

# Hegesztés és rokon technológiák

Dr. Palotás és Prof. Kaplan nyomán

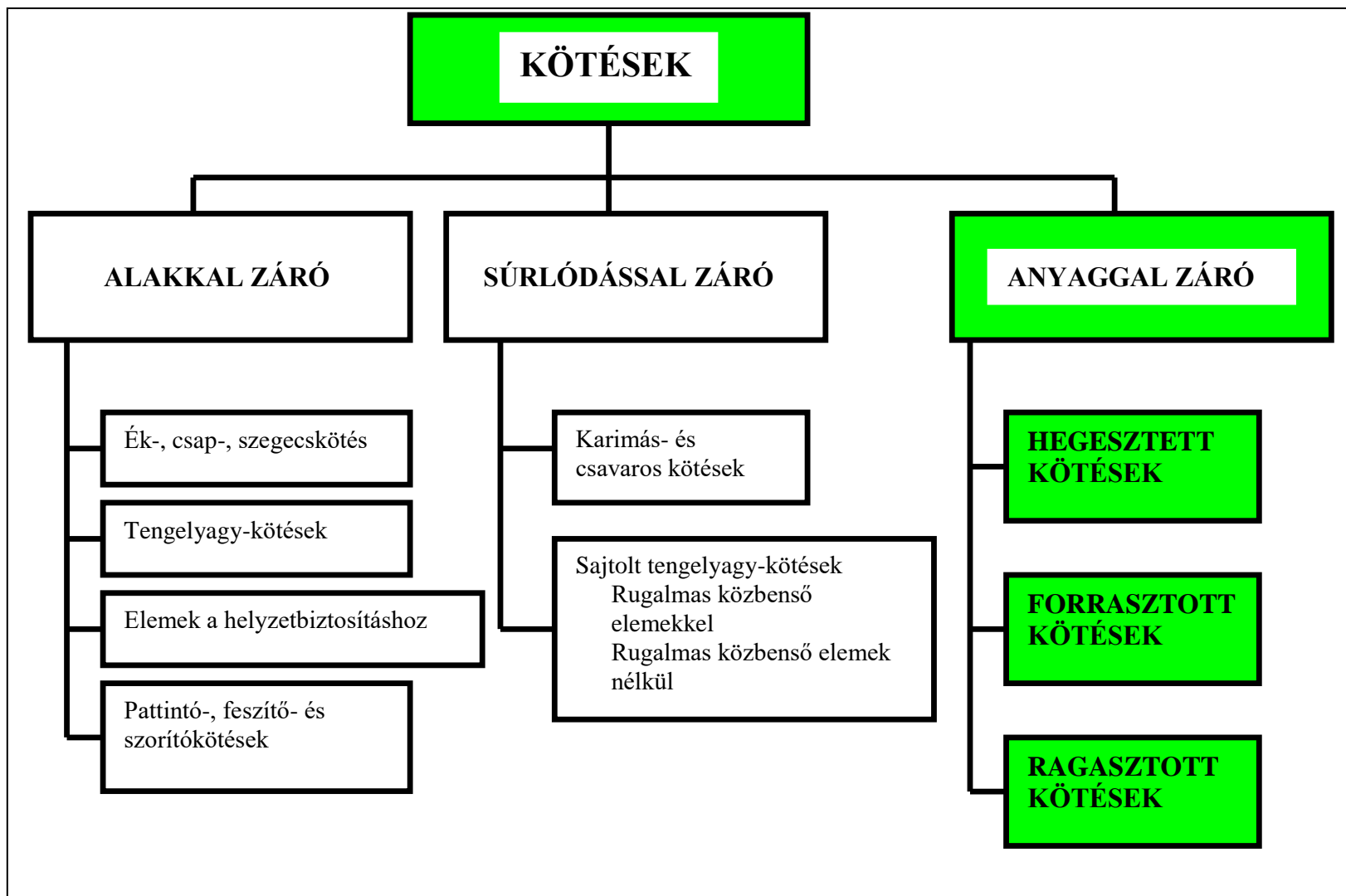
Fémek technológiája

Dr. Orbulov Imre Norbert

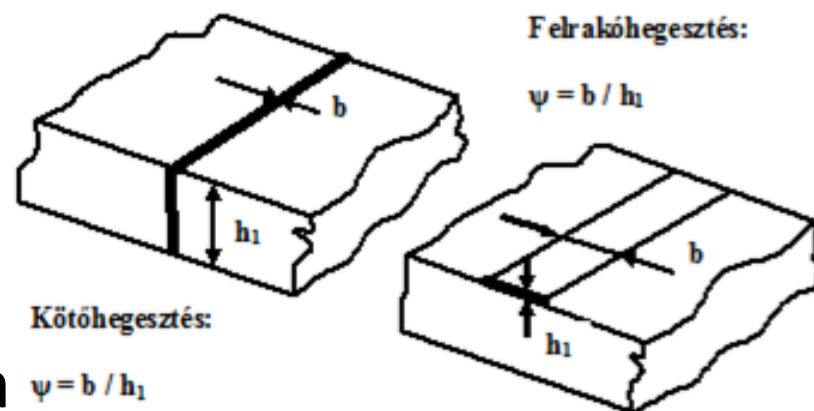
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

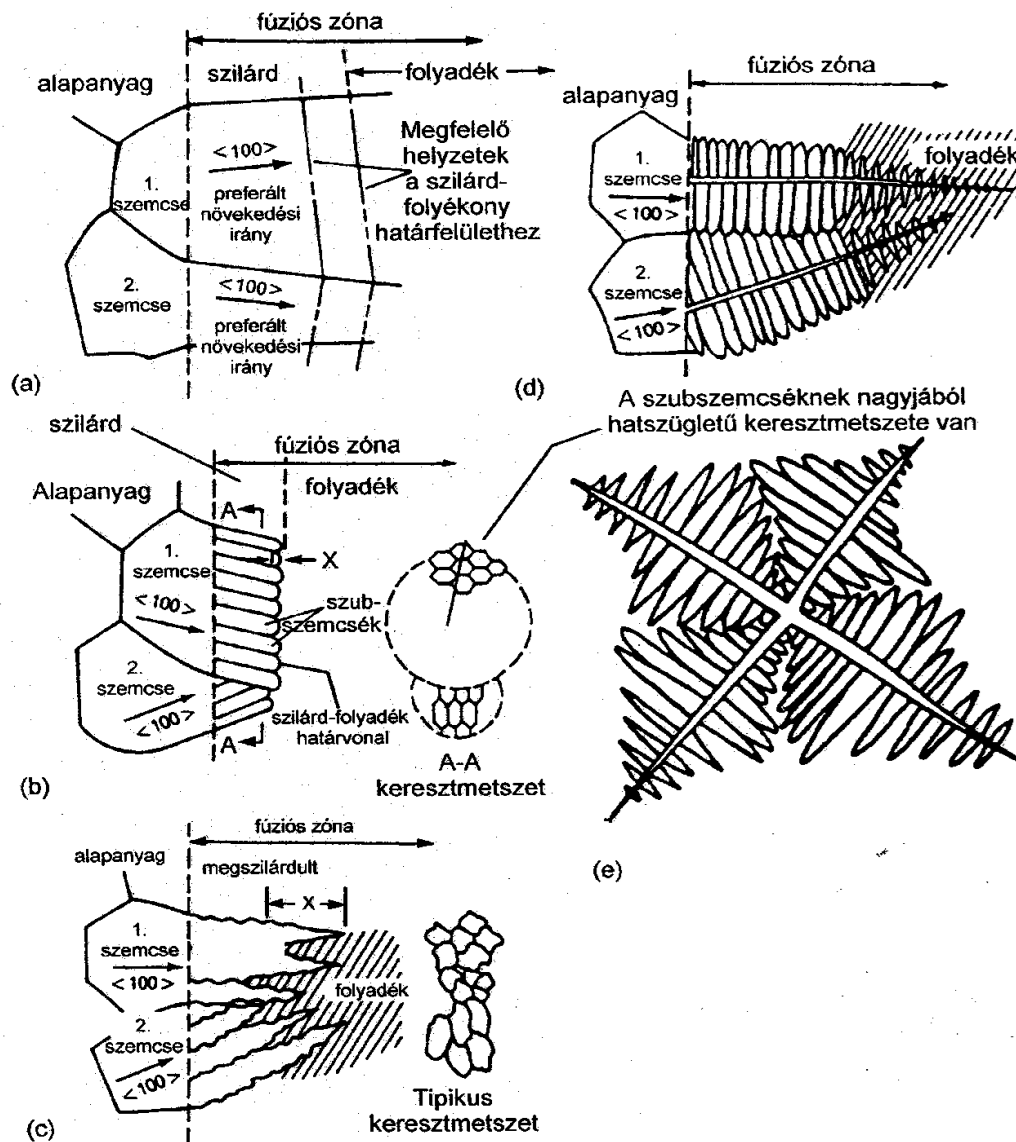
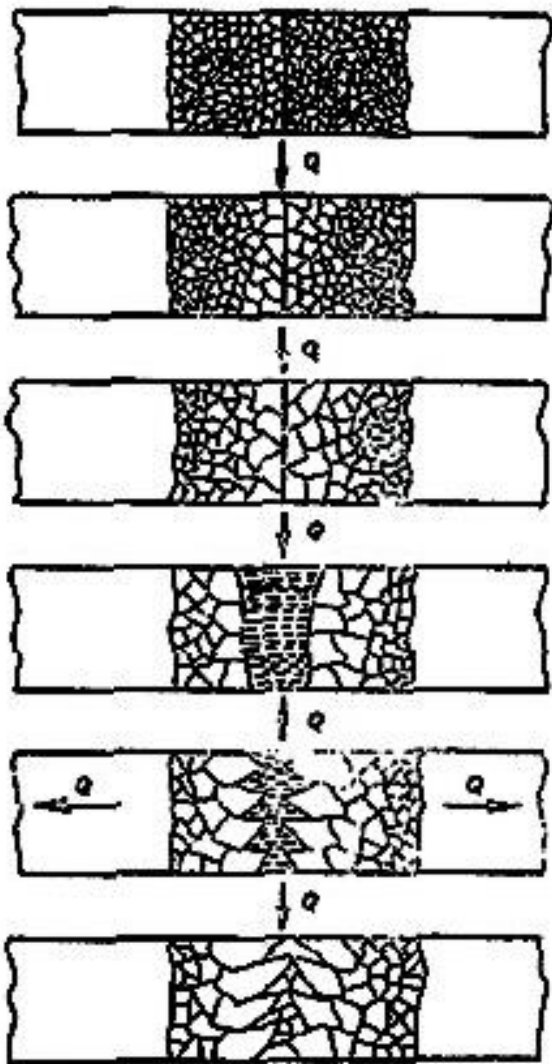
- Hegesztés definíciója és csoportosítása
- Hegeszthetőség
- Hibatípusok és okok
- Hegesztési eljárások
  - Ömlesztő hegesztések
  - Sajtolóhegesztések
- Forrasztás
- Ragasztás

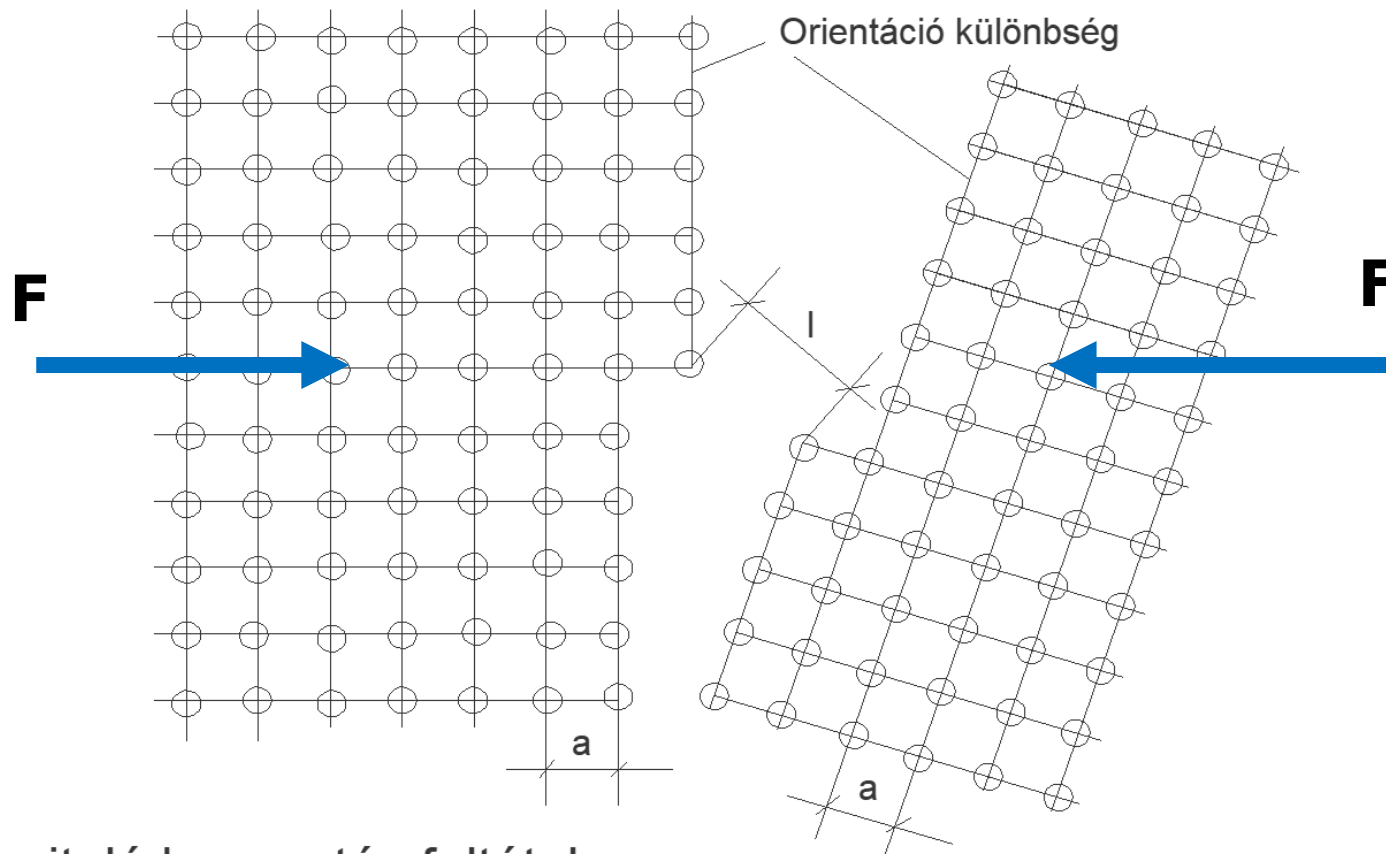




- A kötéshez használt energia beviteli módja szerint
  - Ömlesztő hegesztések
  - Sajtoló hegesztések
- A hozaganyag fajtája
- A kötés védelme
- A gépesítési szint
- A technológiai adatok alapján
- Több száz hegesztési eljárás







A sajtoló hegesztés feltétele:

$l \longrightarrow \triangle a$

Orientáció különbség  $\longrightarrow \triangle 0^\circ$

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

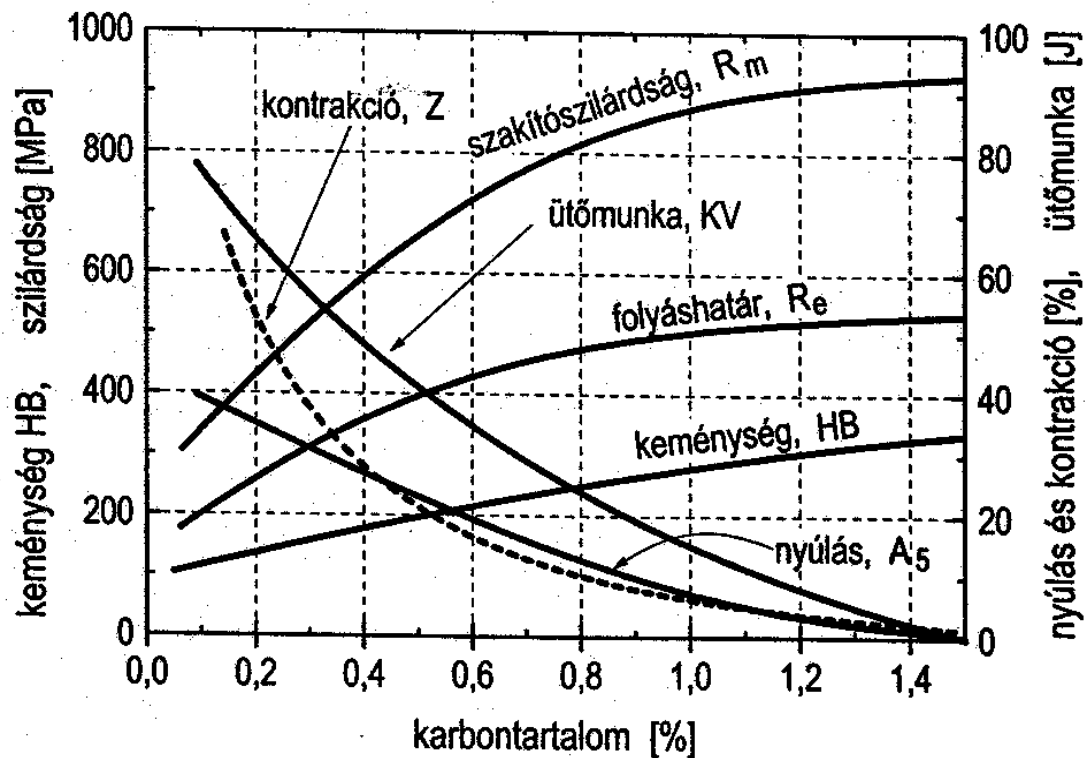
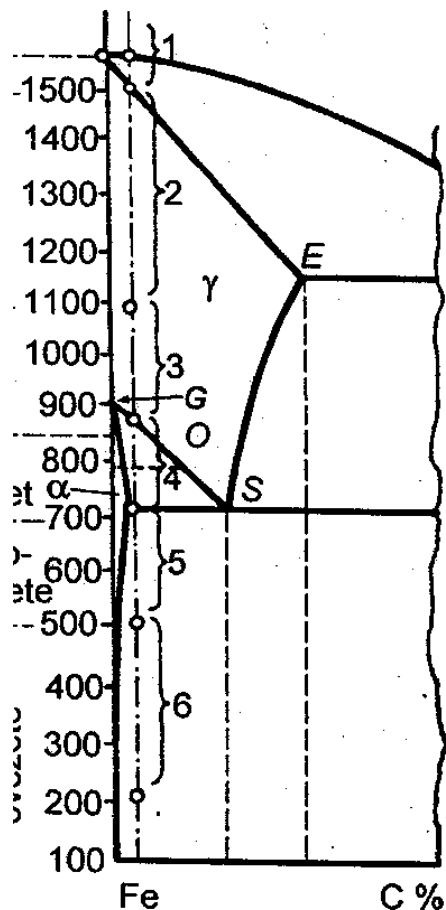
olyan szerkezeteket építhessünk belőlük, amelyekben a fémes kötések helyi tulajdonságai, a szerkezetre kifejtett hatásukkal együtt eleget tesznek a megkívánt követelményeknek

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

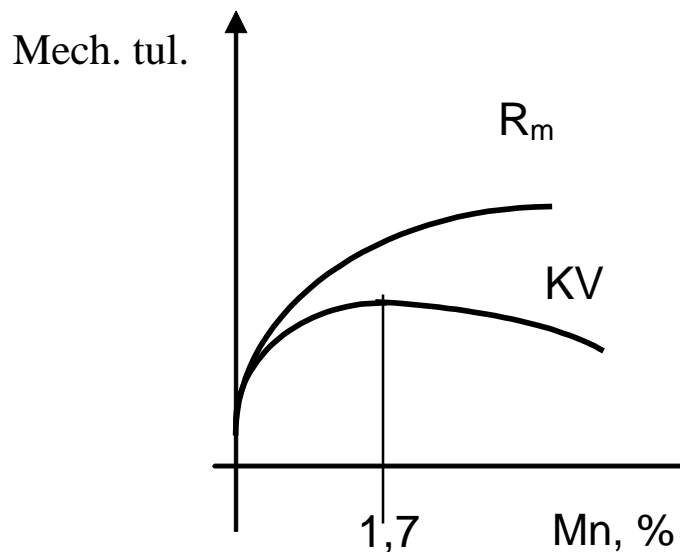


- Alapalkotók
  - C, Mn, Si, S, P
- Gáznemű szennyezők
  - O, N, H
- Ötvözők
  - Cr – ferrit- és karbidképző, korrózióállóság, melegszilárdság
  - Ni – ausztenitképző, korrózióállóság
  - Mo – ferrit- és karbidképző, helyi korrózióállóság, melegszilárdság
  - V, W, Ti, Nb, Ta – erős karbidképzők, melegszilárdság

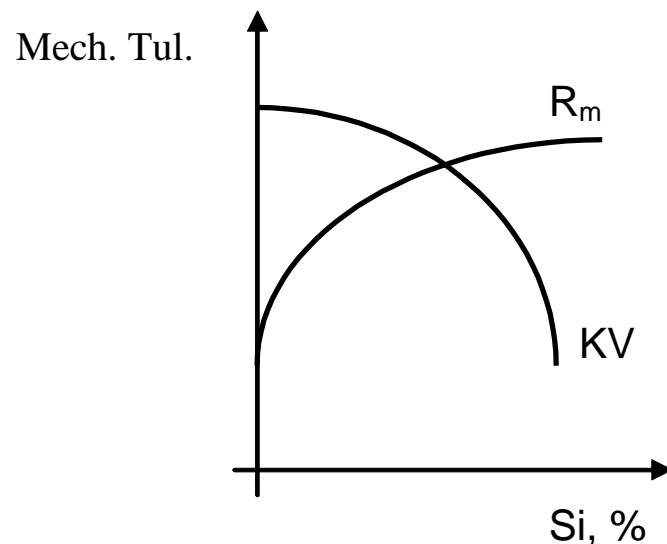
- Az acél hegeszthető, ha nem edzhető ( $C < 0,2\%$ )



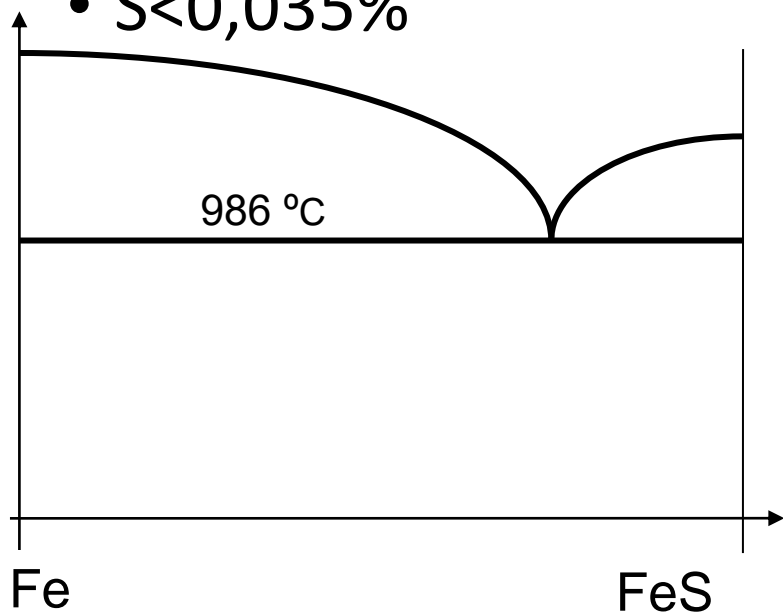
- Dezoxidens
- Kéntelenítés
  - $\text{FeS} + \text{Mn} = \text{MnS} + \text{Fe}$
- Szilárdságnövelés



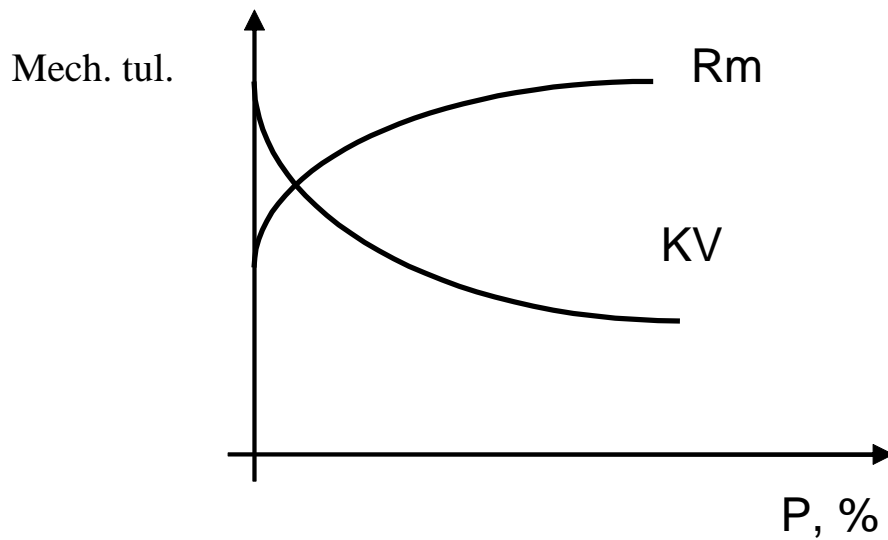
- Fő dezoxidens
  - Csillapított, ha  $\text{Si} > 0,12\%$
  - Félig, ha  $0,07\% < \text{Si} < 0,12\%$
  - Csillapítatlan, ha  $\text{Si} < 0,07\%$
- Alapesetben ridegít



- Kristályosodási (meleg) repedés: Fe-FeS eut.
- Teraszosrepedés
- (vörös törékenység)
- $S < 0,035\%$

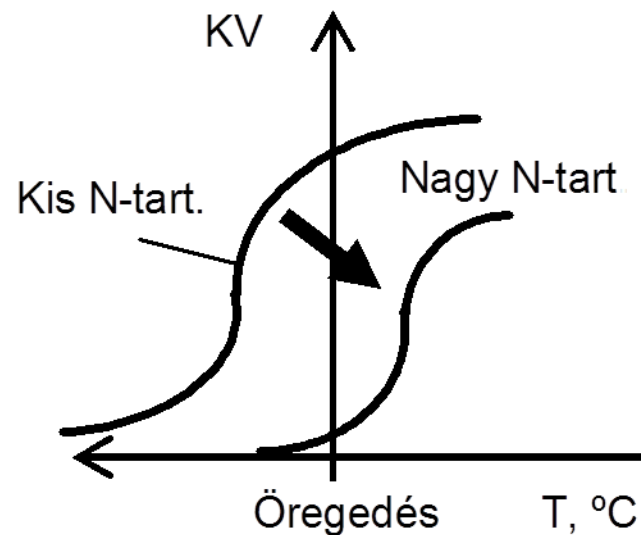
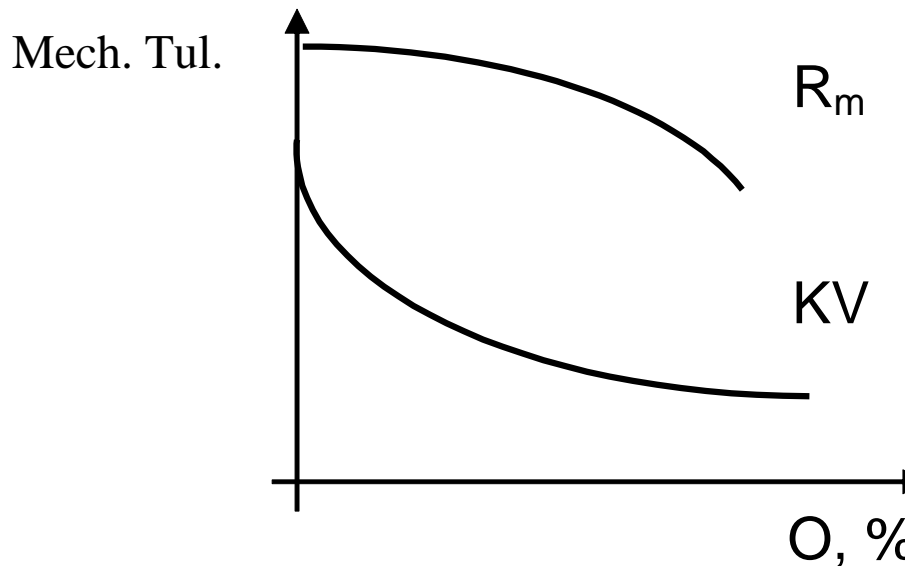
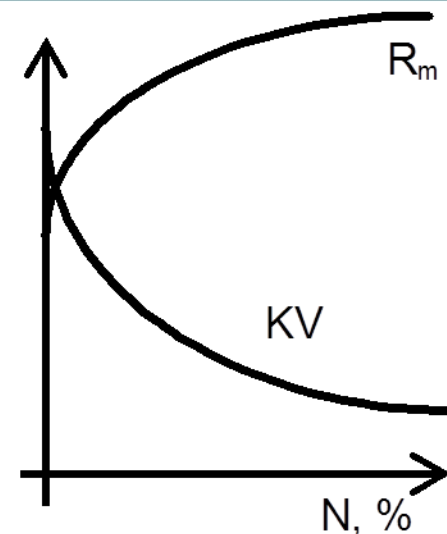


- Ridegít (hidegtörékenység)
- Mennyiségét acélgyártáskor van lehetőség csökkenteni
- $P < 0,035\%$

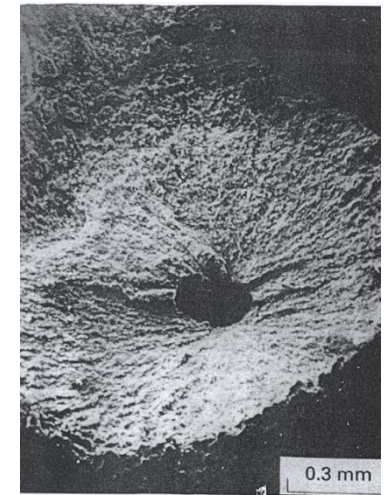
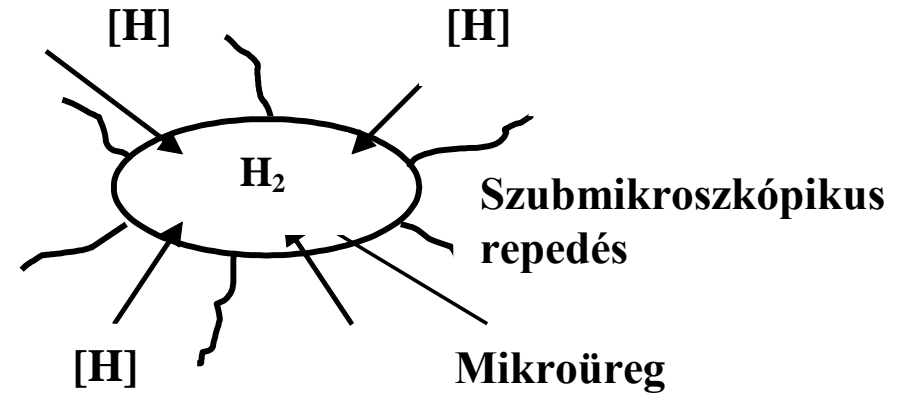


- Oldott, vagy zárvány
- Nagyon ridegít
- Gömbalakú zárvány jobb
- Nemesoxid jobb

- Oldott
- Ridegít
- Öregít
- Denitrálás



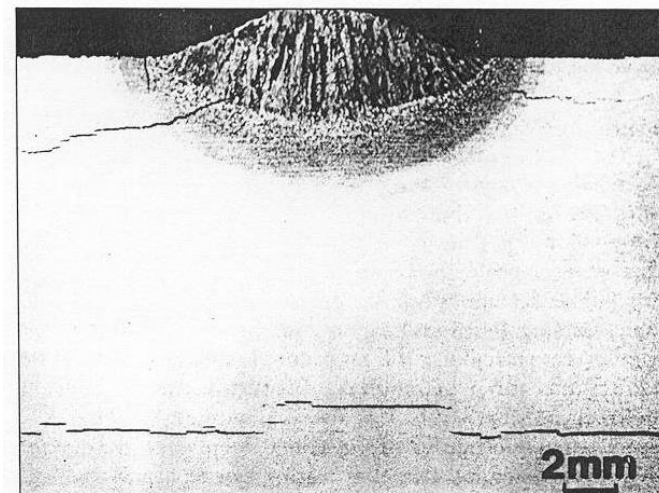
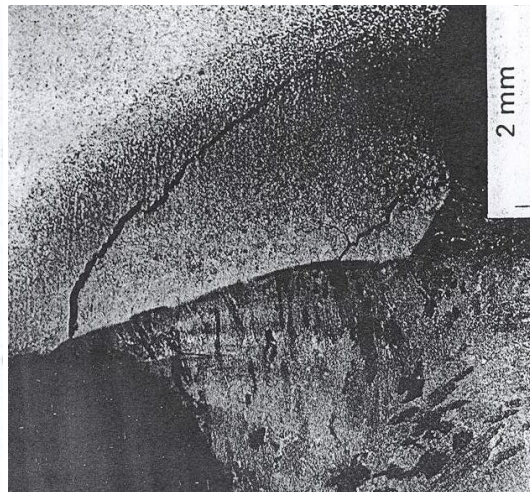
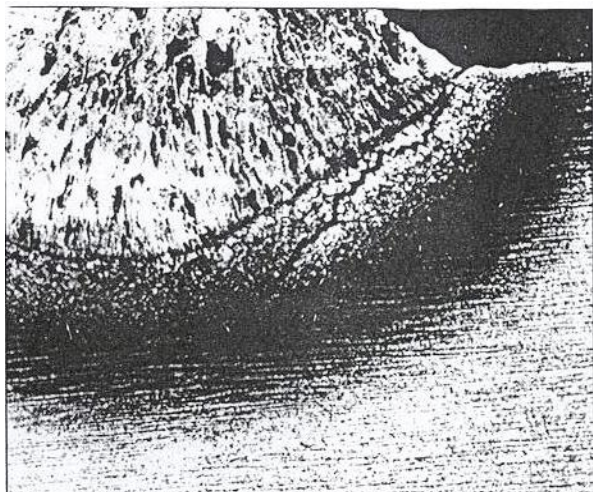
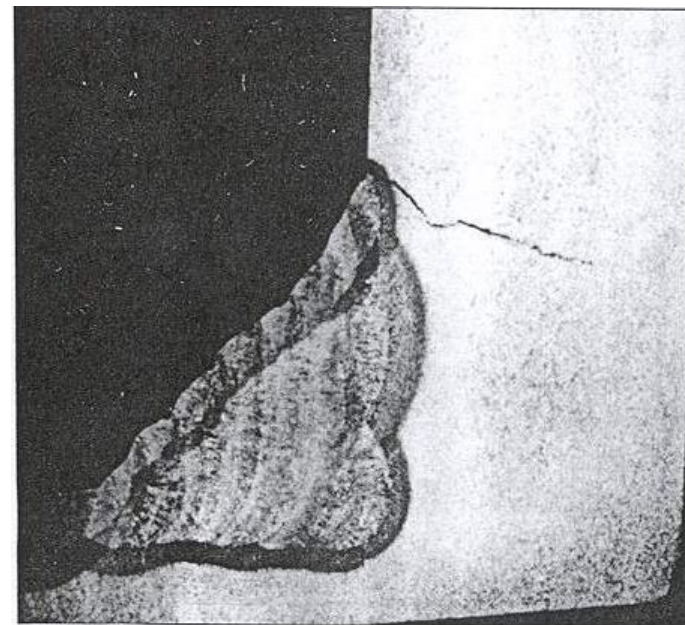
- Pelyhesedést okoz
- Mikroüregbe diffundál
- Nagy feszültség
- Szubmikrórepedés
- Hidegrepedések indulópontja lehet
- „Halszem” effektus képlékeny töreten
- A halszem: nagy oldott H tartalom



- 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

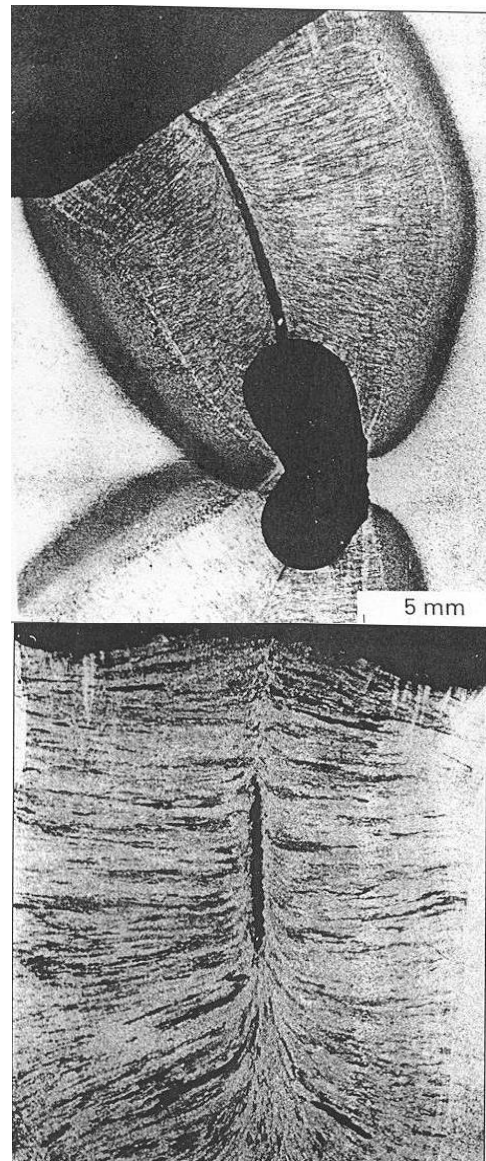


- Hőhatásövezetben
- Általában 200°C alatt
- Okai
  - Oldott hidrogén
  - Nagy feszültségek
  - Rideg szövet

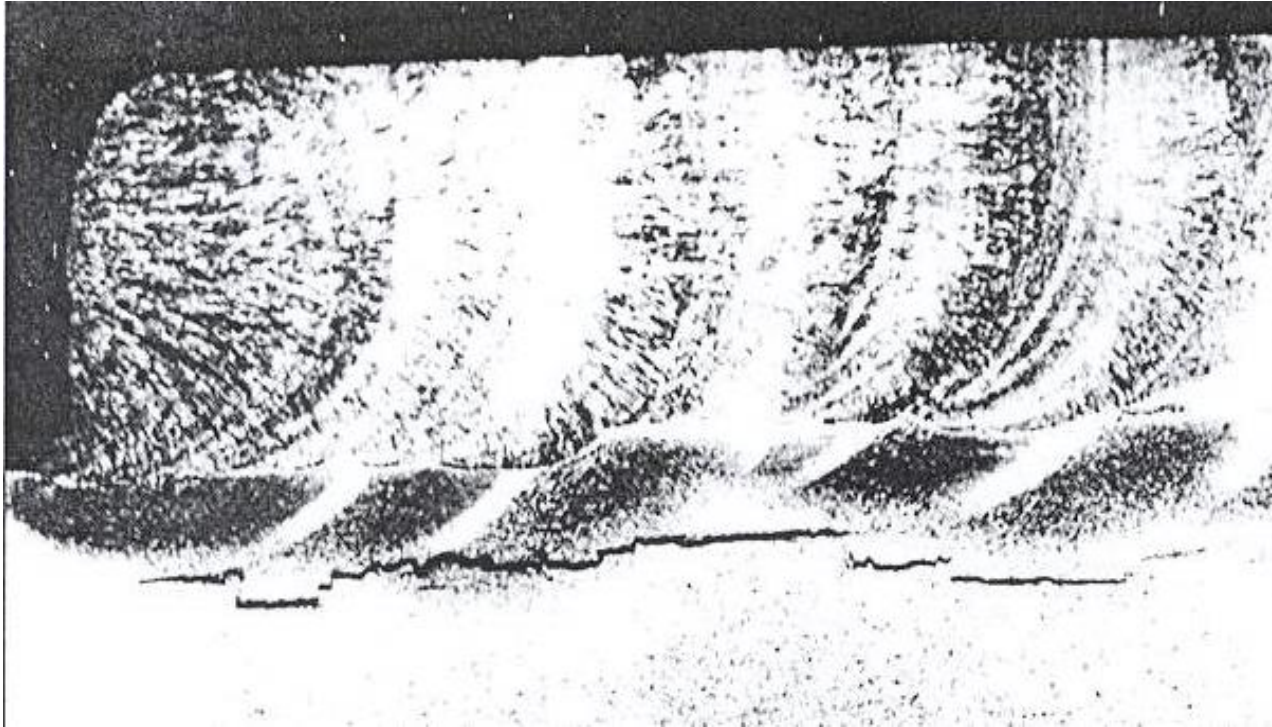




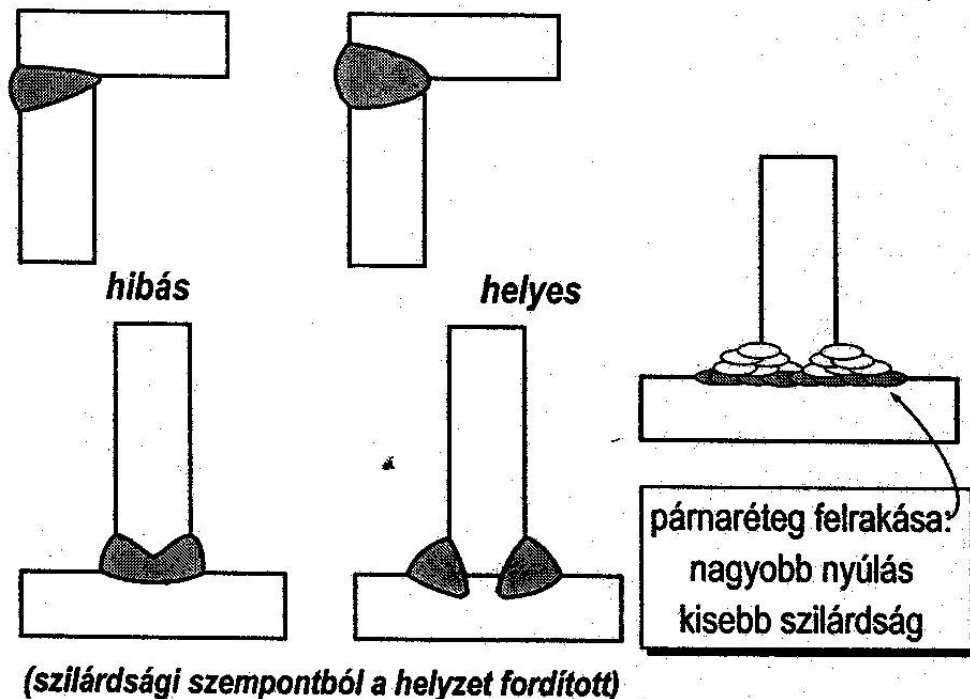
- Kristályosodás során a varratfémekben
- Szennyezőkben dúsult folyadékfólia lehűléskor
- Nagy méretű varratok
- Rossz varratalak
- Nagy dermedési hőköz
- Húzófeszültség
- S tartalom



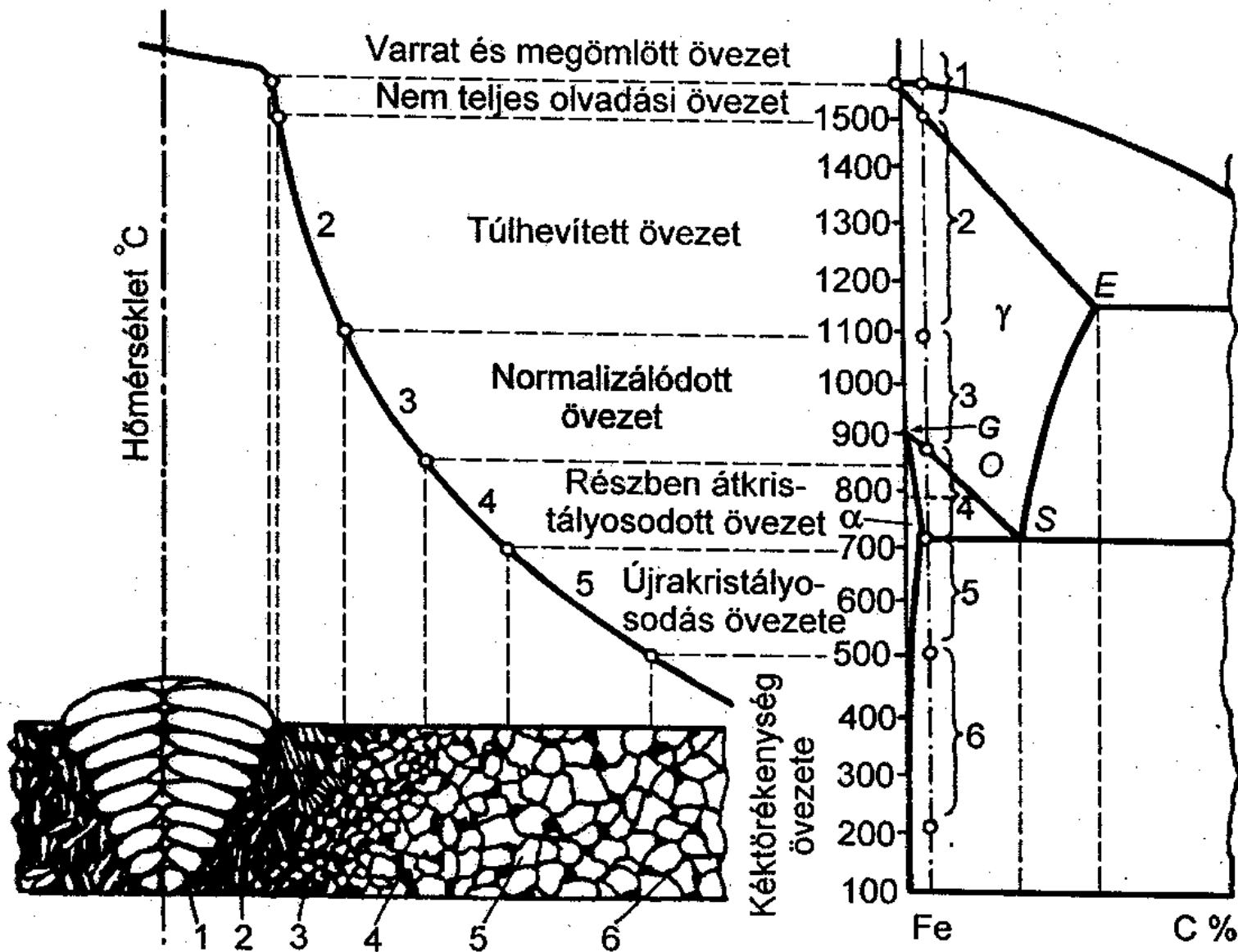
- A keresztirányú alakváltozás meghaladja az alakváltozási képességet
- Szulfid és egyéb kiválások kritikus pontokban



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

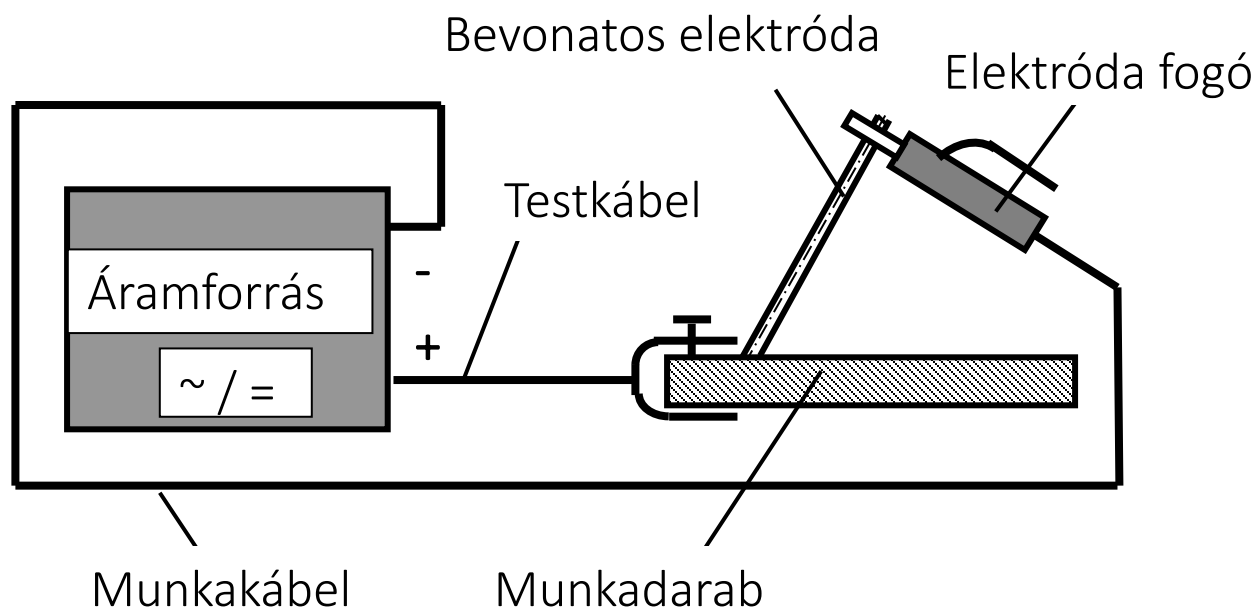


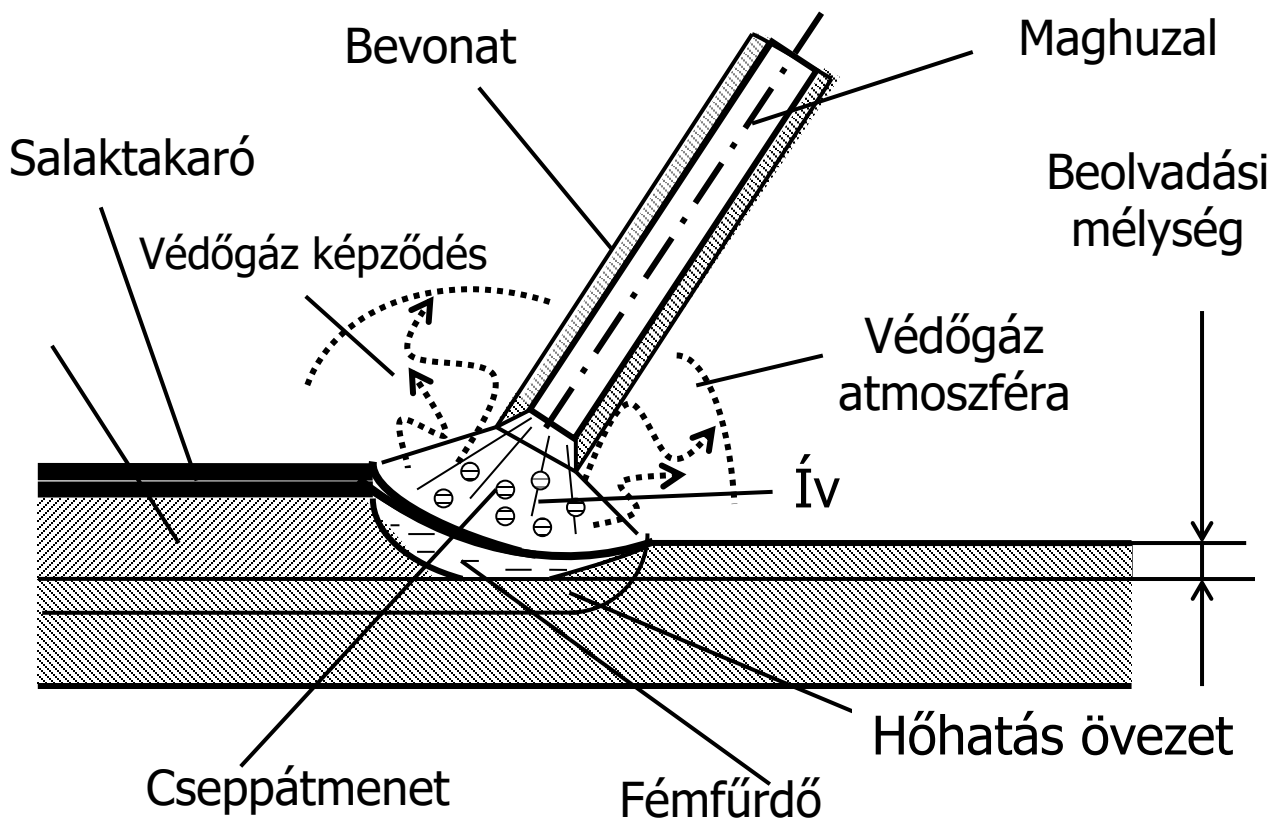
# Ömlesztő hegesztési eljárások





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

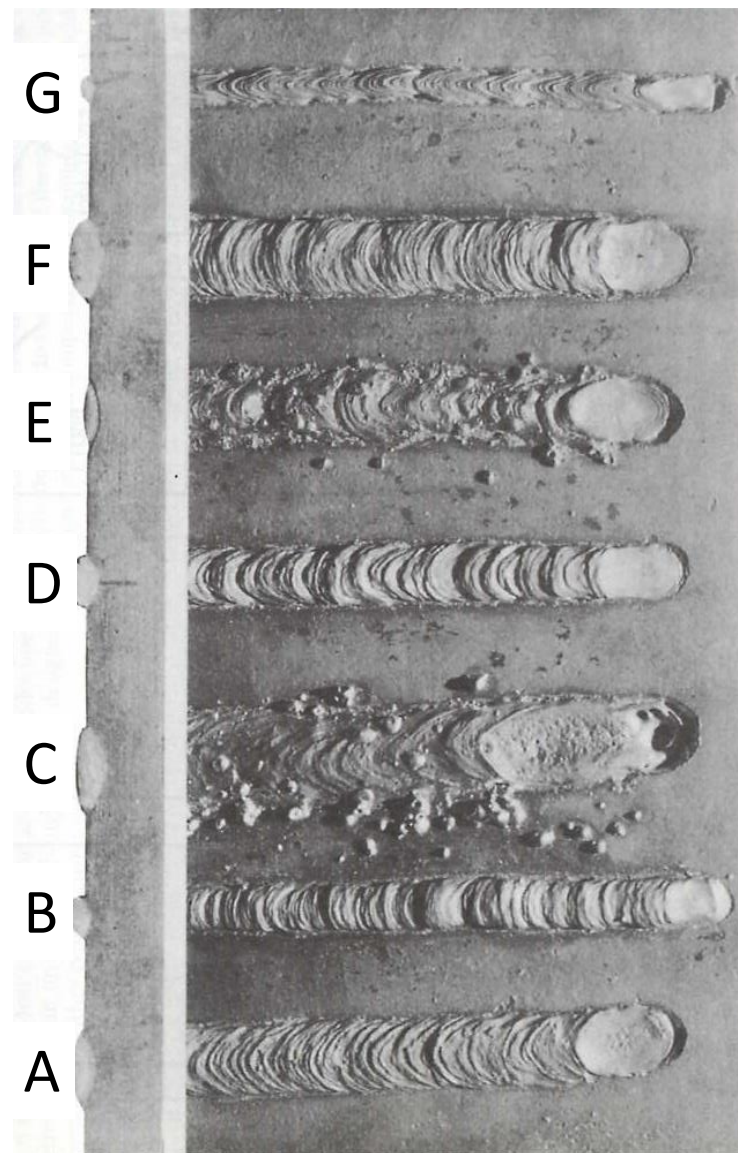




- Ívstabilizálás
- Védőgáz képzés
- Dezoxidálás
- Denitrálás
- Ötvözés
- Salakképzés
  - Lehűlési sebesség csökkentése
  - Metallurgiai folyamatok
- Leolvadási sebesség növelése
- **Ki kell szárítani!**
- Savas
  - Mély, esztétikus varrat
  - Pozíció hegesztés kevésbé
- Rutilos
  - Könnyű hegesztés ,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



- 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



- 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

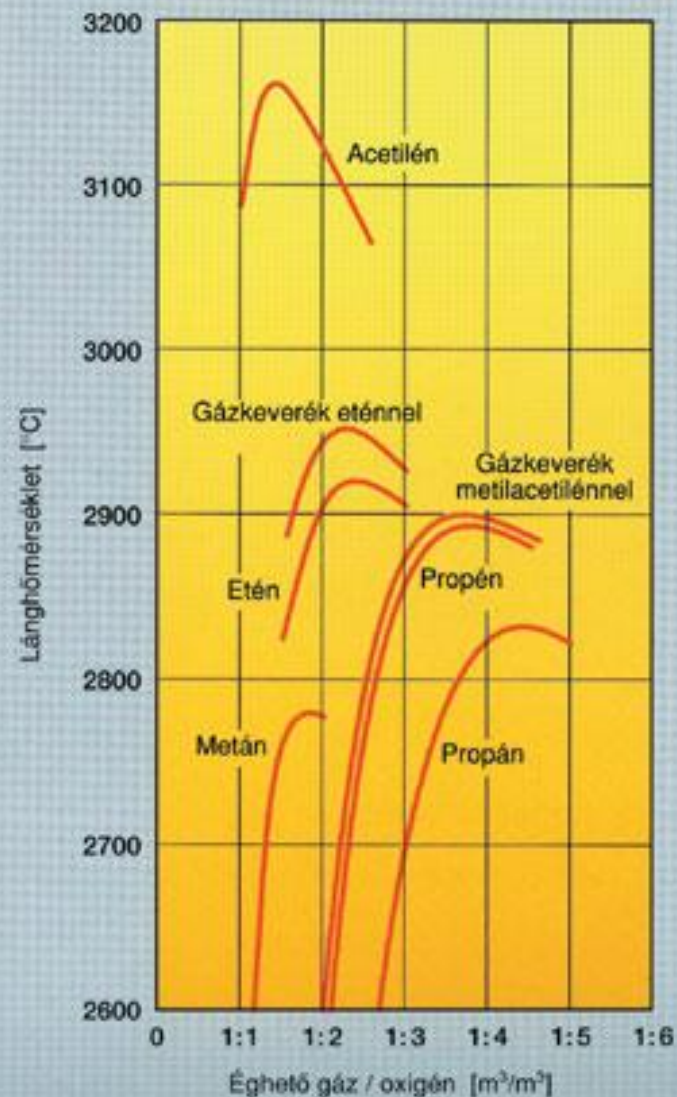
# ANYAGátmenet

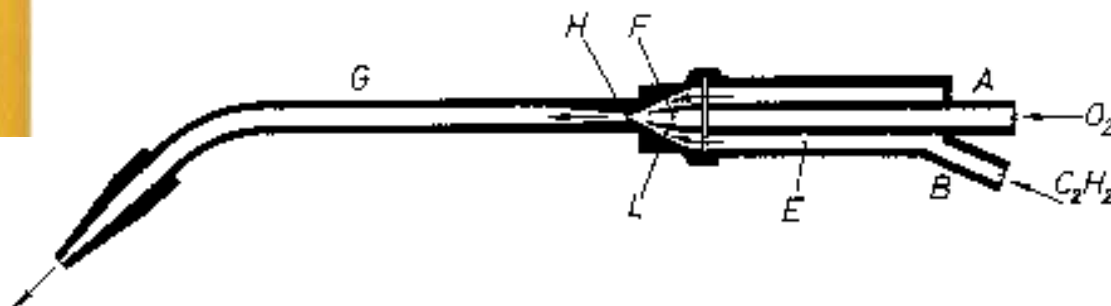
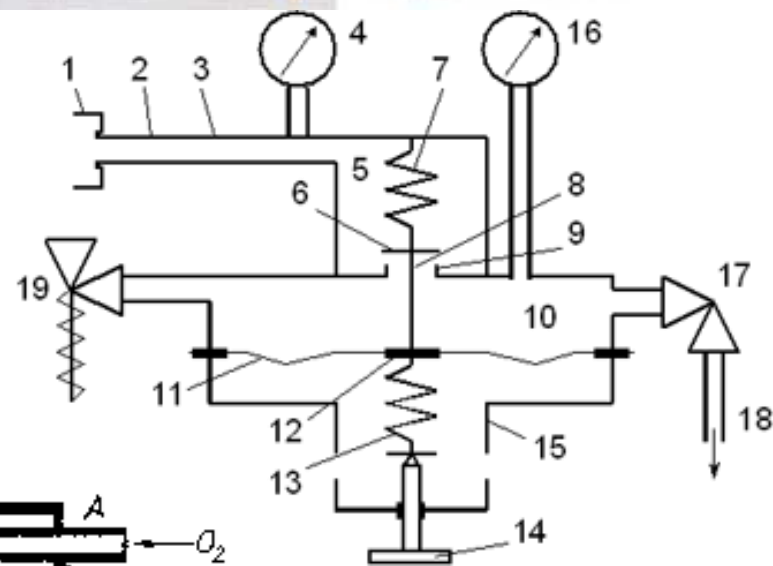
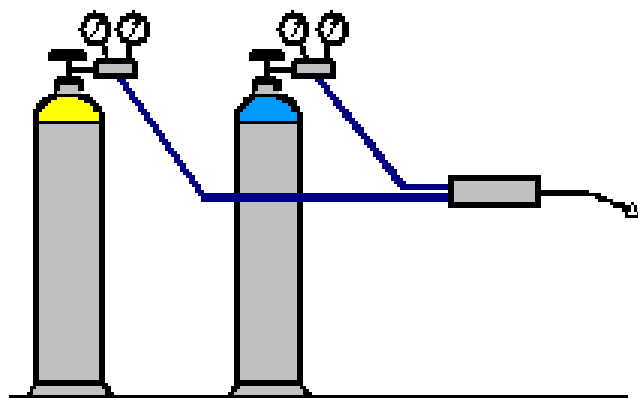
0:20

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

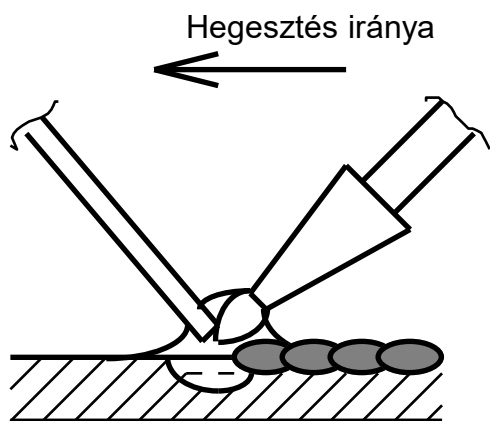
- Éghető gáz és oxigén
- Acetilén ( $C_2H_2$ )
  - Nagy hőteljesítmény
  - Nagy égéshő
$$C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2 + Q$$

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

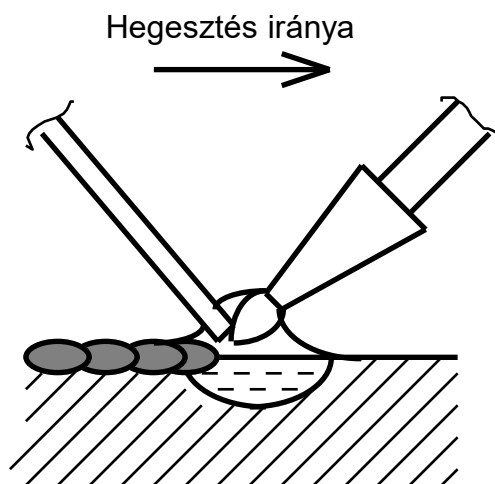




- Balra: vékony (<3 mm) lemezeknél
- Jobbra: vastag lemezek és csövek, varratot melegítjük – mélyebb beolvadás



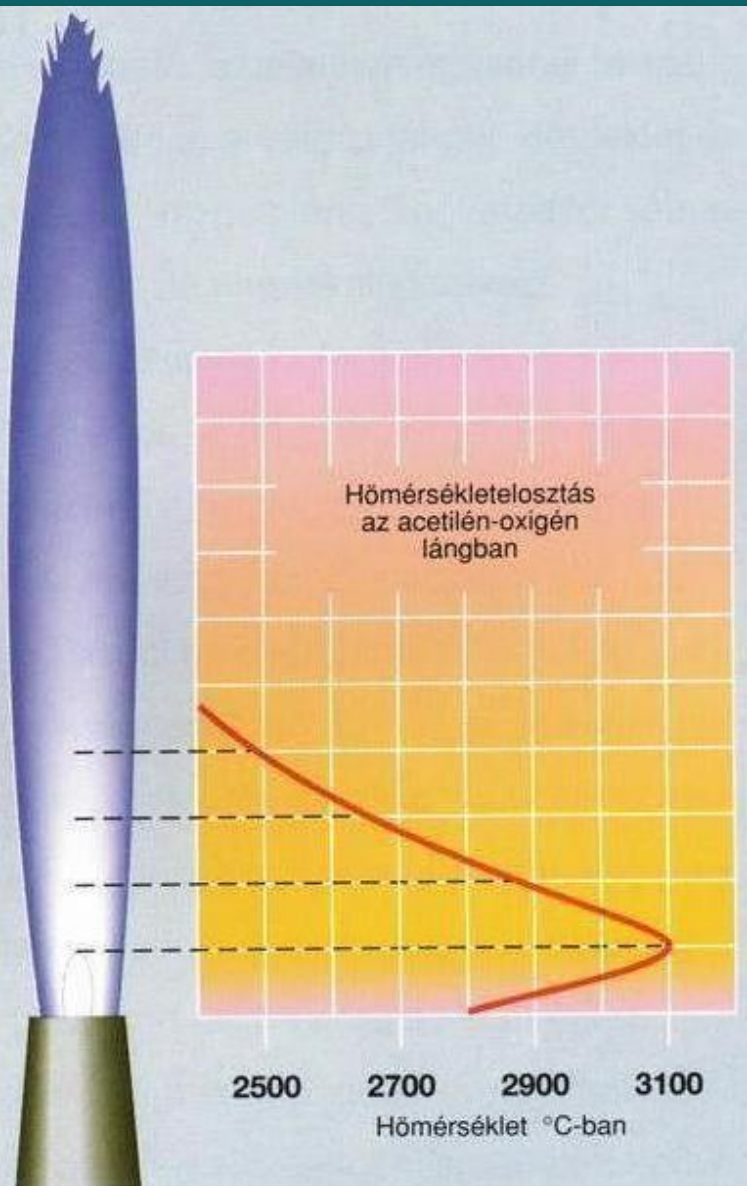
Balra hegesztés



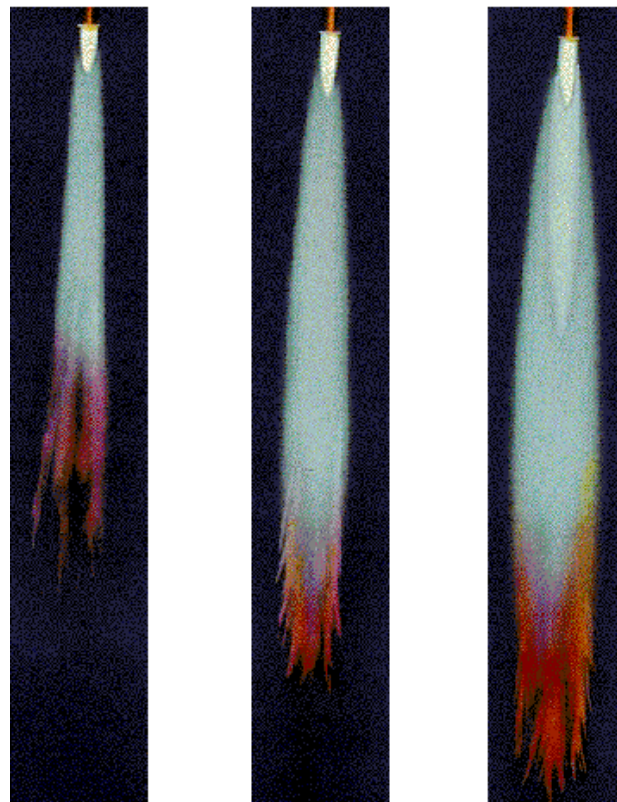
Jobbra hegesztés







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



- 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

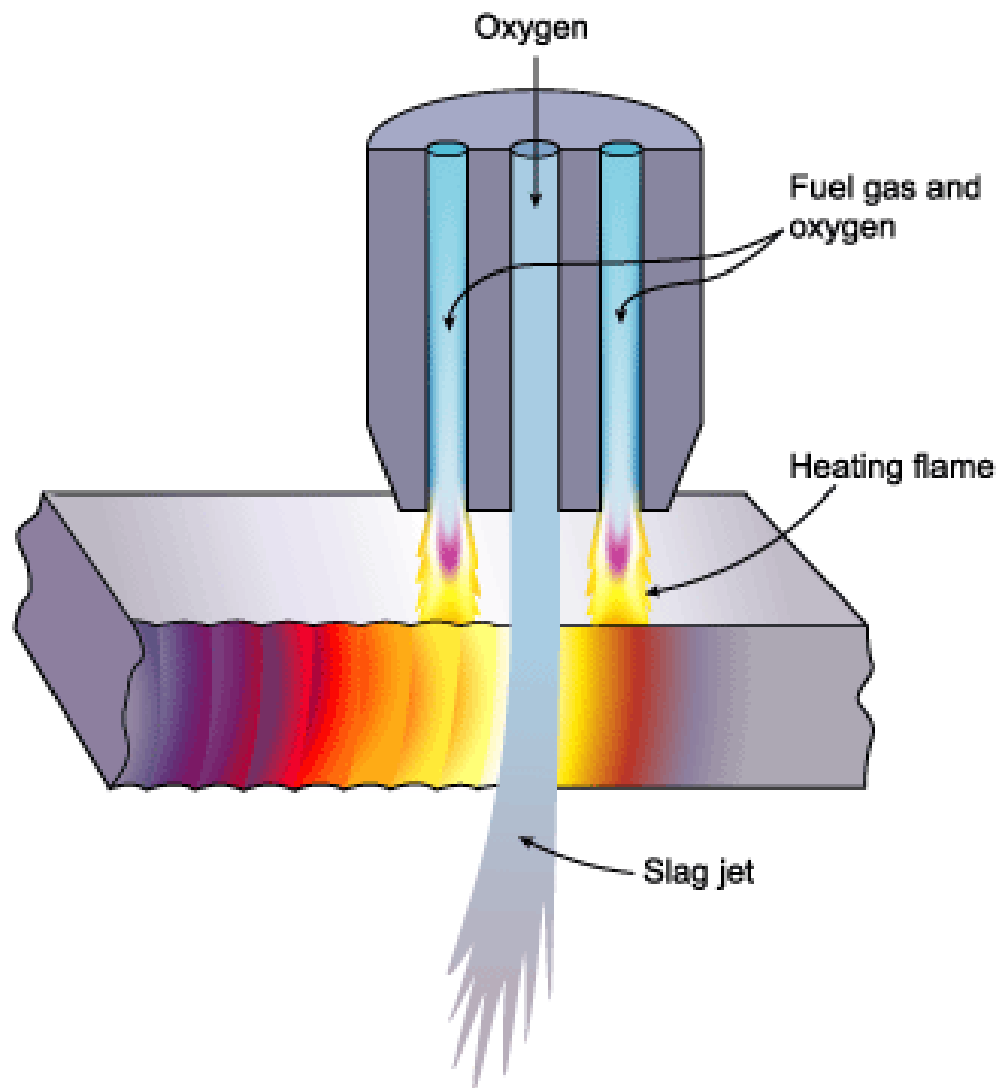


# Lánghegesztés

## 2:23

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

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



# Lámgvágás

## 5:14

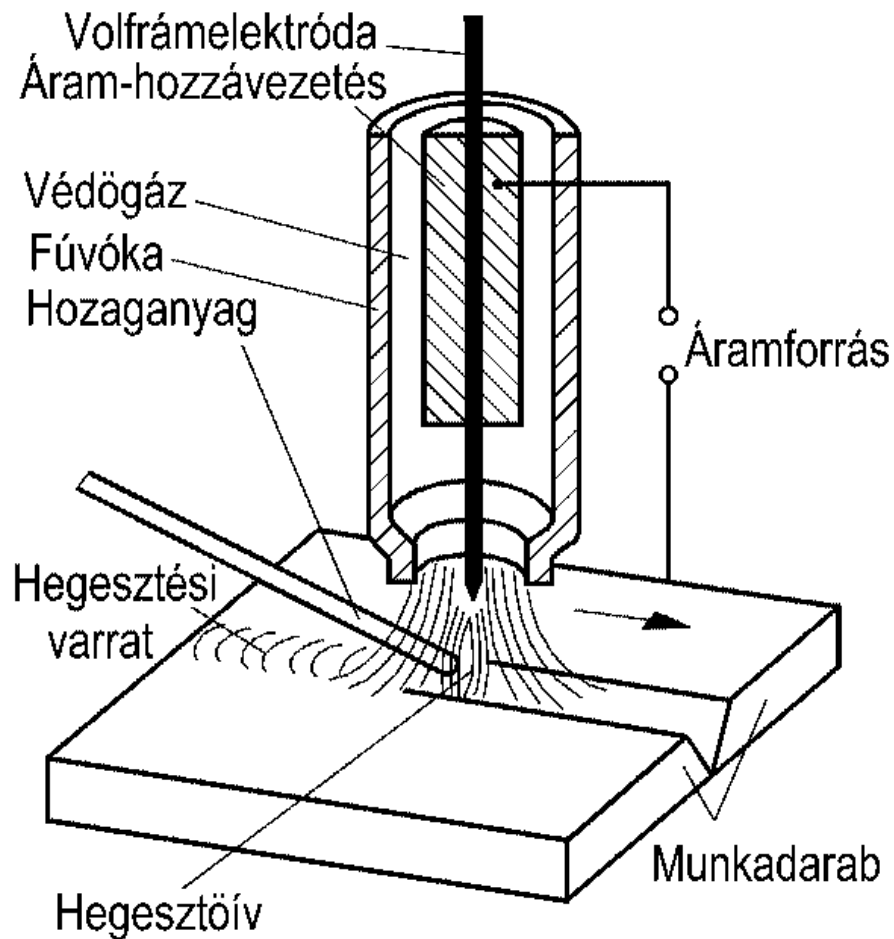
<http://www.youtube.com/watch?v=7EGmrPiumEU>

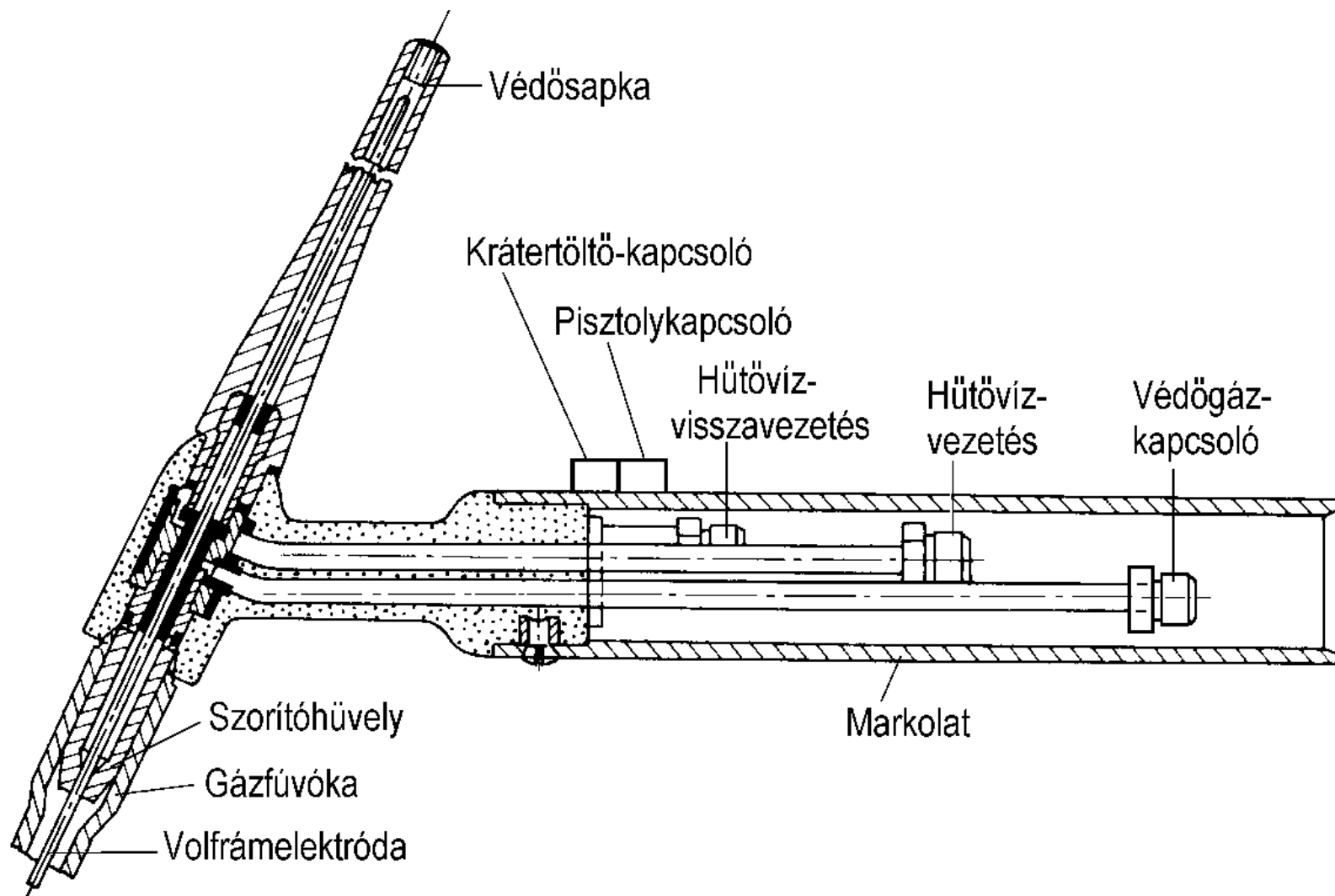
Okos ember nem ül rá...

0:18

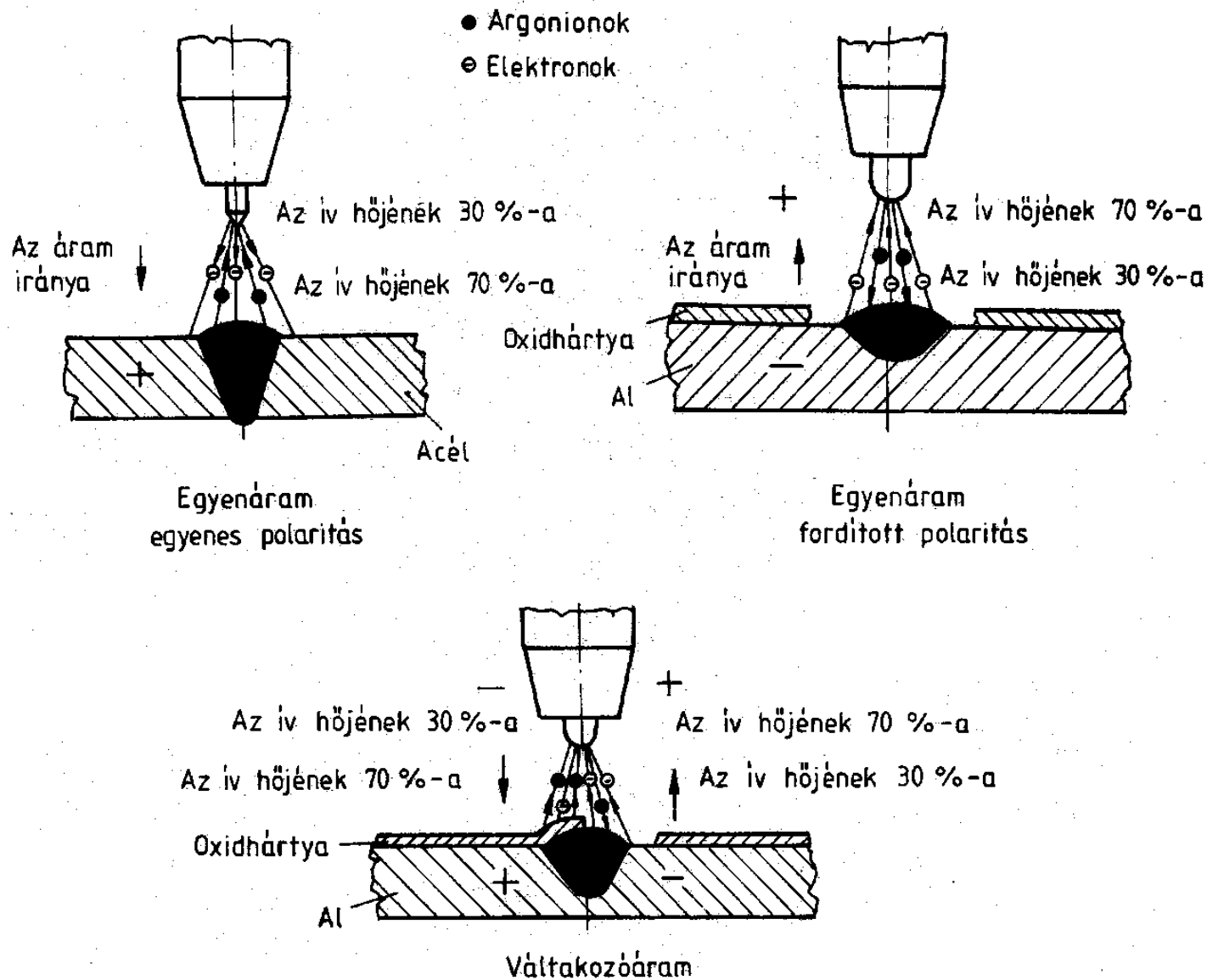
<http://www.youtube.com/watch?v=J7O7NRV8MMM>

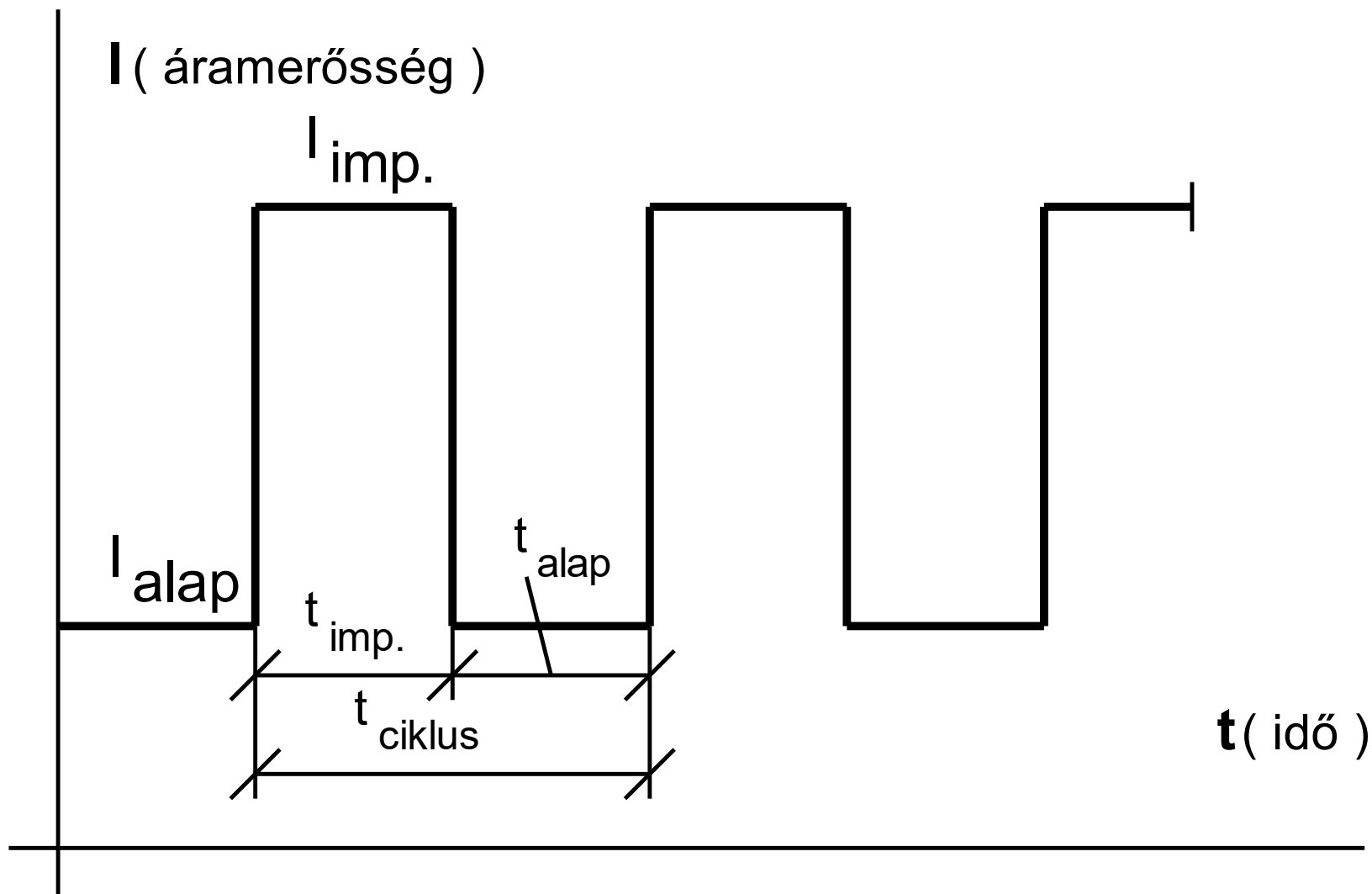
- Volfrám elektróda (elvileg) nem olvad meg
- Bármilyen anyagra
- Ötvözetlen és gyengén ötvözött anyagra nem gazdaságos
  - Gyök, különleges
- Stabil, tiszta, minőségi
- Színes- és könnyűfémek primer eljárása
- Nem túl termelékeny





# A polaritás szerepe







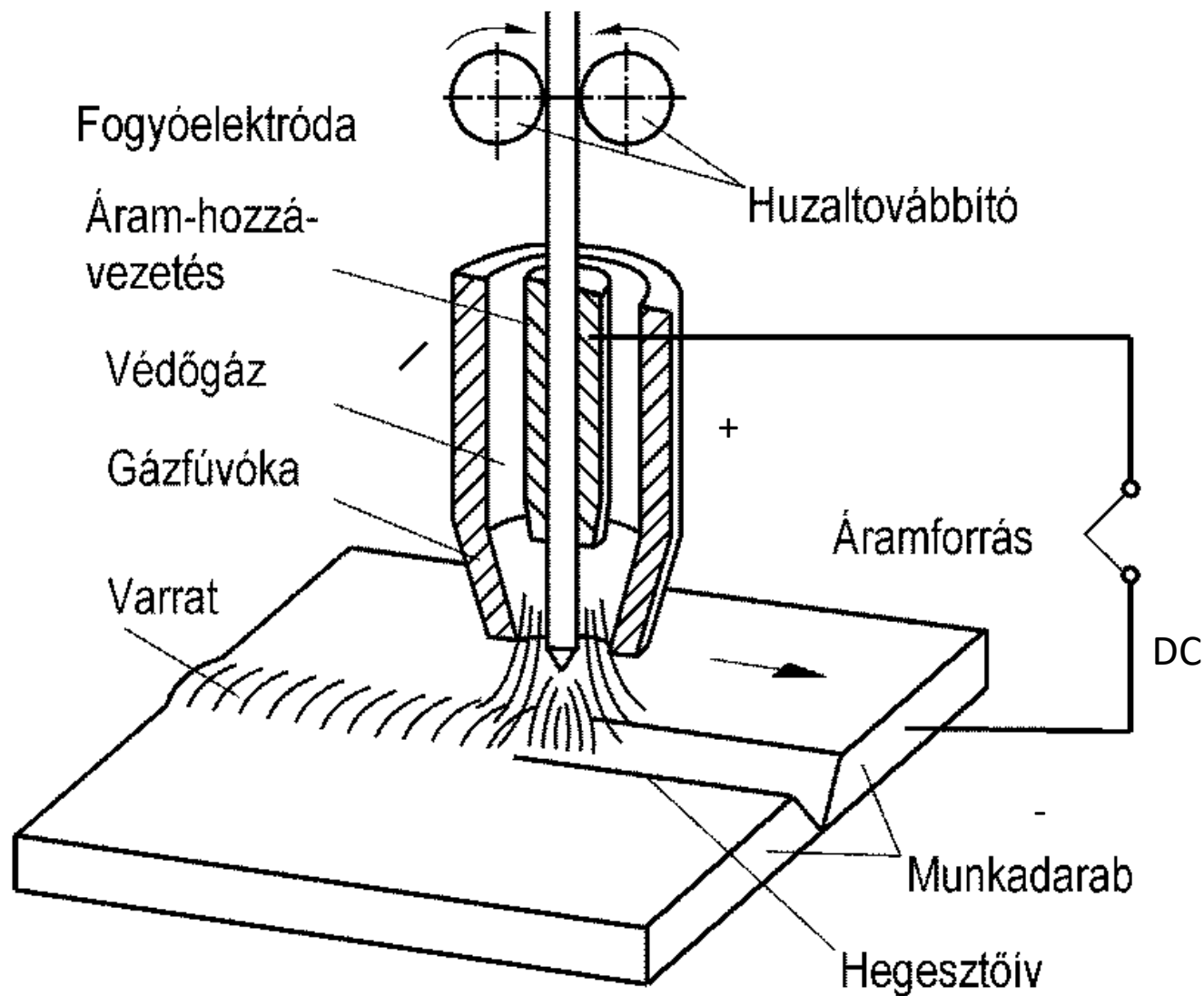
- Elektróda átmérő
  - 1...4 mm
- Áramerősség
  - 5...500 A
- Feszültség
  - 15...30 V
- Hegesztési sebesség
  - 70...200 mm/min
- Impulzustechnika
  - $I_a = f(d_w)$ ,  $I_i = I_a / 0,32$
  - $t_i = 0,2$  s,  $t_a = 2t_i$
- Színesfémek
- Könnyűfémek
- Erősen ötvözött acélok
- Szerszámacélok
- Korrózióálló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

# TIG hegesztés

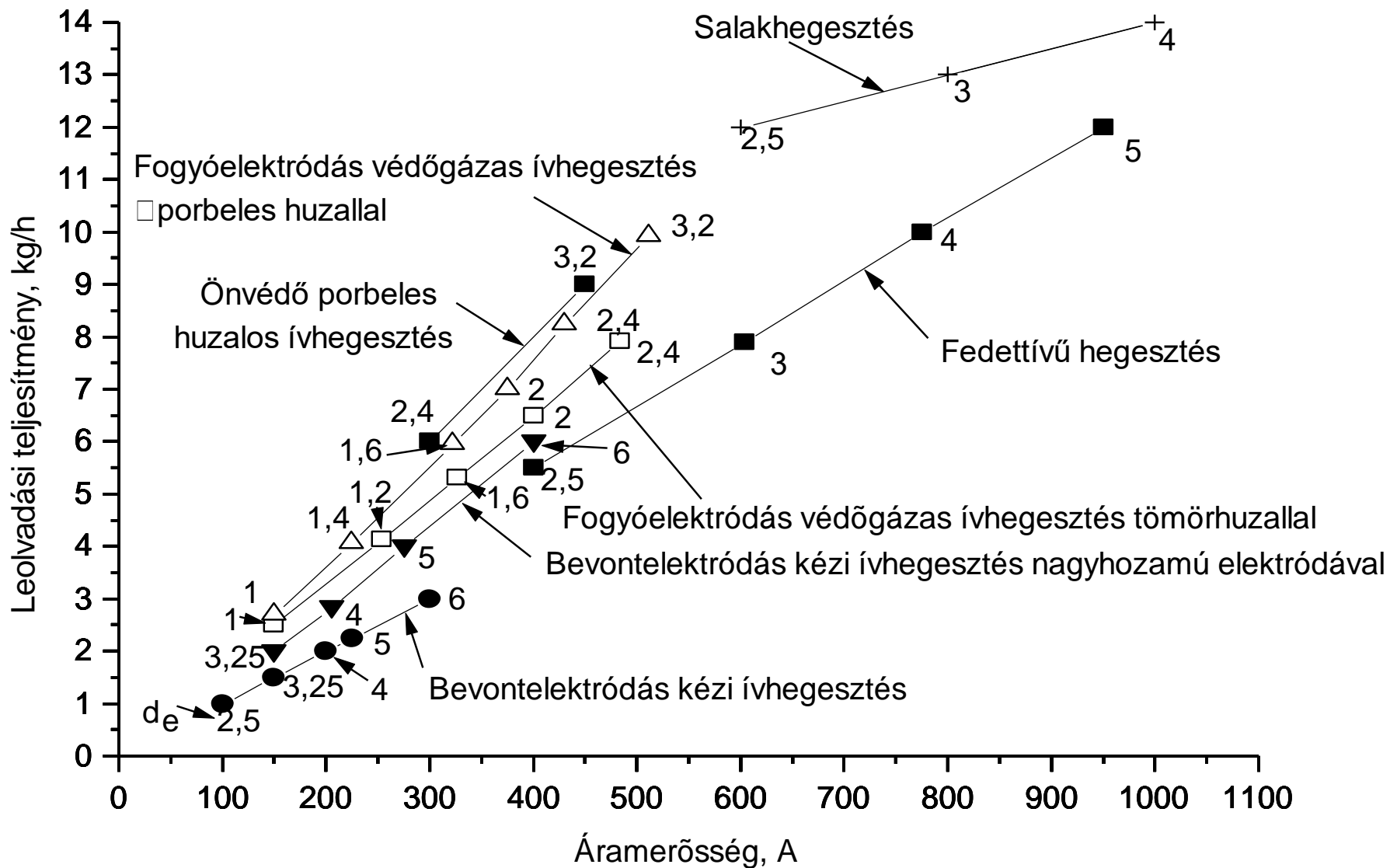
## 1:38

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

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



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



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

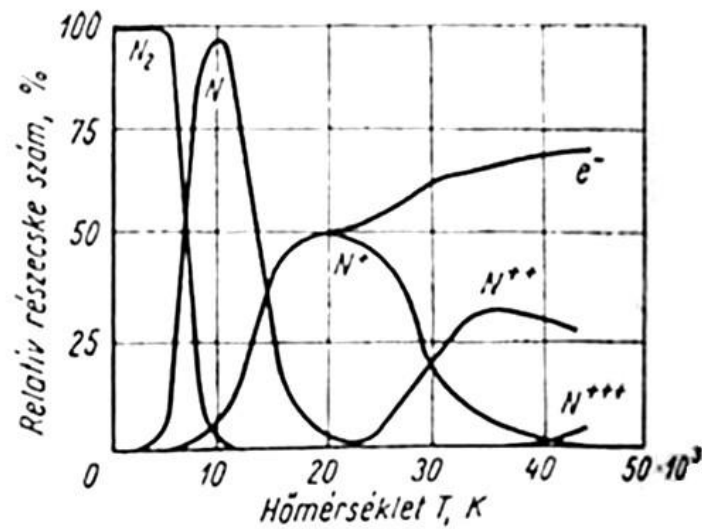
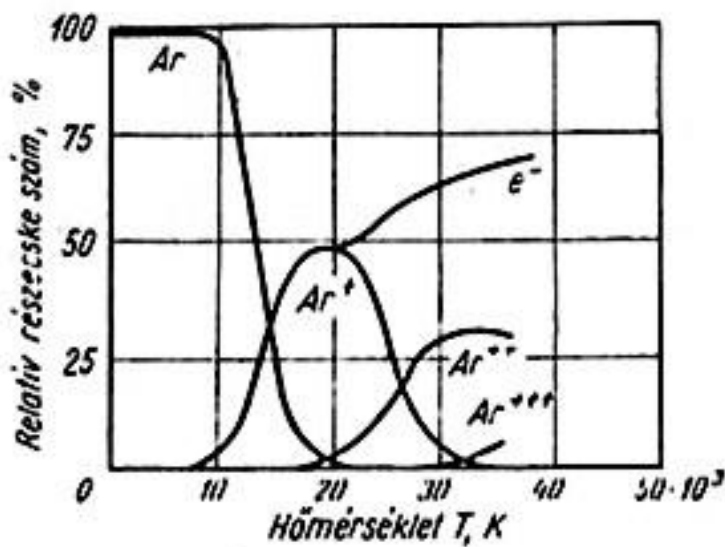


# Automatizált FI – 4 robot

## 3:14

<http://www.youtube.com/watch?v=wm4h190KOhc>

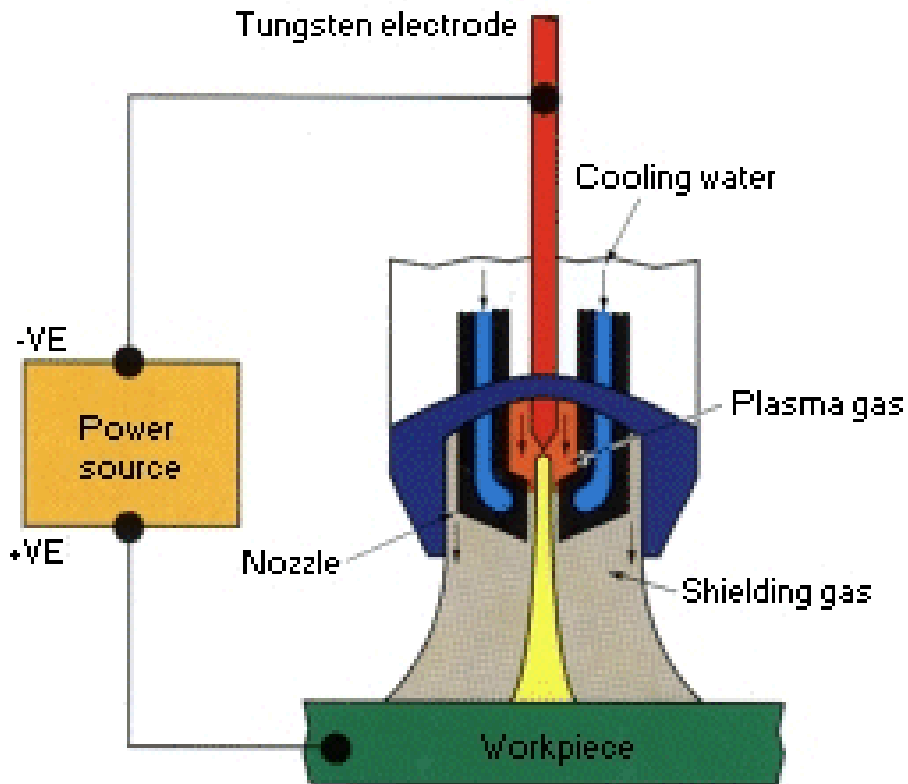
- Plazma: az anyagok termodinamikai egyensúlynak megfelelő arányban disszociált és ionizált gáz állapota.
- A plazma nagy hőmérsékleten állítható elő, nagy energiaszint jellemzi



# Plazma

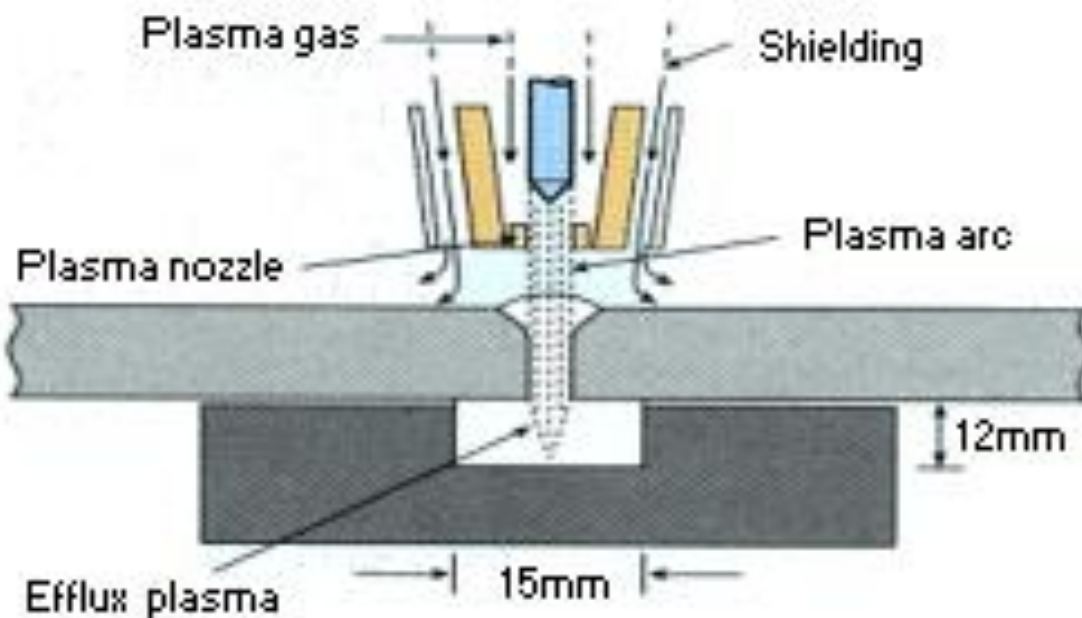
# 1:40

<http://www.youtube.com/watch?v=l1biDOTL8hA>

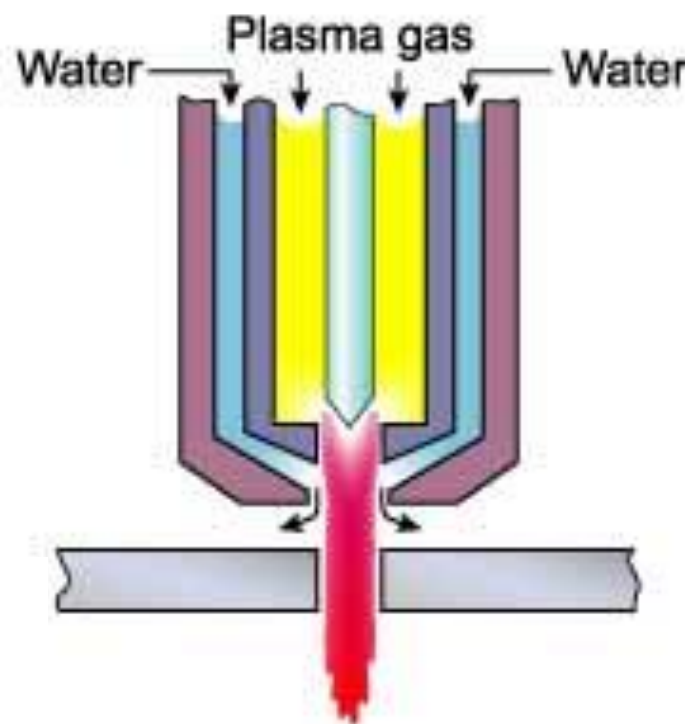
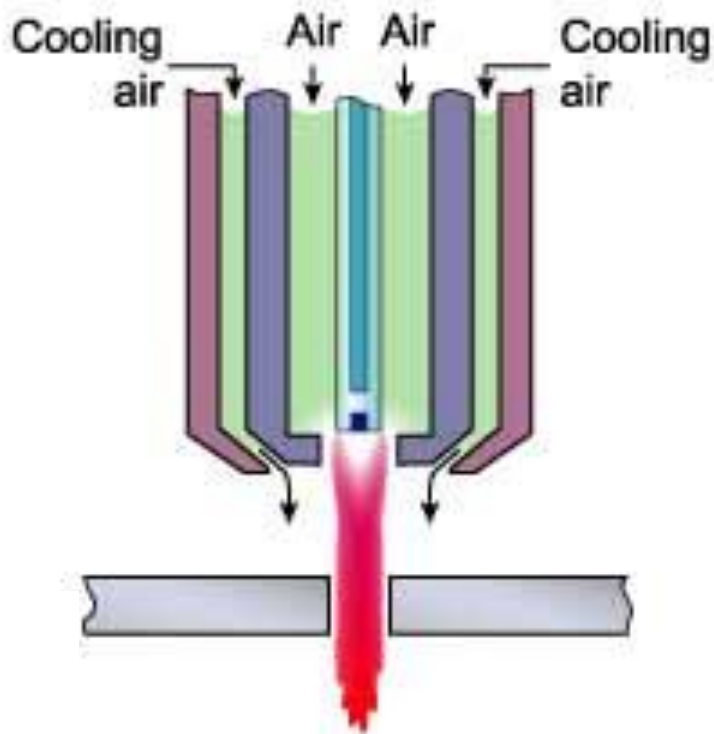


- W elektróda és a pisztoly belső fúvókája között nagy frekvenciás szikrakisülés biztosítja az első töltéshordozókat
- Plazma ív
  - Az elektróda és a mdb közt
- Plazma láng
  - Az elektróda és a belső fúvóka közt, a plazmát gáz fújja ki

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



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



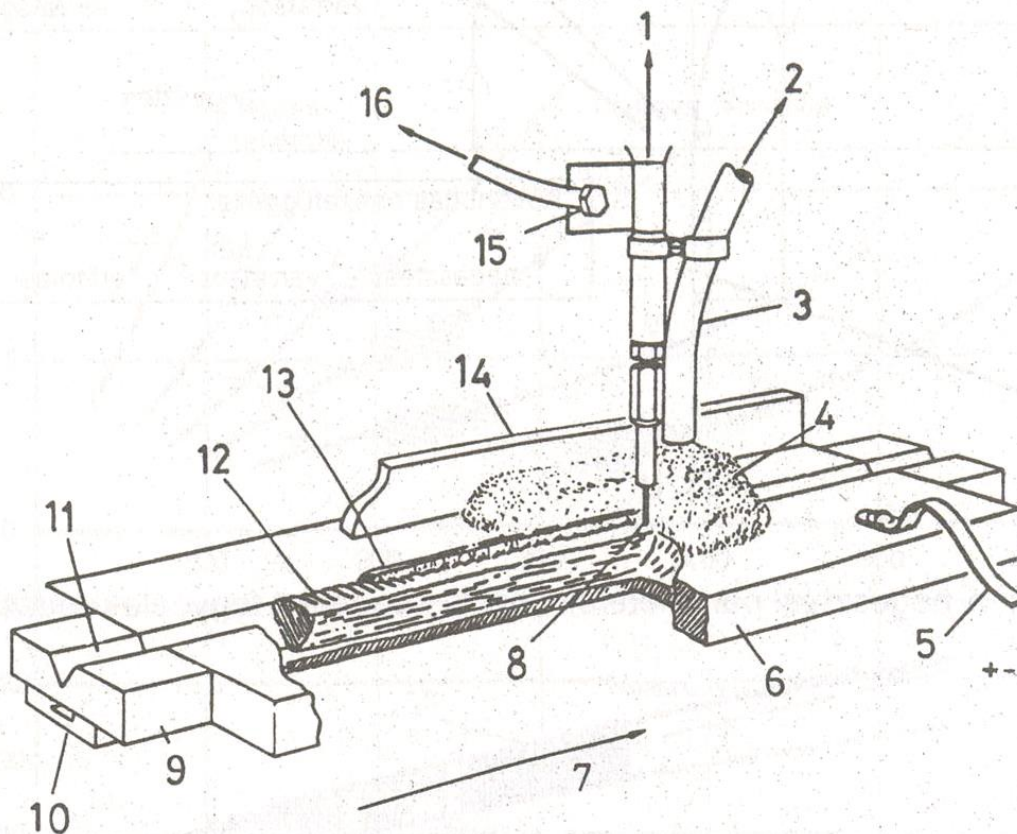
# Plazma vágás

3:16

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



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

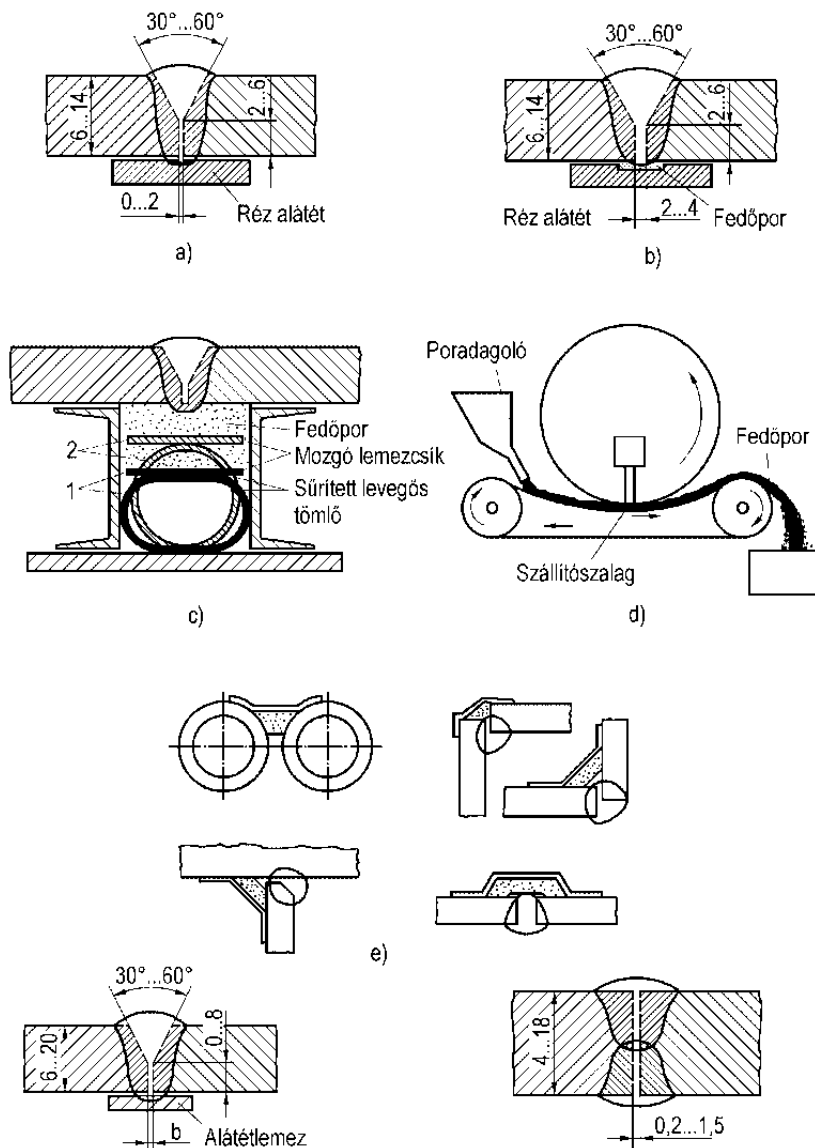


- Nagy leolvadási teljesítmény
- Vízszintes vagy vízszintesbe forgatható varratok
- Kötőhegesztés
- Felrakó hegesztés
- Gépesített



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





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

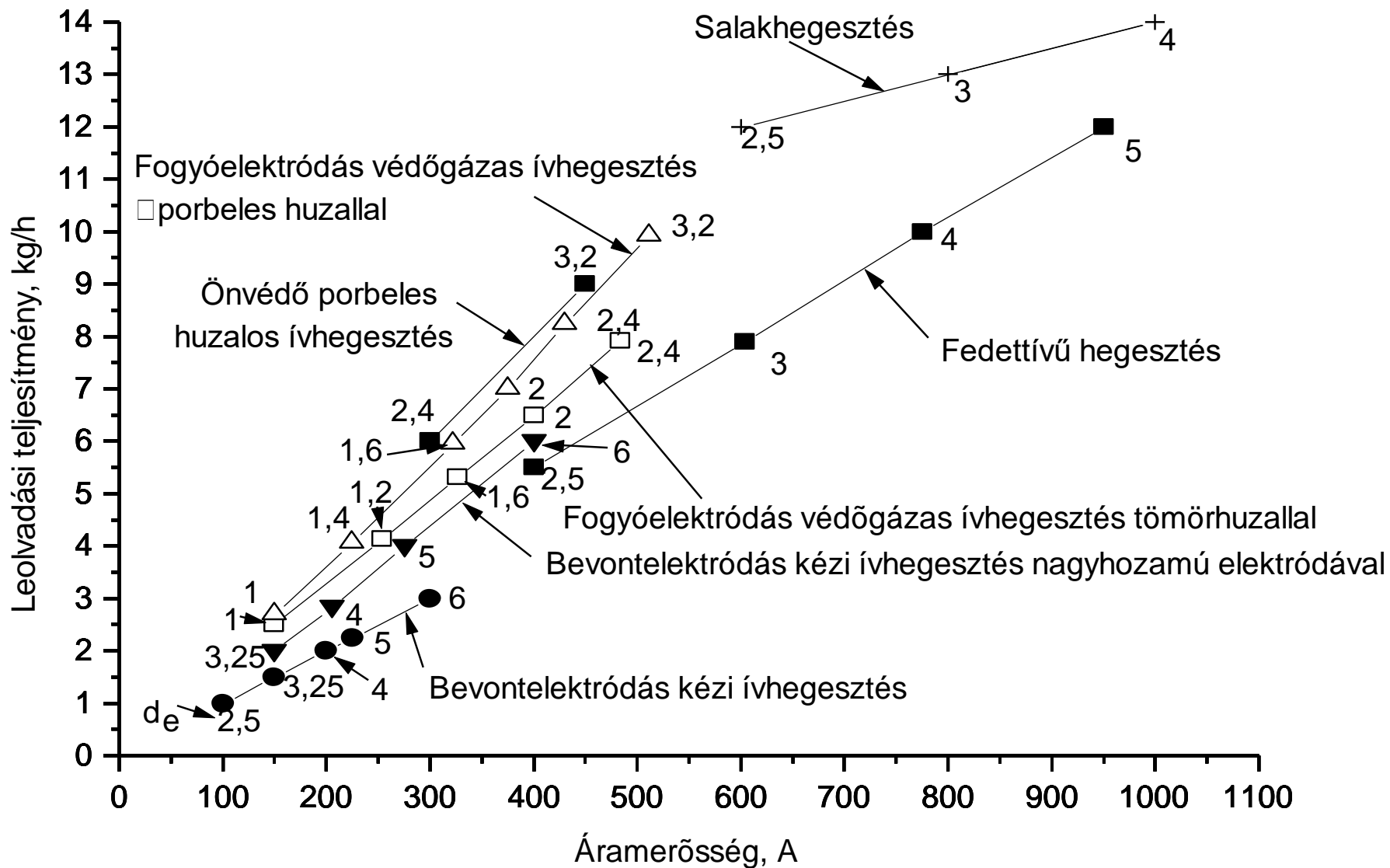
- Elektróda átmérő
  - 1,2...12 mm
- Áramerősség
  - 130...5000 A
- Feszültség
  - 20...60 V
- Hegesztési sebesség
  - 100...5000 mm/min
- Fedőpor hozam
- Acélszerkezetek tömeggyártása
- Mindenféle acél ötvözöttségtől függetlenül
- Vastag szerkezetek
  - Egyoldali I varrat 10 mm-ig
  - Kétoldali I varrat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

# Fedett ívű hegesztés

0:34

<http://www.youtube.com/watch?v=S40IQ6660Ig>







# Köszönöm a figyelmet!

Dr. Orbulov Imre Norbert – [orbulov@eik.bme.hu](mailto:orbulov@eik.bme.hu)