

Dobránszky János előadásai 2025-ben

Hegesztés

10. előadás

**Ellenállás-ponthegesztés (21), ellenállás-vonalhegesztés (22),
ellenállás-dudorhegesztés(23), leolvasztó tompahegesztés (24),
ellenállás-tompahegesztés (25), ellenállás-csaphegesztés (26),
nagyfrekvenciás ellenállás-hegesztés (27)**

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-hegesztés (2) alkalmazásai, működése, berendezései**
13. A termithegesztés (71) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
14. Az ultrahangos hegesztés (41) alkalmazásai, működése, berendezései
15. A dörzshegesztések (42, 43), az ütőhegesztés (44), a diffúziós hegesztés (45), a hideg- (48) és a melegsajtoló hegesztés (49) alkalmazásai, működése, berendezései
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.

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. Folyadékos sajtolóheg.

Öntéses sajtolóhegesztés

III. Gázos sajtolóheg.

Sajtoló lánghegesztés (47)

IV. Villamos kisüléssel sajtolóheg.

Mágnesesen mozgatott ívű
sajtolóhegesztés (185)
[forgóíves sajtolóhegesztés]
Ívkisüléssel sajtolóhegesztés
[ütőhegesztés, (77)]
Ívhúzásos csaphegesztés (783)
Kondenzátorkisütéssel, ívhúzásos
csaphegesztés (785)
Kondenzátorkisütéssel, gyújtócsúcsos
csaphegesztés (786)

V. Sugárzásos sajtolóhegesztés

(még nem ismert ilyen
eljárás)

VI. Mozgó 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)

Ponthegeztés (21)
Vonalhegeztés (22)
Dudorhegeztés (23)
Leolvastó tompahegeztés (24)
Ellenállás-tompahegeztés (25)
Ellenállás-csaphegeztés (26)
Nagyfrekvenciás hegeztés (27)
Indukciós hegeztés (74)

VIII. Egyéb energiafajtájú sajtolóhegesztés

Diffúziós hegeztés (45)
Melegsajtoló hegeztés (49)
Plattírozó hengerléssel hegeztés

Az ellenállás-hevítés

Az ellenállás-hegesztések sajtolóhegesztési eljárások. A kötés kialakulásához szükséges hő a hegesztési övezeten átfolyó villamos árammal „szembeni” ellenállás biztosítja.

- A darabokon átfolyó áram **Joule-hője** közvetlenül hevíti a darabokat. A képződő hő függ:
 - az ellenállástól (R),
 - az átfolyó áramtól (I) és
 - az időtől (t):
- Az ellenállás-hevítés megvalósítható közvetett módon is, az indukált áram felhasználásával.

$$Q = \int_0^{t_h} RI^2 dt$$

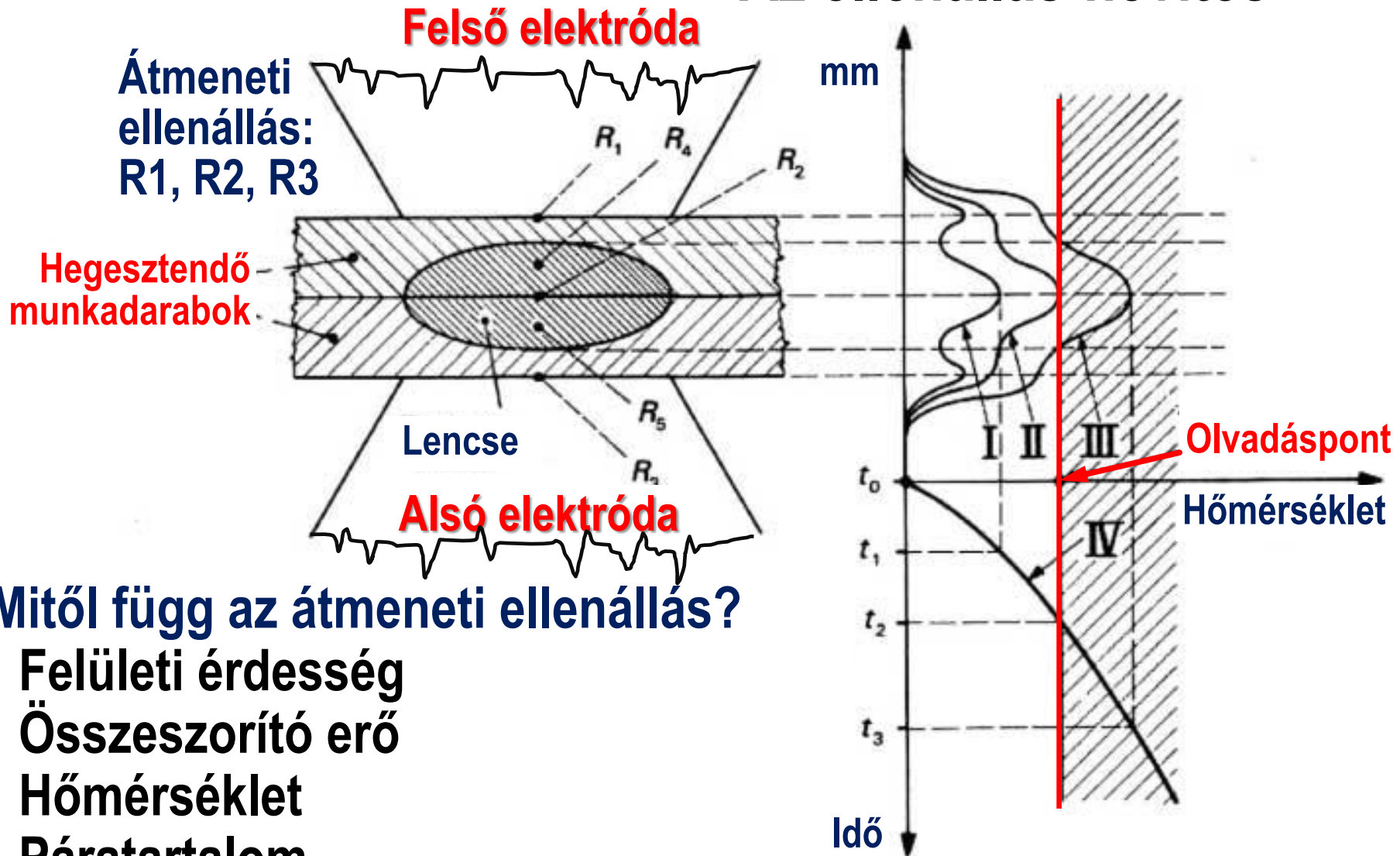
A hegesztett kötés kialakulása az ellenállás-hegesztéseknél

- A ponthegesztésnél, a vonalhegesztésnél és a fóliás vonalhegesztésnél **részben a kristályosodás**, a többi eljárásnál **csak** a képlékeny alakváltozás hozza létre a kötet.
- Ezeknél az utóbbi csoportba tartozó eljárásoknál (dudorhegesztés, tompahegesztés, ellenállás-csővonalhegesztés és a nagyfrekvenciás hegesztések) az olvadt anyagok kinyomódnak a sorjába **(a sorja anyaga ~azonos az alapanyagével, ha a levegővel érintkezik, akkor salakká tud alakulni, akár elégni).**

Terminológiai alapok:

MSZ EN ISO 4063:2023 Magyar nyelvű! és **MSZ EN ISO 17677-1:2021 Magyar nyelvű!**
Ellenállás-hegesztés. Szakszótár. 1. rész: Pont-, dudor- és vonalhegesztés
A magyar nyelvű kiadás 2021 júliusától érvényben van!

Az ellenállás-hevítés



Mitől függ az átmeneti ellenállás?

- Felületi érdesség
- Összeszorító erő
- Hőmérséklet
- Páratartalom
- Passzív réteg van-e? → alu, inox
- Szennyeződések (anyaga, vastagsága)

A ponthegesztés alkalmazása

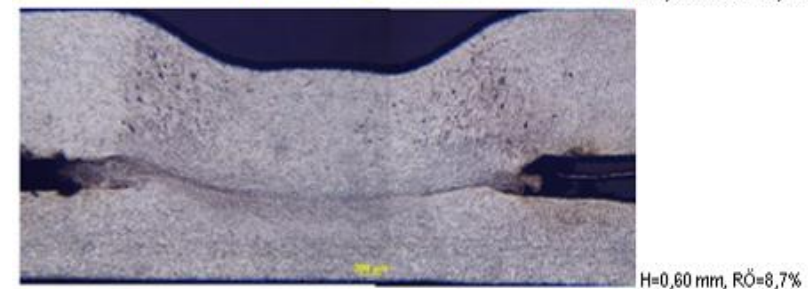
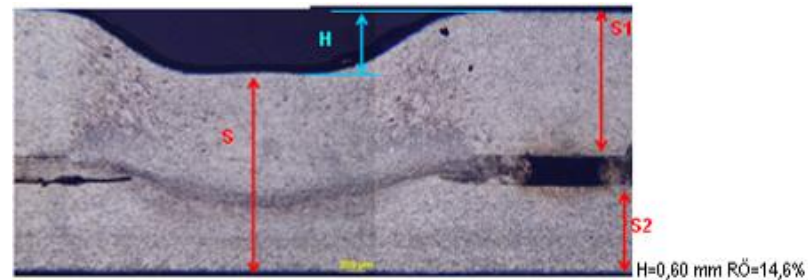
→ az eljárások felsorolása az MSZ EN ISO 4063:2023 szerinti!

- Lemezek átlapolott kötésére általánosan alkalmazott eljárás.
- Különösen fontos az autókarosszériák gyártásában.
- Lemez- vagy lemezszerű szerkezetekben általános.
- Az ötvözetlen, a gyengén és az erősen ötvözött acélok egyaránt jól hegeszthetők.
- Színes- és könnyűfémek hegeszthetők. Az **alumínium** és ötvözetei is hegeszthetők, ebben az esetben gömbsüveg alakú elektróda vagy elektródacsúcs szükséges.
- Számos fém vegyes kötése is hegeszthető;
pl. **bevonatos lemezek, ragasztással kombinált kötés.**
- **Réz és ötvözetei** hegesztése csak volfrám- vagy W-betétes elektródával.
- Edződésre hajlamos anyagoknál nagyon lágy munkarendre van szükség, akár előmelegítéssel és utóhevítéssel.
- Több anyagnál védőgázos hegesztés lehet szükséges

2	Ellenállás-hegesztés
21	Ponthegesztés
211	Egyoldali ponthegesztés
212	Kétoldali ponthegesztés
22	Vonalhegesztés
221	Átlapolásos vonalhegesztés
222	Zömítéses vonalhegesztés
223	Élelőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés
224	Segédhuzalos vonalhegesztés
225	Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés
226	Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés
23	Dudorhegesztés
231	Egyoldali dudorhegesztés
232	Kétoldali dudorhegesztés
24	Leolvasztó tompahegesztés
241	Előmelegítéses, leolvasztó tompahegesztés
242	Előmelegítés nélküli, leolvasztó tompahegesztés
25	Ellenállás-tompahegesztés
26	Ellenállás-csaphegesztés
27	Nagyfrekvenciás ellenállás-hegesztés
29	Egyéb ellenállás-hegesztések

Alkalmazás: szivattyúmotor-ház füle

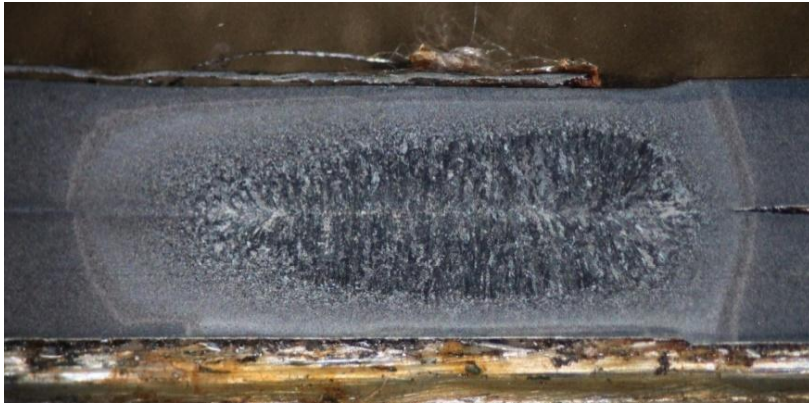
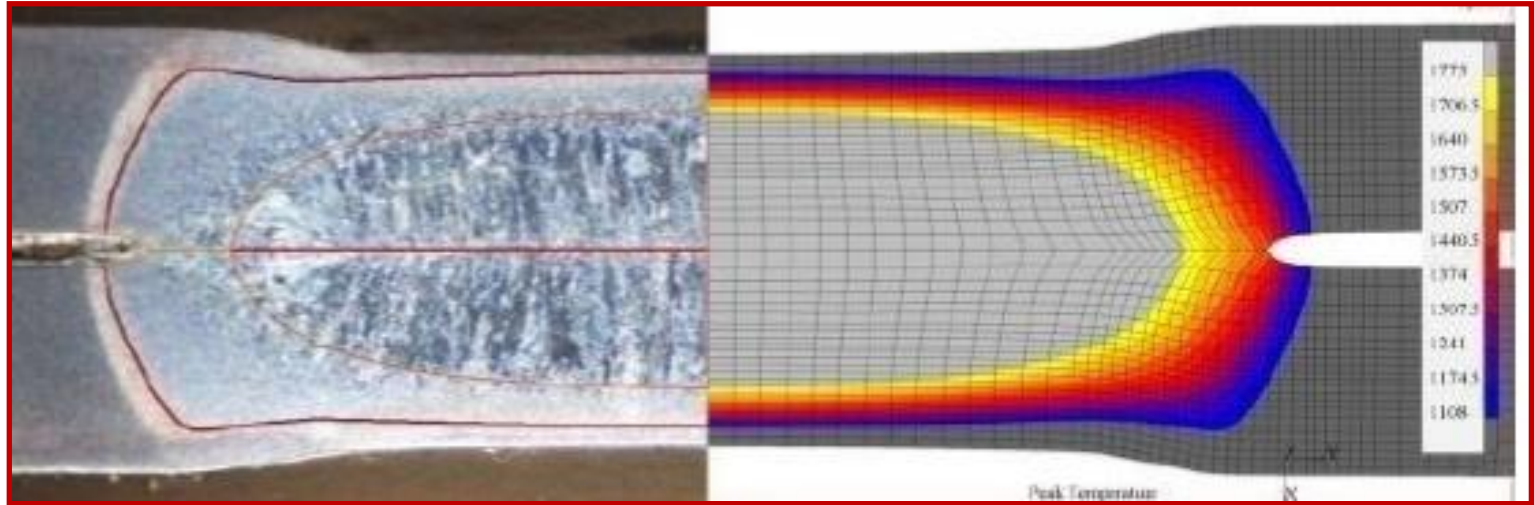
Ellenállás-hegesztett kötések; a roncsolásos vizsgálat kiváltása érzékeny mérések révén jelentős költségcsökkentésre vezetett



**A technológiai tényezők,
a varrat geometriája és a
szilárdság közötti
összefüggések**



A ponthegesztett hegesztett kötés keresztmetszete



Szimuláció: www.ahssinsights.org/news/modelling-resistance-spot-welding-of-advanced-high-strength-steels/
...ínyenceknek ...

A ponthegeesztett hegesztett kötés részei

A **ponthegeesztéssel** készített hegesztett kötésben a következő zónák különíthetők el:

A: lencse (olvadáspont fölé hevült tartomány)

**Nem minden esetben alakul ki lencse;
ez az eset a „szilárd fázisú” hegesztés**

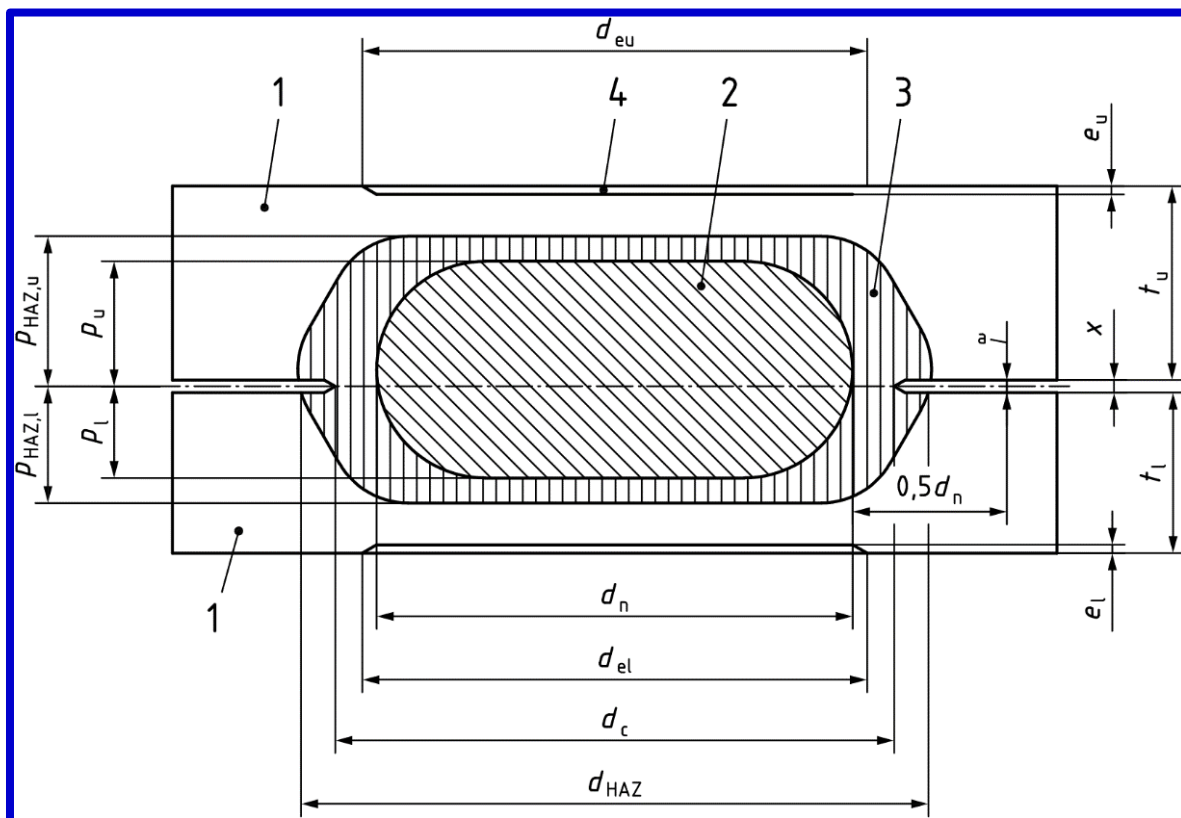
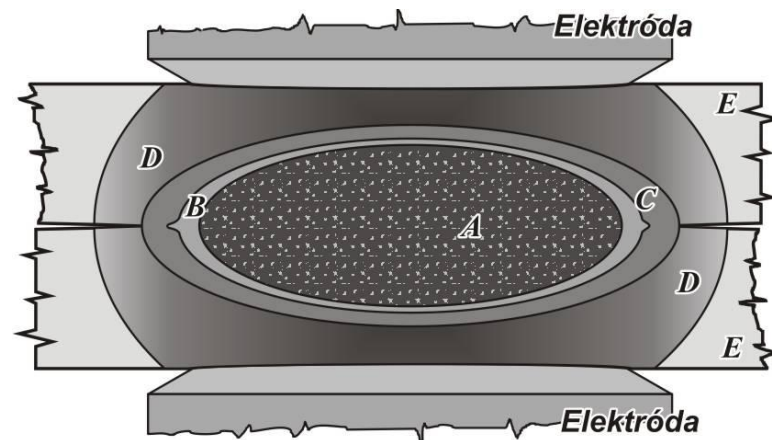
B: záróövezet, zárógyűrű (nagy képlékenységű)

C: fázisátalakulási zóna (pl. acéloknál, ahol $T > A_1$)

D: megeresztési és újrakristályosodási zóna

E: alapanyag

A fenti meghatározások fémtani megközelítésben értelmezik a kialakult kötési zónákat.



1 – munkadarabok

2 – lencse

3 – hőhatásövezet

4 – elektródbemélyedés

d_{HAZ} – a hőhatásövezet átmérője

$p_{HAZ,l}$ – a hőhatásövezet alsó behatolása

$p_{HAZ,u}$ – a hőhatásövezet felső behatolása

t_l – az alsó munkadarab vastagsága

t_u – a felső munkadarab vastagsága

d_{eu} – elektródbemélyedési átmérő

d_{el} – elektródbemélyedési átmérő

d_c – zárógyűrű-átmérő

d_n – lencseátmérő

p_u – lencsebeolvadási mélység

p_l – lencsebeolvadási mélység

x – lemezszétválás

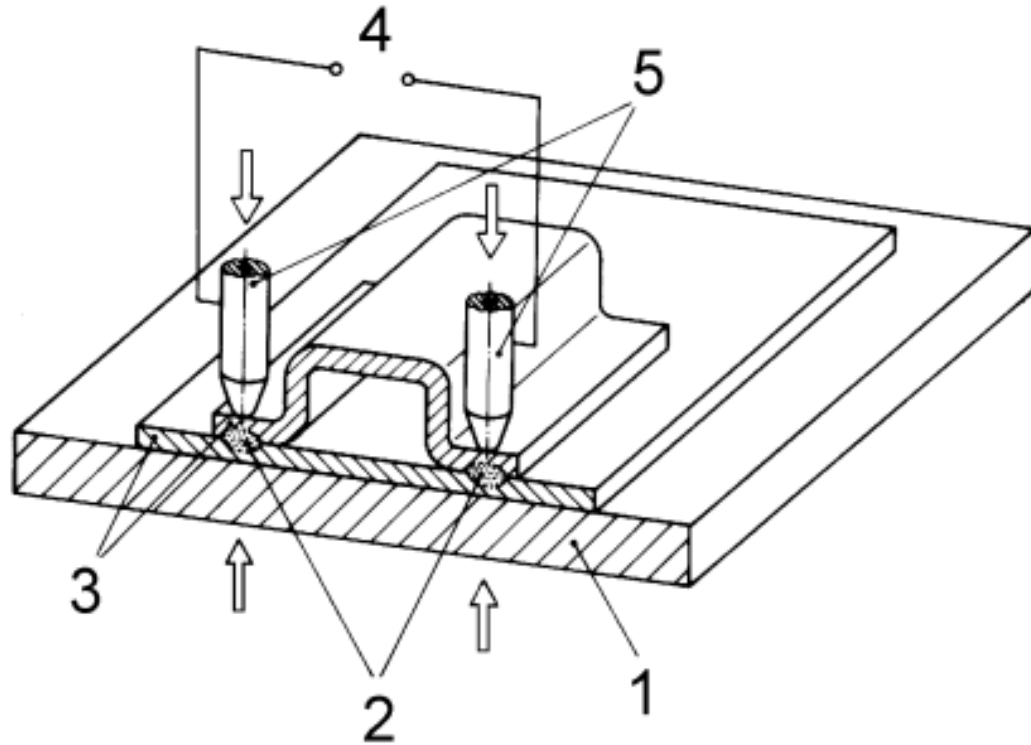
e_u – elektródbemélyedési mélység

e_l – elektródbemélyedési mélység

a – a lemezszétválás mérésének helye (x)

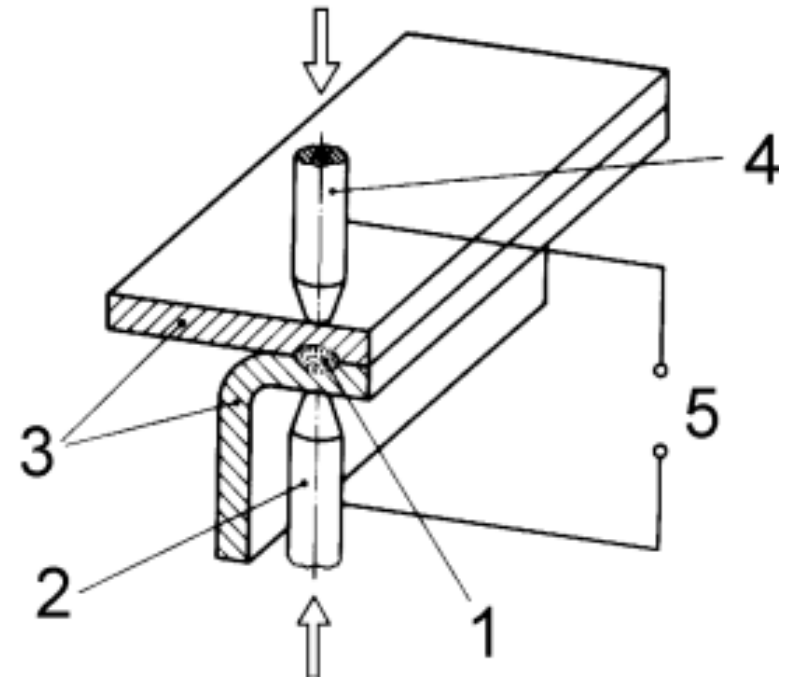
MSZ EN ISO 17677-1:2021

Egyoldali ponthegesztés (211) ← elnevezések: MSZ EN ISO 4063:2023 →



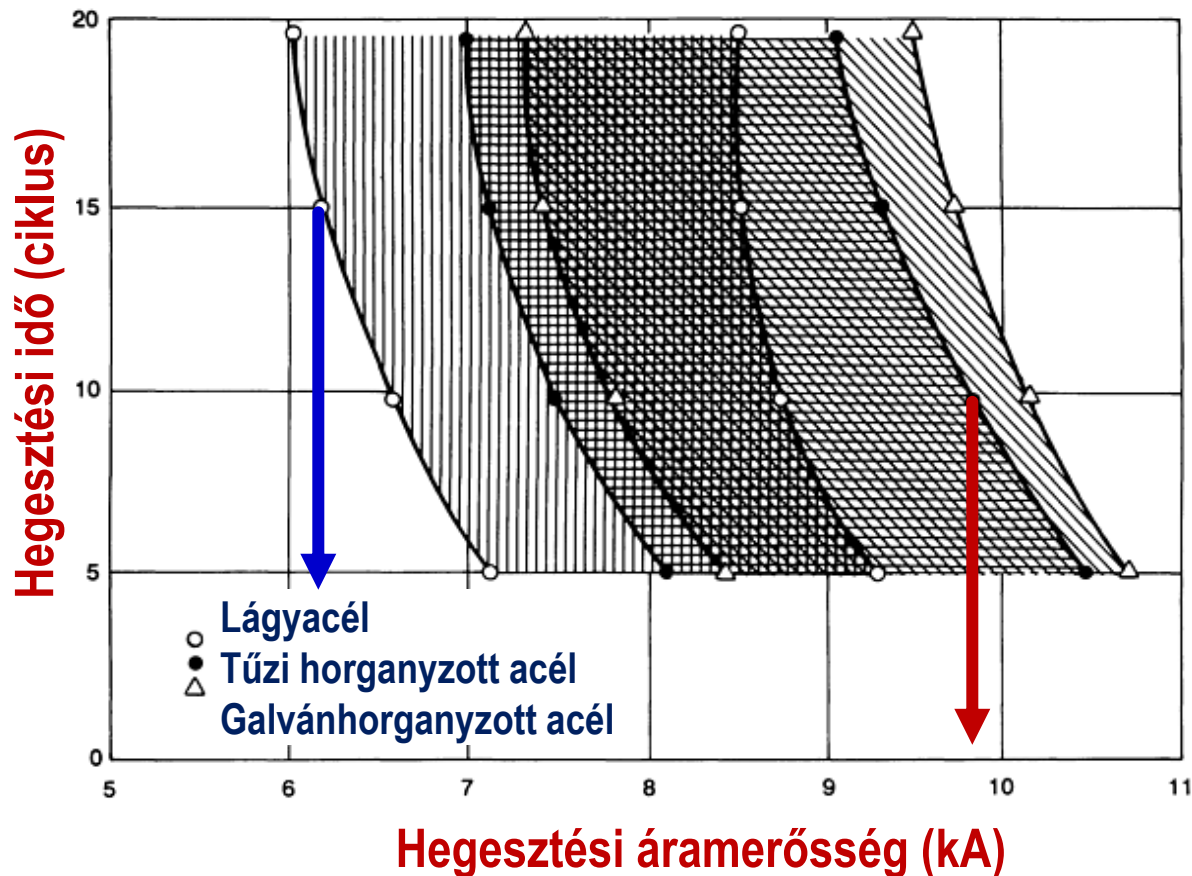
1. Vezető alaplemez
2. Ponthegesztett varrat
3. Munkadarab
4. Áramforrás
5. Elektróda

Kétoldali -ponthegesztés (212)



1. Ponthegesztett varrat
2. Elektróda
3. Munkadarab
4. Elektróda
5. Áramforrás

Technológiai ablakok különféle acélokhoz



→ Hegesztési munkarend (kemény / lágy)

A hegesztési idő egysége lehet:
– ciklus (váltakozó áram)
– másodperc (egyenáram)

Létezik egy minimális áramerősség ($I_{\min}$), amelynél kisebbel nem lehet hegeszteni: nem képződik elegendő hő.

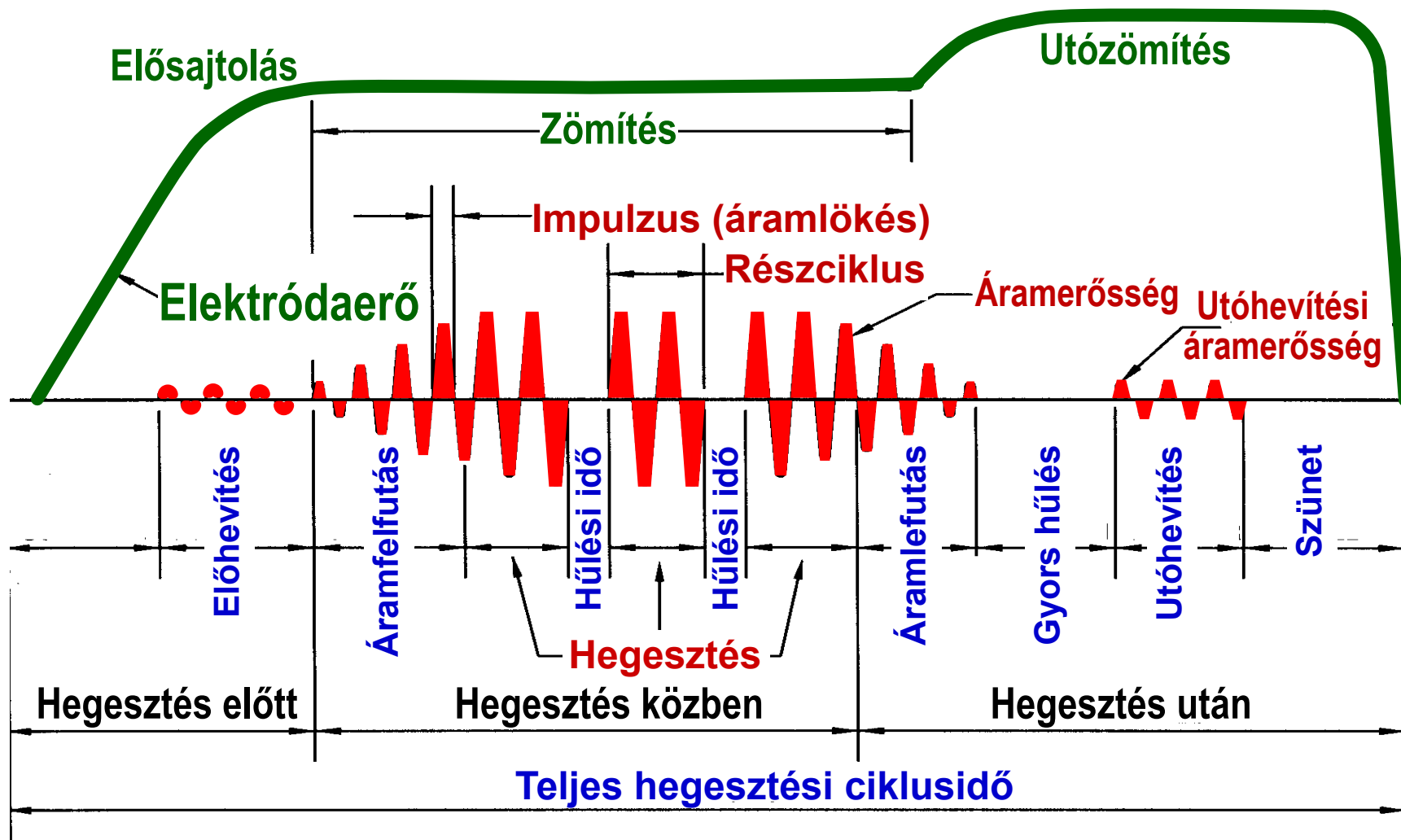
Nagy áramerősség + rövid idő = **kemény munkarend** (A)

Kis áramerősség + hosszabb idő = **lágymunkarend** (B).

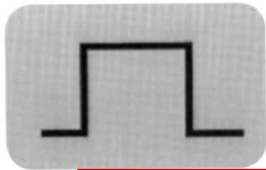
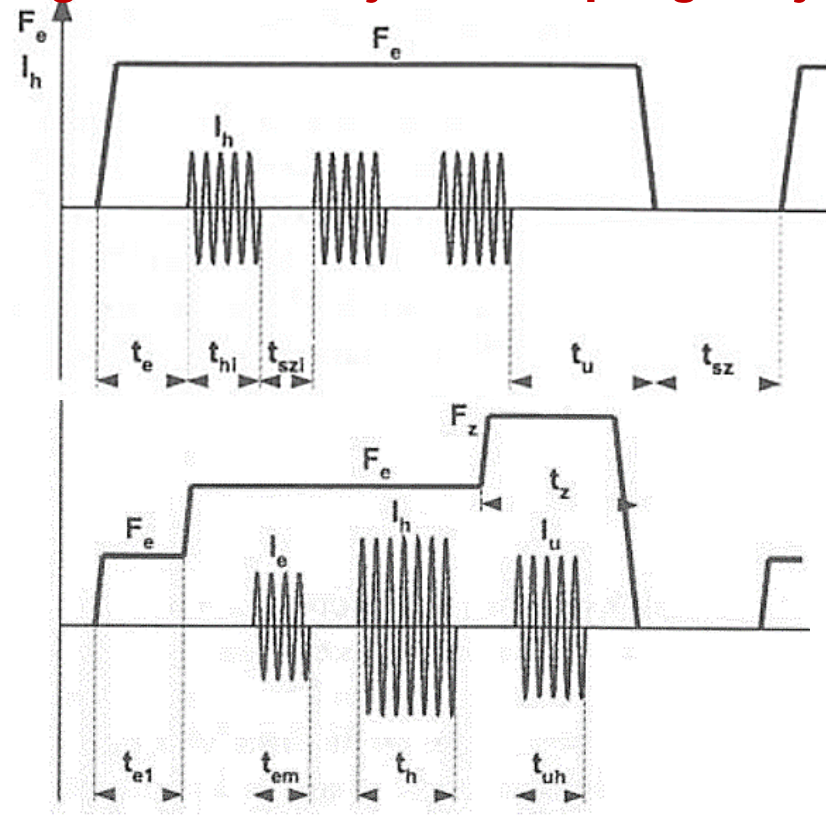
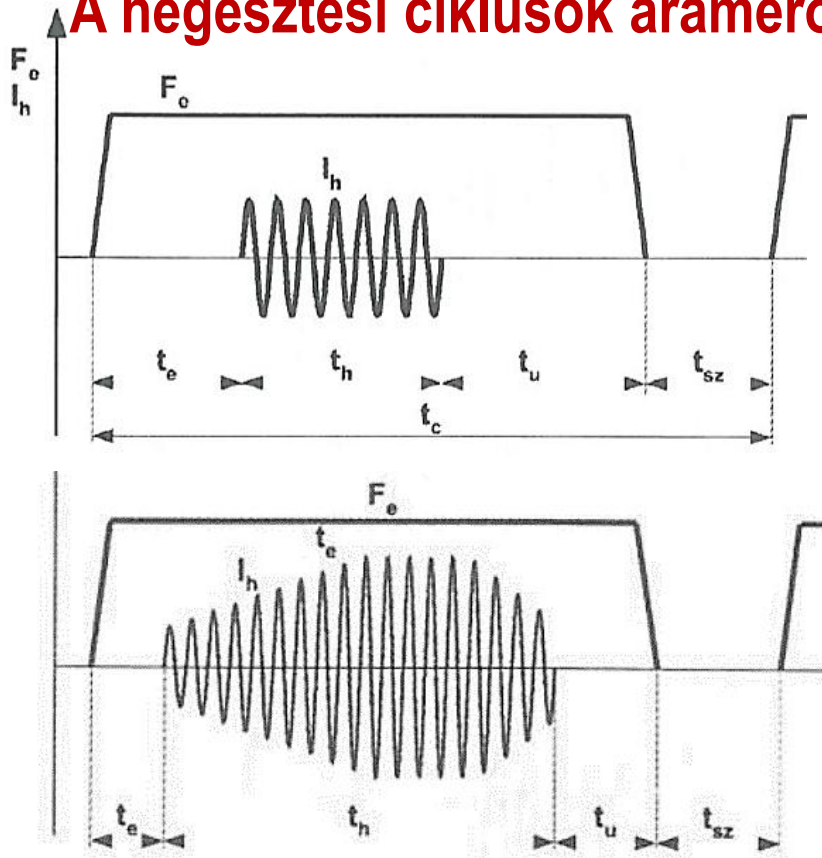
Kemény munkarend a jó hővezető képességű anyagokhoz kell.

A lágymunkarend kisebb az edzési veszéllyel jár.

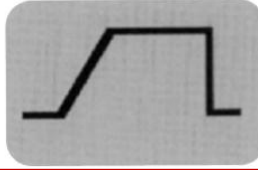
Az összetett hegesztési ciklus



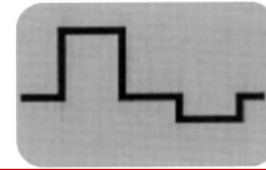
A hegesztési ciklusok áramerősség-hullámalakja és erőprogramja



Single Pulse:
Use on flat un-
plated parts

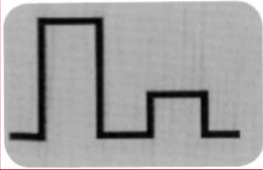


Up Slope: Use on hard,
irregular shaped,
oxidized parts and
aluminum parts

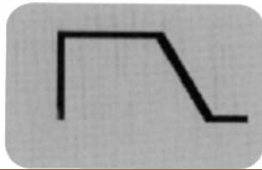


Preheat/Postheat:
Use on refractive
parts

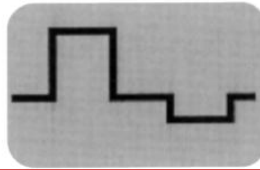
EXAMPLES OF WELDING SEQUENCES (ALSO CALLED HEAT PROFILES)



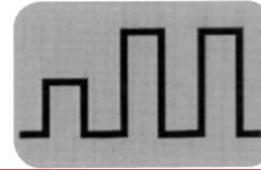
**Quench/
Temper**



Down Slope:
Used to reduce
marking and
embrittlement

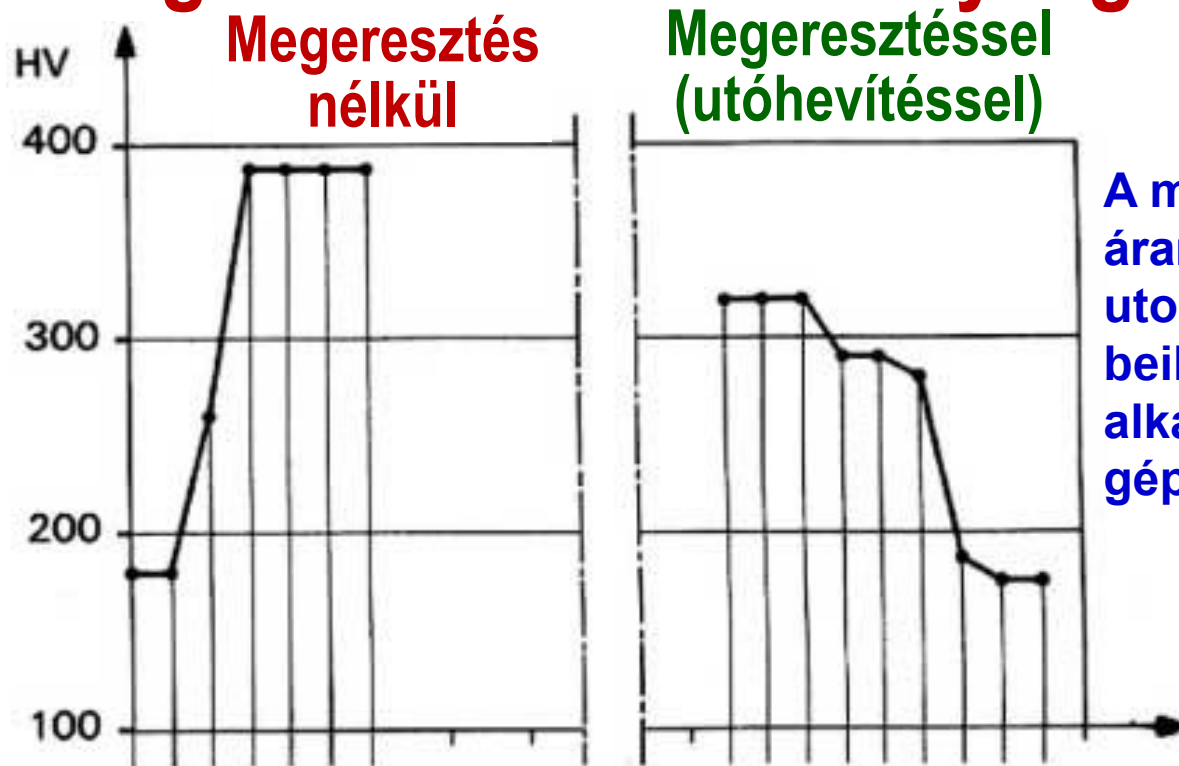


Unbalanced:
Use on polarity
sensitive parts



Roll Spot: Use
to make
non-hermetic
seam welds

A hegesztett kötés keménységi viszonyai

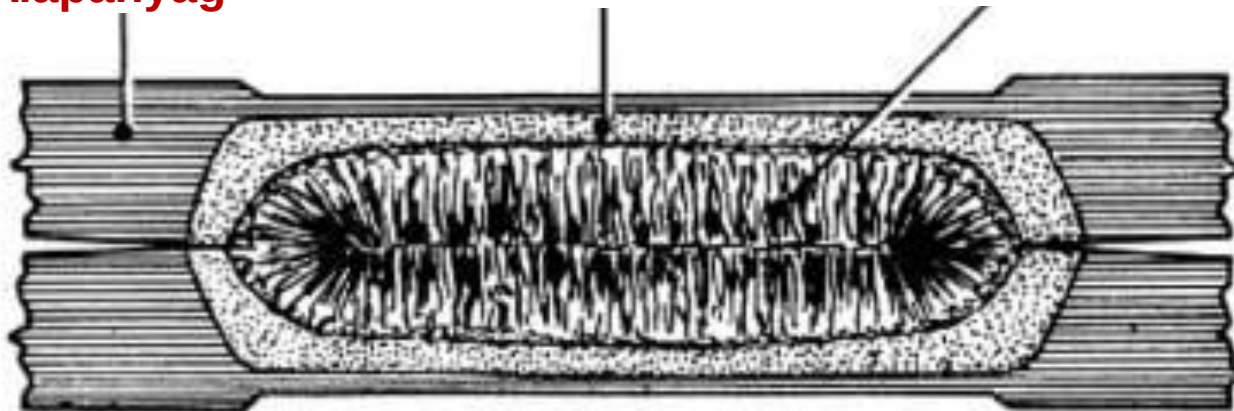


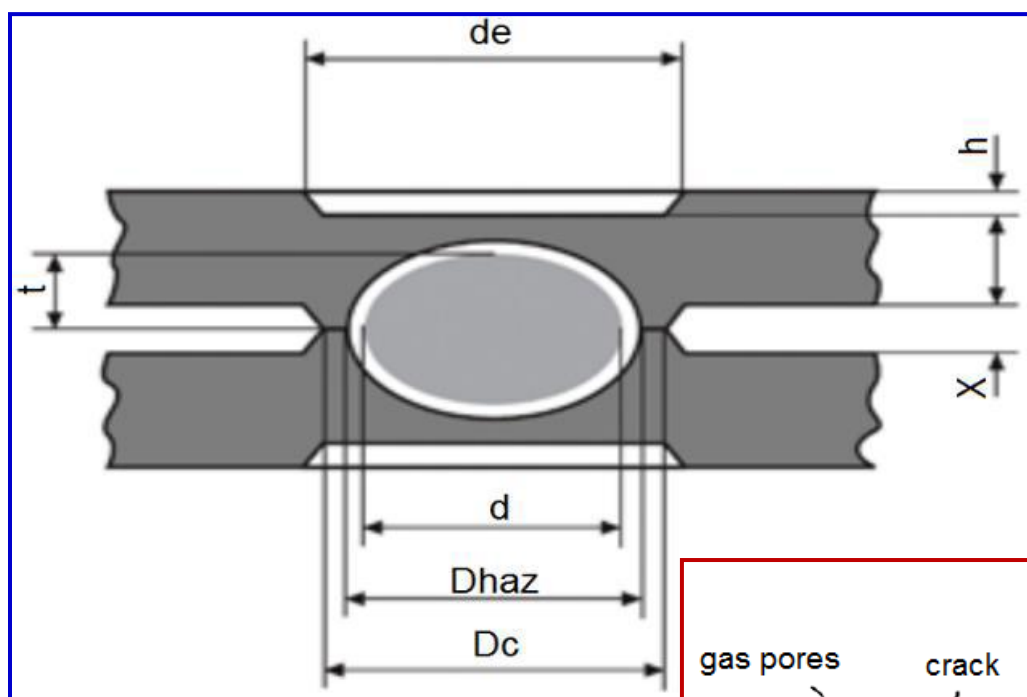
A megeresztést az áramerősség-program utolsó szakaszában lehet beilleszteni, az arra alkalmas vezérlésű gépeken.

Alapanyag

Hőhatásövezet

Varratlencse





Szabvány → MSZ EN ISO 14329:2004

Ellenállás-hegesztés. A hegesztett kötések roncsolásos vizsgálata. Az ellenállás-hegesztésű pont-, vonal-, és dudorvarratok törettpusai és geometriai mérései

→ 2021-ben visszavonták! → ÚJ: lásd a 10. diát!

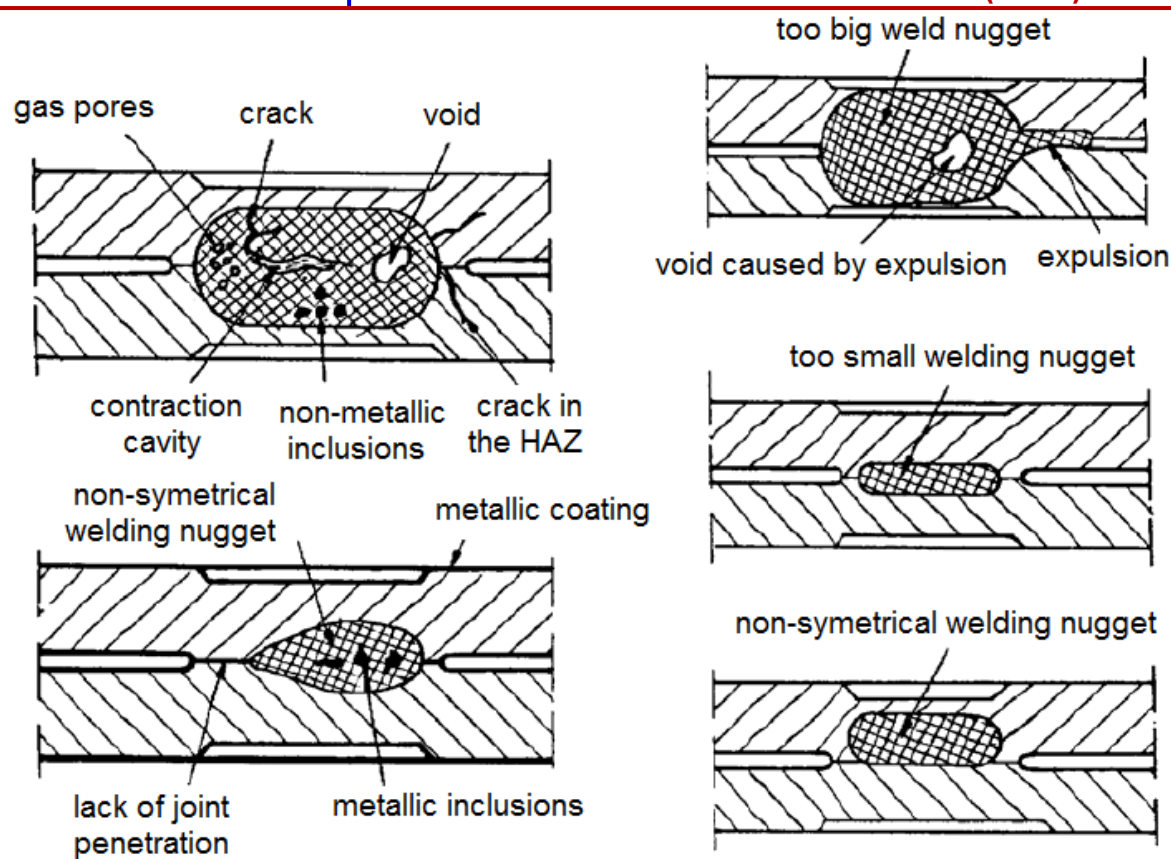
A. Ambroziak, M. Korzeniowski:

Using resistance spot welding for joining aluminium elements in automotive industry, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 10 (2010) 5–13.

(d) lencseátmérő; (h) benyomódás;
(t) lencsebehatolás; (X) elemelkedés;
(Dc) diffúziós kötési zóna; (Dhaz) hőhatásövezet átmérője

Forrás: *Resistance Welding Manual*,
Rautaruukki Corporation (2009)

A varratlencse jellemzői és eltérései



Szabványok → MSZ EN ISO 14373:2015 Ellenállás-hegesztés. A bevonat nélküli és a bevonatos, kis karbontartalmú acélok ponthegesztési technológiája

Az angol cím: Resistance welding. Procedure for spot welding of uncoated and coated low carbon steels

A magyar cím helyesen: Ellenállás-hegesztés. A bevonat nélküli és a bevonatos, kis karbontartalmú acélok ponthegesztésének munkarendje

MSZ EN ISO 14373:2024

MSZ EN ISO 15609-5:2012

Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. Hegesztéstechnológiai utasítás. 5. rész: Ellenállás-hegesztés

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
15609-5

Second edition
2011-10-01

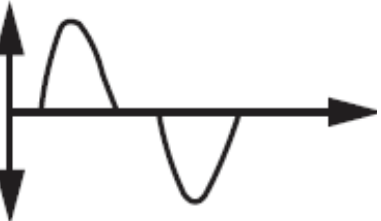
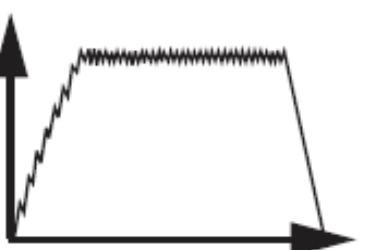
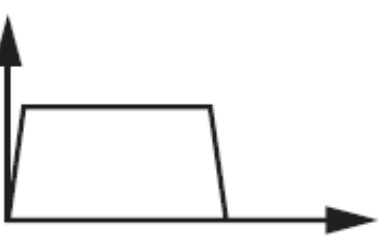
Corrected version
2011-12-01

Specification and qualification of welding
procedures for metallic materials —
Welding procedure specification —

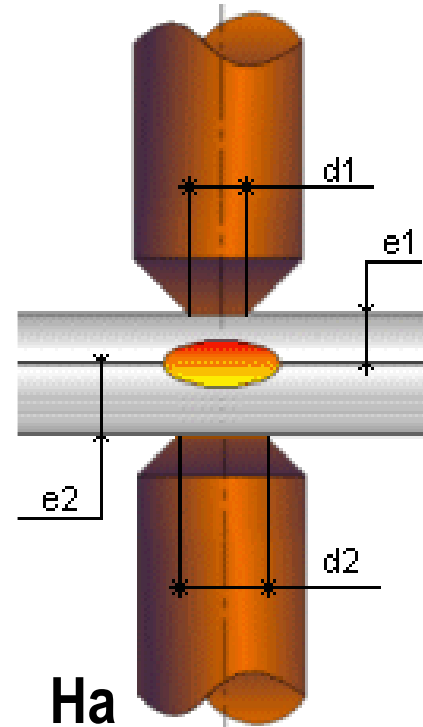
Part 5:
Resistance welding

*Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les
matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de
soudage —*

Partie 5: Soudage par résistance

Áramforrás fajtája	Ciklus (ms)	Kö- tési mód	Frek.	Előny	Korlát	Jelalak
Kondenzátorkisülés (CD) áramforrás Egypólusú (egyenáramú), rögzített időtartamú, rövid ideig tartó hegesztési áramimpulzust ad le, gyors felfutási idővel	1–16	Szilárd fázisú	$\leq 2/s$	Masszív, olcsó. Nagy vezetőkép. anyagok	Nyitott áramkör. „Önszabályozó” kisülés	
Váltakozó áramú (AC). Egypólusú vagy bipoláris, állítható időtartamú áramimpulzust ad le, amelynek felfutási ideje a hegesztési áram beállításától (%-os) függ	> 8	Olvadék fázisú, lágy- és kem.-forr.	$\leq 5/s$	Masszív és olcsó	Gyenge vezérelhetőség rövid ciklusokban	
Nagyfrekvenciás inverter (HFDC) Egypólusú, állítható időtartamú hegesztési áramimpulzust ad le, állítható közepes-gyors felfutási idővel	1000	Olv., és szilárd, lágy- és kem.-forrasztás	$\leq 10/s$	Kiváló vezérlés és ismétlés. Nagy áramok; tartós terhelés.	Drága	
Tranzisztoros vagy lineáris DC (DC) Egypólusú, állítható időtartamú hegesztési áramimpulzust állít elő, gyors feszültségnövekedési idővel és négyzetes hullámalakkal	0,010–9,99	Szilárd fázisú	$\leq 1/s$	Rossz vezetők, vékony fólia, huzal. Kiváló vezérlés és ismétlés	Drága. Karbantartási igény. Korlátozott terhelhetőség	

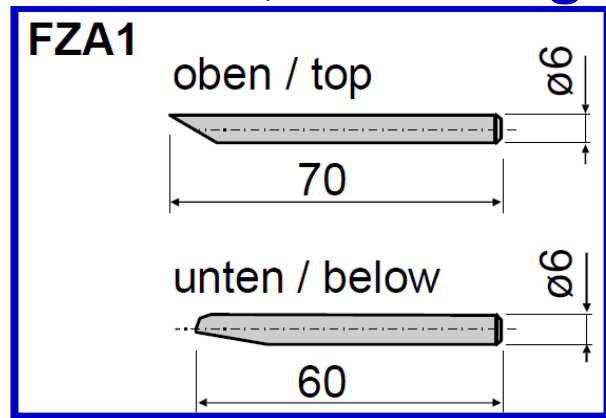
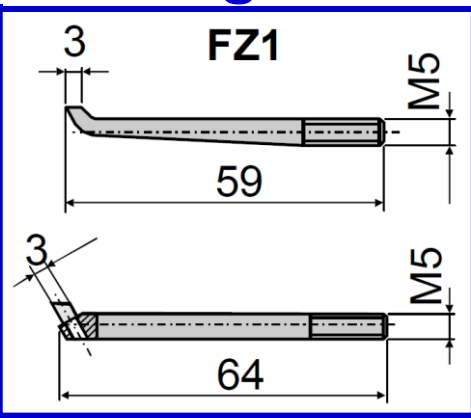
Ponthegeztő elektródák



$d1 = d2 = D$ és $e1 = e2 = e$
akkor $D = 2e + 3 \rightarrow (\text{mm})$

A1W	A10W	A20W	A30W	A100W
56% W	75% W	78% W	80% W	100% W
44% Cu	25% Cu	22% Cu	20% Cu	
55-60% IACS	42-50% IACS	42-50% IACS	45% IACS	31% IACS
72-82 HRB	96-99 HRB	97-101 HRB	99-104 HRB	69 HRA

Ponthegeztő elektródák, mikrohegesztéshez



Hegesztési paraméterek ötvözetlen acélokhoz (forrás: SCIAKY)

Vastagság	Átmérő	Áramerősség	Hegesztési idő	Nyomóerő
0,5 mm	4 mm	2 000 A	0,2 s	60 daN
0,5 mm	4 mm	4 000 A	0,04 s	150 daN
1,0 mm	5 mm	3 000 A	0,4 s	100 daN
1,0 mm	5 mm	8 000 A	0,1 s	250 daN
2,0 mm	7 mm	5 000 A	1,0 s	200 daN

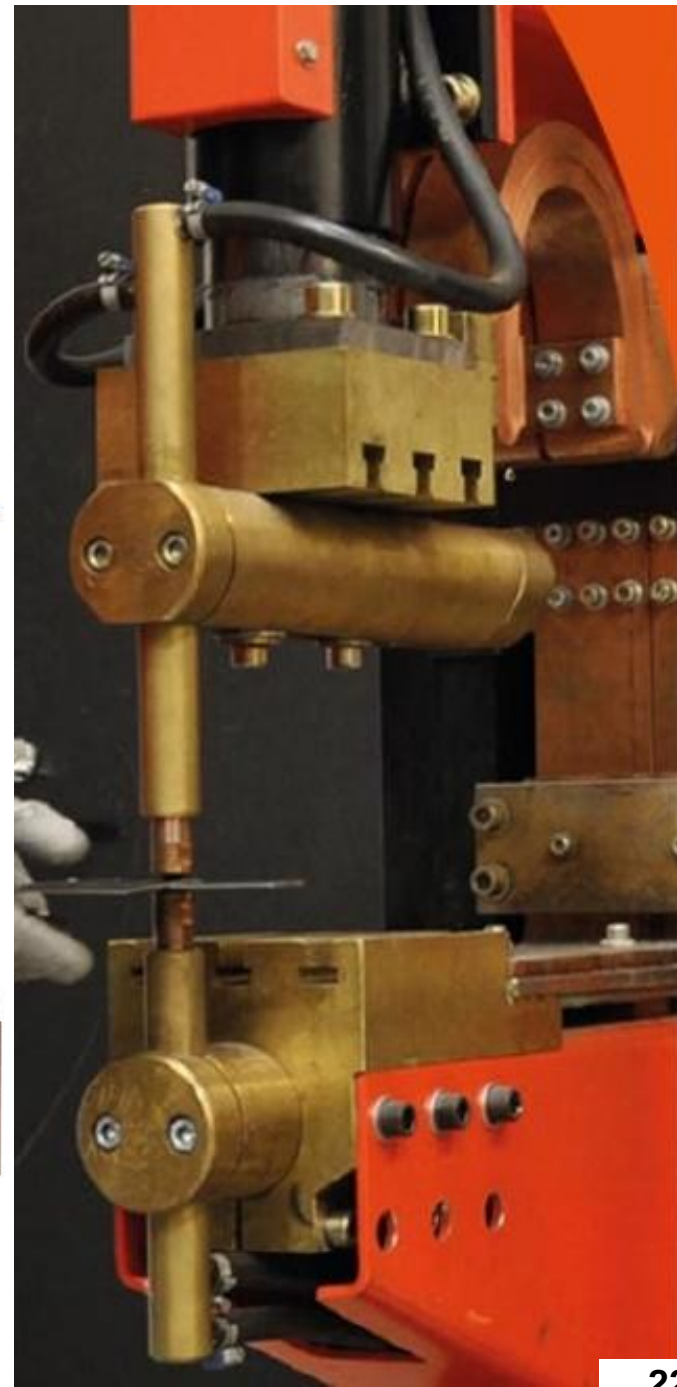
Hegesztési paraméterek rozsdamentes acélokhoz (forrás: SCIAKY)

0,5 mm	4,0 mm	3 750 A	0,04 s	175 daN
0,8 mm	4,5 mm	6 000 A	0,10 s	300 daN
1,0 mm	5,0 mm	7 600 A	0,14 s	400 daN
1,5 mm	6,0 mm	11 000 A	0,20 s	650 daN
2,0 mm	7,0 mm	14 000 A	0,24 s	900 daN

Elektródaanyagok és műszaki jellemzőik

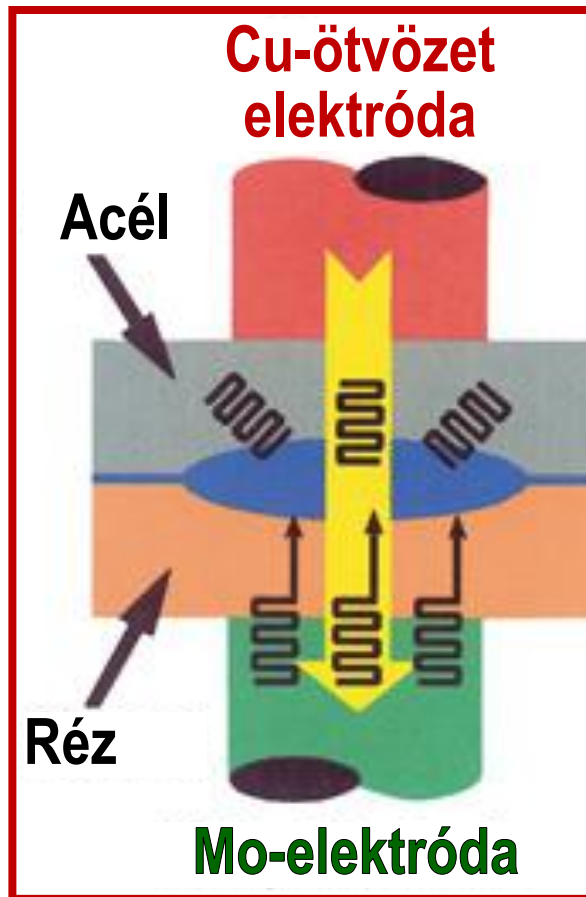
Anyag	Tömegarány, %	Sűrűség	Keménység	IACS, %	Szakítószil., MPa
Cu	99,90	8,9	82–90 HRF	99	220–460
Cu Cr	Ez az alapfém 0,8–1,2	8,9	70–78 HRB	76–80	450
Cu Cr Zr	Alapfém 0,8–1,2 0,03–0,1	8,9	72–80 HRB	78–86	400
Cu Be Ni Co	Ez az alapfém 0,3–0,5 1,2–1,6 0,3–0,5	8,9	90–98 HRB	45–48	680
Cu Be Co	Ez az alapfém 1,8–2,1 0,3–0,6	8,7	35–40 HRC	22	1140
Cu W	25 75	14,80	98 HRB	45	620
Cu W	20 80	15,60	103 HRB	41	675
W	100	19,28	39 HRC	31	1030
Mo	100	10,20	89 HRB	30	550

Az ellenállás-hegesztő berendezéseken lévő, ún. **kiegészítő felszerelések**





Elektródaválasztás vegyes kötésekhöz: kopás?



W

0,25 mm

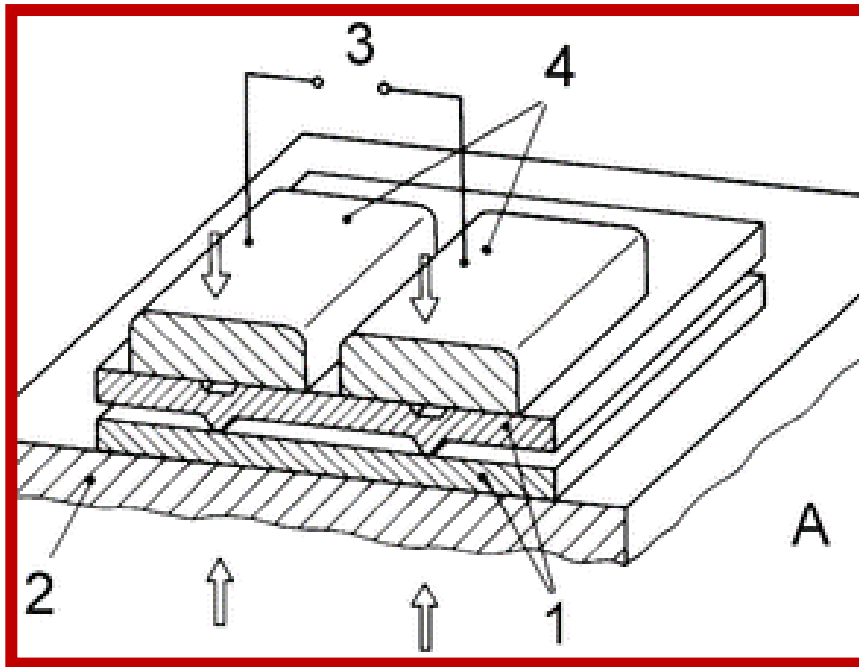
Ni

Nb

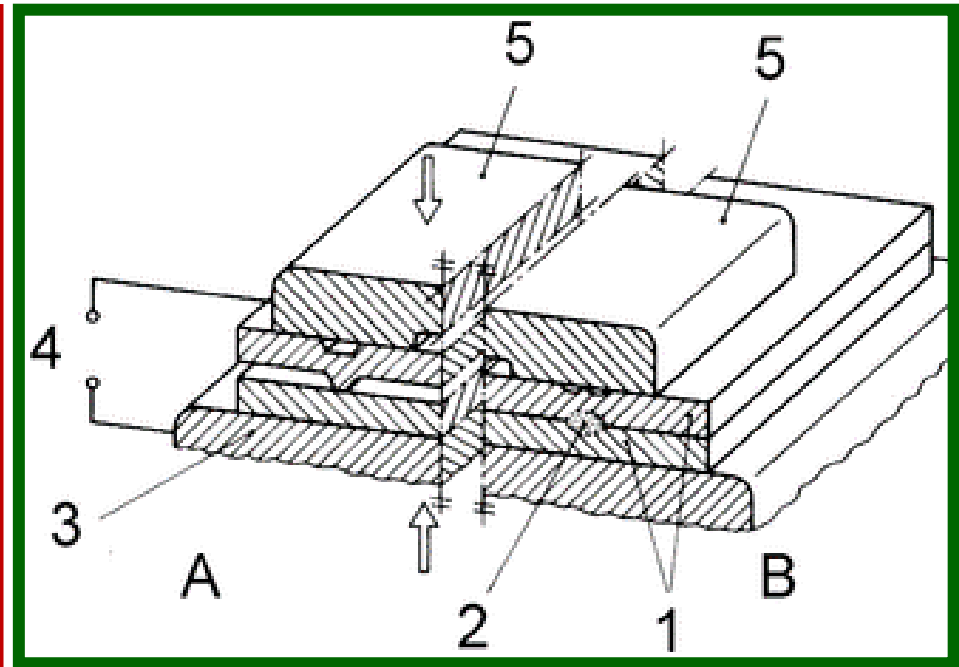
Következik:
A dudorhegesztés

23-as eljáráscsoport: Dudorhegesztés

231 Egyoldali dudorhegesztés



232 Kétoldali dudorhegesztés



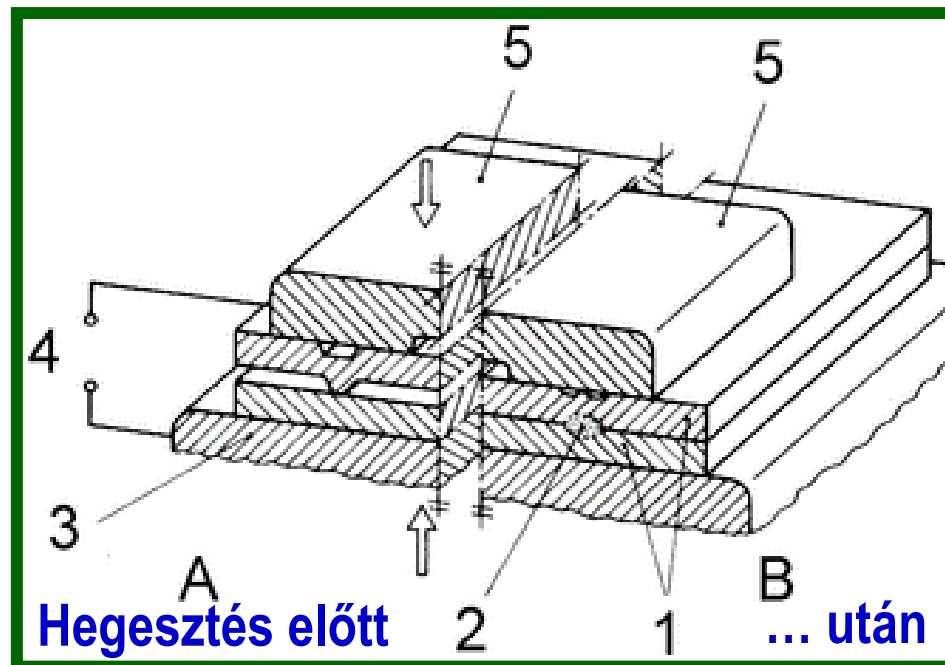
a ponthegesztéssel szoros rokonságban álló eljárás.

A sajtolóerőt és a villamos áramot VAGY az egyik, VAGY mindkét felületen kialakuló dudorra összpontosítják.

A **dudor** lehet **természetes** módon kialakuló – pl. az egymásra fektetett huzalok alkotta keresztkötéseknél –, illetve lehet **mesterségesen** létrehozott dudor, sajtolással vagy forgácsolással kialakítva.

23-as eljáráscsoport: Dudorhegesztés

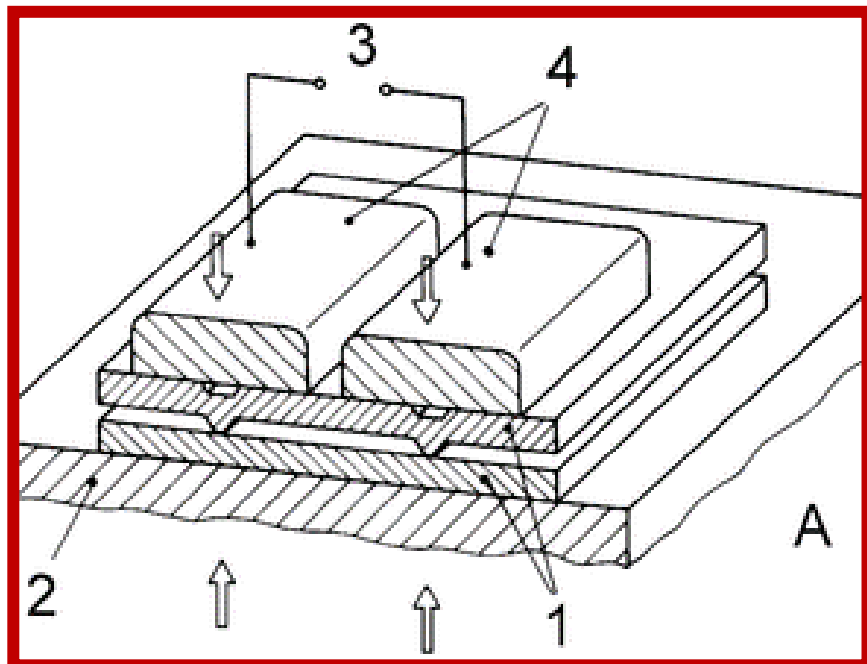
232 Kétoldali dudorhegesztés → alkalmazás: szivattyúmotor-ház



- 1. Munkadarab
- 2. Hegesztett kötés
- 3. Elektróda
- 4. Áramforrás
- 5. Elektróda

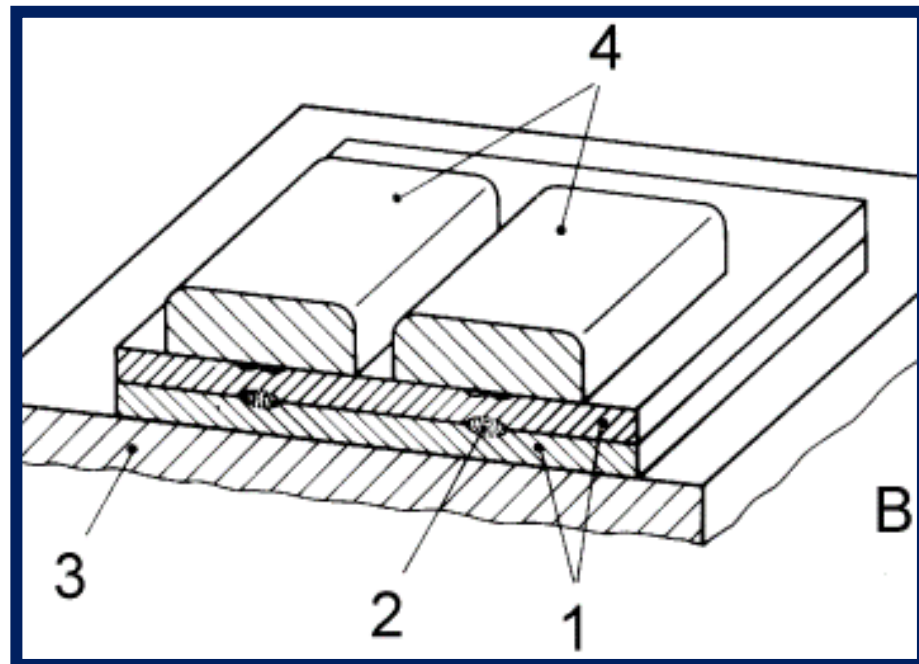
23-as eljáráscsoport: Dudorhegesztés

231 Egyoldali dudorhegesztés



Hegesztés előtt

1. Munkadarab
2. Alaplemez
3. Áramforrás
4. Elektróda



Hegesztés után

1. Munkadarab
2. Hegesztett kötés
3. Alaplemez
4. Dudorhegesztett kötés

A dudorhegesztés előnyei

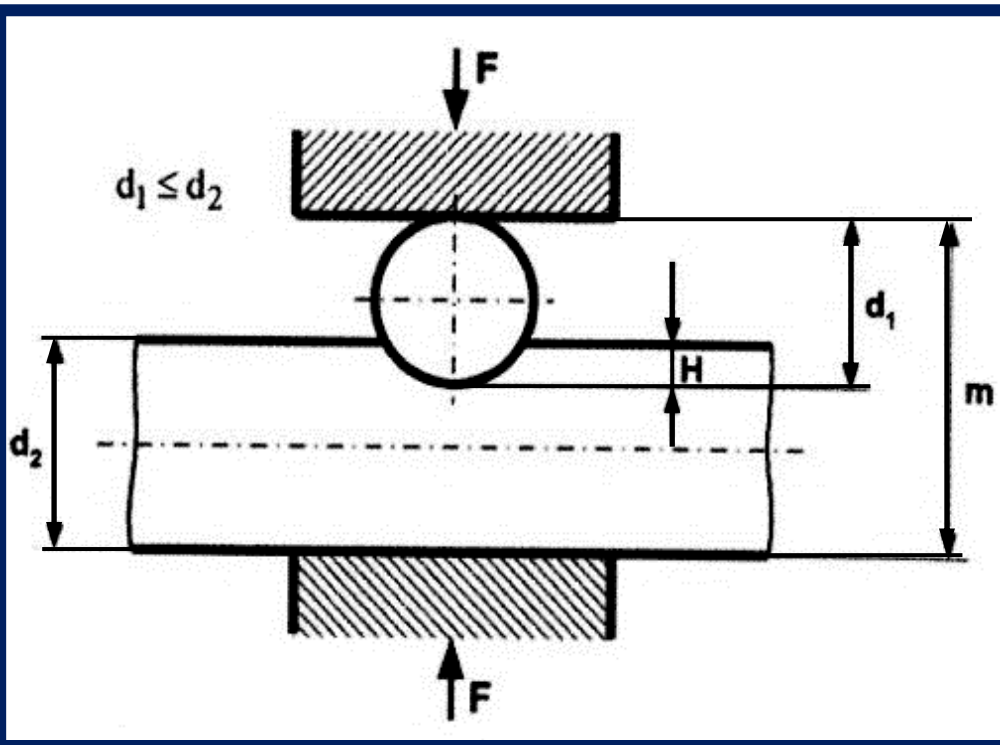
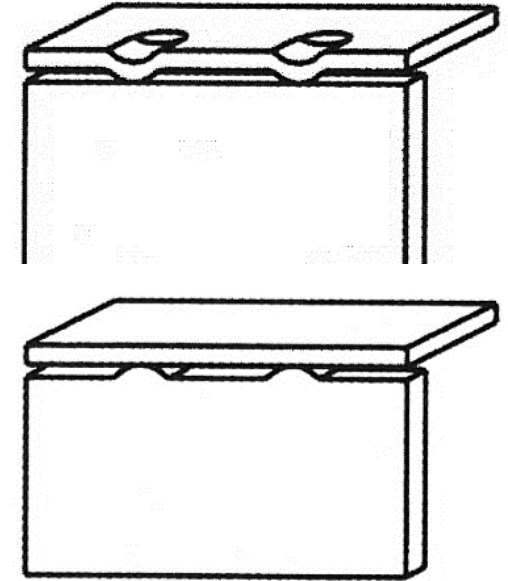
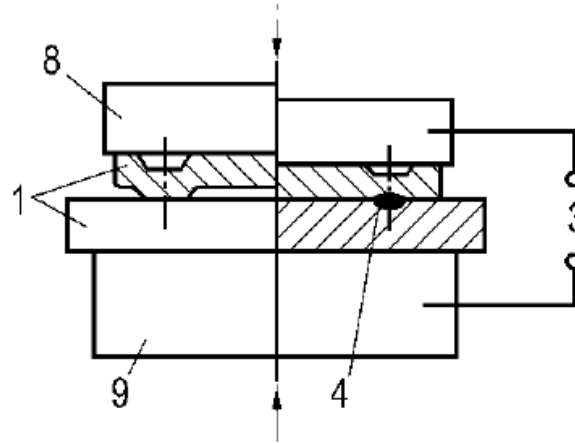
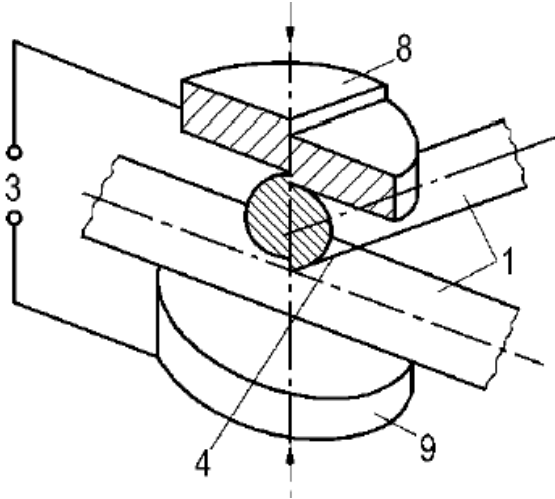
- Egy hegesztési ciklusban egyszerre több varrat készíthető.
- Kisebb átfedés és varrattávolság.
- A vastagságarány akár 1:6 is lehet.
- Kisebb méretű lehet a varrat, mint a ponthegesztésnél.
- Jobb megjelenés a dudorral átellenes oldalon.
- Kisebb mértékű elektródakopás, mint a ponthegesztésnél.
- A felületi szennyeződés és a bevonatok kevésbé zavarók.

A dudorhegesztés hátrányai

- Kiegészítő műveletre van szükség a dudorok létrehozásához.
- Több varrat esetén megköveteli a dudor magasságának pontos ellenőrzését és a hegesztési szerszámok pontos igazítását.
- A lemezek vastagsága eléggé korlátozott.
- Nagyobb kapacitású berendezéseket igényel, mint a ponthegesztés.



Természetes dudor (kereszttekötés) **vagy** mesterséges dudor

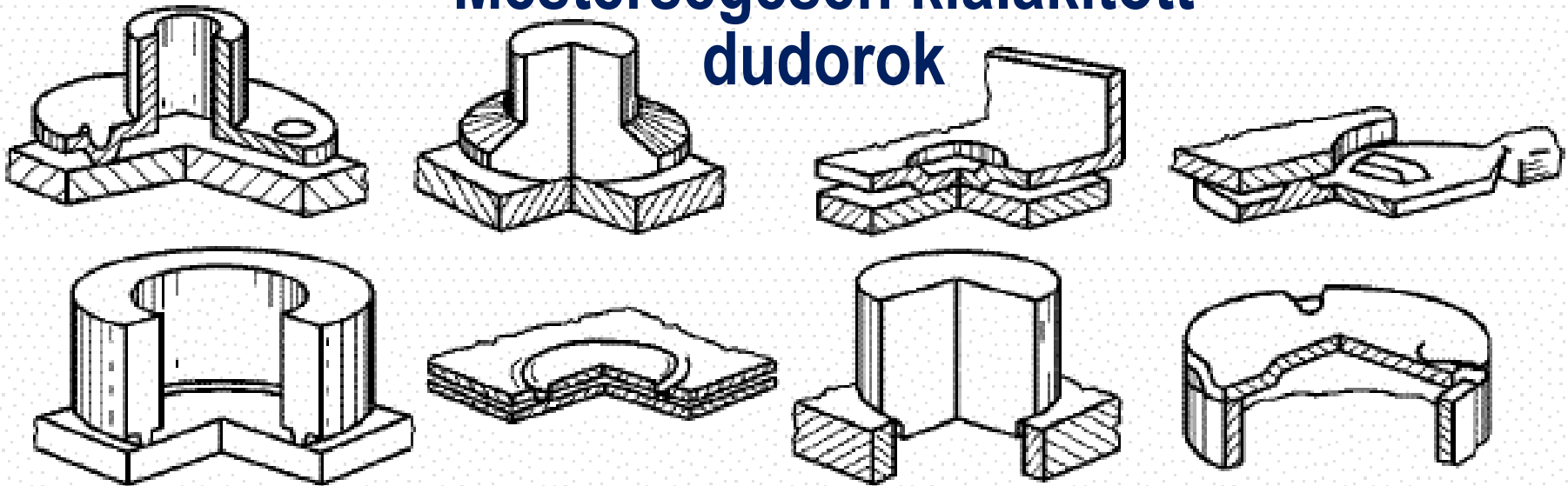


h_R = Relatív összenyomódás

$$H = d_1 + d_2 - m$$

$$h_r = \frac{H}{d_1} \cdot 100\%$$

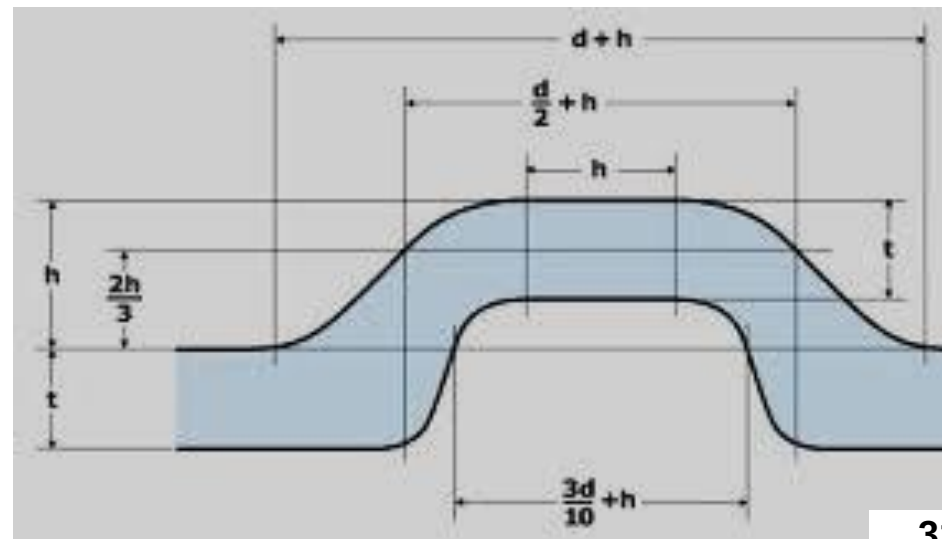
Mesterségesen kialakított dudorok



A dudort úgy kell kialakítani, hogy hőegyensúly alakuljon ki a hegesztés helyén: ~ egyszerre olvadjon meg a dudor és az érintkező anyagrész. A dudort **a nagyobb tömegű darabra** kell készíteni. Eltérő anyagok esetén a jobb hővezető képességű és **nagyobb olvadáspontú darabon** célszerű elhelyezni a dudort. Eltérő vastagság esetén a vékonyabb darabra.

A dudort tehát rendesen meg kell tervezni és méretezni is! → Legyen:

- = kellően merev, az erő fenntartásához
- = kellően nagy tömegű a pont hevítéshez
- = a **sorja** kifröccsenése nélkül roskadjon
- = könnyen alakítható
- = minél kisebb alaktorzulást okozzon



Dudorhegesztő elektródák anyaga

Az elektródák feladatai:

- A villamos áram bevezetése a munkadarabba
- A nyomóerő közvetítése a munkadarabhoz → összeszorítás, zömítés
- Az átmeneti ellenállás csökkentése
- A hűtés gyorsítása

Az elektródákkal szemben támasztott követelmények:

- Ne szennyeződjön a hegesztendő fémmel
- Legyen jó villamosvezető
- Legyen jó hővezető
- Legyen kemény, melegszilárd és kopásálló



Lenne
ilyen?

- Kiválosan keményedő ötvözetek: Cu + Ag, P, Cr, Cd, Co, Zr, Be, Ni, Si
pl. CuAl10NiFe4, CuZn21Si3P, CuBe2, CuCoNi1Be
- Fémmátrixú kompozitok, szinterelve: [Cu + W, WC, Al₂O₃], W65Ag
- Hőálló fémek, szintereléssel alakra hozva: W, Mo

Részletes előírások az MSZ EN ISO 5182:2016 szabványban

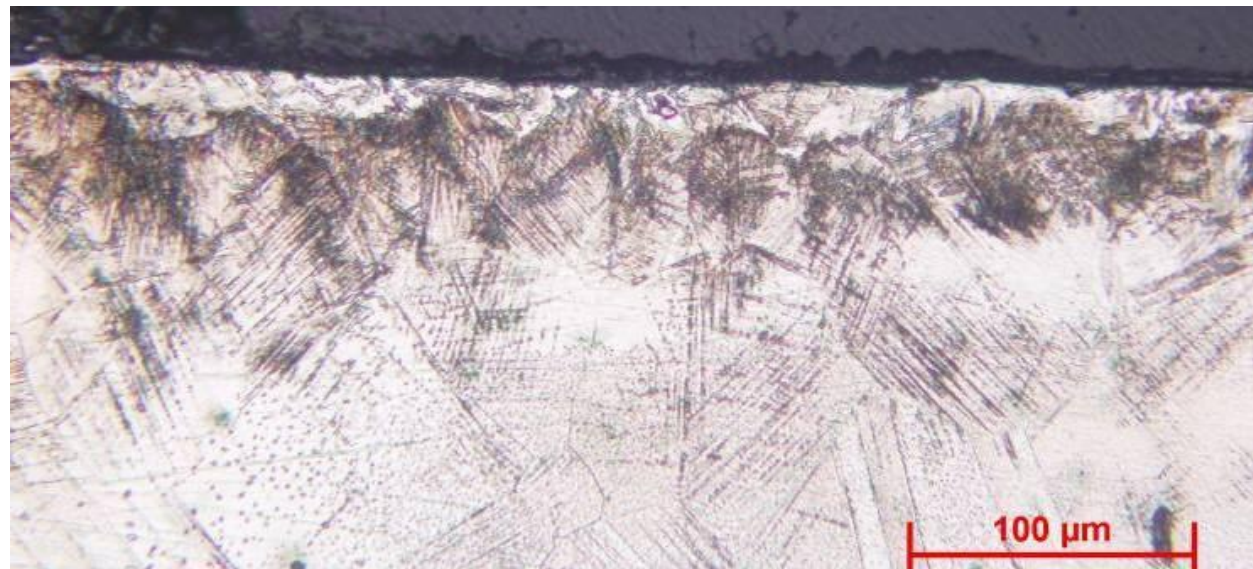
Jelölési példa: ISO 5182:2016 – A 2/1 → „A” = Cu-ötvözet, „2” = anyagtípus, „1” = anyagszám

Ötvözet	Jellemzők	Ellenállás-hegesztési alkalmazások
Cu-Cd	Alakított	Al-ötvözetek, Mg-ötvözetek, bevonatos lemezek, sárgaréz és bronzok. Pont- és vonalhegesztés
Cu-Zr	Kiv. kem.	
Cu-Cr		
Cu-Cr-Zr	Kiv. kem.	Ötvözetlen és korrózióálló acélok, bevonatos lemezek, kis hővezető képességű sárgarezek és bronzok. Pont- és vonalhegesztés. Leolvasztó tompahegesztő gépek befogópofáihoz
Cu-Cr	Kiv. kem. + alakított	
Cu-Co-Be	Kiv. kem.	Korrózióálló acélok, Ni-ötvözetek. Pont- és vonalhegesztés. Öntvényként tompahegesztő gépek befogópofáihoz, dudorhegesztő elektródákhoz. Vonalhegesztő gépek áramvezető siklócsapágyai, mindenféle csatlakozó alkatrész az ellenállás-hegesztő gépeken
Cu-Be		Tompahegesztő befogópofák, dudorhegesztő elektródák, nagy felületi nyomásokhoz, cserélhető elektródabetétek és -csúcsok
Cu-Al	Öntvény	Szekunderkörüi elemek nagy szilárdsági követelmények esetén
45Cu-55W	Szinterelt kompozit	Korrózióálló acélok ponthegesztése. Tompahegesztő befogópofákhoz nagy termikus és mechanikai igénybevételre
25Cu-75W		Dudorhegesztő elektródák. Tompahegesztő befogópofák. Vonalhegesztő csapágyperselyek
20Cu-80W		Nagy terhelésű dudorhegesztő elektródák, keresztkötésekhez. Tompahegesztő befogópofák
W	Szinterelt	Dudorhegesztő elektródák réz, sárgaréz- és bronzhuzalokhoz
Mo		Dudorhegesztő elektródák réz, sárgaréz- és bronzhuzalokhoz
Cu-Al ₂ O ₃	Kompozit	Bevonatos acéllemezek hegesztése

Dudorhegesztő elektródák

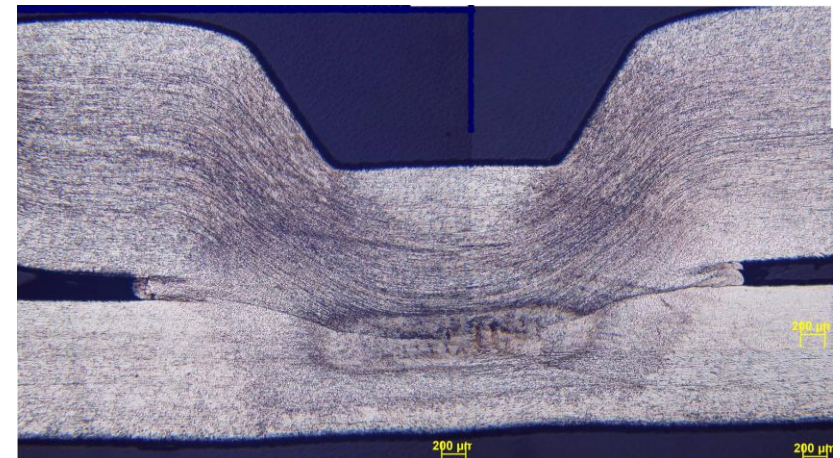
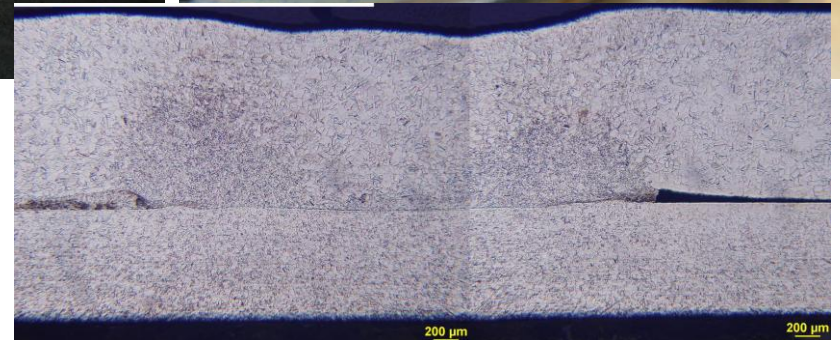


Alkalmazási példa: szivattyúgyártás



**Az öntvény „kérges”, 25%-kal keményebb,
alakítási martenzites → nem heged oda.
Mi a megoldás? → le kell forgácsolni**

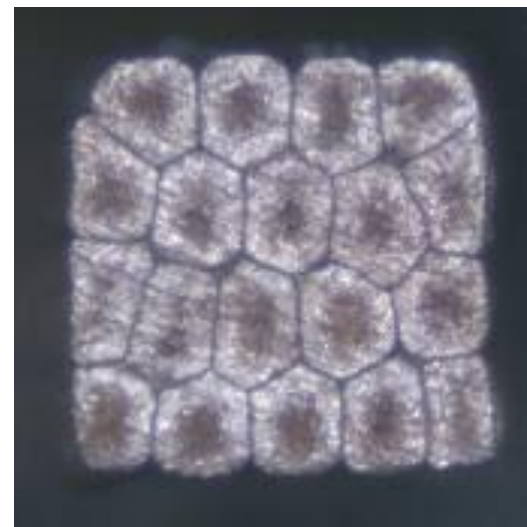
Alkalmazási példa: szivattyúgyártás



Alkalmazási példák: huzaltekerceses szűrők



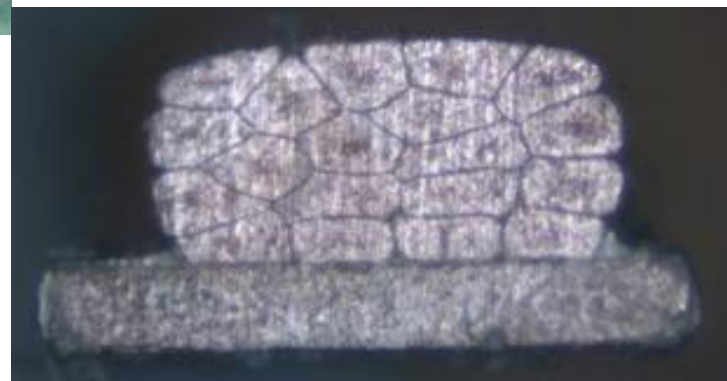
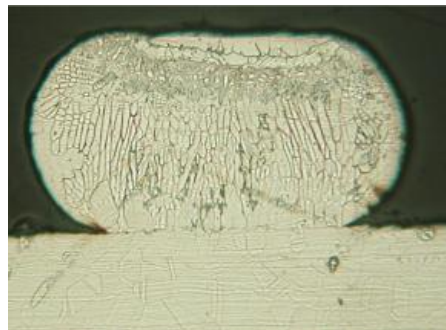
Légzsákcsatlakozók Cu + Cu

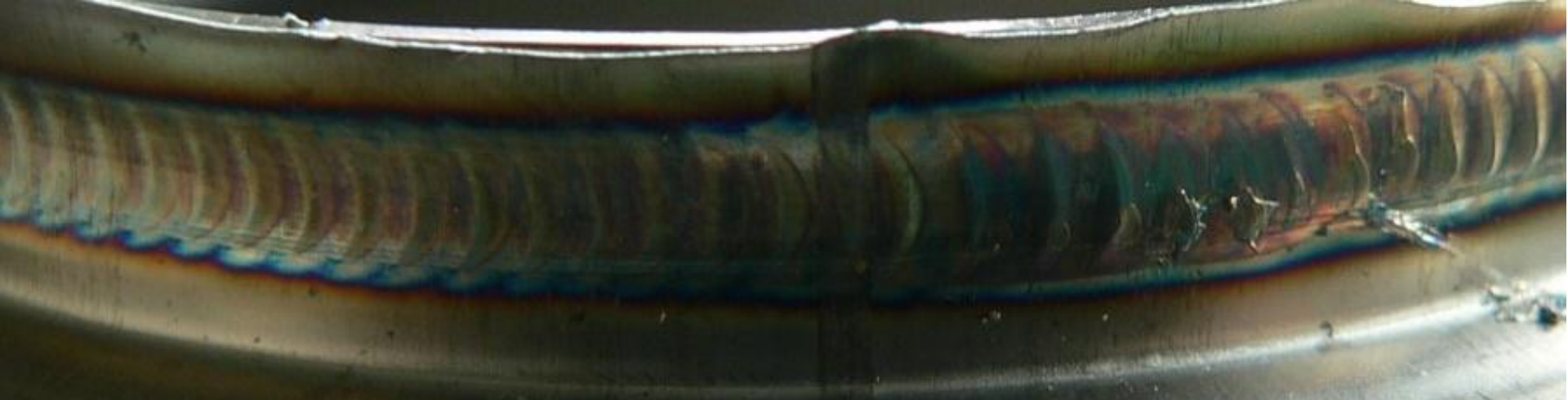


Hengeres szűrőtesteken a huzalvégek
hegesztési technológiájának és (!!!) az alkalmas
hegesztőberendezésnek a kifejlesztése



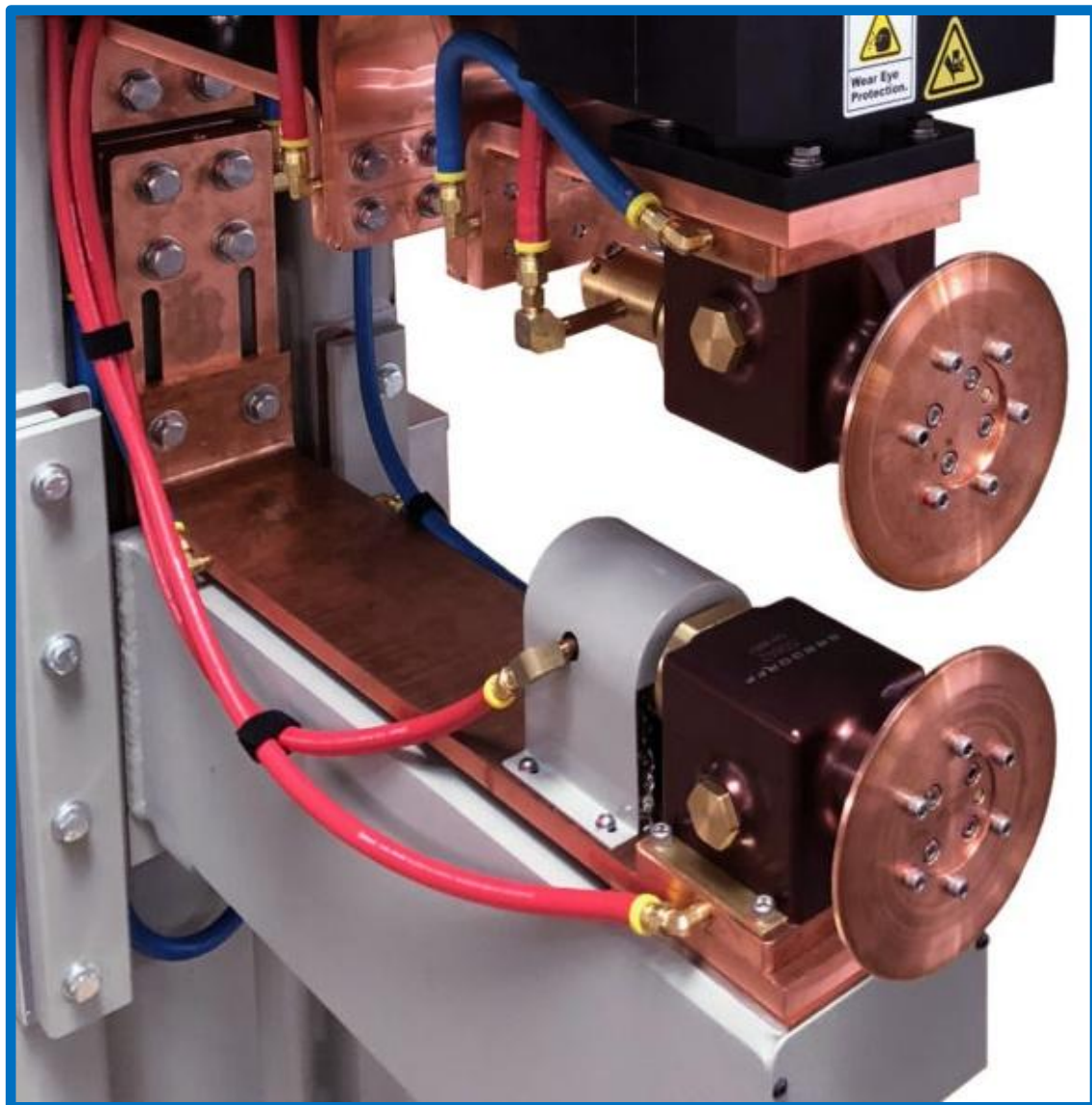
0,20 – 0,25 – 0,35 mm
átmérőjű, ausztenites acél
huzalok

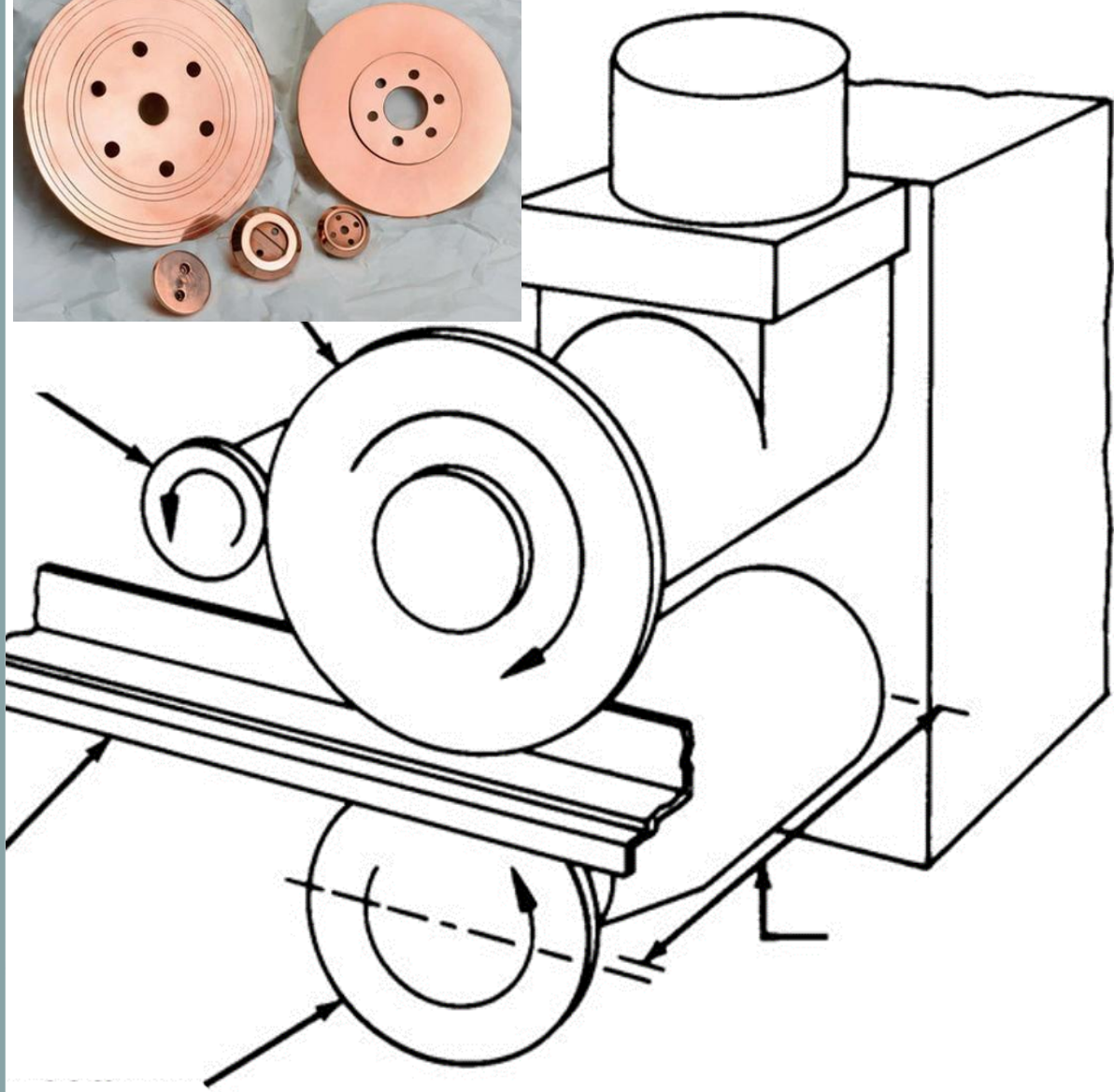
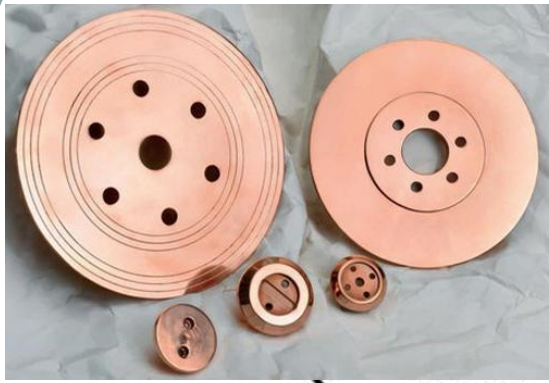




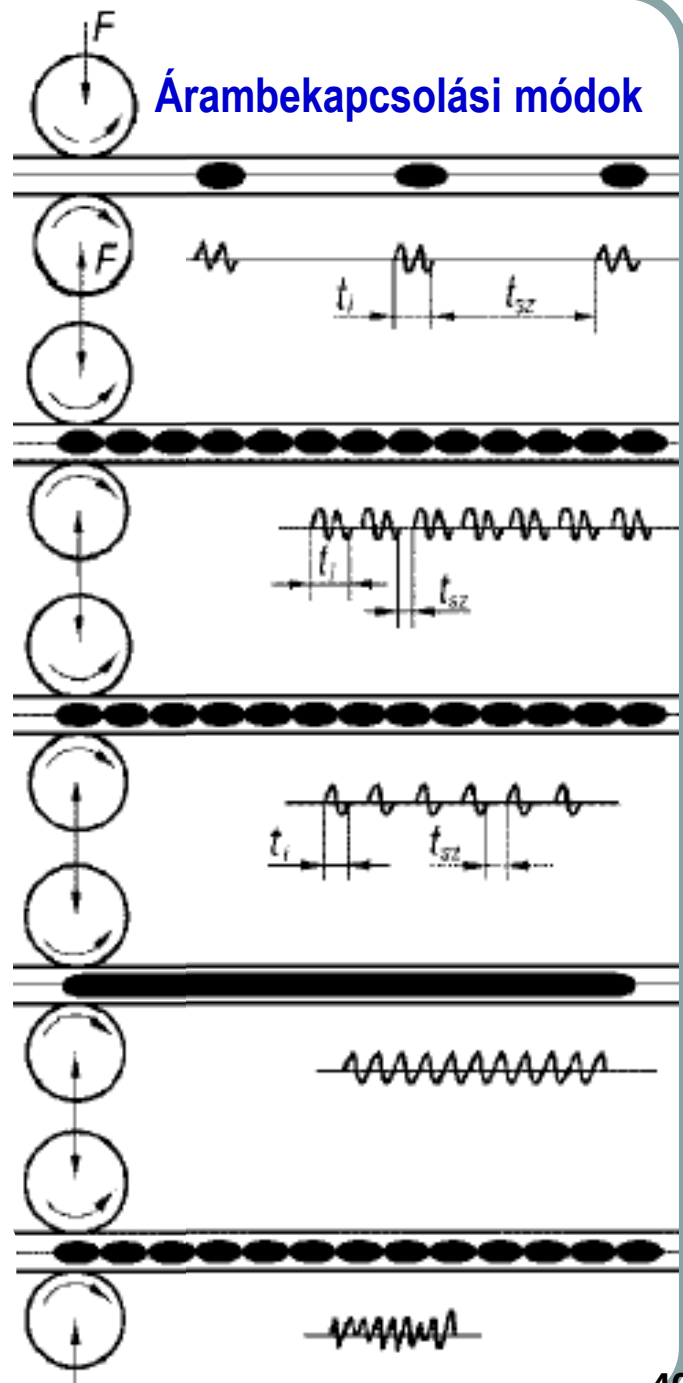
A vonalhegesztés







Árambekapcsolási módok



A vonalhegesztési eljáráscsoport: 6 eljárás

221 Átlapolásos vonalhegesztés

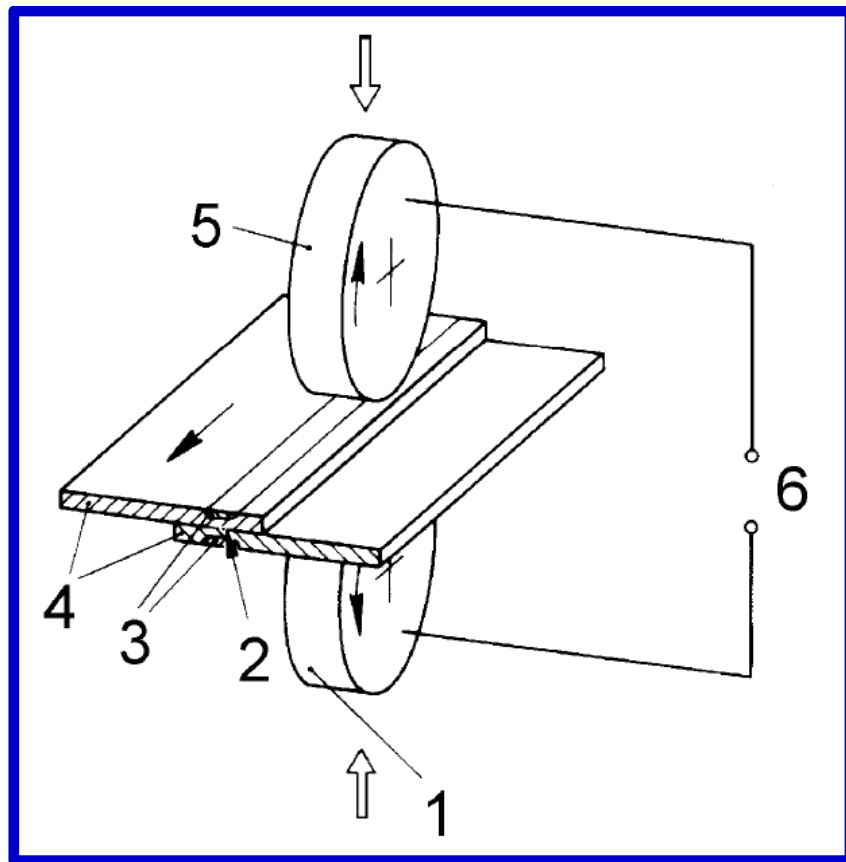
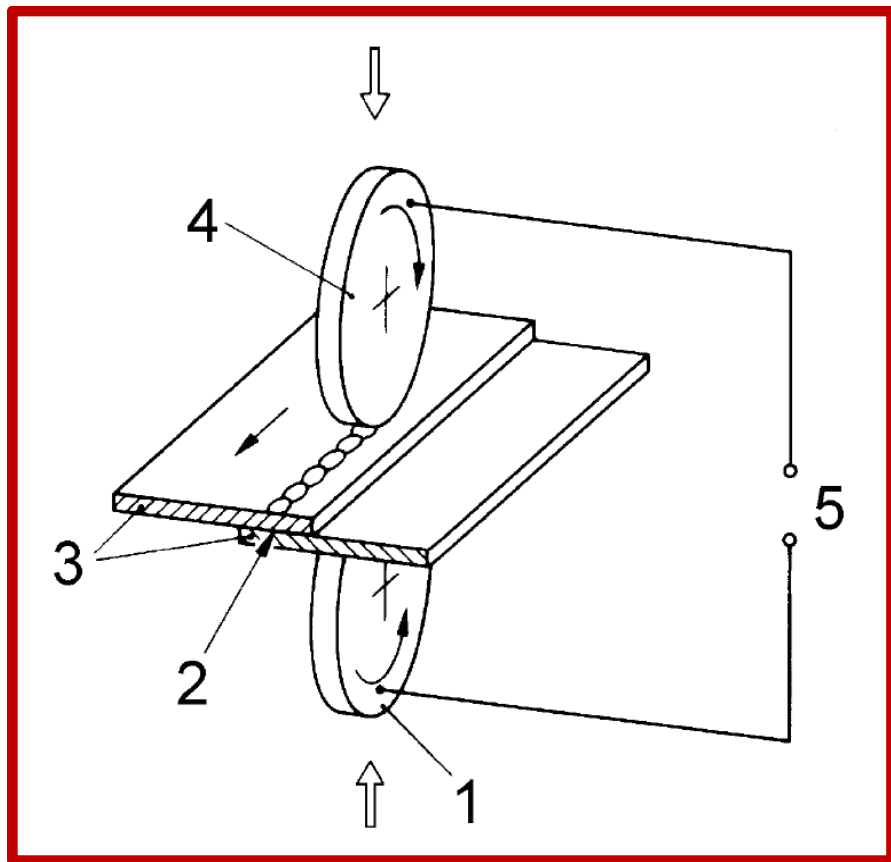
222 Zömítéses vonalhegesztés

223 Élelőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



Vonalhegesztés: 6 eljárás

221 Átlapolásos vonalhegesztés

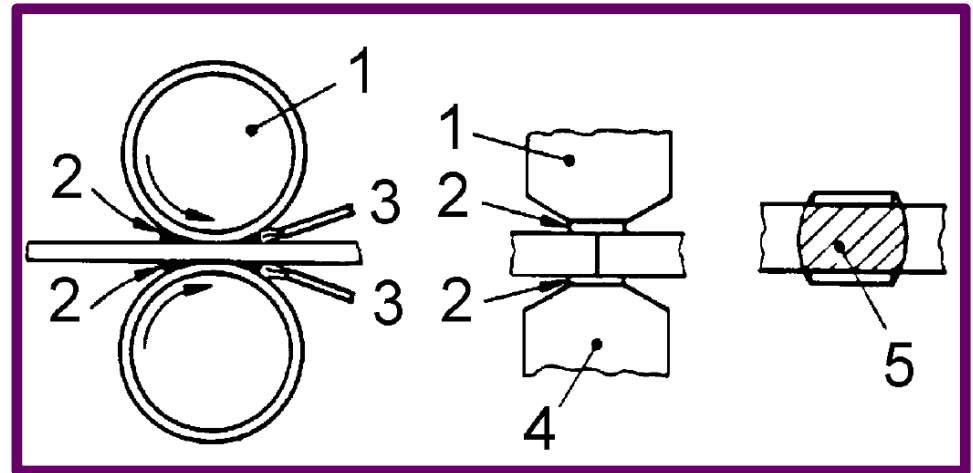
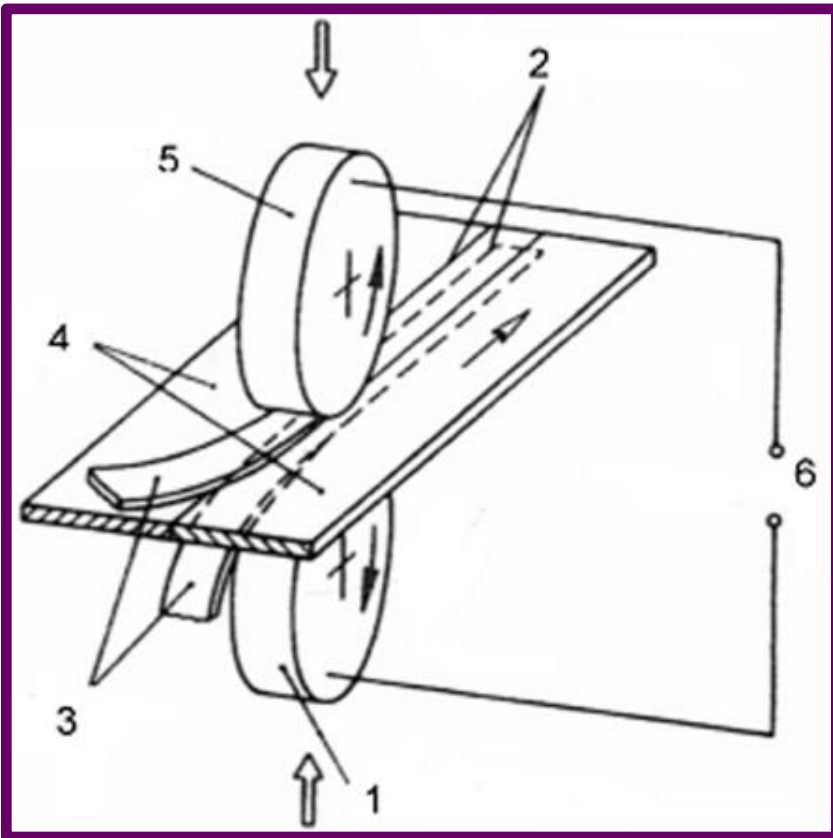
222 Zömítéses vonalhegesztés

223 Élelőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos ellenállásvonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



() vonalhegesztés: 6 eljárás

221 Átlapolásos vonalhegesztés

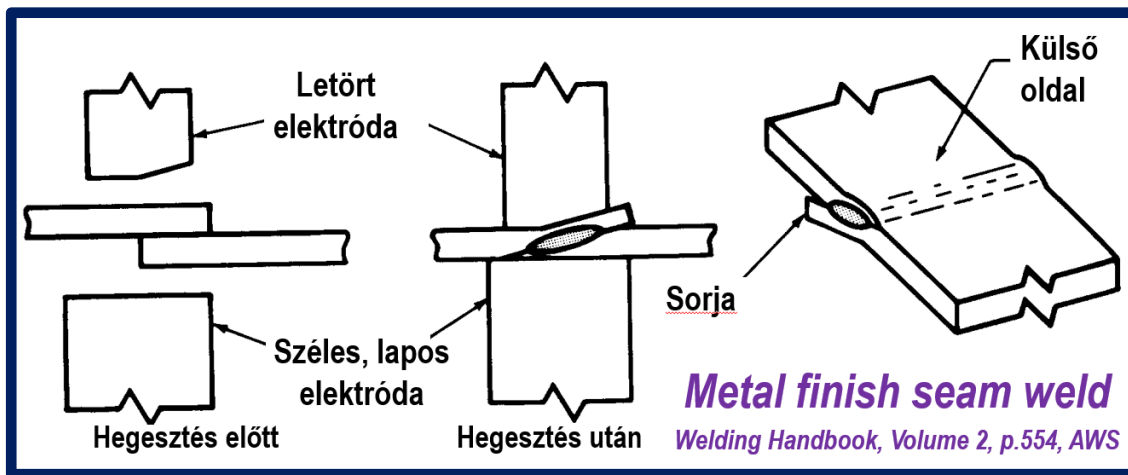
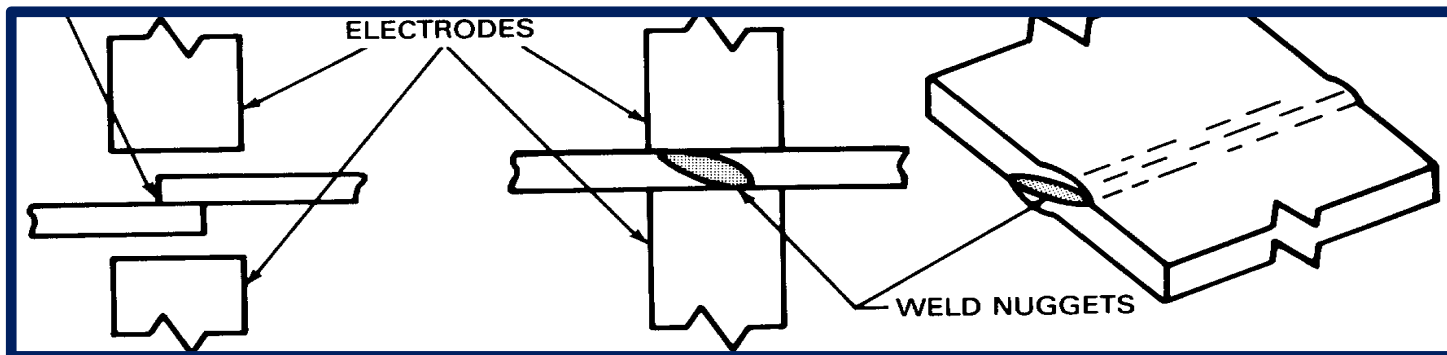
222 Zömítékes vonalhegesztés

223 Élélőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



() vonalhegesztés: 6

221 Átlapolásos vonalhegesztés

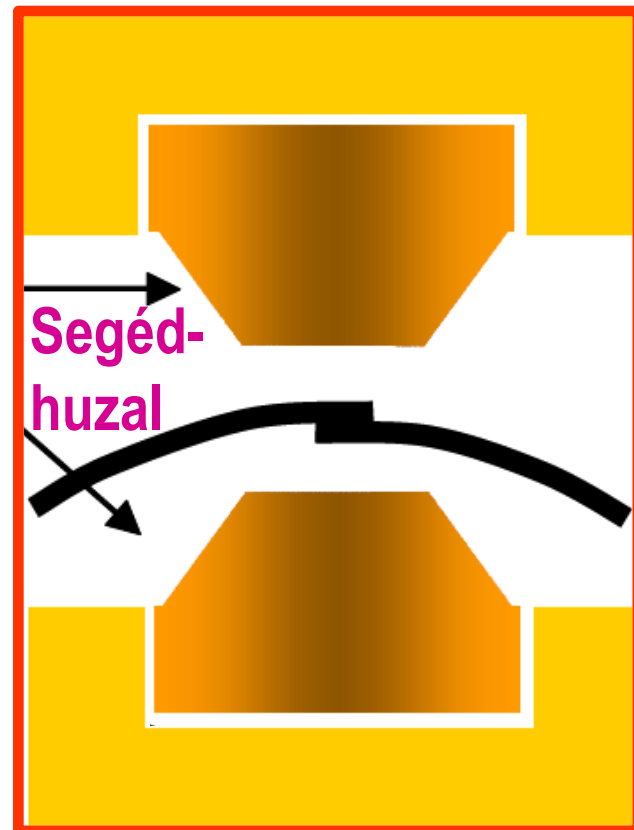
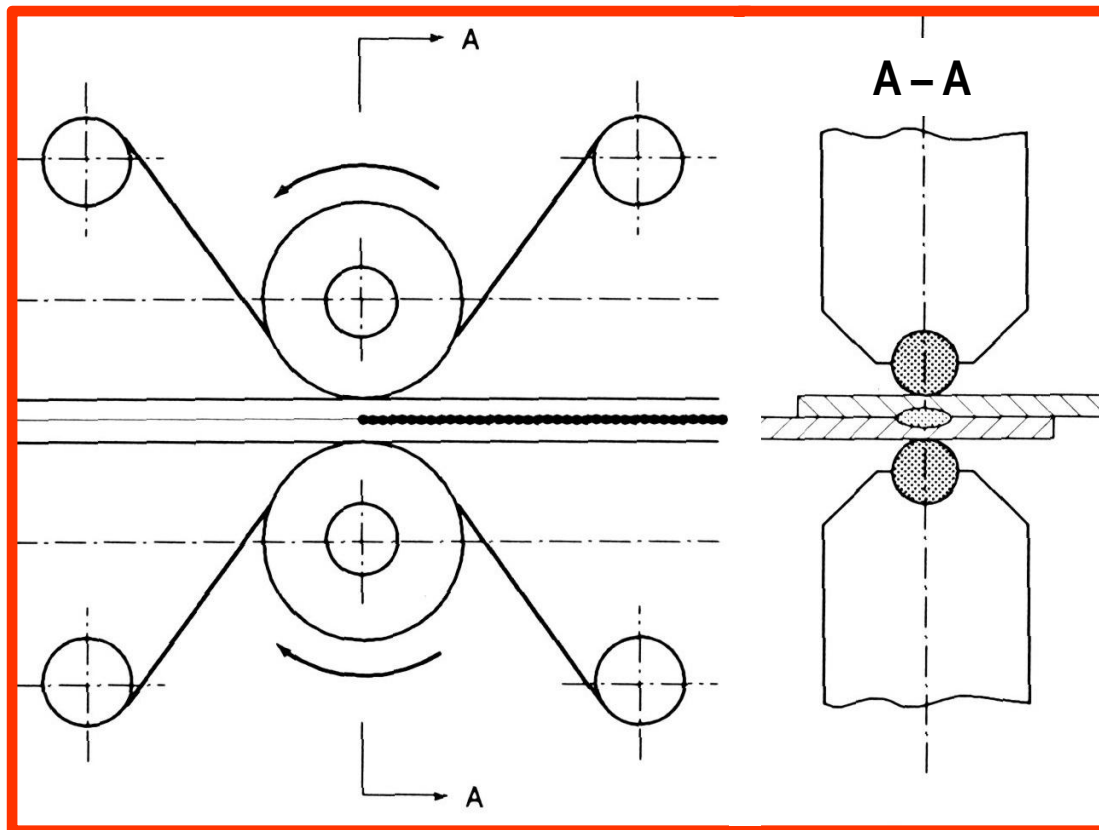
222 Zömítékes vonalhegesztés

223 Élelőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

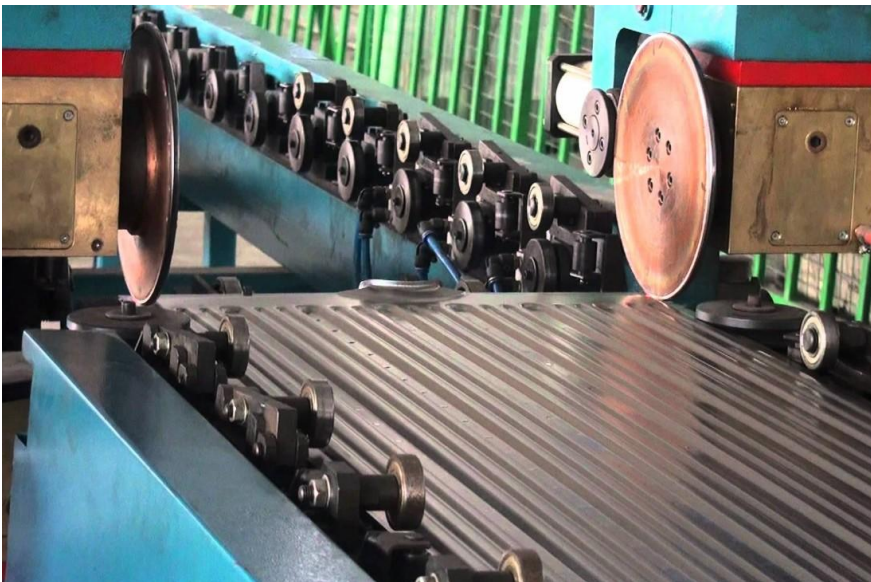
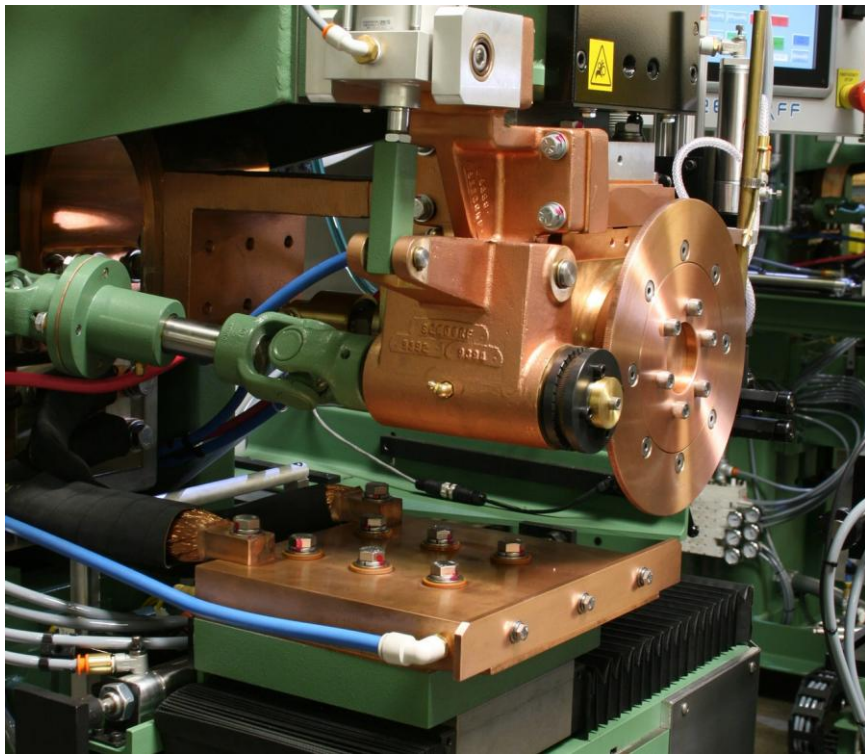
224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



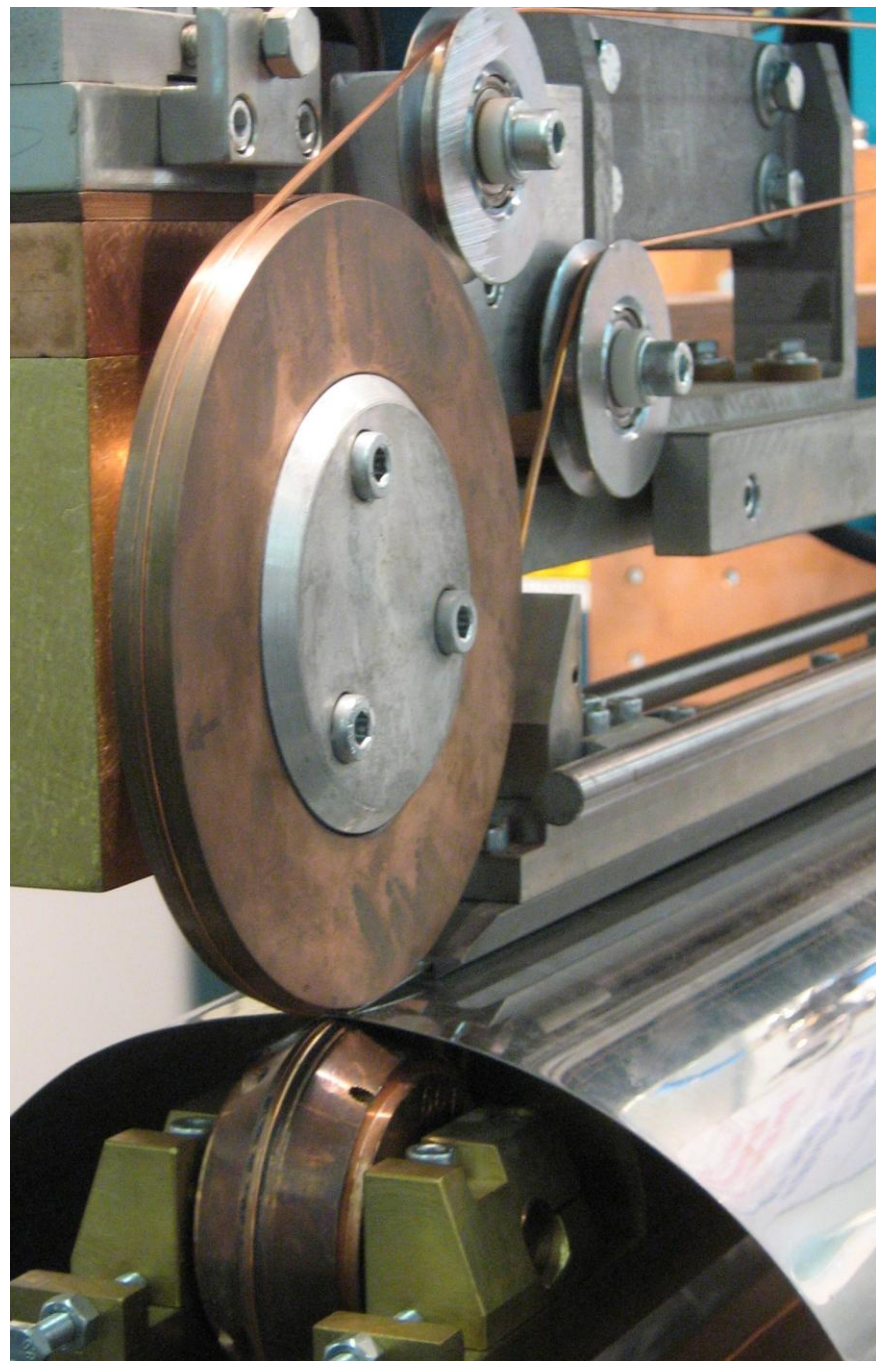
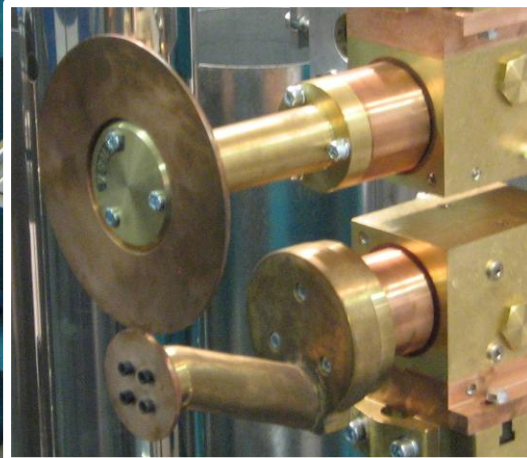
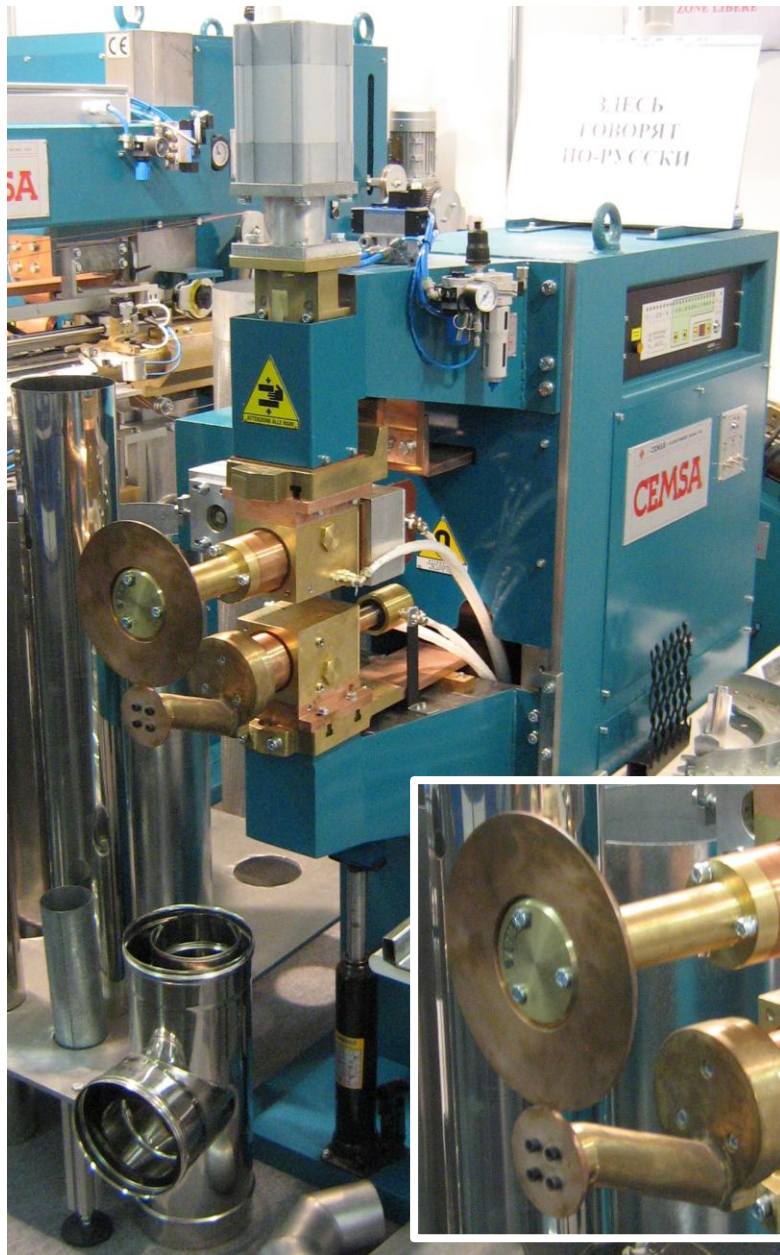
Hegesztő- berendezések



Hegesztőberendezések



Hegesztőberendezések



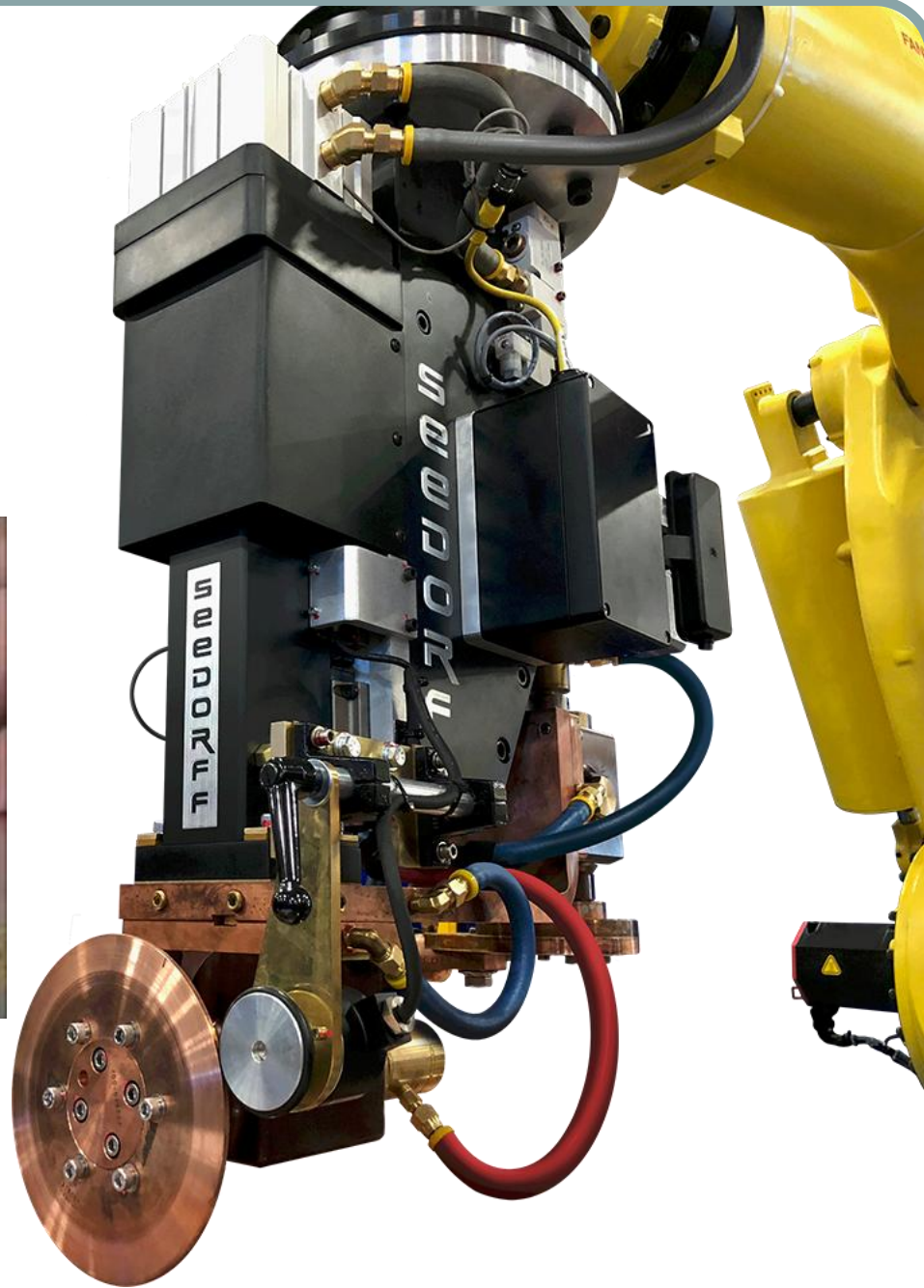
Hegesztőberendezések



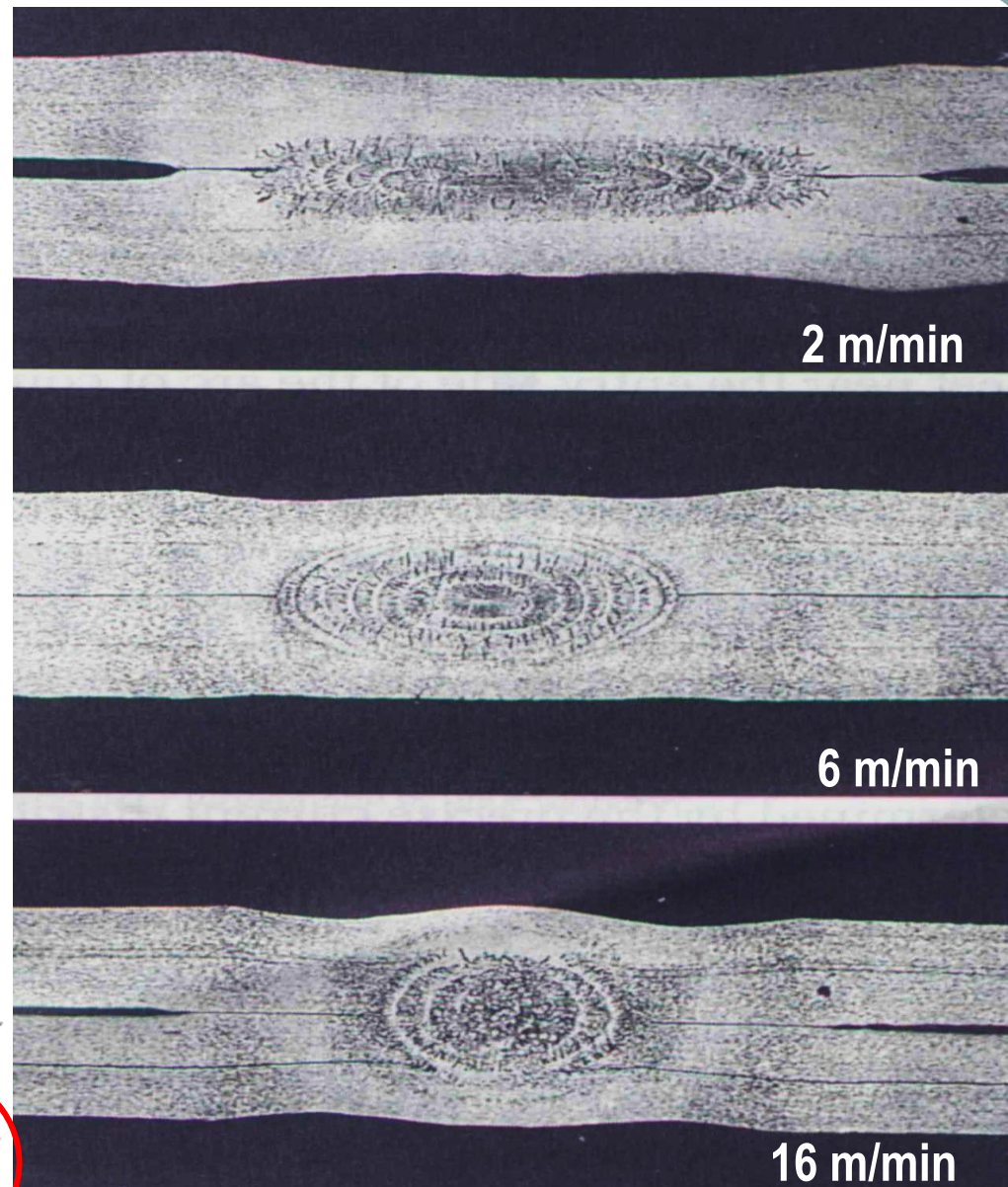
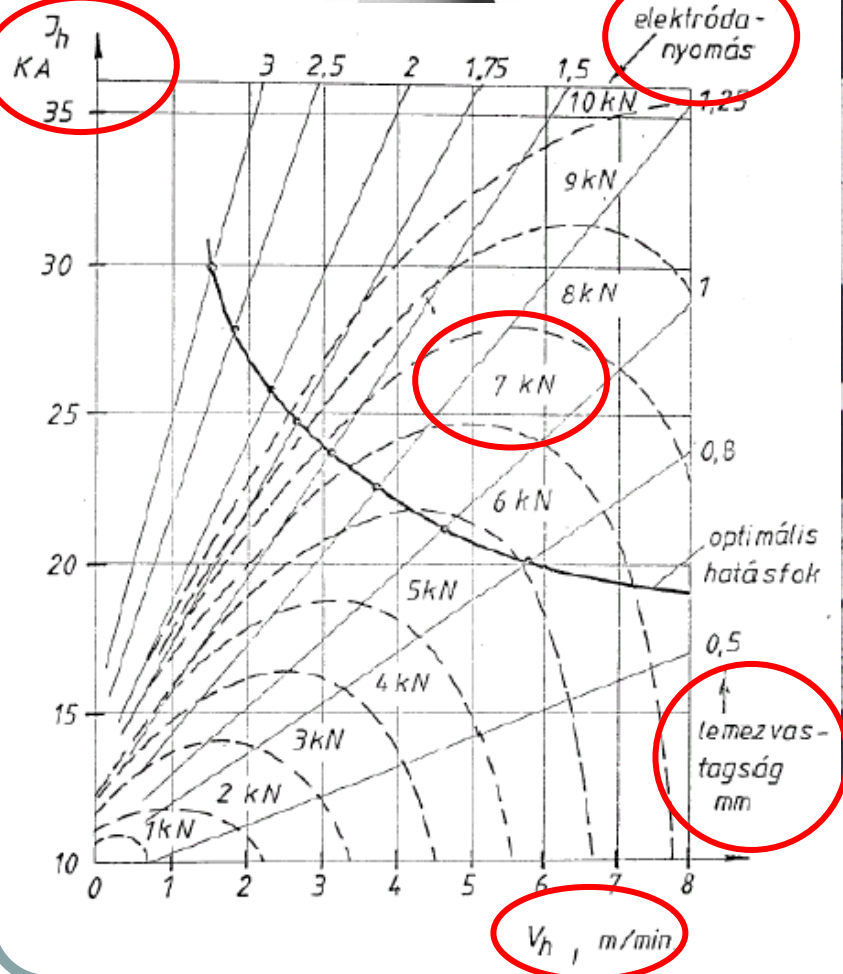
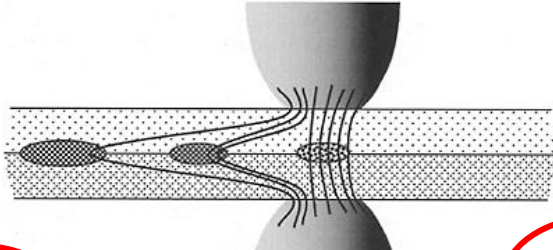
Kézi is!

<https://youtu.be/XZejfhTe5is?t=28>

Robotos is ...



Hegesztési változók és hegesztési paraméterek



Forrás: Waddell W, Williams N,T.: Mechanism of weld formation in resistance seam welding.
Welding and Metal Fabrication, 1995/08/01, 63-66.

A haladási sebességet korlátozó tényezők

Fajlagos ellenállás

Minél nagyobb az anyag fajlagos ellenállása, annál nagyobb a hevítés $\rightarrow Q = I^2 \times R \times t$
 $\rightarrow$, és így nagyobb a lehetséges haladási sebesség.

Áramsűrűség

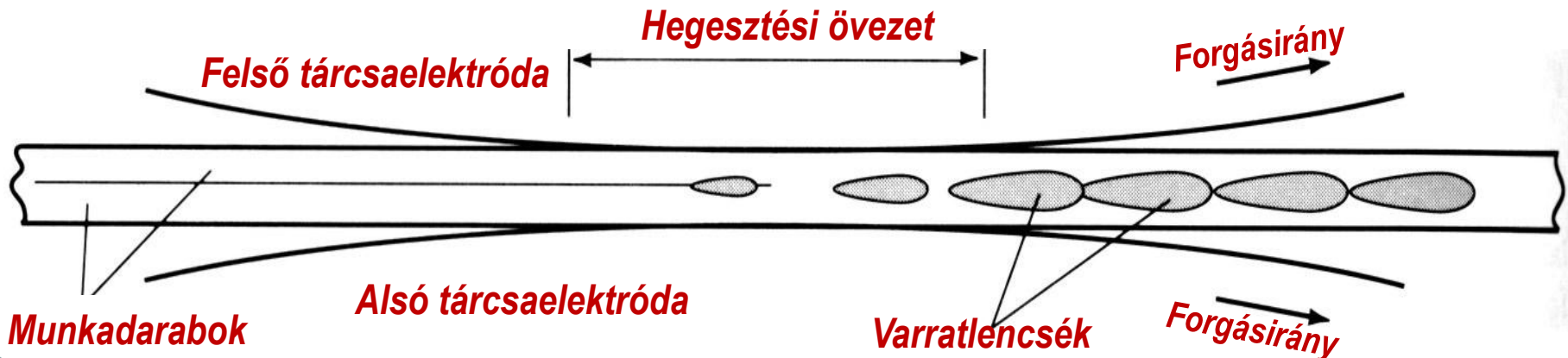
Ahogy a haladási növekszik, úgy több anyag kerül a kerek közé áramfélciklusonként, s így az áramsűrűség eléri a(z alsó) határt.

Fémbevonat (villamos vezető anyag)

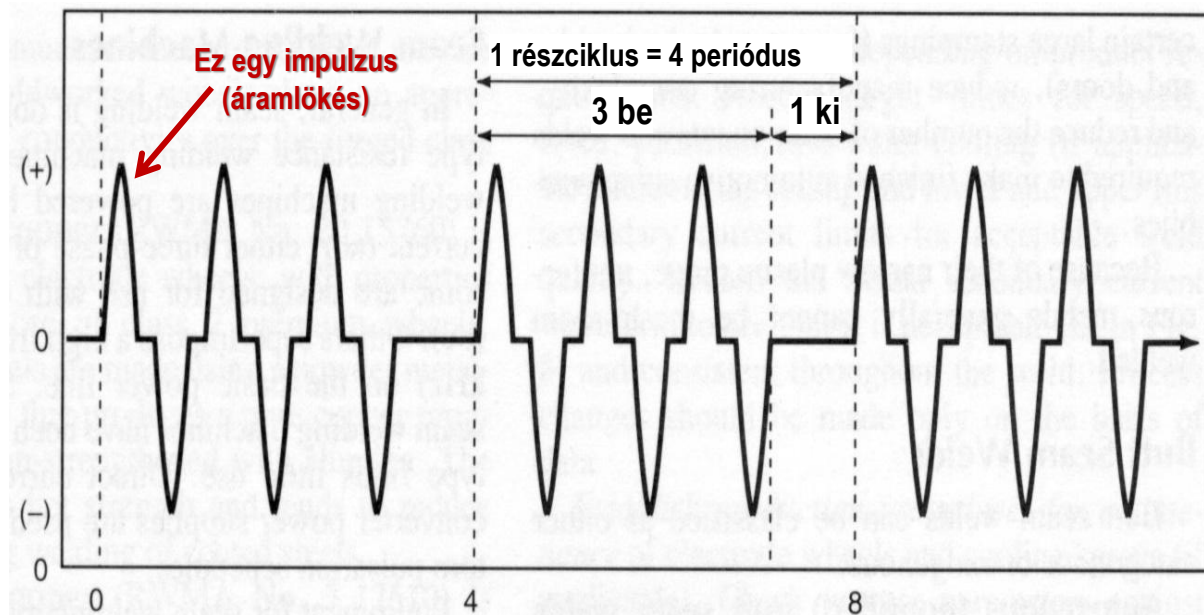
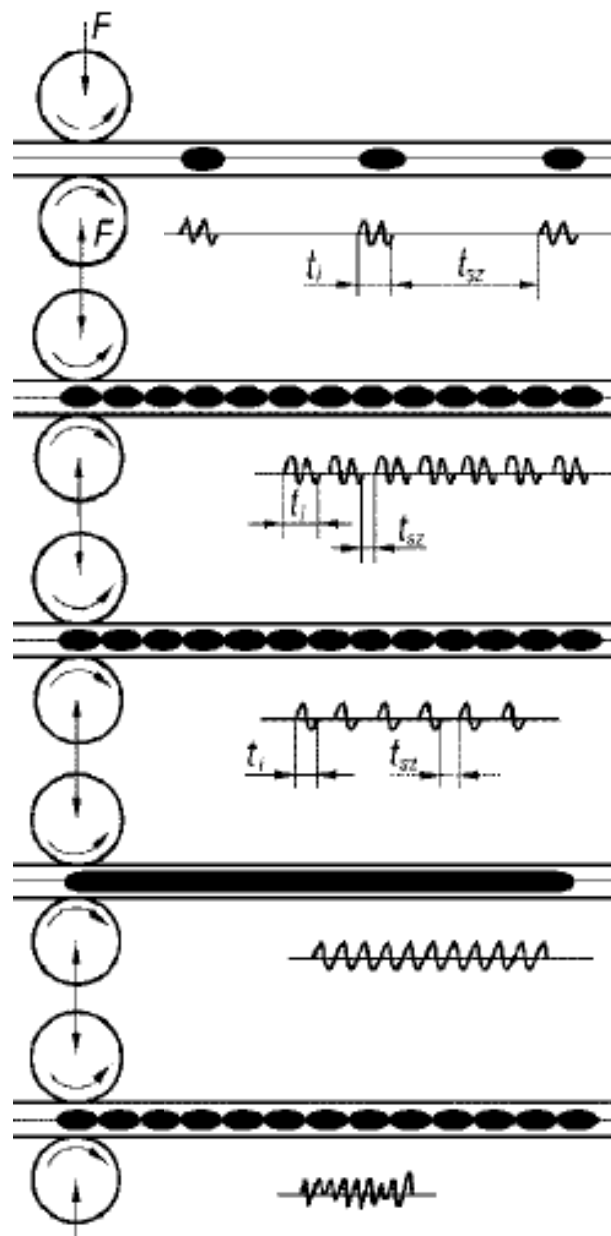
Ezek megnövelik az áramátfolyási utat, és ezáltal csökkentik az áramsűrűséget. A kötés akkor alakul ki, ha a bevonat megolvad, és kinyomódik a kötési zónából.

Kifröccsenés

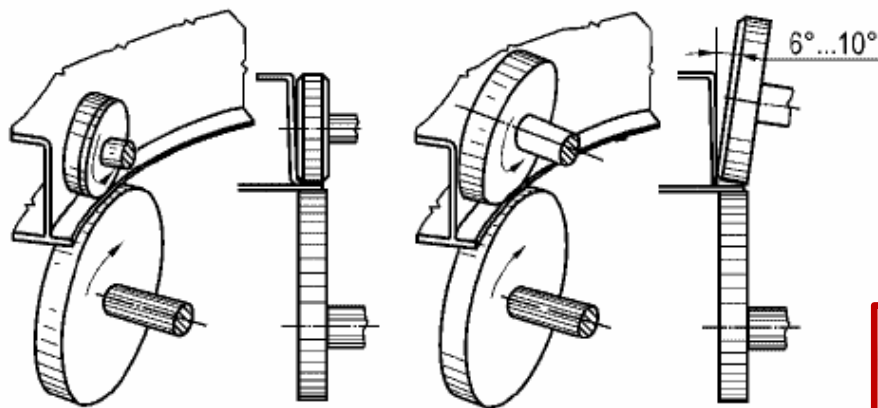
A megnövekedett haladási sebességgel a teljes lencse kialakulása későbbre (hátább) tolódik, a hengerek nyomóhatási zónáján kívülre (lásd a következő csúszást), és könnyebb a kiutasítás.



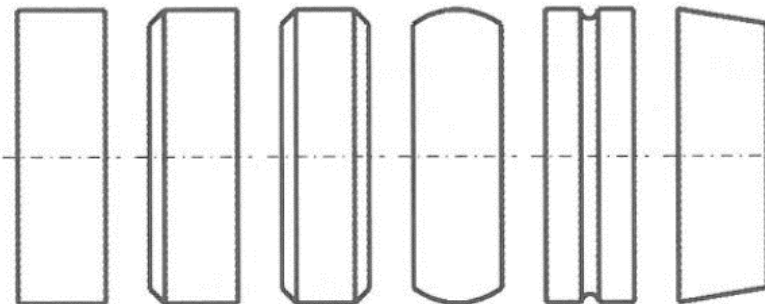
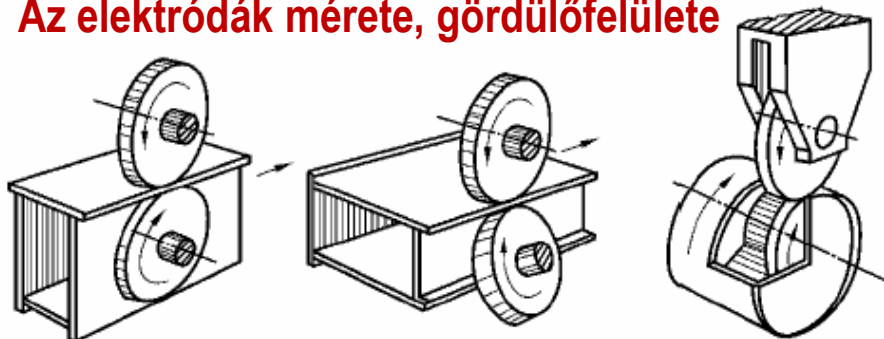
Hegesztési változók és hegesztési paraméterek



Hegesztési változók



Az elektródák mérete, gördülőfelülete



Hegesztési változók és hegesztési paraméterek

Az összehegeszteni kívánt felületek a gyakorlatban nem fémtiszták. A sajtolóhegesztéseknek általánosságban az előnyös tulajdonsága, hogy a szennyezők nagy része kinyomódik a kötésből a sorjába,

de a vonalhegesztések többsége nem ilyen!

A felületi szennyeződések leginkább a következők lehetnek:

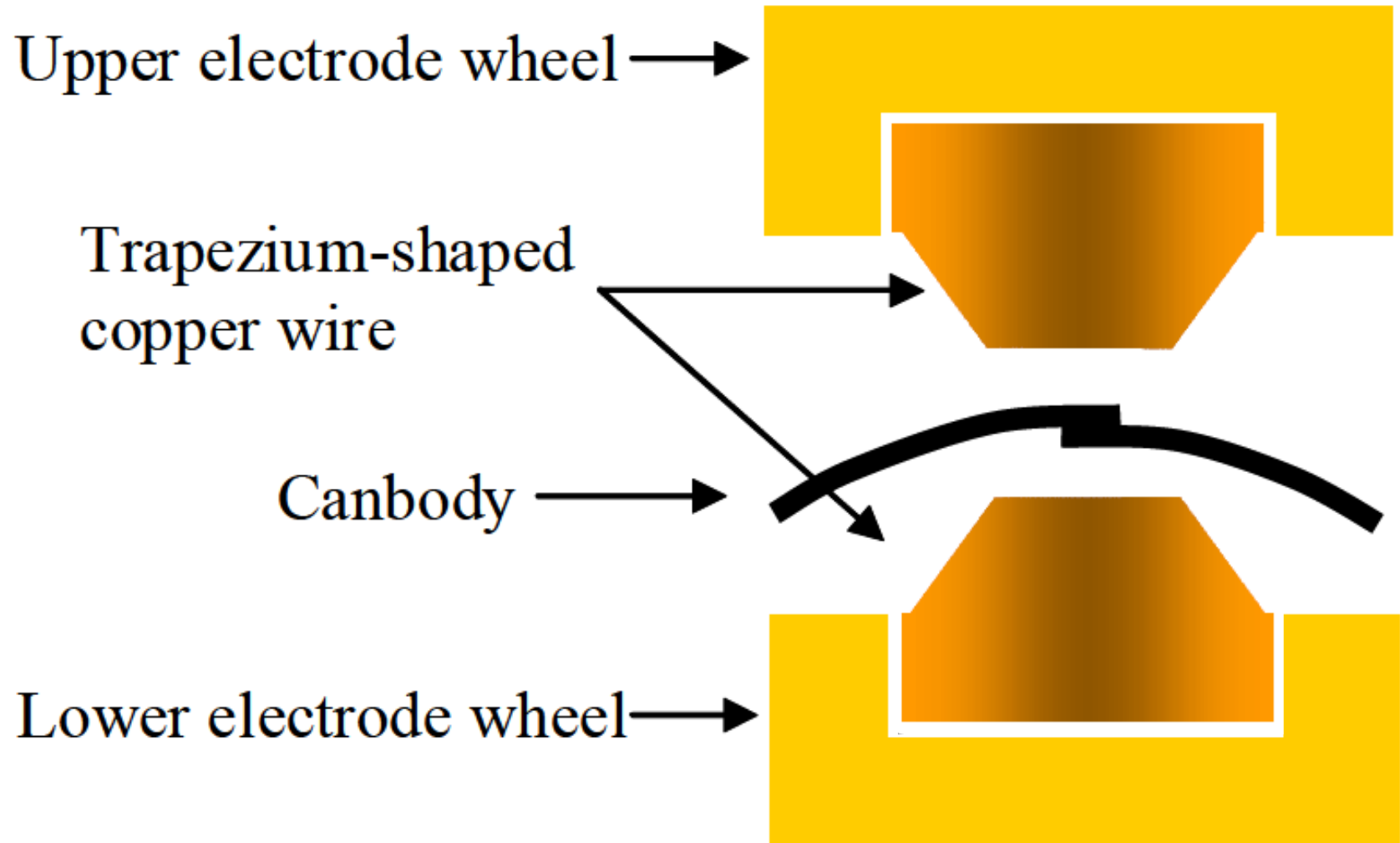
- Nedvesség (víz),
- Szerves szennyeződések (zsír, olaj),
- Forgácsolási vagy alakítási műveletek hűtő-kenő folyadékai,
- Fémeredetű szennyeződések (oxidok, szilikátok, rozsda, reve),
- Adszorbeált felületi gázok,
- Mechanikus szennyeződések (fémes és nemfémes porszemcsék),
- Festékek, jelzőfestékek,
- Fémbevonatok (Sn, Zn, Cd) → ezeket azért nem kell szennyezőnek bélyegezni ...

A szennyeződések következményei:

- Romló kötésminőség (eltérések → varrathibák),
- Szűkülő technológiai ablak nehézségek (oxidok!),
- A varrattulajdonságok növekvő szórása,
- Fokozott elektródakopás.

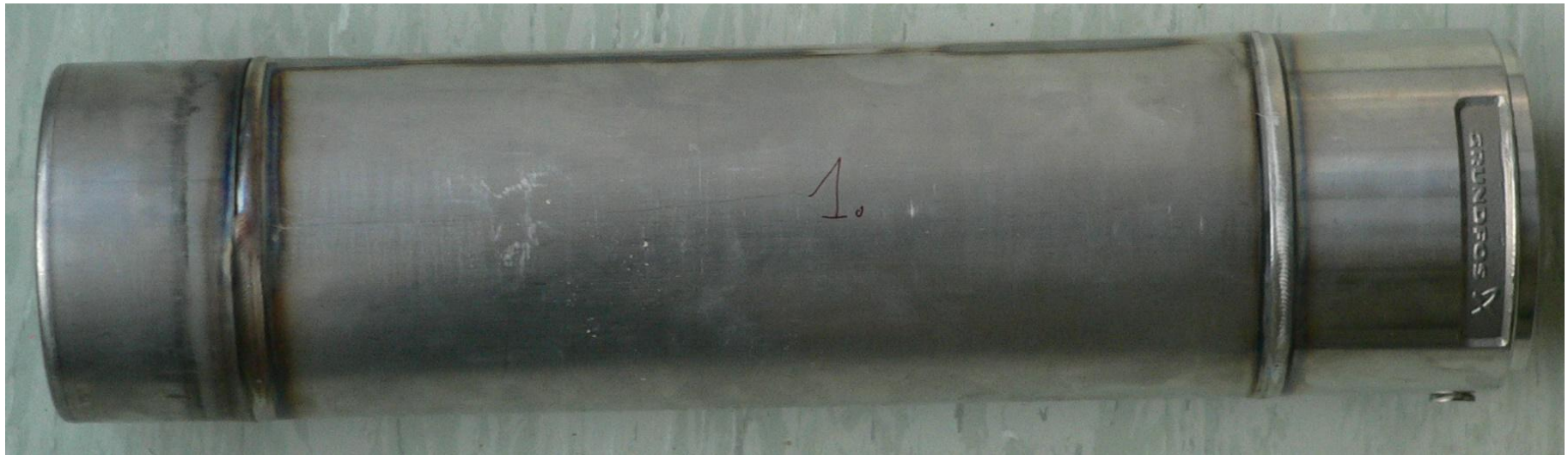
A vonalhegesztés alkalmazása

A. H. Blom: High-speed resistance mash seam welding of tinplate-packaging steels for three-piece can manufacture. TU Delft, 2006.



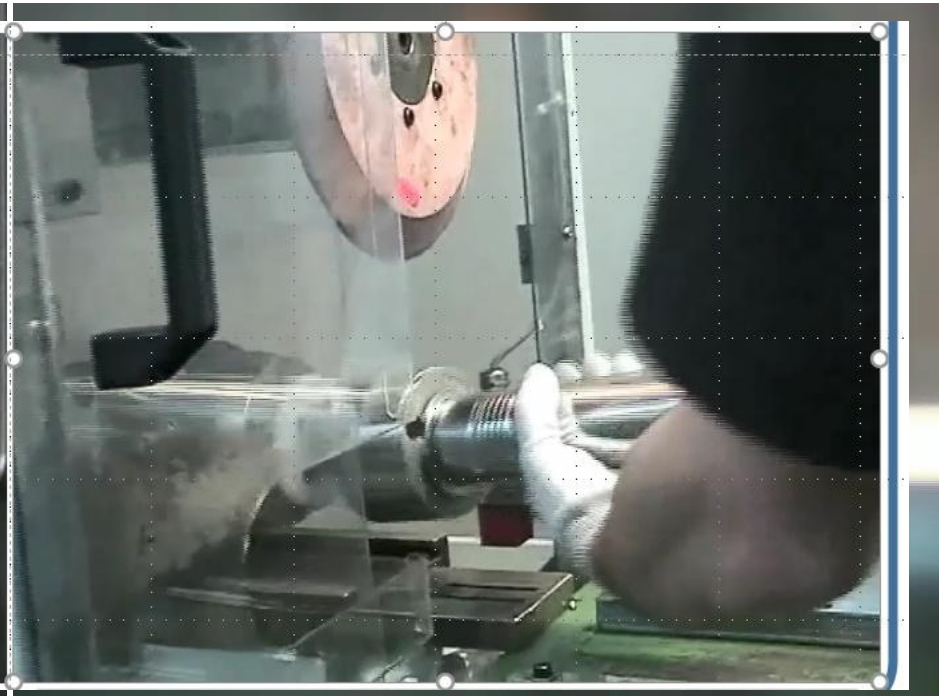
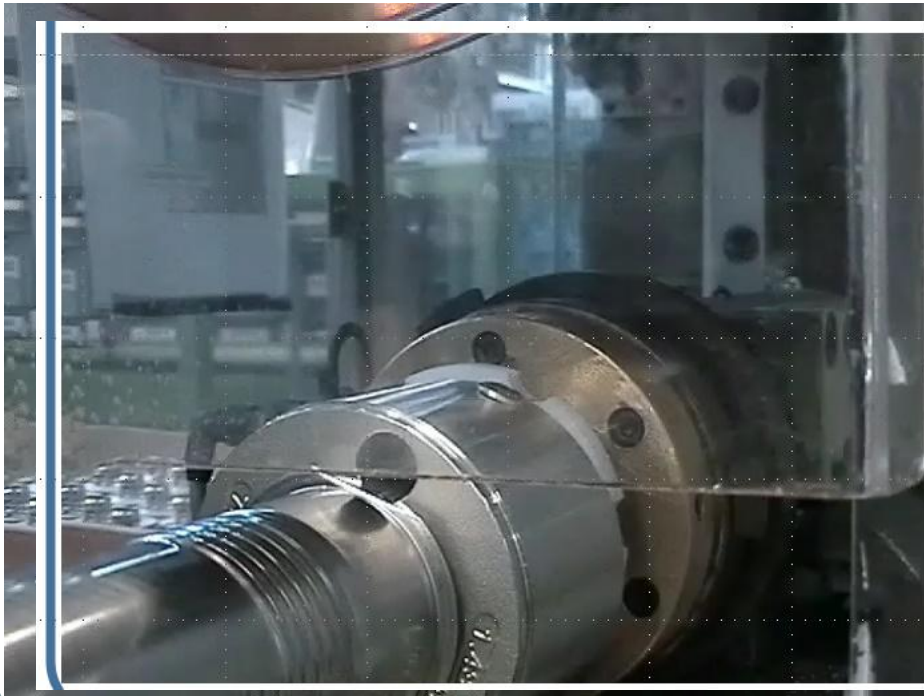
További részletek → <http://www.schoolscience.co.uk/aerosolpage5>

A vonalhegesztés alkalmazása



Búvárszivattyú-motorok egyes varratai

a vonalhegesztés alkalmazása



A vonalhegesztés alkalmazása; Radiátorgyártás Magyarországon



Változók / paraméterek → ismételés: terminológia

- **A hegesztési paraméterekre vonatkozó kifejezések**
- **Hegesztési paraméterek** (welding parameters)
A hegesztésnek egy meghatározott munkarenddel történő végrehajtásához szükséges információk.
Példák a hegesztési paraméterekre: *hegesztőanyagok*, hegesztési áramerősség, hegesztési feszültség, *haladási sebesség*, a hegesztés előtti és utáni hevítés ideje és hőmérséklete, a *sorközi hőmérsékletek*, *varratsorrend*.
- **Hegesztési változó** (welding variable)
A hegesztett kötés tulajdonságait befolyásoló változó.
- **Hegesztési adatok** (welding data)
A hegesztési változók számértékei.
- **Lényeges változó** (essential variable)
Olyan hegesztési paraméter, amely minősítést igényel.
- **Nemlényeges változó** (non-essential variable)
A hegesztési munkarendi előírásban (WPS) megadott, olyan hegesztési paraméter, amely nem igényel minősítést.

Minőség ? → „problémák” → vizsgálat!

Eltérések? → Hibák? ← *Értékelés után: döntés*

1–4. Különféle hegeszthetőségi problémák, ezek anyagfüggők

5. Mechanikai tulajdonságokban adódó problémák → **VIZSGÁLAT!**

6. Esztétikai problémák

- Túlzott elektródabenyomódás
 - Elektródavég alakja, mérete
 - Elektródaerő
 - Áramerősség
 - Hegesztési idő
- Kifröccsenés
 - Túlzott hőbevitel
 - Rosszul felépülő záróövezet
- Elszíneződés
 - Futtatási szín (oxidálódás, hegesztési reve)
 - Főleg a korrózióálló acéloknál okoz **nemmegfelelőséget**

A tompahegesztések



A sajtolóhegesztési eljárások rendszerezése

VI. Mozgó tömeges sajtolóheg.

Hidegsajtoló hegesztés (48)

Hidegzömítő hegesztés

Hátrafolyatásos hegesztés

Ütközéses hegesztés

Robbantásos hegesztés (441)

Mágneses-impulzusos hegesztés

Dörzshegesztés (42)

Kovácshegesztés (43)

Ultrahangos hegesztés (41)

VII. Villamos ellenállás-hegesztések (2)

Ponthegesztés (21)

Vonalhegesztés (22)

Dudorhegesztés (23)

Leolvasztó tompahegesztés (24)

Ellenállás-tompahegesztés (25)

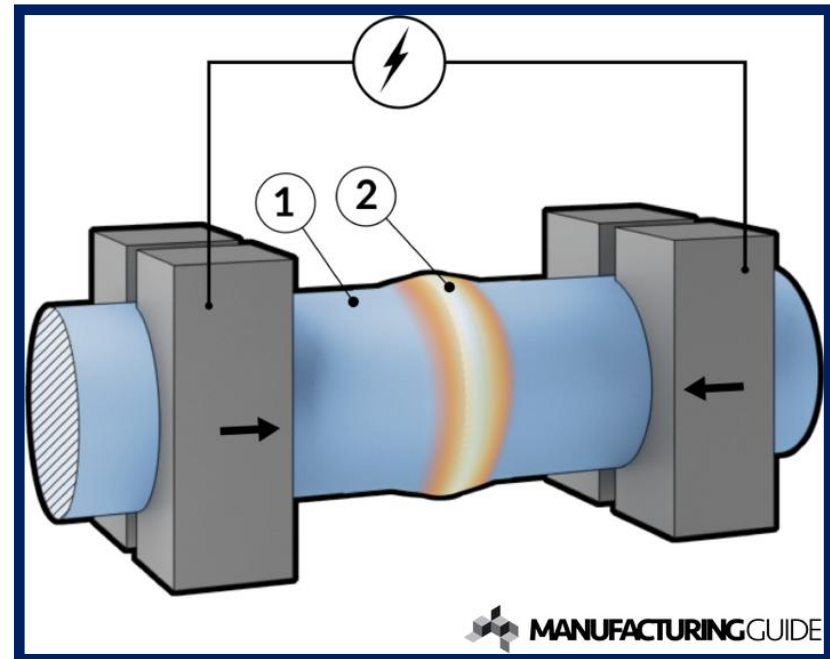
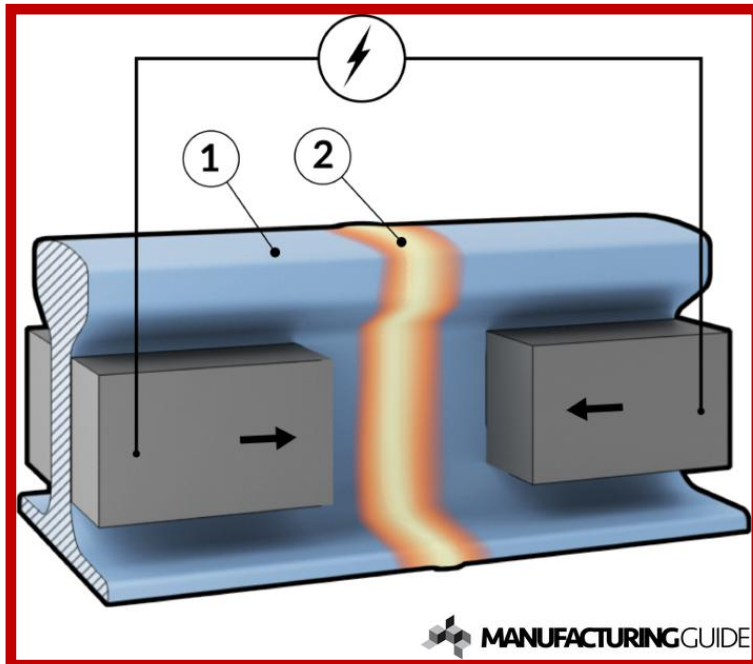
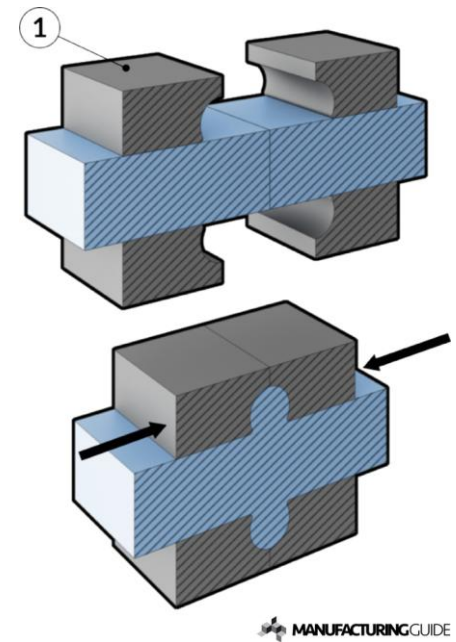
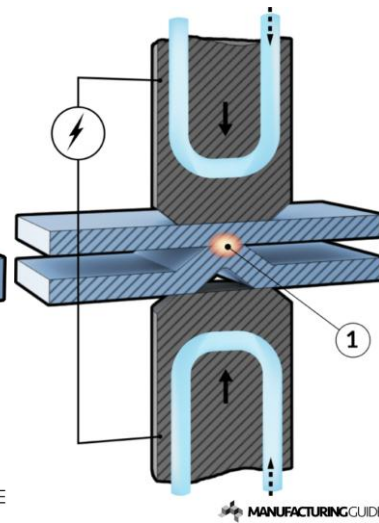
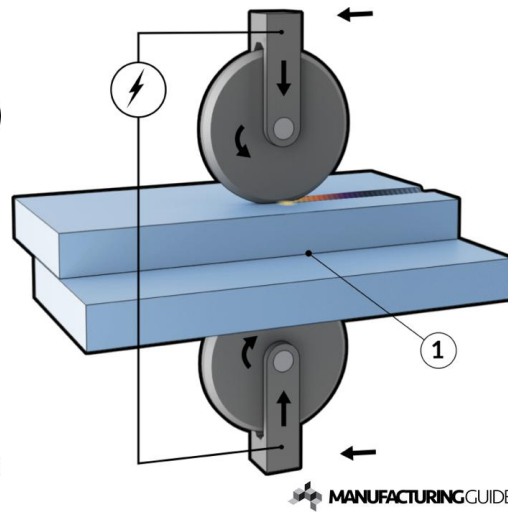
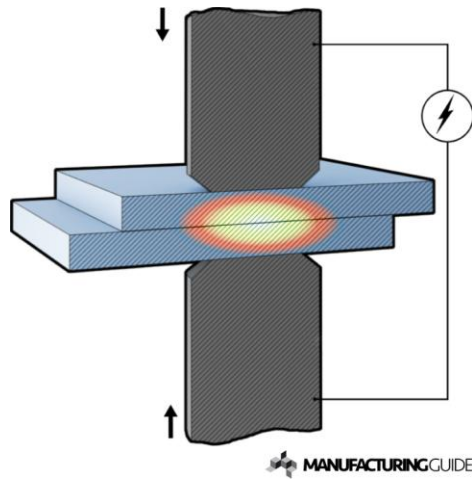
[Nagyfrekvenciás ellenállás-hegesztés (291); régen]

Indukciós hegesztés (74)

Ellenállás-csaphegesztés (782)

Az eljárások közös alapelve: a tompakötéses illesztéssel összenyomott alkatrészek hegesztési övezetét az átfolyó áram felhevíti, majd az illesztési felületre merőlegesen ható sajtolóerő képlékeny alakváltozást kiváltva létrehozza a kohéziós kötést.

A **leolvasztó tompahegesztés** során a kötési felületek között villamos ív alakul ki, ez megolvasztja a felület egy vékony rétegét, és a megolvadt anyag egy része oxigénnel érintkezve elég. Az égéstermék (vagyis a salak) egésze, a megolvadt fém zöme, ill. az **ellenállás-tompahegesztésnél** a felhevült réteg egy része kinyomódik a **sorjába**.

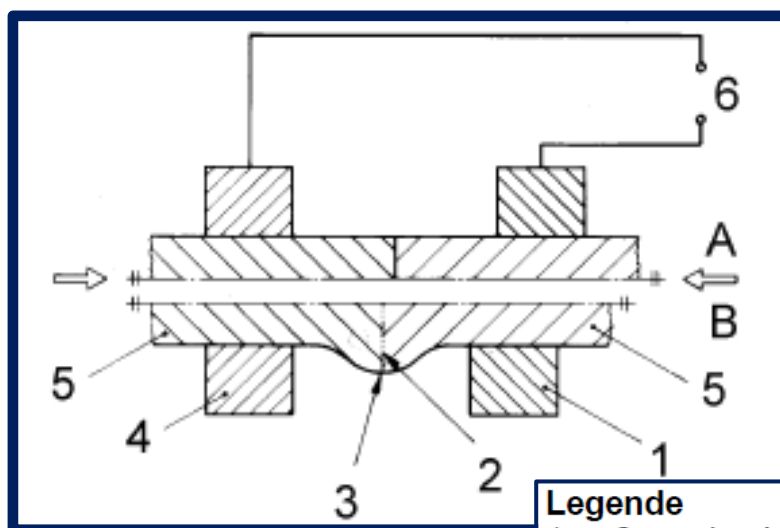
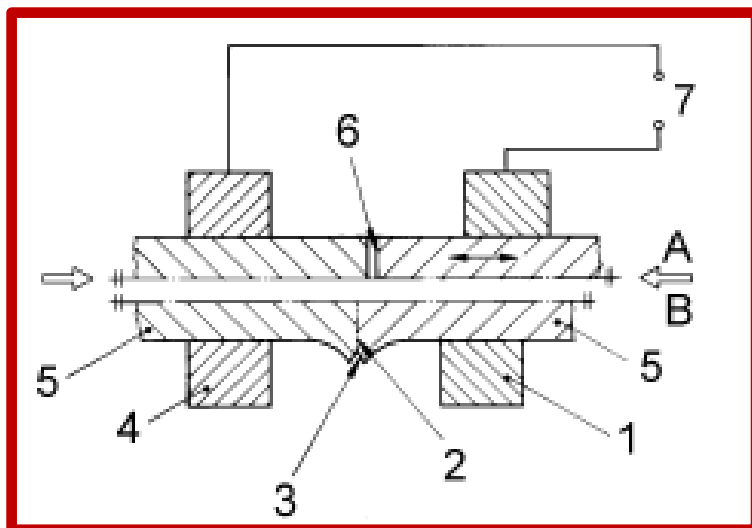


24 Leolvasztó tompahegesztés

241 Előmelegítéses, leolvasztó tompahegesztés

242 Előmelegítés nélküli, leolvasztó tompahegesztés

25 Ellenállás-tompahegesztés



- 1 Clamp
- 2 Weld
- 3 Flash
- 4 Clamp
- 5 Workpiece
- 6 Flashing area
- 7 Power source
- A Before welding
- B After welding

- 1 Mâchoire
- 2 Soudure
- 3 Bavure
- 4 Mâchoire
- 5 Pièce
- 6 Zone d'étincelage
- 7 Source de courant
- A Avant soudage
- B Après soudage

- 1 Spannbacke
- 2 Schweißnaht
- 3 Grat
- 4 Spannbacke
- 5 Werkstücke
- 6 Abbrennzone
- 7 Energiequelle
- A vor dem Schweißen
- B nach dem Schweißen

Légende

- 1 Mâchoire
- 2 Soudure
- 3 Bourrelet
- 4 Mâchoire
- 5 Pièce

Legende

- 1 Spannbacke
- 2 Schweißnaht
- 3 Stauchwulst
- 4 Spannbacke
- 5 Werkstück
- 6 Energiequelle
- A vor dem Schweißen
- B nach dem Schweißen

Key

- 1 Clamp
- 2 Weld
- 3 Upset
- 4 Clamp
- 5 Workpiece
- 6 Power source
- A Before welding
- B After welding

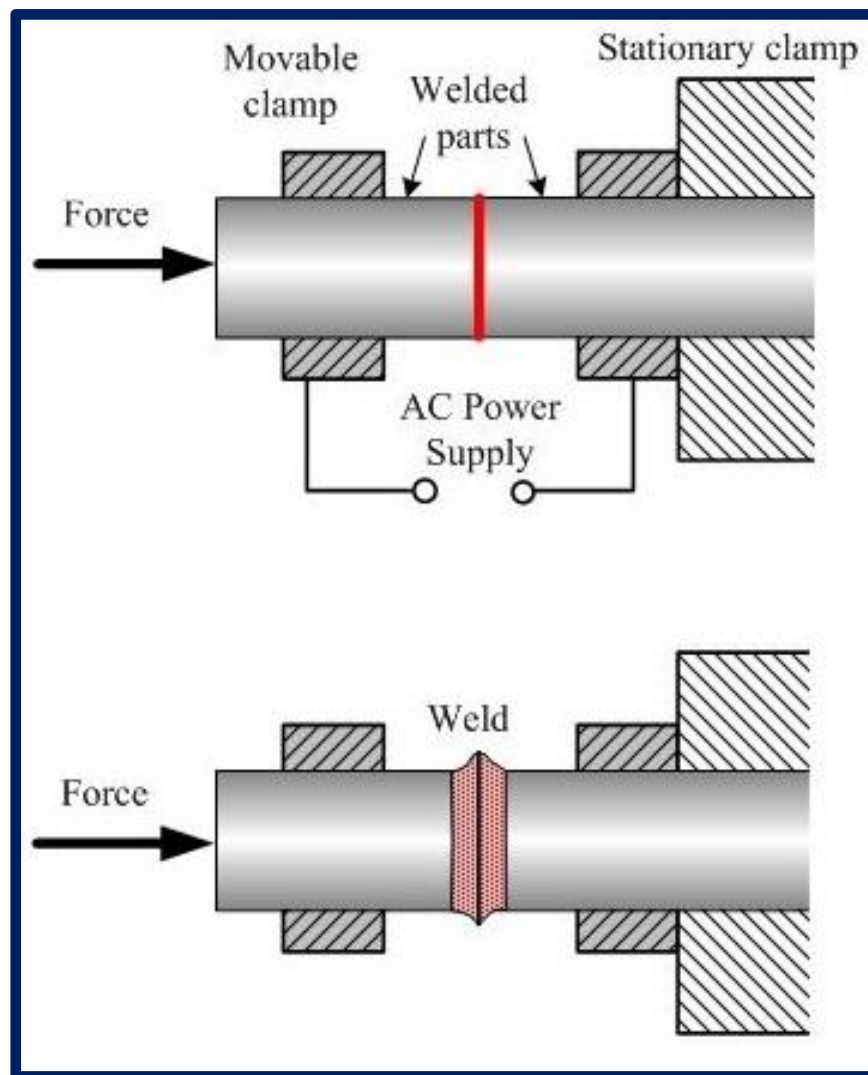
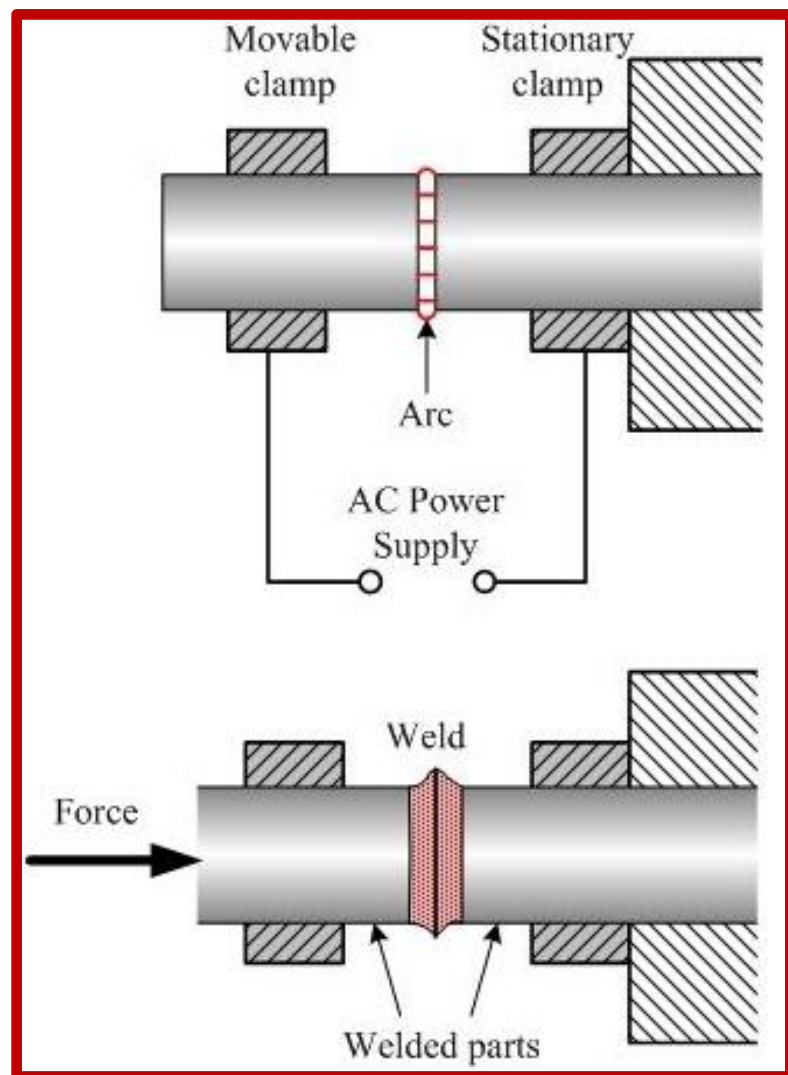
- 6 Source de courant
- A Avant soudage
- B Après soudage

24 Leolvasztó tompahegesztés

241 Előmelegítéses, leolvasztó tompahegesztés

242 Előmelegítés nélküli, leolvasztó tompahegesztés

25 Ellenállás-tompahegesztés



24 Leolvasztó tompahegesztés

25 Ellenállás-tompahegesztés

A munkadarabok befogása után bekapcsolják az áramot, és az alkatrészeket egymáshoz közelítik.

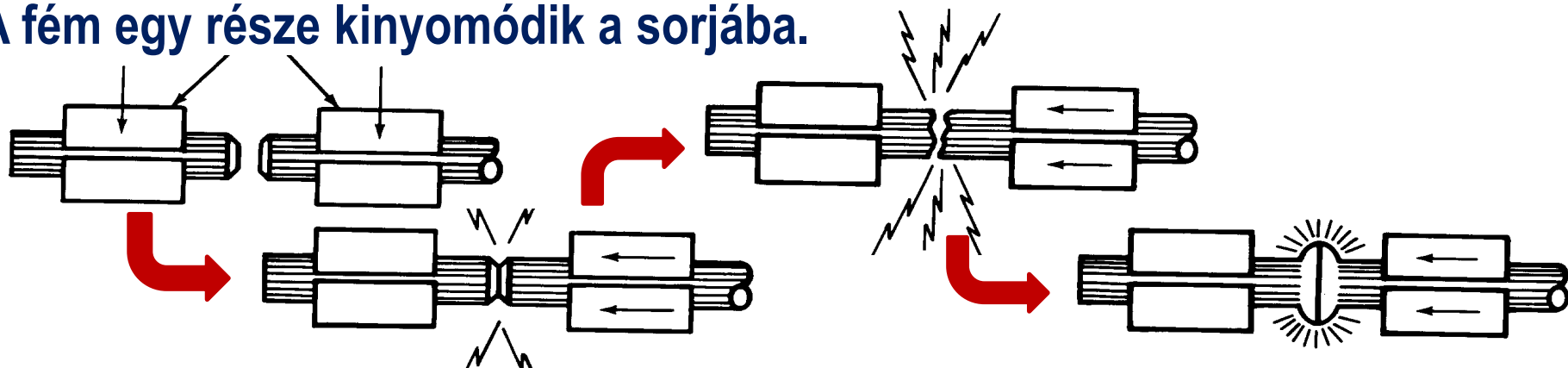
A hegesztendő felületeket **többször összeérintik és széthúzzák**; az érintkezési helyeket a ki-kigyulladó villamos ív megolvasztja.

A homlokfelületeken folyékony fém- és oxidhártya képződik, majd a feleket összesajtoltják. A salakot a leolvasztás és a sajtolás távolítja el.

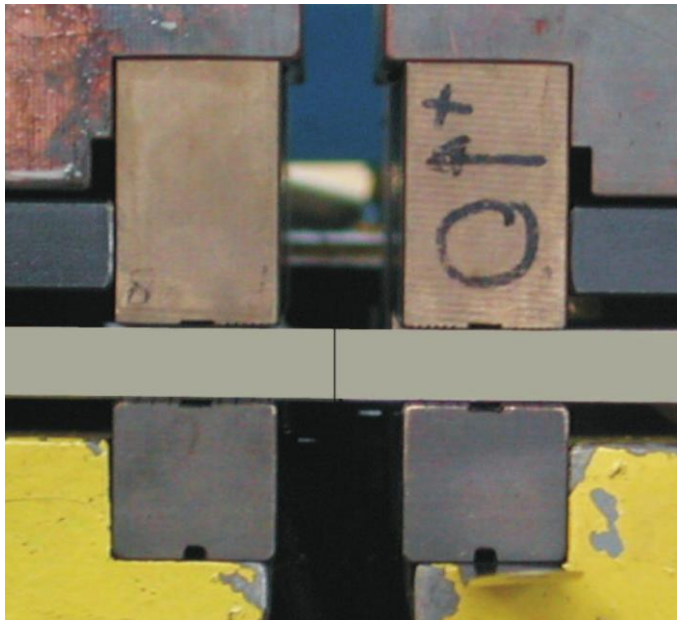
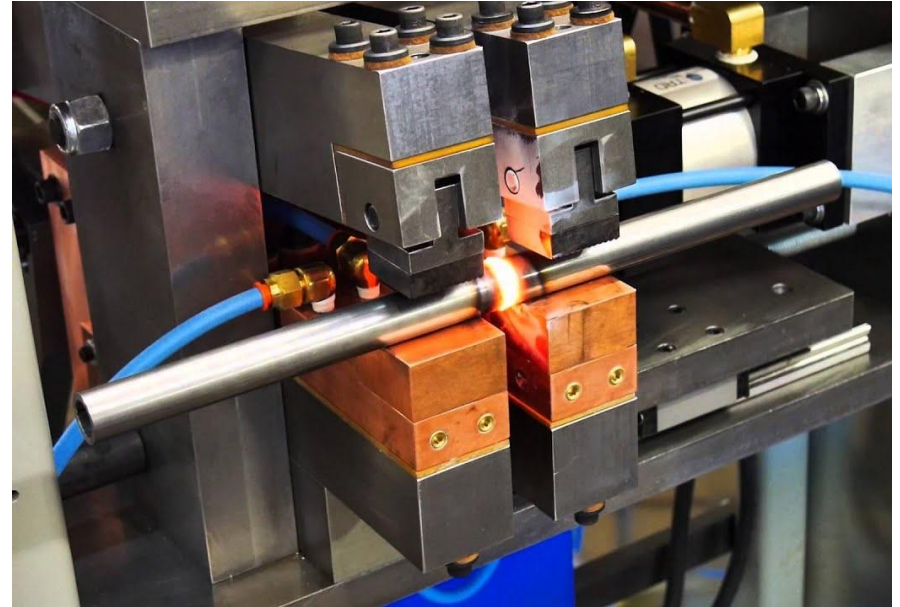
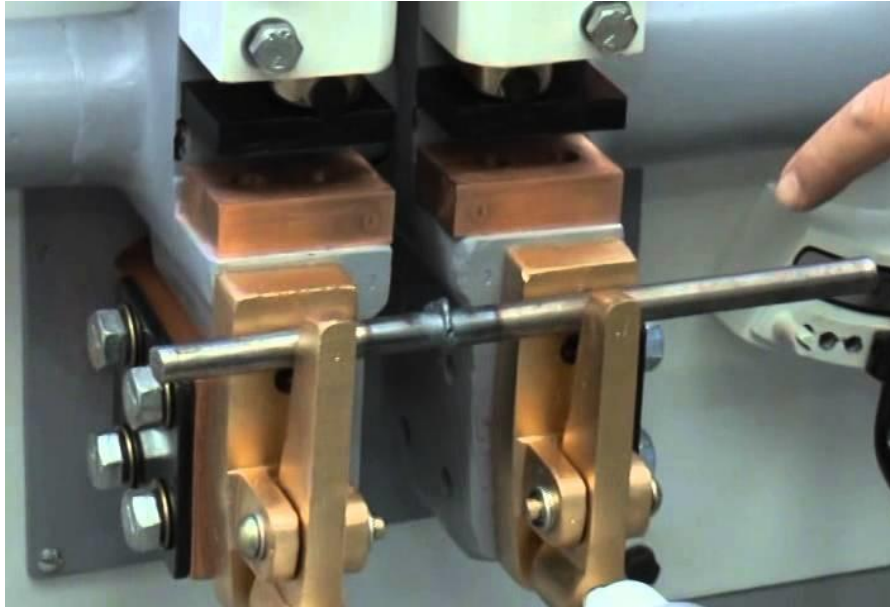
A hegesztendő felületeket összenyomják, majd áram folyamatos átfolyása által az érintkezési helyek felhevülnek.

A hegesztési hőmérséklet elérése után munkadarabokat összesajtoltják;
→ a homlokfelületek környezetében képlékeny alakváltozás megy végbe.

A fém egy része kinyomódik a sorjába.

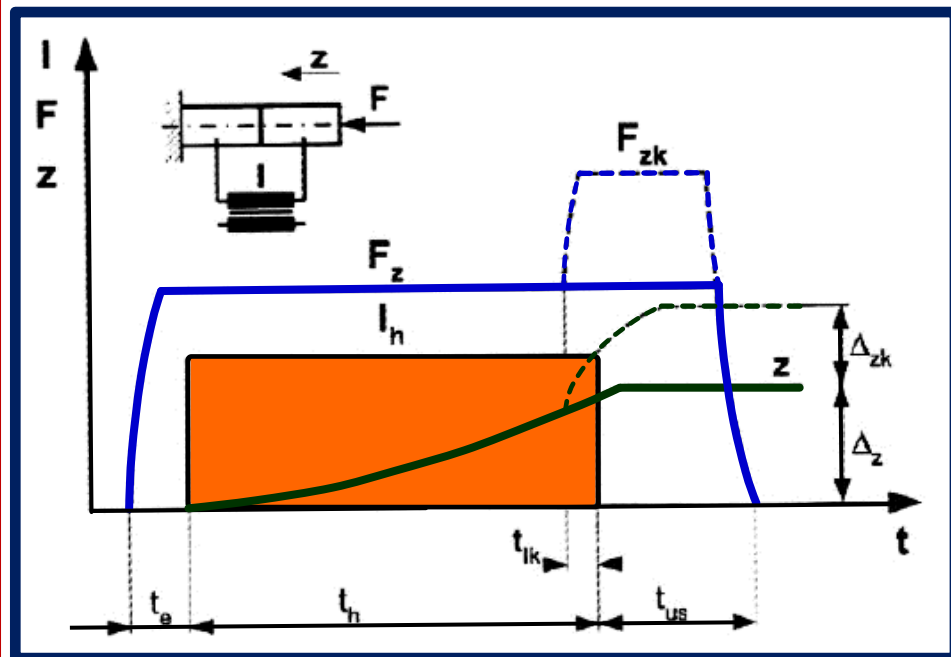
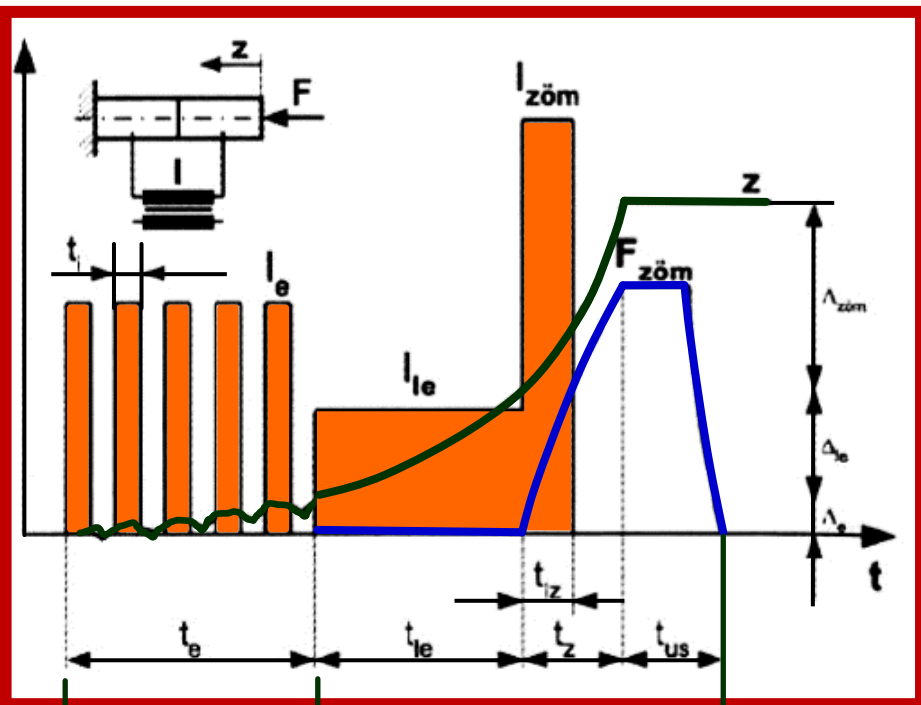


Tompahegesztő elektródák



24 Leolvasztó tompahegesztés

25 Ellenállás-tompáhegesztés



242

241

Előmelegítés

A vizsgán ezt hasznos tudni!

Alkalmazások

- **Anyagok:** szénacél, rozsdamentes acél, alumínium-, réz-, nikkelötvözetek, szénacél + keményfém
- **Azonos keresztmetszetű profilok tompahegesztése**
- **Keréktárcsák (felnik) a járműiparban**
- **Motor- és generátorkeretek az villamosgépiparban**
- **Futóműelemek, vezérlőegységek és üreges légcsavarlapátok a repülőgépiparban**
- **Láncszemek**
- **Vasúti sínek**
- **Ablakkeretek**
- **Fémszalagok végtelenítése hengerművekben**
- **Golyócsapágyak gyűrűi**
- **Rudak hegesztése egymáshoz, féltengelyek a futóműhöz**
- **Szalaghegesztés folyamatos feldolgozás során**
- **Csőtávvezetékek**

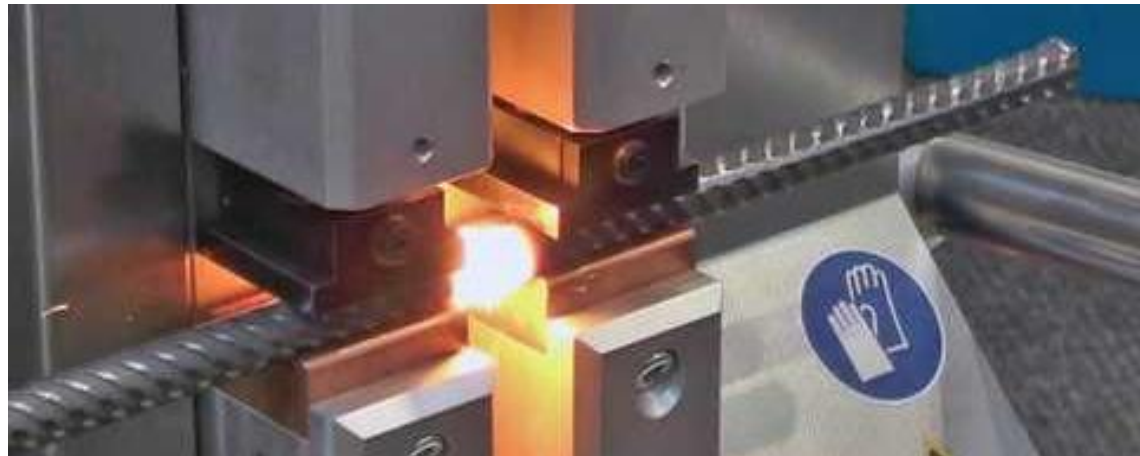


Alkalmazások

24 vagy 25? ... a leolvasztó előnyei és korlátai ...

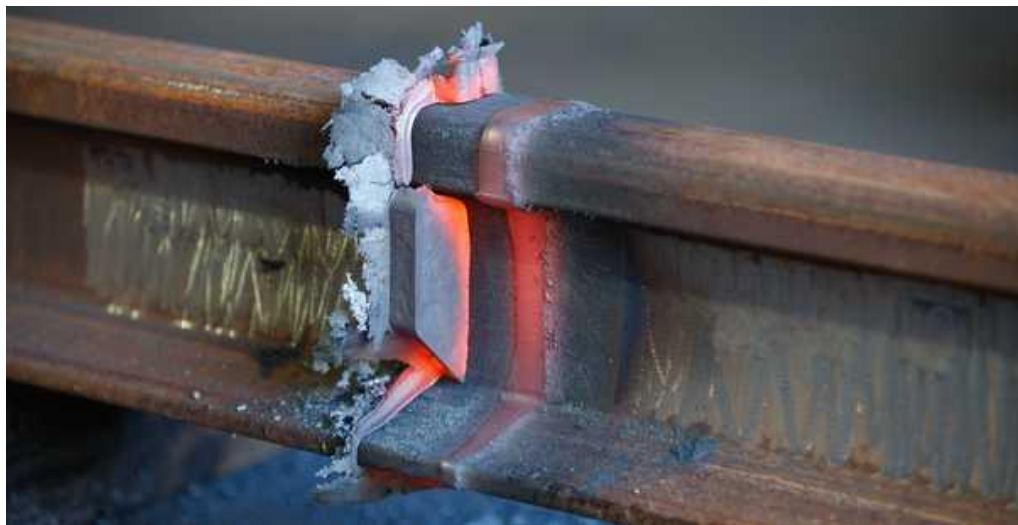
- Tagolt keresztmetszeti alakok is hegeszthetők
 - Kevésbé igényes a pontos illeszkedésre (kivéve: lemez)
 - A szennyeződések biztosan kinyomódnak a sorjába
 - Az illesztési felület előkészítése nem kritikus
 - Keskenyebb a hőhatásövezet
-
- Kiegyensúlyozatlanságot idéz elő a háromfázisú táphálózatban
 - A leolvasztott fémrészecskék (+ a salak) tűzveszélyt jelentenek
 - Különleges felszerelést kell igényelnie a salak eltávolításához
 - Kényes igazítást kívánnak a kis keresztmetszetű munkadarabok
 - Szinte azonos keresztmetszetűnek kell lennie az alkatrészeknek

Alkalmazás: betonacél-hegesztés

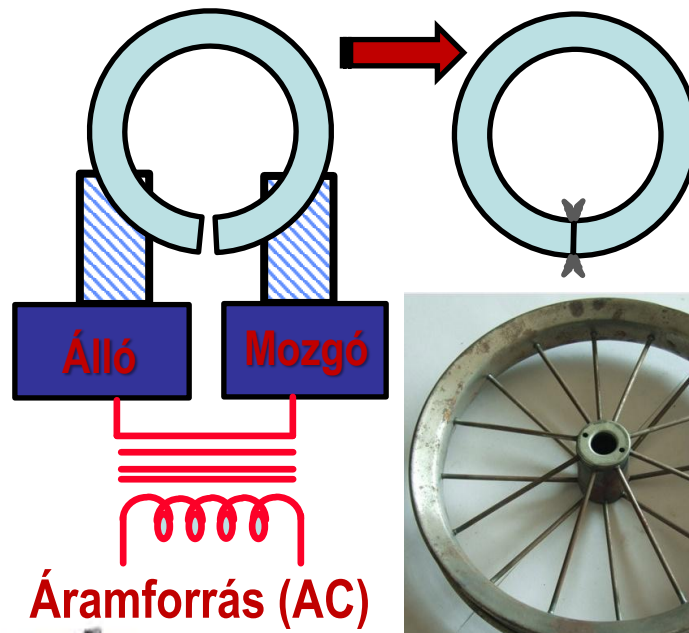


www.youtube.com/watch?v=vlnbzT6CmmQ

Alkalmazás: vasúti sínek hegesztése

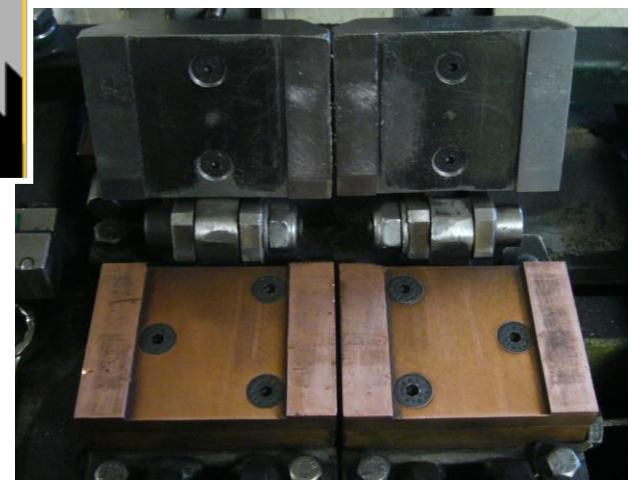


24 Leolvasztó ...

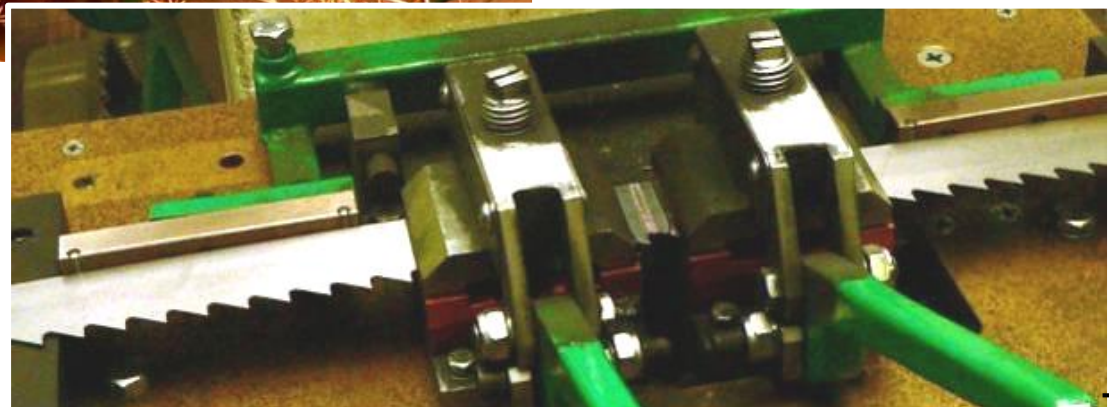


Alkalmazás: szalagfűrészlapok



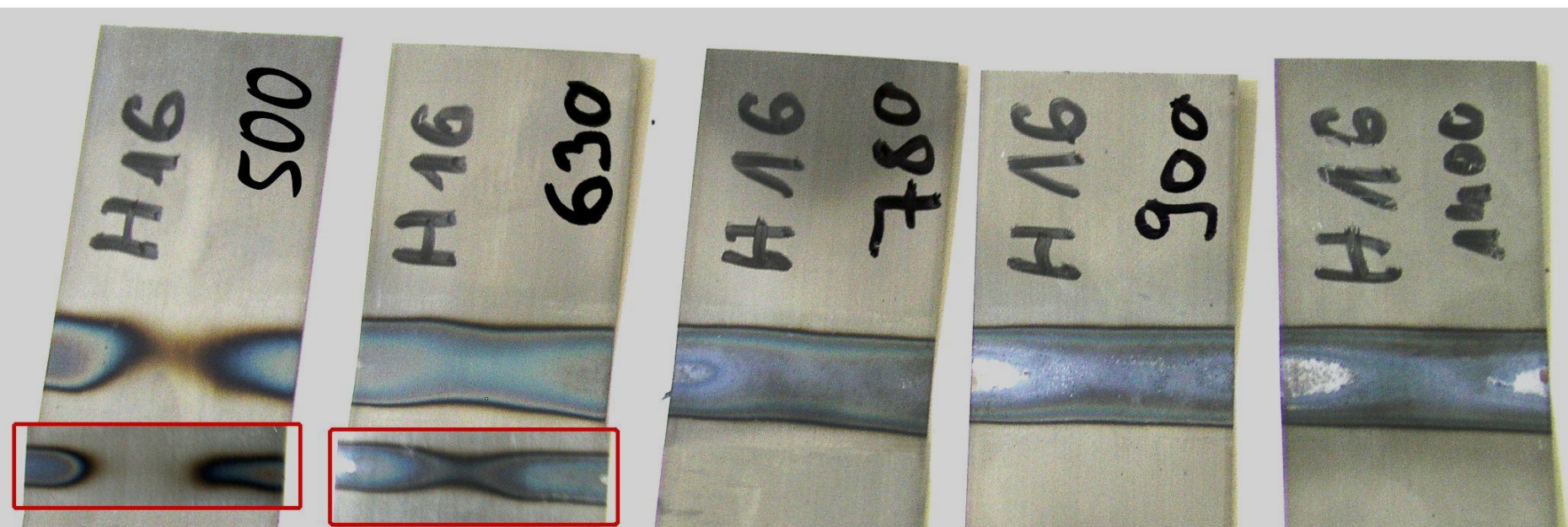


**Szalagfűrészlapok
végtelenítése**



Alkalmazás: szalagfűrészlapok

Nagyon fontos a felületi érintkezések tisztasága és összefekvése



A hevítés erősségének jele az áramerősség függvényében: 500 A-tól 1400 A-ig