



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**

# NAGY ENERGIA SŰRŰSÉGŰ HEGESZTÉSI ELJÁRÁSOK

**Dr. Palotás Béla**



**Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék**

# Elektronsugaras hegesztés

- A katódból kilépő elektronokat vákuumban nagyfeszültségű térrel felgyorsítjuk.
- Az anóddal azonos potenciálra kapcsolt munkadarab felületébe ütköző elektronok lefékeződve adják át az energiájukat.
- A nagy energia sűrűségnek ( $10^8 \text{ W/cm}^2$ ) köszönhetően a fém megolvad és elgőzölög, így tud mélyülni a varrat.

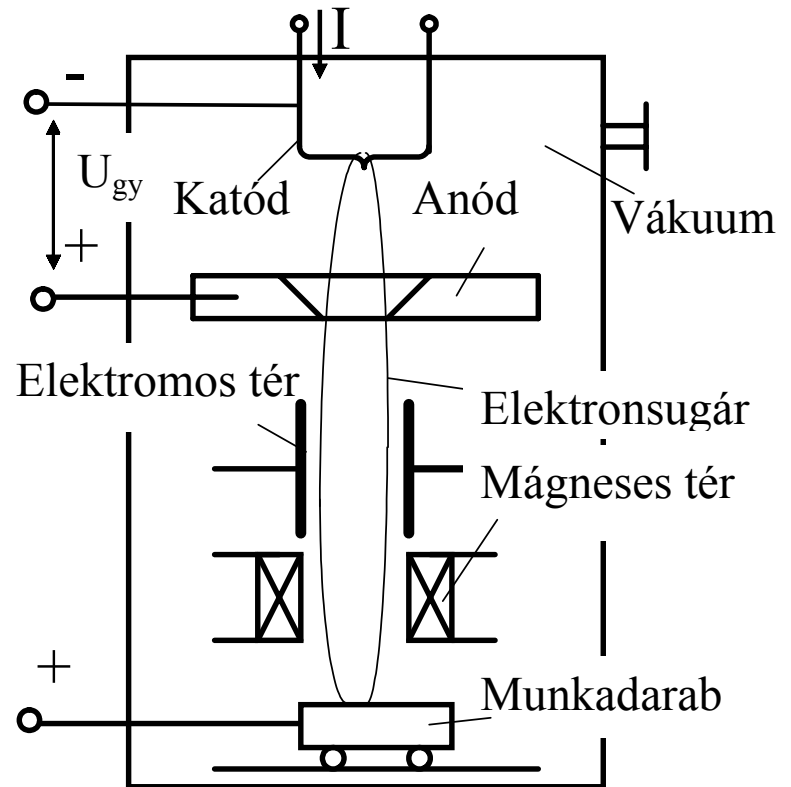


# Az elektronsugaras berendezés felépítése

- Az elektron az elektromos térrel nagy energia szintre gyorsítható fel.
- Az elektron sebessége:

$$\frac{v_e^2 m}{2} = U_{gy} e_0$$

$$v_e \approx 600\sqrt{U} \text{ km/s}$$

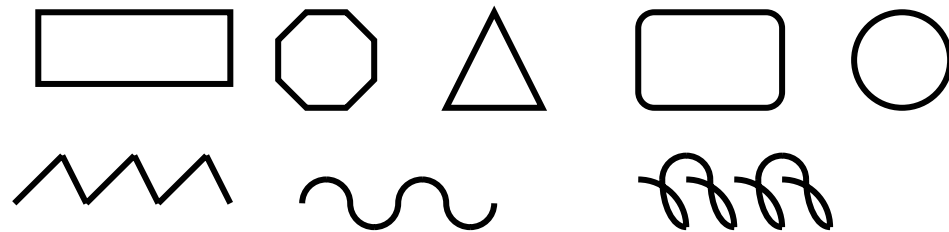


# Az elektronsugár fókuszálható és mozgatható

- Mágneses térben a mozgó elektronra erő hat:

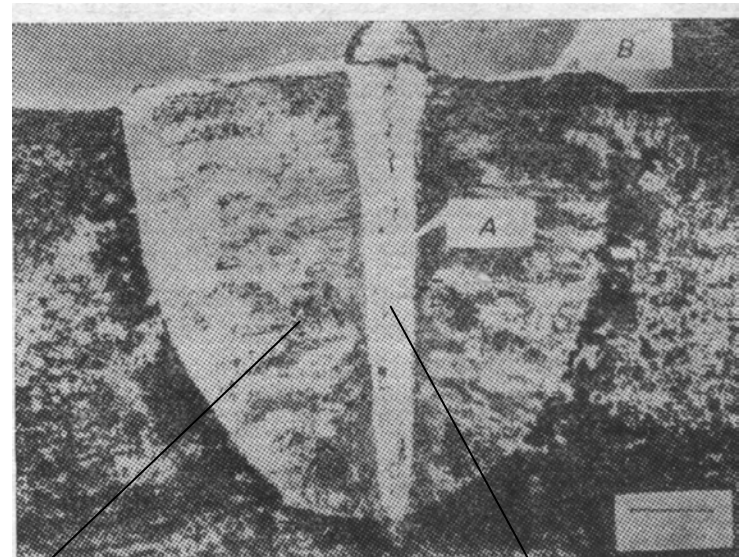
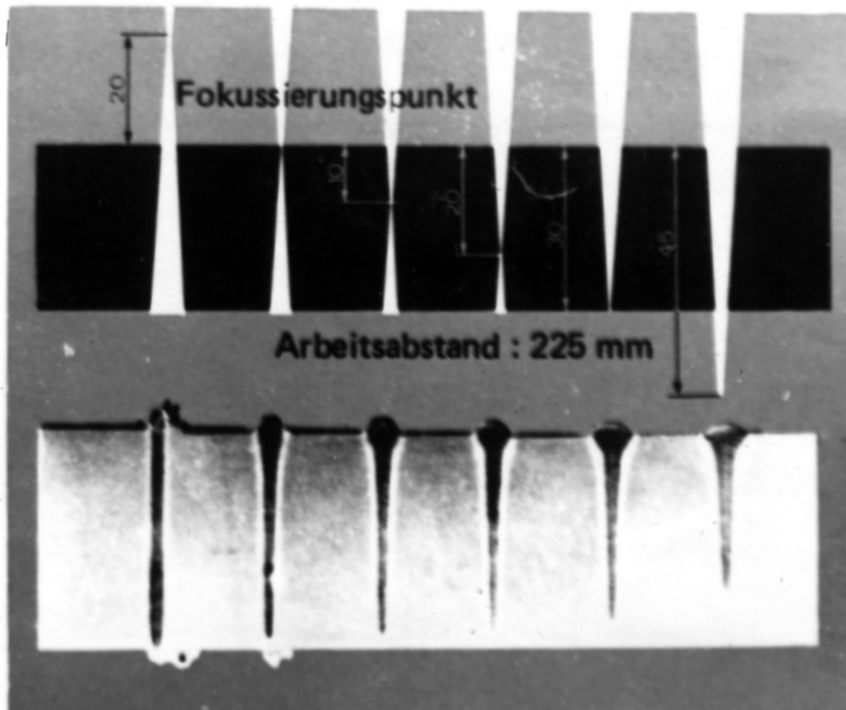
$$\vec{F} = e(\vec{v} \times \vec{B})$$

- A sugármozgatás lehetőségei:



Számos alakzatban mozgatható az elektronsugár.

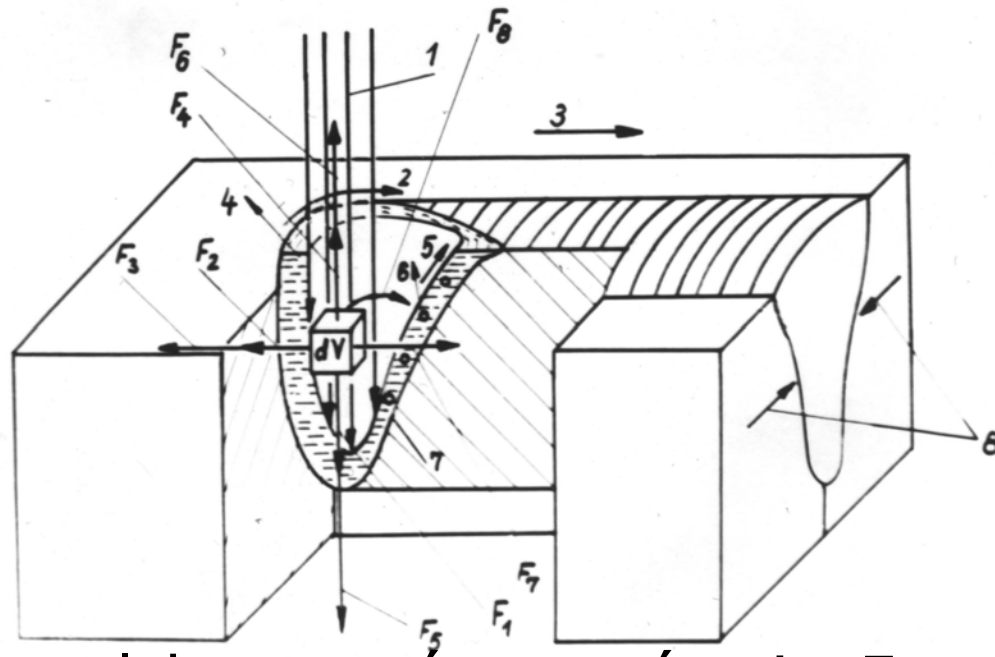
# A varrat alakja a fókusz távolsággal változtatható



AWI-hegesztés

Elektronsugaras hegesztés

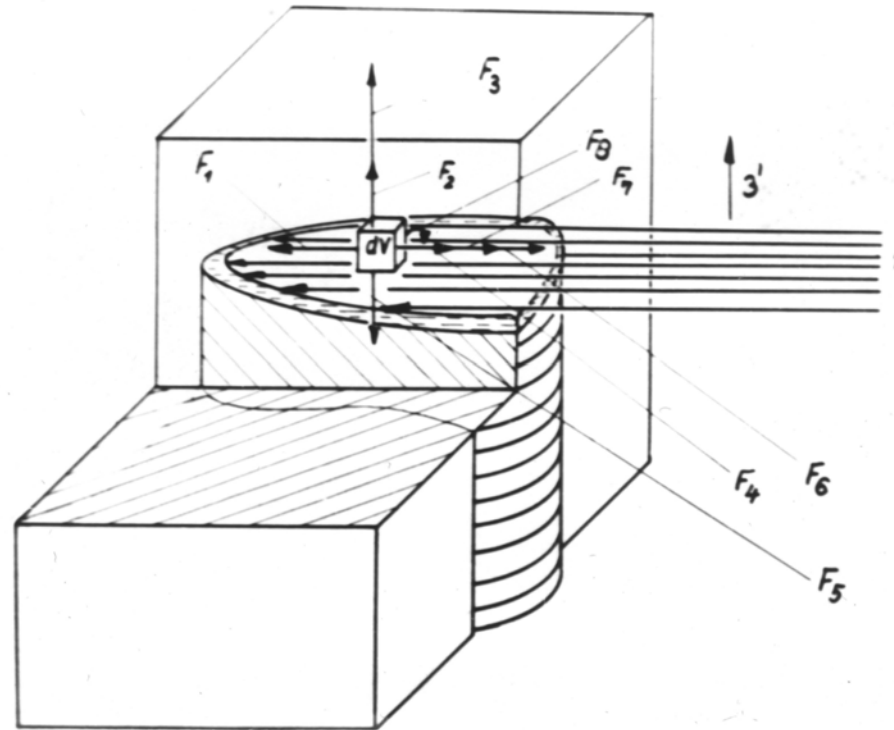
# Függőleges elektronsugár alkalmazása



Függőleges sugárnál, ha a nehézségi erő ( $F_5$ ) meghaladja a hőkapilláris erőt ( $F_6$ ) az ömledék bezáródik, a varrat nem mélyül.

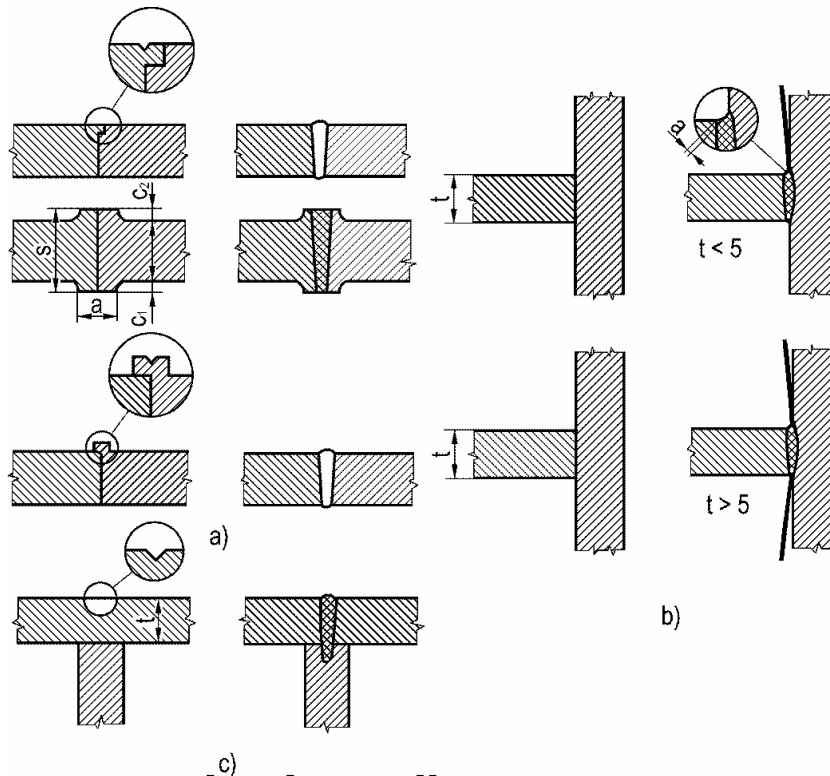
$F_1$  : az elektronsugár nyomóereje,  $F_2$  : a párolgó atomok nyomóereje,  $F_3$  : a hidrosztatikus nyomóerő,  $F_4$  : a felületi feszültségi erő,  $F_5$  : a nehézségi erő,  $F_6$  : hőkapilláris erő,  $F_7$  : az ömledék statikus nyomóereje,  $F_8$  : a vízszintes hőkap. erő

# Vízszintes elektronsugár alkalmazása



Vízszintes sugárnál a nehézségi erő és a hőkapilláris erő iránya eltérő, így a varrat a nehézségi erőtől függetlenül mélyül.

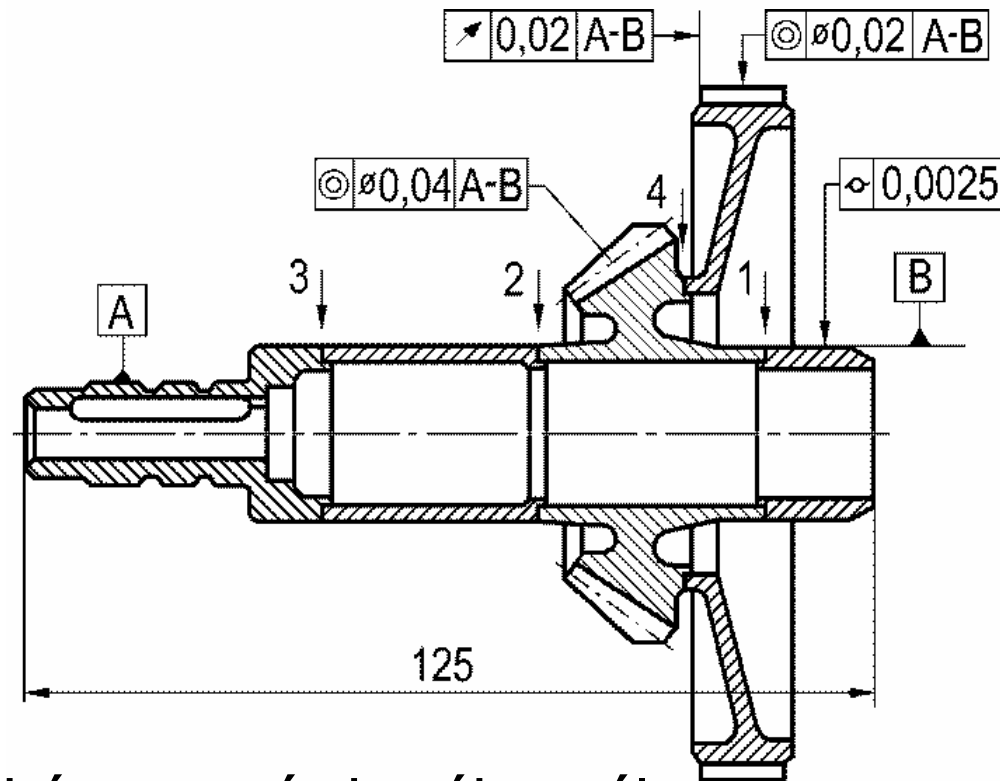
# Tipikus kötések



Mély beolvadású varratok készíthetők, különleges esetekben és más eljárással nem hozzáférhető helyeken is alkalmazható.



# Csoport fogaskerekek gyártása



Az egyes elemek készre gyárthatók, utólagos megmunkálásra nincs szükség, csak demagnetizálni kell hegesztés után.



# Hegesztési paraméterek

---

- $I_k = 5 \dots 500 \text{ mA}$  ( katódáram )
- $U_{gy} = 30 \dots 150 \text{ kV}$  ( gyorsító feszültség )
- $V_{heg} = 100 \dots 4800 \text{ mm/min}$
- $P_{sugár} = 1 \dots 60 \text{ kW}$  ( sugár teljesítmény )
- $p_{kamra} = 10^{-4} \text{ bar.}$

# Az elektronsugaras hegesztés alkalmazása

- Minden anyag hegeszthető.
- Vákuum alkalmazásával a fémek tisztulnak, nagyon jó minőségű kötések készíthetők.
- A varrat alak igen kedvező.
- Elméletileg az ipar minden területén alkalmazható.
- Különleges esetben is megoldás lehet.
- „Bennszülött” darabok is hegeszthetők.
- Kerámiák és fémek is köthetők.
- Kész darabok elhúzóadás nélkül hegeszthetők.
- A vákuum kamra mérete alkalmazási korlátot jelent.
- Levegőre kiléptetett elektronsugár teljesítménye csak korlátozott alkalmazási lehetőséget jelent.

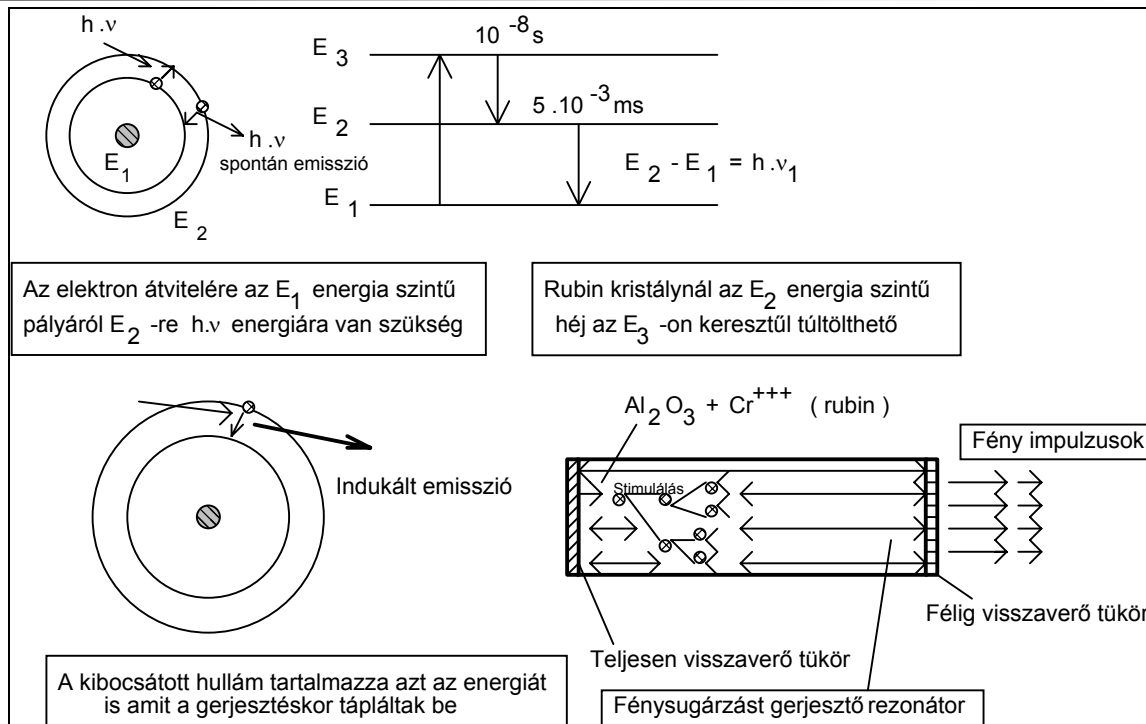


# Lézer hegesztés és vágás

---

- LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Fényerősítés gerjesztett sugárzás által).
- A lézer sugár koherens és monokromatikus fénysugárzás.
- A lézer fény jól fókuszálható, a legnagyobb energiasűrűségű energiaforrás, mind hegesztésre, mind vágásra és egyéb megmunkálásokra (felületi edzés, felületi ötvözés, felületi érdesítés stb.) alkalmazható.

# A lézerfény előállítása



Adott energiaszinten levő elektront, ha egy magasabb energiaszintű pályára visszük át (energia befektetéssel), az elektron visszatér a stabil pályájára, közben energiát sugároz ki.



# A lézer sugár előállítása

---

- A sugárzás azonos hullámhosszú fény kibocsátását jelenti.
- Rubin kristálynál a Cr – ionok hozhatók gerjesztett állapotba.
- A gerjesztést fénnyel hozzuk létre, az indukált emisszió során egyre több és több ion kerül gerjesztett állapotba.
- Az inverzió állapota érhető el, - ilyenkor az ionok több mint 50 %-a kerül gerjesztett állapotba – és a lézerfényt kisugározza a lézer-aktív anyag.
- A tükrök között egyre erősebb fénysugár jön létre, a félig áteresztő tükör egy energiaszint fölött átereszti a fényt.
- A fénysugarat fókuszálva, nagy energiaszint ( $10^9$  W/cm<sup>2</sup>) érhető el, ez gyakorlatilag minden anyag megolvasztására felhasználható.



# Lézer hegesztés, lézer vágás

---

- Hegesztést és vágást gyakran együtt alkalmazzák. Térbeli darabok kivágása után a hegesztés azonnal elvégezhető (pl. autóipar).
- Hegesztésre az elektrotechnika, elektronika alkalmazza.
- Huzalok, érintkezők egyszerűen hegeszthetők, sőt a mikroprocesszor gyártásban a fémhuzalok a félvezető kristályokhoz hegeszthetők.
- Vékony daraboknál átlapolt kötések, peremvarratos kötések készíthetők.
- Huzalok keresztezett kötése, párhuzamos kötése készíthető el. Huzalok lemezekre hegeszthetők fel.

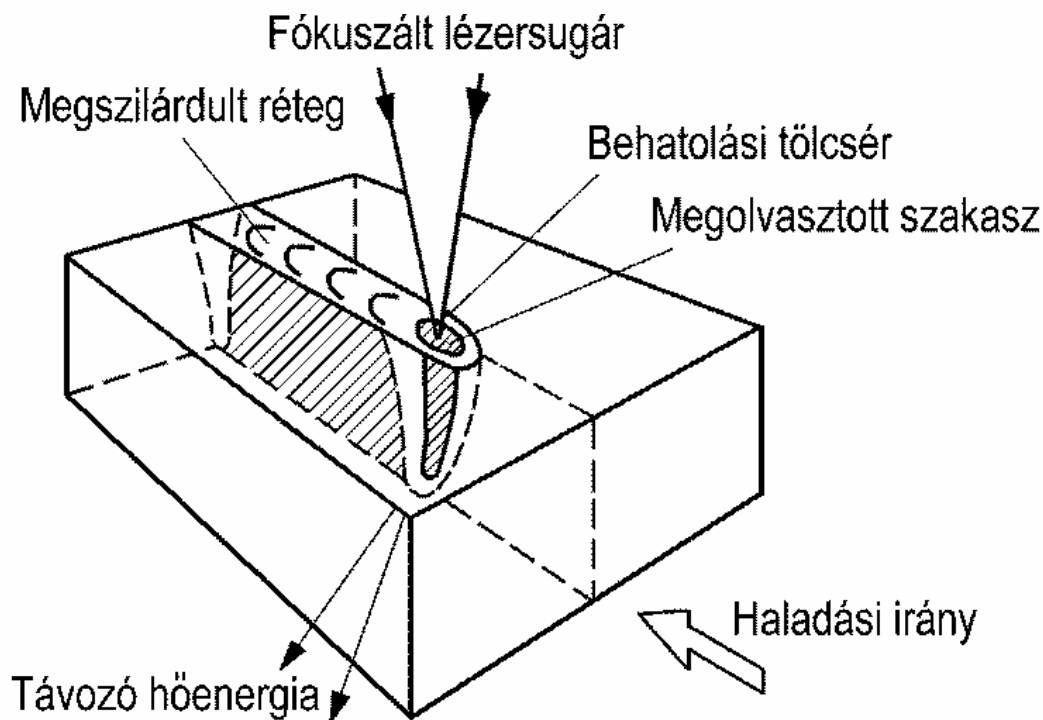
# Hegesztés és vágás



A hegesztési és vágási alkalmazás közötti különbség az energiaszintben illetve a fókuszálás helye között van.



# Mély beolvadású hegesztés



„Mélyvarratos” kötéseknél a „kulcslyuk” kialakulása biztosítja a gyökhiba mentes kötés kialakulását. 20 mm beolvadási mélység is elérhető.



# A lézerefény visszaverődése

---

- Sokszor okoz problémát lézernél a fénysugár visszaverődése.
- Sokszor külön feketítik a darabokat, hogy növeljék a fény abszorpcióját.
- A fénysugár visszaverődése függ a hullámhossztól, a felületi érdességtől és az anyagminőségtől.
- A kisebb hullámhossz esetén jobb az abszorpció.

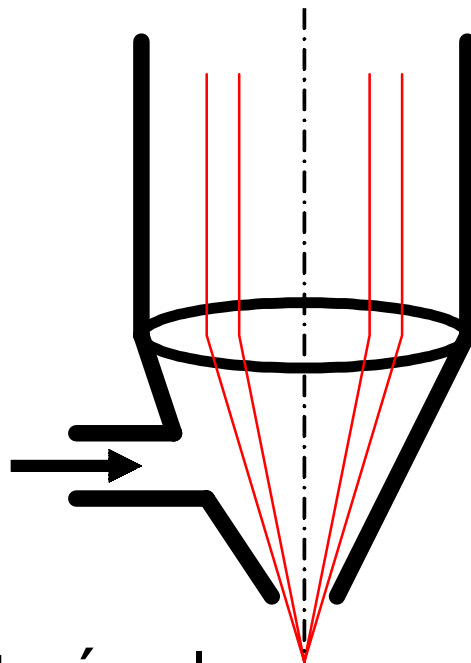
# Lézer vágás

- Vágásnál az anyagot megolvasztjuk és elgőzöltetjük.
- A vágásnál gázzal fúvatják ki az elpárologtatott anyagokat.



# A lézer vágással nagy pontosság érhető el

Inert  
gáz



Általában inert gázzal fúvatják ki az elpárolgott anyagokat.



Bonyolult alakzatok is kivághatók.



# Lézer berendezések

- A lézerek fajtái:

- Szilárdtest lézerek
- Diódás lézerek
- Gázlézerek

- *Szilárd-test lézer:*

- Rubin lézer
- Nd - YAG lézer
- Nd – üveg lézer

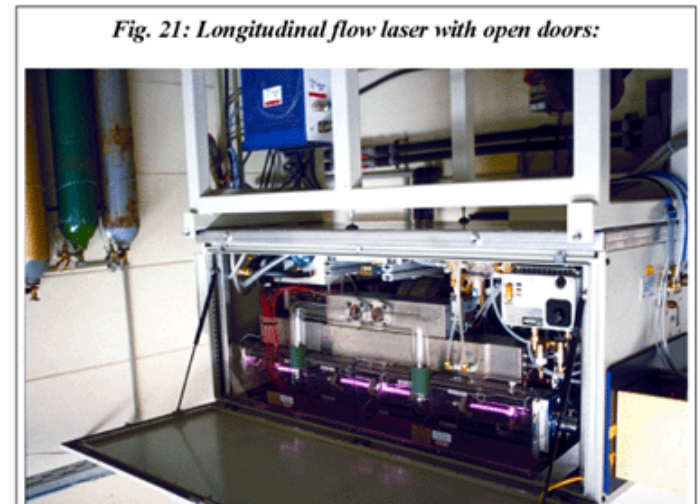
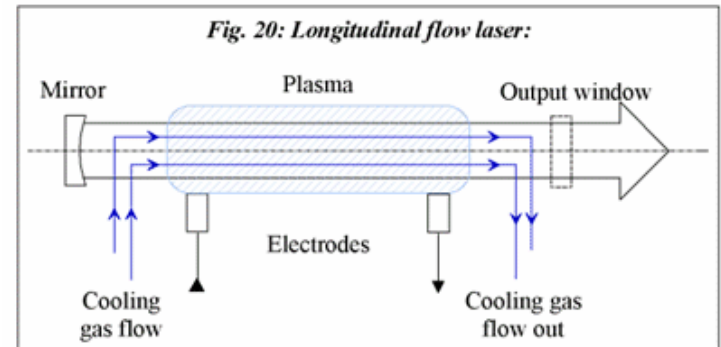
- *Diódás lézerek:*

- Napjainkban már ipari felhasználásra is készülnek félvezető kristályokból lézerek. Elérték már a 40 %-s hatásfokot is.
- A diódás lézerek nagyon gyorsan fejlődnek, mind hegesztésre, mind vágásra használják.

Főleg hegesztésre használják ezeket. Impulzus üzemmódban működnek és igen kis hatásfok (0,1 ... 3 %) jellemző ezekre.

# Gázlézerek

- A lézer-aktív anyag a  $\text{CO}_2$ . A berendezések általában 3 %  $\text{CO}_2$  + 22 %  $\text{N}_2$  + 75 % He gázkeverékkel üzemelnek.
- Az elektródák között a nitrogént ionizáljuk és hozzuk plazma állapotba.
- Ezek a lézerek folyamatosan sugároznak, a 10,6  $\mu\text{m}$ -s fénysugár szabad szemmel nem látható, külön jelzőfényt használnak a beállításhoz.





# Alkalmazás

---

- Az ipar minden területén alkalmazzák.
- Minden anyag vágható.
- Acéloknál a 20 mm vastagságot érték el.
- Nagy pontosság érhető el.
- Hazánkban is széles körben alkalmazzák, 63 darab vágólézerről van tudomásunk.