

Dobránszky János előadásai 2024-ben

Hegesztés



2 – A 13-as eljáráscsoport
Huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés;
huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG-hegesztés);
huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (MAG-hegesztés)

A Hegesztés tantárgy tananyagának 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 és a 72-es eljáráscsoport 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 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 kötéskialakítás 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 kötésképződés 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 (nincs)

II. Folyadékös ömlesztőhegesztés

Öntőhegesztés

Termithegesztés (71)

III. Gázos ömlesztőhegesztés

Lánghegesztés (3)

IV. Villamos ívhegesztések

Kézi ívhegesztés (111)

Önvédő, porbeles huzalelektródás

ívhegesztésívhegesztés (112)

Fedett ívű hegesztés (12)

Huzalelektródás, védőgázos ívhegesztés (13)

Volfrámelektródás, védőgázos ívhegesztés (14)

Plazmaívhegesztés (15)

Elektrogázhegesztés (73)

V. Sugárzásos ömlesztőhegesztés

Lézeres hegesztés (52)

Elektronnyalábos hegesztés (51)

VI. Mozgó tömeges

ömlesztőhegesztés

még nem ismert ilyen ...

VII. Villamos áramos

ömlesztőhegesztések

Villamos 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 hegesztőanyag hozzáadása nélkül.

I. Szilárd testes sajtolóheg.

Hevítőelemes hegesztés
Hevítőcsúcsos hegesztés
Hevítőfúvókás hegesztés
Hevítőfúvókás, szegfejes heg.

II. Folyadékös sajtolóheg.

Öntéses sajtolóhegesztés

III. Gázös sajtolóheg.

Sajtoló lánghegesztés (47)

IV. Villamos kisüléses sajtolóheg.

Mágnesesen mozgatott ívű sajtolóhegesztés (185)
Ívhúzásos csaphegesztés (783)
Kondenzátorkisütéses, ívhúzásos csaphegesztés (785)
Kondenzátorkisütéses, gyújtócsúcsos csaphegesztés (786)

V. Sugárzásös sajtolóhegesztés

(még nem ismeret ilyen eljárás)

VI. Mozgó tömegös sajtolóhegesztés

Ultrahangös heg. (41)
Dörzshegesztés (42)
Kavaró dörzsheg. (43)
Robbantásös heg. (441)
Mágneses impulzusös hegesztés (442)
Hidegsajtoló heg. (48)
Hidegzömítő hegesztés
Hátrafolyatásös heg.
Ütközésös hegesztés

VII. Villamos ellenállás-hegesztés (2)

Ellenállás-ponthegesztés (21)
Ellenállás-vonalhegesztés (22)
Dudorhegesztés (23)
Leolvasztó tompahegesztés (24)
Ellenállás-tompahegesztés (25)
Ellenállás-csaphegesztés (26)
Nagyfrekvenciás ellenállás-hegesztés (27)
Indukciós hegesztés (74)

VIII. Egyéb energiafajtájú sajtolóhegesztés

Diffúziós hegesztés (45)
Melegsajtoló hegesztés (49)
Plattírozó hengerlésös hegesztés

A hegesztés helye a technológiában (műtanban)

Alakadási eljárások családja

Elsődleges alakadási eljárások:

Öntési eljárások osztálya

Fröccsöntési eljárások osztálya

Porformázási eljárások osztálya

Képlékenyalakítási eljárások

Kompozitok gyártási eljárásai

Építkező (additív) gyártás

Másodlagos alakadási, avagy alakmódosító eljárások:

Forgácsolási eljárások osztálya

Rendeltetés? A munka célja?

→ **Kötés** – **felrakás** – **javítás**

Kötési eljárások családja

Kötőelemes kötések osztálya

Ragasztási eljárások osztálya

Forrasztási eljárások osztálya

Hegesztési eljárások



Tulajdonságmódosító kezelési eljárások családja

Hőkezelési eljárások osztálya

Mechanikai felületkezelések

Festési eljárások osztálya

Elektrokémiai felületkezelések

MSZ ISO/TR 25901-1:2020 → gyártási hegesztés (production welding)

Hegesztés, amelyet a gyártás során végeznek a felhasználónak történő végátadás előtt.

A hegesztés terminológiája



Magyar Szabványügyi Testület



2020. november

MAGYAR SZABVÁNY

MSZ ISO/TR 25901-1

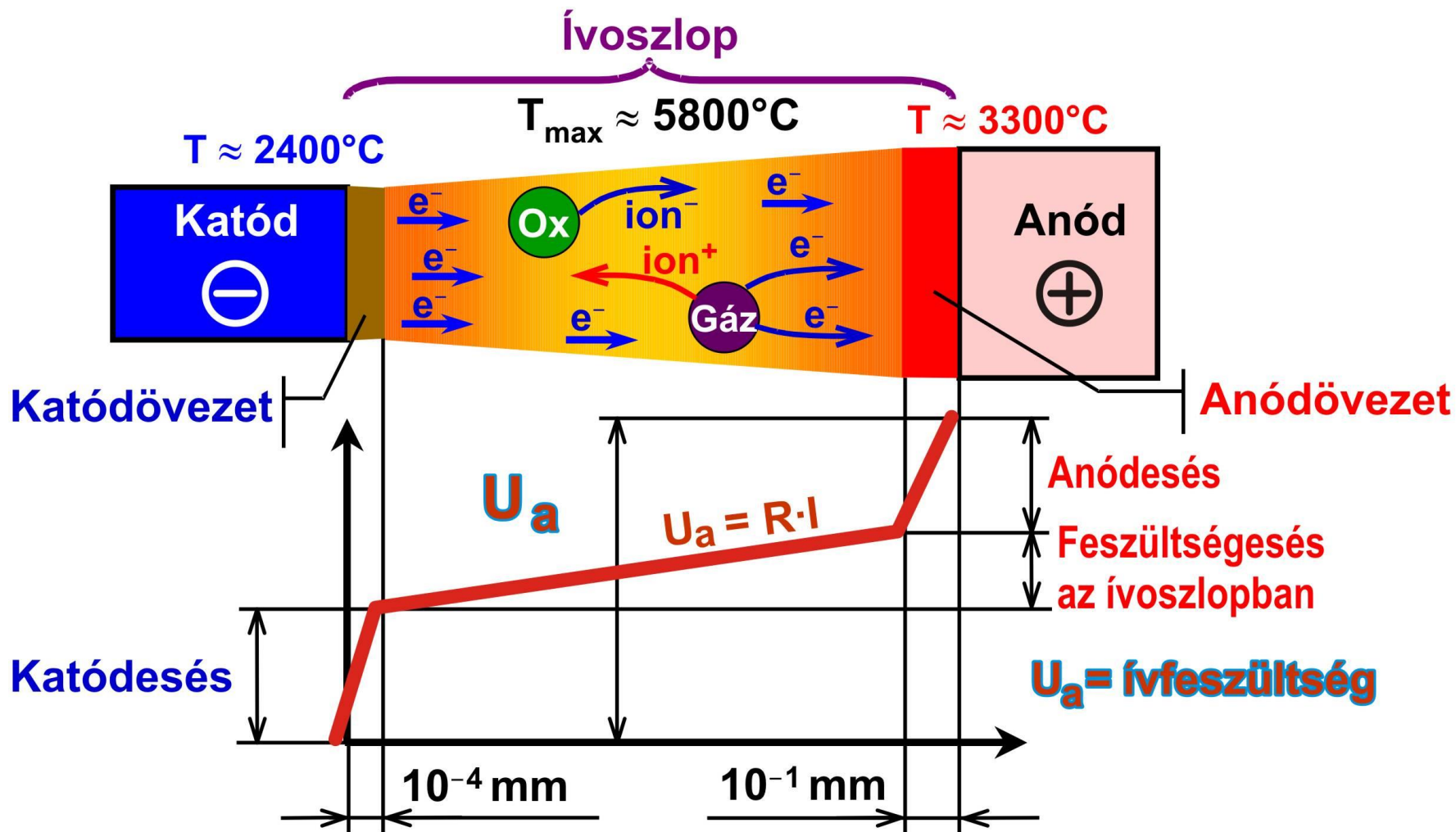
Hegesztés és rokon eljárások. Szakszótár

1. rész: Általános kifejezések

A screenshot of a web browser address bar showing navigation icons (back, forward, refresh, home) and a lock icon, followed by the URL <https://www.iso.org/obp/ui>.

Online Browsing Platform (OBP)

Ívhegesztés → a hegesztőív jellemzői



ion^+ = pozitív ion O = oxigénatom
 ion^- = negatív ion G = gázatom
 e^- = elektron

Elektronsebesség $\approx 100\text{--}200 \text{ m/s}$
 Az ionsebesség $\approx 1 \text{ m/s}$

Ívhegesztés → a hegesztőív jellemzői

A hegesztőív kialakulásának feltételeit, az ebben szerepet játszó tényezőket az előző oldalon látható vázlat szemlélteti.

A hegesztőív jellemzése szempontjából lényeges fogalmak:

- anód
- katód
- ívoszlop
- potenciálkülönbség
- ívfeszültség
- anódövezet, katódövezet
- anódesés, katódesés
- atomok, ionok, elektronok
- elektronsebesség, elektronemisszió
- Jelleggörbe → ívjelleggörbe, áramforrás-jelleggörbe
- munkapont
- üresjárás feszültség
- rövidzárlati áram
- ívhosszúság
- ívstabilitás

Ívhegesztés → a hegesztőív jellemzői

A hegesztőív létrejöttének és **stabilitásának** feltételei:

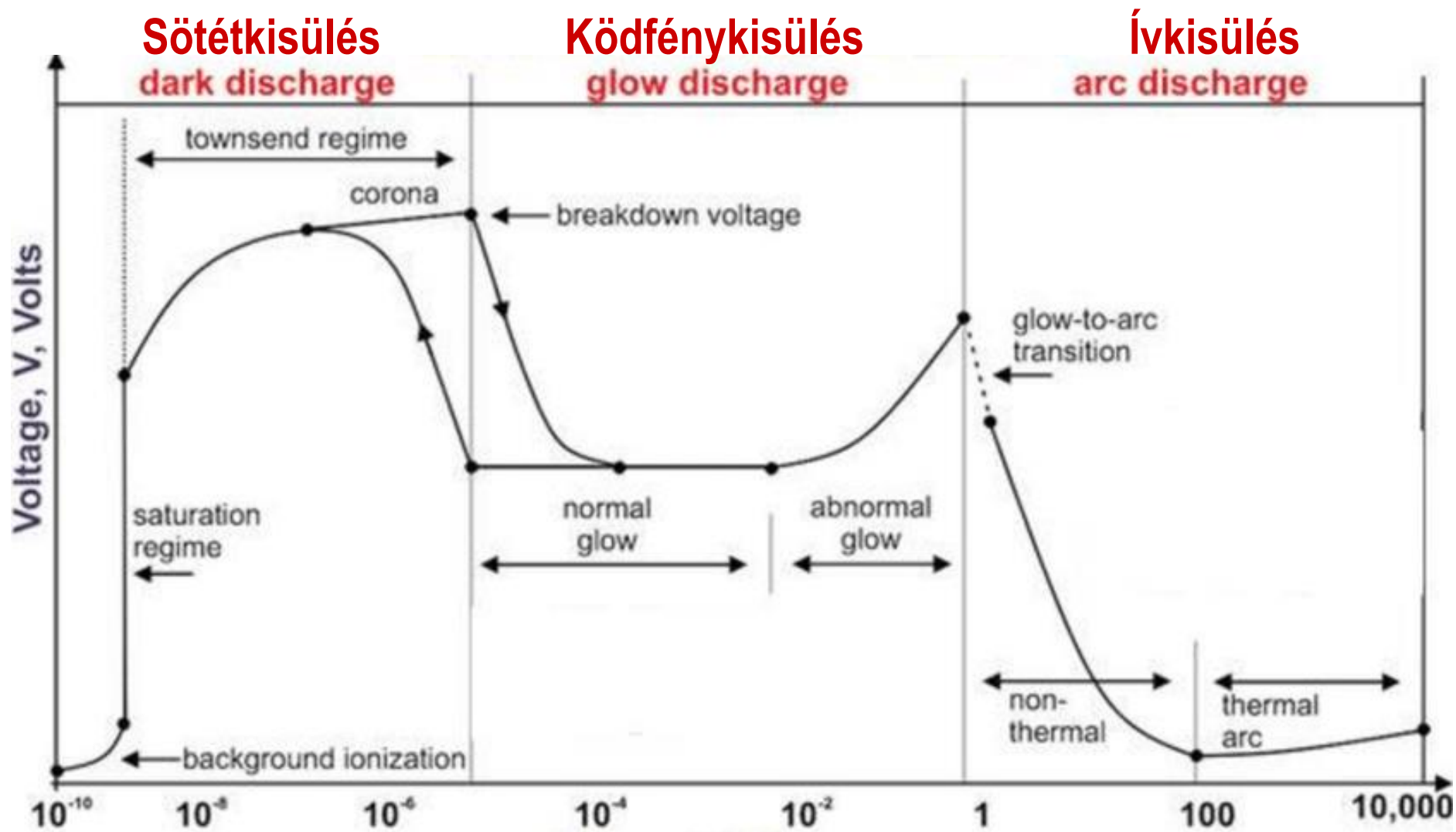
- potenciálkülönbség az anód és a katód között
- az anyag elektronemisszós képessége
- a katód alakja
- az ívtérben lévő gáz kellően kicsi ionizációs potenciálja.
- A nagy katódesést is elviselő ívgyújtási feszültség
- pozitív ionná ionizálódó gázatomok jelenléte az ívtérben
- a katód nagy hőmérsékleten tartása
- kellően nagy áramerősség
- a bevonatban: emissziós vagy / és ionizáló hatású anyagok.

A hegesztőív viselkedését meghatározó tényezők hegesztésnél:

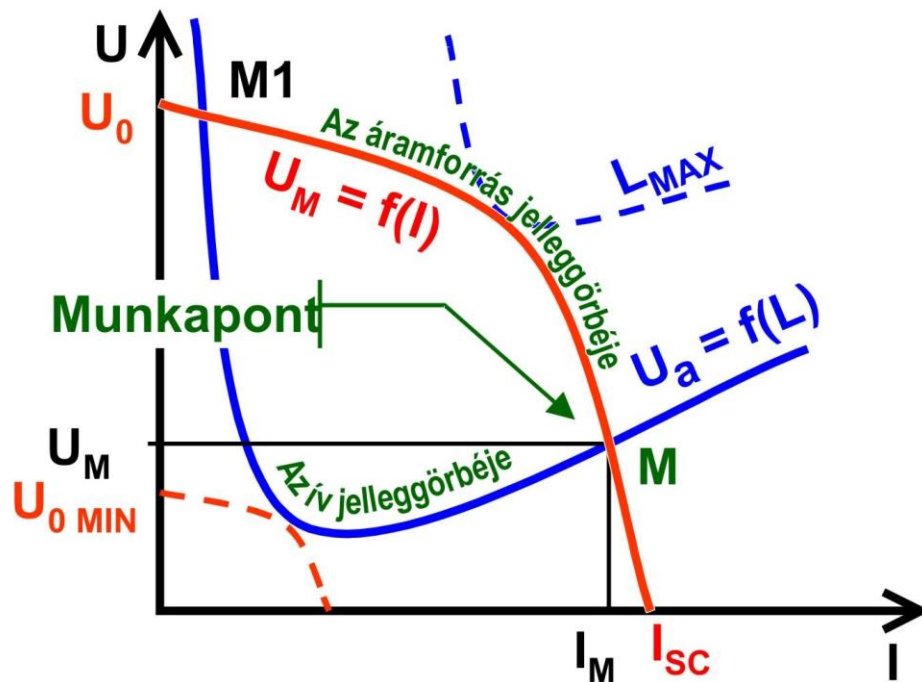
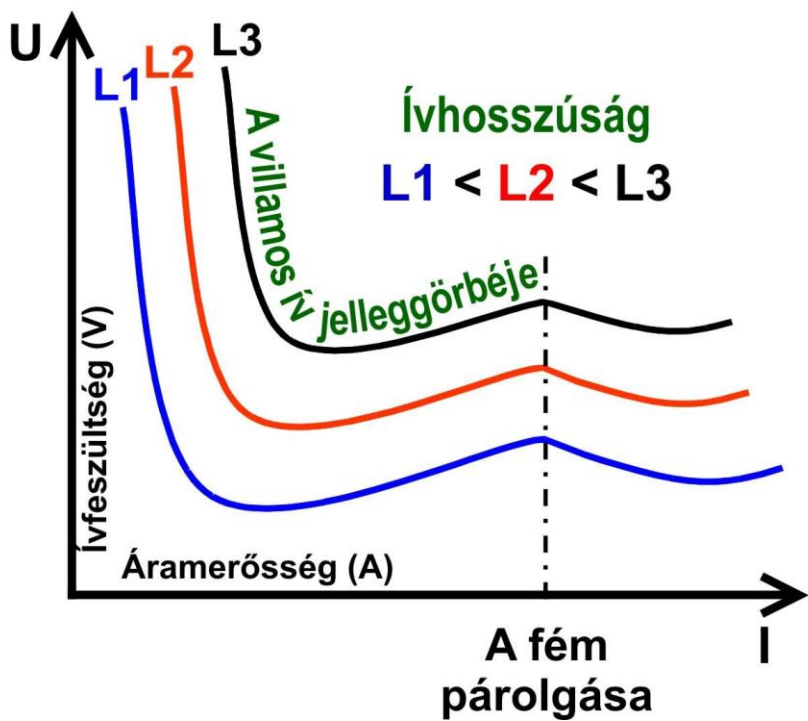
- az elektródák anyaga, alakja, mérete
- az ívtérben lévő gáz fajtája
- a villamos táplálás fajtája, a feszültség és az áramerősség
- az ívhosszúság.

Ívhegesztés → a hegesztőív jellemzői

A villamos kisülések fajtái



Ívhegesztés → a hegesztőív jellemzői



A hegesztőív jelleggörbéje →

$$U = f(L)$$

Az áramforrás (ÁF) jelleggörbéje →

$$U = f(I)$$

Munkapont, M → U_M és I_M .

Stabil ívhez szükséges:

Ívhosszúság < L_{MAX}

Üresjárási feszültség > $U_{0\text{ MIN}}$

Korlátozott rövidzárlati áram I_{RZ}



**Huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés
(MAG-hegesztés, MIG-hegesztés)**

Jellegzetes alkalmazások: teljes gyártmány

A 2013-ban vízre bocsátott Táltos. Anyaga: Al-ötvényzet



Jellegzetes alkalmazások: alkatrész

az „103228 Abschleppöse” nevű alkatrész hegesztési problémái

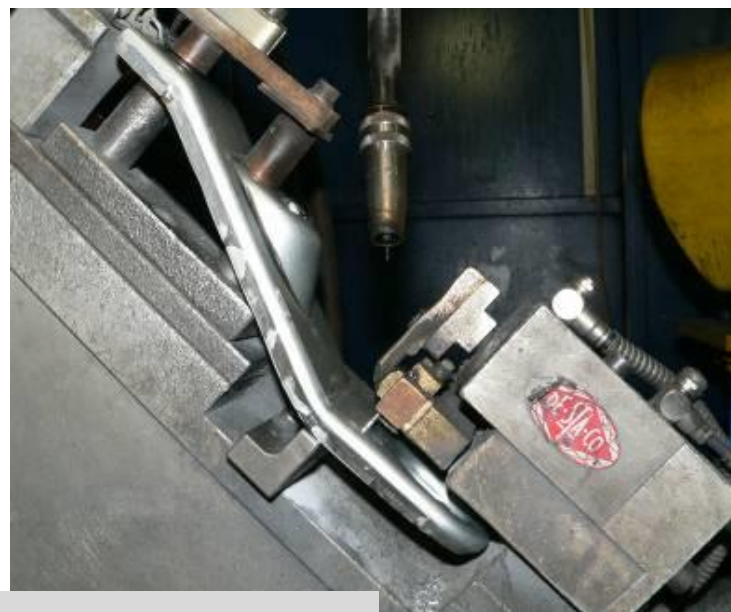


A hidegen alakított, horganyzott acél lemez alkatrészre kell ráhegeszteni a ráhegesztett anyát tartalmazó fület.

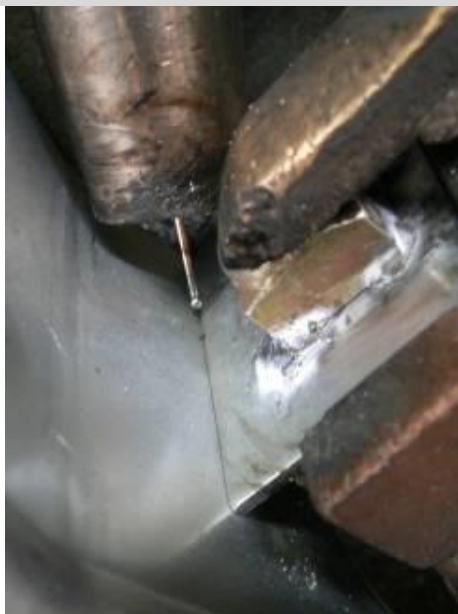
A hegesztést robot végzi, de nagy a selejtarány.

A fő problémát a horganybevonat okozza.

Jellegzetes alkalmazások: alkatrész



Az alkatrész a készülékben, a hegesztési folyamat fázisaiban



13 → Huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés

A hegesztési eljárás magyar megnevezése	Jele
• Önvédő, porbeles huzalelektrodás ívhegesztés (nem védőgázos eljárás!)	114
• Huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés	13
• Tömör huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; tömör huzalelektrodás MIG-hegesztés	131
• Porbeles huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; porbeles huzalelektrodás MIG-hegesztés	132
• Fémpor töltetű huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; (MIG-hegesztés fémpor töltetű huzalelektrodával)	133
• Tömör huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés; tömör huzalelektrodás MAG-hegesztés	135
• Porbeles huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés; porbeles huzalelektrodás MAG-hegesztés	136
• Fémpor töltetű huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés; (MAG-hegesztés fémpor töltetű huzalelektrodával)	138

A hegesztőmunkahely műszaki berendezései



- A hegesztőberendezés (másként: áramforrás vagy hegesztőgép).
- Hegesztőégő, -pisztoly: lehet léghűtéses vagy vízhűtéses az áramforrás pozitív pólusára).
- Védőgázellátó rendszer: palackos vagy gázhálózatról táplált.
- Nyomáscsökkentő és gáztömlő.
- Testkábel, áram-visszavezető kábel (az áramforrás negatív pólusára).

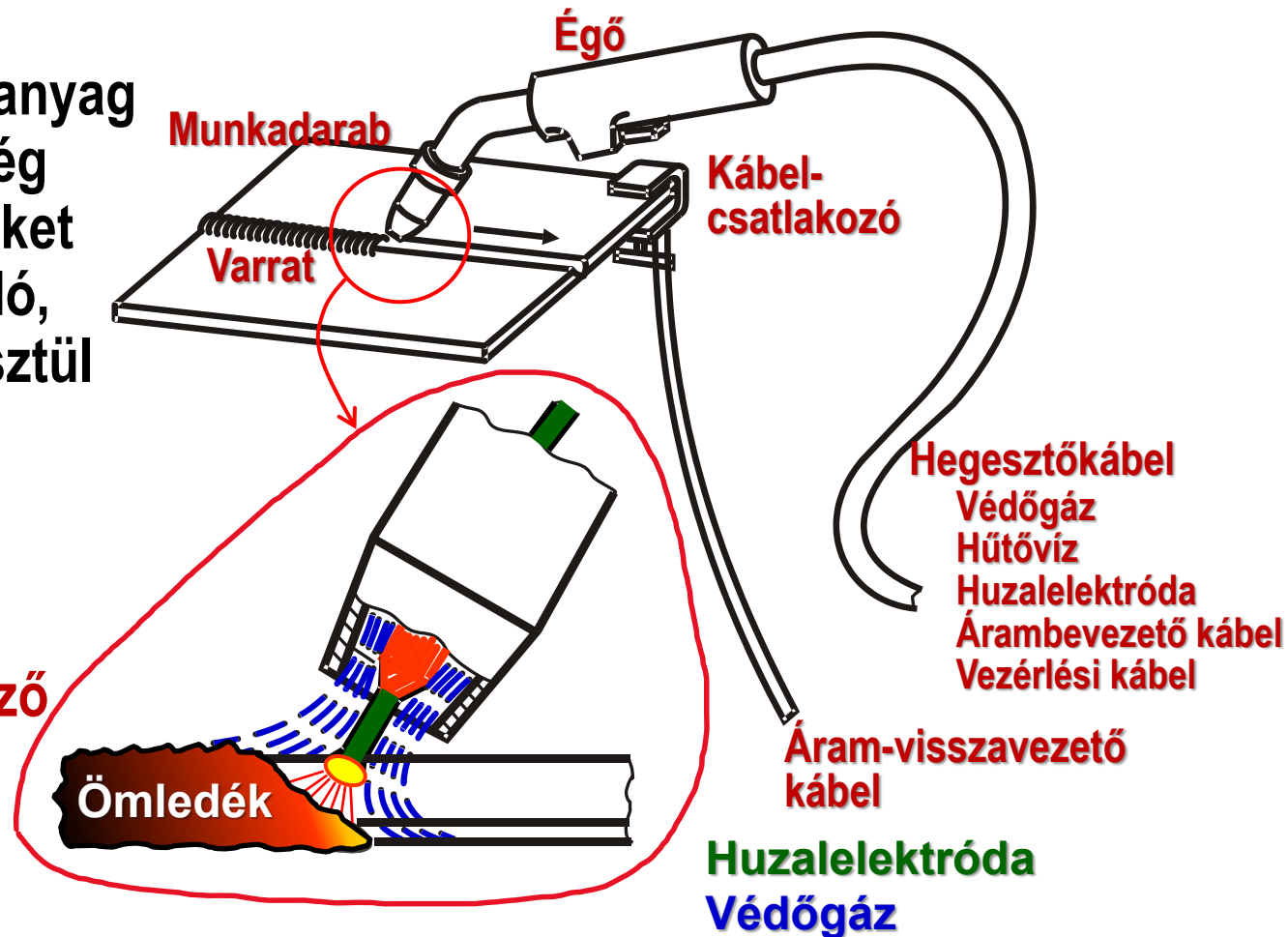


A 13-as eljárások alapvető sajátosságai

A huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztések – röviden a MIG-hegesztés és a MAG-hegesztés – világszerte a legelterjedtebb hegesztési eljárások. A huzalelektrodát állandó sebességgel adagolja a huzalelőtoló berendezés.

A villamos ív az alapanyag és a leolvadó huzalvég között ég. Az ömledéket és a huzalból leolvadó, a villamos íven keresztül az ömledékbe jutó hegesztőanyagot a gázterelő fúvókán kiáramló gáz védi.

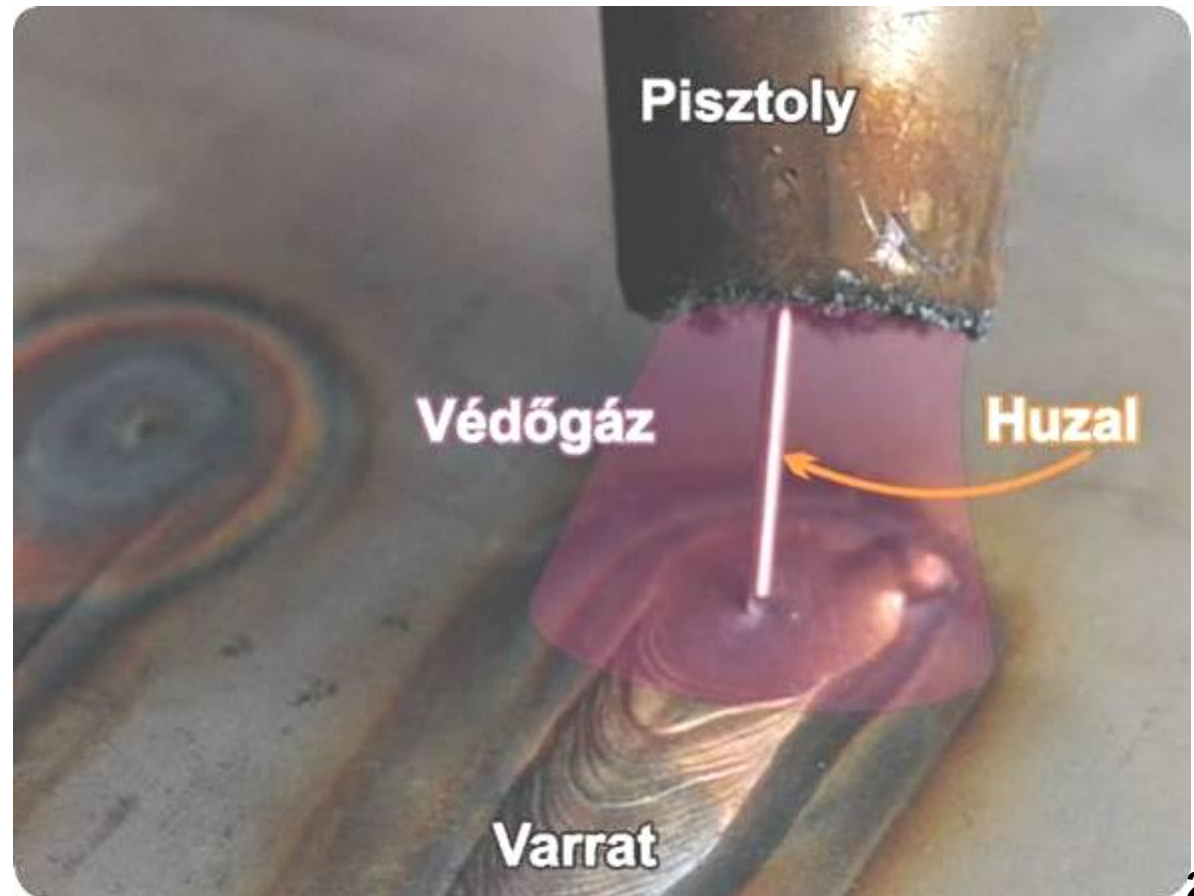
A gázvédelem kedvező anyagátviteli és varrattisztasági feltételeket teremt.



Az eljárás alapvető sajátosságai

A védőgáz lehet **semleges** vagy **aktív** (az angol névből jön a betűszó: MIG = metal inert gas, illetve MAG = metal active gas). A semleges védőgáz csak argont vagy/és héliumot tartalmazhat. Az aktív védőgázos hegesztés e két semleges gáz mellett széndioxidot vagy/és oxigént is tartalmaz. Ez a két aktív védőgázkomponens kedvezően hat az ívstabilitásra, a beolvadási mélységre, a varratalakra, emellett nagyobb hegesztési sebességet enged meg, és mérsékli a fröcskölést.

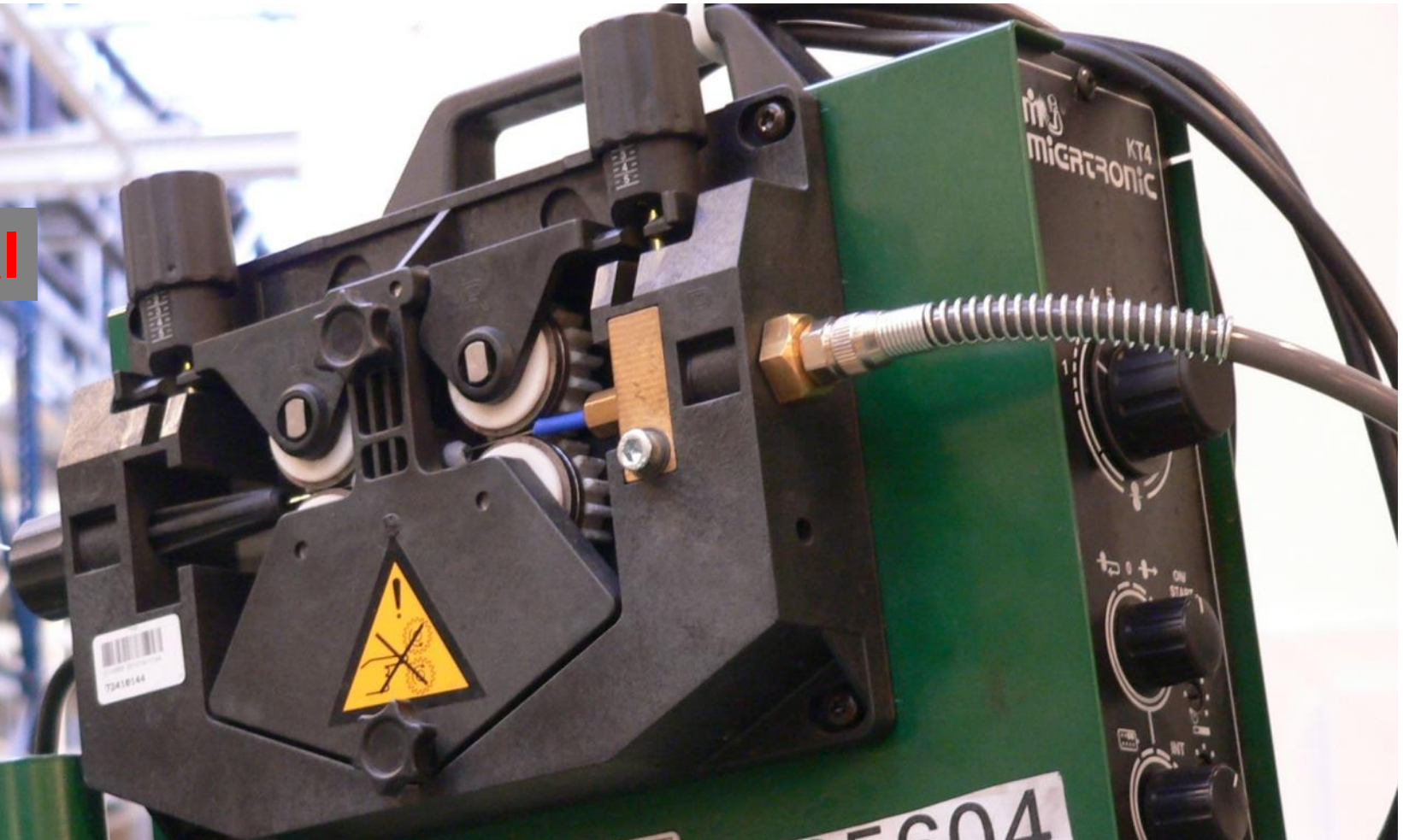
A leolvadó **huzalelektróda** keresztmetszete lehet **tömör** vagy **üreges**, azaz csőszerű; az előbbit tömör huzalnak, az utóbbit porbeles huzalnak nevezzük. A porbeles huzalok vagy olyan, **salakot is képező portöltetet** tartalmaznak, amely fontos szerepet játszik az ömledék metallurgiai folyamataiban, vagy pedig csak **fémport**, amely a termelékenység növelését engedi meg.



A huzalelőtoló berendezés

A huzalelőtoló rendszer egy vagy két pár előtoló görgőt tartalmaz. Minden pár egyik görgője hajtott, a másik fogaskerekes hajtással csatlakozik hozzá.

Huzal



A huzalelőtoló berendezés

A huzalelőtolók egyik, világszerte elismert gyártója a magyar Cooptim Kft.

Görgőnyomás-
szabályzó

Egy görgőpáros huzalelőtolók



A huzalelőtoló berendezés

A huzalelőtolók egyik, világszerte elismert gyártója a magyar Cooptim Kft.

Görgőnyomás-
szabályzó

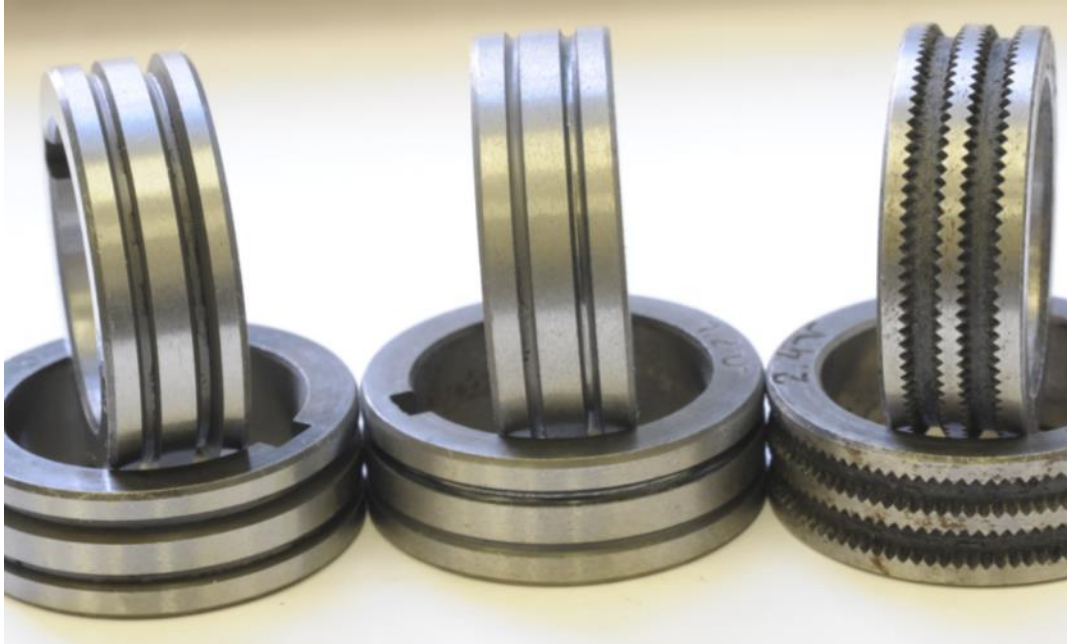
Két görgőpáros huzalelőtoló
huzalegyengetővel



Gyakori hiba, hogy a huzal kicserélésekor nem a méretének megfelelő görgőt használják.

A huzalelőtoló görgők

A görgők hornya V-alakú (acélhoz) vagy U-alakú (alumíniumhoz), illetve recés (porbeles huzalhoz). Általában kétféle huzalátmérőnek van kiképezve a horony egy görgőn.



A hegesztőégő és a hegesztőpisztoly

MSZ ISO/TR 25901-1; 2.6.9. → égő (torch) A hegesztésre, vágásra vagy a rokon eljárásokhoz használt villamos ívhez szükséges minden funkció továbbítására szolgáló szerkezet. Továbbíthat áramot, gázt, hűtőfolyadékot vagy huzalelektródát.

welding gun, gun = torch with a handle substantially perpendicular to the torch body; ISO/TR 25901-4:2016, 2.6.3



A hegesztőégő

Hűtési mód: **gázhűtés vagy vízhűtés**; ~200 A-ig alkalmas a gázhűtés
Huzaltovábbítás: passzív / aktív: húzómű beépítve az égőtestbe



égő = A hegesztésre, vágásra vagy a rokon eljárásokhoz használt villamos ívhez szükséges minden funkció továbbítására szolgáló szerkezet. PÉLDA: Továbbíthat áramot, gázt, hűtőfolyadékot vagy huzalelektrodát.

A hegesztőégő

Füstelszívás az égőben

→ Keress az Interneten: welding fume extractio



Standard welding torch:
strong fume production!



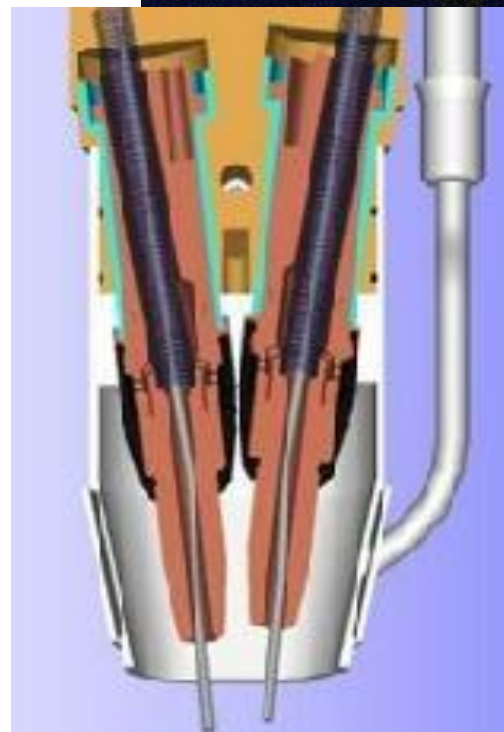
Merkle fume extraction torch:
perfect extraction of fumes!

A tandem hegesztőégő (pisztoly)

2 db huzalelektroda, két áramforrás.
Főleg robotokon (néha kézi hegesztésben is).

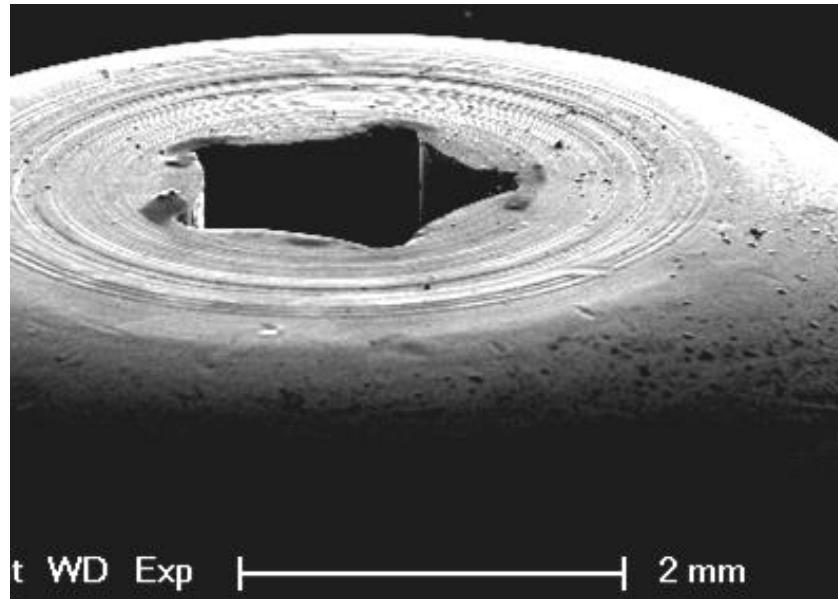
**Példa: szénacél, sarokvarrat ($a = 5 \text{ mm}$),
PB helyzet, huzalátmérő = 1,2 mm**

	Egyhuzalos hegesztés	Tandem hegesztés
Hegesztési sebesség (cm/min)	50	150
Huzalelőtolási sebesség (m/min)	8,5	(1.) 18,0
		(2.) 13,5
Leolvasztási teljesítmény (kg/h)	4,4	16,4



Az áramátadó

A huzal az áramkörbe az áramátadóban csúszva, a hengeres vagy alakos furat falához súrlódva, csúszási érintkezéssel csatlakozik az áramkörbe. Anyaga Cu, Cu-ötvözet. Ni-, Ag-bevonat, keményfémvég kopás ellen.



Az áramátadó

A **StarTip** áramátadó egy különleges ötvözetű és speciális keresztmetszetű áramátadó.

Összehasonlítás:

(forrás: TBi)



Hagyományos, kör alakú lyuk-keresztmetszet:

- 1 érintkezési felületet biztosít.
- 100%-os lyuk-keresztmetszet, mint referenciaérték.



StarTip ötszögű lyuk-keresztmetszet:

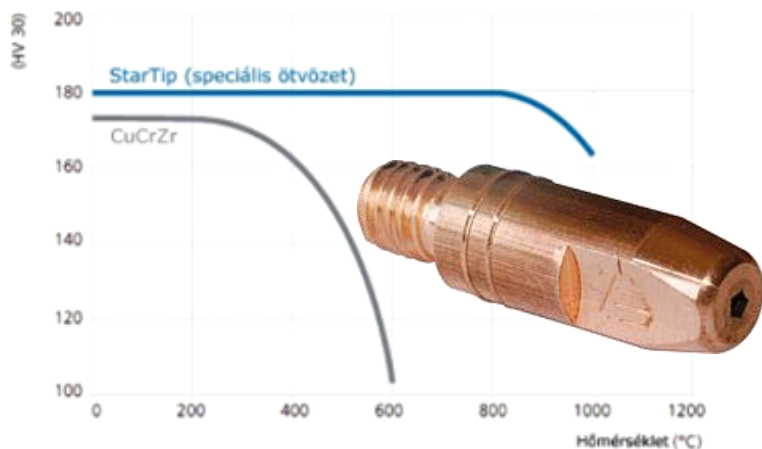
- Biztosabb áramátadás, kedvezőbb ívgyújtási és hegesztési feltételek a hegesztőhuzal és az áramátadó **két érintkezési felülete** által.
- A 115%-ra megnövelt keresztmetszet és a szögletes forma lehetővé teszik a szennyeződés lerakódását a belső élekbe anélkül, hogy az akadályozná a huzaltovábbítást, vagy rontaná az áramátadást.

Keménységcsökkenés 1 órás hőterhelés után

Anyagminőség

A **StarTip** áramátadók egy rendkívül kopásálló mag és egy kiváló elektromos vezetőképességű külső burkolat kombinációjából készülnek. Ezen anyagkombináció egyesíti a két anyag előnyeit, az egyenként jelentkező hátrányok kiküszöbölése mellett.

Az új anyag - különösen magas hőmérséklet esetén - lényegesen nagyobb szilárdsággal rendelkezik a már eddig is gyakran alkalmazott CuCrZr ötvözeteknél.



Az áramátadó

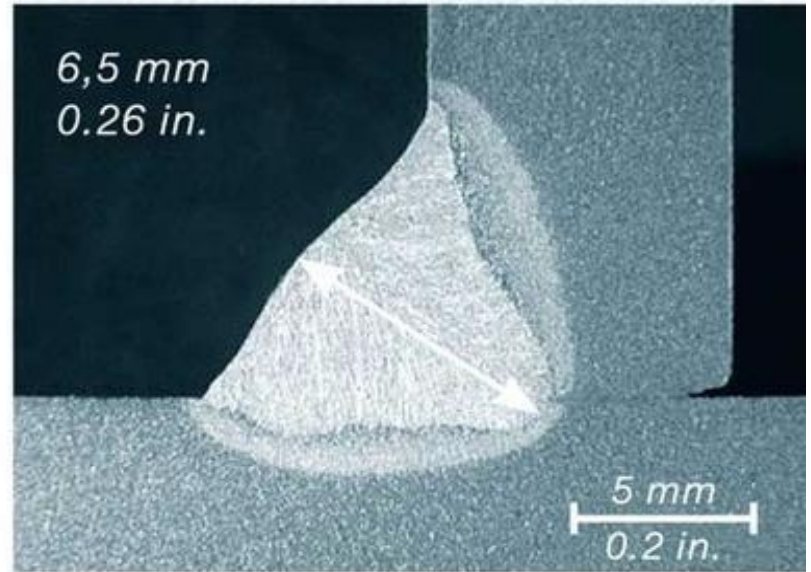
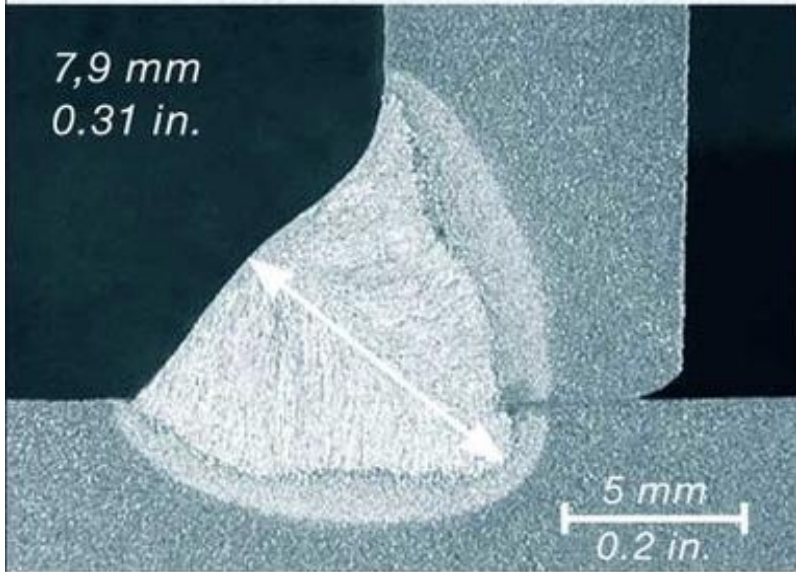
Az elhasználódásból adódó költségek egy cégnél

Felhasznált huzalmennyiség (kg/év)	100 000
Felhasznált áramátadók száma (db/év)	7500
1 db áramátadó, huzalvezető, gázterelő vagy görgőpár cseréjének ideje (perc)	10
Alkatrészcsere miatti kényszerű leállítás ideje (h/év)	804
Felhasznált áramátadók költsége (Ft/év)	1 500 000
Az alkatrészcsere miatti kényszerű leállítások költsége (Ft/év)	2 700 000
Fröcsköléseltávolítás anyag- és gépköltsége (HUF/év)	2 000 000

- a **leállások** jelentős kiadást eredményeznek
- a **fröcskölés** mértéke az áramátadó kopottságától is függ
- a kopott áramátadó kevésbé egyenletesen vezeti a huzalt, annak vége „imbolyog” → varratfelszín

Az áramátadó

Az áramátadó kopásának hatása a varratra



Kopott áramátadó esetén akár 20 %-kal csökkenhet a varratmélység azonos hegesztési változók mellett → szabadhuzalhossz nő

A huzalvezető

A huzalvezető a huzal minél kisebb mechanikai ellenállással való előtolását hivatott megkönnyíteni. Az ötvöztelen és a gyengén ötvözött acél huzalokhoz fémspirál huzalvezetővel, a rozsdamentes acél és az Al-ötvözet huzalokhoz teflon huzalvezetőcsővel szerelt pisztolykábel kell.



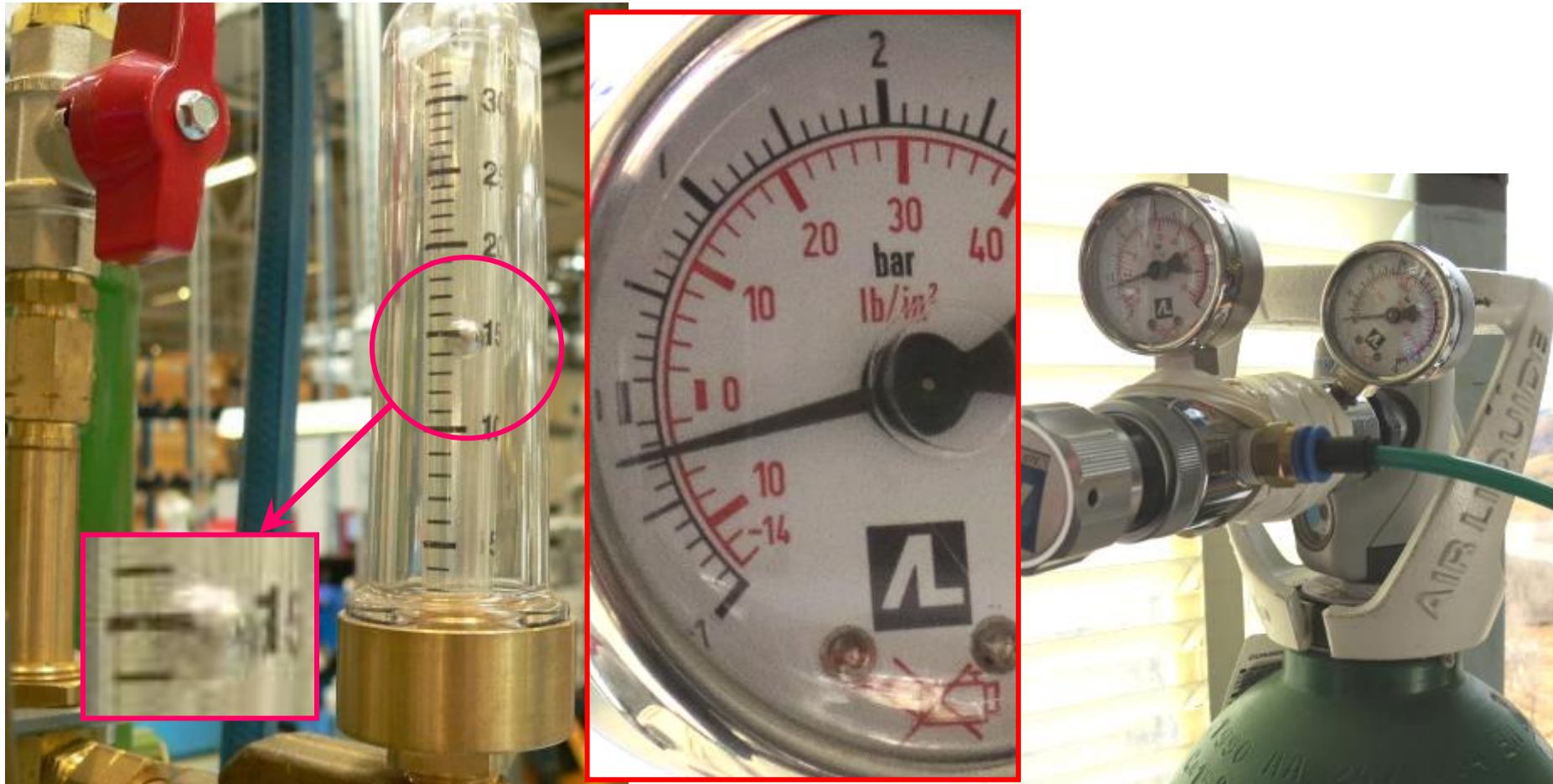
A védőgázellátás

A védőgáz a hegesztési munkahelyen vételezhető **palackból, palackkötegből vagy a kiépített, tartályos gázellátórendszerre** csatlakoztatva.



A védőgázellátás

A védőgáz nyomáscsökkentőn keresztül vehető ki a palackból.
A hegesztéshez szükséges gázmennyiség L/min vagy bar mennyiségben állítható be, mérőórás és golyós hozammérő műszerrel ellenőrizhető.



A védőgázellátás

Szállítható gázpalackok. A gázpalackok megjelölése (az LPG kivételével).

3. rész: Színjelölés

Színjelölés általános alapszabálya veszélytényező alapján

Legfontosabb ipari gázok egyedi színjelölése



Palackváll színe:
sárga
(RAL 1018)

Mérgező és/vagy korrodáló gázok

ammónia
arzin
fluor
kén-dioxid
klór
nitrogén-monoxid
szén-monoxid



Palackváll színe:
világoskék
(RAL 5012)

Oxidáló gázok
oxigén és/vagy
dinitrogén-oxid
tartalmú
gázkeverékek



Palackváll színe:
vörös
(RAL 3000)

Éghető gázok

hidrogén
etán
metán
propán

Éghető komponenszt tartalmazó gázkeverékek

formálógázok
H₂ tartalmú argon-keverékek (Inoxline H5, H7)*



Palackváll színe:
élénkzöld
(RAL 6018)

Semleges (inert) gázok

Sűrített / szintetikus levegő

Nemes gázok

kripton
xenon
neon

Semleges (inert) hegesztési argon-gázkeverékek*

Ferroline
Inoxline
Aluline

Semleges (inert) élelmiszeripari gázkeverékek

banángáz
Gourmet mix
Oxy-food



Palackváll színe:
sötétzöld
(RAL 6001)

Argon
argon



Palackváll színe:
barna
(RAL 8008)

Hélium
hélium



Palackváll színe:
szürke
(RAL 7037)

Szén-dioxid
szén-dioxid
Gourmet C (él.ip.)



Palackváll színe:
fekete
(RAL 9005)

Nitrogén
nitrogén
Nitrocut
Gourmet N (él.ip.)



Palackváll színe:
fehér
(RAL 9010)

Oxigén
oxigén
Oxicut
Gourmet O (él.ip.)



Palackváll színe:
gesztenyebarna
(RAL 3009)

Acetilén
acetilén



Palackváll színe:
kék
(RAL 5010)

Dinitrogén-oxid
dinitrogén-oxid

* Argon alapú gázkeverékek max. 2,2% H₂ tartalomig semleges (inert) gázkeveréknek számítanak (pl. Inoxline H2, Inoxline He3 H1)

A védőgázellátás

A gázok tisztasági fokozatai

Tisztasági fokozat pontjelöléssel	Tisztaság %-ban	A szennyezők maximális koncentrációja
5.0	99,999	10 ppm = 0,001%
4.8	99,998	20 ppm = 0,002%
4.5	99,995	50 ppm = 0,005%
4.0	99,99	100 ppm = 0,01%
3.8	99,98	200 ppm = 0,02%
3.5	99,95	500 ppm = 0,05%
3.0	99,9	1000 ppm = 0,1%
2.6	99,6	4000 ppm = 0,4%
2.5	99,5	5000 ppm = 0,5%
1.8	98,0	20 000 ppm = 2,0%

A védőgázellátás

Tisztaság

	Tisztaság tf. %	Harmatpont 1 atm-n °C	Nedv. tart. max. ppm
I	99,99	– 50	40
M1 ^a	99,9	– 50	40
M2 ^a	99,9	– 44	80
M3 ^a	99,9	– 40	120
C ^a	99,8	– 40	120
R	99,95	– 50	40
N	99,9	– 50	40
O	99,5	– 50	40

a) max. nitrogéntartalom kisebb, mint 1000 ppm (0,1 %)

Harmatpont: az a hőmérséklet, melyre az adott gázt lehűtve, a benne lévő vízgőz kicsapódik

A védőgázellátás

A hegesztési gázok típusai

Az MSZ EN ISO 14175:2008 szabvány szerint

I	semleges	Ar, He, Ar + He
M1	oxidáló keverék	Ar + (CO₂ < 5 %, O₂ < 3 %, H₂ < 5 %)
M2	oxidáló keverék	Ar + (CO₂ < 25 %, O₂ < 10 %)
M3	oxidáló keverék	Ar + (CO₂ < 50 %, O₂ < 15 %)
C	erősen oxidáló	CO₂, CO₂ + (O₂ < 30 %)
R	redukáló keverék	Ar + (0,5–50 % H₂)
O	oxigén	O₂
N	kissé redukáló vagy reaktív, nitrogént tartalmazó gáz	N₂, N₂ + H₂, Ar vagy He + N₂ + H₂
Z	egyéb	

Szabvány: MSZ EN ISO 14175:2008 Hegesztőanyagok. Gázok és gázkeverékek ömlesztőhegesztéshez és rokon eljárásokhoz

A védőgázellátás: a védőgázok típusai

Tulajdonságok →	Sűrűs.	Rel.sűr.	Forráspont	Jelleg	Jel	
Argon	Ar	1,784	1,380	-185,9	semleges	Ar
Hélium	He	0,178	0,138	-268,9	semleges	He
Szén-dioxid	CO ₂	1,977	1,529	-78,5	oxidáló	C
Oxigén	O ₂	1,429	1,105	-183,0	oxidáló	O
Nitrogén	N ₂	1,251	0,968	-195,8	kissé reaktív	N
Hidrogén	H ₂	0,090	0,070	-252,8	redukáló	H

(Relatív sűrűség = a levegőéhez mérve ...)

Főcsoportjelek

I: semleges gáz és gázkeverék;

M1, M2 and M3: oxidáló (O₂-t, CO₂-t tartalmaz);

C: erősen oxidáló;

R: redukáló;

N: kis reaktivitású gáz vagy N₂-tartalmú redukáló keverék;

O: oxigén;

Z: egyéb

Besorolás: ISO 14175 – M25

Megnevezés: ISO 14175 – M25 – ArCO – 6/4

Besorolás: ISO 14175 – M12

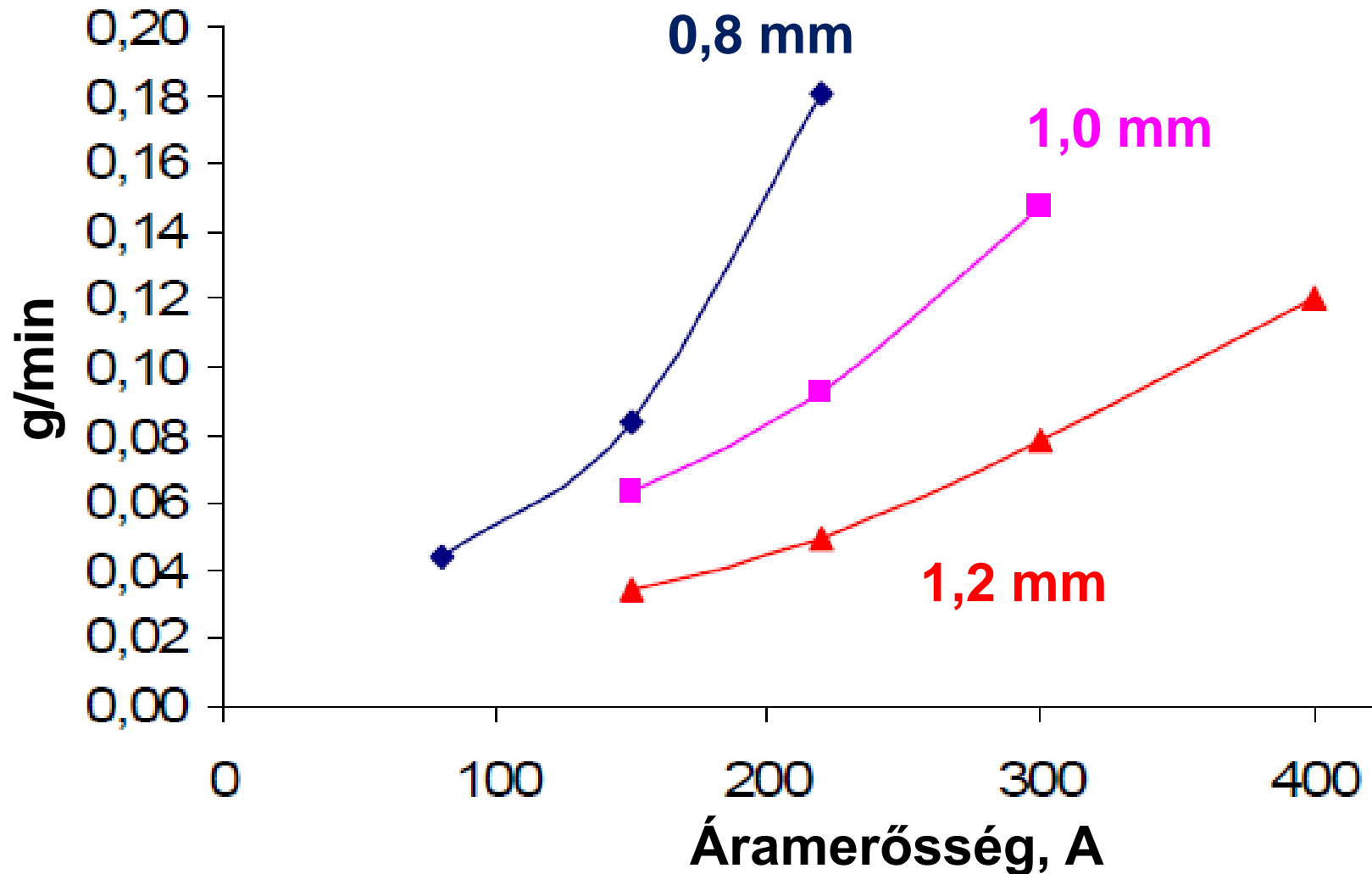
Megnevezés: ISO 14175 – M12 – HeArC – 7,5/2,5

Besorolás: ISO 14175 – Z

Megnevezés: 14175 – Z – ArO – 0,05; ISO 14175 – Z – Ar+Xe – 0,05

A védőgázellátás

A GÁZOK HATÁSA a hegesztési füst mennyiségére



Influence of GMAW Shielding gas in productivity and gaseous emissions
I. Pires*, T. Rosado, A. Costa, L. Quintino (Instituto Superior Técnico – Lisboa)

A hegesztőanyagok fajtái

A hegesztési eljárástól függően a főbb hegesztőanyagfajták:

Hegesztési eljárás	Hegesztőanyag
112	Önvédő porbeles huzalelektróda vagy szalagelektróda
13	Tömör huzal, porbeles huzal (bázikus, rutilos), fémpor töltetű

A hegesztőanyagok osztályba sorolását és jelölését külön szabványok rögzítik; kb. 40 ilyen szabvány van érvényben.

PI. MSZ EN ISO 17633:2018/A1:2021 Hegesztőanyagok. Porbeles elektródák és pálcák korrózióálló és hőálló acélok védőgázos vagy védőgáz nélküli ívhegesztéséhez.

A tömör huzalok fajtái

A MIG- és MAG-hegesztéshez használt hegesztőhuzalok osztályozási szempontjai

Osztályozás a mechanikai tulajdonságok alapján

Az ötvöztelen és a finomszemcsés acélok tömör huzaljait a varratfém mechanikai tulajdonságaira nézve kétféle rendszerben osztályozzák:

„A” osztály: folyáshatár, nyúlás és a 47 J-os ütőmunkakövetelmény alapján.

„B” osztály: a szakítószilárdság és a 27 J-os ütőmunkakövetelmény alapján.

Osztályozás a varratfém kémiai összetétele szerint

Az osztályozás a Si, Ti, Al, Mo és a Ni ötvözők mennyiségén alapul.

Osztályozás a használható védőgáz szerint

Az osztályozás M, A és C jelű csoportba sorolja a huzalokat e szempont alapján.

Jelölési példa: MSZ EN ISO 14341 – A – G 46 5 M G3Si1

Szabvány: MSZ EN ISO 14341:2011 „Hegesztőanyagok. Hegesztőhuzalok és hegesztési ömledékek ötvöztelen és finomszemcsés acélok fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztéséhez.



~15 kg-os
Huzaltekercs,
fém csévetesten

„A” osztály

G = MAG-MIG-hegesztési tömör huzal

Folyáshatár > 460 MPa

Ütőmunka –50 °C-on garantált

M = kevert védőgáz kell

Az összetétel kódja

A tömör huzalok bevonata és átmérője

A huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztéshez használt huzalok többféle felületi állapotban készülnek. **A huzalok lehetnek bevonatos vagy bevonat nélküli huzalok.** A bevonat szerepe az áramátadási és siklási jellemzők javítása, valamint a korrózió elleni védelem. Bevonattal csak az ötvözetlen acélok hegesztésére szolgáló huzalokat látják el. A bevonat jelentősen befolyásolja a fröcskölést és a kopóalkatrészek kopását.

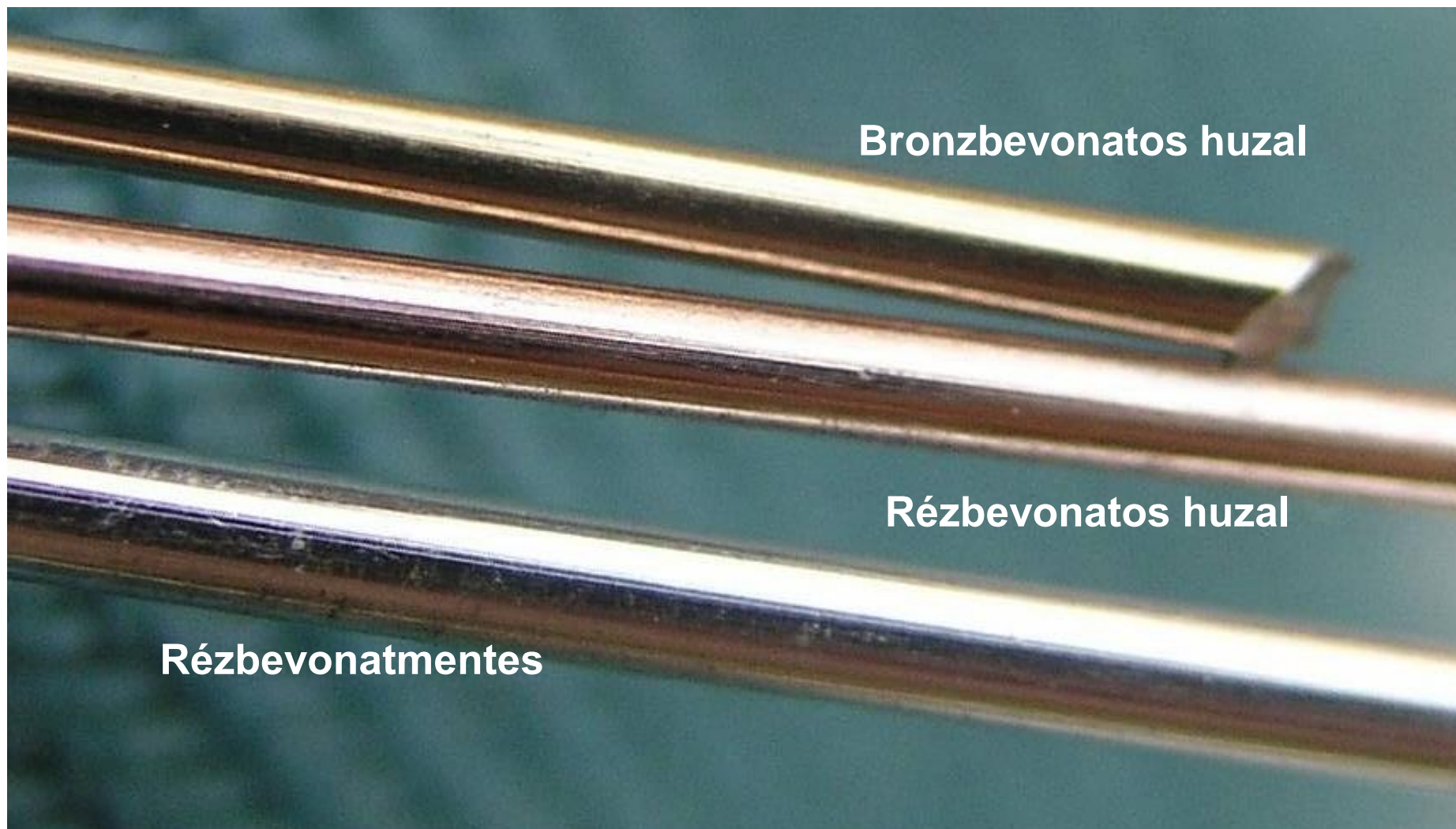
1. Az általánosan alkalmazott bevonat anyaga a réz, amelyet folytatólagos galvanizálósoron visznek fel a felületre néhány mikrométer vastagságban.
2. Csak a 2000-es évek elején kezdték alkalmazni a bronzbevonatot, amelyek párologtatással visznek fel a felületre.
3. A bevonatmentes huzalok között kiemelkedően jó tulajdonságot értek el az AristoRod márkanevű huzalokkal.

A tömör huzalok átmérője a következő méretsor szerint halad: mm-ben 0,15–0,3–0,5–0,6–0,8–0,9–1,0–1,1–1,2–1,3–1,4–1,6–1,7–1,8–2,0–2,4–2,8–3

A tömör huzalok bevonata és átmérője

A fémbevonat feladata: az áramátadás elősegítése, korrózió elleni védelem

Hátránya: súrlódás → kopóalkatrészek gyors kopása



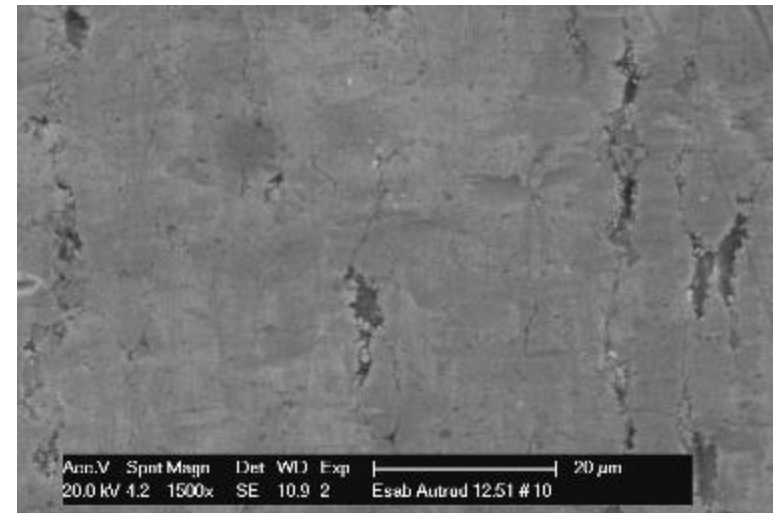
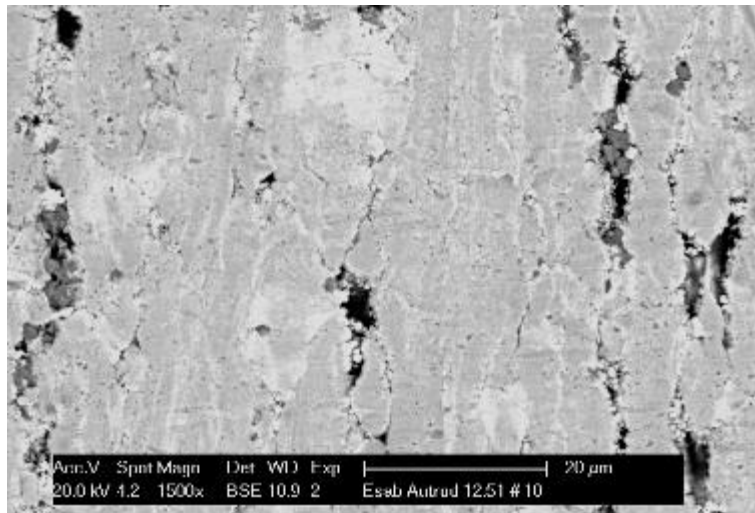
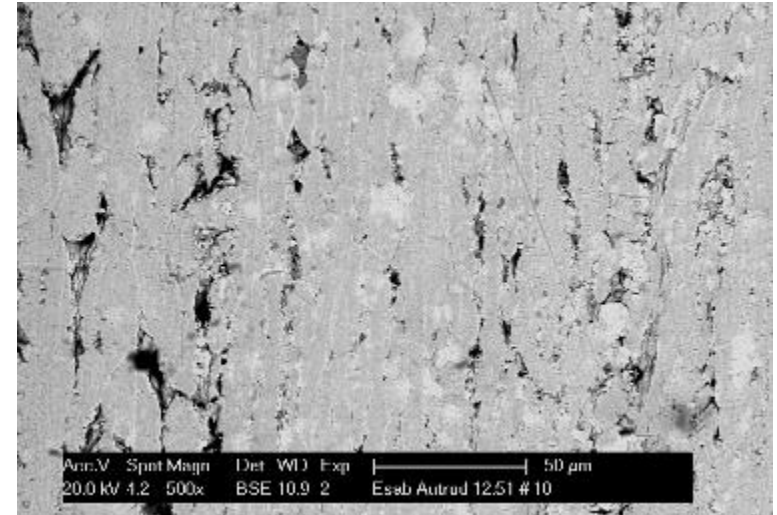
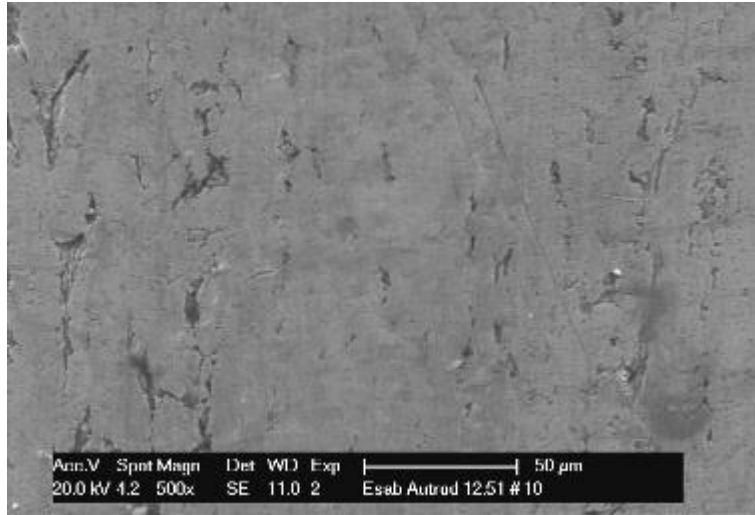
Bronzbevonatos huzal

Rézbevonatos huzal

Rézbevonatmentes

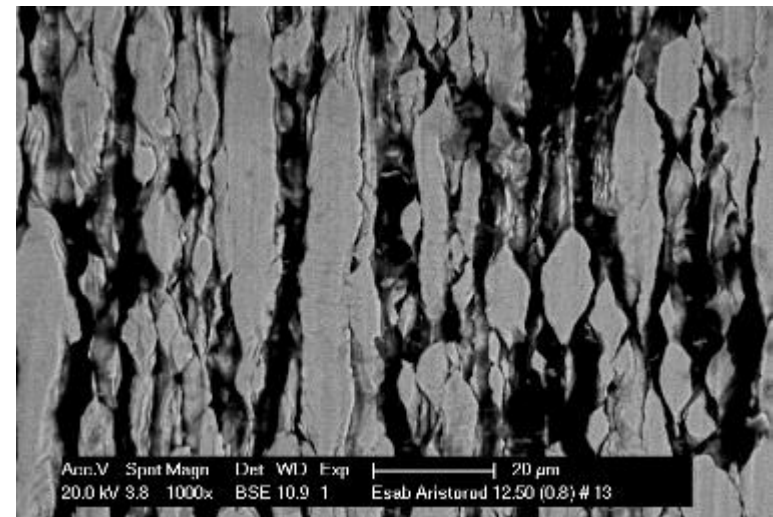
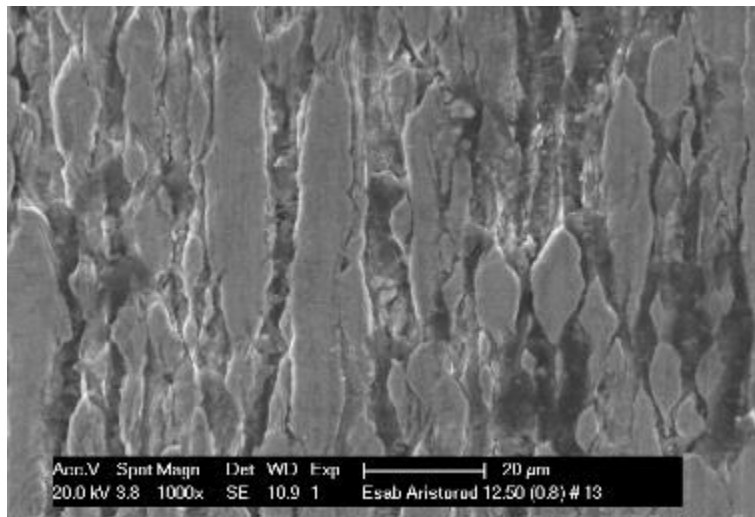
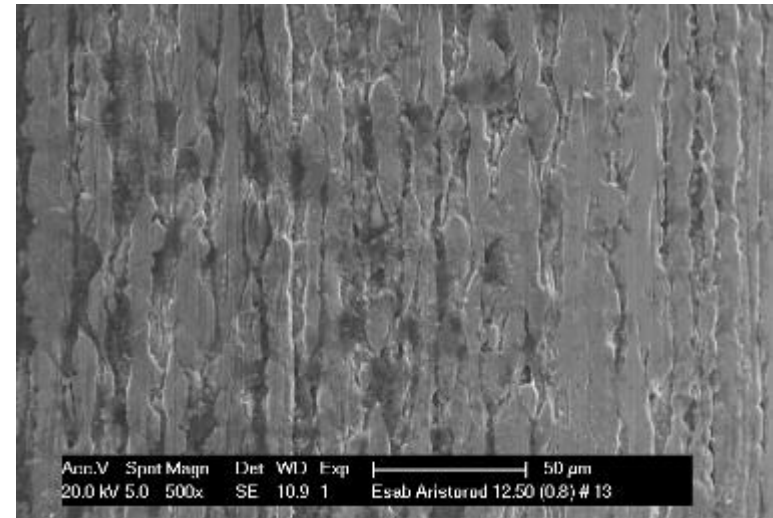
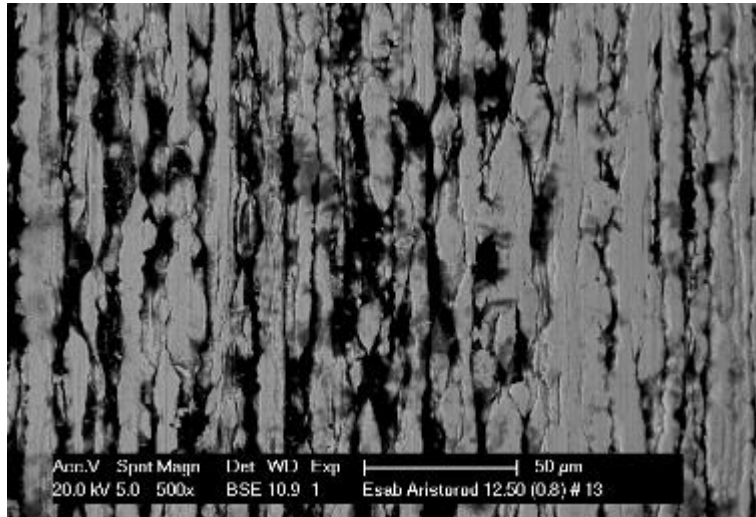
A tömör huzalok bevonata és átmérője

Esab Autrod 12.51 → Cu-bevonat



A tömör huzalok bevonata és átmérője

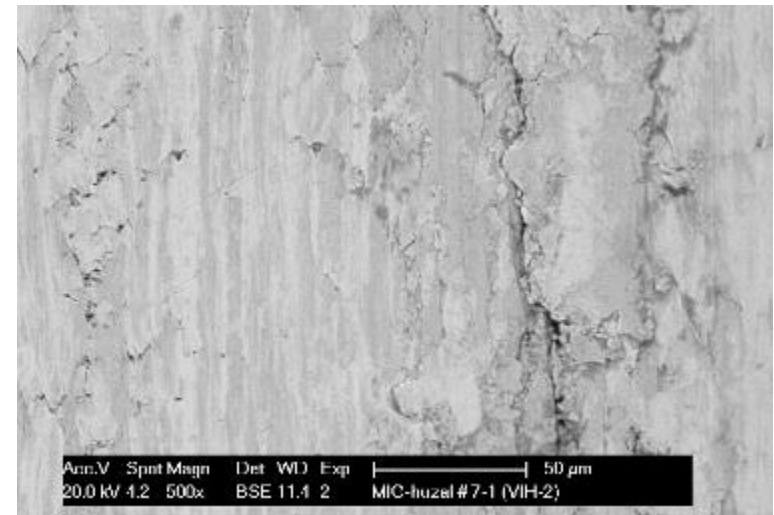
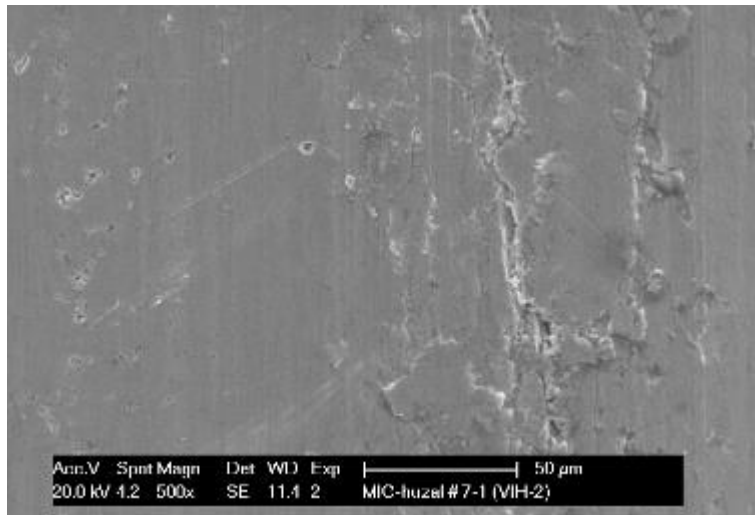
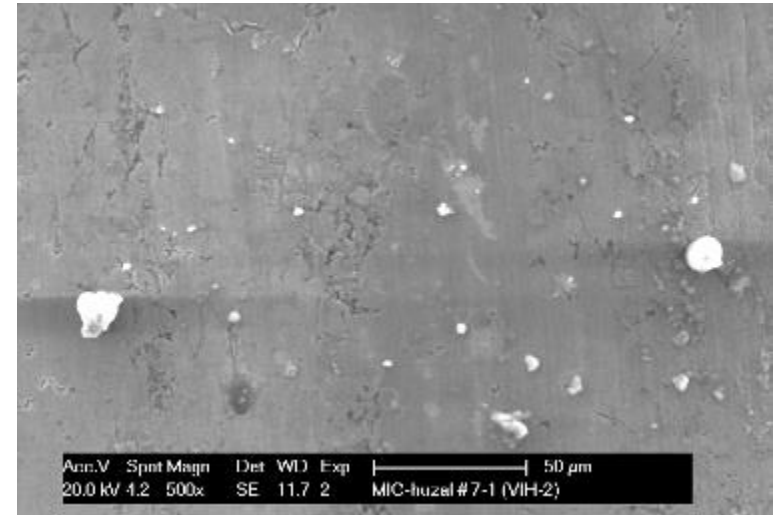
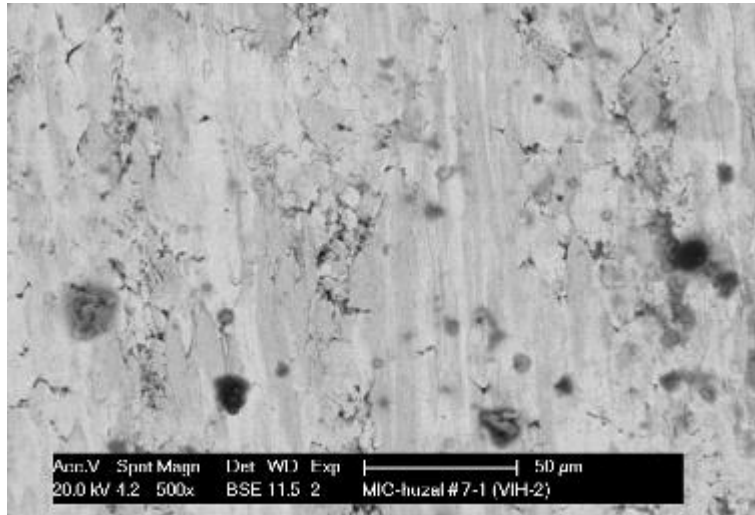
Esab – Aristorod 12.50, $d = 0,8$ mm



A tömör huzalok bevonata és átmérője

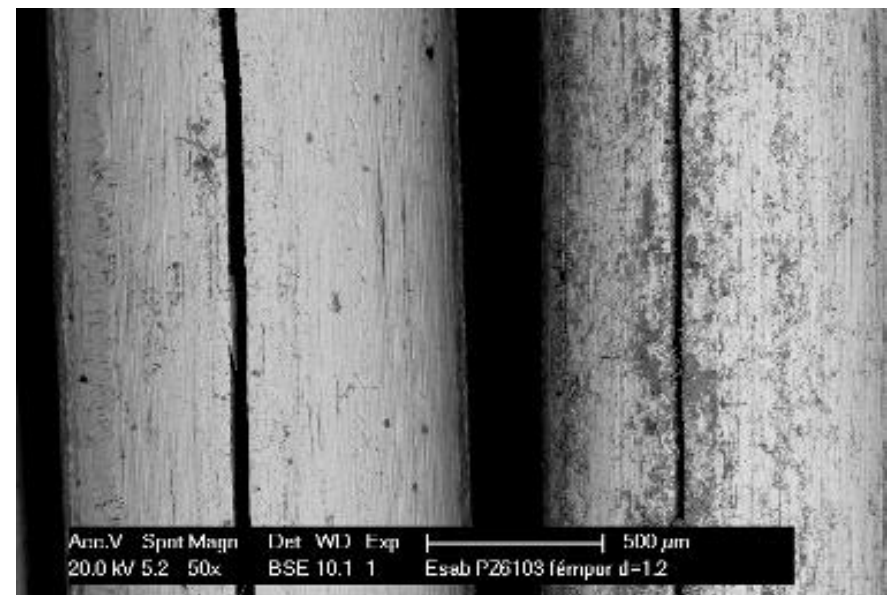
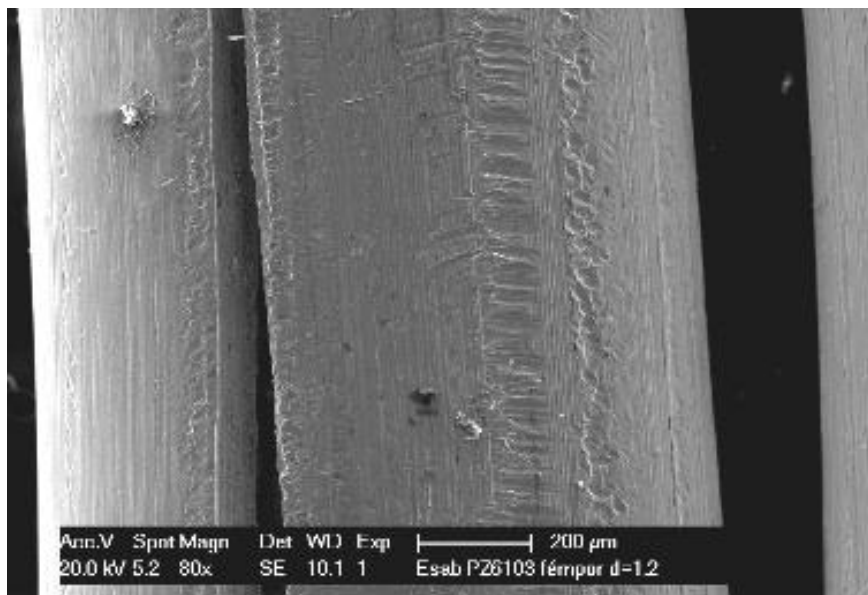
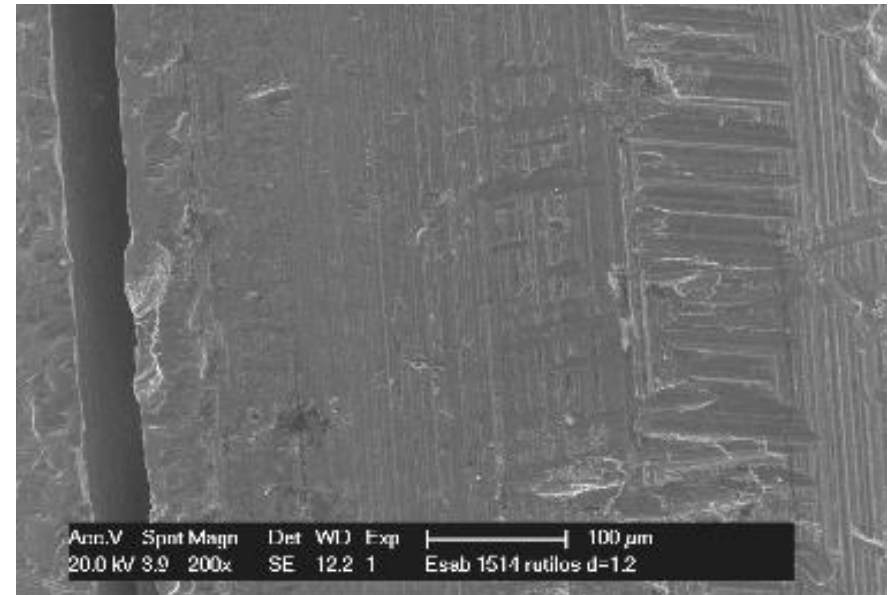
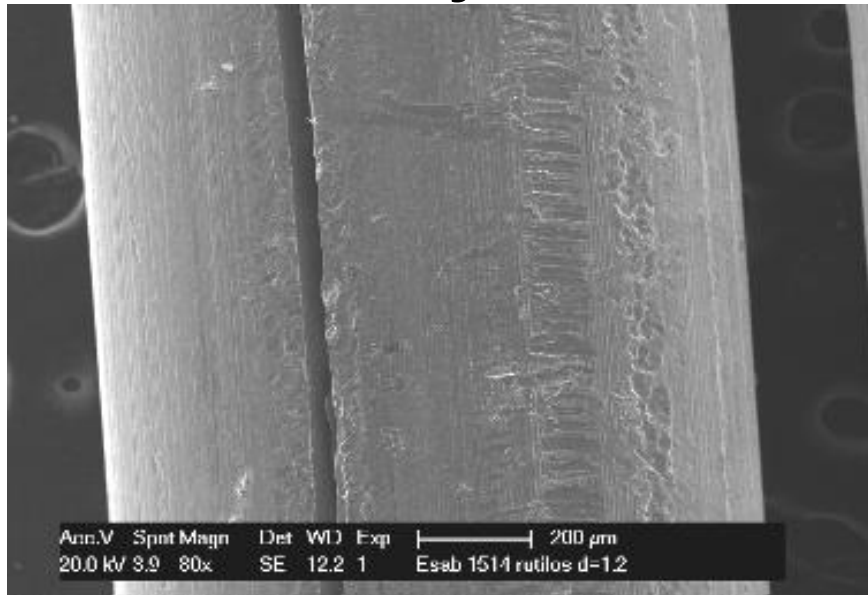
Magyar gyártású hegesztőhuzal: VIH-2 (1981)

A huzal felületéről pásztázó elektronmikroszkóppal készített képek

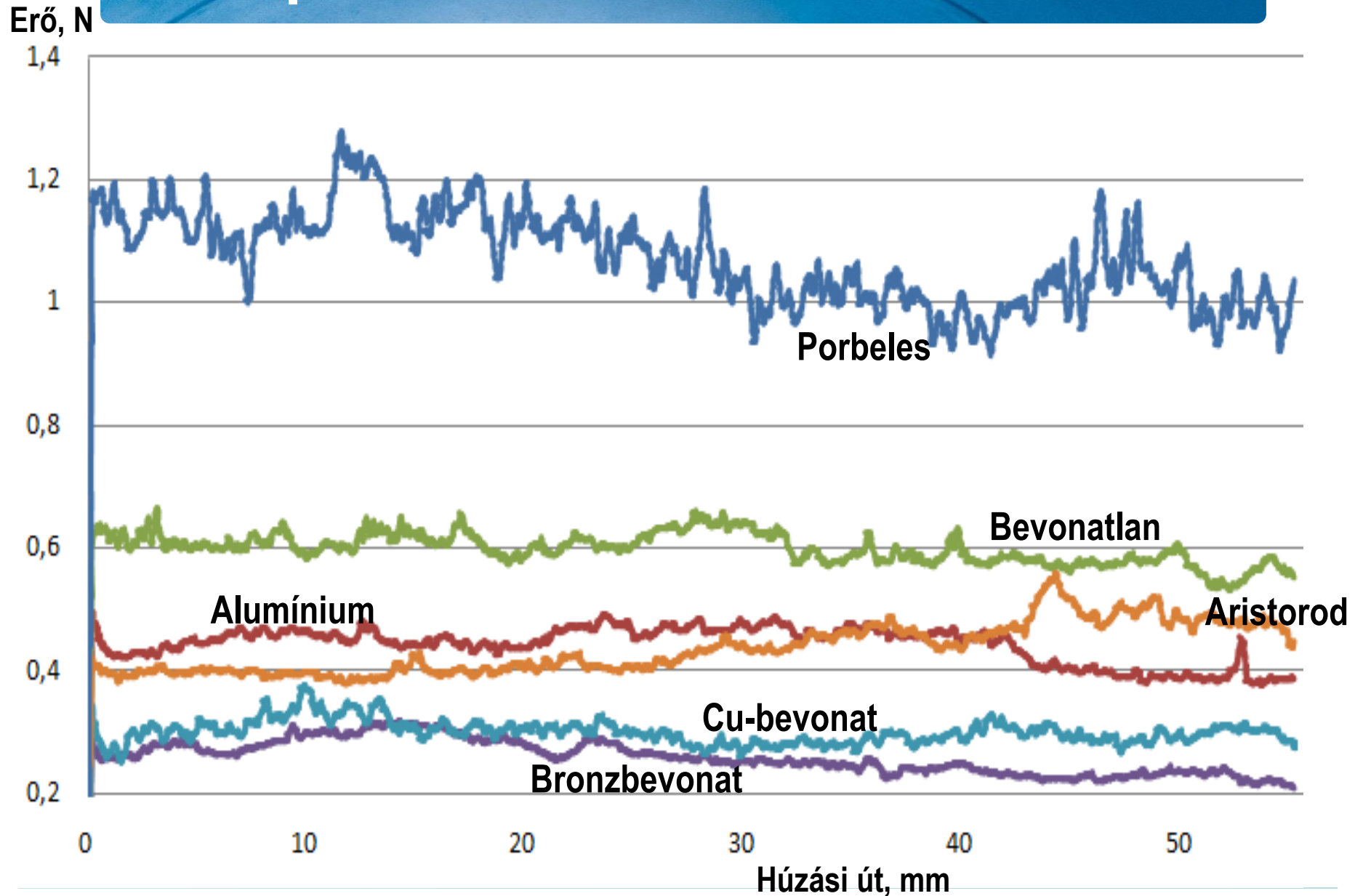


A tömör huzalok bevonata és átmérője

Porbeles, nyitott huzalok, $d = 1,2$ mm



Az optimális huzalbevonat keresése

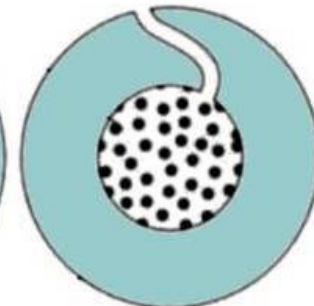
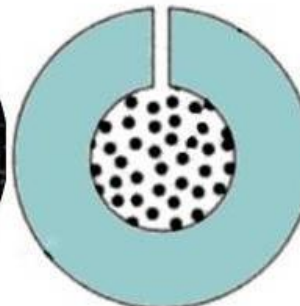
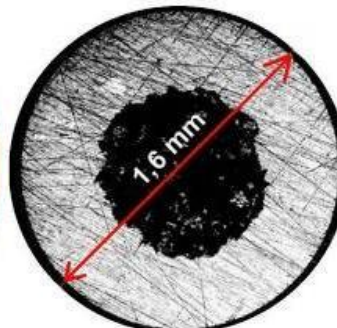
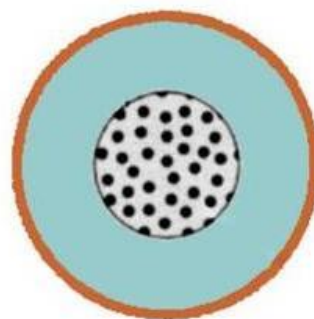
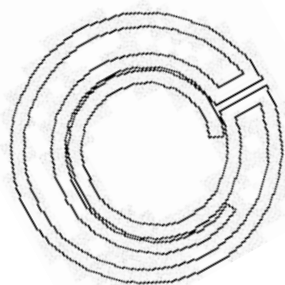
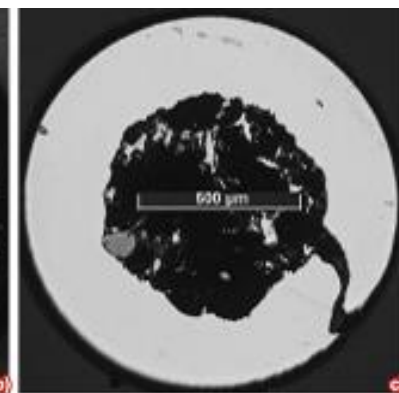
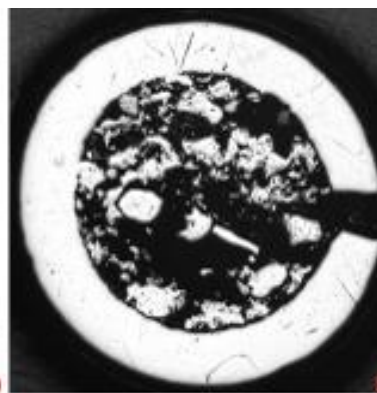
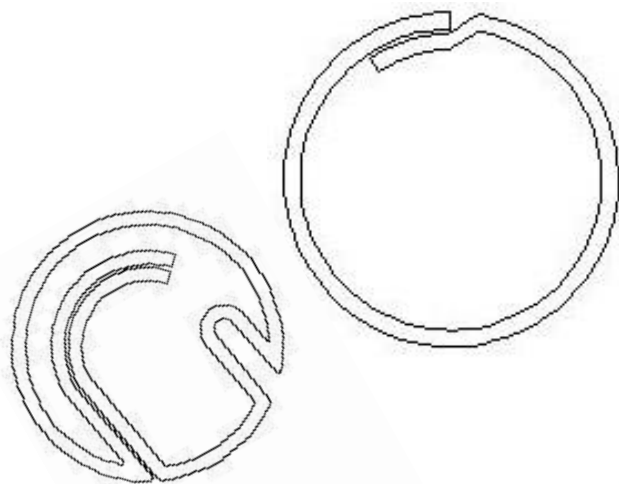
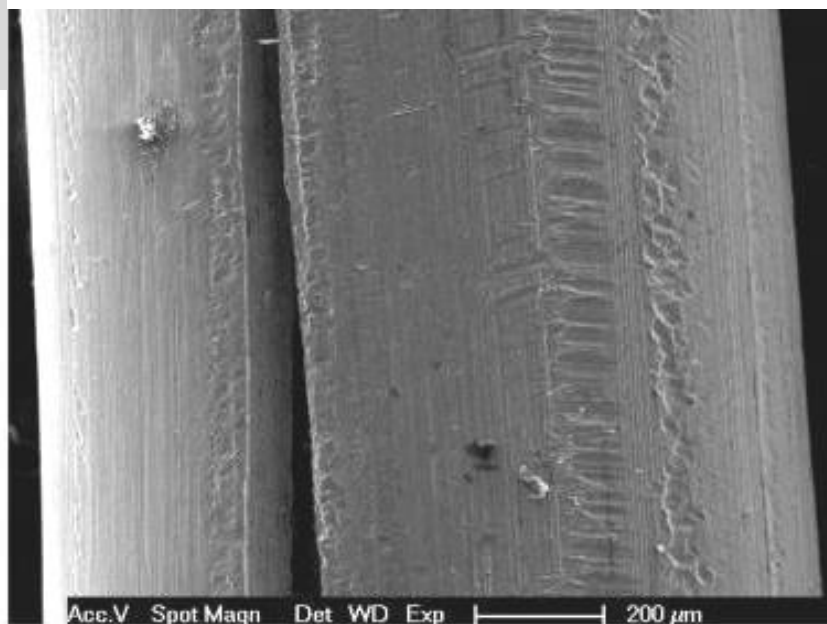


A porbeles huzalok

A porbeles huzalok fajtái

A porbeles huzalok kialakítása

Nyitott vagy zárt (varrat nélküli).
Bevonatos vagy bevonat nélküli.
Egykamrás vagy többkamrás.



A porbeles huzalok

Porbeles huzalok külső átmérője, mm

0,9–1,0–1,1–1,2–1,3–1,4–1,6–1,7–1,8–2,0–2,4–2,8–3,0–4,0

A porbeles hegesztőhuzalok jelölése

A MAG- és a MIG-hegesztés porbeles huzaljainak jelölésére a főjel a T betű.

A porbeles hegesztőhuzalok fontosabb osztályozási szempontjai nagyon hasonlóak a tömör huzalokéihoz: az osztályozás történhet a mechanikai tulajdonságok alapján kétféle rendszerben is, továbbá a varratfém kémiai összetétele szerint.

Emellett külön szempontként jelenik meg a pozícióhegesztésre való alkalmasság, a védőgáz nélküli hegesztési lehetőség (ezek az ún. önvédő porbeles huzalok), a varratfém hidrogéntartalma.

A szabványaik egyike: MSZ EN ISO 17632:2016 „Hegesztőanyagok. Töltött hegesztőhuzalok ötvözetlen és finomszemcsés acélok fogyóelektródás, védőgázos és védőgáz nélküli ívhegesztéséhez. Osztályba sorolás (ISO 17632:2015)”

A porbeles huzalok

A huzalelektrodás hegesztéshez használt porbeles hegesztőhuzalok portöltetének fajtái

Jel	Típus	Rétegszám	Védőgáz
R	Rutilos, lassan dermedő salak	Egy vagy több	Szükséges
P	Rutilos, gyorsan dermedő salak	Egy vagy több	Szükséges
B	Bázikus	Egy vagy több	Szükséges
M	Fémpor töltetű	Egy vagy több	Szükséges
V	Rutilos vagy fluoridos-bázikus	Egy	Nem szüks.
W	Fluoridos-bázikus, lassan dermedő salak	Egy vagy több	Nem szüks.
Y	Fluoridos-bázikus, gyorsan dermedő salak	Egy vagy több	Nem szüks.
Z	Egyéb		

A megadott jelölések az ötvözetlen acélok porbeles huzaljaira vonatkoznak.

A képződő salakot a varratsor elkészítése után el kell távolítani!

A porbeles huzalok

A porbeles hegesztőhuzalok hegesztéstechnikai jellemzői

- R Permetes **anyagátvitel**, csekély fröcskölés, összefüggő salakréteg.
Alapgáz: CO₂. Ar + CO₂ csökkenti a fröcskölést.
- P Gyorsan dermedő salak → pozícióhegesztés minden változata.
Főleg a kis átmérőjű huzaloknál.
- B Cseppes anyagátvitel, enyhén konvex varratdudor, főleg PA és PC helyzetben, CO₂ vagy Ar+CO₂ gázzal. Kitűnő szívósságú varratfém.
- M Finomcseppes anyagátvitel, nagyon kevés salak, nagy kihozatal.
Ar + CO₂ gázzal, PA és PC helyzetben. Más helyzetben rövidzárlatos vagy impulzusos anyagátvitellel hegesztendő.

A szakítószilárdság ÉS a 27 J-os ütőmunka-követemény alapú jelölési rendszerben használt jelek: T1, T4, T5, T7, T8, T11, T15. Itt az áramnemet is figyelembe veszi az osztályozás.

Példa szabványos megjelölésre: MSZ EN ISO 17632 – A – T 46 3 1Ni B M 1 H5

A → a folyáshatár és a 47 J-os ütőmunka alapján csoportosítva

T → a fő jelölés: MIG / MAG hegesztésre szolgáló porbeles huzal

46 → Rp0,2 > 460 MPa; 3 → KV > 47 J –30 °C-on, 1Ni → a varratfém összetétele

B --- a portöltet jelölése; → M --- védőgáz az MSZ EN ISO 14175:2008 szerint

1 --- pozícióhegesztési alkalmasság jele; → H5 --- a varratfém H-tartalma, ppm

A porbeles huzalok

A rozsdamentes acélok porbeles hegesztőhuzaljai

A rozsdamentes acélok porbeles huzaljaira és porbeles hegesztőpálcáira más szabvány vonatkozik:

MSZ EN ISO 17633:2018 „Hegesztőanyagok. Porbeles elektródák és pálcák **korrózióálló és hőálló acélok** védőgázos vagy védőgáz nélküli ívhegesztéséhez.”

Ebben a szabványban a B, P, R, M és Z jelölés azonos értelmű, az önvédő (védőgázt nem igénylő) huzalok portöltetét viszont egységesen „U” betűvel jelölik. A portöltet jelölése mellett magát a porbeles huzalt, illetve a porbeles pálcát is megkülönböztető jelöléssel látják el:

F = porbeles huzalelektróda

M = fémportöltetű huzalelektróda

R = porbeles hegesztőpálca a 141-es eljáráshoz, azaz volfrámelektródás ívhegesztéshez.

A porbeles huzalok

A tömör és **a porbeles** huzalok jelölési példái

- **Ötvözetlen és finomszemcsés acélokhoz**
→ MSZ EN ISO 14341:2021 – A – G 46 3 M G3Si1
- **Nagy szilárdságú acélhoz**
→ MSZ EN ISO 16834:2012 – A – G 62 6 Mn4Ni1Mo
- **Melegszilárd acélokhoz**
→ MSZ EN ISO 21952:2012 – A – G CrMo1Si
- **Erősen ötvözött acélokhoz**
→ MSZ EN ISO 14343:2017 – G 20 10 3
- **Porbeles huzalok:**
 - MSZ EN ISO 17632:2016 – A – T 46 3 1Ni B M 4 H5
 - MSZ EN ISO 18276:2017 – A – T 55 5 Mn1,5Ni B M4 H5 T
 - MSZ EN ISO 17634:2016 – A – T CrMo1 B M4 H5;
 - MSZ EN ISO 17633:2011 – A – T 19 12 3L R M4

A hegesztőanyagok csomagolása

Na, ez itt egy pisztoly!



B300-as cséve, kb. 15 kg acélhuzal

**0,45 kg
acélhuzal**

A hegesztőanyagok csomagolása

A fogyóelektródás ívhegesztéséhez használt, rézbevonatos hegesztőhuzalok B300 (MSZ EN ISO 544), a prémium kategóriájú típusok (pl. Cu-bevonatmentes huzalok) pedig BS300 (MSZ EN ISO 544) csévetesten kerülnek forgalomba.

A BS300 masszívabb csévetest, alkalmazásához nincs szükség adapterre. A csévéken 6, 7, 15, 16 és 18 kg huzal lehet.

A hegesztőhuzalok hordós kiszerezésben is kaphatók. Ezek 100, 141, 200, 250 és 475 kg tömegűek az átmérőtől és a huzal anyagától függően. A fedett ívű hegesztéshez használt huzalok 25 és 30 kg-os Eurospool csévetestre kerülnek alapesetben. Ennél gazdaságosabb megoldásokat biztosítanak a 100, a 800, a 900 és az 1000 kg-os "tekercek" illetve az ezen huzalok esetén is elérhető hordós csomagolás (475 kg).

A hegesztőanyagok csomagolása

A hordós kiszerezésű huzalt elsősorban a hegesztőrobotok kiszolgálására használják, ezzel csökkentve a huzalcsere miatti leállások számát.



A hegesztőanyagok tanúsítványai

A tanúsítvány megszerzése a gyártó fontos (és költséges) lépése a termékei minőségének garantálására. A felsorolt tanúsító szervezetek között található általános és különleges alkalmazási területekre szakosodott intézetek.

A hegesztőanyagok legfontosabb minőségtanúsítványainak jelzése és a tanúsító szervezet megnevezése

ABS	American Bureau of Shipping
BV	Bureau Veritas
CCS	China Classification Society
CE	EN 13479:2005
CO	Vereinigung voor Controle of Langebied Controlas
CWB	Canadian Welding Bureau
DNV	Det Norske Veritas
GL	Germanischer Lloyd
KR	Korean Register of Shipping
LRS	Lloyd's Register of Shipping
NKK	Nippon Kaiji Kyokai
PRS	Polski Rejestr Statkovy
RINA	Registro Italiano Navale
RS	Russian Maritime Register of Schipping
Sepros	Certificat vidnopovidnosti 'Sepros' Institutu Elektrosvarki imeni E. O. Patona
TÜV	Technischer Überwachungs Verein

A technológiai változók / tényezők

Alapvető technológiai változók

- Huzalátmérő, huzalfajta
- Huzalelőtolási sebesség → Hegesztési áramerősség
- Hegesztési feszültség
- Hegesztési sebesség
- Védőgáz fajtája és térfogatárama

További technológiai változók

- Áramnem és polaritás (egyen- / váltakozó ~, egyenes / fordított ~)
- Ívfajta (folyamatos / lüktető vagy impulzusos)
- Pisztoly és munkadarab távolsága (szabadhuzalhossz, huzalkinyúlás)
- Pisztolydöntési szög (toló vagy húzó jellegű varratképzés)
- Gázterelő mérete
- Áramátadó: méret, hosszúság, furatfajta, bevonat, anyag)

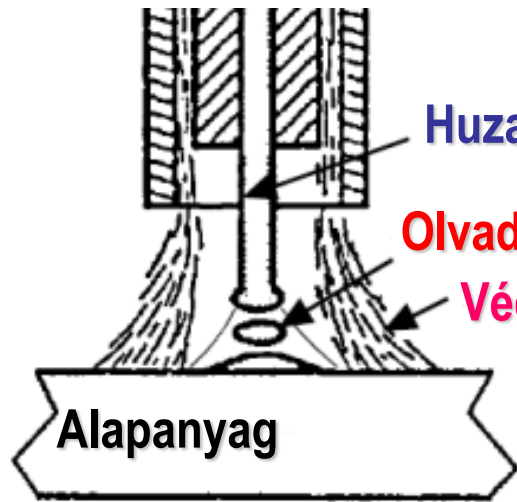
Buried-arc transfer → Rejtett íves anyagátvitel
MSZ EN ISO 4063:2023

Anyagátviteli mód

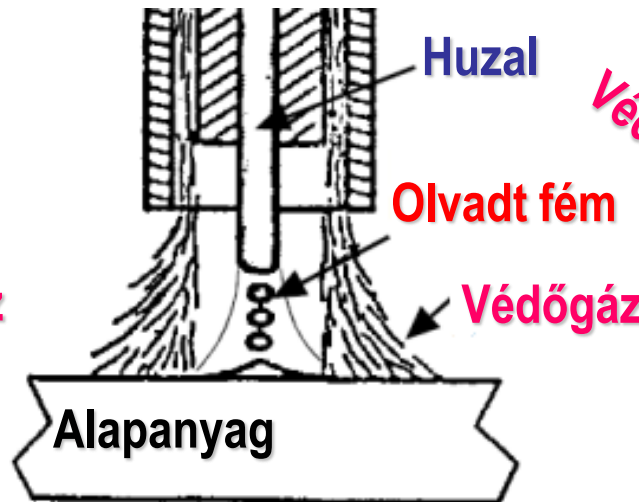
- B = rejtett íves
- D = rövidzárlatos
- G = nagycseppes
- S = finomcseppes
- P = impulzusos

Mode	Term
B	Bried-arc transfer
D	Short-circuit transfer (Dip transfer)
G	Globular transfer
S	Spray transfer
P	Pulsed transfer

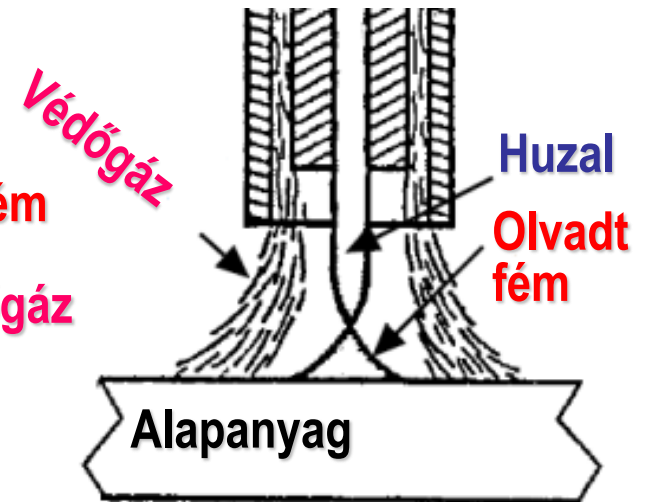
A jellegzetes anyagátviteli módok



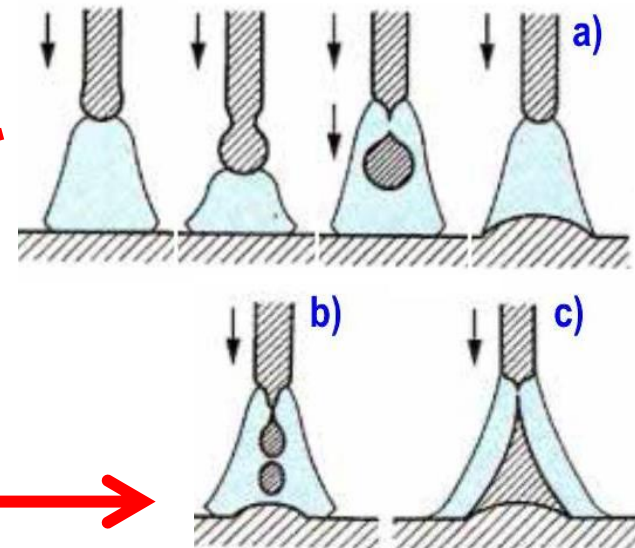
Cseppes anyagátvitel



Finomcseppes anyagátvitel

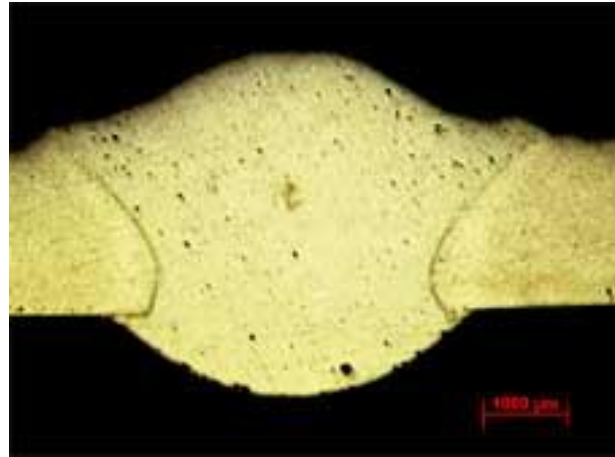
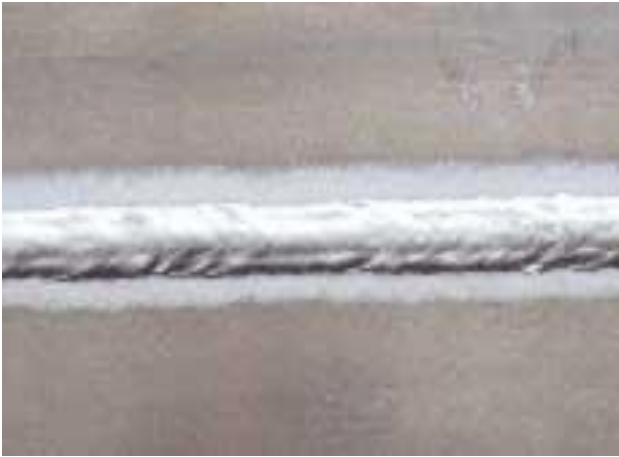


Rövidzárlatos anyagátvitel

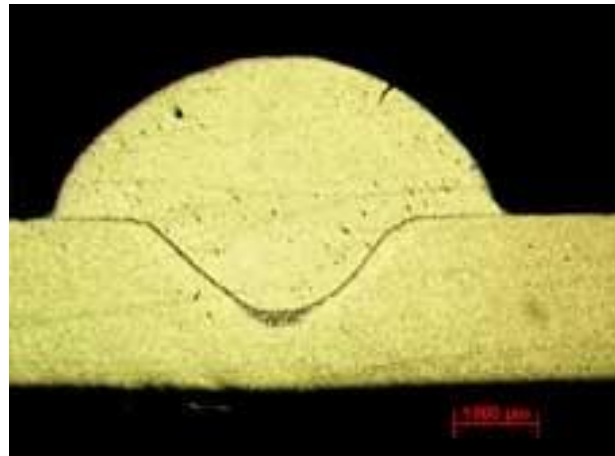


Szabályozott anyagátviteli módú **eljárásváltozatok**

pl. ColdArc, CMT, ColdWeld, STT, PCS, RootArc, AWP, Spray modal, Aristo Superpuls, Double Pulse, Variable Pulse Mig Welding (VPMW), DIP-pulse stb.)



**Hagyományos,
rövidzárlatos
anyagátvitel
esetén**



**„Hideg ívű”,
anyagátvitel
esetén**

A hegesztési áramerősség

A hegesztési áramerősség alapvető hegesztéstechnológiai adat. Értéke hegesztési eljárásonként jellemző tartományba esik, azon belül pedig pl. a hegesztendő alapanyagok fajtájától és mértékadó vastagságától függ.

Néhány számszerű példa:

Tömör huzalok

Átmérő	Áramerősség
0,8 mm	60–180 A
0,9 mm	70–250 A
1,0 mm	90–280 A
1,2 mm	120–350 A

Porbeles huzalok

Átmérő	Helyzet	Áramerősség
1,2 mm	PA	200–300 A
1,2 mm	PF	150–250 A
1,6 mm	PA	300–400 A
1,6 mm	PF	180–250 A

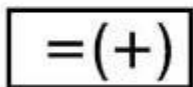
Fémpor töltetű huzalok

Átmérő	Helyzet	Áramerősség
1,2 mm	PA	150–350 A
1,6 mm	PA	300–500 A

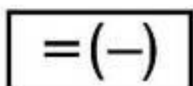
Áramnem és polaritás:



Váltakozóáram



Egyenáram, fordított polaritás

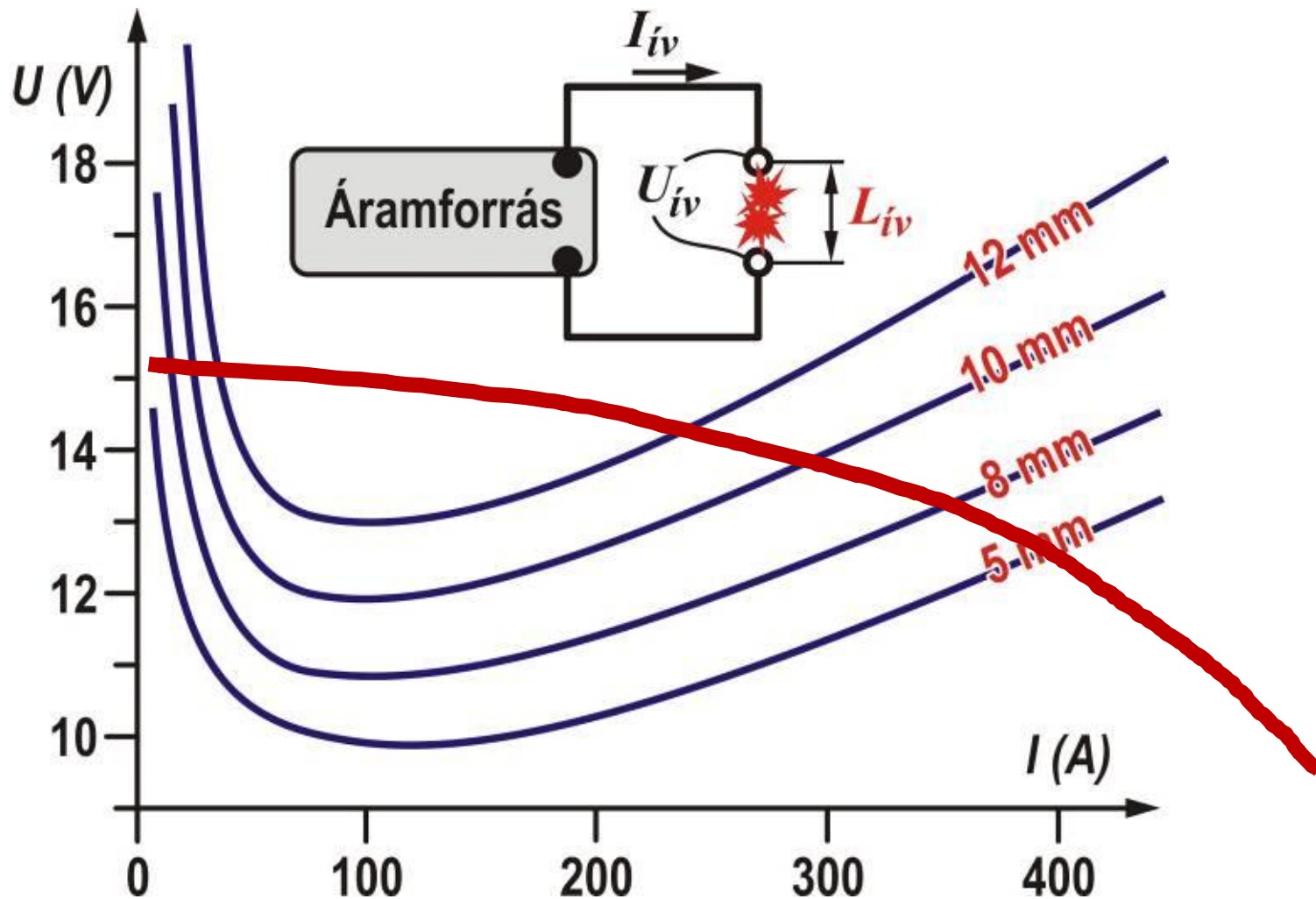


Egyenáram, egyenes polaritás

A huzalelektróda leolvadásának önszabályozása

A belső szabályozás

Az $U = f(I)$ ívjelleggörbék különböző $L_{ív}$ ívhosszokon



A belső szabályozás # egy hegesztő-áramforrás működési vázlatán

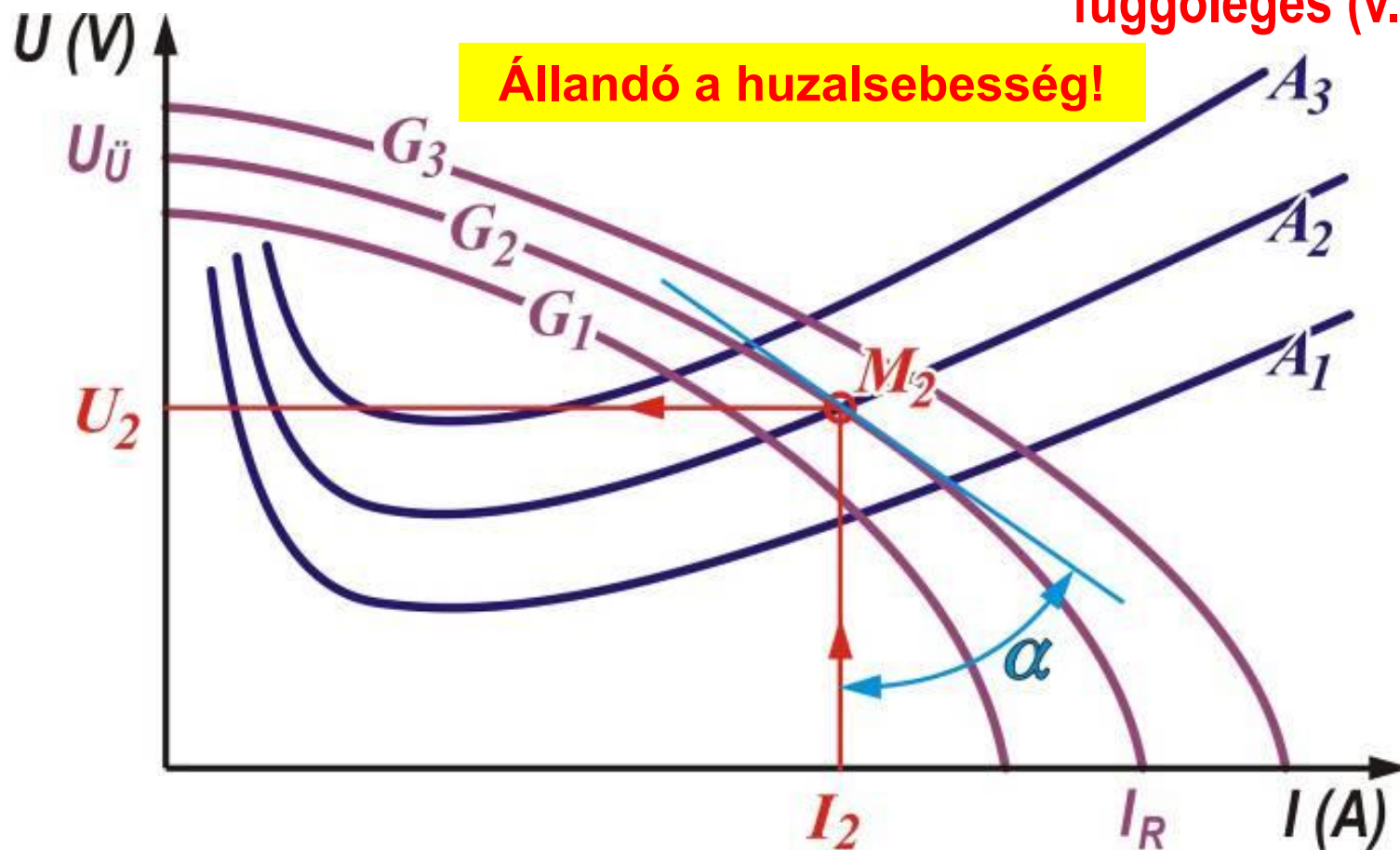
G az áramforrás szekunder (külső) jelleggörbéje,

A az L (vagy l) hosszúságú ív jelleggörbéje,

U ívfeszültség, $U_{\ddot{u}}$ üresjárási feszültség, I íváram, I_R a rövidzárlati áram,

M a munkapont.

Ha $\alpha \approx 90^\circ$, a jelleggörbe vízszintes (lapos), ha $\alpha \approx 0^\circ$, a jelleggörbe függőleges (v. eső)



A hegesztési feszültség és a huzalelőtolási sebesség beállítása

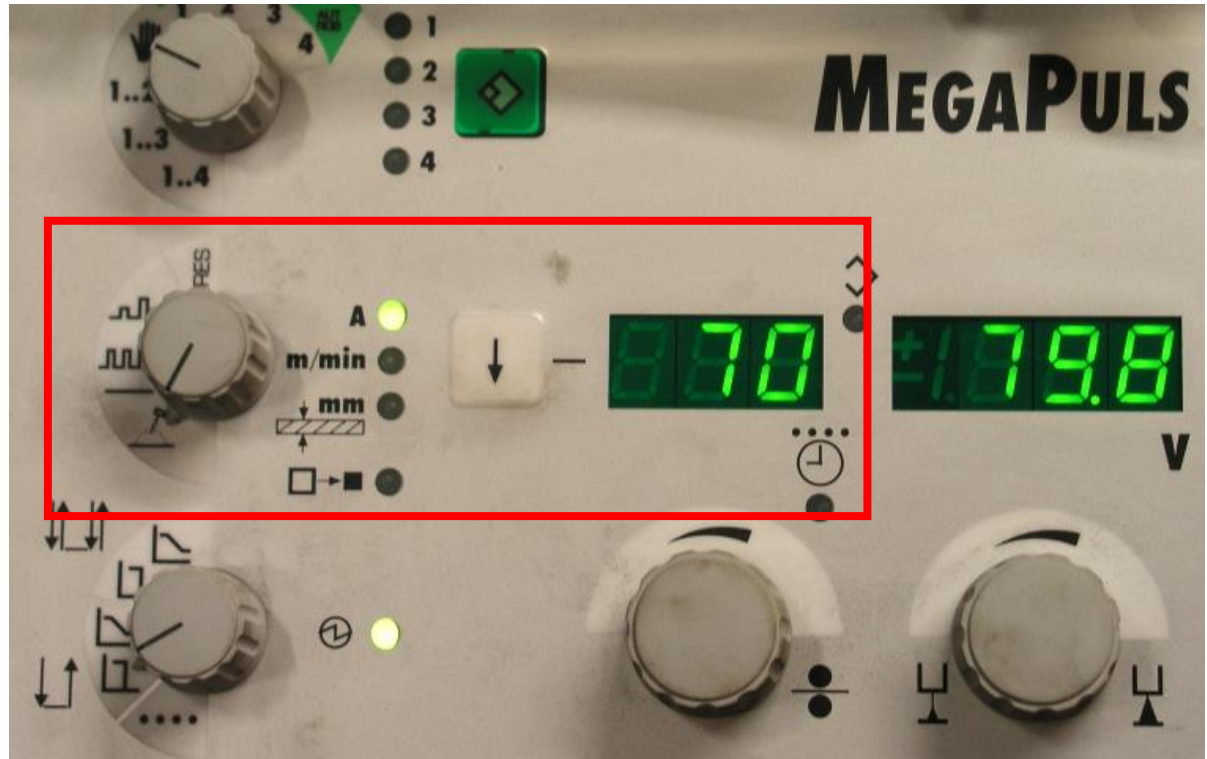


Huzalelőtolási
sebesség
beállítógombja



Feszültség szint-fokozat
kapcsoló

A feszültség és az „áramerősség” beállítása



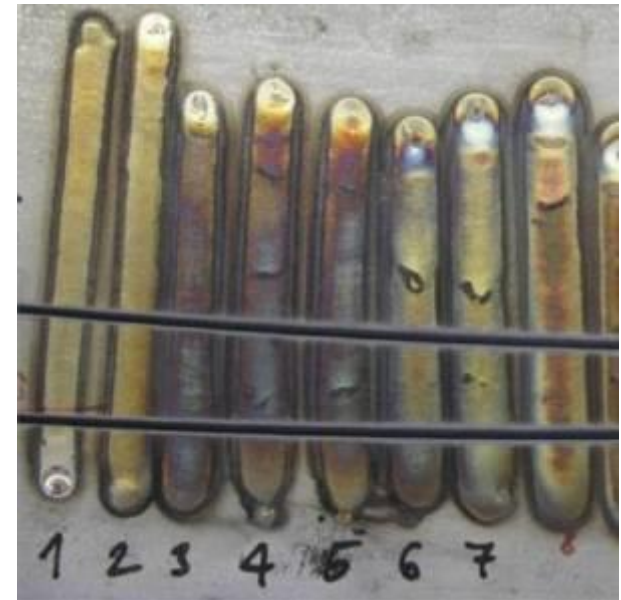
A huzalsebesség vagy az „áramerősség” beállítása. A z utóbbi esetben is valójában a huzalsebességet állítja a vezérlőprogram



A hegesztési feszültség hatása

A hegesztési feszültség alapvető technológiai adat. Értéke a hegesztési eljárásokra jellemző tartományba esik, azon belül pedig pl. a hegesztendő alapanyagok fajtájától, a védőgáztól és az ívhosszúságtól függ.

Hegesztési eljárás	Jellemző hegesztési feszültség
13	15–35 V



A feszültség növelése növeli a varratszélességet, és a bevitt nagyobb hőenergia miatt kissé a beolvadási mélységet is. A különféle védőgázok eleve eltérő **ívfeszültséget** kívánnak a stabil hegesztőív és a kevésbé fröcskölő anyagátvitel érdekében.

A legkisebb ívfeszültségen a tiszta argonnal lehet hegeszteni.

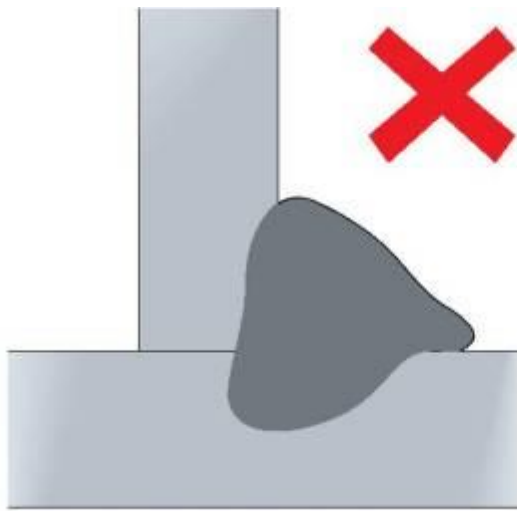
A szén-dioxid és a hélium 20–40 %-kal nagyobb ívfeszültséget is igényelhet ugyanakkora huzalelőtolási sebesség mellett.

A hegesztési feszültség az egyszerűbb kivitelű hegesztőgépeken fokozatkapcsolóval, a korszerű berendezéseken fokozatmentesen állítható be.

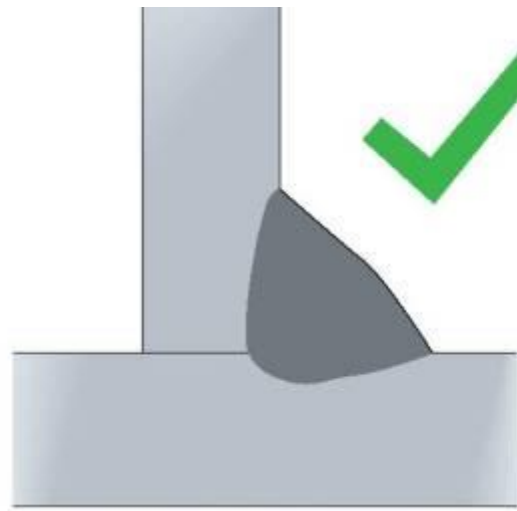
A hegesztési sebesség hatása

A hegesztési sebesség meghatározása sok összefüggő szempont figyelembevételét kívánja meg.

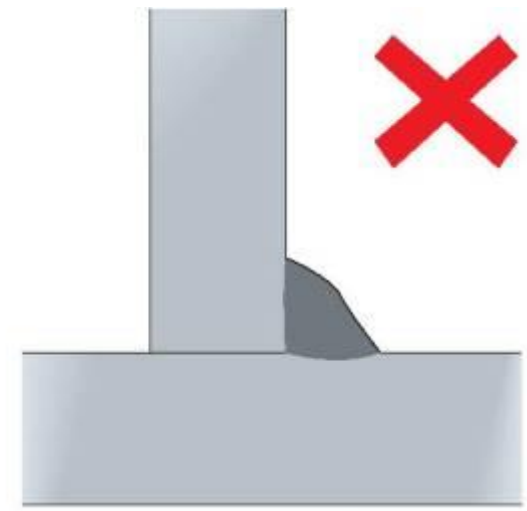
A technológiatervezés különleges ismereteket kíván meg, amelyeket jellemzően másoddiplomás képzésben lehet elsajátítani. Ezért csak a hegesztési sebességnek a beolvadásra gyakorolt hatását illusztráljuk az alábbi ábrákon.



Túl kicsi



Megfelelő



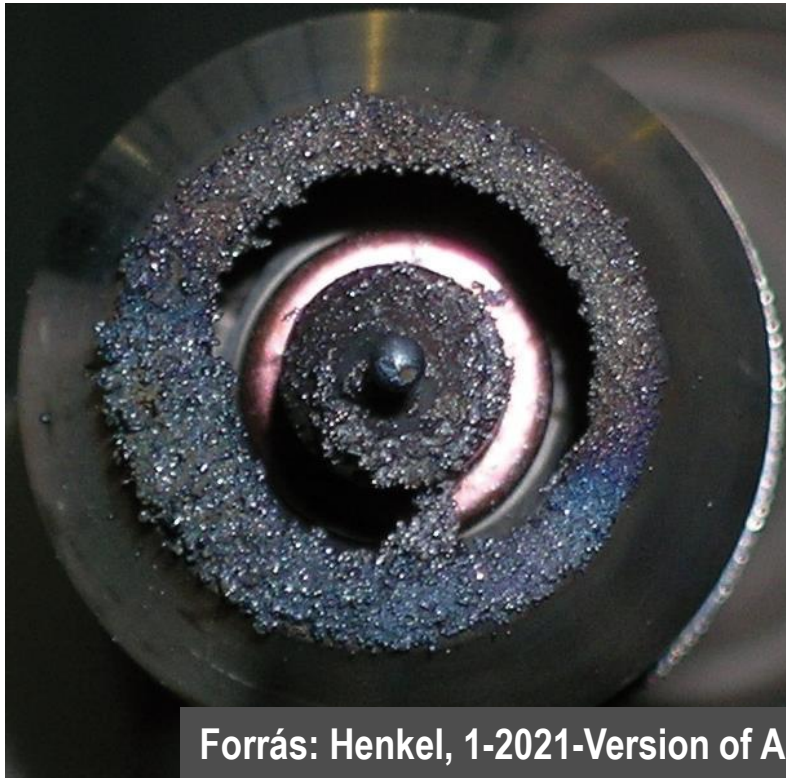
Túl nagy

A hegesztési sebesség értéke

Alkalmazási szempontok és példák

Huzalelektróda	Védőgáz	Alkalmazás
Ötvözetlen acél + dezoxidáló ötvöző (Mn, Si, Al, Ti)	Szén-dioxid CO ₂	Acélszerkezeti tömeggyártás, TTKV → 0 °C-ig
Ötvözetlen acél + dezoxidáló ötvöző (Mn, Si, Al, Ti)	Ar + (2–30 %) CO ₂ Ar + (1–12%) O ₂ Ar + (2–15 %) CO ₂ + (1–5 %) O ₂	Acélszerkezeti gyártás TTKV = –20 °C-ig
Porbeles huzal	Szén-dioxid, keverék védőgáz	Acélszerkezeti gyártás TTKV = –60 °C-ig ötvözött acélokhoz is
Alapanyag szerint	Argon, Ar + más gáz	Színes- és könnyűfémek, erősen ötvözött acélok
Önvédő porbeles huzal	Nincs szükség védőgázra	Csővezetékek, acélszerkezetek helyszíni szerelése TTKV = –20 °C-ig

A fröcskölés és a letapadás + annak a gátlása



Forrás: Henkel, 1-2021-Version of Aerodag_Ceramishield 2-Hungary.indd

Letapadásgátló nélkül # letapadásgátló bevonattal: 75 perc után

A fröcskölési letapadás okozta hátrányok: a gázáramlás zavara, huzalelakadás, növekedik az anyag- és energiaköltség, a hegesztóberendezés tisztítási igénye. A letapadásgátlók jellemzői: kerámiatartalom, szilikontartalom, száradási idő, hatásidő.