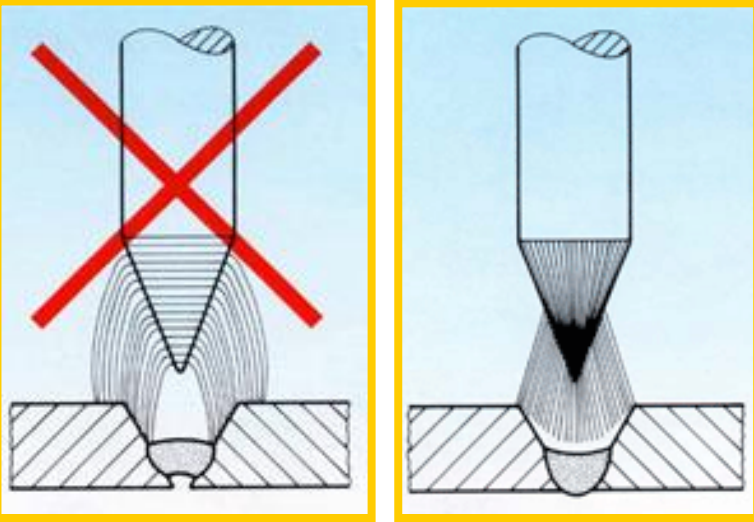
Szabványos volfrámelektroda-típusok

MSZ EN ISO 6848:2016 – Ívhegesztés és -vágás.

Nem leolvadó volfrámelektrodák. Osztályba sorolás (ISO 6848:2015)

Jelölés	Fő adalék	Tömeg%	Színjelölés	RGB-színkód
WP	–	–	Zöld	#008000
WCe 20	CeO ₂	1,8–2,2	Szürke	#808080
WLa 10	La ₂ O ₃	0,8–1,2	Fekete	#000000
WLa 15	La ₂ O ₃	1,3–1,7	Arany	#FFD700
WLa 20	La ₂ O ₃	1,8–2,2	Kék	#0000FF
WTh 10	ThO ₂	0,8–1,2	Sárga	#FFFF00
WTh 20	ThO ₂	1,7–2,2	Vörös	#FF0000
WTh 30	ThO ₂	2,8–3,2	Ibolyakék	#EE82EE
WZr 3	ZrO ₂	0,15–0,50	Barna	#A52A2A
WZr 8	ZrO ₂	0,7–0,9	Fehér	#FFFFFF

A volfrámelektrodák köszörülése

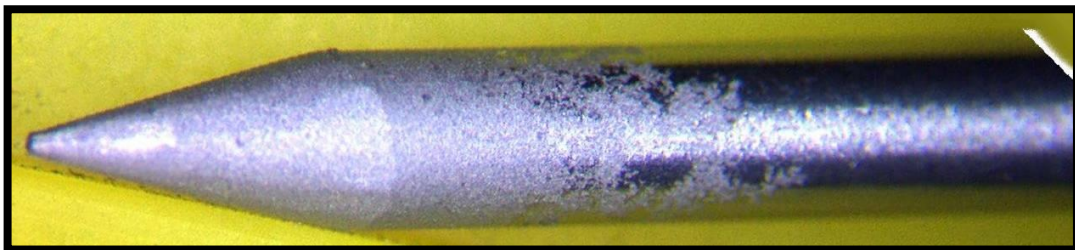
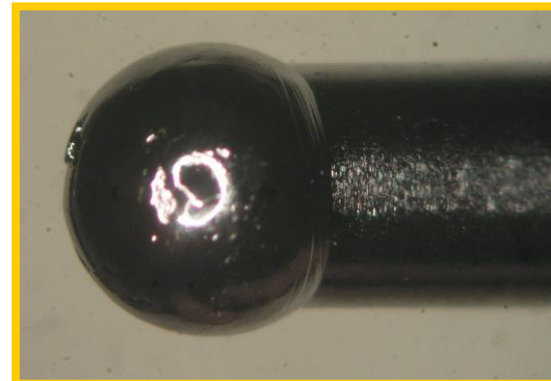
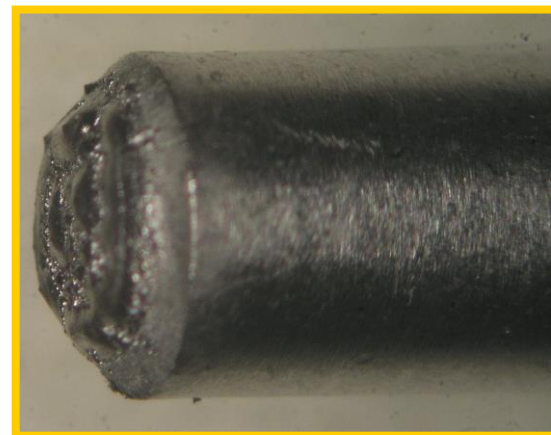
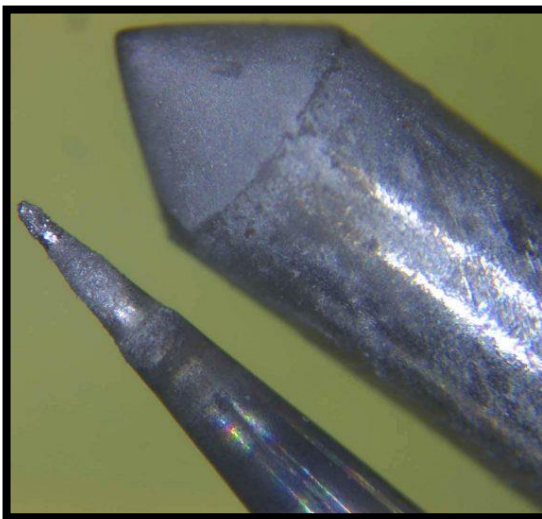
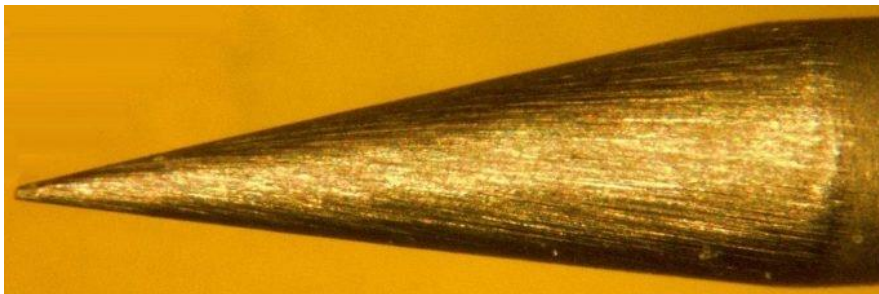
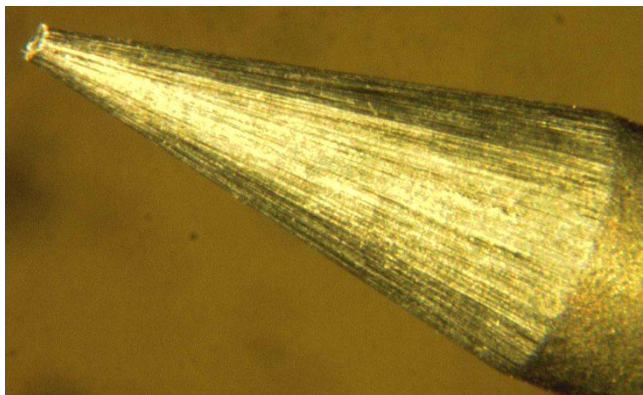
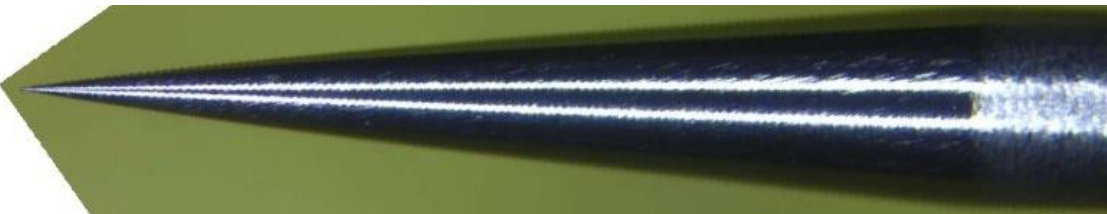


TOMPÍTÁS →

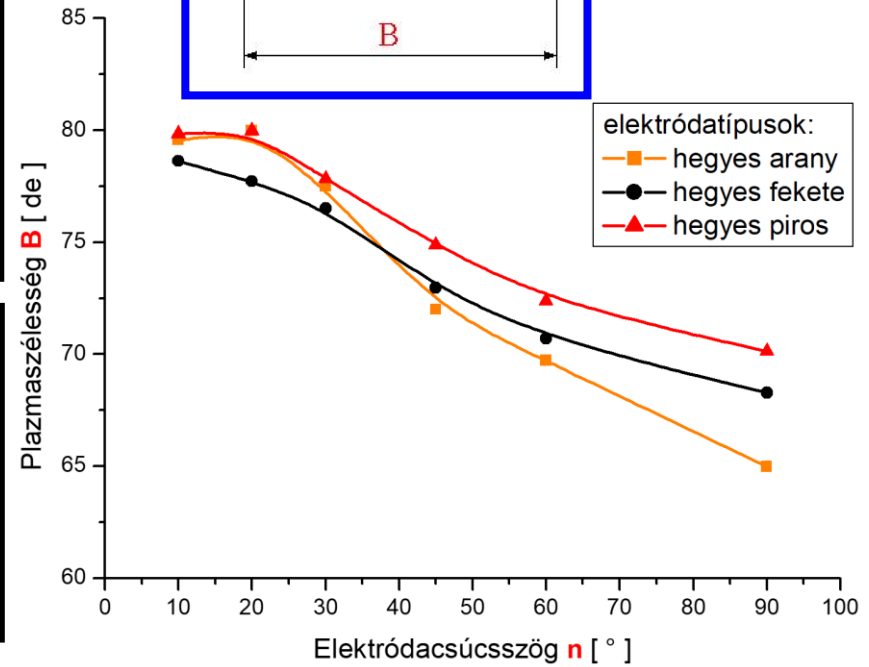
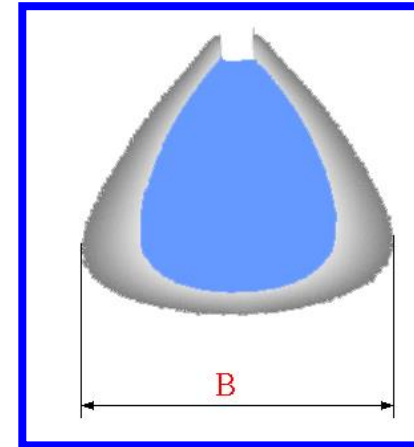
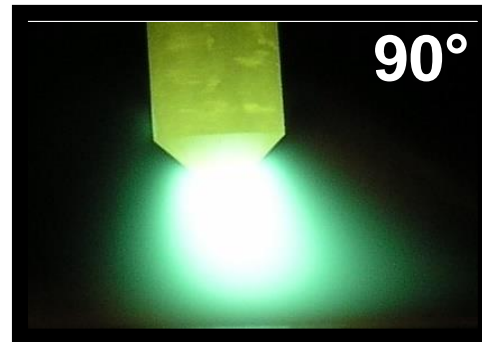
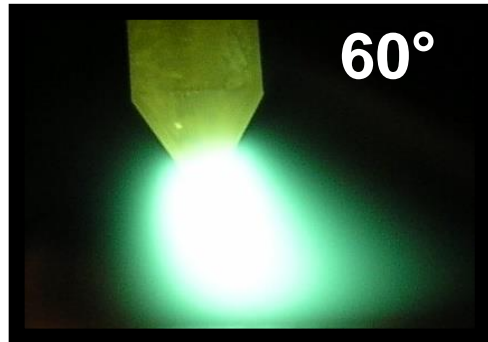
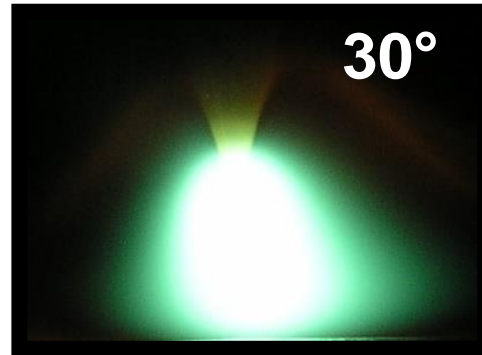
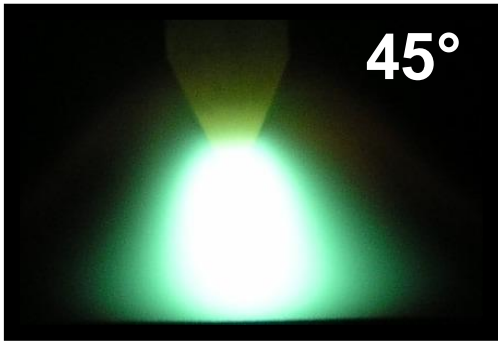
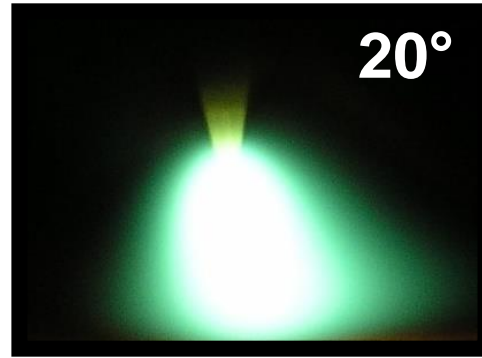
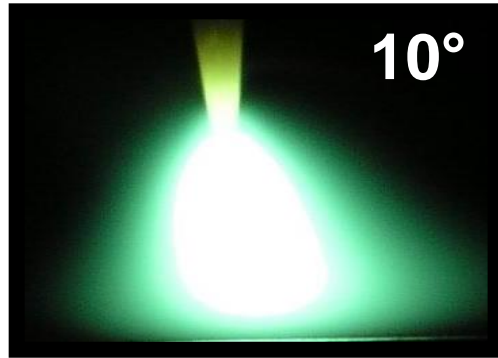


d_e, mm	l, mm	d_1, mm	l_1, mm
1,0	2,5	0,5	1,2
1,6	4,0	0,8	2,0
2,4	6,0	1,2	3,0
3,2	8,0	1,6	4,0
4,0	10,0	2,0	5,0

Elektródakopás



A stabilan égő hegesztőív képe

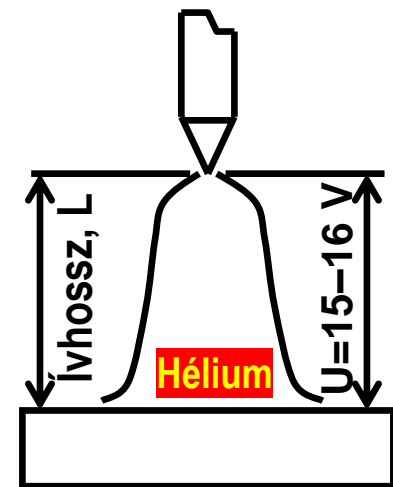
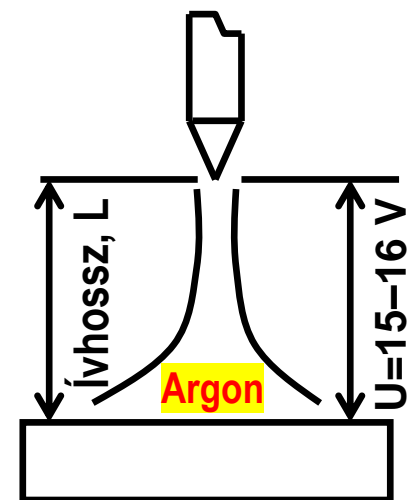
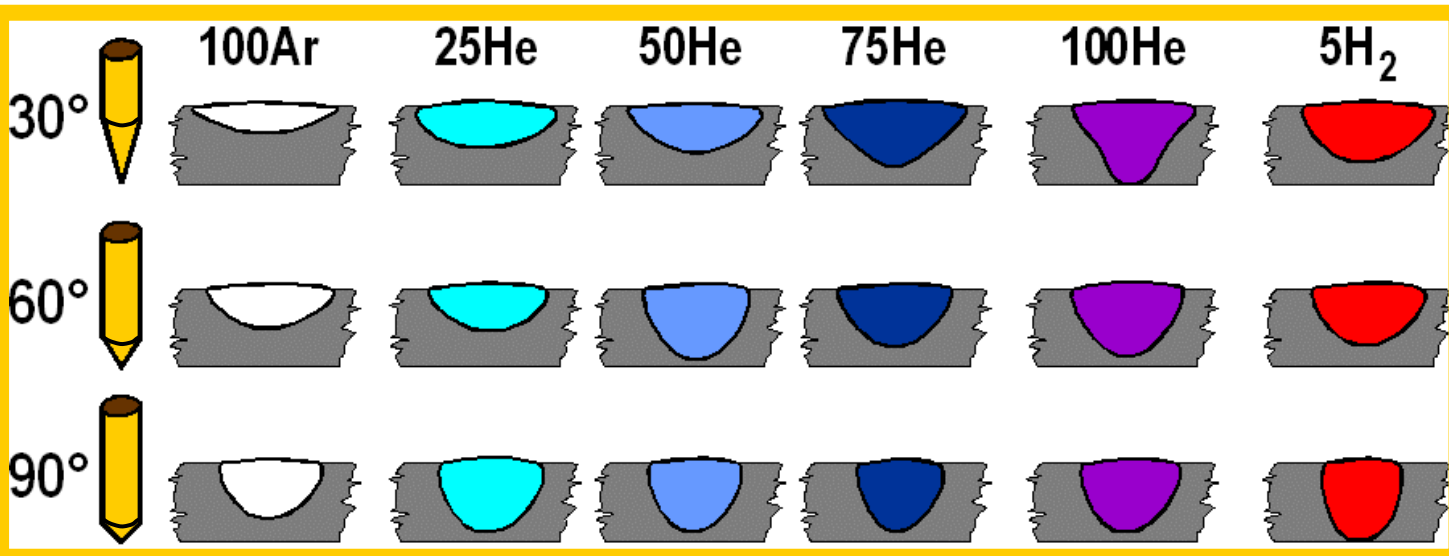


A védőgáz szerepe

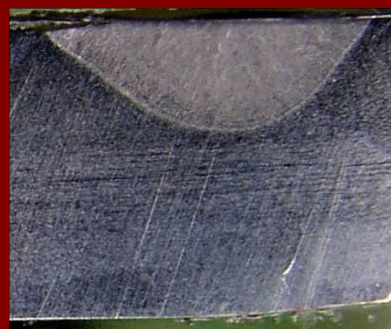
- **Védi** a volfrámelektrodát és az ömledéket a levegő káros hatásaitól.
- Kis ionizációs potenciálja révén **segíti** az ívgyújtását és az ívújragyújtást.
- **Biztosítja** az ív / plazma alapanyát, melynek hőtartalmával és hővezető képességével **segíti** a megolvadást
- Gázhűtéses pisztoly esetén **hűti** a volfrámelektrodát és a pisztoly belső szerkezeti elemeit



A védőgáz és a volfrámelektroda-csúcskialakításának együttes hatása



Áramerősség = 110 A, Lemezvastagság = 4,0 mm
 Anyag: 1.4301 ausztenites korrózióálló acél



Argon

Ar + 30 % He

Ar + 6,5 % H₂

Hegesztőpálcák

OK Tigrod 12.64

Általános leírás

Rézbevonatos W4Si1/ER70S-6 típusú hegesztőpálca ötvözetlen és gyengén ötvözött szerkezeti acélok általános célú, **védőgázos** volfrámelektrodás ívhegesztéséhez. Védőgázként általában argont alkalmaznak. Az OK Tigrod 12.61 típushoz képest az OK Tigrod 12.64 magasabb szilícium- és mangántartalma növelt szilárdsági értékeket eredményez. A magasabb szilícium továbbá csökkenti a felületi szennyeződésekre való érzékenységet és tetszetős varratfelszínt segít kialakítani.

Besorolás

EN ISO 636-A W 46 3 W4Si1 (varratfém)
EN ISO 636-A W4Si1
SFA/AWS A5.18 ER70S-6

Jóváhagyások

ABS 3Y
BV 3YM
CE EN 13479
DNV III YM
GL 3Y
LR 3 3Y
VdTÜV 05260

Védőgáz (EN ISO 14175)
I1

Egyéb adatok

A hegesztőpálcák hossza: 1000 mm.
Forgalmazott átmérők: 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 és 4,0 mm.
Az egységnyi csomagolás tömege: 5kg.

MSZ EN ISO 636:2017 Hegesztőanyagok. Pálcák, huzalok és hegesztési ömledék ötvözetlen és finomszemcsés acélok volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás (ISO 636:2017)

Varratfém átlagos vegyi összetétele, %

I1 védőgázzal (100% Ar)

C	Si	Mn	P, S
0,08	0,8	1,28	0,025

Varratfém mechanikai jellemzői

	EN	AWS
Folyáshatár (Mpa)	525	400
Szakítószilárdság (Mpa)	595	480
Nyúlás (%)	26	22

Ütőmunka (KV)

Vizsgálati hőmérséklet	Ütőmunka (J)	
	EN	AWS
-29°C		27
-30°C	70	

Hegesztőpálcák

OK Tigrod 13.12

SFA/AWS A 5.28: ER 80S-G
EN ISO 21952-A: W CrMo1Si
EN ISO 21952-B: W55 1CM3

Alapanyagok:

13CrMo 4-5, G17CrMo 5-5 és egyebek

Jóváhagyások:

TÜV 04952

Védőgáz (EN ISO 14175): I1

Varratfém: EN ISO 21952-A: W CrMo1Si
EN ISO 21952-B: W 55 1CM3
SFA/AWS A5.28: ER 80S-G

Hegesztőáram: = (-)

Egyéb adatok: W. Nr. 1.7339

Rézbevonatos W CrMo1Si/ER80S-G típusú hegesztőpálcá gyengén ötvözött acélok **védőgázos** volfrámelektrodás ívhegesztéséhez. Védőgázként általában argont alkalmaznak. Alkalmazható az 1% króm, 0,5% molibdén ötvözésű melegszilárd anyagok **TIG**-hegesztéséhez ~450°C üzemi hőmérsékletig, valamint nagyszilárdságú acélokhoz 550 MPa folyáshatárig.

Varratfém átlagos vegyi összetétele (%):

C	Si	Mn	Cr	Mo
0,10	0,60	1,00	1,10	0,50

Varratfém átlagos mechanikai jellemzői:

Vizsgálat	Állapot	Védőgáz	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₅ (A ₄) %	KV (J)/ °C				
						+20	-20	-30	-40	-60
AWS	TZ 0	I1	720	560	(24)	120	50	40	20	20
EN	TZ 1	I1	650	560	26	180				

TZ 0 - utólagos hőkezelés nélkül, TZ 1 – feszültségmentesítve 700°C/0,5h

MSZ EN ISO 21952:2012 Hegesztőanyagok. Huzalelektrodák, hegesztőhuzalok, hegesztőpálcák és hegesztési ömledék melegszilárd acélok védőgázos ívhegesztéséhez

Hegesztőpálcák

OK Tigrod 308LSi

(OK Tigrod 16.12)

SFA/AWS A5.9: ER308LSi

EN ISO 14343-A: W 19 9 LSi

Alapanyagok:

AISI 304, 304L,

W. Nr.: 1.4301; 1.4306; 1.4541; 1.4550 és egyebek

Jóváhagyások:

CE EN 13479

DB 43.039.11

DNV 308L

TÜV 05335

Hegesztőhuzal átlagos vegyi összetétele (%):

C	Si	Mn	Cr	Ni
<0,03	0,85	1,80	20,00	10,00

Védőgáz (EN ISO 14175): I1

Hegesztőáram: = (+)

Kiszerezések: Ø 1,0, 1,2, 1,6, 2,0, 2,4 és 3,2 mm

A hegesztőpálcák hossza: 1000 mm

Az egységnyi csomagolás tömege: 5 kg

18Cr10Ni ötvöztetésű (AISI 308L) hegesztőpálca argonvédőgázos volfrámelektrodás ívhegesztéshez. Ezen ötvözet különösen alkalmas a szemcseközi korrózió veszélyes helyekre az alacsony karbontartalma miatt, de nagyon jó az általános korrózióállósága is. Alkalmas továbbá nióbbiummal vagy titánnal stabilizált acélok hegesztéséhez is (AISI 347), ha a varrat helyén az üzemi hőmérséklet nem éri el a 350 °C-ot. Használható még krómötvöztetésű ferrites vagy ferrit-martenzites korrózióálló acélok hegesztéséhez is, amennyiben a varrat nem fog kéntartalmú közeggel érintkezni. A magasabb szilíciumtartalom révén jobb nedvesítő tulajdonságú az ömledéke. Széleskörben alkalmazzák a vegyi- és élelmiszeriparban különféle csővezetékek, berendezések és boilerok hegesztőanyagaként.

Varratfém átlagos mechanikai jellemzői:

Vizsgálat	Állapot	Védőgáz	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₅ %	KV (J)/ °C			
						+20	-60	-110	-196
EN	TZ 0	I1	625	482	37	170	150	140	100

TZ 0 - utólagos hőkezelés nélkül

MSZ EN ISO 14343:2017 Hegesztőanyagok. Huzal-, szalagelektrodák, hegesztőhuzalok és -pálcák korrózióálló és hőálló acélok ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás (ISO 14343:2017)

Hegesztőpálcák

OK Tigrod 4043

(OK Tigrod 18.04)

SFA/AWS A5.10: R 4043

EN ISO 18273: S Al 4043 (AlSi5)

S Al 4043A (AlSi5 [A])

Alapanyagok:

AlMgSi0,5, AlMgSi1, AlMgSi1Cu, G-AlSi6Cu4 és egyebek

Jóváhagyások:

CE EN 13479 DB 61.039.06

CWB

Védőgáz (EN ISO 14175): I1, I3

Hegesztőáram:

Egyéb adatok: W. Nr. 3.2245

Kiszerezések: Ø 1,6, 2,0, 2,4 és 3,2 mm

OK Tigrod 1450

(OK Tigrod 18.11)

EN ISO 18273: S Al 1450 (Al99,5Ti)

SFA/AWS: (ER1450)

Alapanyagok:

Al99,5; Al99 és egyebek

Jóváhagyások:

TÜV 04663

Védőgáz (EN ISO 14175): I1, I3

Hegesztőáram:

Kiszerezések: Ø 1,6, 2,0, 2,4 és 3,2 mm

A hegesztőpálcák hossza: 1000 mm

Az egyik legelterjedtebben alkalmazott hegesztőpálcá. Általában AlMgSi illetve AlSi ötvözetekhez használják, 7% szilíciumtartalomig. A szilícium ötvözésnek köszönhetően a varratfém könnyen kezelhető (jó „nedvesítő” hatás). A varrat nem repedésérzékeny, felülete pedig fényes, majdnem tökéletesen kormozódásmentes. Eloxálása (anódos oxidálása) nem ajánlott. Nem hőkezelhető.

Varratfém átlagos vegyi összetétele (%):

Si	Mn	Al	Fe	Zn
5,00	< 0,05	maradék	< 0,60	< 0,10

Varratfém átlagos mechanikai jellemzői:

Vizsgálat	Védőgáz	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₅ %
EN	I1	165	55	18

Titánnal mikroötvözött alumínium hegesztőpálcá, erős korrózió- és időjárásállósággal. A szemcsefinomodást okozó titánötvözés miatt a varrat repedésérzékenysége jelentősen csökkent. Jó hegesztési tulajdonságai vannak. Ha szükséges a varrat fényes felülete „eloxálással” (anódos oxidálással) elérhető. Nem hőkezelhető.

Varratfém átlagos vegyi összetétele (%):

Si	Mn	Al	Fe	Ti
< 0,25	0,05	> 99,5	< 0,40	0,15

Varratfém átlagos mechanikai jellemzői:

Vizsgálat	Védőgáz	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₅ %
EN	I1	90	40	35

MSZ EN ISO 18273:2016 Hegesztőanyagok. Huzalelektrodák, hegesztőhuzalok és hegesztőpálcák alumínium és alumíniumötvözetek hegesztéséhez

OK Tigrod 5356

OK Tigrod 18.15

Hegesztőpálcák

Általános leírás

Az OK Tigrod 5356 az "általános" **TIG**- hegesztőpálca, mivel a legszélesebb körben elterjedten alkalmazzák. Leggyakrabban viszonylag magas folyáshatára miatt választják. A magnézium-szilícium ötvözésű alapanyagok (5xxx sorozat) OK Tigrod 5356-val hegesztett kötéseik érzékenyvé válhatnak a feszültségkorrózióra, amennyiben a varrat magnéziumtartalma 3% fölötti és az üzemi hőmérséklet eléri a 65°C-ot. Nem hőkezelhető.

Védőgáz (EN ISO 14175)

I1, I3

Polaritás

AC

Besorolás

EN ISO 18273 S Al 5356 (AlMg5Cr(A))
SFA/AWS A5.10 R5356

Jóváhagyások

VdTÜV 04665
CE EN 13479
DB 61.039.02
CWB AWS A5.10 (Item no ending with A)

Hegesztőhuzal átlagos vegyi összetétele, %

Al	Si(max)	Fe(max)	V(max)	Mn	Cu(max)
maradék	0,25	0,4	-	0,1-0,2	0,1
Ti	Zn(max)	Mg	Zr(max)	Cr	Egyéb
0,06-0,2	0,1	4,5-5,5	-	0,05-0,2	max0,15

Varratfém átlagos mechanikai jellemzői

Folyáshatár (MPa)	110
Szakítószilárdság (MPa)	235
Nyúlás (%)	17

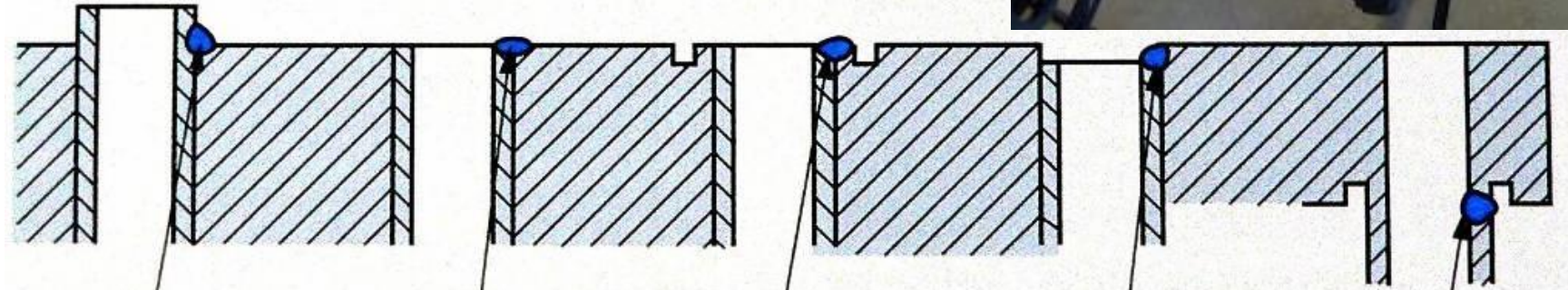
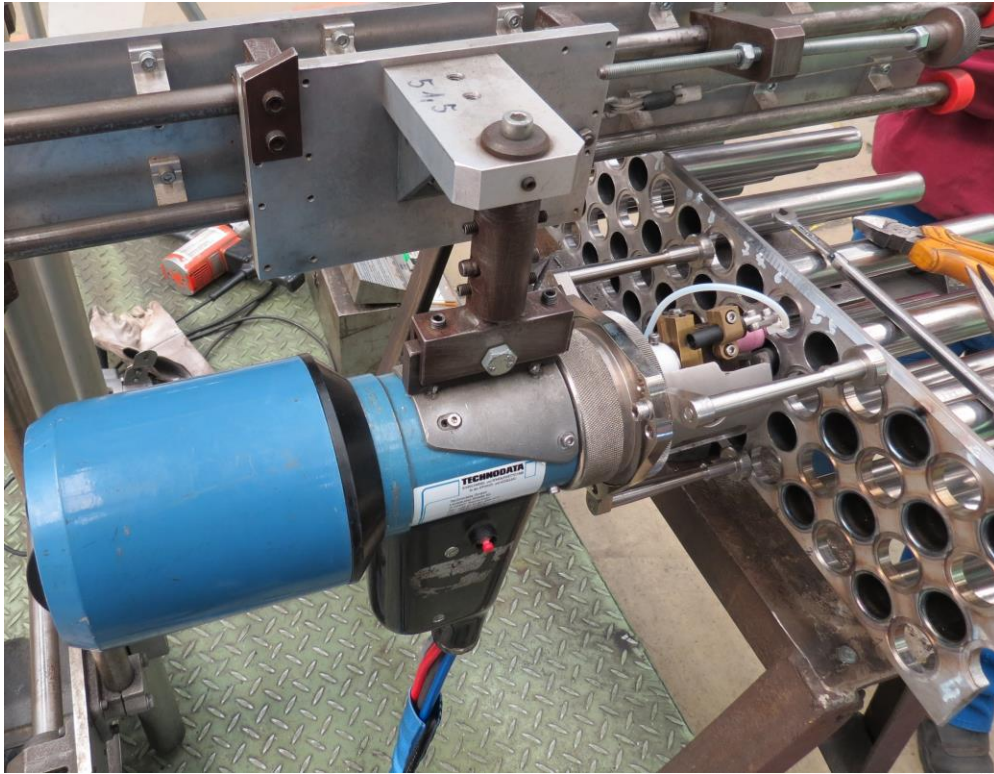
Csomagolási adatok

A hegesztőpálcák hossza: 1000 mm.
Forgalmazott átmérők: 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0 és 5,0 mm.
Az egységnyi csomagolás tömege: 2,5kg.

Orbitális hegesztés → a hegesztőfej körbejár

a) Csőtoldás körvarrattal

b) Csővég hegesztése csőkötegfalba



Orbitális hegesztés → csövek toldása körvarrattal

Orbimatic OM300CA 2013-07-08 08:54:48

Folyamat folytatás **0%**

Csőátmérő mm

Hegesztőfej típusa

Graphical start position °

Start pozíció °

Varrat száma

Korrektíós tényező %

Teljes idő sec

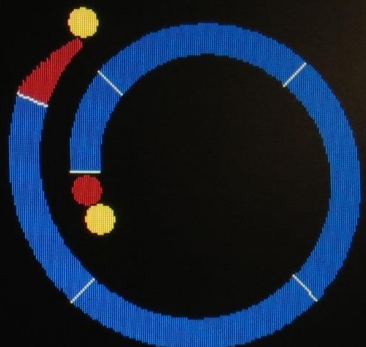
Jegyzőkönyv tárolása igen nem

Jegyzőkönyv nyomtatása igen nem

Megjegyzés a jegyzőkönyvhöz

<<<< vissza gáz utánfolyáshoz

>>>> tovább a gázöblítési időhöz

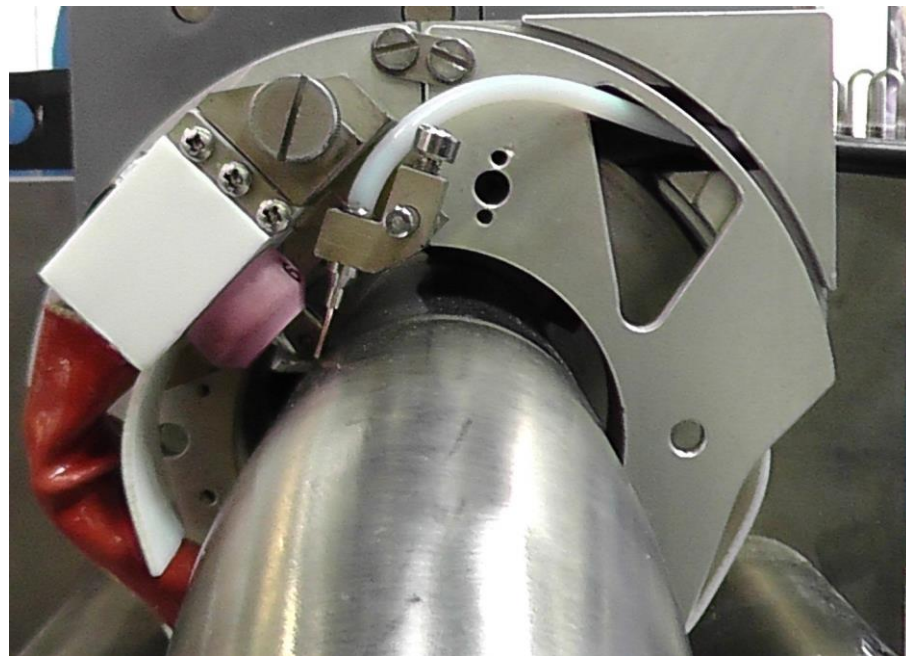
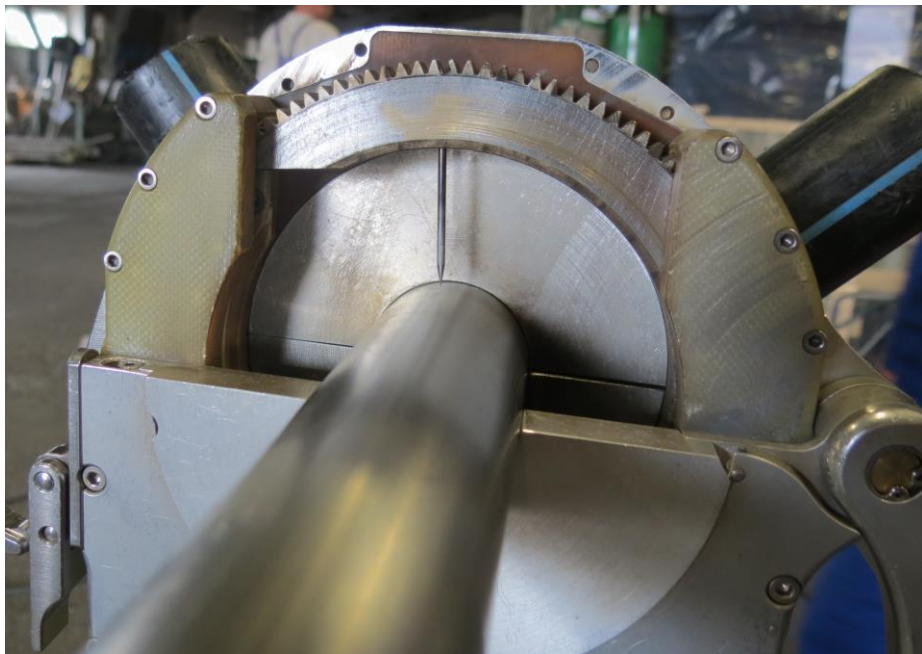


Mappa STANDARD
Programnév 33.7x1,5 LDX2101 PC hegy (1,6)22,5 fok 1,25 arg.5lit.
Hely 1
Megjegyzés a hegesztési programhoz
Automatikusan generált program
Hegesztőfej típusa: OW 76S, Alapanyag: 316L, Védőgáz: Ar
100 %, Csőátmérő: 33.7 mm, Falvastagság: 1.5 mm

felfelé lefelé Megerősít Elhagy

vissza előre Alaphelyzet Motor OK

Orbitális hegesztés → csövek toldása körvarrattal

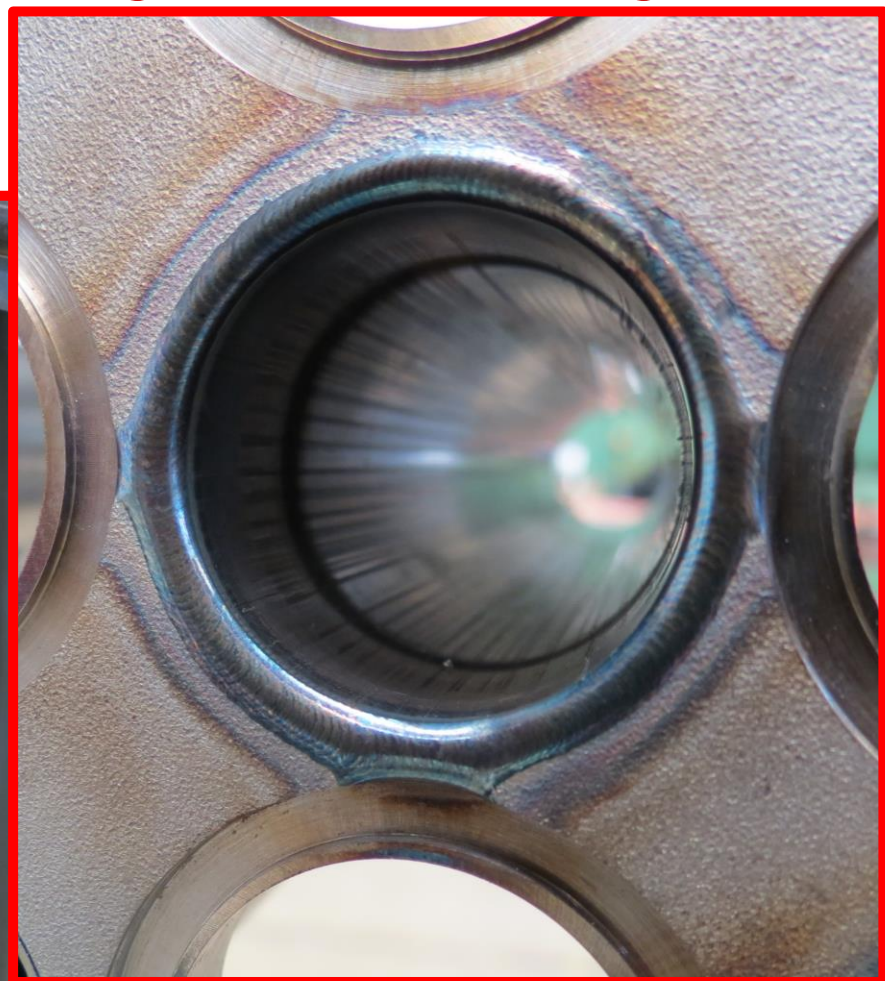
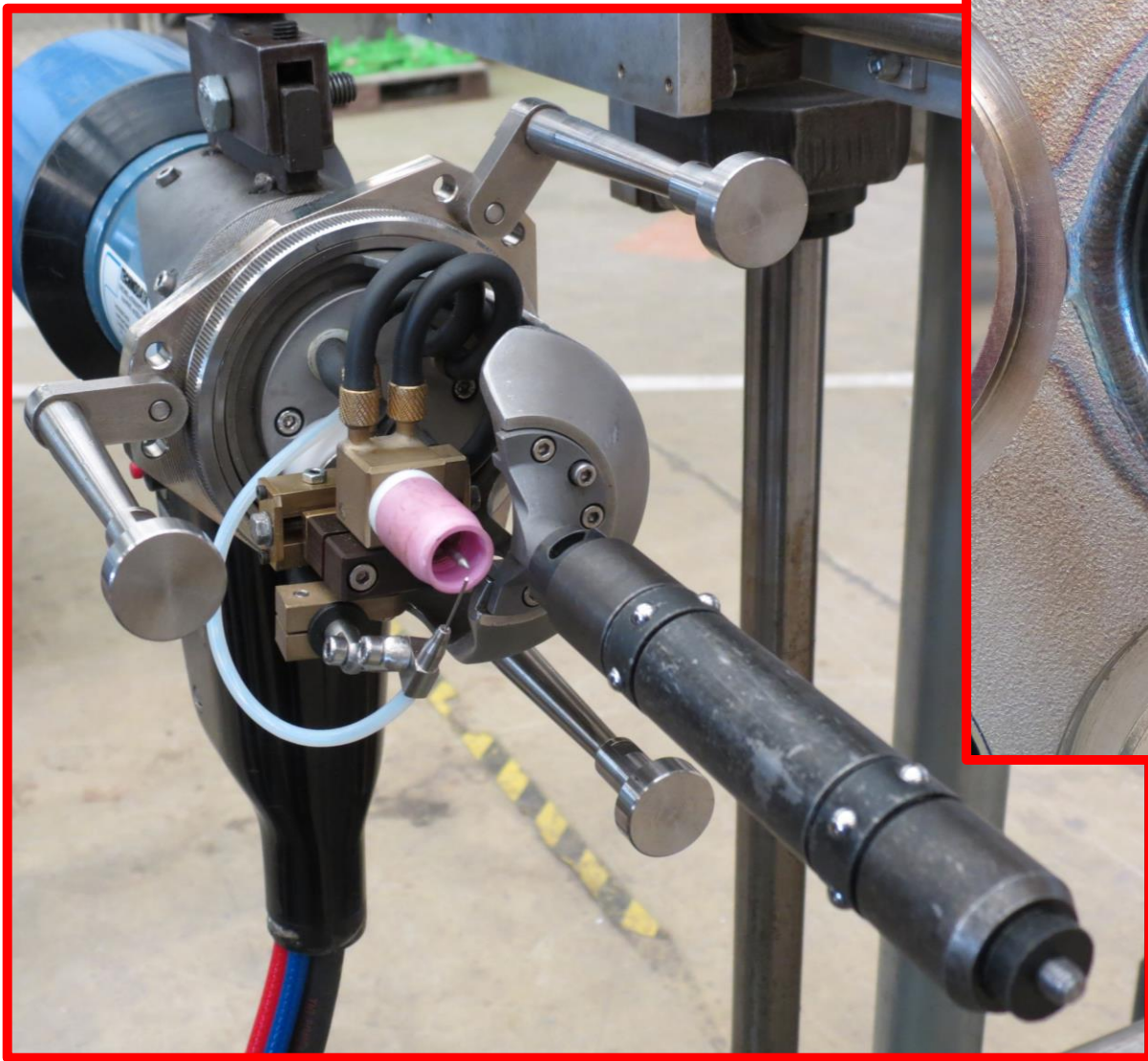


2013-07-08 09:09:00
OM300CA Ser.Nr.: 2009-118

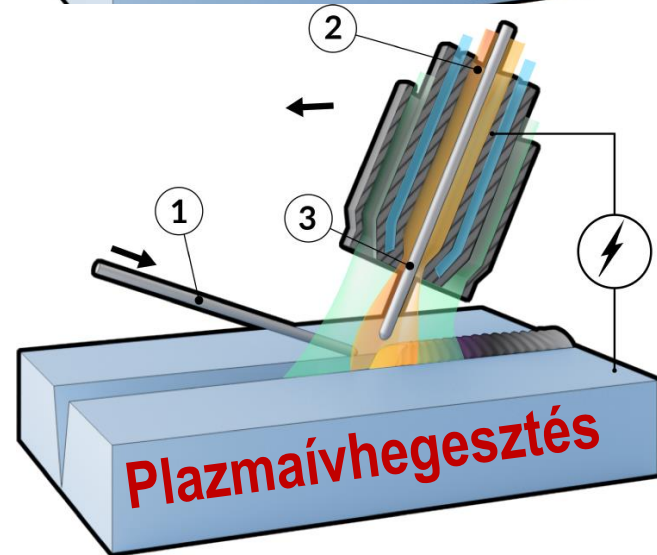
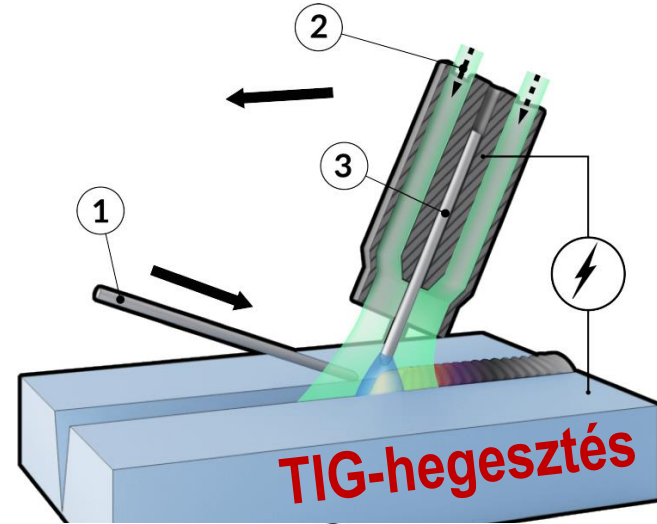
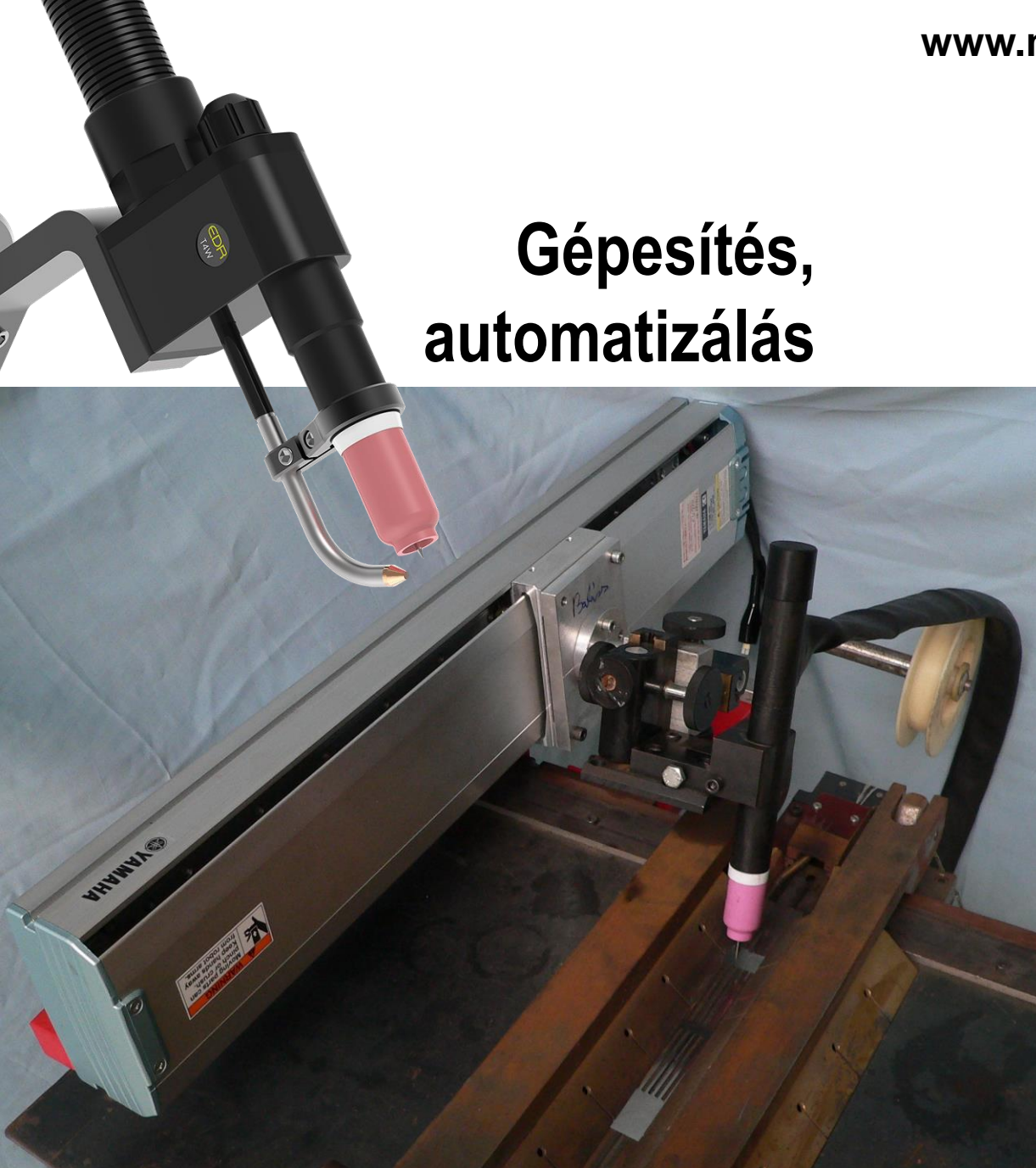
Hegesztési jegyzőkönyv.
Mappa: STANDARD

Kg		
Impulzus ára	50.0 -0.08	A
Alapáram	20.0 0.01	A
Rotor imp.	85.0 -0.00	mm min
Rotor alap	85.0 0.00	mm min
Hegesztési feszültség	9.20	V

Orbitális hegesztés → csővég behégesztése csőkötegfalba

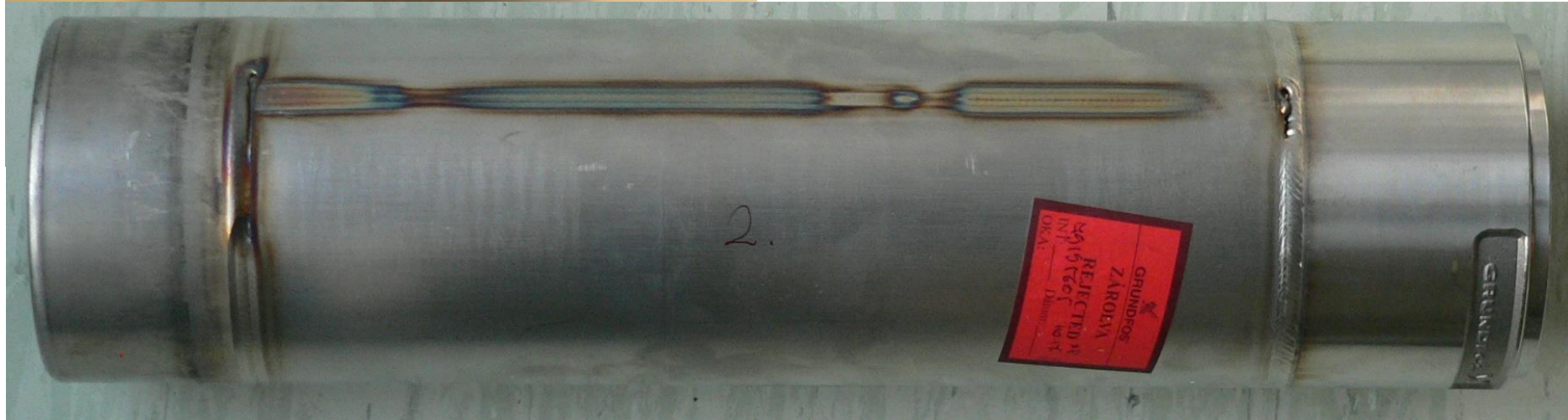
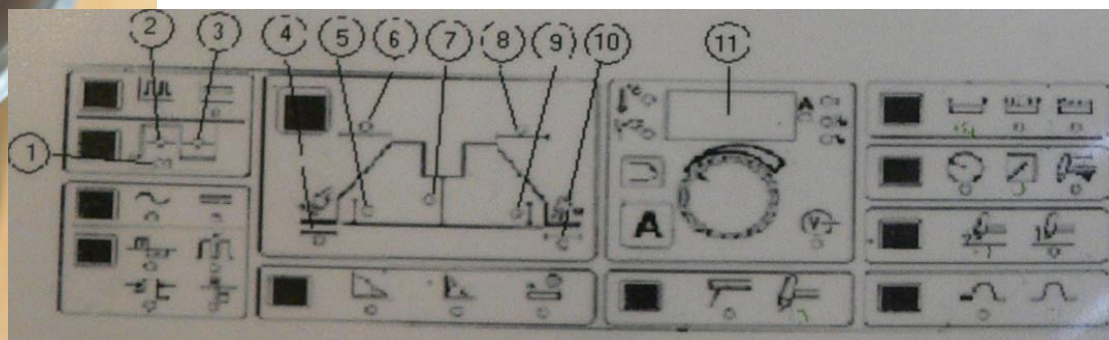
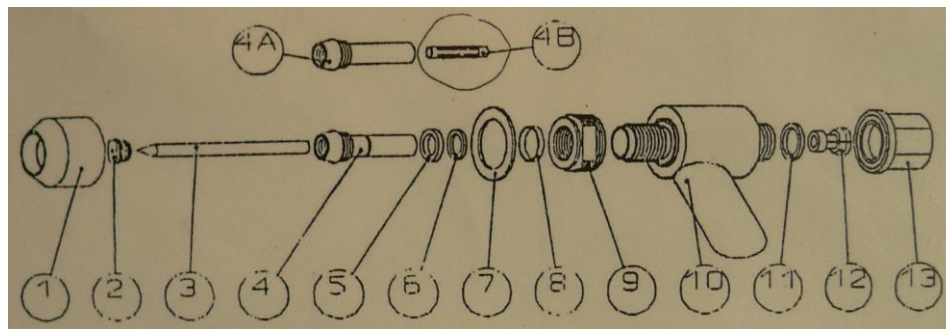
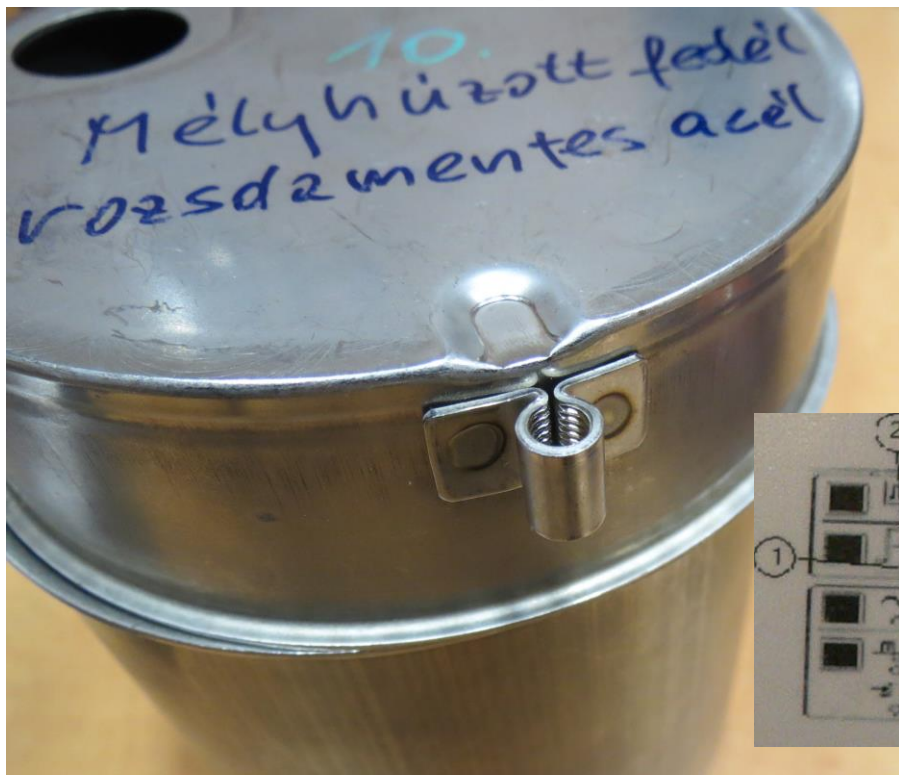


Gépesítés, automatizálás

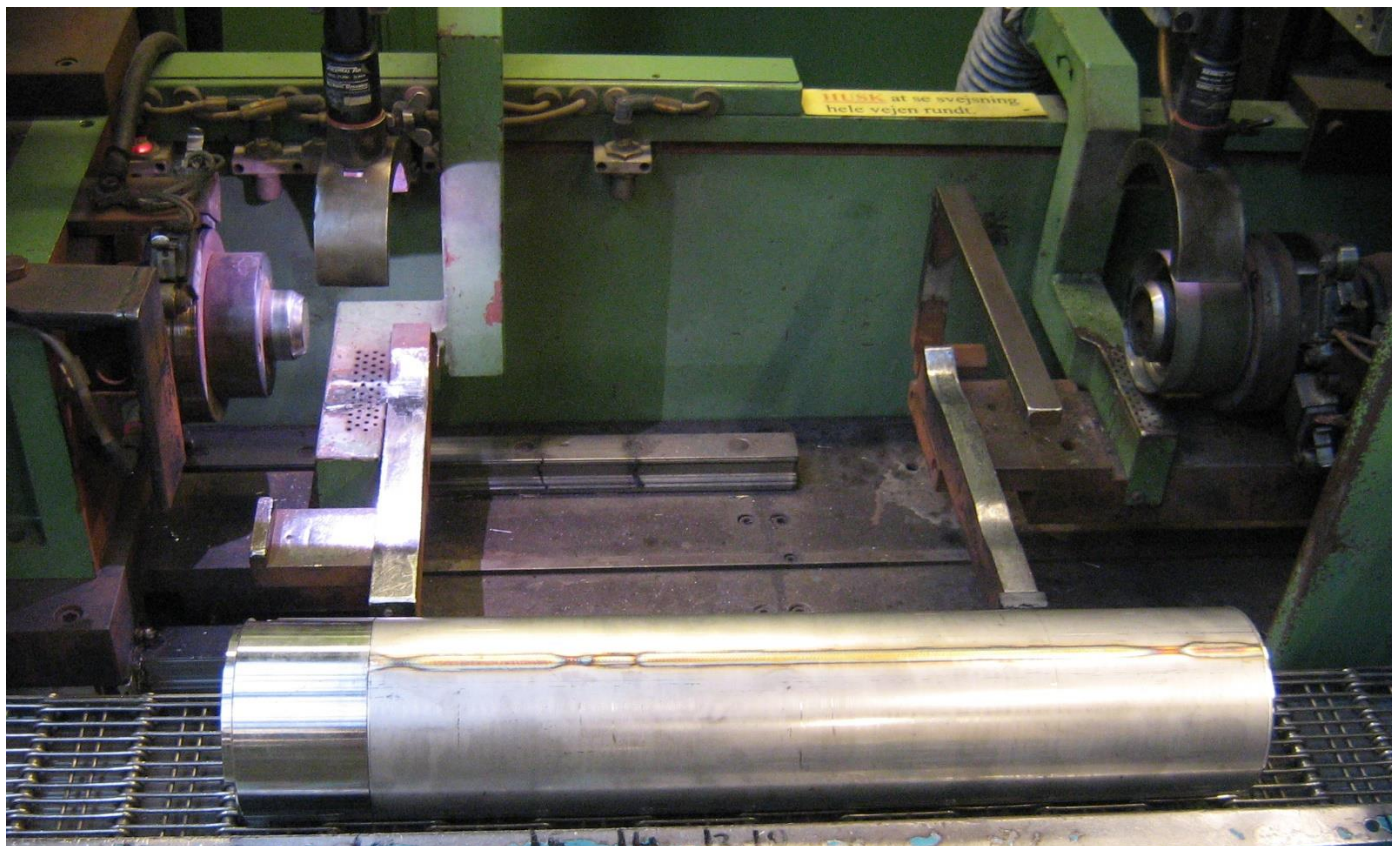


... ezzel folytatjuk ...

Alkalmazási példák – búvárszivattyú-motorházak



Alkalmazási példák – búvárszivattyú-motorházak

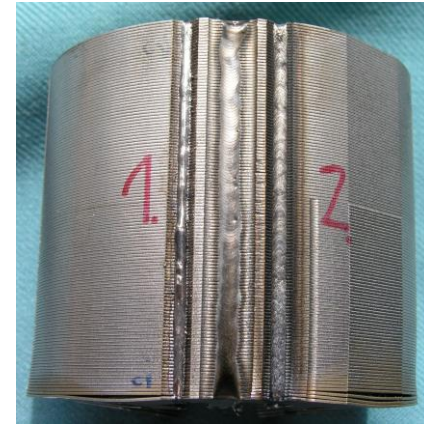
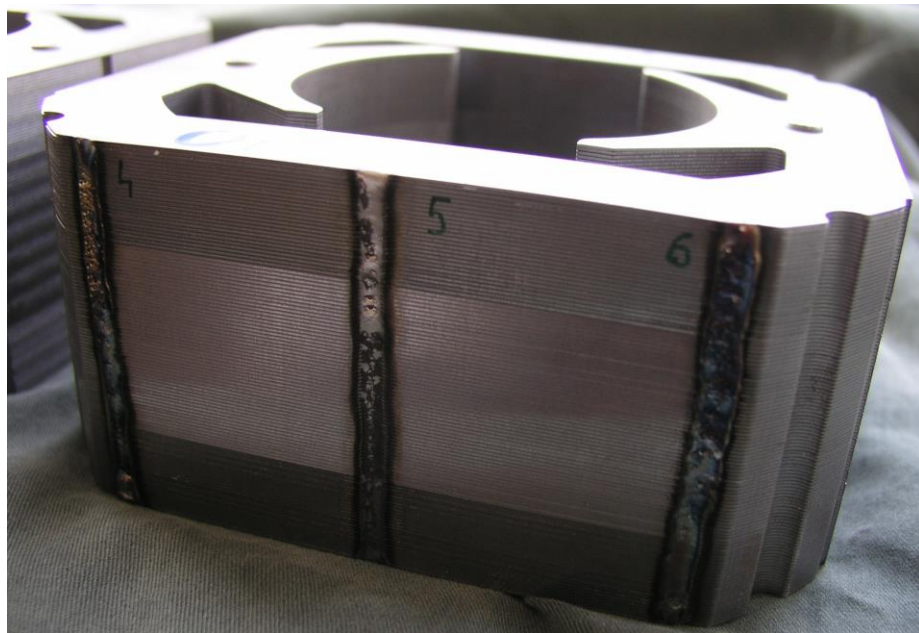




Alkalmazási példák Turbótöltő-alkatrészek



Alkalmazási példák → Villanymotor-állórész



A plazmaívhegesztés lényege és működési elve

Ömlesztőhegesztés

A plazmaívhegesztés a nemleolvadó elektródás, védőgázos ívhegesztések közé tartozik. Erős rokonságban áll a TIG-hegesztéssel.

A lényegét az ívbeszűkítés jelenti.

A villamos ívnek csaknem a teljes gáztere plazmává alakul, amelyet különféle **áramlástechnikai kényszerek alkalmazásával beszűkítenek.**

Ennek köszönhetően az ívplazma hevítő-olvasztó hatása **lényegesen jobban fókuszálttá válik**, mint pl. a szabad ívű, TIG-hegesztés esetében.

A külön gázcsatornában áramló **plazmagázból** képződő plazmaívet és az ömledéket egy külső csatornában áramló **védőgáz** védi a környezeti hatásoktól. Hozaganyag hozzáadása természetesen lehetséges.

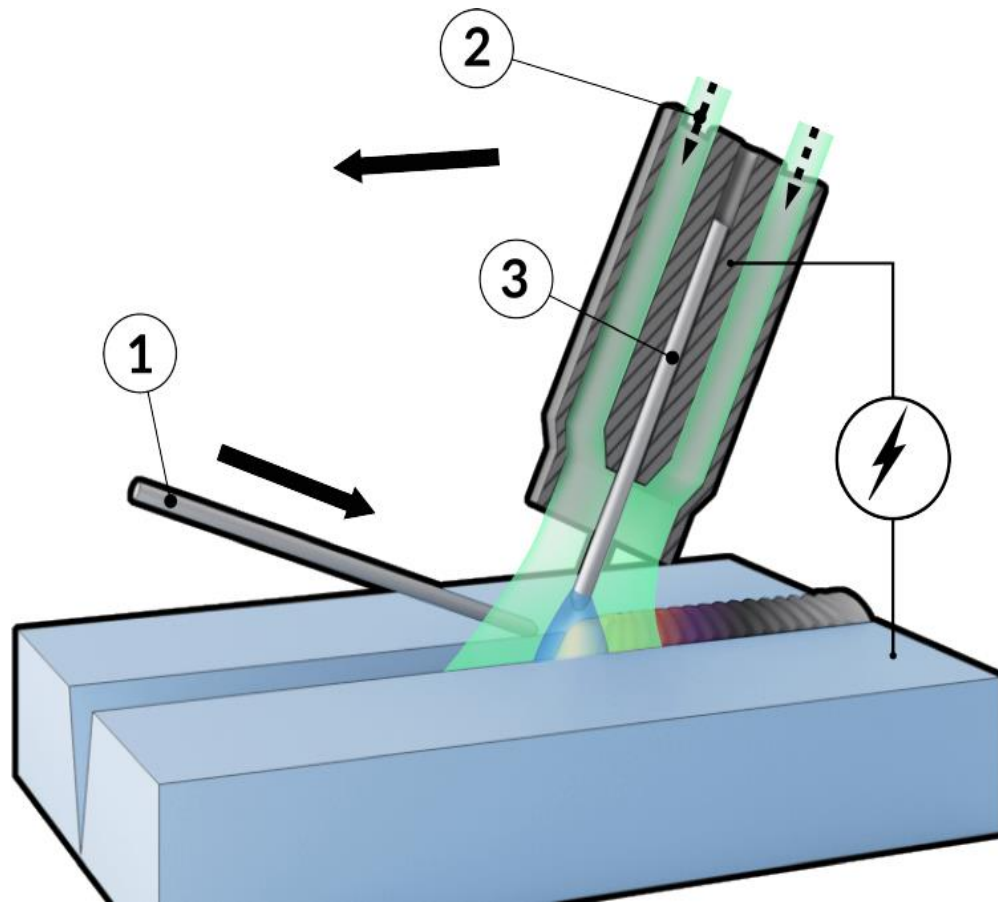
Az eljárás jól automatizálható. Felrakóhegesztésre is alkalmazható.

Az egészen vékony fóliák, huzalok hegesztése nagyon kicsi hőbevitellel, 1 A-nél kisebb hegesztőárammal, a **mikroplazmaívhegesztés** esete.

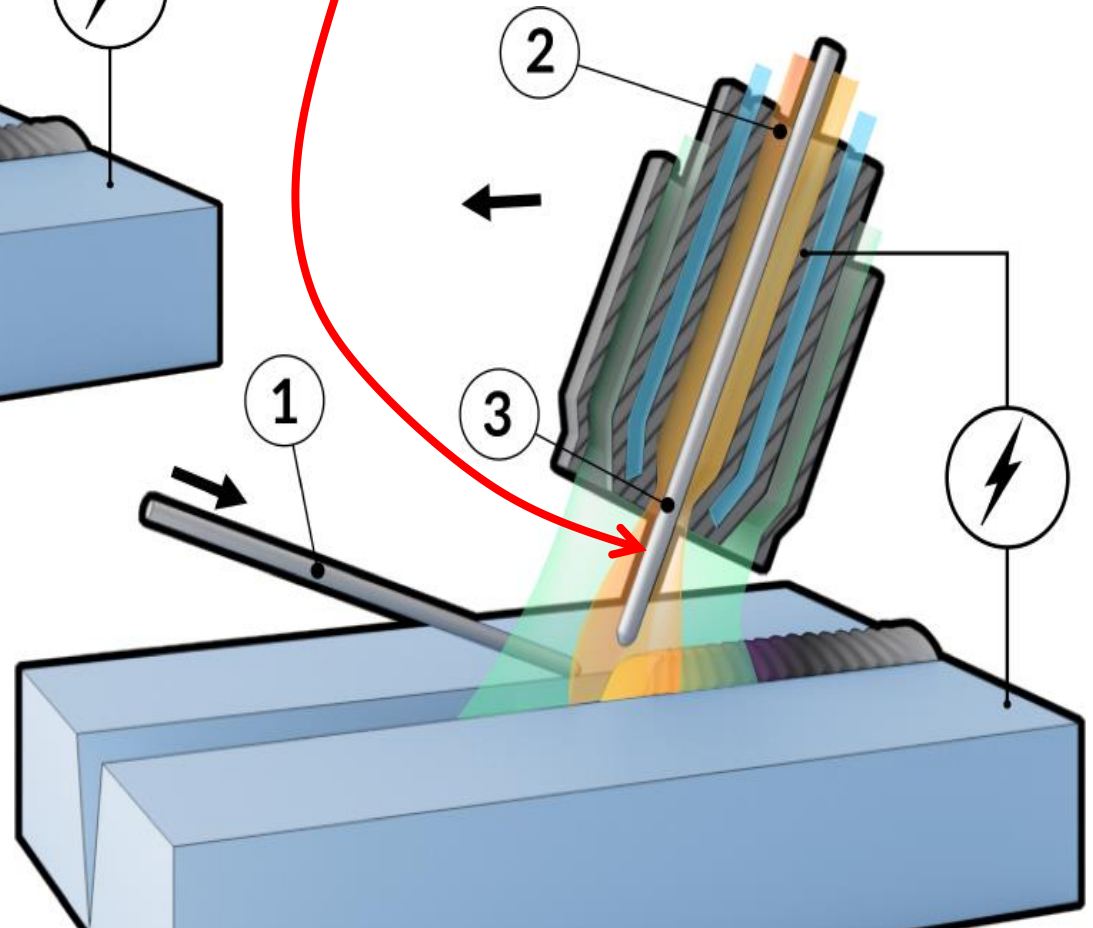
TIG-hegesztés versus plazmaívhegesztés

www.manufacturingguide.com/en/

Itten hibás a rajz!
az elektróda nem lóghat ki!

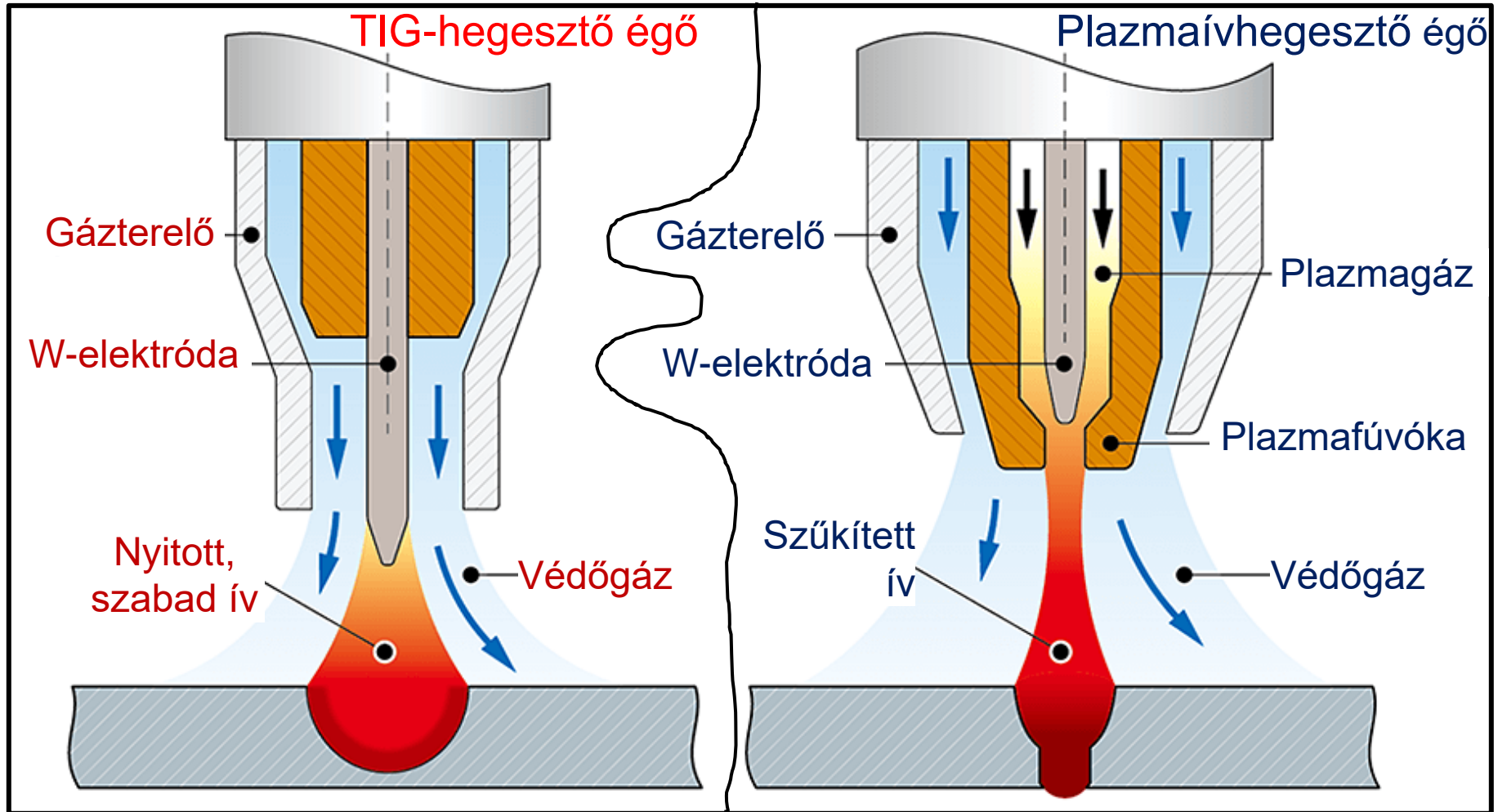


**14-es
eljárás csoport**



15-ös

TIG-hegesztés versus plazmaívhegesztés



Széles és sekély ömledék

Keskeny és mély ömledék

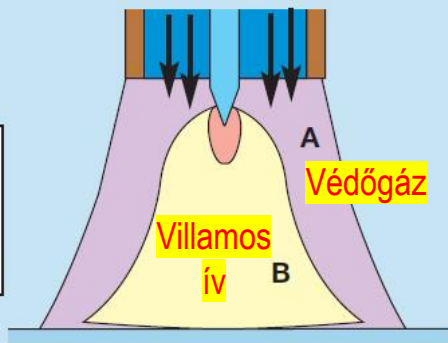
TIG-hegesztés versus plazmaívhegesztés

TIG

Temps °C (°F)

4 000 à 10 000
(7 000 à 18 000)

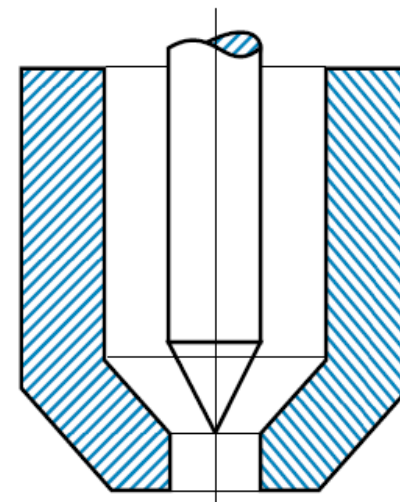
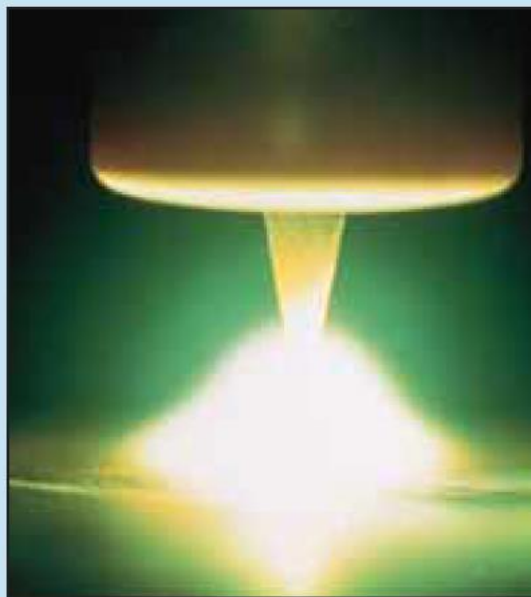
10 000 à 16 000
(18 000 à 29 000)



A - gaz de protection B - arc TIG

ARC LIBRE (TIG) - 150 A - 14 V

- Il présente une forme conique et dissipe à sa périphérie une part importante de son énergie.
- De plus, la zone de haute température, trop proche de la cathode ou tungstène, est inutilisée.



Mechanikai szűkítés

PLASMA

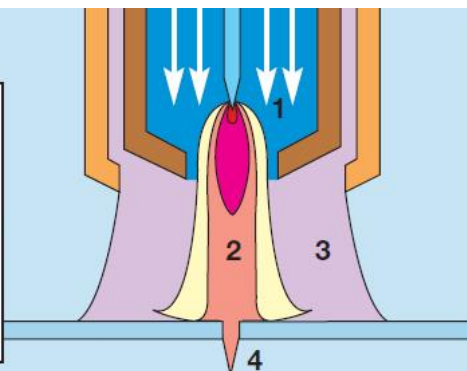
Temps °C (°F)

4 000 à 10 000
(7 000 à 18 000)

10 000 à 16 000
(18 000 à 29 000)

16 000 à 24 000
(29 000 à 43 000)

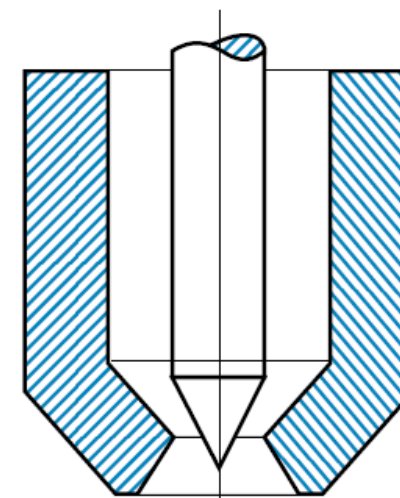
24 000 (43 000)



1 - gaz plasma 3 - gaz de protection
2 - arc plasma 4 - effet à jet débouchant

ARC PLASMA - 150 A - 28 V 4 = Kulcslyukképződés

- Il diverge peu hors de la tuyère énergiquement refroidie.
- La zone de température 10 000 - 16 000 °C (18 000 - 29 000 °F) est transférée à la pièce dans un faisceau concentré.



Pneumatikus szűkítés

A plazmaívhegesztési eljárások az MSZ EN ISO 4063:2023 szabványban

15	Plazmaívhegesztés	
151	MIG-hegesztéses plazmaívhegesztés	
152	Poradagolásos plazmaívhegesztés	
153	Átvitt ívű plazmaívhegesztés	
154	Nem átvitt ívű plazmaívhegesztés; plazmasugaras ívhegesztés	
155	Részben átvitt ívű plazmaívhegesztés	

Az átvitt (v. külső) ívű plazmaívhegesztéskor az ív a volfrámelektroda és a munkadarab között ég. A nem átvitt ívű (vagy belső ívű) plazmaívhegesztés, ill. plazmasugaras hegesztés során a hegesztőív a volfrámelektroda és a plazmafúvóka belső fala között ég, és a plazmagáz nyomása „kifújja” a plazmaívet a munkadarabra, amely nincs bekötve a hegesztési áramkörbe.

A kombinált ívű plazmaívhegesztés a plazmaív- és a plazmasugaras hegesztés kombinációja.

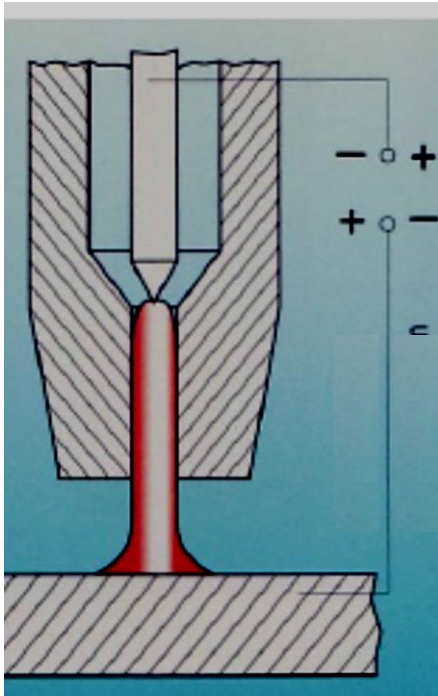
A mikroplazmahegesztést 0,01–1,0 mm-es anyagvastagságig alkalmazzák. Az 1 A-nél kisebb áram esetén nagy jelentőségű a beszűkített ív. Általában egyenáram, negatív polaritással hegesztünk, de az Al- és Mg-ötveteket egyenáram, pozitív polaritással.

A plazmahegesztés felrakóhegesztési változata a hevített huzalos, a poradagolásos és a plazma-MIG hegesztés.

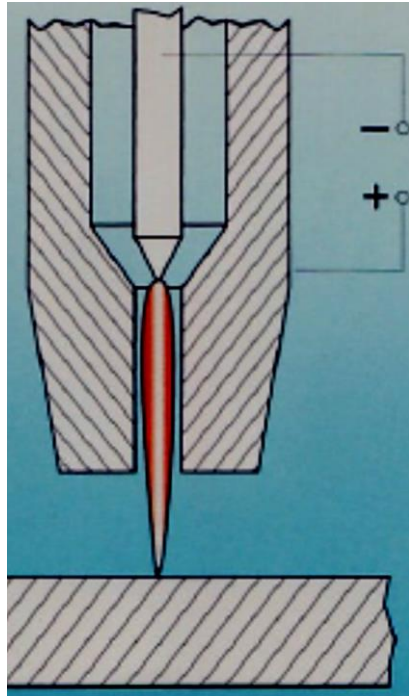
Kötőhegesztésre már 1,5 mm lemezvastagságtól kezdve gyakori a hideghuzal-adagolás, felrakóhegesztésre pedig a meleghuzalos változat.

MSZ EN ISO 4063:2023 → Plazmaívhegesztés (15)

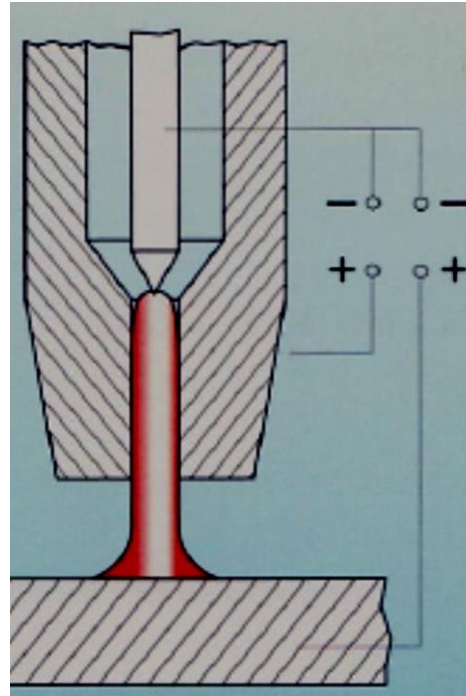
153



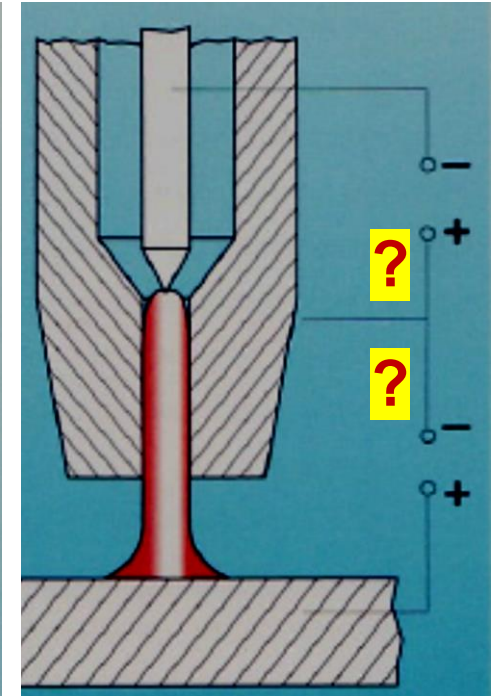
154



155



155



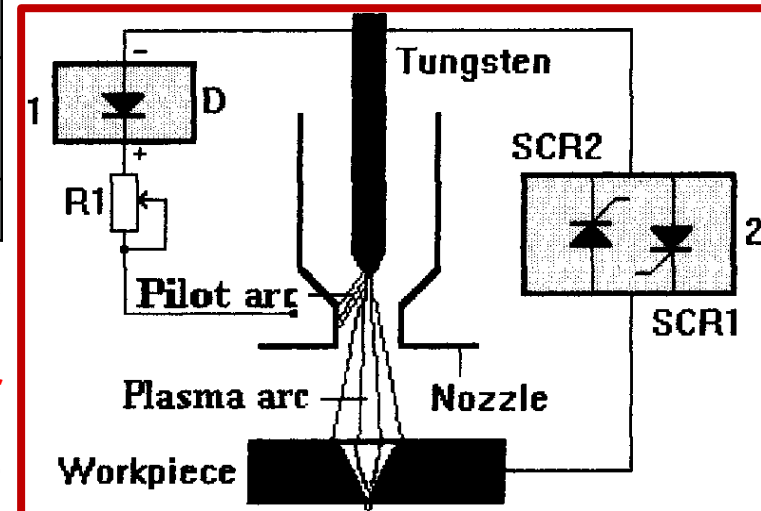
153 → Átvitt ívű plazmaívhegesztés

154 → Nem átvitt ívű plazmaívhegesztés;
plazmasugaras ívhegesztés

155 → Részben átvitt ívű plazmaívhegesztés

Villamos kapcsolási ábra a hagyományos, váltakozó áramú plazmaívhegesztés esetére; 1 = d.c. segédív áramforrása; 2 = a.c. áramforrás; SCR1 és SCR2 = tirisztor, D = diódasor
Forrás: Zheng B eet al.

<https://www.researchgate.net/publication/239406119>



Huzalelektrodás, semleges védőgázos plazmaívhegesztés (plazma-MIG-hegesztés) → 151 → ISO/TR 25901-3

combination of *MIG welding* and *plasma arc welding*

Note 1 to entry: This is a *hybrid welding* process. If the MIG welding is done with a solid wire electrode the process number should read 15+131.

Note 2 to entry: Acronym MIG stands for Metal Inert Gas. The shielding gas used typically consists of argon, helium or a mixture of both.

Note 3 to entry: Plasma MIG welding is illustrated in the figure.

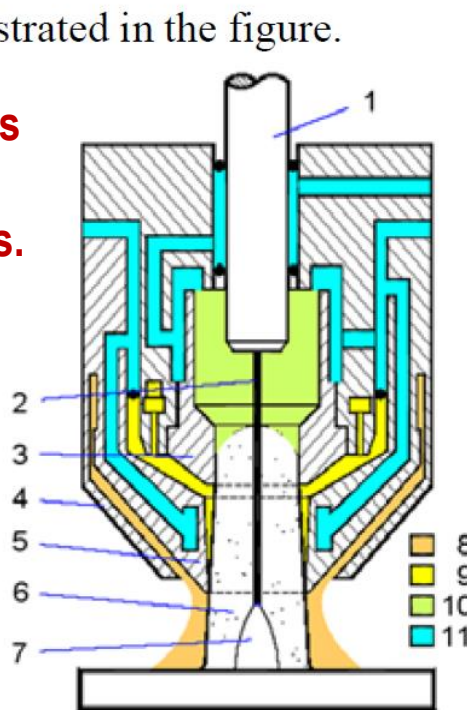
A MIG-hegesztés és a plazmaívhegesztés összetársítása.

1. megj.: Ez egy hibrid hegesztési eljárás.

Ha a MIG-hegesztés tömör
huzalelektrodával megy, akkor: 15+131.

2. megj.: ... a védőgáz jellemzően argon,
hélium vagy e kettő keveréke

3. megj.: a hegesztőfej hosszmetzeti
vázlata látható itt, az ábrán



- 1 = Áramátadó
- 2 = Huzalelektroda (MIG)
- 3 = Plazmaívheg. elektróda
- 4 = Védőgáz gázterelője
- 5 = Plazmagázfúvóka
- 6 = Plazmaív
- 7 = Hegesztőív (MIG)
- 8 = Védőgáz
- 9 = Plazmagáz
- 10 = Védőgáz
- 11 = Hűtővíz

Key

1 collet

2 wire electrode (MIG)

3 plasma electrode

4 shielding gas nozzle

5 plasma gas nozzle

6 plasma arc

7 welding arc (MIG)

8 shielding gas

9 plasma gas

10 shielding gas

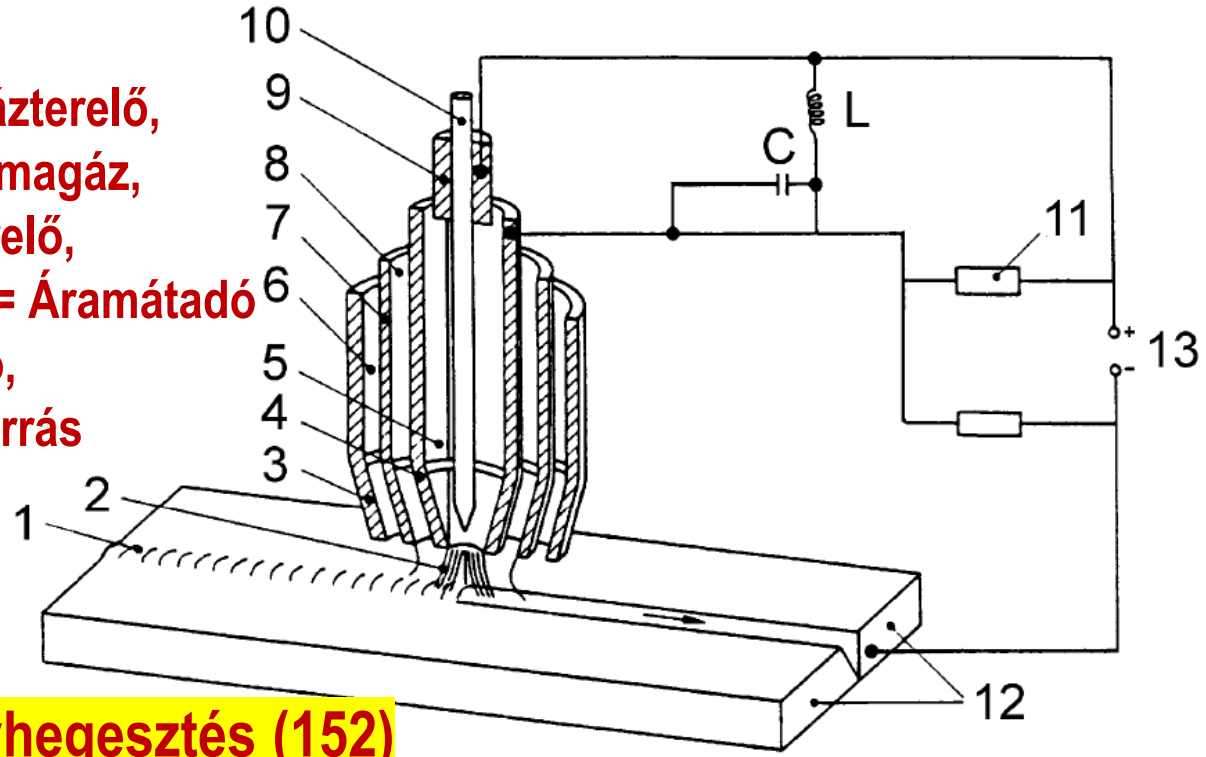
11 water cooling

Plasma MIG welding

plasma-arc welding with transferred arc and metallic powder feeding

Note 1 to entry: Powder plasma arc welding is illustrated in the figure.

- 1= Varrat, 2= Átvitt ív, 3= 2. gázterelő,
- 4= Plazmagázfúvóka, 5= Plazmagáz,
- 6= 2. védőgáz, 7= Védőgázterelő,
- 8= Poradagolás + védőgáz, 9= Áramátadó
- 10= W-elektroda, 11= Ívgyújtó,
- 12= Munkadarab, 13= Áramforrás



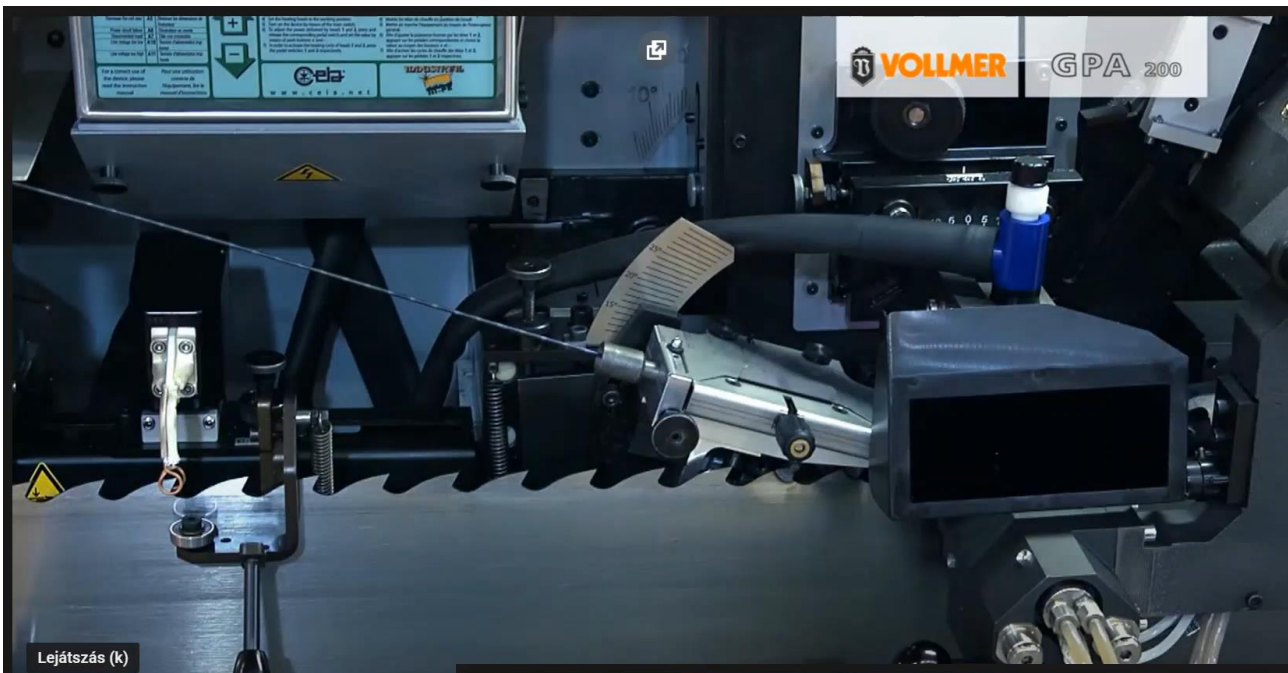
ISO/TR 25901-3

Poradagolásos plazmaívhegesztés (152)

Key

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1 weld | 8 filler powder + shielding gas |
| 2 transferred arc | 9 collet |
| 3 extra shielding gas nozzle (optional) | 10 tungsten electrode |
| 4 plasma gas nozzle | 11 ignition device |
| 5 plasma gas | 12 workpiece |
| 6 extra shielding gas (optional) | 13 power source |
| 7 shielding gas nozzle | |

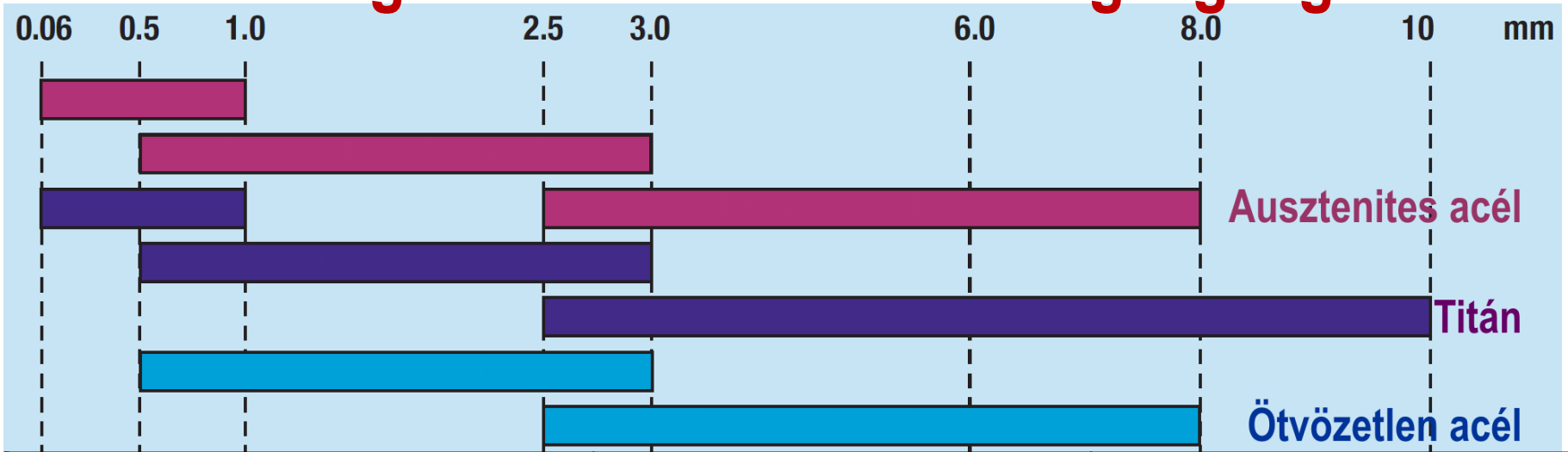
Powder plasma welding



Ezek itt videók a Vollmer cég honlapjáról:
Szerszámacél anyag felrakása szalagfűrészlap fogcsúcsaira
(talán működik a cím ...)
<https://www.youtube.com/watch?v=eTjAV6jyrb4>



Technológiai változók: lemezvastagság + gázok



	Plazmagáz	Védőgáz
Ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok	Ar	Ar + 5% H ₂
	Ar + 2,5% H ₂	Ar + 2,5–5% H ₂
	Ar + 2,5% H ₂	Ar + 5–20% CO ₂
Ausztenites korrózióálló acélok	Ar	Ar + 5–10% H ₂
	Ar + 2,5% H ₂	Ar + 5% H ₂
Nikkelötvözetek	Ar, Ar + 5–7% H ₂	Ar, Ar + 5% H ₂
Ti-, Ta-, Zr-ötvözetek	Ar	Ar, Ar + He
Alumíniumötvözetek	Ar	Ar, Ar + He

Technológiai változók, s , I , D , gázok, v_{heg}

S mm	I A	D mm	Gázsükséglet L/min		v_{heg} m/min
			Plazmagáz	Védőgáz	
0,1	2,5	0,8	0,2	5,0	0,18
0,2	4,0	0,8	0,3	5,0	0,24
0,3	8,0	1,0	0,3	7,0	0,24
0,4	13,0	1,0	0,3	7,0	0,24
0,5	18,0	1,0	0,3	7,0	0,24
0,7	20,0	1,0	0,3	7,0	0,24
1,0	40,0	1,2	0,3	7,0	0,24
1,5	45,0	2,0	0,5	7,0	0,24

Mikroplazmaívhegesztéshez

D a plazmafúvóka átmérője,
a plazmagáz Ar,
a védőgáz Ar + 6,5% H₂

Kulcslyukas hegesztéshez

s mm	I A	D m m	Gázsükséglet L/min		v_{heg} m/min
			Plazmagáz	Védőgáz	
2,5	180	2,8	2,4	15	0,50
3,0	210	2,8	2,5	18	0,75
4,0	220	2,8	2,5	18	0,65
5,0	230	3,2	2,5	20	0,45
6,0	240	3,2	2,8	20	0,40
8,0	290	4,0	3,5	20	0,25
10,0	340	4,0	4,0	20	0,22

Technológiai változók

Vastag anyagokhoz Y varrat → **élszalagmagasság** < 5 mm. **Gyökhézag** < 0,1s (inkább ~0).

A gyök védelmére Ar, Ar + H₂ és N₂ + H₂ alkalmas.

A **kötőhegesztések** ~csak PA, PB és PC helyzetben. **Felrakóhegesztés** → csak gépesítve.

3–5 mm-nél vastagabb anyagok hegesztésére a **kulcslyukas hegesztés**.

Az **impulzusos plazmaívhegesztéssel** a hegesztési ömledék jobban kezelhető. A kulcslyuk az csúcsáram alatt jön létre és az alapáram folyásának idején megszűnik. A varratok egymást kb. 60 %-ban átfedő pontokból épülnek fel.

8–10 mm-es anyagvastagság esetében a kulcslyukas technikát nem lehet minden anyagfajtánál kielégítő kötést létrehozni. Ebben az esetben a TIG-eljáráshoz hasonlóan hozaganyagot adagolnak, vagy plazma-MIG eljárást alkalmaznak.

A munkadarabok élelőkészítése: a nagy gyökszalagmagasság a rétegszám jelentős csökkenését hozza.

Kézikönyvek ajánlása, példa: 4 mm-ig a felolvasztásos, a felett a kulcslyukas hegesztés ajánlott.

Gap = a lemezek közötti hézag I varratos tompakötésnél.

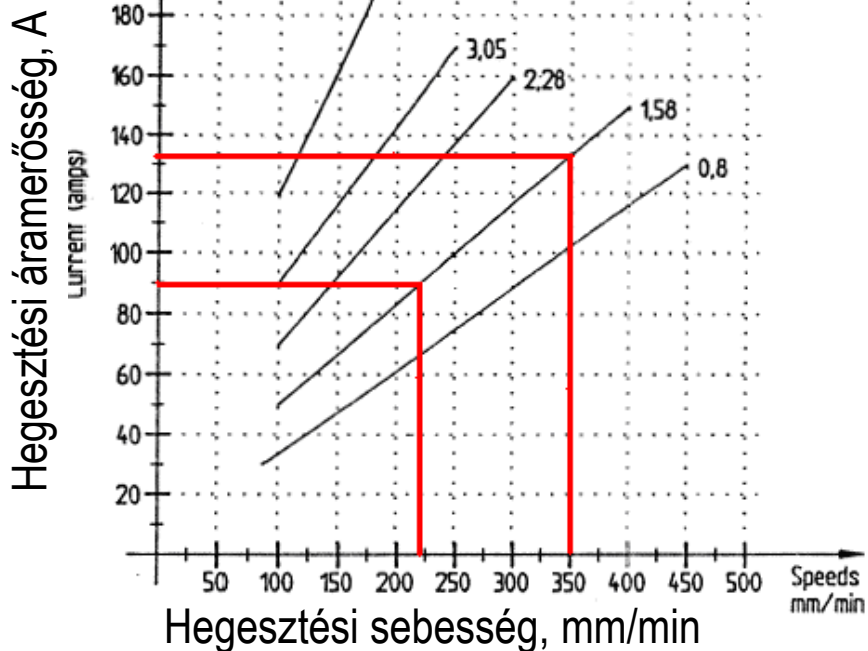
Misalignment = A lemezek felületi síkjainak síkeltérési tűrése

Plasma welding technique	Material thickness mm	Misalignment mm	Gap* mm
Melt-in	1.0–2.5	0.2–0.4	0.5–1.0
Keyhole	2.5–4.0	0.4–1.0	1.0–1.5
Keyhole	> 4.0	1.0–1.5	1.5–1.5

Table 1. Permissible maximum tolerances in groove preparation for plasma welding.

Technológiai változók

Kézikönyvek ajánlása, példa ...



A plazmaívhegesztés során előforduló, különleges technológiai feltételek és hatásuk

Az eljárás igen érzékeny a lemezélek előkészítésére, a felületek **tisztaságára**.

Mikroplazmaívhegesztéskor a lemezéleket tisztítás után nem szabad érinteni.

Az **illesztési hézag pontatlansága** a varrat átrokadásához vezethet.

Célszerű a munkadarabot **készülékekbe** fogni. **Bevezető / befutó- és kifutólemezt** kell használni.

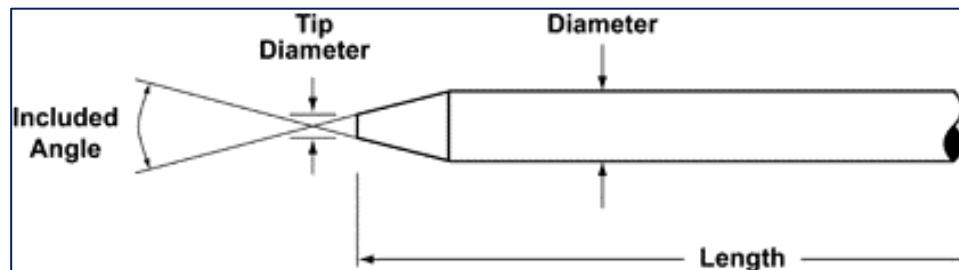
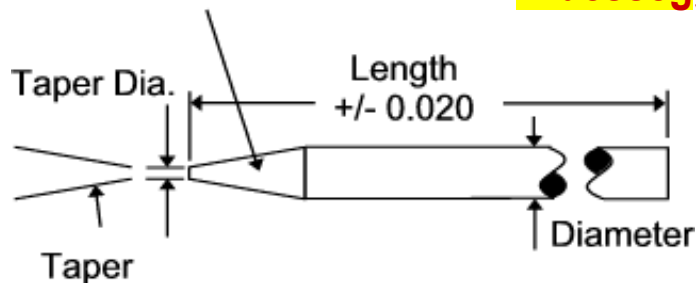
A **kötéshiba** leggyakoribb oka a túl nagy hegesztési sebesség.

Felrakóhegesztés: az alapanyag nem megfelelő felület-előkészítése **porozitást** okoz.

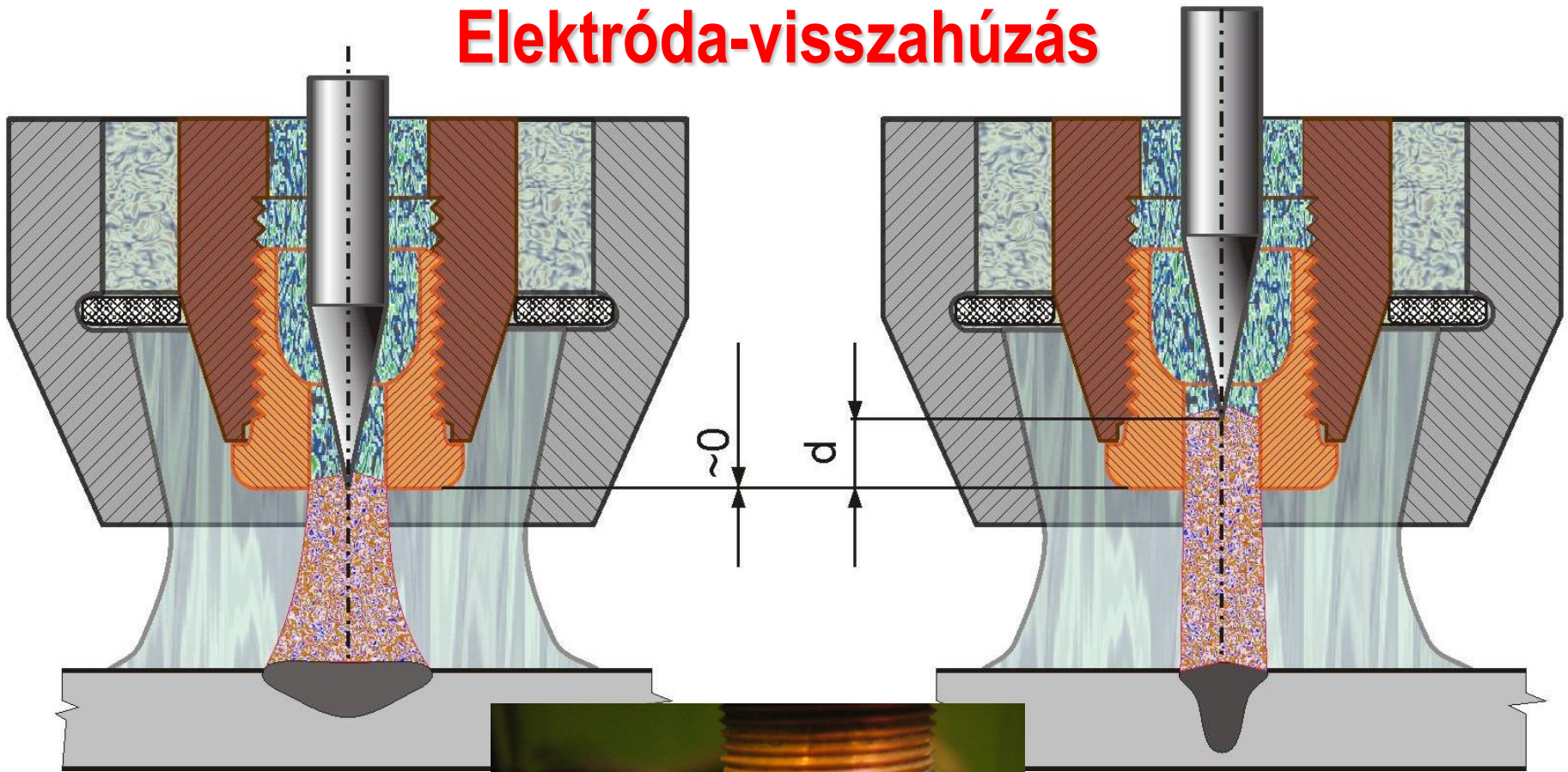
Finish
STD - 20RA Smooth Ground
PLSH - 10RA Mirror Polish

A W-elektroda előkészítése plazmaívhegesztéshez

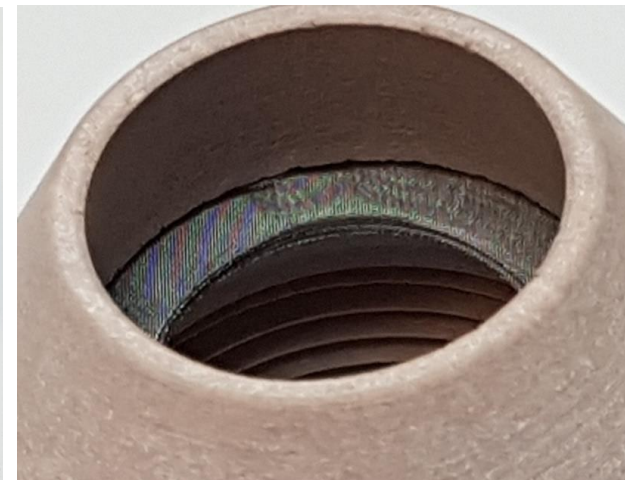
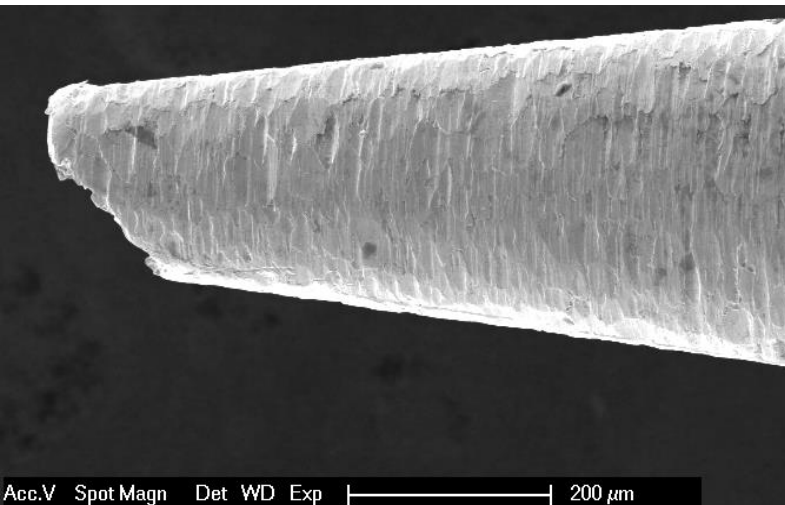
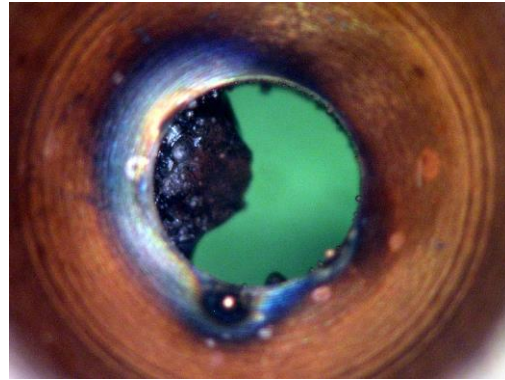
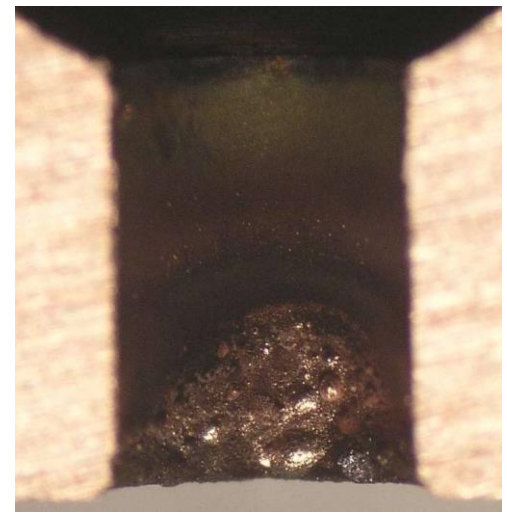
Érdesség, tompítás, csúcshög, csúcslapátmérő

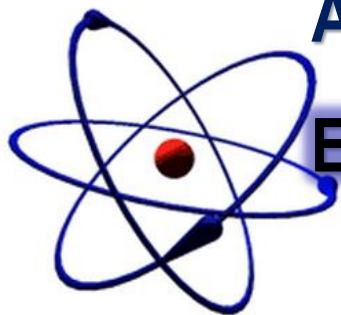


Elektróda-visszahúzás



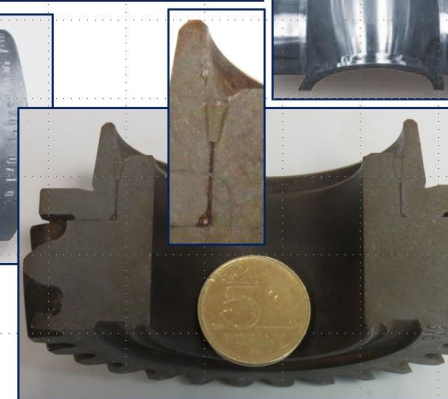
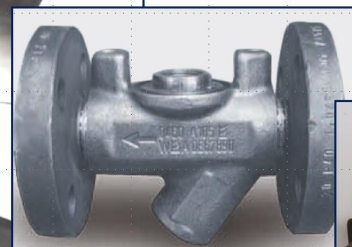
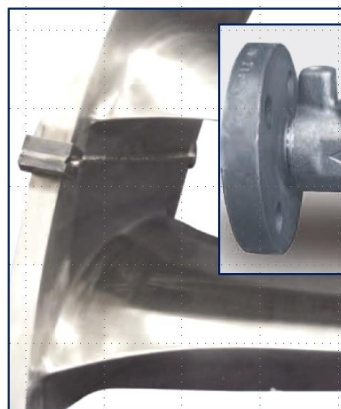
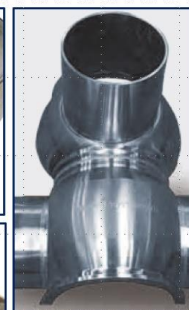
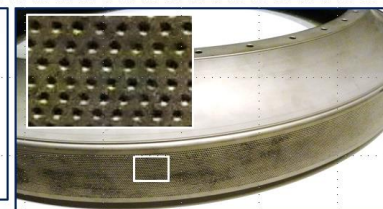
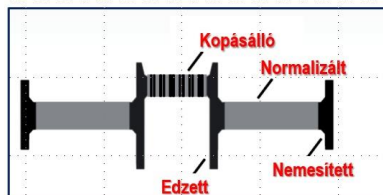
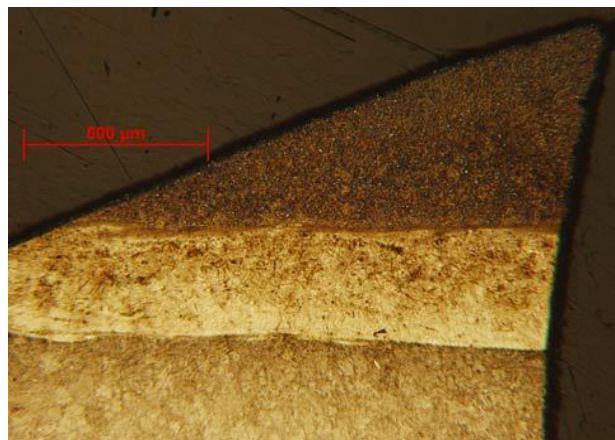
A kopóalkatrészek kopnak ...





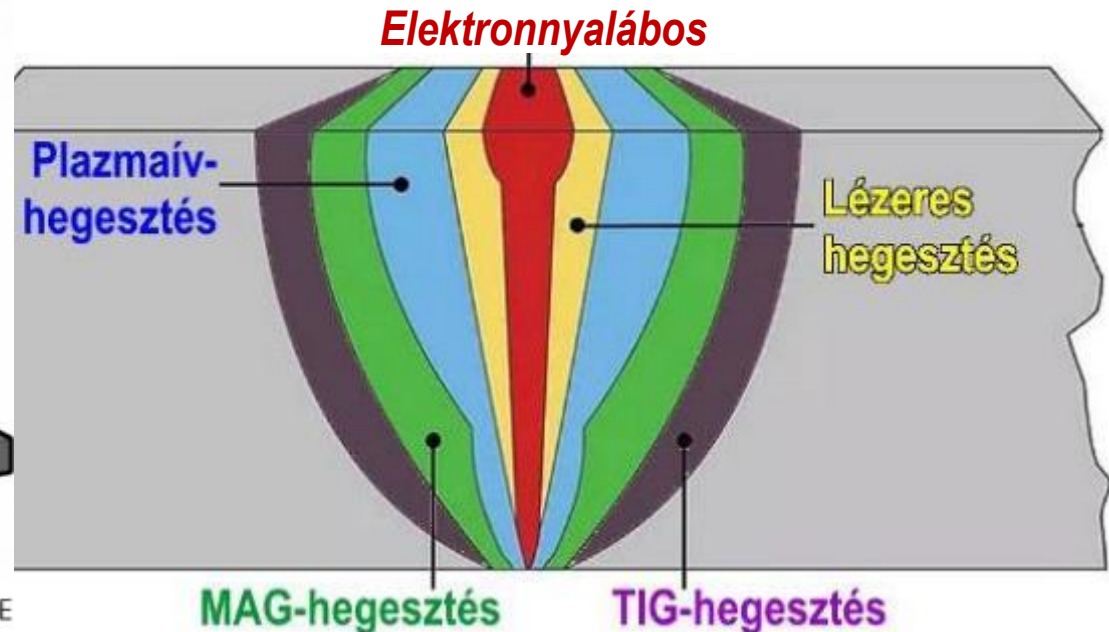
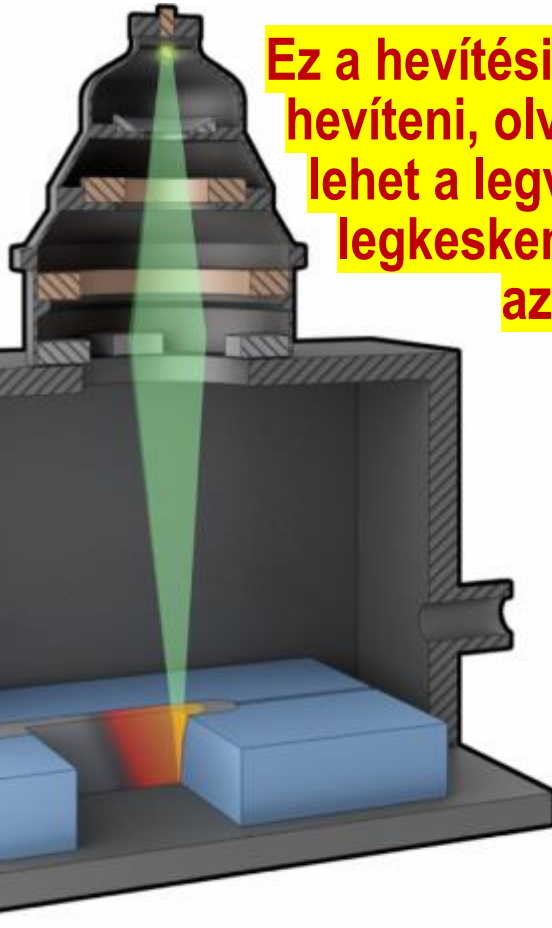
Alkalmazási példák → 51-es eljárás csoport

Elektronnyalábos hegesztés



- 51 Elektronnyalábos hegesztés ← MSZ EN ISO 4063:2023
- 511 Vákuumban végzett elektronnyalábos hegesztés
- 512 Levegőn végzett elektronnyalábos hegesztés
- 513 Védőgáz-adagolással végzett elektronnyalábos hegesztés

Ez a hevítési mód tud a legnagyobb teljesítménysűrűséggel hevíteni, olvasztani és elpárologtatni, tehát eme eljárással lehet a legvastagabb anyagréteget átolvasztani, illetve a legkeskenyebb s vele a legmélyebb varratot készíteni az ömlesztőhegesztési eljárások közül.



Mi is tehát a hőforrás ...? Hogyan is mondjuk ...?

Szótár: *beam (fiz)* = **részecskenyaláb**, **sugár(nyaláb)**, **sugárkéve**
Electron beam = **elektronsugár**, **elektronnyaláb**, **elektron sugárnyaláb**
Electron beam welding = ?**elektronsugaras hegesztés?** → **elektronnyalábos**

Electron beam = stream of electrons generated by an electron accelerator (ISO 12749-4:2015)

ISO/TR 25901-3:2016

Welding and allied processes – Vocabulary – Part 3: Welding processes

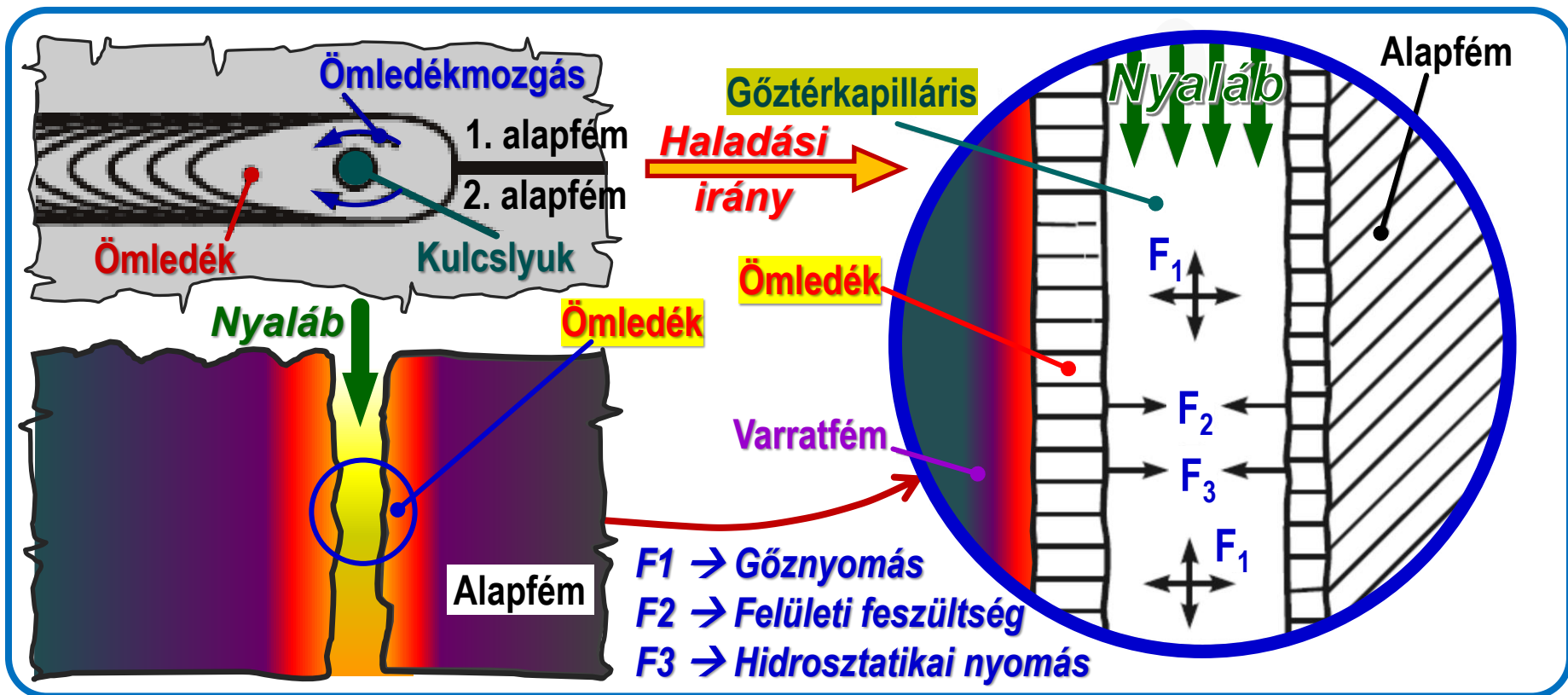
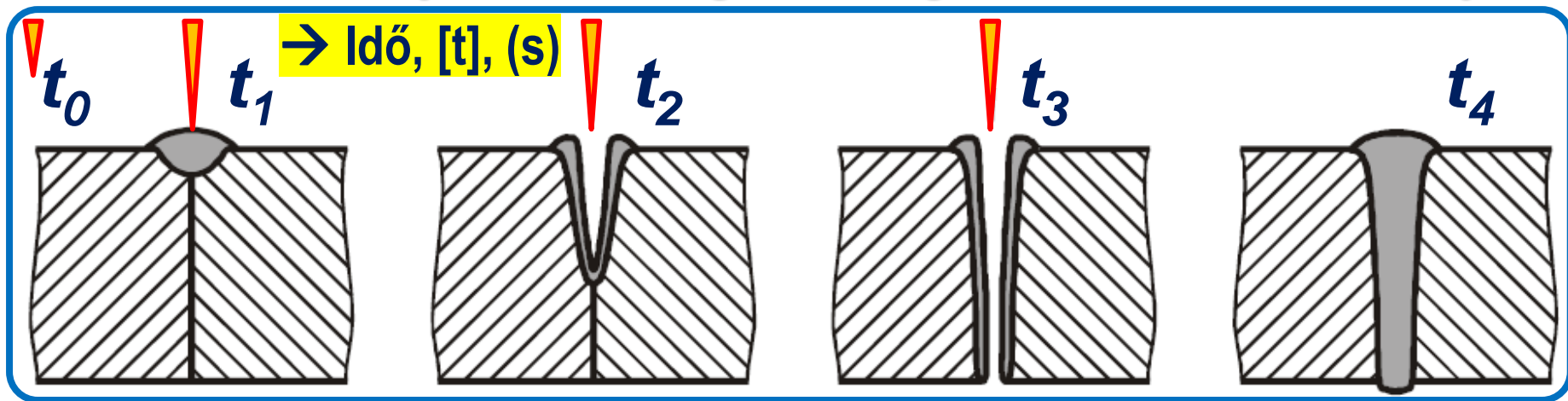
Electron beam welding = fusion welding using a focused beam of electrons

Electron beam welding in vacuum = electron beam welding performed in vacuum

Electron beam welding in atmosphere = electron beam welding performed in atmosphere

electron beam welding with addition of shielding gases = electron beam welding where a shielding gas is used

Az elektronnyalábos/-sugaras hegesztés működés módja



Az elektronnyalábos/-sugaras hegesztés

Az eljárás alapelve: az elektronok mozgási energiájának hőforrásként való felhasználása az összekötendő fémek megolvasztására.

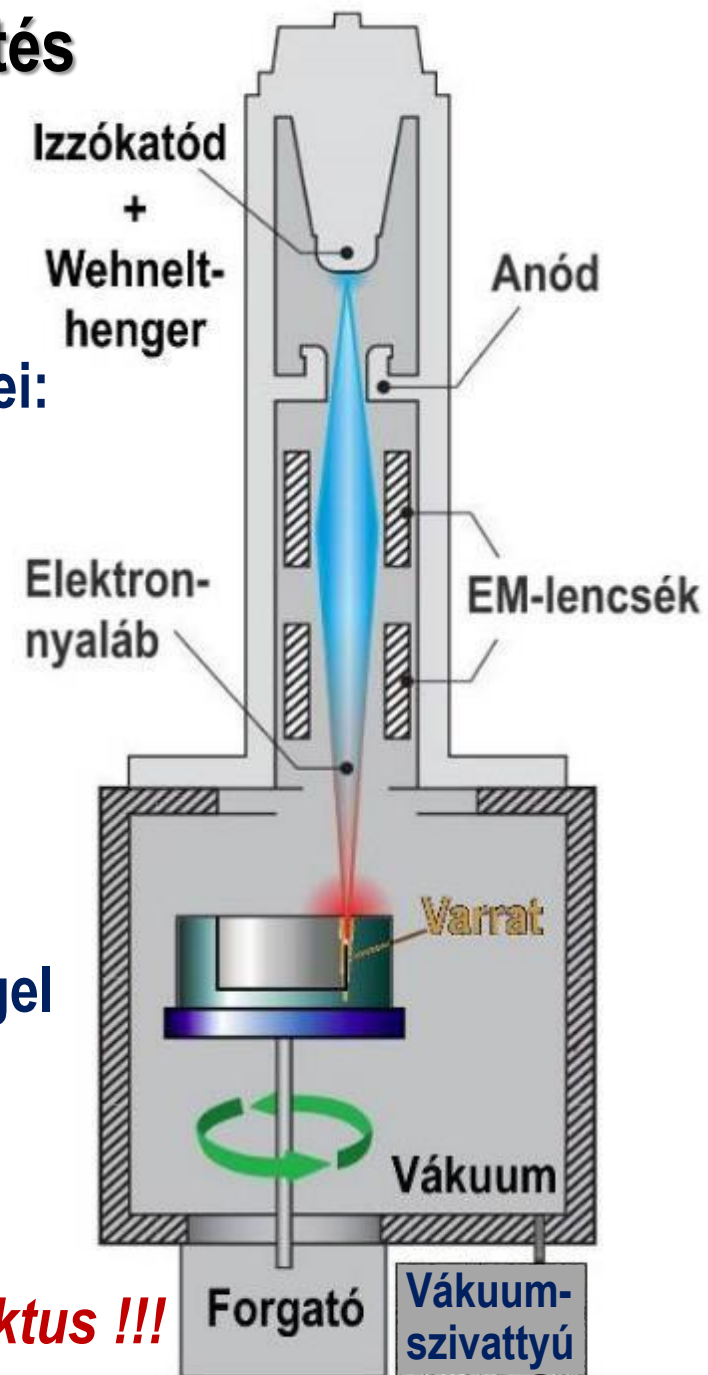
Az elektronnyalábot előállító berendezés részei:

- Dióda vagy trióda típusú **elektronágyú** ennek része: katód, anód, Wehnelt-henger,
- **Vákuumrendszer** ($< 10^{-3}$ torr); *mbar, Pa*
- **Fókuszálórendszer**
- Az alkatrész **pozicionálására** szolgáló részegységek

Az elektronnyaláb 0,3–0,8 mm átmérőjűre fókuszálható, 10^6 W/cm² teljesítménysűrűséggel

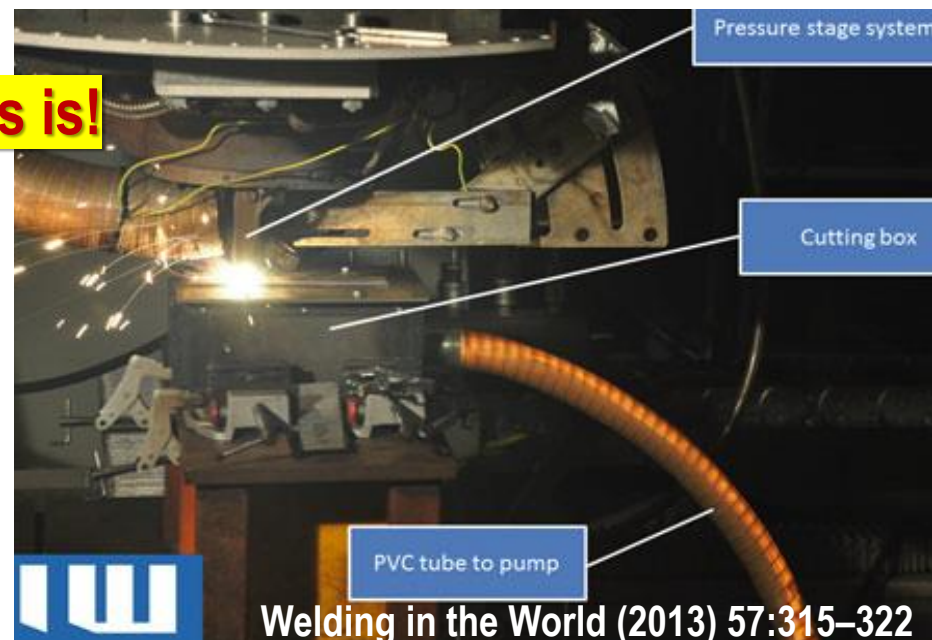
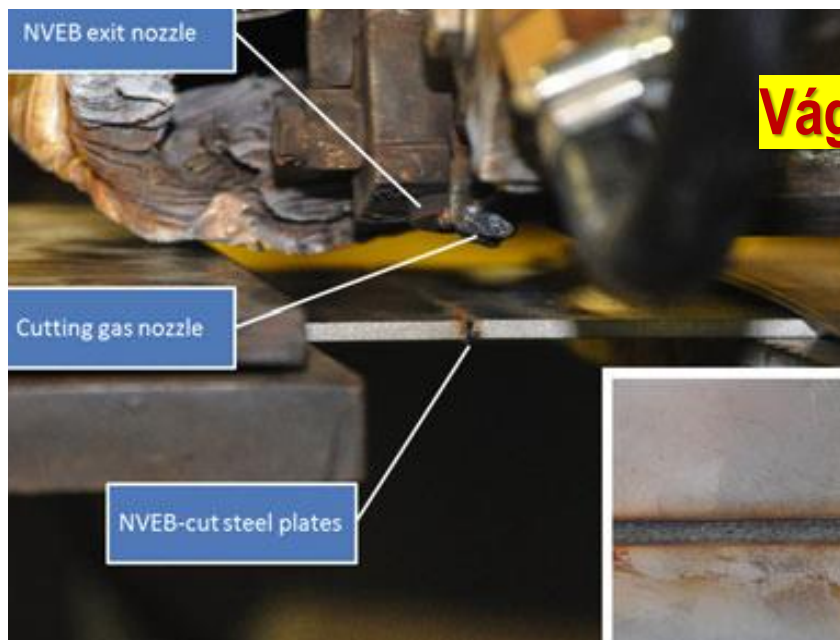
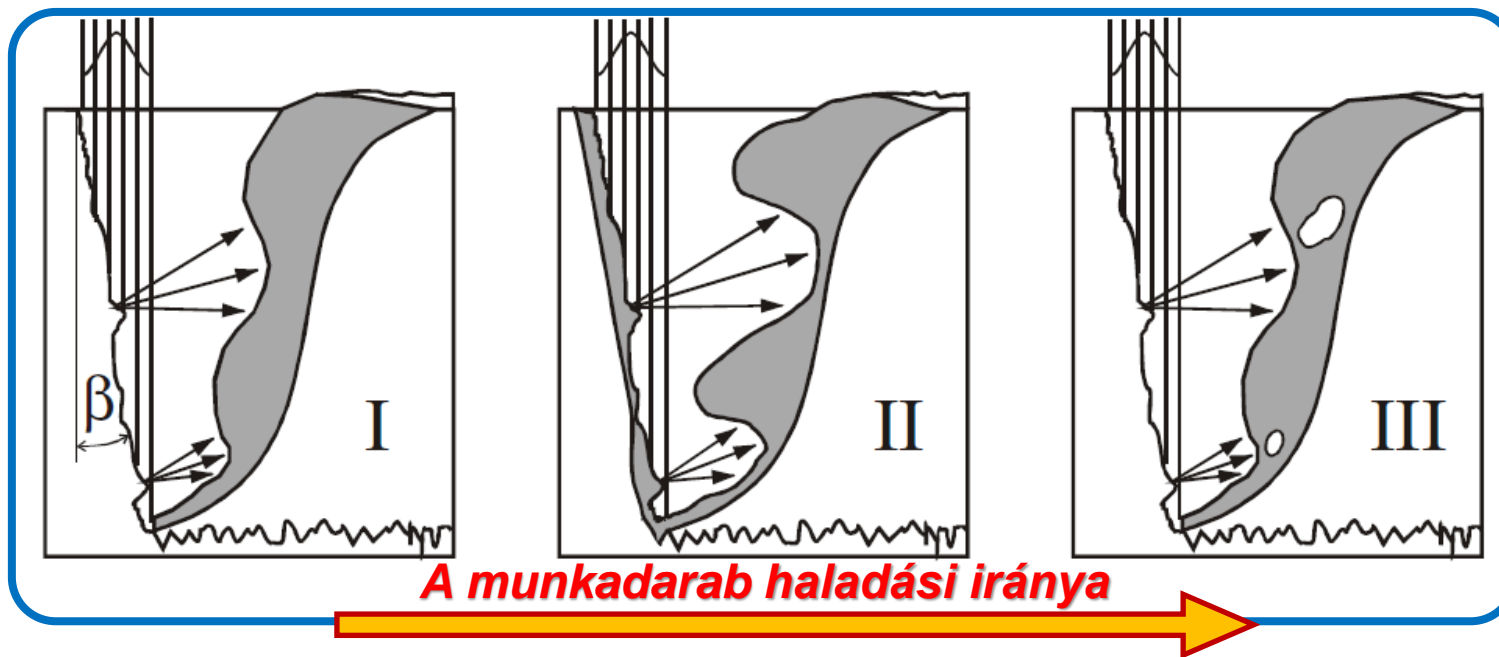
Nagyon mély és keskeny varratok készíthetők (akár 300 mm-ig, sőt!)

Az energiaátalakítás hatékonysága: 80–95 %.



!!! Remanens mágneses mezők + Seebeck-effektus !!!

Az elektronnyalábos hegesztés működés módja



Az elektronnyalábos hegesztés berendezései

A gyorsítófeszültség alapján

Nagyfeszültségű gép ($U = 150 \text{ kV}$)

Kisfeszültségű gép ($U = 60 \text{ kV}$)

A munkatér nyomása alapján

Nagyvákuumos gép

Kis-/közepes vákuumos gép

Nemvákuumos gép

A rendszerkonceptió szerint

Szállítószalagos (konveyoros) gép

Forgó asztalos gép

Univerzális gép

Helyi vákuumos gép

Mobil vákuumos gép

Mikro- és finomhegesztő gép

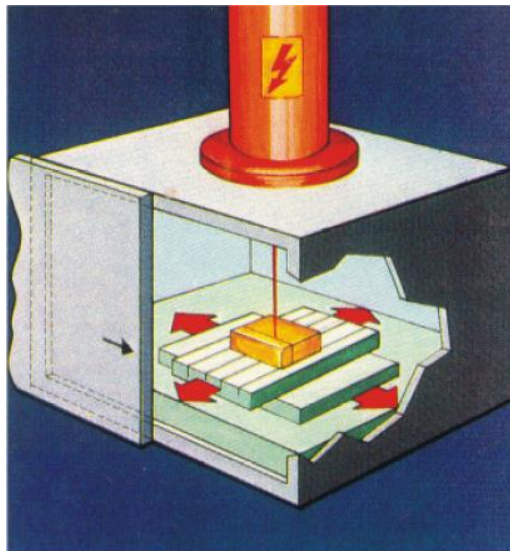
A **szalagos rendszerű gépek** hegesztett kötések folyamatos előállítását teszik lehetővé, pl. bimetálszalag félkész termékeként (fűrészlapokhoz, hőkapcsolókhöz). Az ilyen egységek főkamrájában fokozatosan emelkedő nyomásrendszer van, amelyet részleges vákuummal elő- és utóaktiváltak, hogy vákuumzárként szolgáljanak.

A **mobil és a helyi vákuummal működő rendszereket** rövidebb levákuumozási idő jellemzi, a vákuum egyidejű fenntartásával, a szivattyúzási térfogat csökkentésével. A „helyi vákuumos rendszerekben”, megfelelő tömítés alkalmazásával, a vákuum csak a hegesztési területen keletkezik. A „mobil vákuumos rendszerekben” a hegesztést egy kis vákuumkamrában végzik, amely a hegesztési területre korlátozódik, de a hegesztési varrat mentén halad. Ebben az esetben a munkadarab és a vákuumkamra közötti megfelelő tömítés jóval nehezebb.

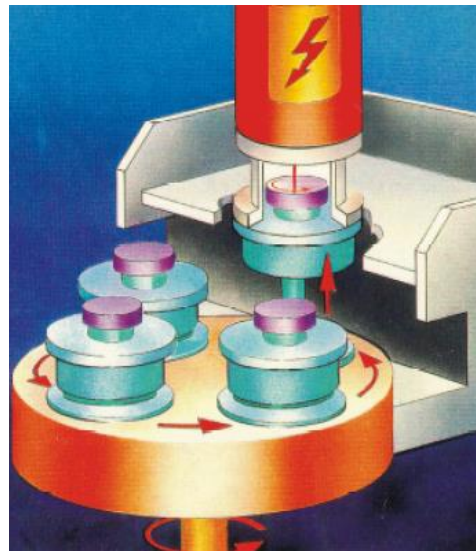
Az ilyen típusú gépi tervezésnél az elektronsugaras hegesztést olyan alkatrészekben lehet elvégezni, amelyeket méretük miatt nem lehet berakni egy álló vákuumkamrába (például nyomástartó edények palástjai, részecskegyorsítók csőalagútjának alkatrészei stb.).

Az elektronnyalábos hegesztés berendezései

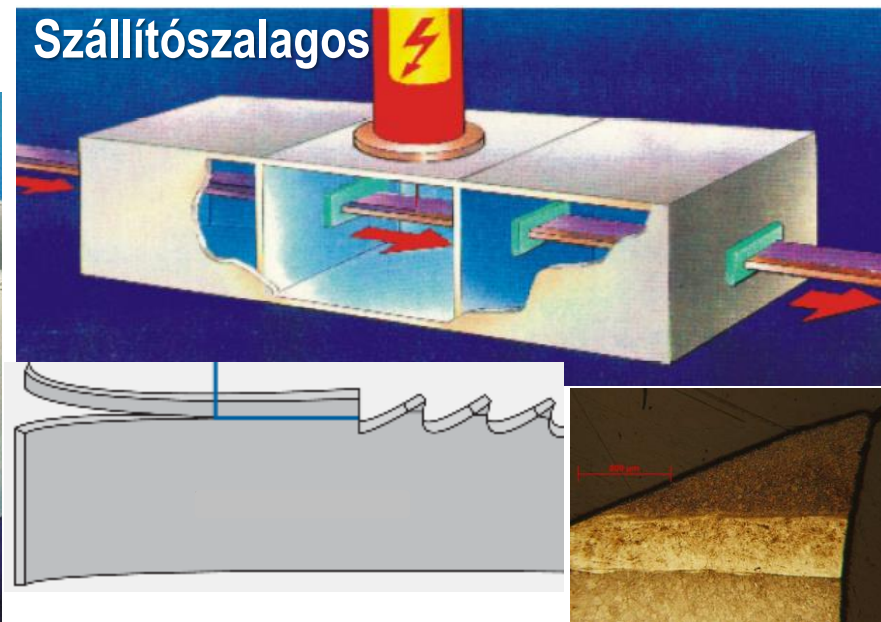
Kamrás



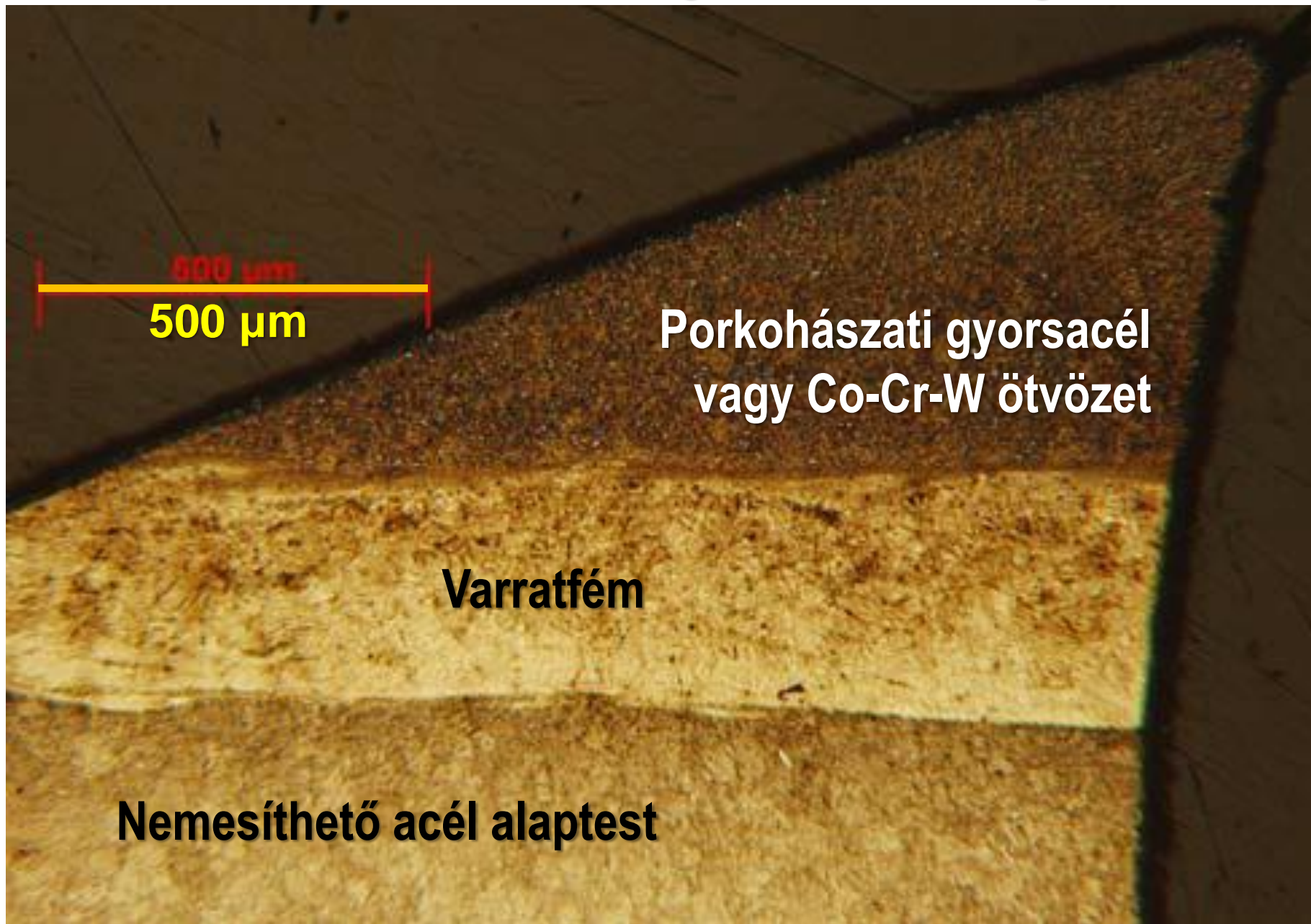
Körasztalos



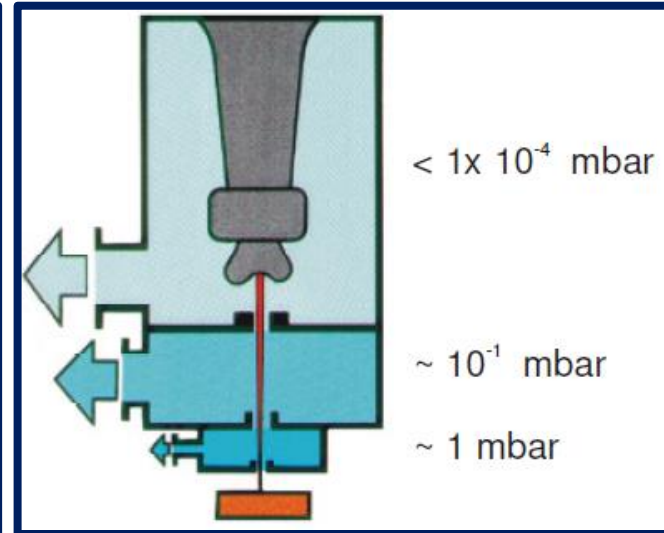
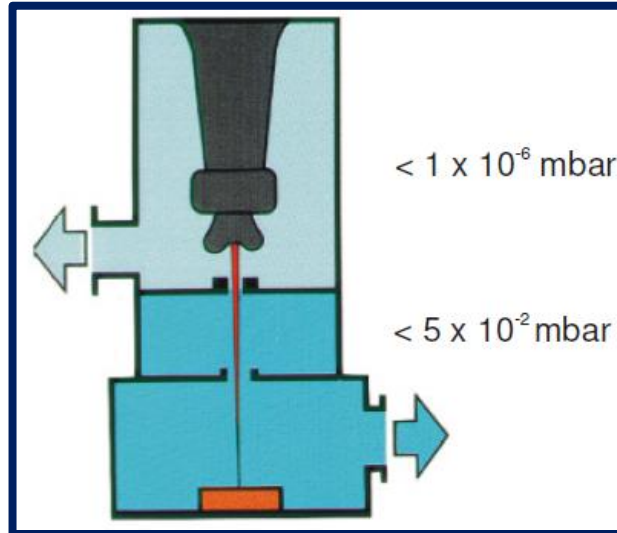
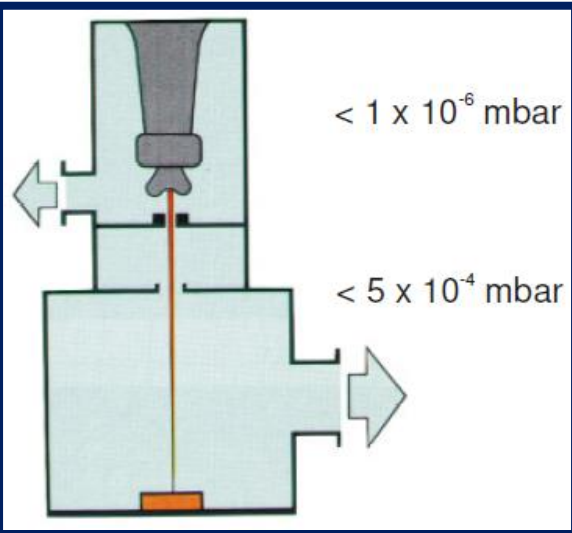
Szállítószalagos



Bimetál fűrészszalagon kialakított fog



Az elektronnyalábos hegesztés berendezései



Kis oxidációkockázat és a varrattal szembeni mérsékelt követelmények esetén az ún. **közepes vákuumos** berendezések ($p = 10^{-2}$ mbar) megfelelnek.

A gazdasági megfontolások jelentik a hajtóerőt ebbe az irányba, például a ciklusidő csökkentése.

Alkalmazási területei az autóiparban: dugattyúk (Alu), szelepek, nyomatékvtó, sebességváltó-alkatrészek.

511



513



512

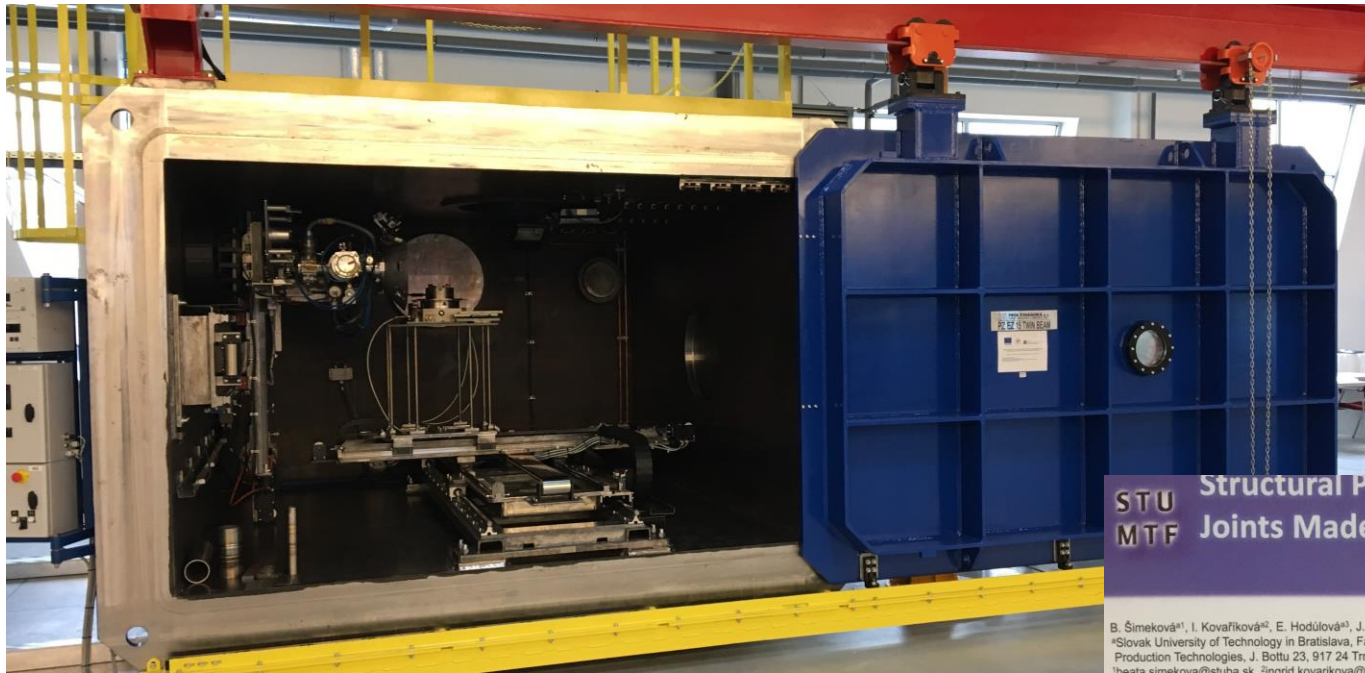


A hegesztési idő csökkentésére vonatkozó rendkívüli igények, a varratgeometria és az alaktorzulás mérsékelt követelményei, továbbá a levegővel vagy a védőgázzal való teljes összeférés megléte esetén a **vákuum nélküli** hegesztőegységeket alkalmazzák.

Előnye a folyamatos hegesztési idő és/vagy a rövid ciklusidők.

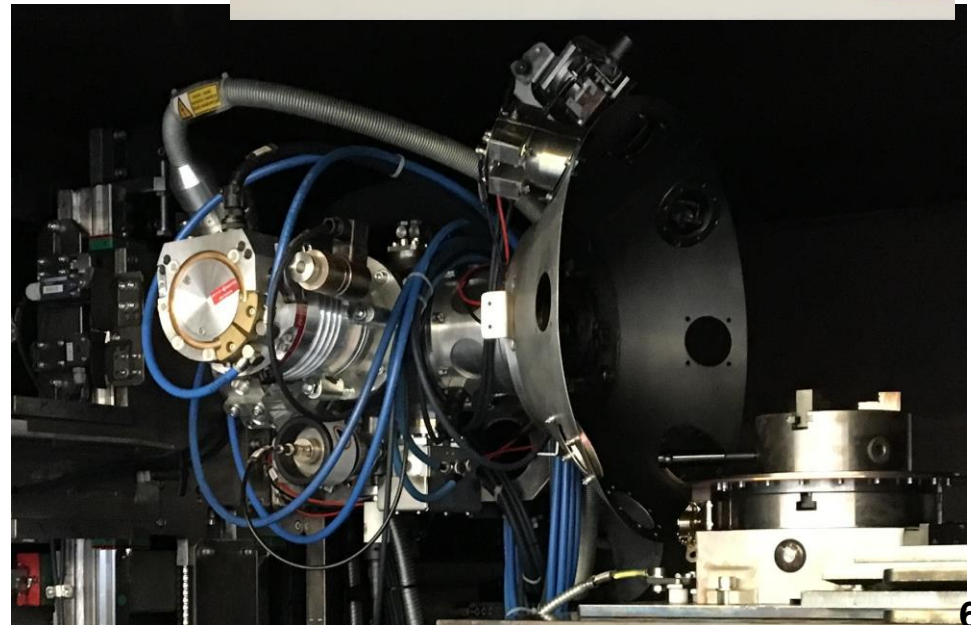
Alkalmazási területei: precíziós csövek, bimetálszalagok, csoportfogaskerekek stb.

Az elektronnyalábos hegesztés berendezései



STU Structural Properties of Super Duplex Steel
MTF Joints Made by Electron Beam Welding

B. Šimeková¹, I. Kovaříková², E. Hodulová³, J. Bárta⁴
¹Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Institute of
Production Technologies, J. Bottu 23, 917 24 Trnava, Slovak Republic
²beata.simekova@stuba.sk, ³ingrid.kovarikova@stuba.sk, ⁴erika.hodulova@stuba.sk, ⁵jozef.barta@stuba.sk



Előnyök és hátrányok

511

- Vékony és vastag lemez hegesztése (0,1–300 mm)
- Rendkívül keskeny varratok (alaktényező → 50:1)
- Kis (össz)hőbevitel → kis vetemedés → teljesen készre gyártás
- Nagy hegesztési (haladási) sebesség lehetséges
- Nincs szükség védőgázra
- Nagy folyamat- és üzemi hatékonyság

512

- Nagyon nagy hegesztési sebesség
- Rés áthidalása
- A reflexió nem okoz problémát a munkadarabra való energiabevitel során

511

- Villamos vezető anyag szükséges
- Nagy hűlési sebesség → edződés → repedés
- Nagy pontosságú előkészítés szükséges
- A nyaláb eltérül a mágnesesség miatt
- Röntgensugárzás képződik
- A munkadarab méretét a kamra mérete korlátozza
- Nagy beruházási költség

512

- Röntgensugárzás képződik
- Korlátozott lemezvastagság (legfeljebb kb. 10 mm)
- Nagy beruházási költség
- Kis munkatávolság

Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói

Az elektronsugaras hegesztés technológiai változóinak **2 csoportja**:

Az **első csoportban az elektronnyaláb jellemzői** tartoznak:

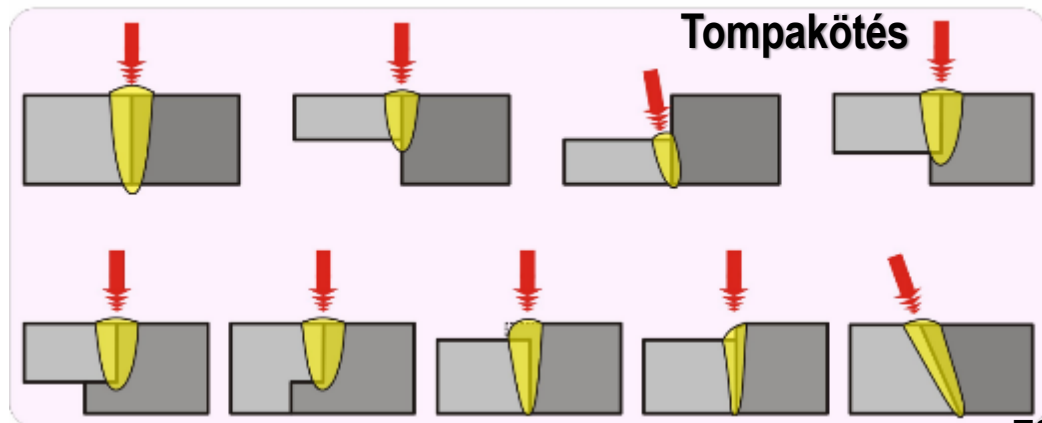
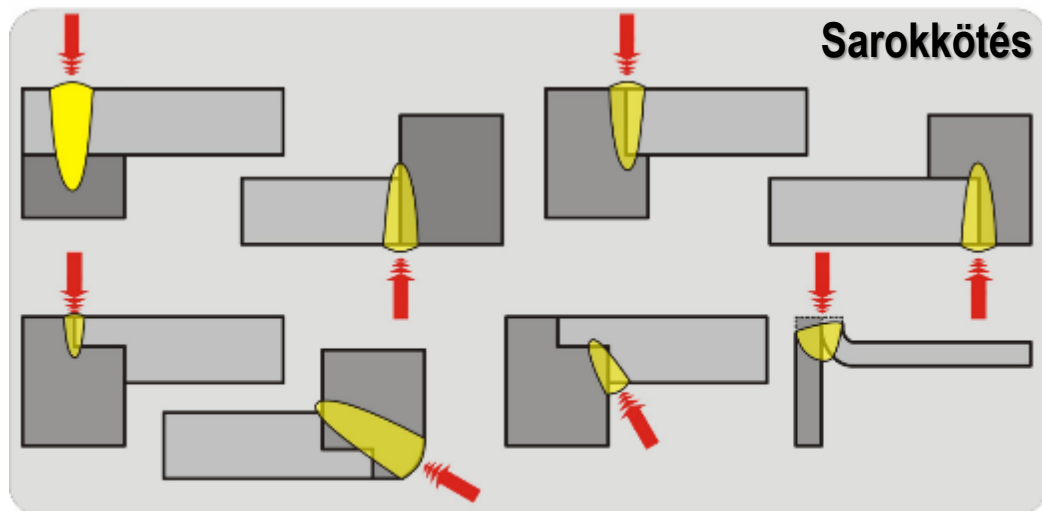
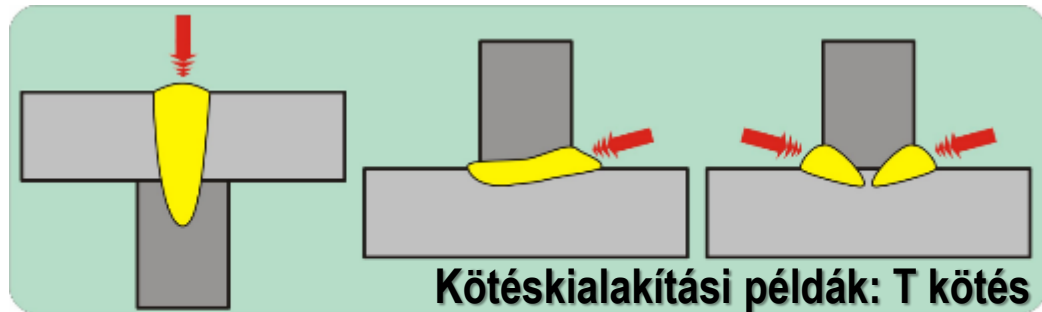
- Gyorsítófeszültség, U (kV)
- Nyalábáram vagy anódáram, I (mA)
- **Perveancia, G ($A/(V^{3/2})$)**
- A fókuszálórendszer árama, i_f (mA)
- A fókuszálórendszer távolsága a munkadarab felületétől, D_0 (mm)
a fentiek határozzák meg a q (W/cm^2) teljesítménysűrűséget
- Emittancia (kisugárzási tényező, ε)

A **második csoportba** tartozó változók határozzák meg a hegesztési folyamat **egyéb technológiai feltételeit**, például:

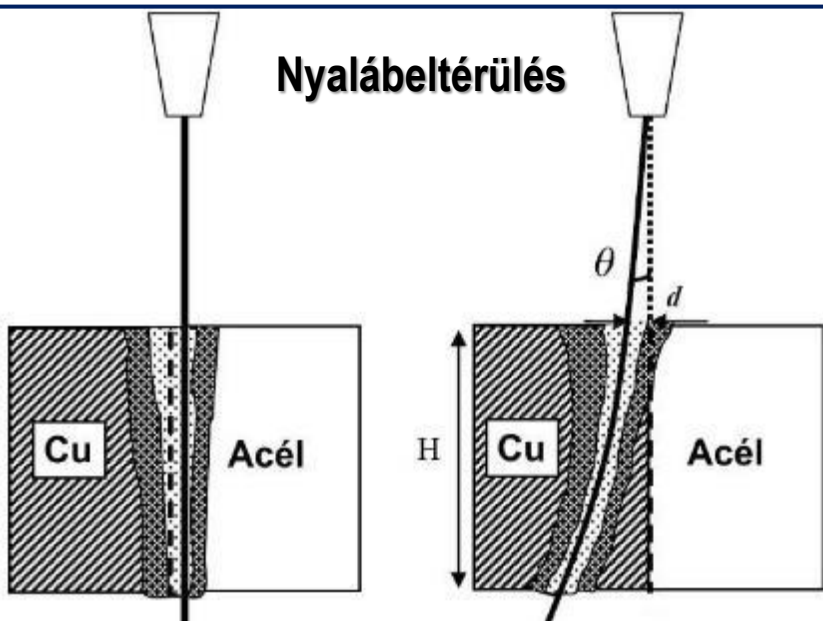
- Üzemi vákuum, p (Pa) → vagy védőgáz
- Hegesztési/haladási sebesség, v (cm/s)
- Varratkialakítás
- Nyalábmegosztási jellemzők → nyaláblengetés és többnyalábos hegesztés

A „perveancia” vagy áteresztőképesség fogalmát a töltött részecske-nyalábok leírásában használják. Értéke azt jelzi, hogy a tértöltődés mekkora hatással van a sugárzási nyaláb mozgására. A kifejezést elsősorban az elektronnyalábokra alkalmazzák, ugyanis ezeknek a mozgása során, általában, jelentős a villamos tér töltése.

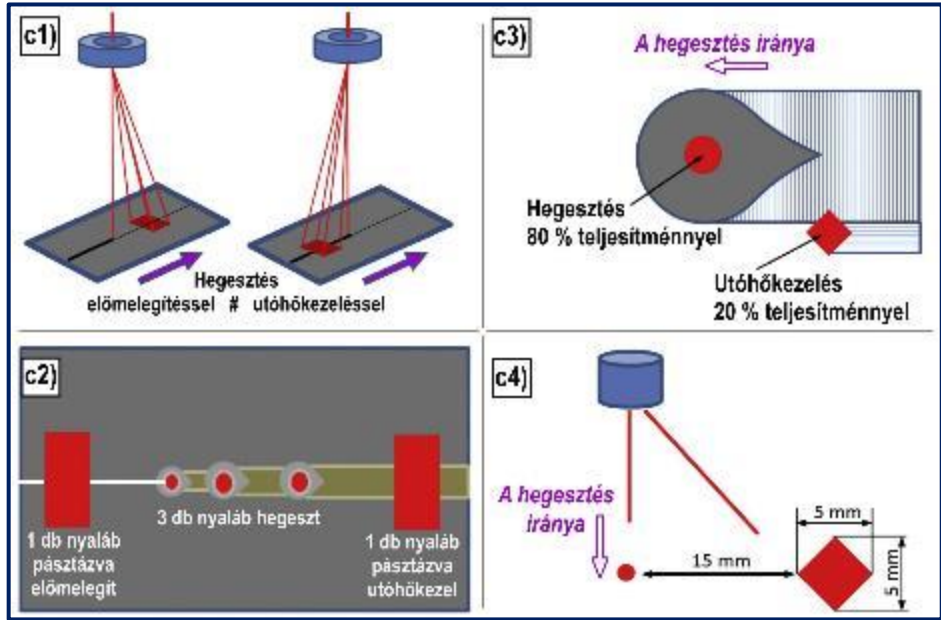
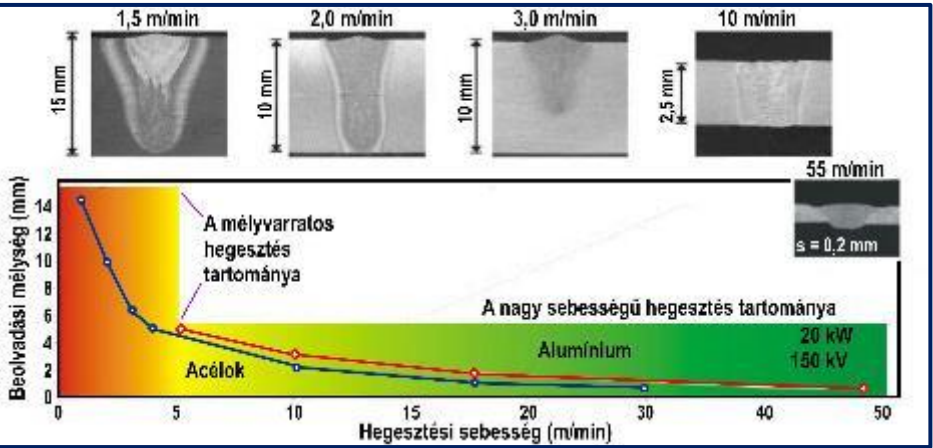
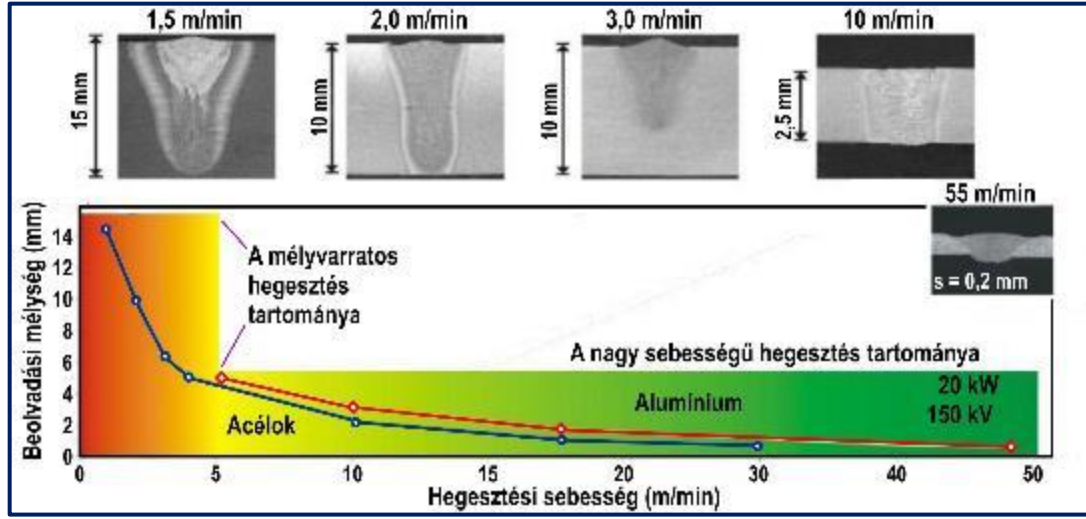
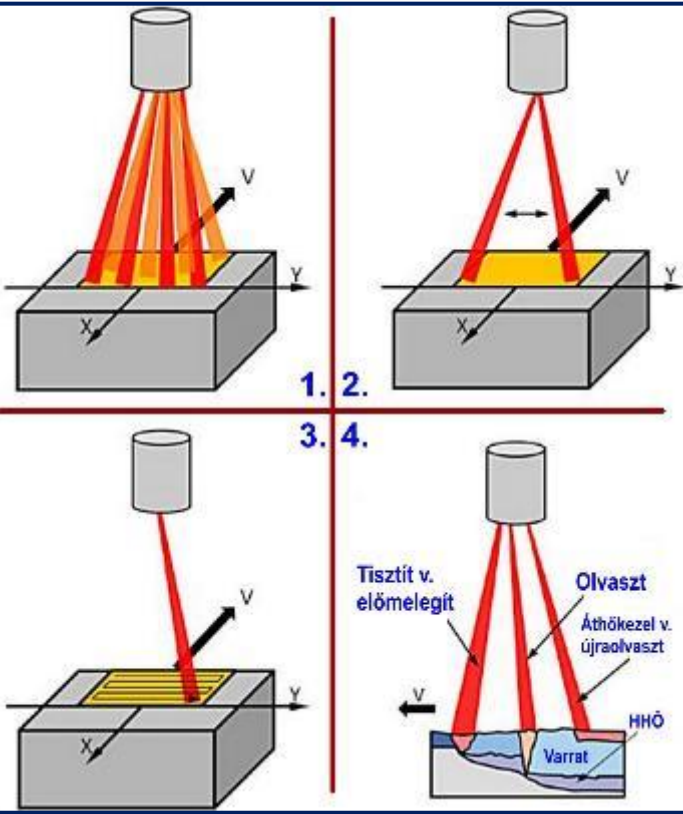
Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói



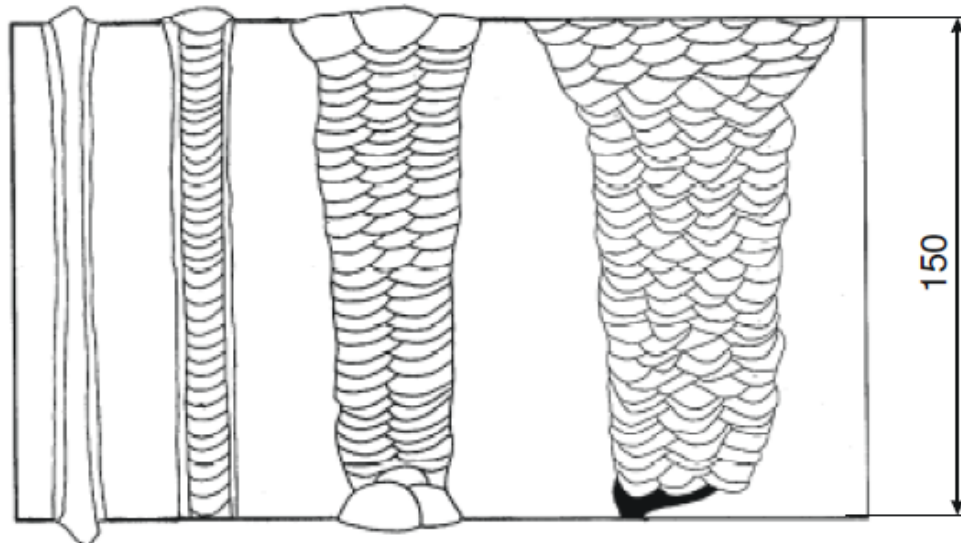
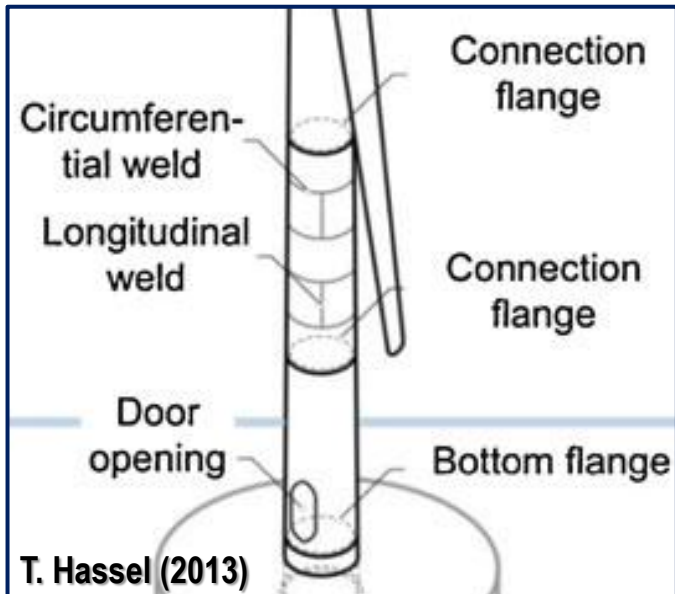
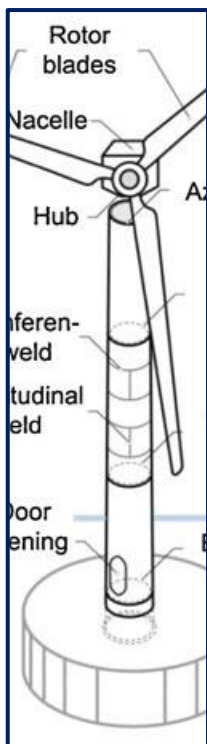
Nyalábelterülés



Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói



Összehasonlítás → keskenyréshegesztési változatoknál a jelölésekben +: (n.g.)



Hegesztési eljárás számjele→	511	135 (n.g.)	121 (n.g.)	121
Hegesztési áramerősség (A)	0,27	260	650	510
Hegesztési feszültség (V)	150 000	30	30	28
Varratkeresztmetszet (mm ²)	896	2098	4905	5966
Varratsorok száma	1	35	81	143
Hozaganyag-mennyiség (kg)	0	23	54	66
Leolvasztási teljesítmény (kg/h)	7,7	5	13	9
Hőbevitel (kJ)	64·10 ³	128·10 ³	293·10 ³	377·10 ³
Hegesztési idő (min)	27	275	251	440

Az elektronnyalábos/-sugaras hegesztés technológiai változói

Welding procedure specification, WPS

Hegesztési munkarendi előírás

WPS hivatkozási száma:		Tanúsító személy vagy szervezet:	
Gyártó:			
A WPAR száma:			
A berendezés megnevezése: – hegesztőberendezés: – a hegesztőanyag(ok) adagoló rendszere:			
Az alapanyag megnevezése:			
– anyagvastagság (mm):		– külső átmérő (mm):	
Hegesztőanyag: – megnevezés:		– méretek: – adagolás:	
A kötéstípus: – finom- vagy durvalemez <input type="checkbox"/>		– cső <input type="checkbox"/> – axiális <input type="checkbox"/>	
		– radiális <input type="checkbox"/>	
		– egyéb <input type="checkbox"/>	
Befogók, készülékek és szerszámok: igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/> mechanikus rögzítés:			
<input type="checkbox"/> fűzőhegesztés; módja:			
A hegfürdő megtámasztása:			
Gyökoldal	igen <input type="checkbox"/>	nem <input type="checkbox"/>	
Homlokoldal	igen <input type="checkbox"/>	nem <input type="checkbox"/>	
A kötés kialakítása		A hegesztés végrehajtása	

Előkészítés			
A demagnetizálási eljárás hivatkozási száma			
Hegesztési eljárás			
	Fűzősor	Hegesztősor	Simítósor
A hegesztés végrehajtása			
Hegesztési helyzet			
Gyorsítófeszültség (kV)			
Sugáráram (mA)			
– folyamatos			
– impulzusos			
– frekvencia			
– amplitúdó			
– egyéb			
Előtolási sebesség (mm/min)			
Fókuszálóáram-áram(ok) (A)			
A hegesztőanyag adagolási sebessége ¹⁾			
Sugánreltérítés			
– egyenáramú (állandó) eltérítés			
– váltakozó áramú lengetés			
– jelalak			
– frekvencia			
– amplitúdó			
– hosszirányban			
– keresztirányban:			
Az elektronnyalábban lévő nyomás (mbar vagy Pa)			
A munkakamra nyomása (mbar vagy Pa)			
Munkatávolság (mm)			
Felfutás (mm vagy fok)			
Átlapolás (mm vagy fok)			
Lefutás (mm vagy fok)			
Felfutás vagy lefutás alakja			
A hegesztőberendezés megnevezése			
Kiegészítő készülékek			
Hőkezelések ¹⁾			
– előmelegítés			
– utómelegítés			
Hegesztés utáni műveletek ¹⁾			
¹⁾ Ha szükséges			