



Anyagtudomány és Technológia Tanszék



# Hegesztés és rokon technológiák

Dr. Palotás és Prof. Kaplan nyomán

Fémek technológiája

Dr. Orbulov Imre Norbert  
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

1

---

---

---

---

---


---

---


---

---

---



Miről lesz szó?



- Hegesztés definíciója és csoportosítása
- Hegesztetheőség
- Hibatípusok és okok
- Hegesztési eljárások
  - Ömlesztő hegesztések
  - Sajtolóhegesztések
- Forrasztás
- Ragasztás



2 / 62

2

---

---

---

---

---

---

---

---

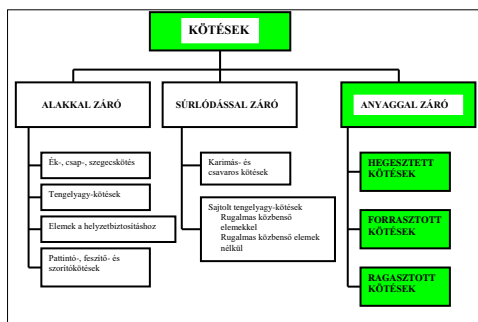
---

---



Kötések csoportosítása





3 / 62

3

---

---

---

---

---

---

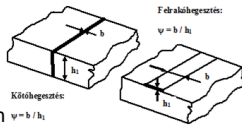
---

---

---

---

- A kötéshez használt energia beviteli módja szerint
  - Ömlesztő hegesztések
  - Sajtoló hegesztések
- A hozaganyag fajtája
- A kötés védelme
- A gépesítési szint
- A technológiai adatok alapján
- Több száz hegesztési eljárás




---

---

---

---

---

---

---

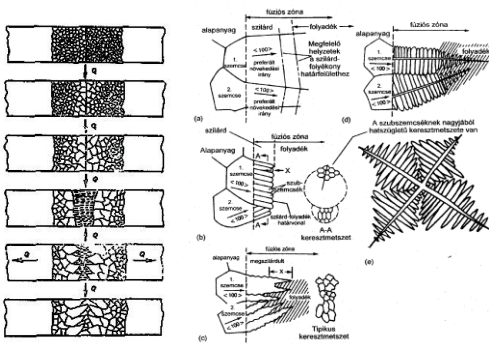
---

---

---

---

4



5

---

---

---

---

---

---

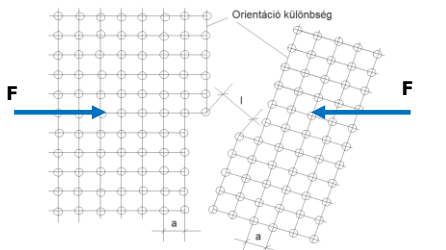
---

---

---

---

---



A sajtoló hegesztés feltétele:

$l \rightarrow a$  Orientáció különbség  $\rightarrow 0^\circ$

6

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Hegeszthetőség



- Az acélok hegeszthetősége nem más, mint az acélok bizonyos fokú alkalmazása arra, hogy
  - Adott alkalmazásra
  - Meghatározott munkarenddel
  - Megfelelő hegesztőanyagokkal

olyan szerkezeteket építhessünk belőlük, amelyekben a fémek kötéseinek helyi tulajdonságai, a szerkezetre kifejtett hatásaikkal együtt eleget tesznek a megkívánt követelményeknek

7 / 62

7



## A hegeszthetőség tényezői



- Meghatározó tényezők
  - Kémiai összetétel
  - Gyártási eljárás: csak csillapított acél
  - Hőkezelési állapot: normalizált, utóhőkezelés
  - Előzetes alakítás: újrakristályosodás
- Befolyásoló tényezők
  - Vastagság, méret, geometria, keresztmetszetréválás
  - Feszültséggyűjtő helyek
  - Kötés kialakítások
  - Gyárthatóság
  - Üzemi körülmények

8 / 62

8




## Kémiai összetétel



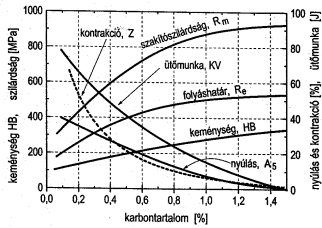
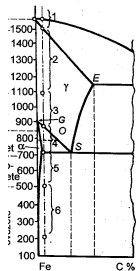
- Alapalkotók
  - C, Mn, Si, S, P
- Gáznemű szennyezők
  - O, N, H
- Ötvözők
  - Cr – ferrit- és karbidképző, korrózióállóság, melegszilárdság
  - Ni – ausztenitképző, korrózióállóság
  - Mo – ferrit- és karbidképző, helyi korrózióállóság, melegszilárdság
  - V, W, Ti, Nb, Ta – erős karbidképzők, melegszilárdság

9 / 62

9

**att** Kémiai összetétel 

- Az acél hegeszthető, ha nem edzhető ( $C < 0,2\%$ )




---

---

---

---

---

---

---

---


---

---

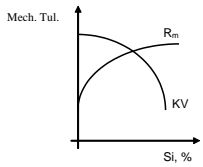
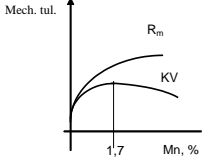
---

---

10

**att** Mangán és szilícium 

- Deoxidáns
- Kéntelenítés
  - $FeS + Mn = MnS + Fe$
- Szilárdságnövelés
- Fő deoxidáns
  - Csillapított, ha  $Si > 0,12\%$
  - Félig, ha  $0,07\% < Si < 0,12\%$
  - Csillapítatlan, ha  $Si < 0,07\%$
- Alapesetben ridegít




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

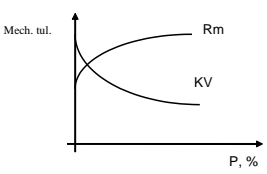
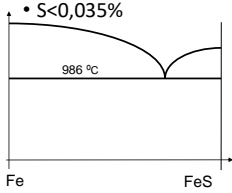
---

---

11

**att** Kén és foszfor 

- Kristályosodási (meleg) repedés:  $Fe-FeS$  eut.
- Teraszosrepedés
- (vörös törékenység)
- $S < 0,035\%$
- Ridegít (hidegtörékenység)
- Mennyiségét acélgéptáskor van lehetőség csökkenti
- $P < 0,035\%$




---

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

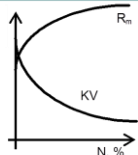
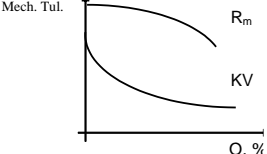
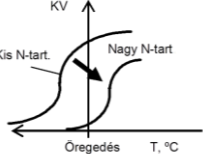
---

12

**att** Oxigén és nitrogén 

- Oldott, vagy zárvány
- Nagyon ridegít
- Gömbalakú zárvány jobb
- Nemesoxid jobb

- Oldott
- Ridegít
- Öregít
- Denitrálás

13 / 62

13

---

---

---

---

---


---

---

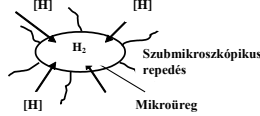
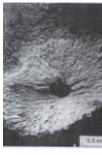
---

---

---

**att** Hidrogén hatása 

- Pelyhesedést okoz
- Mikroüregbe diffundál
- Nagy feszültség
- Szubmikró repedés
- Hidegrepedések indulópontja lehet
- „Halszem” effektus képlékeny töreten
- A halszem: nagy oldott H tartalom

14 / 62

14

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

**att** Repedések 

- A repedések a hegesztett szerkezetek tipikus hibái
- Hegesztett szerkezetekben repedés nem engedhető meg, mert ridegtörés kiindulópontjai lehetnek
- Repedések
  - Hidegrepedés
  - Kristályosodási repedés
  - Teraszos repedés (réteges tépődés)
  - Hőkezelési (újrahevítési) repedés

15 / 62

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Hidegrepedés



- Hőhatásövezetben
- Általában 200°C alatt
- Okai
  - Oldott hidrogén
  - Nagy feszültségek
  - Rideg szövet



16 / 62

16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

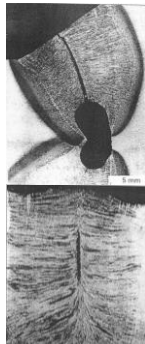
---



## Kristályosodási repedés



- Kristályosodás során a varratfémekben
- Szennyezőkben dúsult folyadékfátya lehüléskor
- Nagy méretű varratok
- Rossz varratalak
- Nagy dermedési hőköz
- Húzófeszültség
- S tartalom



17 / 62

17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

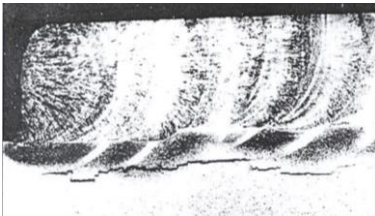
---



## Teraszos repedés



- A keresztirányú alakváltozás meghaladja az alakváltozási képességet
- Szulfid és egyéb kiválások kritikus pontokban



18 / 62

18

---

---

---

---

---

---

---

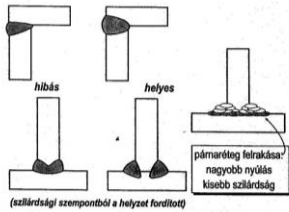
---

---

---

**ati** Teraszos repedés elkerülése **MŰEGYTEM 1782**

- Keresztirányú alakváltozó képesség grantálása
- $Z_k > 24\%$
- S tartalom kordában tartása
- $S < 0,025\%$  lehetőleg
- Konstrukció




---

---

---

---

---

---

---

---

19

## Ömlesztő hegesztési eljárások

---

---

---

---

---

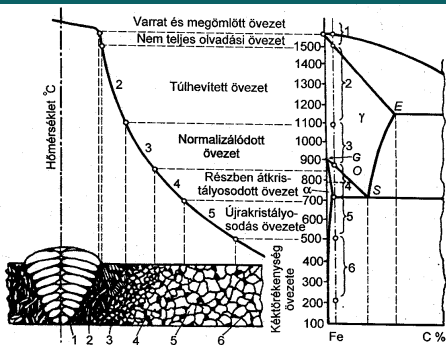
---

---

---

20

**ati** Például vas-karbon ötvözetek **MŰEGYTEM 1782**



21

---

---

---

---

---

---

---

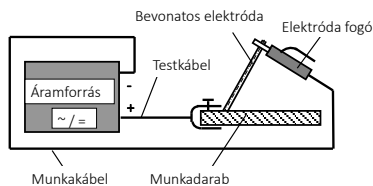
---



## Kézi ívhegesztés



- Leolvadó, bevonatos elektróda és a darab között ív ég, a bevonatból védőgáz fejlődik
- Kötő-, felrakó- és javítóhegesztés



22 / 62

22

---

---

---

---

---

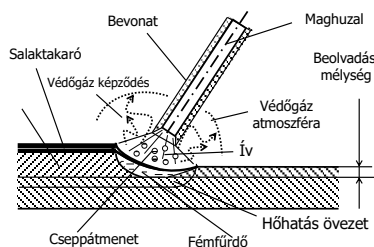
---

---

---



## Folyamata



23 / 62

23

---

---

---

---

---

---

---

---



## A bevonat feladatai, bevonatok



- Ívstabilizálás
- Védőgáz képzés
- Deoxidálás
- Denitrálás
- Ötvözés
- Salakképzés
  - Lehűlési sebesség csökkentése
  - Metallurgiai folyamatok
- Leolvadási sebesség növelése
- **Ki kell szárítani!**
- Savas
  - Mély, esztétikus varrat
  - Pozíció hegesztés kevésbé
- Rutilos
  - Könnyű hegesztés, pozíció hegesztésre is, vastag bevonat, finomcseppes
- Cellulóz
  - Kevés salak, minden helyzet, csövek gyökhegesztése
  - Sok gáz
- **Bázikus**
  - Jó mechanikai tulajdonságok
  - Nehéz vele hegeszteni, szárítás
  - Durvacseppes

24 / 62

24

---

---

---

---


---

---

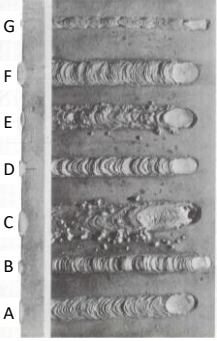
---

---



**att** Hegesztési paraméterek 

- Elektróda maghuzal átmérő
  - 1,5...6 mm
- Áramerősség
  - 30...500 A, (30...60) $d_e$  A
- Ívfeszültség
  - 20...50 V, (0,04I+20 V)
- Hegesztési sebesség
  - 80...200 mm/min
- Kihúzási hossz
  - 100...400 mm



25 / 62

25

---

---

---


---

---

---

---

---

**att** Alkalmazási területek 

- Az ipar minden területén
  - Egyszerű, olcsó, sok elektróda, könnyen elsajátítható, kis beruházás
- Erősen ötvözött acélok 75%-át így hegesztik
- Felrakó hegesztéshez a legtöbb anyag így áll rendelkezésre
- Hátránya a kis leolvadási teljesítmény, az emberi tényező
- Nemvasfémekhez nehezebben alkalmazható

26 / 62

26

---

---

---

---

---

---

---

---

# ANYAGátmenet

## 0:20

<http://www.youtube.com/watch?v=jpsGMNcYrdI>

27

---

---

---



---

---

---

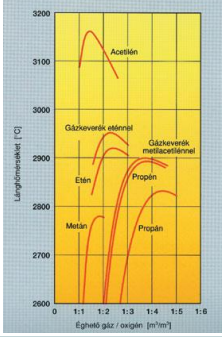
---

---

 Lánghegesztés 

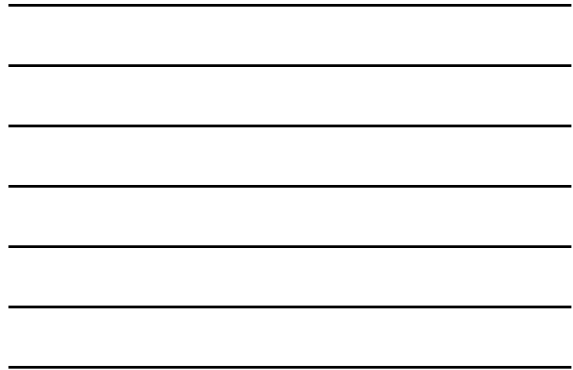
- Éghető gáz és oxigén
- Acetilén (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)
  - Nagy hőteljesítmény
  - Nagy égéshő
$$C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2 + Q$$



$$2CO + H_2 + \frac{3}{2}O_2 = 2CO_2 + H_2O + Q$$
- Hegesztés, vágás, előmelegítés
- Kisebb égéshőjű gázok vágásra, előmelegítésre

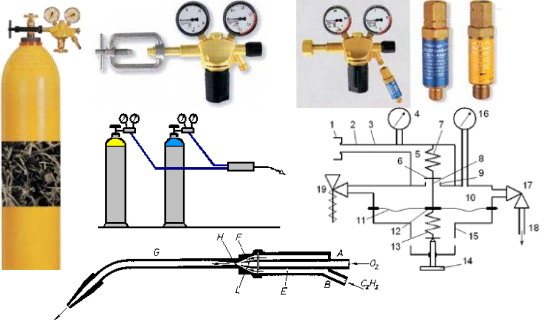


28 / 62

28





 Lánghegesztés eszközei 



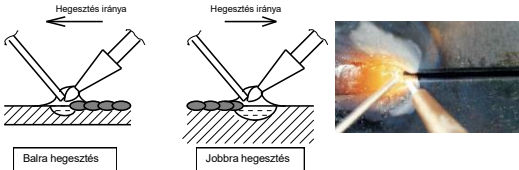
29 / 62

29



 Hegesztéstechnika 


- Balra: vékony (<3 mm) lemezeknél
- Jobbra: vastag lemezek és csövek, varratot melegítjük – mélyebb beolvadás

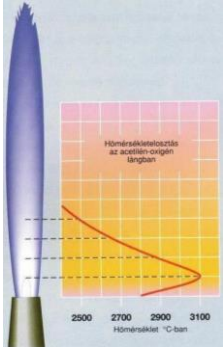


30 / 62


30



**att** A láng 



- Semleges: acél, Cu
- Redukáló: Öv, Al
- Oxidáló: CuZn



31 / 62

31

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

**att** Paraméterek és alkalmazás 

- Hozaganyag átmérő
  - 1...10 mm
- Acetilén nyomás
  - 0,1...0,6 bar
- Oxigén nyomás
  - 2...5 bar
- Hegesztési sebesség
  - 10...100 mm/min
- Acetilén áram
  - 1...50 l/min
- Oxigén áram
  - 1...55 l/min
- Helyi hegesztések
- Szerelések
- Épületgépészet
  - Gázvezeték
- Javító hegesztések
  - Karosszéria
- Univerzális technológia
  - Felrakó hegesztések
  - Szerkezetek javítása
  - Öntvények javítása
  - Stb.
- Lángszórás

32 / 62

32

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Lánghegesztés

### 2:23

<http://www.youtube.com/watch?v=DWJQudCiUes>

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

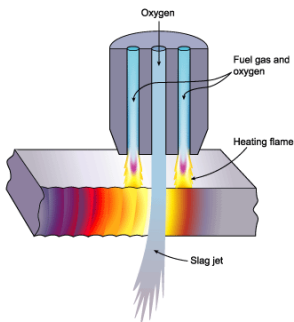
33



## Lángvágás



- Előmelegítés gyulladási hőmérsékletre
- Oxigénben elégetés
- Égéstermék kifúvása a vágórésből
  - Oxigénben éghető
  - $T_{gyu} < T_{olv}$
  - $T_{oxidolv} > T_{olv}$
  - Hígfolyós égéstermék
- Ötvözetlen acélok



34 / 62

34

## Lángvágás

### 5:14

<http://www.youtube.com/watch?v=7EGmrPiumEU>

35

## Okos ember nem ül rá...

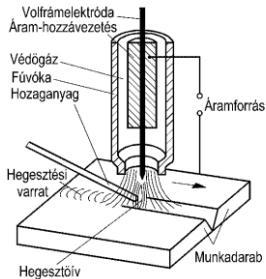
### 0:18

<http://www.youtube.com/watch?v=J7O7NRV8MMM>

36

**att** Tömör pálcával végzett volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés (TIG) **MŰSZETEIM**

- Volfrám elektróda (elvileg) nem olvad meg
- Bármilyen anyagra
- Ötvözetlen és gyengén ötvözött anyagra nem gazdaságos
  - Gyök, különleges
- Stabil, tiszta, minőségi
- Színes- és könnyűfémek primer eljárása
- Nem túl termelékeny



37 / 62

37

---

---

---

---

---

---

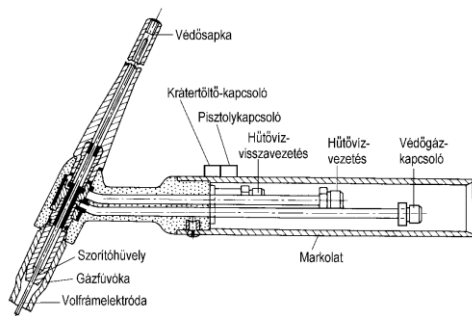
---

---

---

---

**att** A TIG pisztoly felépítése **MŰSZETEIM**



38 / 62

38

---

---

---

---

---

---

---

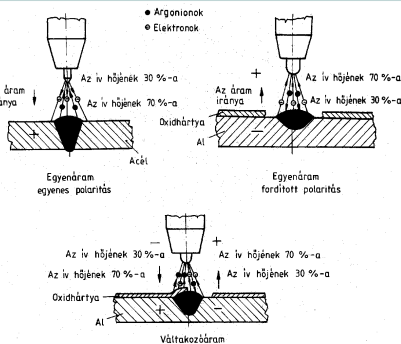
---

---

---

**att** **MŰSZETEIM**

A polaritás szerepe



39 / 62

39

---

---

---

---

---

---

---

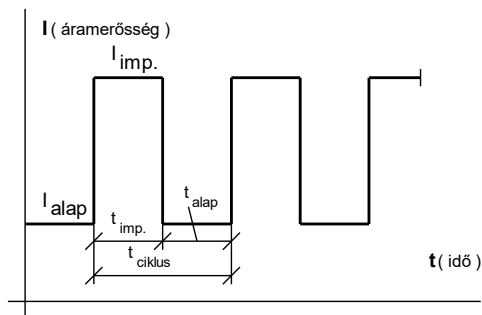
---

---

---



Pontos hőbevitel impulzus technikával



40

---

---

---

---

---

---

---

---



Paraméterek és alkalmazás



- Elektróda átmérő
  - 1...4 mm
- Áramerősség
  - 5...500 A
- Feszültség
  - 15...30 V
- Hegesztési sebesség
  - 70...200 mm/min
- Impulzusteknika
  - $I_b = f(d_w), I_b = I_a / 0,32$
  - $t_i = 0,2 \text{ s}, t_a = 2t_i$
- Színesfémek
- Könnyűfémek
- Erősen ötvözött acélok
- Szerszámacélok
- Korroszióálló acélok
- Korlátok
  - Kis leolvadási teljesítmény
  - Szaktudás
  - Huzat

41

---

---

---

---

---

---

---

---

TIG hegesztés  
1:38

[http://www.youtube.com/watch?v=qY\\_G15U2GoM](http://www.youtube.com/watch?v=qY_G15U2GoM)

42

---

---

---

---

---

---

---

---

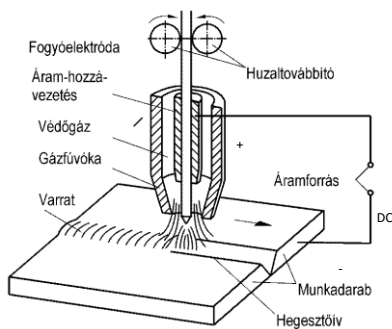
## Huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés

- Nagyon elterjedten alkalmazott és gépesített
- Sok változat
  - CO<sub>2</sub> hegesztés
  - Tömör huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; (MIG-hegesztés tömör huzalelektrodával)
  - Tömör huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés; (MAG-hegesztés tömör huzalelektrodával)
  - Porbeles huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés; (MIG-hegesztés porbeles huzalelektrodával)
- Nagy teljesítményű, jó kihozatalú eljárás

43 / 62

43

## A fogyóelektrodás eljárás elrendezése



44 / 62

44

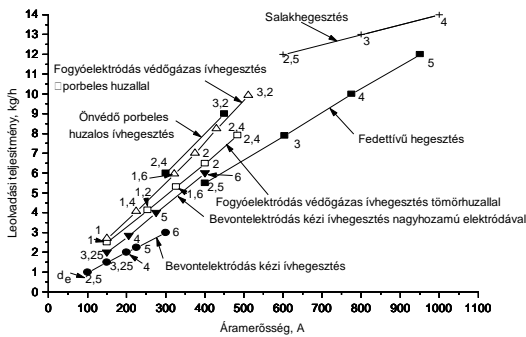
## Módozatok

Huzalelektroda	Védőgáz	Alkalmazás	Elnevezés
Csillapított ötvözetlen acél (Dezoxidens és Si, Al, Ti)	CO <sub>2</sub> Ar(+CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> ) CO <sub>2</sub> +Ar	TTKV=0°C-ig TTKV=-20°C-ig TTKV=-20°C-ig	Széndioxid védőgázos FI, MAG-C Keverék védőgázos FI, MAG-M Kettős gázfúvókás FI, MAG-CI
Portöltetű huzal	CO <sub>2</sub> , keverék	TTKV=-20°C-ig Erősen ötvözött	Portöltetű huzalos ívhegesztés, FCAW
Alapanyag	Ar	Szines- és könnyű Erősen ötvözött	Argon védőgázos FI, AFI, MIG
Dupla portöltetű	-	TTKV=-20°C-ig Helyszíni	Önvédő portöltetű huzalos ívhegesztés

45 / 62

45

**att** Leolvadási teljesítmények összevetése



46 / 62

46

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Alkalmazási területek

- CO<sub>2</sub> – hegesztés
  - Ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok (acélszerkezeti tömeggyártás) TTKV=0°C-ig
- Keverék védőgázos ívhegesztés
  - Acélszerkezeti tömeggyártás TTKV=-20°C-ig
  - Robottechnika
- Portöltetű huzalos ívhegesztés
  - Acélszerkezeti tömeggyártás TTKV=-60°C-ig
  - Erősen ötvözött acélok, felrakó hegesztés
- AFL - hegesztés
  - Színes- és könnyűfémek
  - Erősen ötvözött acélok, felrakó hegesztés

47 / 62

47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Automatizált FI – 4 robot  
3:14

<http://www.youtube.com/watch?v=wm4h190kOhc>

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

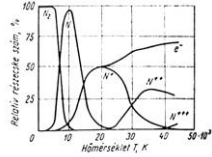
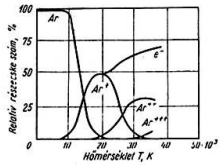
---

---

48



- Plazma: az anyagok termodinamikai egyensúlynak megfelelő arányban disszociált és ionizált gáz állapota.
- A plazma nagy hőmérsékleten állítható elő, nagy energiaszint jellemzi



49 / 62

49

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

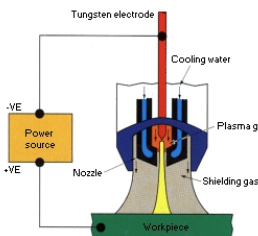
---

# Plazma

1:40

<http://www.youtube.com/watch?v=l1biDOT18hA>

50



- W elektróda és a pisztoly belső fűvőkája között nagy frekvenciás szikrakisülés biztosítja az első töltéshordozókat
- Plazma ív
  - Az elektróda és a mdb közt
- Plazma láng
  - Az elektróda és a belső fűvőka közt, a plazmát gáz fújja ki

51 / 62

51

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

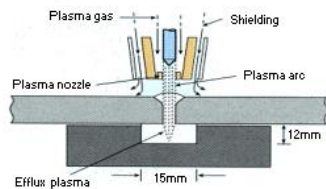
---



## Plazma hegesztés



- Mély beolvadású varrat
- Mindenhez alkalmazható, amihez az TIG jó
- DE a plazma nyújtható, stabil és kis áramnál is alkalmazható (mikroplazma hegesztés,  $I < 50A$ )



52 / 62

52

---

---

---

---

---

---

---

---

---

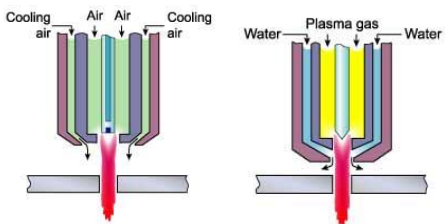
---



## Plazma vágás



- Minden anyag vágható az eljárással
- A plazma gyújtási hőmérsékletre hevít
- A vágógáz a salakot kifújja



53 / 62

53

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Plazma vágás

3:16

<http://www.youtube.com/watch?v=GvtCqmD0ffk>

54

---

---

---

---

---

---

---

---

---

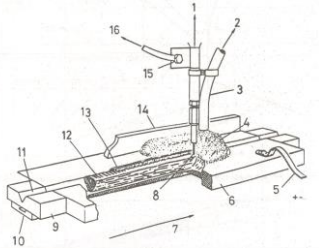
---



## Fedett ívű hegesztés



- Leolvadó huzalelektroda és a munkadarab között fedőporból képződő anyagok alatt elektromos ívvel végzett ömlesztő hegesztés



55 / 62

55

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Fedett ívű hegesztés



- Nagy leolvadási teljesítmény
- Vízszintes vagy vízszintesbe forgatható varratok
- Kötőhegesztés
- Felrakó hegesztés
- Gépesített



56 / 62

56

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Fedett ívű hegesztés



- Hosszú varratok
  - >2 m
- Egyenes varratok
- Kis íveltségű varratok
- Főleg vastag lemezek hegesztése
- Csövek hegesztése
  - >5 mm



57 / 62

57

---

---

---

---

---

---

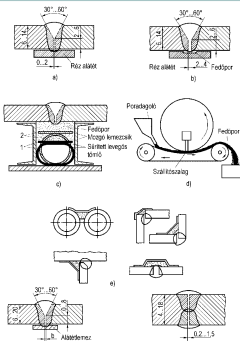
---

---

---

---

 **Fűdő megtámasztások** 



- Rézalátét
- Rézalátét + por
- Por tömlővel
- Por szállítószalaggal
- Flexibilis szalag + por
- Beolvadó alátét
- Kétoldali I varrat

58 / 62

58

 **Paraméterek és alkalmazás** 

- Elektróda átmérő
  - 1,2...12 mm
- Áramerősség
  - 130...5000 A
- Feszültség
  - 20...60 V
- Hegesztési sebesség
  - 100...5000 mm/min
- Fedőpor hozam
- Acélszerkezetek tömeggyártása
- Mindenféle acél ötvözöttségtől függetlenül
- Vastag szerkezetek
  - Egyoldali I varrat 10 mm-ig
  - Kétoldali I varrat 20 mm-ig

59 / 62

59

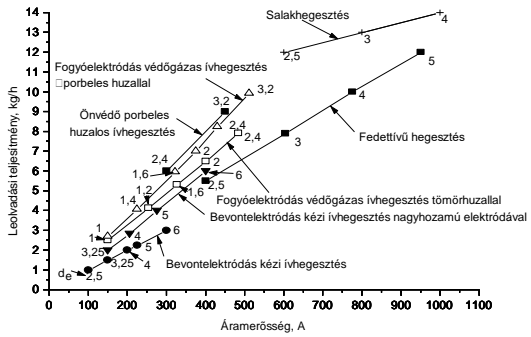
## Fedett ívű hegesztés

### 0:34

<http://www.youtube.com/watch?v=S4OIQ666Olg>

60

 Leolvadási teljesítmények összevetése 



61

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Köszönöm a figyelmet!

Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov@eik.bme.hu

62

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---