

10. előadás

a 2-es csoport eljárásai

Májlinger Kornél

Kornel.Majlinger@GPK.BME.hu

www.ATT.BME.hu

Tantárgy: Hegesztés

Neptunkód: BMEGEMTBGH1

Előadó: Dr. Májlinger Kornél, IWE /EWE

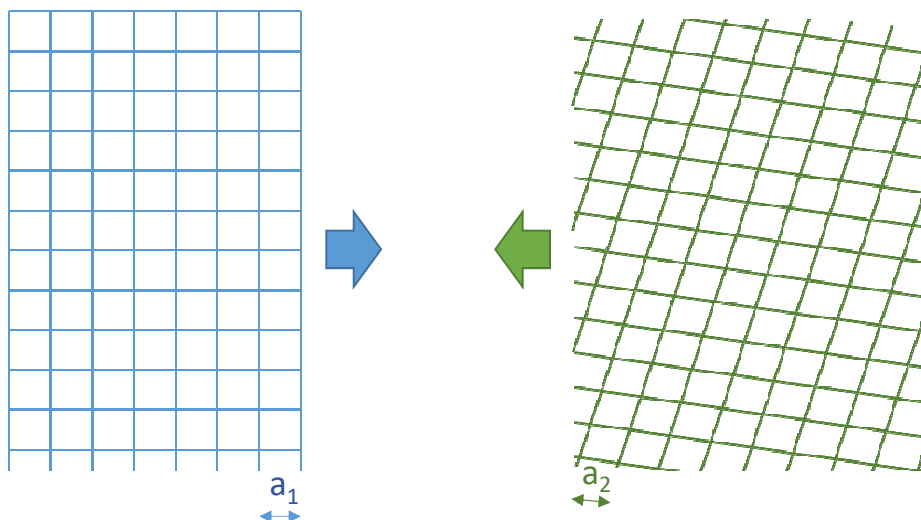
1. A hegesztés általános alapfogalmai, a hegesztési eljárások rendszerezése
2. A hegesztés munkabiztonsági és egészségvédelmi vonatkozásai
3. A 13-as eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
4. A 12-es, 72-es, 73-as eljárások alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
5. A 14-es 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, 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

- Cél: elsődleges fémes kötés kialakítása két vagy több darab között, koherens kapcsolat
- Miért? A legnagyobb mérnöki szerkezetek hegesztettek, mert féltermékekből rakják össze (egyszerűbb gyártás = gazdaságosabb) és / vagy máshogy nem is gyártható / nem szállítható...



3

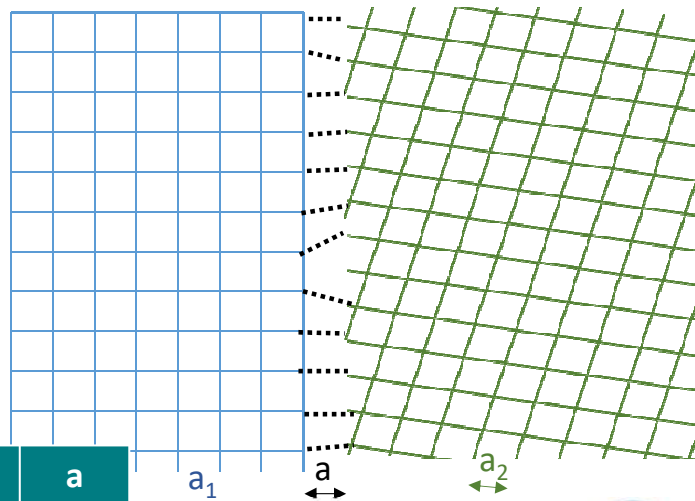
Cél : elsődleges, fémes kötés kialakítása két vagy több darab között, koherens kapcsolat



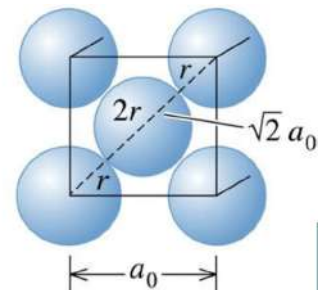
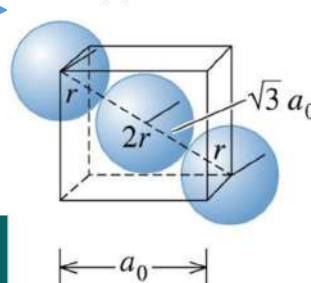
A felületen lévő atomokat rácsparaméter közelségbe kell hozni.

4

Cél : elsődleges, fémes kötés kialakítása két vagy több darab között, koherens kapcsolat

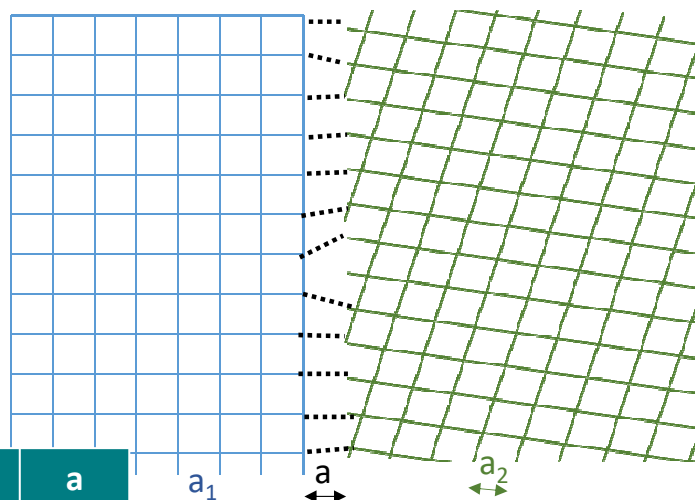


Számított atomsugarak (pm) (10^{-12}m)		a (pm)
Fe	156	
Ni	149	
Cu	145	
Al	118	

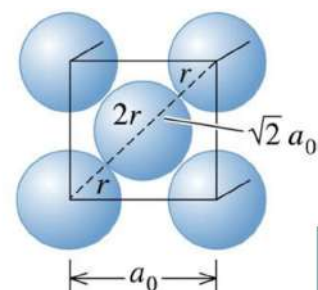
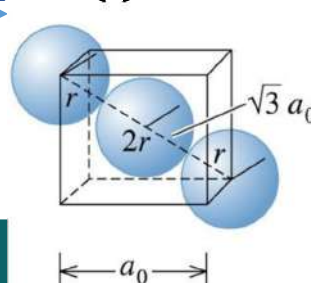


5

Cél : elsődleges, fémes kötés kialakítása két vagy több darab között, koherens kapcsolat

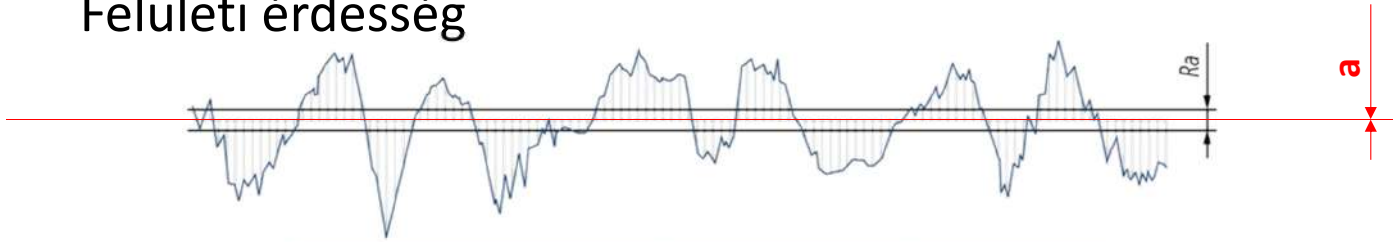


Számított atomsugarak (pm) (10^{-12}m)		a (pm)
Fe	156	1081
Ni	149	843
Cu	145	820
Al	118	668

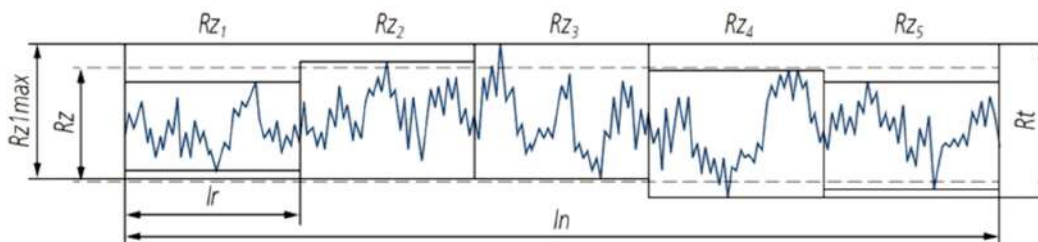


6

Felületi érdesség



	Ra (μm) (10^{-6}m)	Ra (nm)
siklócsapágy	$\leq 0,8$	800
tükrösítés (leppelés)	0,01 ... 0,2	10...200

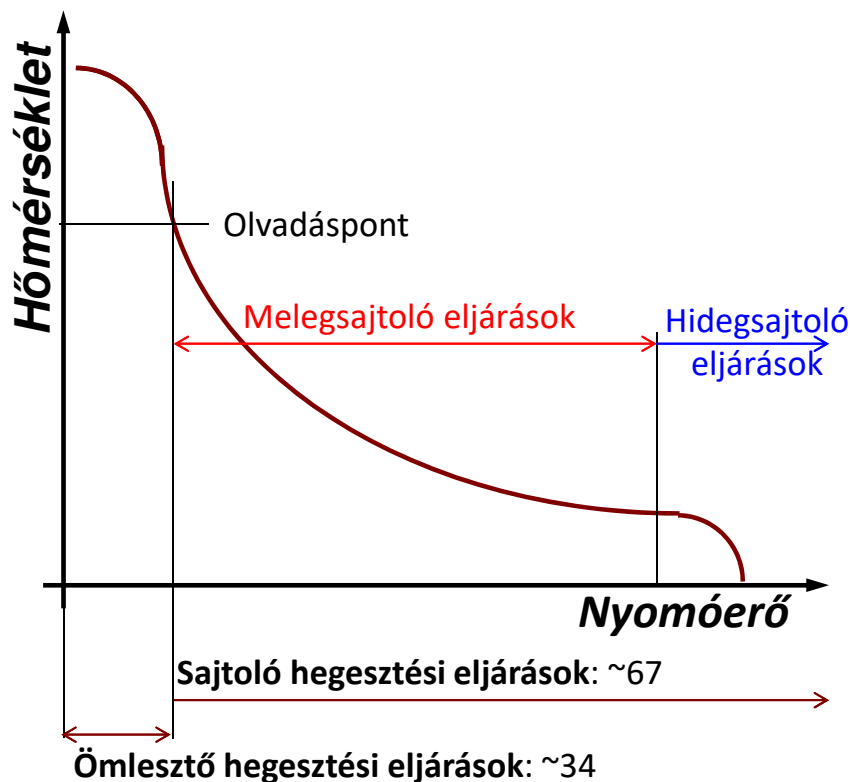


~ 1 nm kellene az egész hegesztendő **felületen!**

Felületi érdesség áthidalása a kötendő darabok között

Lehetőségek:

- További ultraprecíziós felületmegmunkálás - nagyon körülményes = nagyon drága! £ \$ € (ráadásul felesleges is hiszen ezután nem működő felületek lesznek)
- Képlékenyalakítás
- Diffúzió
- Megolvasztás



9

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 kötészialakítás 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 kötészképződés 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. Mozdgó 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.

10

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 íví sajtolóhegesztés (185)
[forgóíves sajtolóhegesztés]
Ívkisüléses sajtolóhegesztés [ütőhegesztés, (77)]
Ívhúzásos csaphegesztés (783)
Kondenzátorkisütéses, ívhúzásos csaphegesztés (785)
Kondenzátorkisütéses, gyújtócsúcsos csaphegesztés (786)

V. Sugárzásös sajtolóhegesztés

(még nem ismert ilyen eljárás)

VI. Mozgó tömegös sajtolóhegesztés

Ultrahangos heg. (41)
Dörzshegesztés (42)
Kavaró dörzsheg. (43)
Robbantásos heg. (441)
Mágneses impulzusos hegesztés (442)
Hidegsajtoló heg. (48)
Hidegzömítő hegesztés
Hátrafolyatásos heg.
Ütközéses hegesztés

VII. Villamos ellenállás-hegesztés (2)

Ponthegeztés (21)
Vonalhegesztés (22)
Dudorhegesztés (23)
Leolvasztó tompahegesztés (24)
Ellenállás-tompahegesztés (25)
Ellenállás-csaphegesztés (26)
Nagyfrekvenciás hegesztés (27)
Indukciós hegesztés (74)

VIII. Egyéb energiafajtájú sajtolóhegesztés

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

Ellenállás-hegesztési eljárások Ömlesztő és/vagy sajtoló hegesztési eljárások?

Keletkezik-e ömledék?

- a) Nincsen ömledék → sajtoló hegesztés
- b) Benne marad-e a megszilárdult ömledék, teherviselő szereppel a kötésben?
 - 1) Nem marad benne → sajtoló hegesztés
 - 2) benne marad → ömlesztő hegesztés (is, legalább részben)

MSZ EN ISO 4063:2016 szerint

2	Ellenállás-hegesztés
21	Ellenállás-ponthegesztés
211	Egyoldali ponthegesztés
212	Kétoldali ponthegesztés
22	Ellenállás-vonalhegesztés
221	Átlapolásos vonalhegesztés
222	Zömítéses vonalhegesztés
223	Él-előkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés
224	Segédhuzalos vonalhegesztés
225	Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés
226	Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés

13

MSZ EN ISO 4063:2016 szerint

2	Ellenállás-hegesztés
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-hegesztési eljárások

14

Az ellenállás-hegesztések sajtolóhegesztési eljárások. A kötés kialakulásához szükséges hőt 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):

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

- Az ellenállás-hevítés megvalósítható közvetett módon is, az indukált áram felhasználásával.

A hegesztett kötés kialakulása az ellenállás-hegesztéseknél

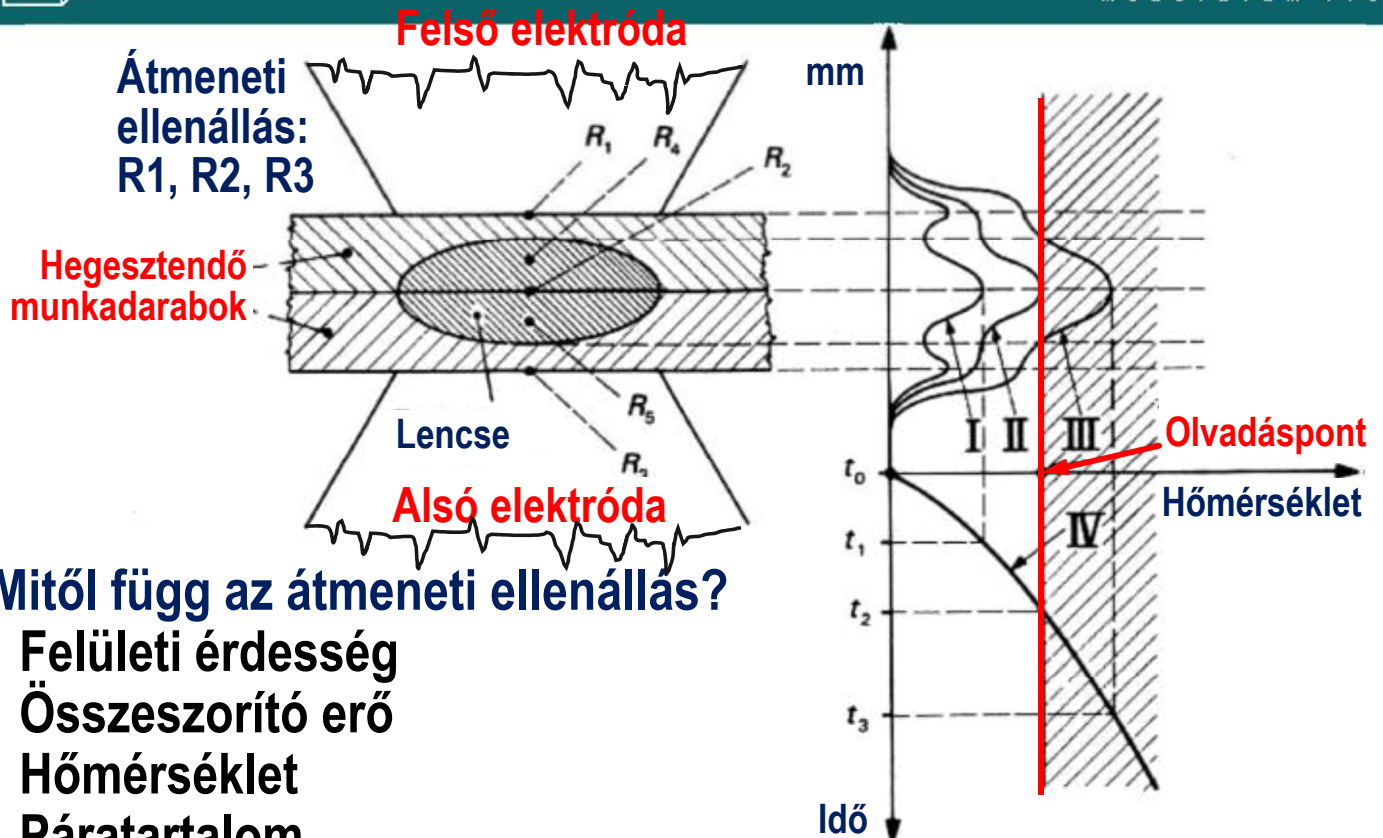
- A ponthegesztésnél, a vonalhegesztésnél és a fóliás vonalhegesztésnél **részben a kristályosodás**, a többi eljárásnál a **csak** a képlékeny alakváltozás hozza létre a kötet.
- Ezeknél az utóbbi csoportba tartozó eljárásoknál (dudorhegesztés, tompahegesztés, ellenállás-csővonalhegesztés és a nagyfrekvenciás 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!

15



Mitől függ az átmeneti ellenállás?

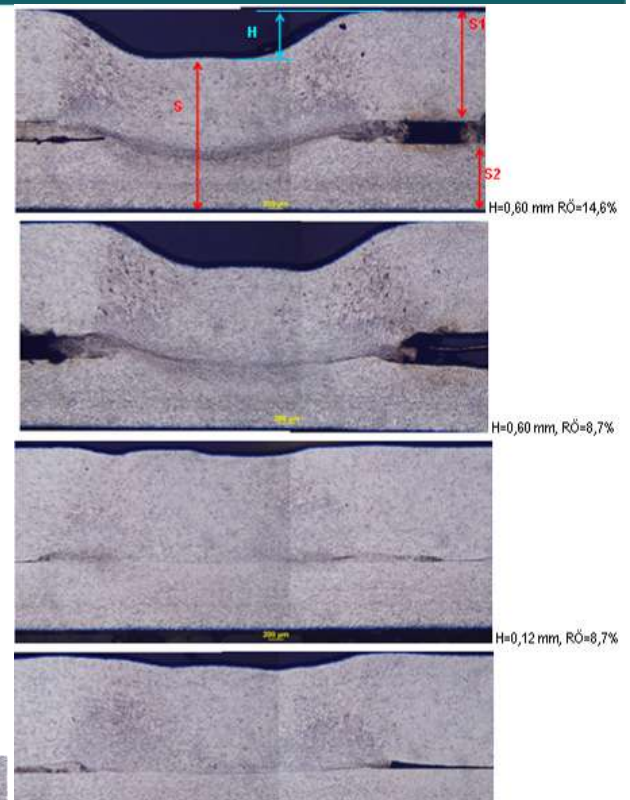
- Felületi érdesség
- Összeszorító erő
- Hőmérséklet
- Páratartalom
- Passzív réteg van-e? → alu, inox
- Szennyeződések (anyaga, vastagsága)

16

- 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

17

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

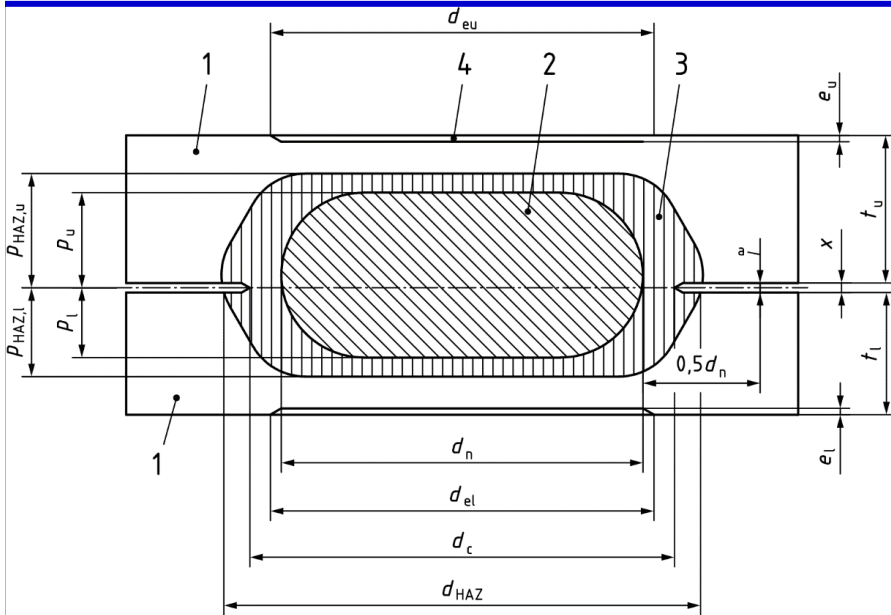
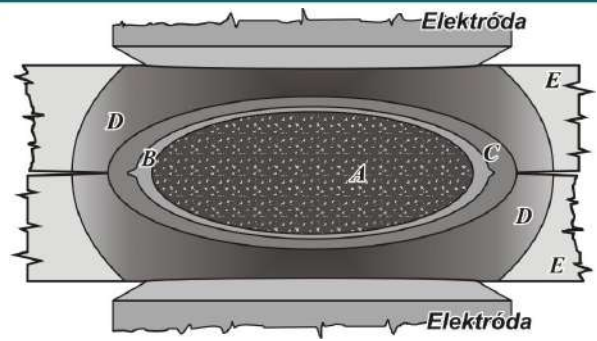


A technológiai tényezők, a varrat geometriája és a szilárdság közötti összefüggések

18

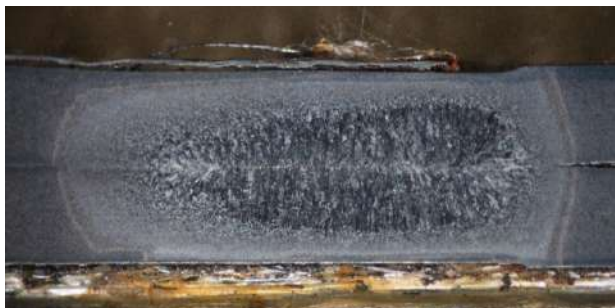
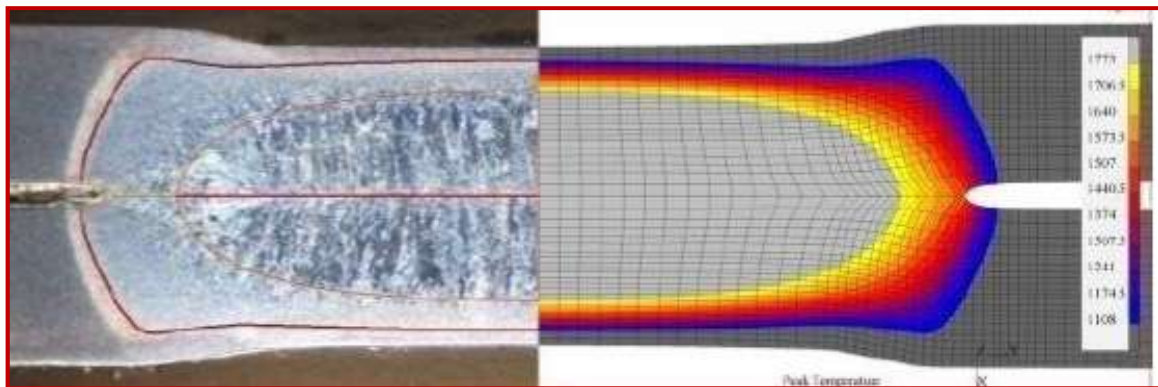
- A: lencse (olvadáspont fölé hevült tartomány)
Nem minden esetben alakul ki lencse; ez az eset a „szilárd fázisú” hegesztés
- B: záróövezet, zárógyűrű (nagy képlékenységű)
- C: fázisátalakulási zóna (pl. acéloknál, ahol $T > A1$)
- D: megeresztési és újrakristályosodási zóna
- E: alapanyag

A fenti meghatározások fémtani megközelítésben értelmezik a kialakult kötési zónákat.



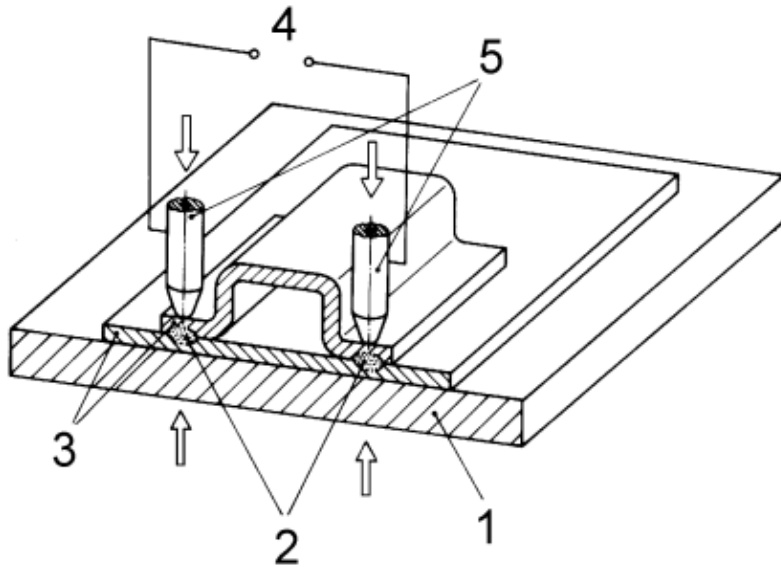
- 1 – munkadarabok
- 2 – lencse
- 3 – hőhatásövezet
- 4 – elektródbemélyedés
- d_{HAZ} – a hőhatásövezet átmérője
- $p_{HAZ,l}$ – a hőhatásövezet alsó behatolása
- $p_{HAZ,u}$ – a hőhatásövezet felső behatolása
- t_l – az alsó munkadarab vastagsága
- t_u – a felső munkadarab vastagsága
- d_{eu} – elektródbemélyedési 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 19



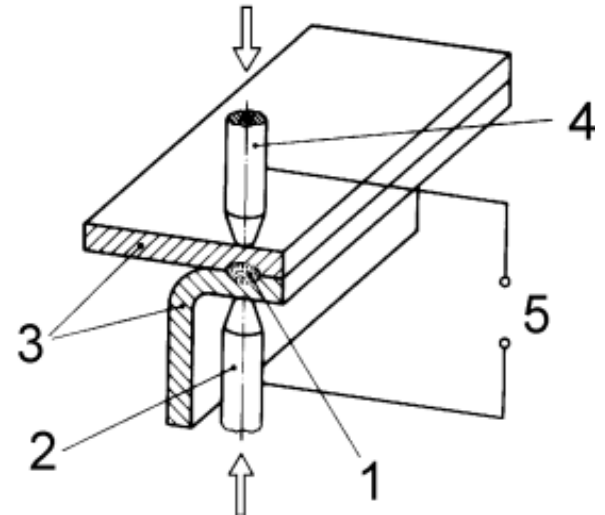
Szimuláció: www.ahssinsights.org/news/modelling-resistance-spot-welding-of-advanced-high-strength-steels/
 ...ínyenceknek ...

Egyoldali ponthegesztés (211)



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

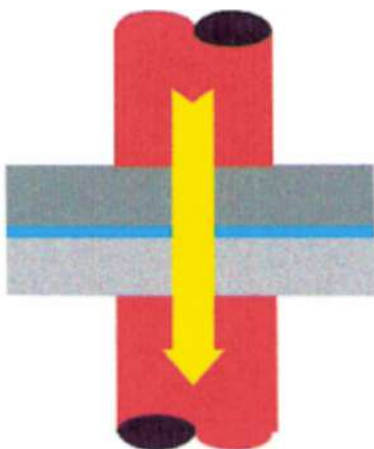
Kétoldali ponthegesztés (212)



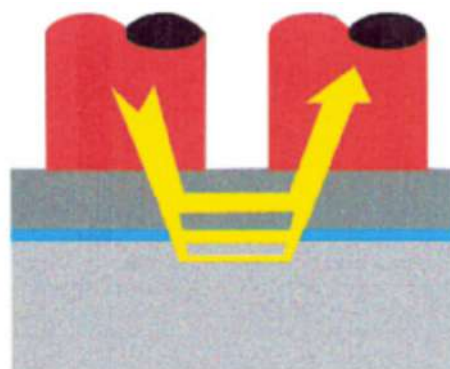
1. Ponthegesztett varrat
2. Elektróda
3. Munkadarab
4. Elektróda
5. Áramforrás

21

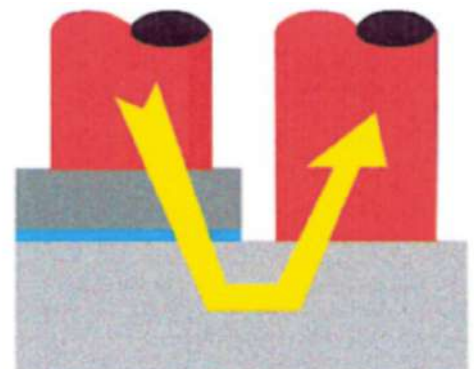
Kétoldali



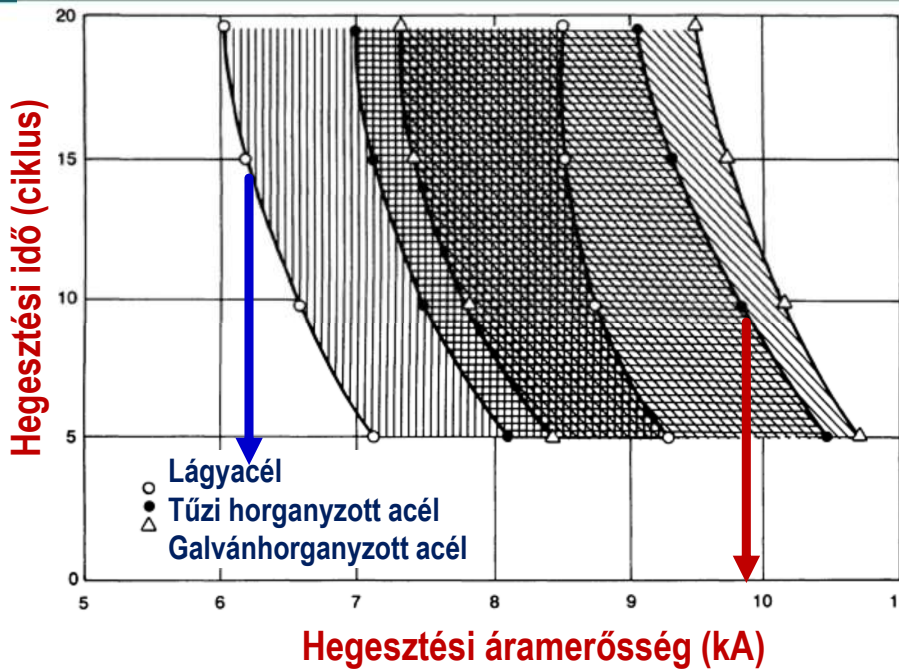
Egyoldali



Lépcsős



22



→ **Hegesztési munkarend (kemény / lágy)**

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

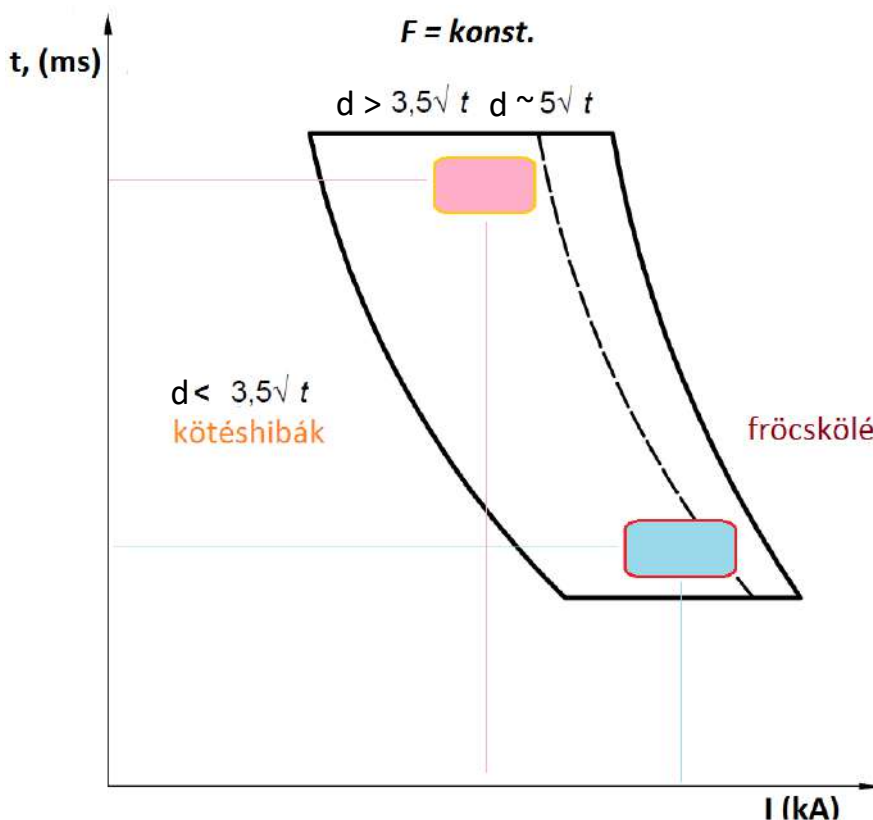
Létezik egy minimális áramerősség (I_{min}), amelynél kisebb nem lehet hegeszteni: nem képződik elegendő hő.

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.

23



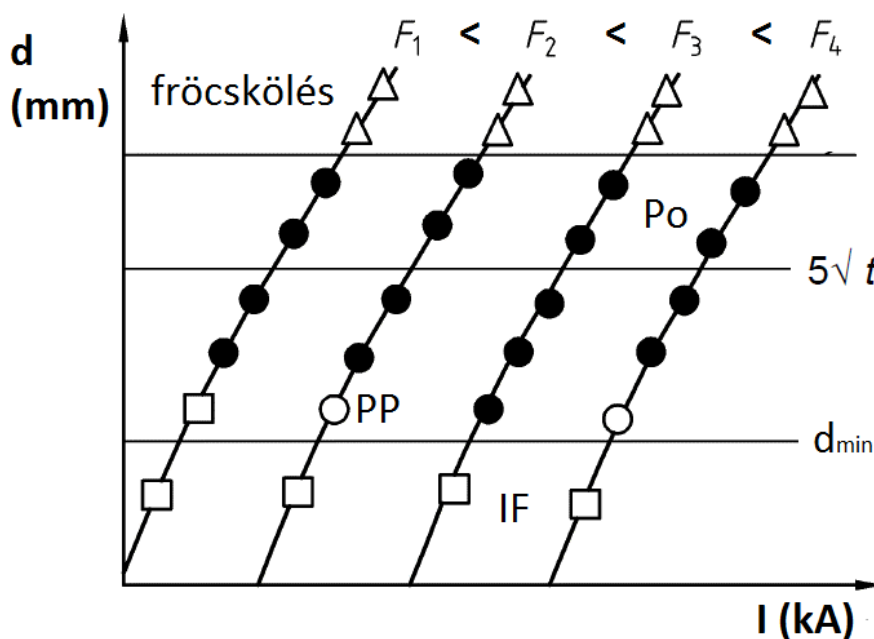
MSZ EN ISO 14327

Ellenálláshegesztés. Eljárások az ellenállásponthegesztés - vonalhegesztés és - dudorhegesztés hegeszthetőségi tartományának meghatározására

- **lágymunkarendek**
- **kemény munkarendek**
- d – heglencse átmérője

24

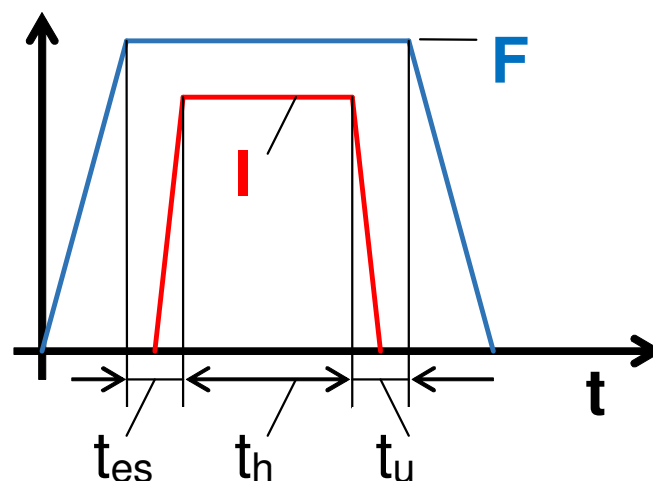
MSZ EN ISO 14327 Ellenálláshegesztés. Eljárások az ellenállásponthegesztés - vonalhegesztés és -dudorhegesztés hegeszthetőségi tartományának meghatározására



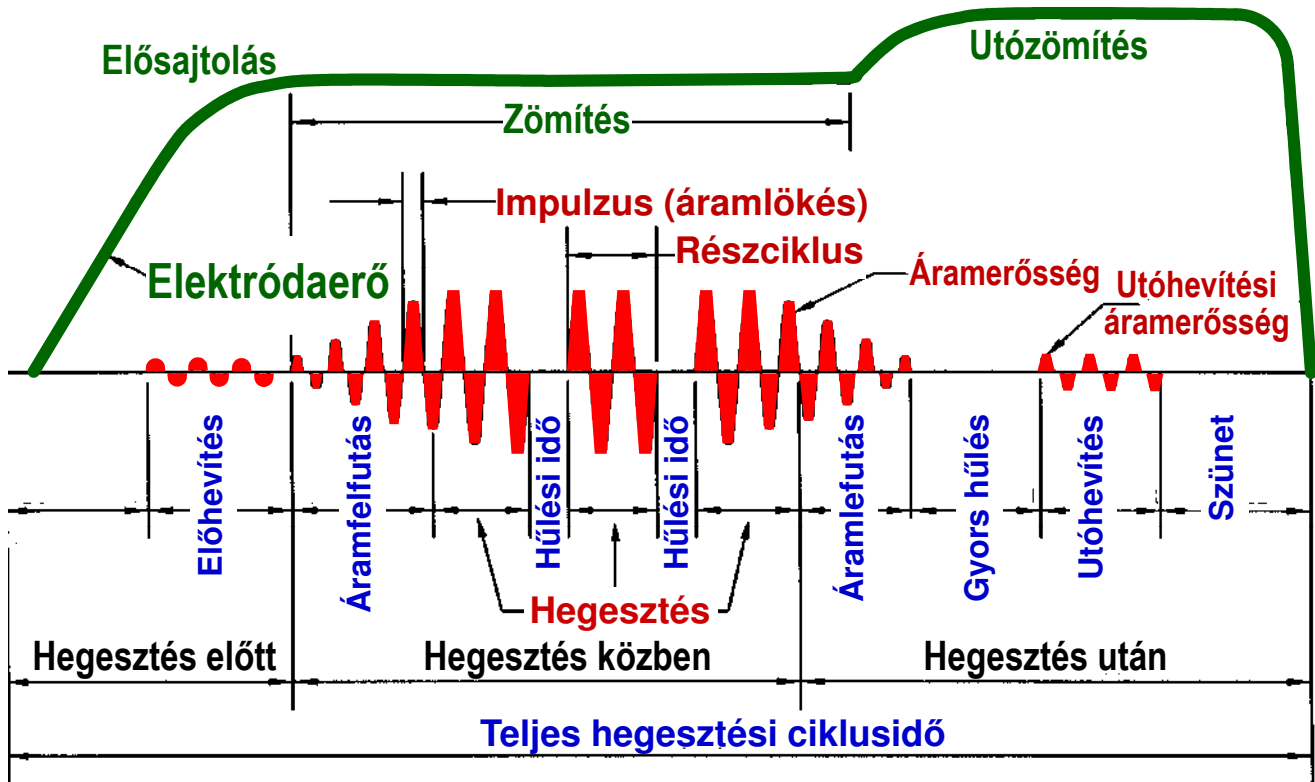
PO – Pullout „kigombolódásos”
tönkremenetel legszívósabb
PP – részleges PO
IF – interfacial gyakorlatilag a kért lemezfelület szétvélük a lemez síkjában, kerülendő

25

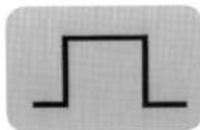
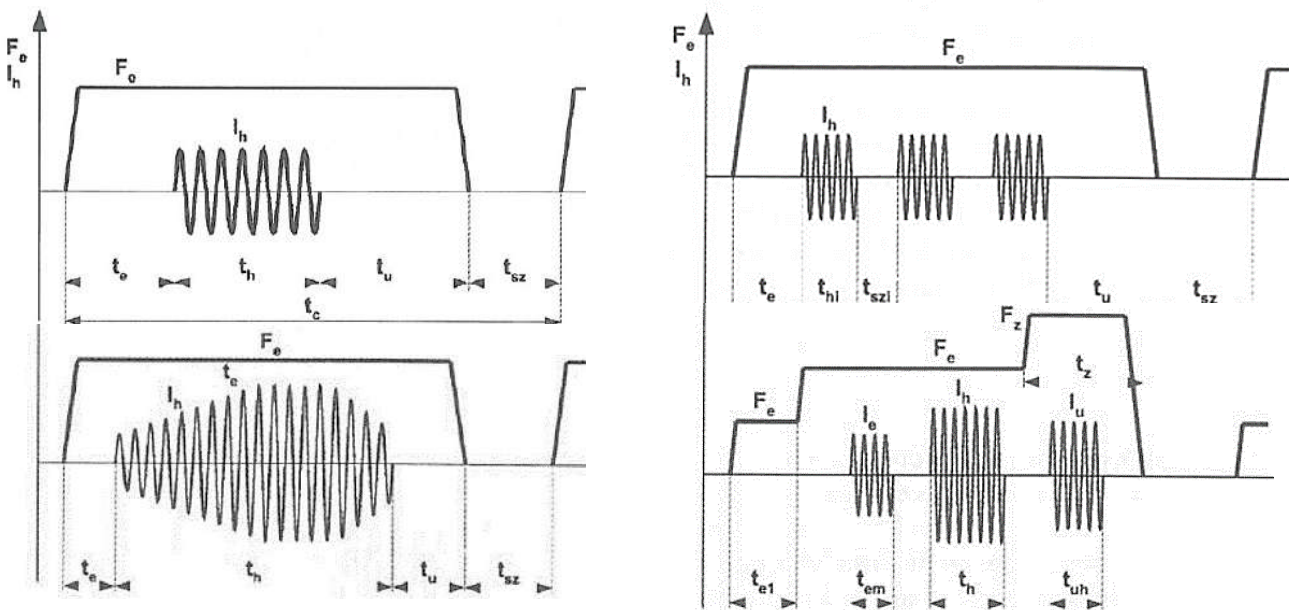
- Fő paraméterek: I , t , F
- Hegesztési ciklus és munkarend fontos a kötés minőségéhez



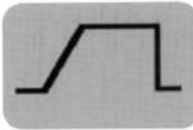
26



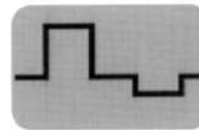
A hegesztési ciklusok áram-hullámalakja és erőprogramja



Single Pulse:
Use on flat un-plated parts

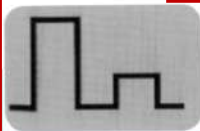


Up Slope: Use on hard, irregular shaped, oxidized parts and aluminum parts

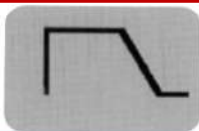


Preheat/Postheat: Use on refractive parts

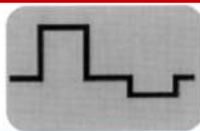
EXAMPLES OF WELDING SEQUENCES (ALSO CALLED HEAT PROFILES)



Quench/ Temper



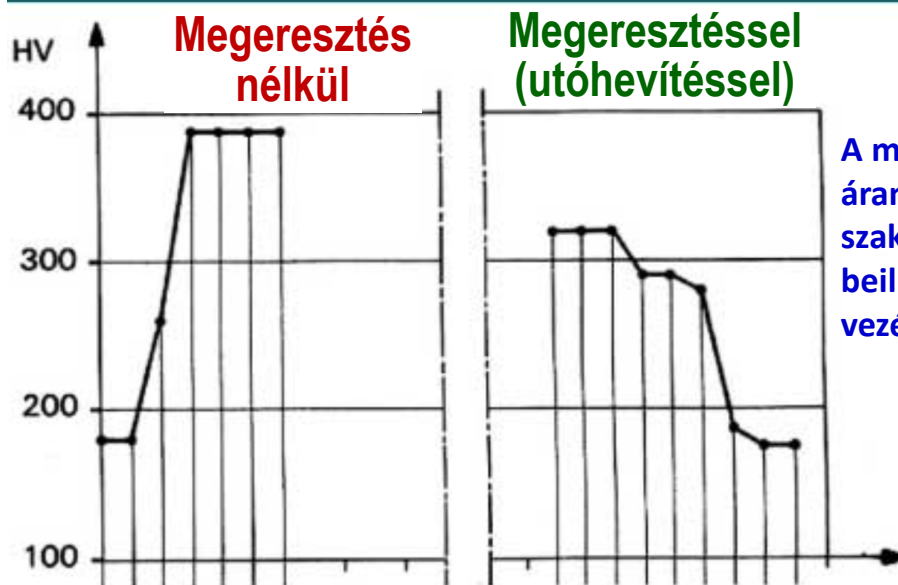
Down Slope: Used to reduce marking and embrittlement



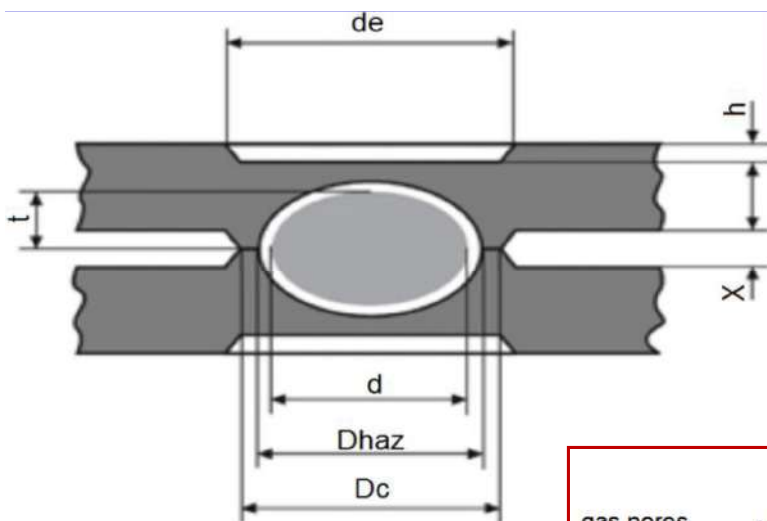
Unbalanced: Use on polarity sensitive parts



Roll Spot: Use to make non-hermetic seam welds



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



MSZ EN ISO 14329:2004

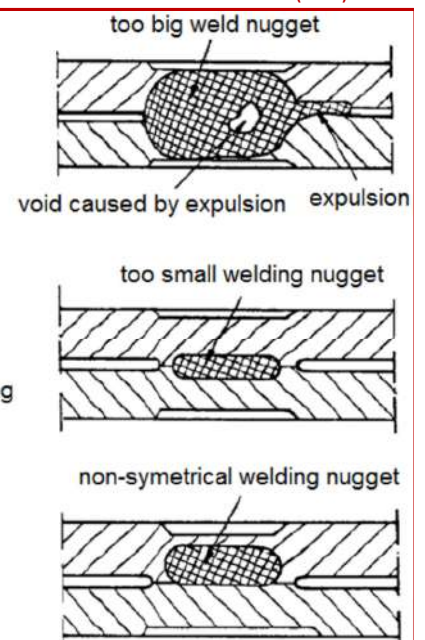
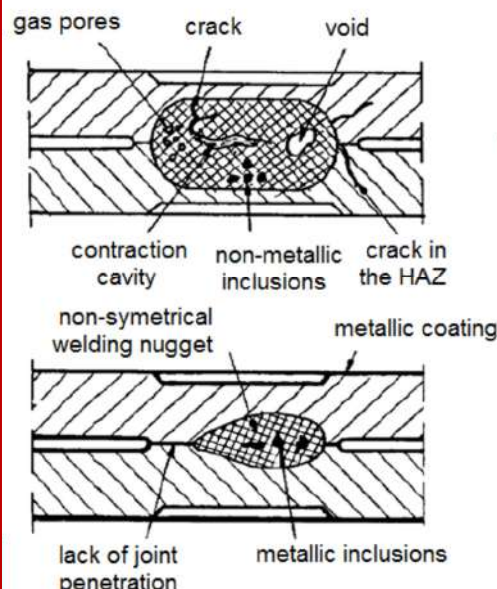
Ellenállás-hegesztés. A hegesztett kötések roncsolásos vizsgálata. Az ellenállás-hegesztésű pont-, vonal-, és dudorvarratok törettpusai és geometriai mérései → 2021-ben visszavonták!

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.


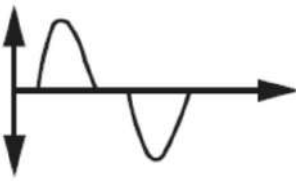
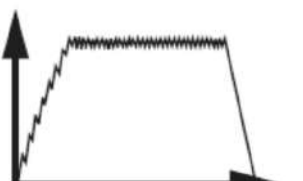

(d) lencseátmérő; (h) benyomódás;
(t) lencsebehatolás; (X) elemelkedés;
(Dc) diffúziós kötési zóna; (Dhaz) hőhatásövezet átmérője

Forrás: Resistance Welding Manual, Rautaruukki Corporation (2009)

A varratlencse jellemzői és eltérései



- MSZ EN ISO 14373:2015 Ellenállás-hegesztés. A bevonat nélküli és a bevonatos, kis karbon tartalmú acélok ponthegeesztési 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 karbon tartalmú acélok ponthegeesztésének munkarendje
- MSZ EN ISO 15609-5:2012 Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. Hegesztéstechnológiai utasítás. 5. rész: Ellenállás-hegesztés
 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure specification. Part 5: Resistance welding

Áramforrás fajtája	Ciklus (ms)	Kötési 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. Korlátos terhelhetőség	

Hegesztési paraméterek ötvöztelen acélokhoz

Epaisseur	Ø pointe	Intensité	Temps	Pression
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

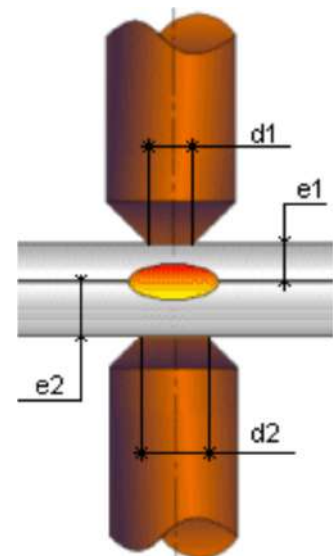
0,5 mm	4,0 mm	3 750 A	0,04 s	175 daN
0,8 mm	4,5 mm	6 000 A	0,10 s	300 daN
1,0 mm	5,0 mm	7 600 A	0,14 s	400 daN
1,5 mm	6,0 mm	11 000 A	0,20 s	650 daN
2,0 mm	7,0 mm	14 000 A	0,24 s	900 daN

33

Ponthegeztő elektródák



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

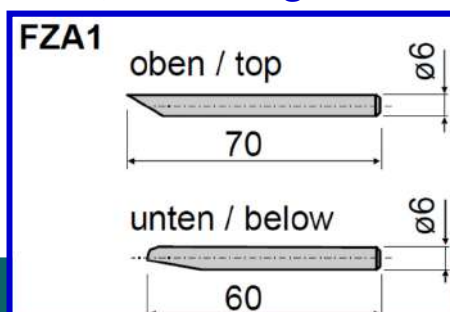
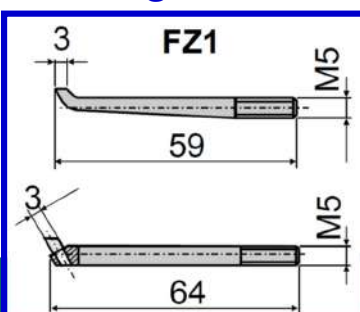


Ha

$$d1 = d2 = D \text{ és } e1 = e2 = e$$

$$\text{akkor } D = 2e + 3 \rightarrow (\text{mm})$$

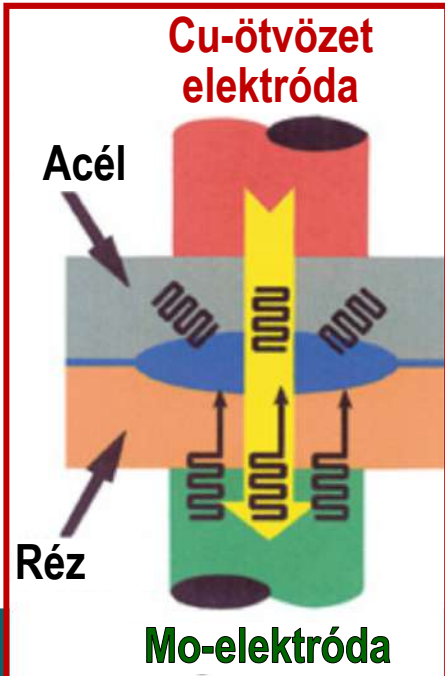
Ponthegeztő elektródák, mikrohegesztéshez



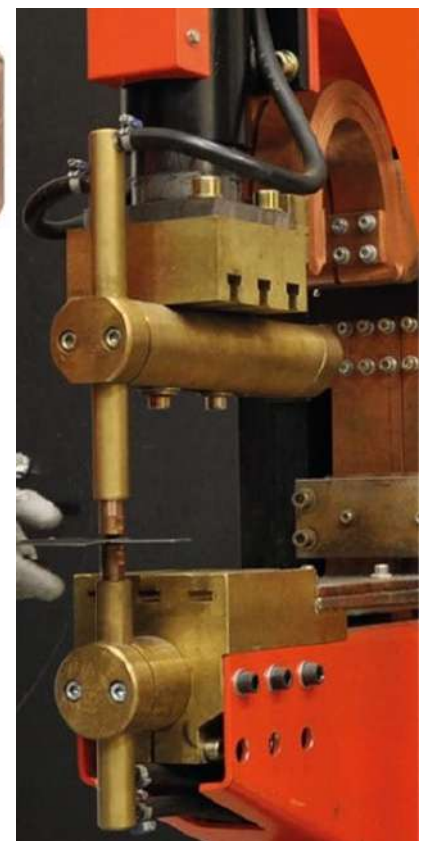
34

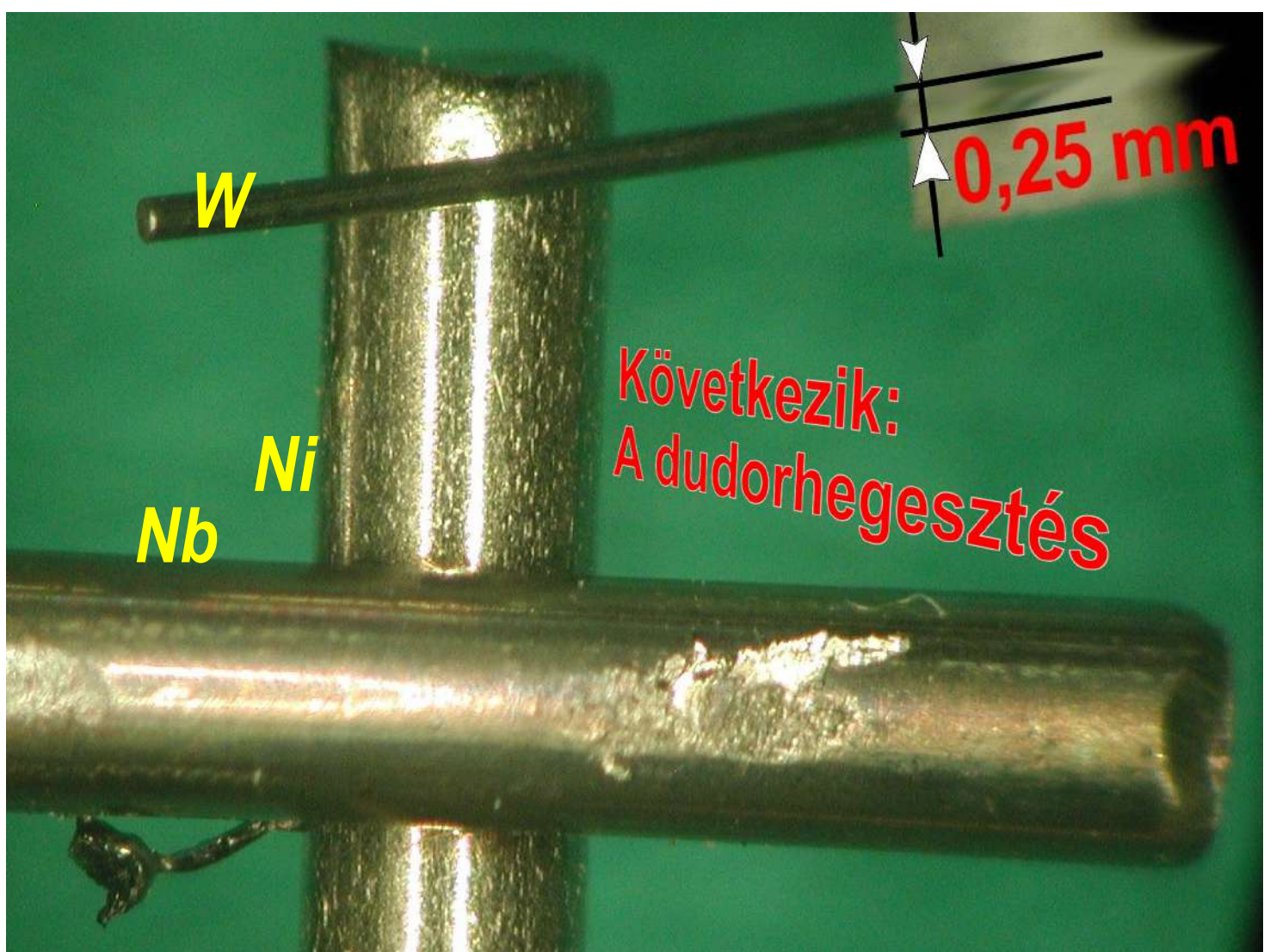
Anyag	Tömegarány, %	Sűrűség	Keménység	IACS, %	Szakítószil., MPa
Cu	99,90	8,9	82–90 HRF	99	220–460
Cu Cr	Ez az alapfém 0,8–1,2	8,9	70–78 HRB	76–80	450
Cu Cr Zr	Alapfém 0,8–1,2 0,03–0,1	8,9	72–80 HRB	78–86	400
Cu Be Ni Co	Ez az alapfém 0,3–0,5 1,2–1,6 0,3–0,5	8,9	90–98 HRB	45–48	680
Cu Be Co	Ez az alapfém 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





Al-bevonatos, melegen préselve edzhető acél

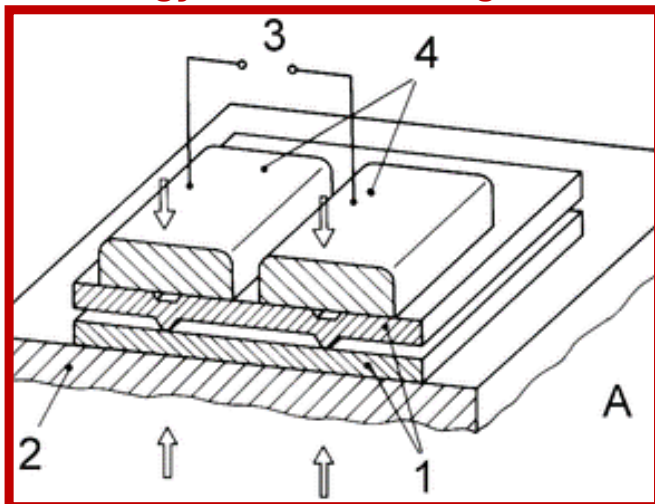




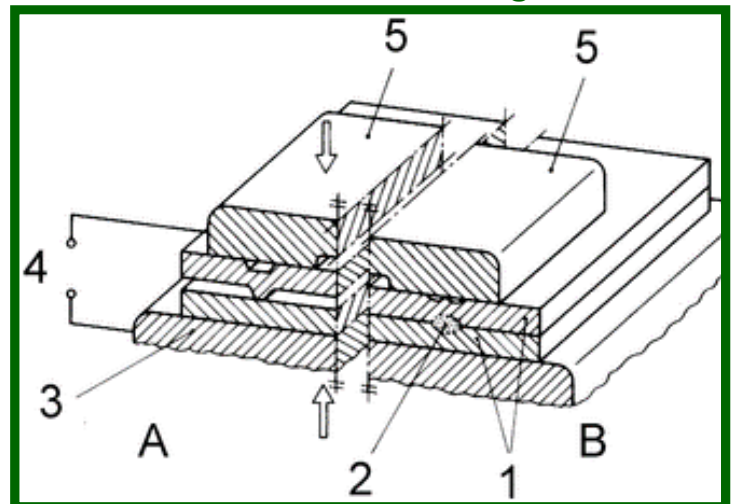
Dudorhegesztés (23)



231 Egyoldali dudorhegesztés

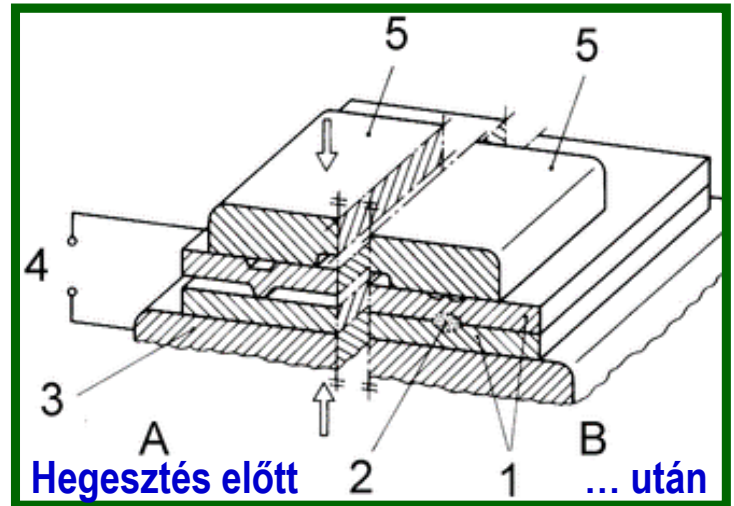


232 Kétoldali dudorhegesztés



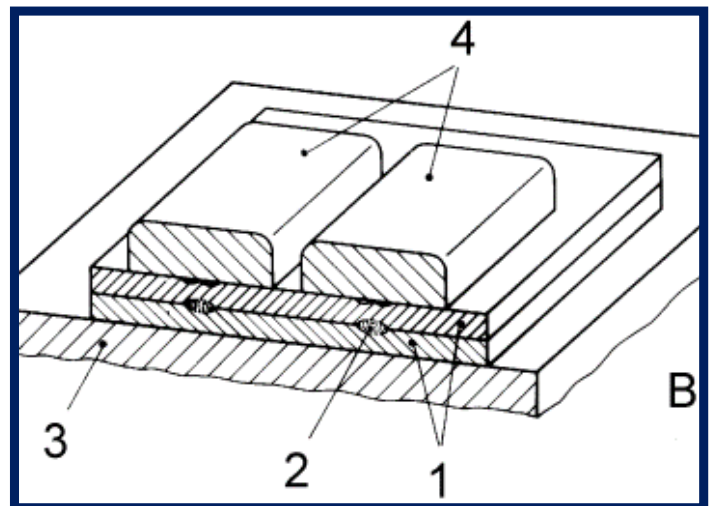
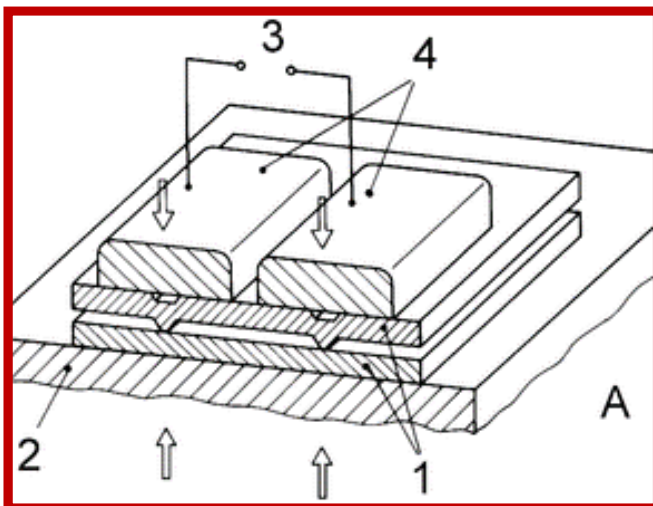
A dudorhegesztés (23)a ponthegesztéssel szoros rokonságban álló eljárás. A sajtolóerőt és a villamos áramot VAGY az egyik, VAGY mindkét felületen kialakuló dudorra összpontosítják.

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



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

41



Hegesztés előtt

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



Hegesztés után

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

42

A dudorhegesztés előnyei

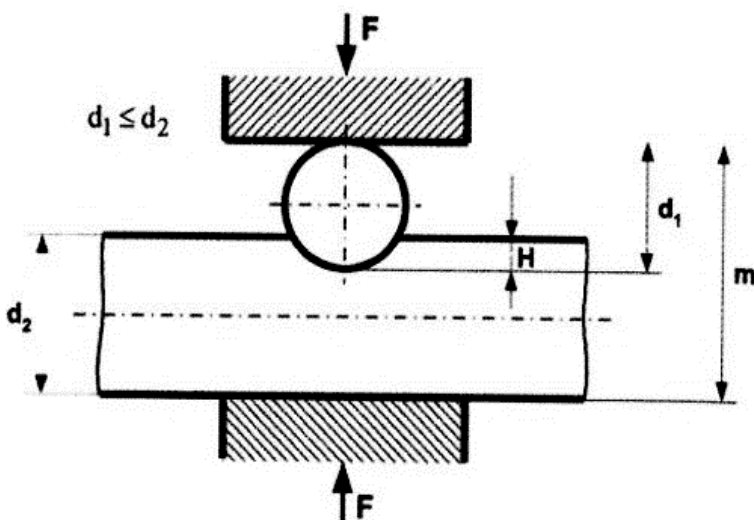
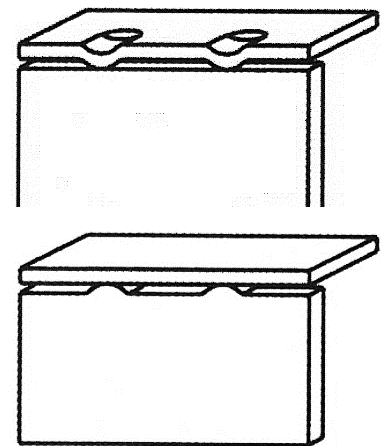
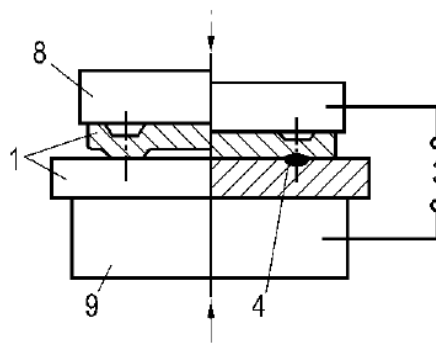
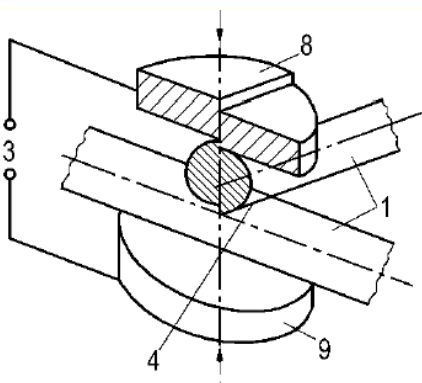
- Egy hegesztési ciklusban egyszerre több varrat készíthető.
- Kisebb átfedés és varrattávolság.
- A vastagságarány akár 1:6 is lehet.
- Kisebb méretű lehet a varrat, mint a ponthegesztésnél.
- Jobb megjelenés a dudorral átellenes oldalon.
- Kisebb mértékű elektródakopás, mint a ponthegesztésnél.
- A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



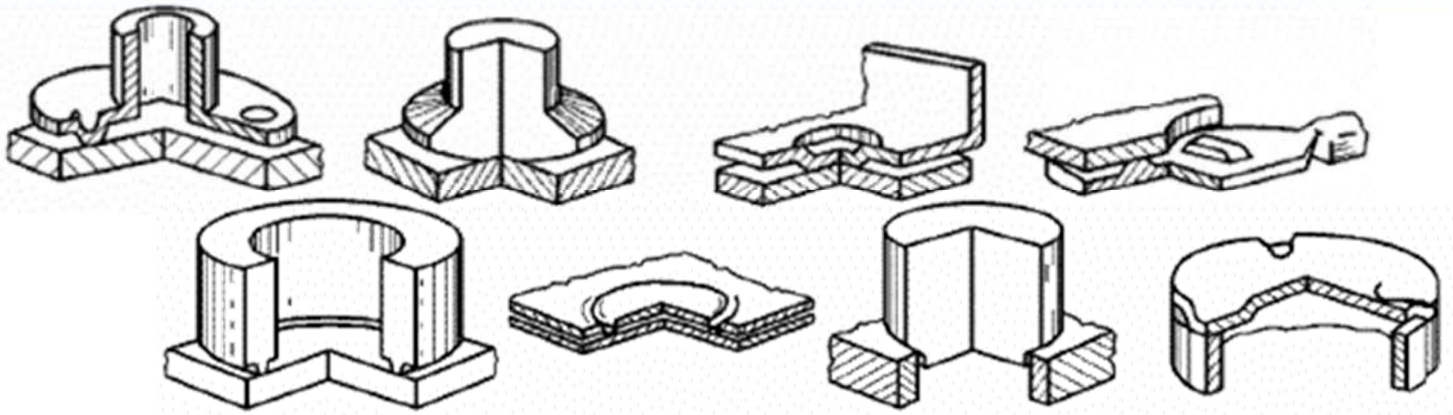
Természetes dudor (keresztkötés) vagy mesterséges dudor



$$H = d_1 + d_2 - m$$

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

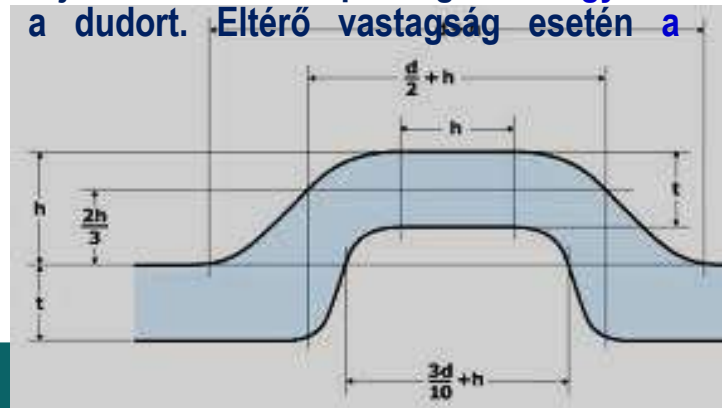
h_r = relatív összenyomódás



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



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
- 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

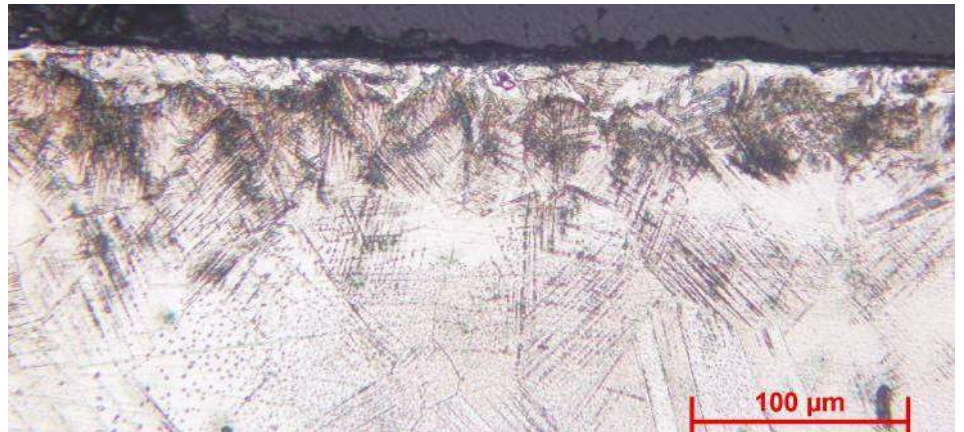
Jelölési példa: ISO 5182:2016 – A 2/1 → „A” = Cu-ötvözet, „2” = anyagtípus, „1” = anyagszám

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 sárgaréz 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. Ötvényként tompahegesztő gépek befogópofáihoz, dudorhegesztő elektródákhoz. Vonalhegesztő gépek áramvezető síklócsapágái, mindenféle csatlakozó alkatrész az ellenállás-hegesztő gépeken
Cu-Be		Tompahegesztő befogópofák, dudorhegesztő elektródák, nagy felületi nyomásokhoz, cserélhető elektródabetétek és -csúcsok
Cu-Al	Ötvény	Szekunderkörü 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





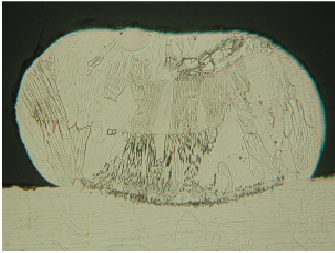
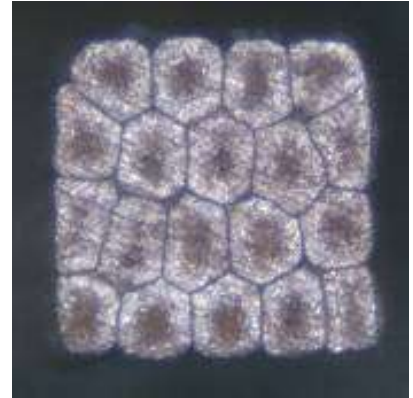
Az öntvény „kérges”, 25%-kal keményebb, alakítási martenzites → nem heged oda.
Mi a megoldás? → le kell forgácsolni



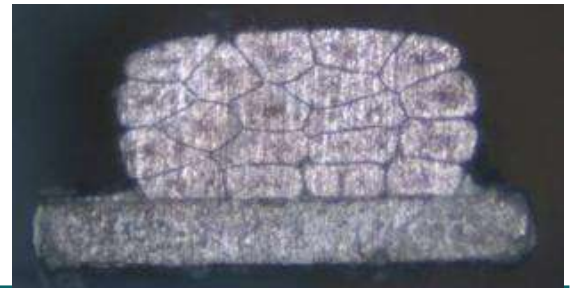


Légsákcsatlakozók Cu + Cu

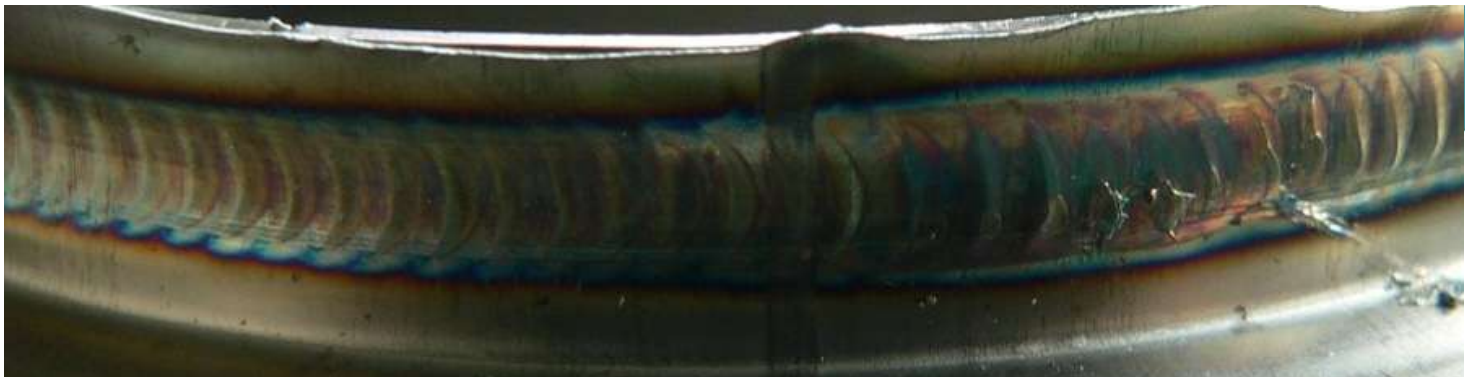
Hengeres szűrőtesteken a huzalvégek
hegesztési technológiájának és (!!!) az alkalmas
hegesztőberendezésnek a kifejlesztése



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

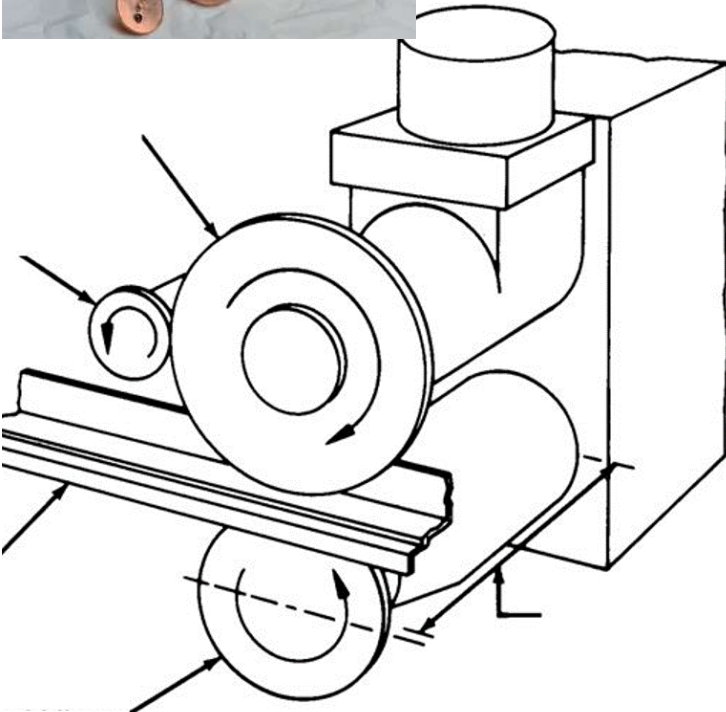
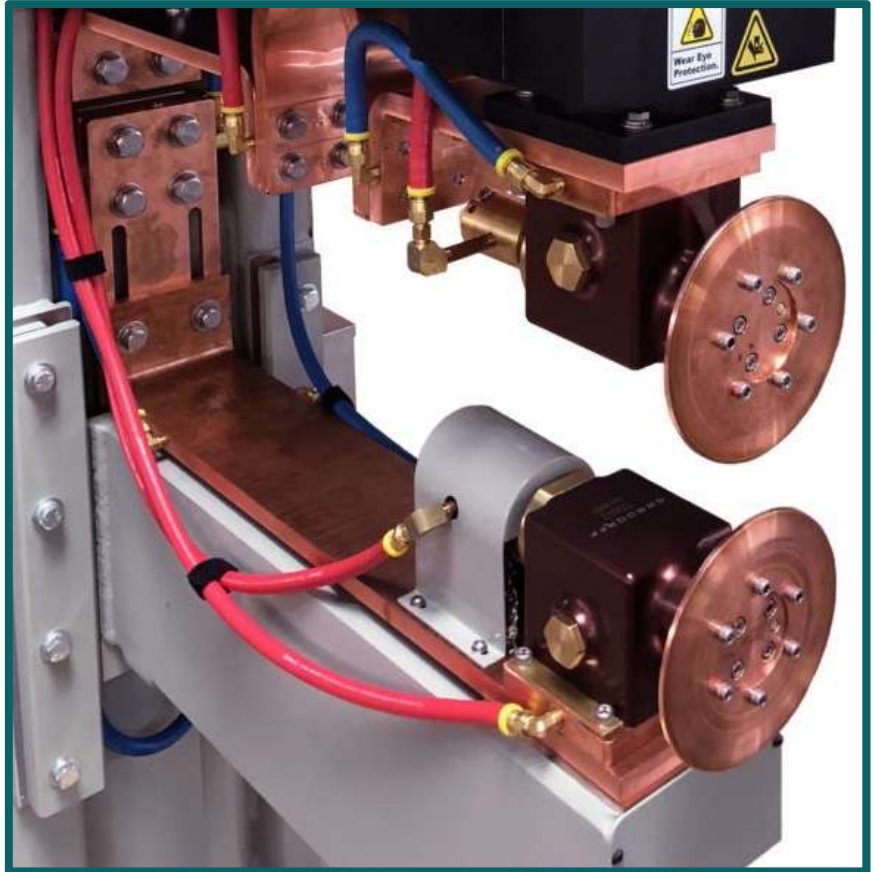


51

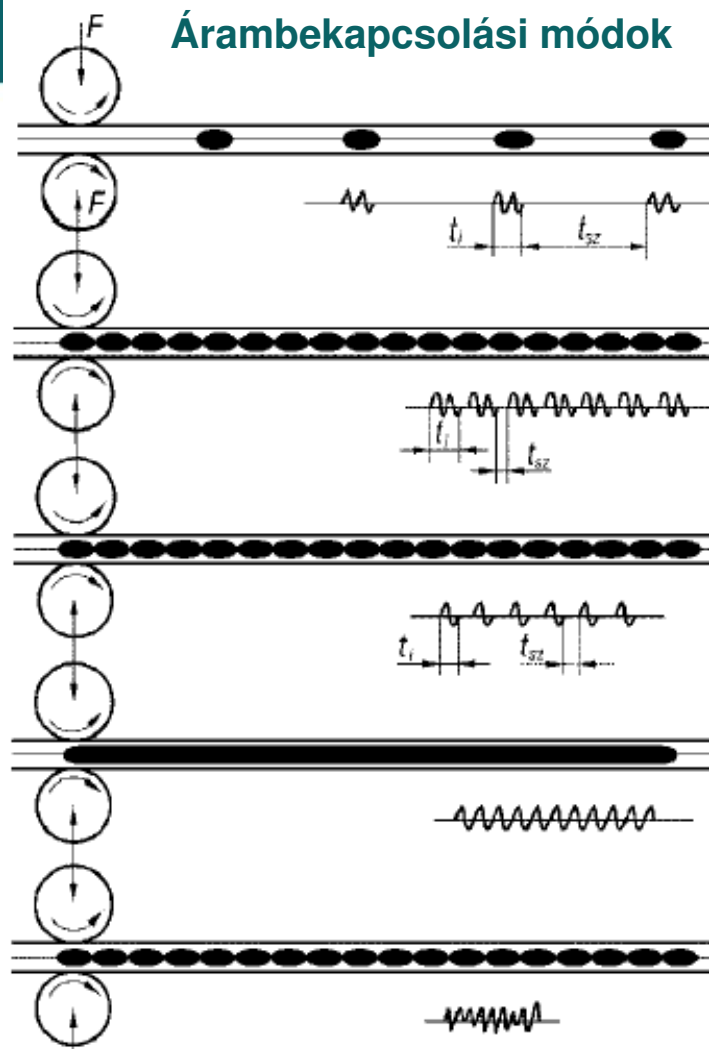


A vonalhegesztés





Árambekapcsolási módok



221 Átlapolásos vonalhegesztés

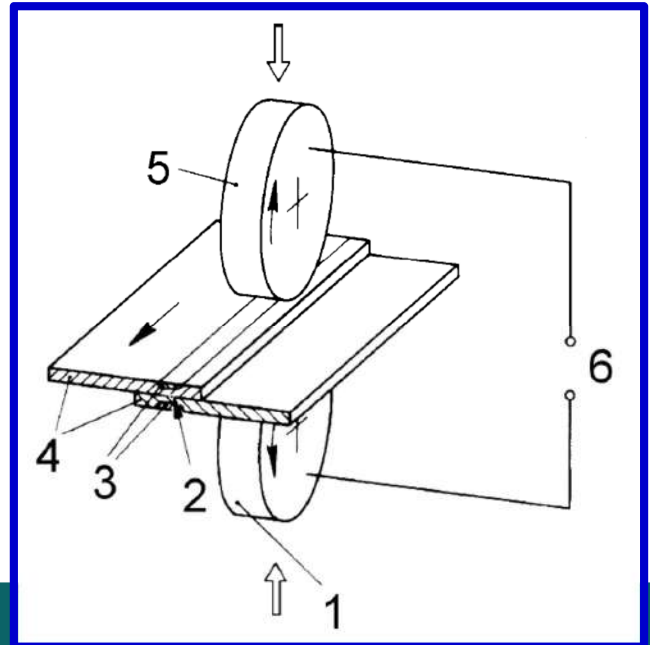
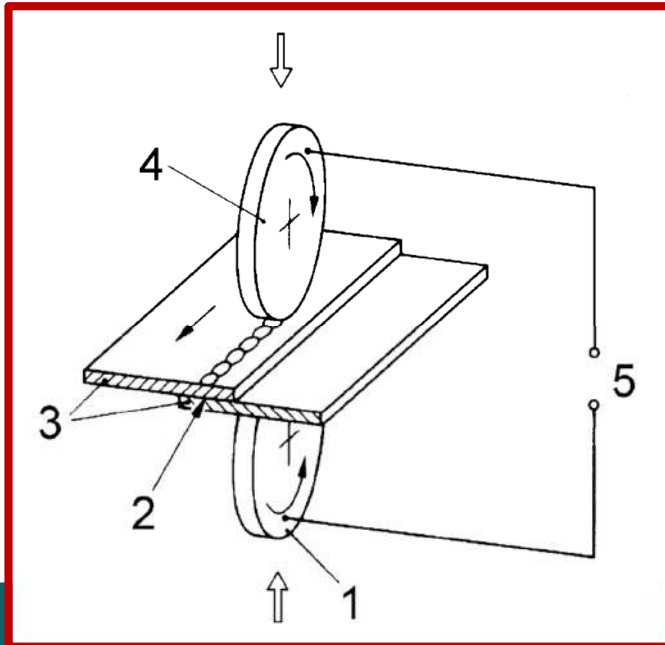
222 Zömítéses vonalhegesztés

223 Élélőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



221 Átlapolásos vonalhegesztés

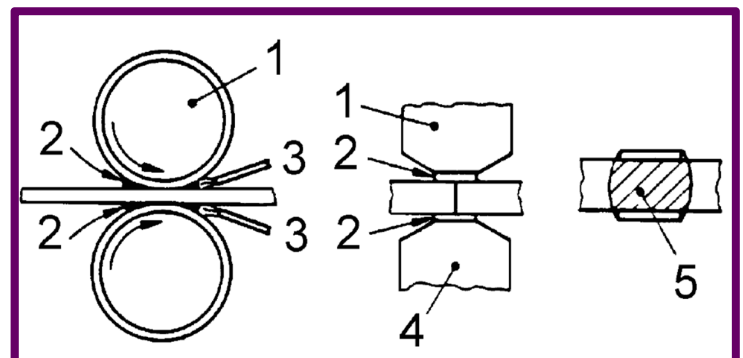
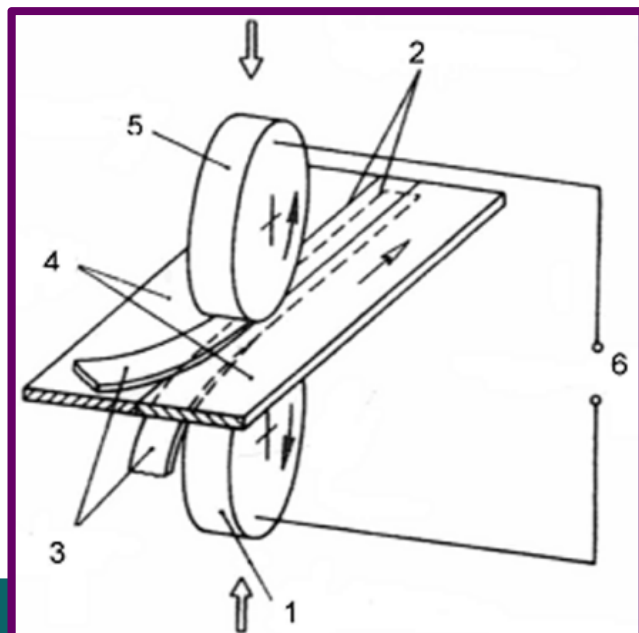
222 Zömítéses vonalhegesztés

223 Élélőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



221 Átlapolásos vonalhegesztés

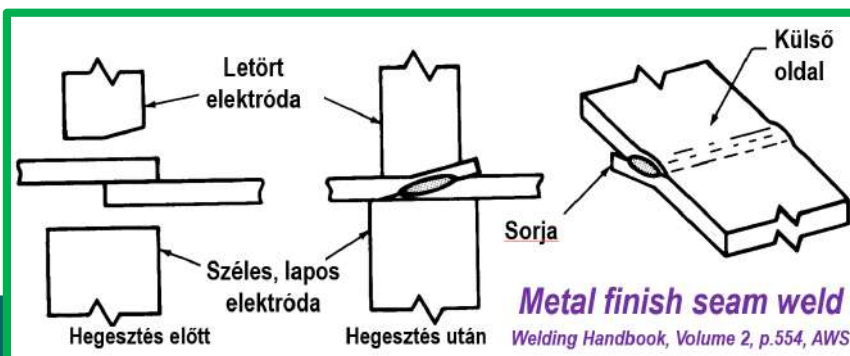
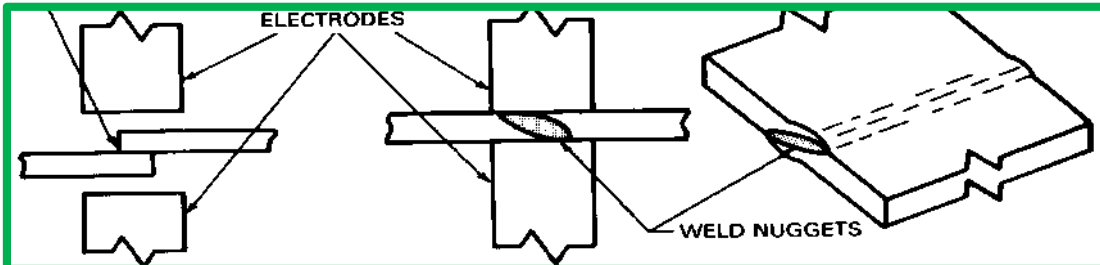
222 Zömítéskészítéses vonalhegesztés

223 Élélőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés



221 Átlapolásos vonalhegesztés

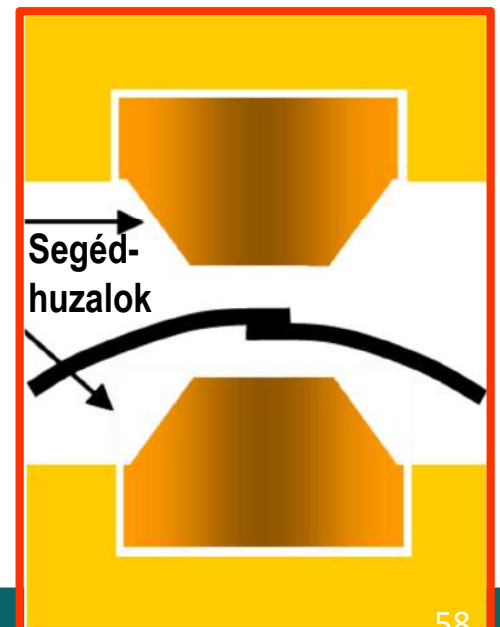
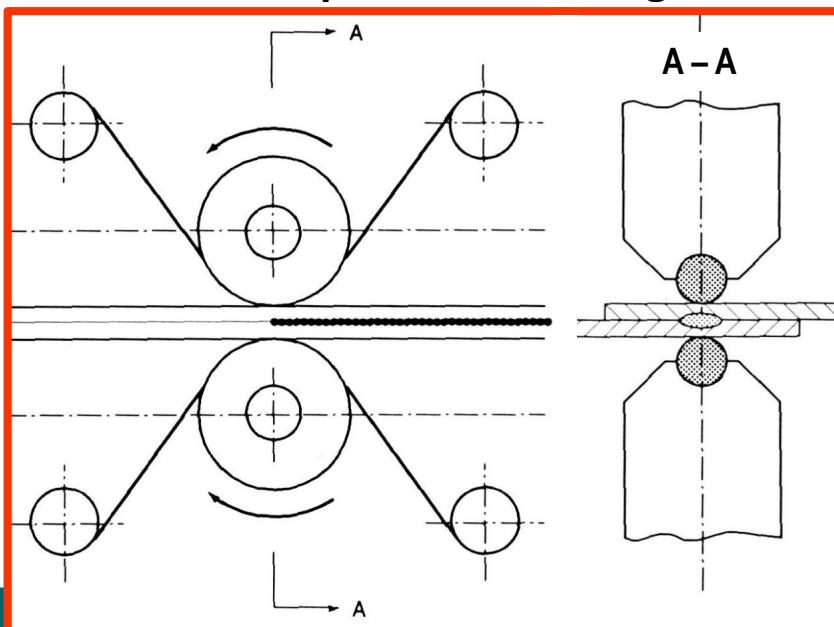
222 Zömítéskészítéses vonalhegesztés

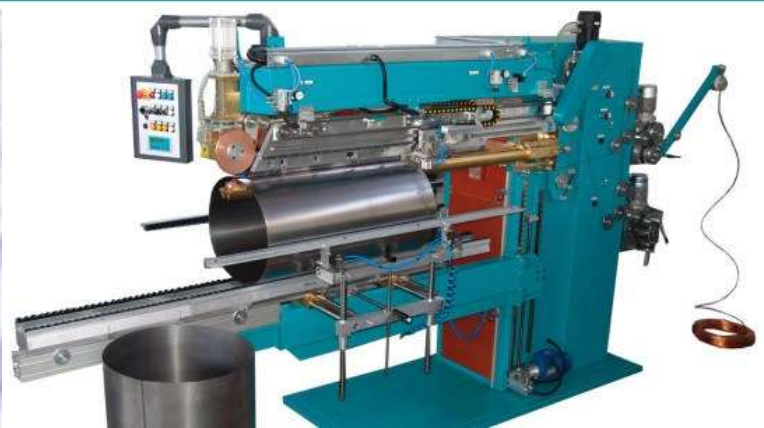
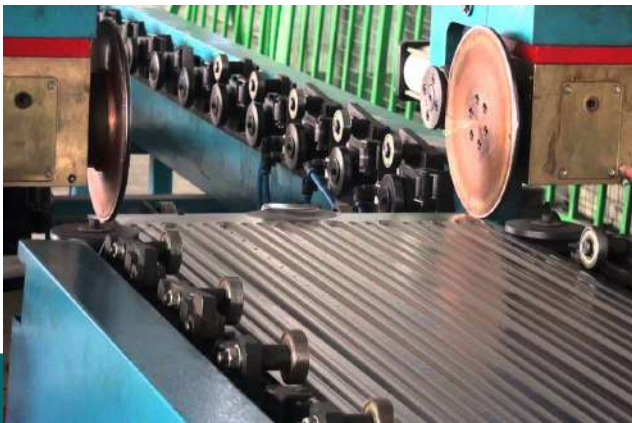
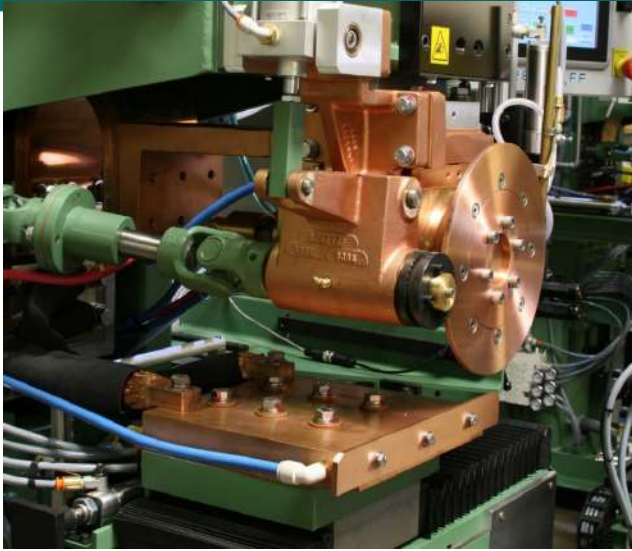
223 Élélőkészítéses, tompavarratos vonalhegesztés

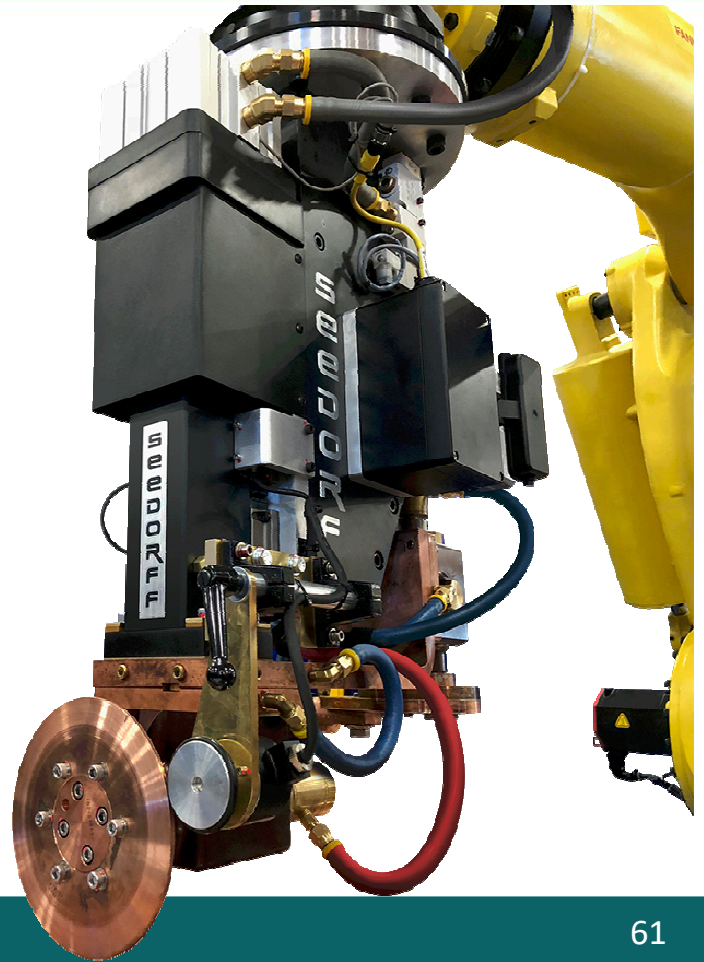
224 Segédhuzalos vonalhegesztés

225 Fóliás, tompavarratos vonalhegesztés

226 Fóliás, átlapolásos vonalhegesztés





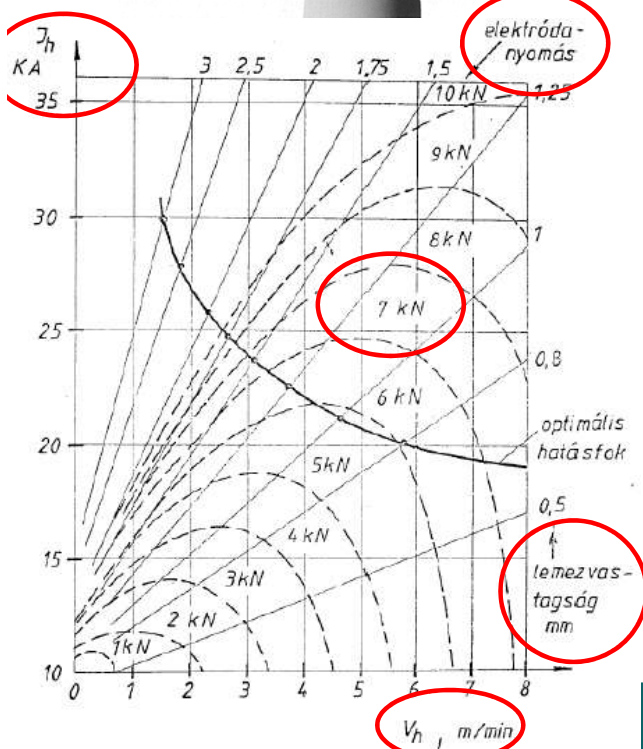
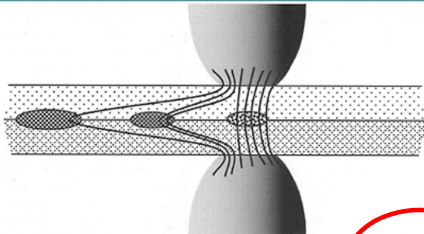


Kézi is!

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

Robotos is ...

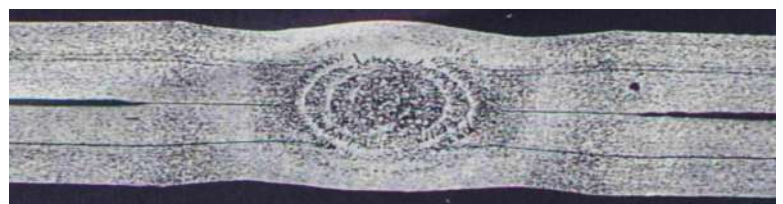
61



2 m/min



6 m/min



16 m/min

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

62

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

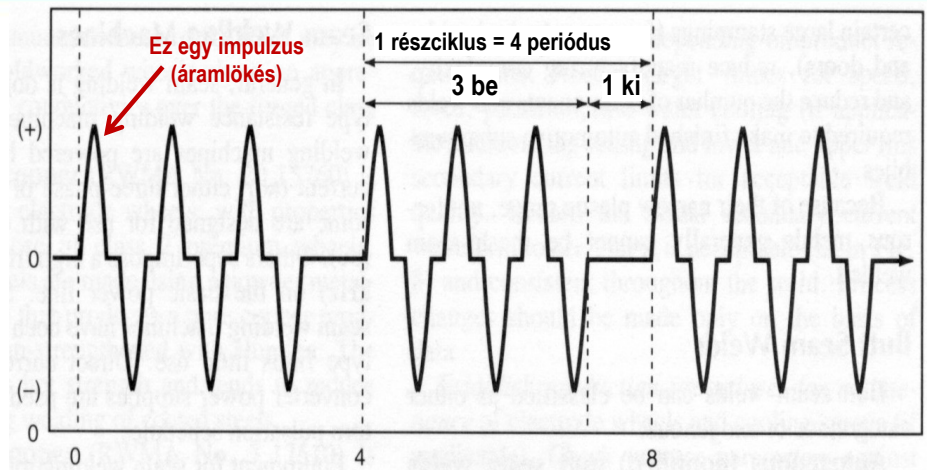
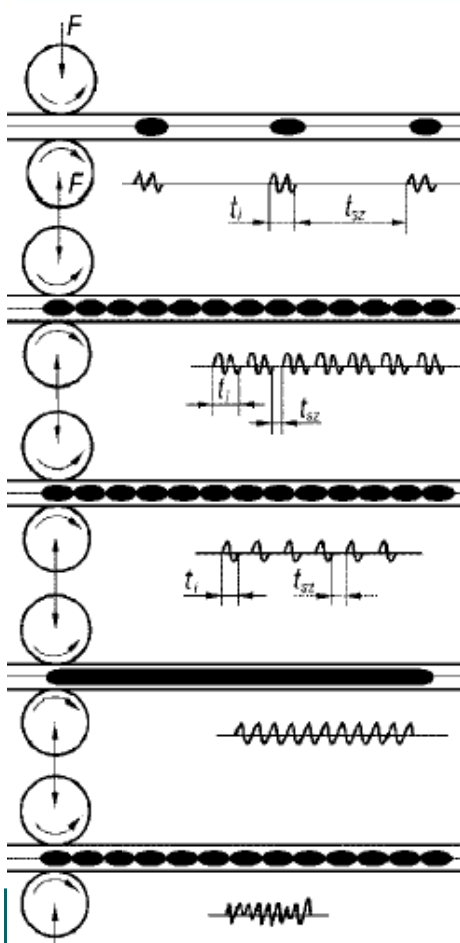
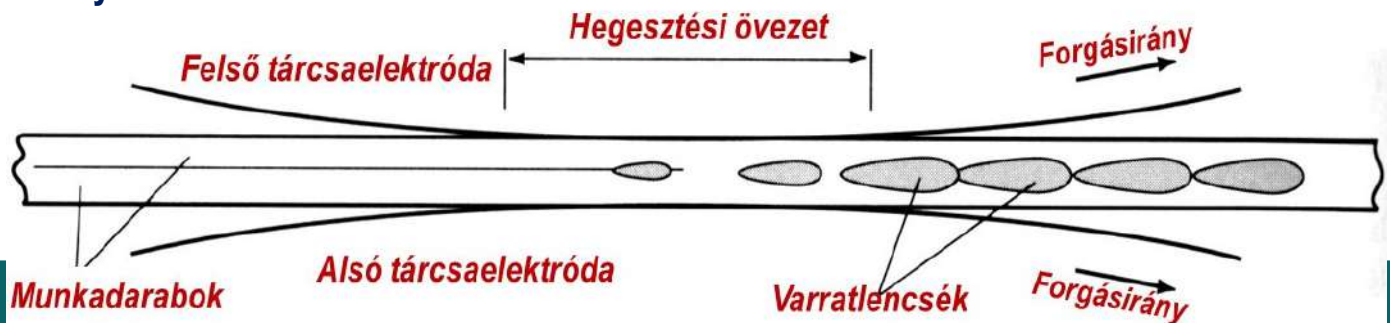
Ahogy a haladási növekszik, úgy több anyag kerül a kerek közé áramféciklusonként, s így az áramsűrűség eléri a(z alsó) határt.

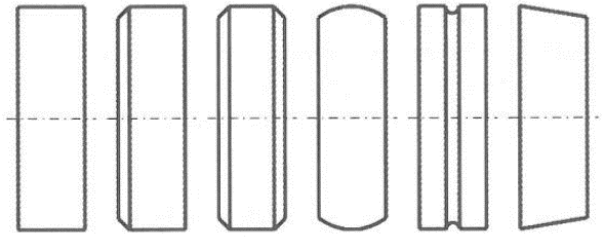
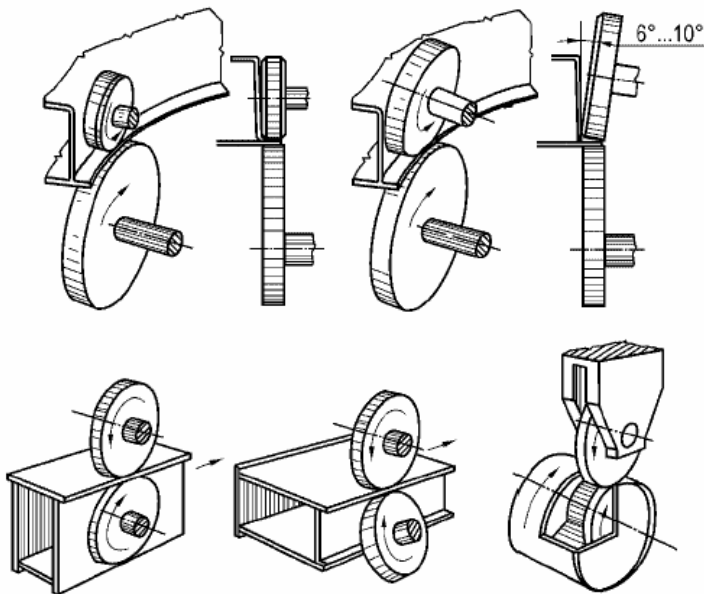
Fémbevonat (villamos vezető anyag)

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 (hátabb) tolódik, a hengerek nyomóhatási zónáján kívülre (lásd a következő csúszást), és könnyebb a kiutasítás.





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!**

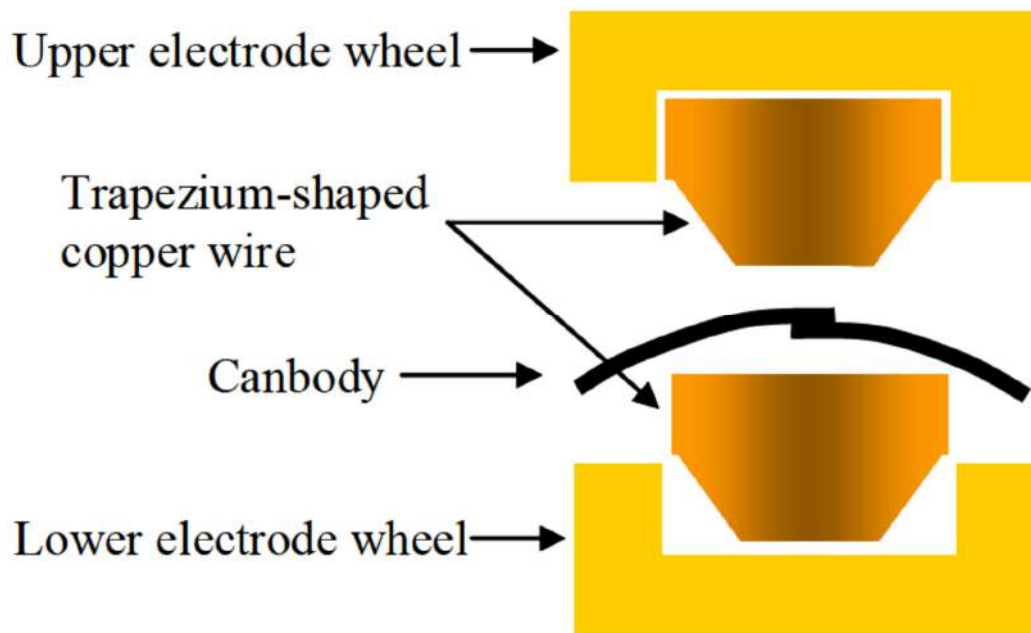
A felületi szennyeződések leginkább a következők lehetnek:

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

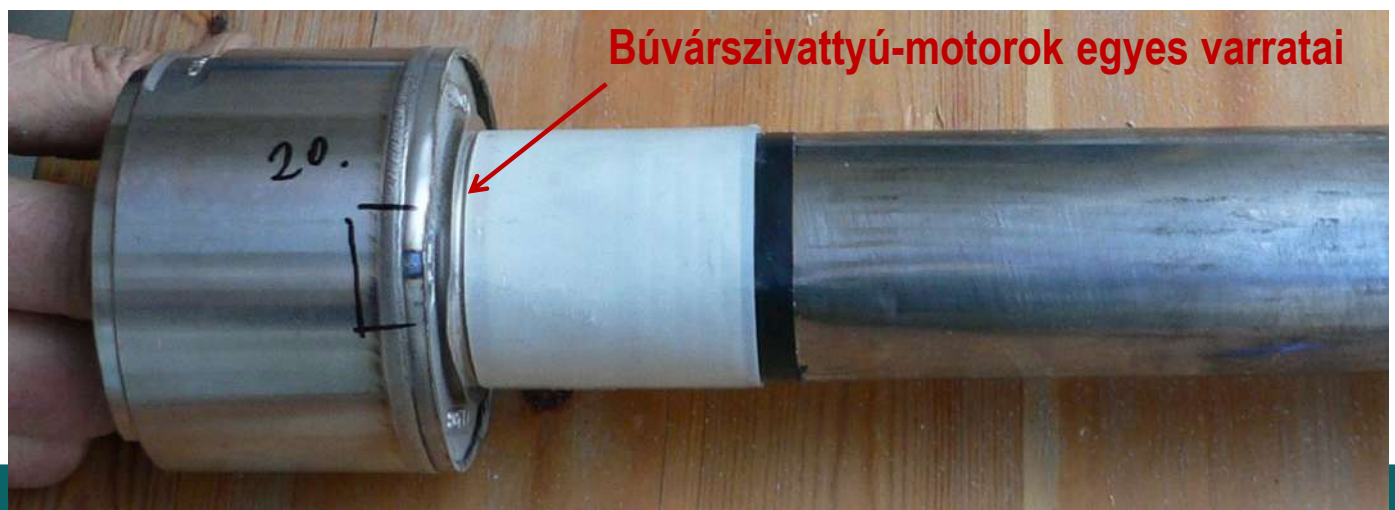
A szennyeződések következményei:

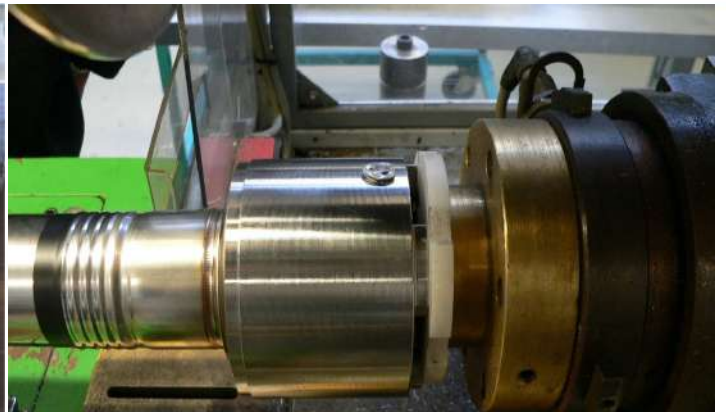
- Romló kötésminőség (eltérések → varrathibák),
- Szűkülő technológiai ablak nehézségek (oxidok!),
- A varratulajdonságok növekvő szórása,
- Fokozott elektródakopás.

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



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





- **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.

71

Eltérések? → Hibák? ← Értékelés
után: döntés elektródák anyaga

1–4. Különbféle hegeszthetőségi problémák, ezek anyagfüggők

5. Mechanikai tulajdonságokban adódó problémák → VIZSGÁLAT!

6. Esztétikai problémák

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

72

A tompahegesztések



A sajtolóhegesztési eljárások rendszerezése



VI. Mozgó tömeges sajtolóheg.

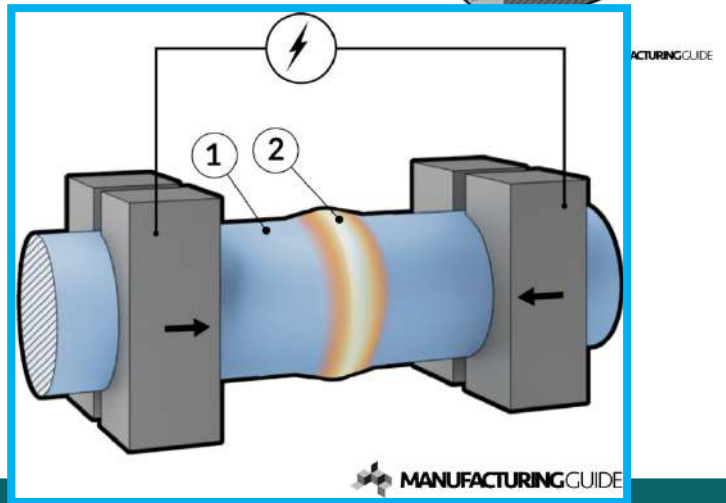
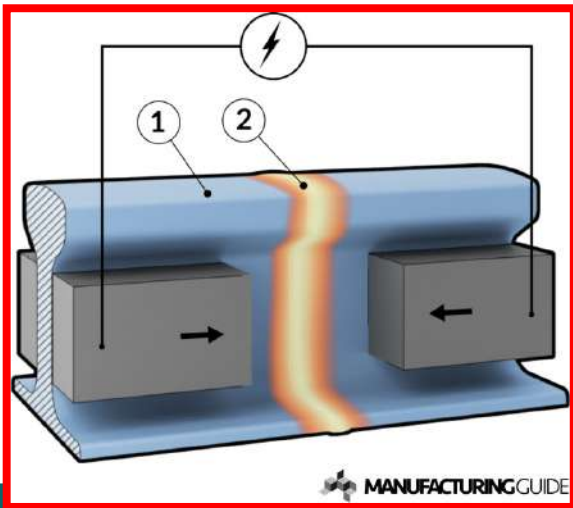
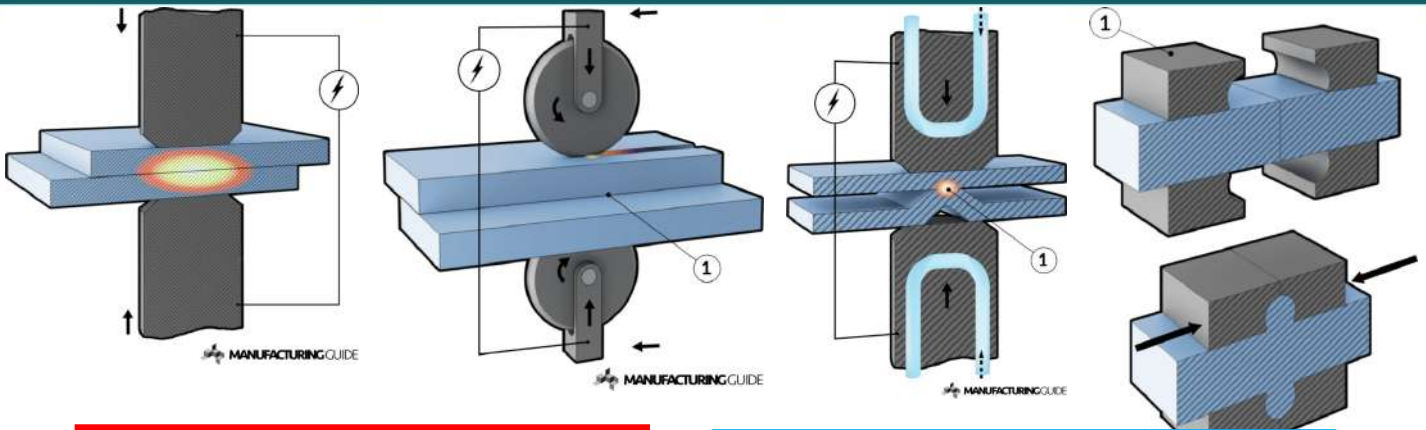
Hidegsajtoló hegesztés (48)
Hidegzömítő hegesztés
Hátrafolyatásos hegesztés
Ütközéses hegesztés
Robbantásos hegesztés (441)
Mágneses-impulzusos hegesztés
Dörzshegesztés (42)
Kovácshegesztés (43)
Ultrahangos hegesztés (41)

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.



<https://www.manufacturingguide.com/en/svetsning>

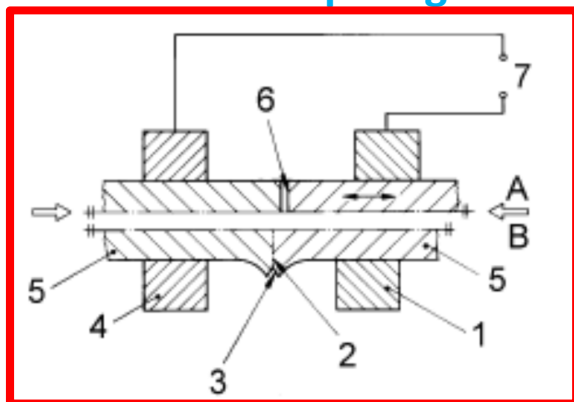
75

24 Leolvasztó tompahegesztés

241 Előmelegítéses, leolvasztó tompahegesztés

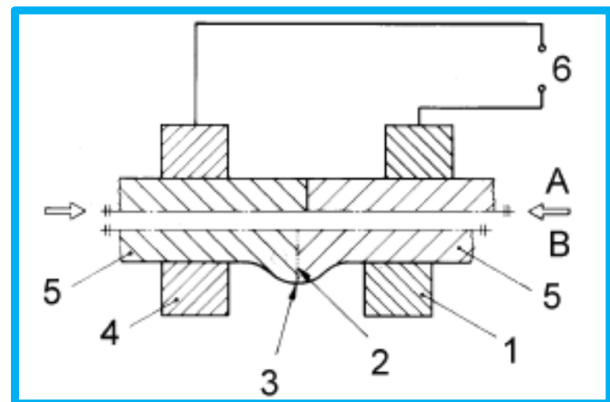
242 Előmelegítés nélküli, leolvasztó tompahegesztés

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 Spannbacke
- 2 Schweißnaht
- 3 Grat
- 4 Spannbacke
- 5 Werkstücke
- 6 Abbreznzone
- 7 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

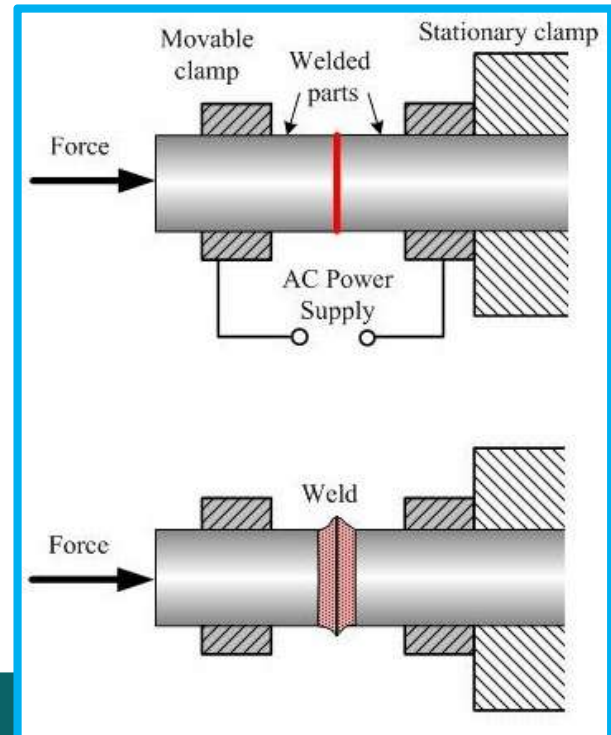
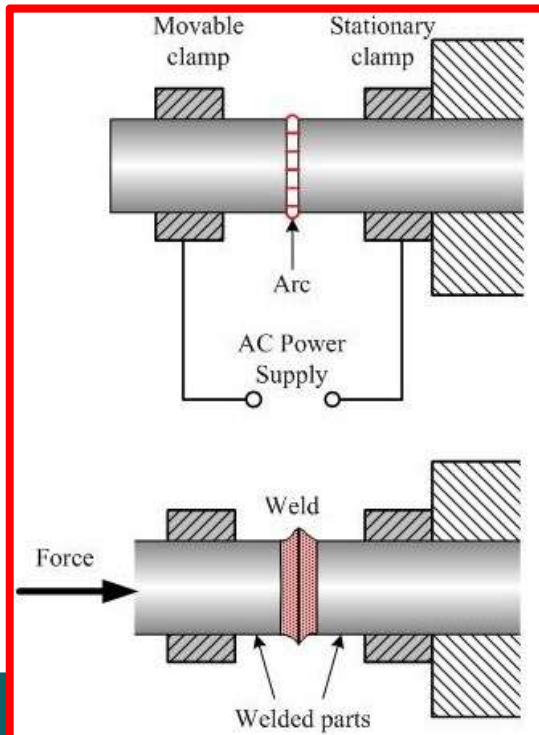
- Legende**
- 1 Spannbacke
 - 2 Schweißnaht
 - 3 Stauchwulst
 - 4 Spannbacke
 - 5 Werkstück
 - 6 Energiequelle
 - A vor dem Schweißen
 - B nach dem Schweißen

24 Leolvasztó tompahegesztés

241 Előmelegítéses, leolvasztó tompahegesztés

242 Előmelegítés nélküli, leolvasztó tompahegesztés

25 Ellenállás-tompahegesztés



77

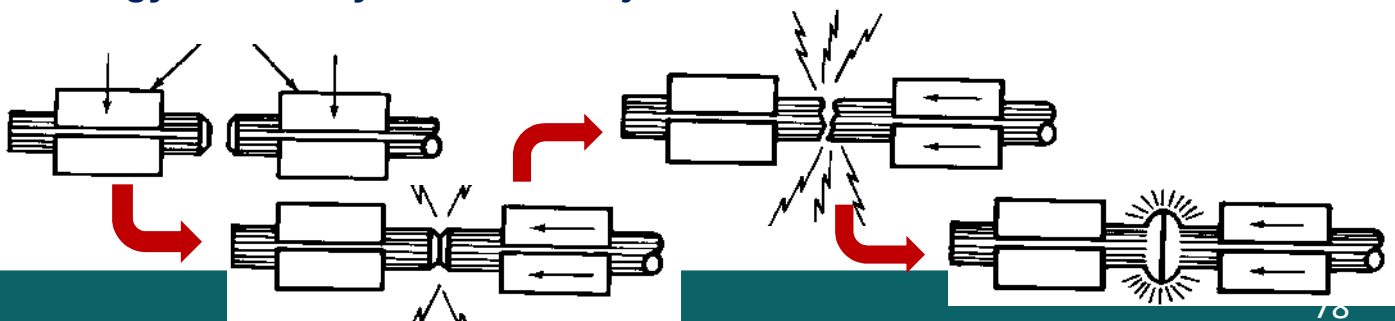
A munkadarabok befogása után bekapcsolják az áramot, és az alkatrészeket egymáshoz közelítik.

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

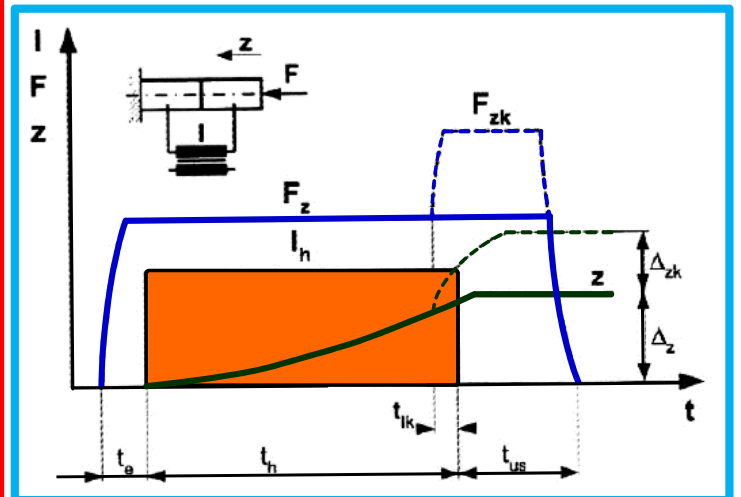
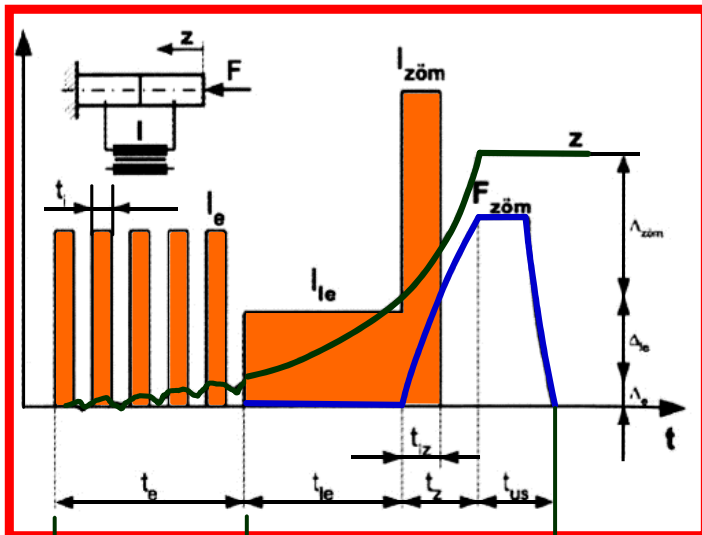
A homloklfelületeken folyékony fém- és oxidhártya képződik, majd a feleket összesajtolják. A salakot a leolvasztás és a sajtolás távolítja el.

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

A hegesztési hőmérséklet elérése után munkadarabokat összesajtolják; → a homloklfelületek környezetében képlékeny alakváltozás megy végbe. A fém egy része kinyomódik a sorjába.



76

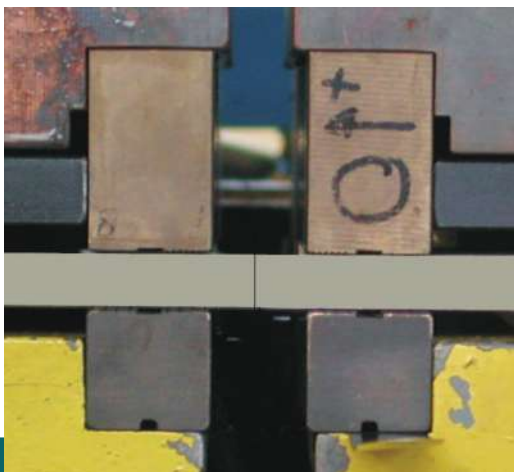
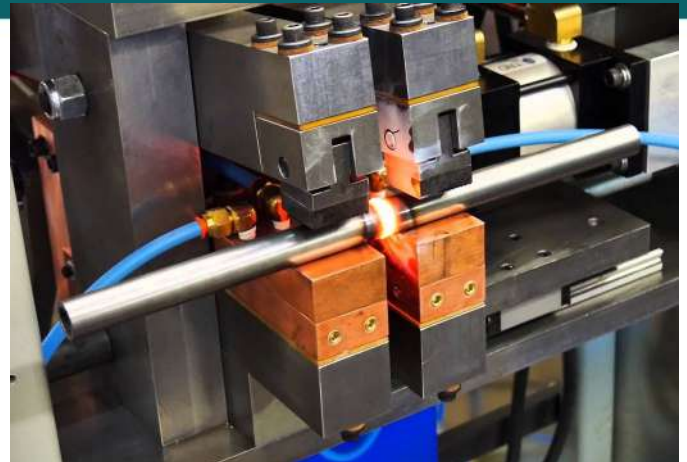
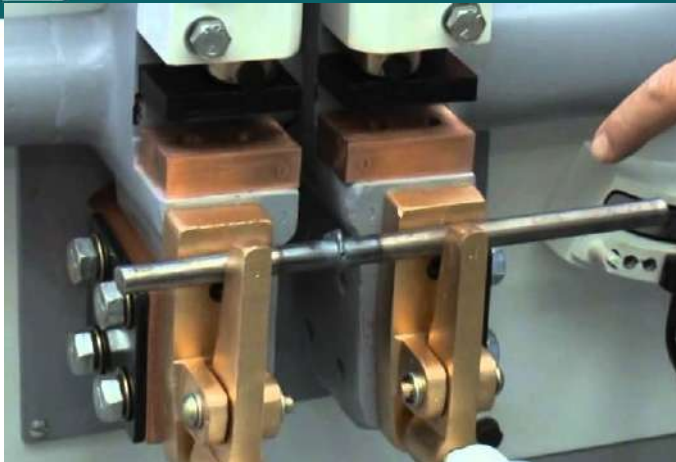


242

241

Előmelegítés

A vizsgán ezeket hasznos tudni!



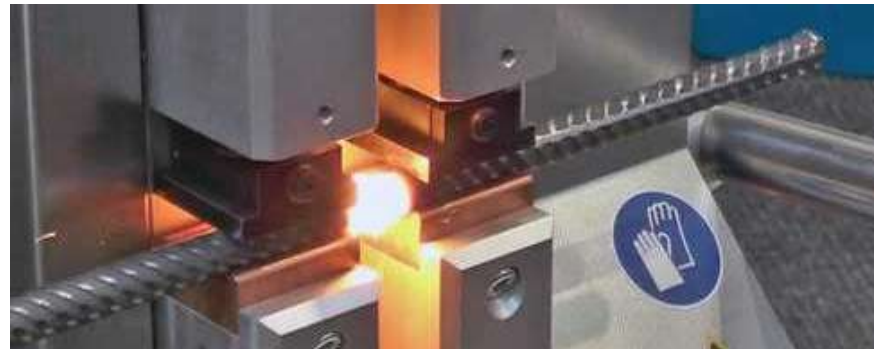
- **Anyagok:** szénacél, rozsdamentes acél, alumínium-, réz-, nikkelötvözetek, szénacél + keményfém
- **Azonos keresztmetszetű profilok tompahegesztése**
- **Keréktárcsák (felnik) a járműiparban**
- **Motor- és generátorkeretek az villamosgépiparban**
- **Futóműelemek, vezérlőegységek és üreges légcsavarlapátok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



81

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**

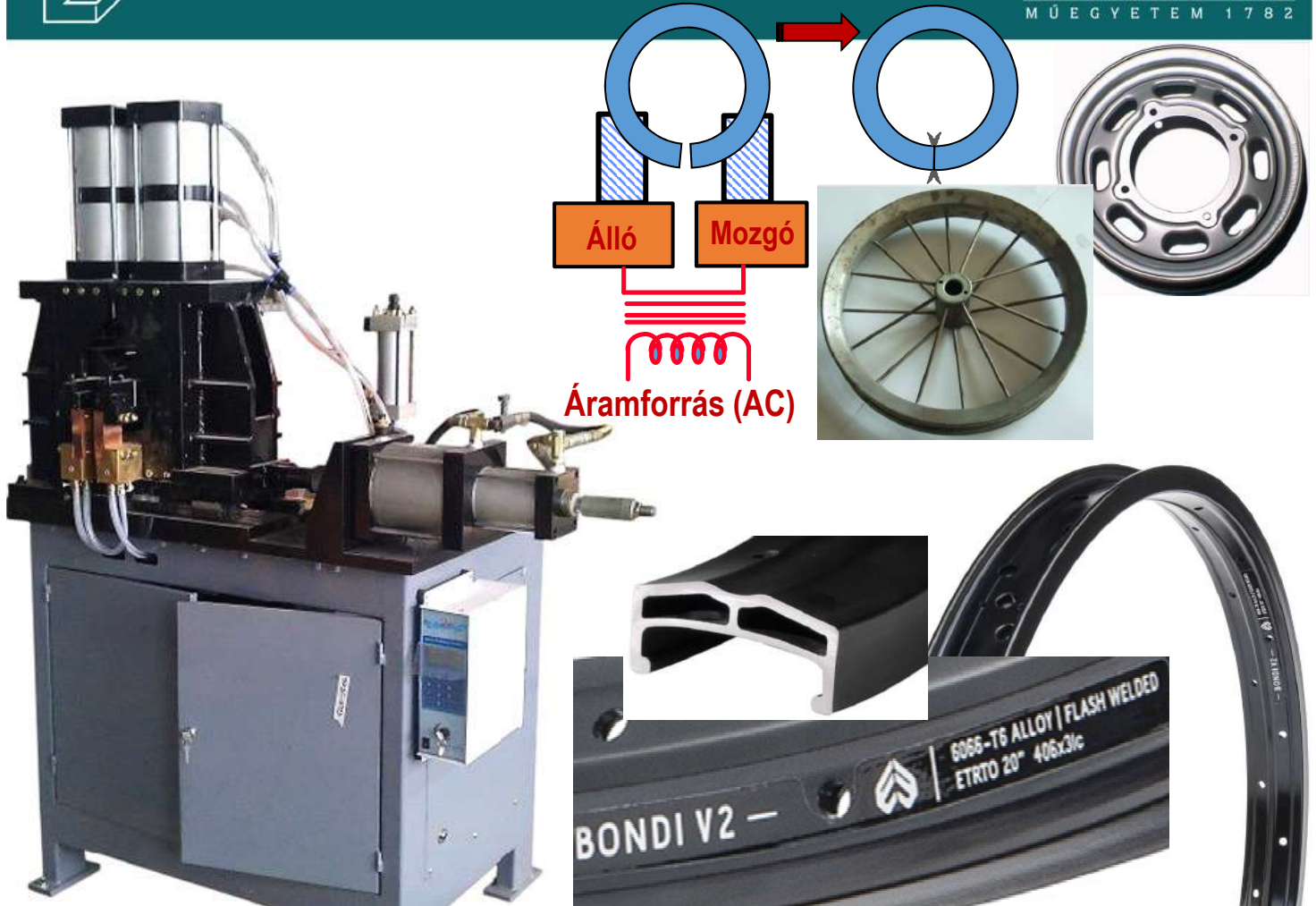


www.youtube.com/watch?v=vlnbzT6CmmQ

83

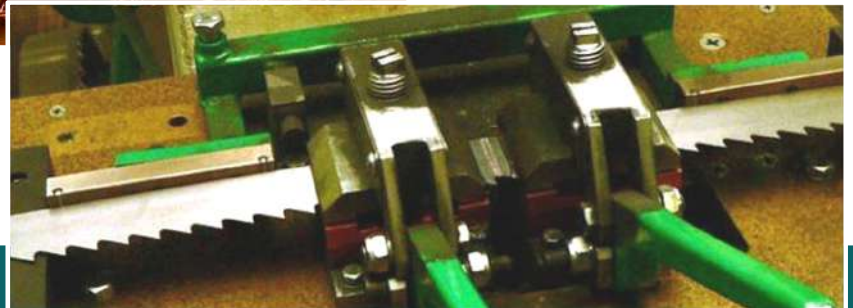


84

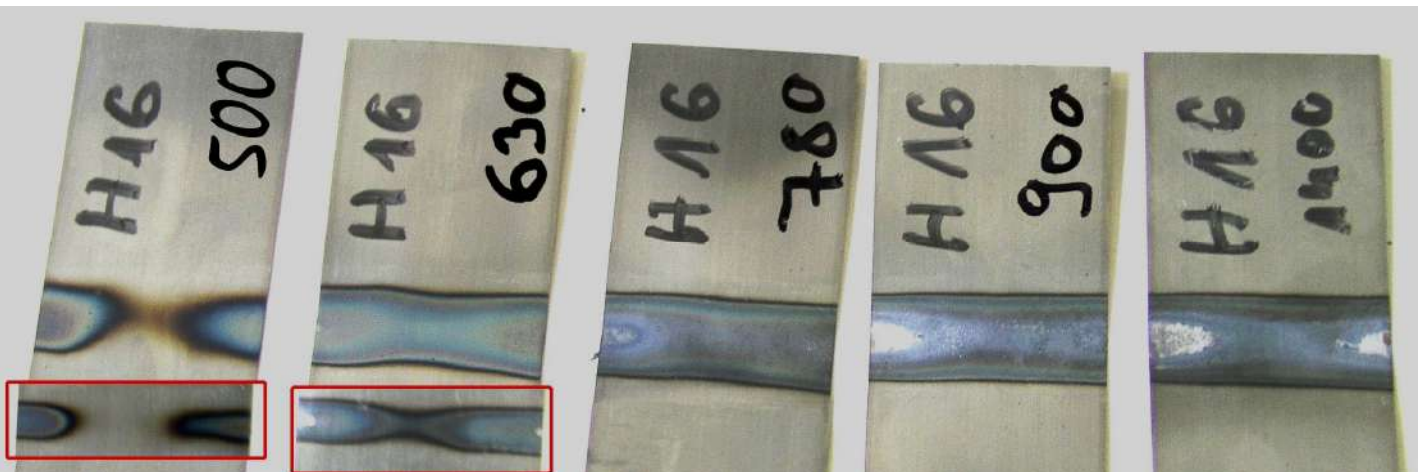




Szalagfűrészlapok végtelenítése



Alkalmazás: szalagfűrészlapok végtelenítése



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

BSc

- Hegesztés

MSc

- Hegesztéstechnológia
- Hegeszthetőség
- Hegesztő robotrendszerek

Hegesztő t. szakmérnök képzés

- 4 MODUL-ban 3 félévnyi tárgy...

→ IWE (international welding engineer végzettség)

→ EWE (international welding engineer végzettség)

Hegesztési szakosztály

Köszönöm a megtisztelő figyelmüket!

Dr. Májlinger Kornél
Majlinger.Kornel@GPK.BME.hu