



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

GYŐR

---

# Különleges megmunkálási technológiák M\_aj003\_1

Mechatronikai mérnöki MSc szak

## Szikraforgácsolás Lézersugaras megmunkálás

2. előadás

Összeállította: Dr. Pintér József

---



## Tartalom

1. Szikraforgácsolás **EDM**
  2. Lézersugaras megmunkálás
-



## Szikraforgácsolás

- **EDM (Electro-Discharge Machining)**
  - **Az elektromos áram roncsoló hatásán alapszik**
  - **Az egyenfeszültségre kapcsolt villamos vezető elektródokat (szerszám és munkadarab) dielektrikumba (munkafolyadék) merítenek**
  - **Az elektródák között kisülés sorozatokat hoznak létre**
-



## Történelmi áttekintés 1.

- az elektromos kisülés eróziós hatását 1770-ben fedezték fel
  - primitív EDM gépek (1920.-40., vibráló elektródok, relaxáló áramkörök, szervokontroller)
  - a II. világháború idején terjedt el a fegyvergyártásnál alkalmazva szükséges különleges keménységű anyagok megmunkáló módszere (impulzus generátor, X-Y-Z irányú mozgatás)
  - EDM szabadalom: 1943., Lazarenko-testvérek
  - WEDM szabadalom: 1945., Perfilev és Bauer
-



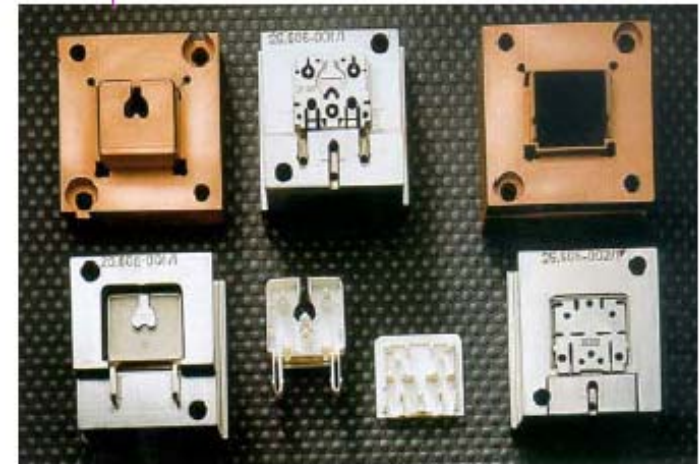
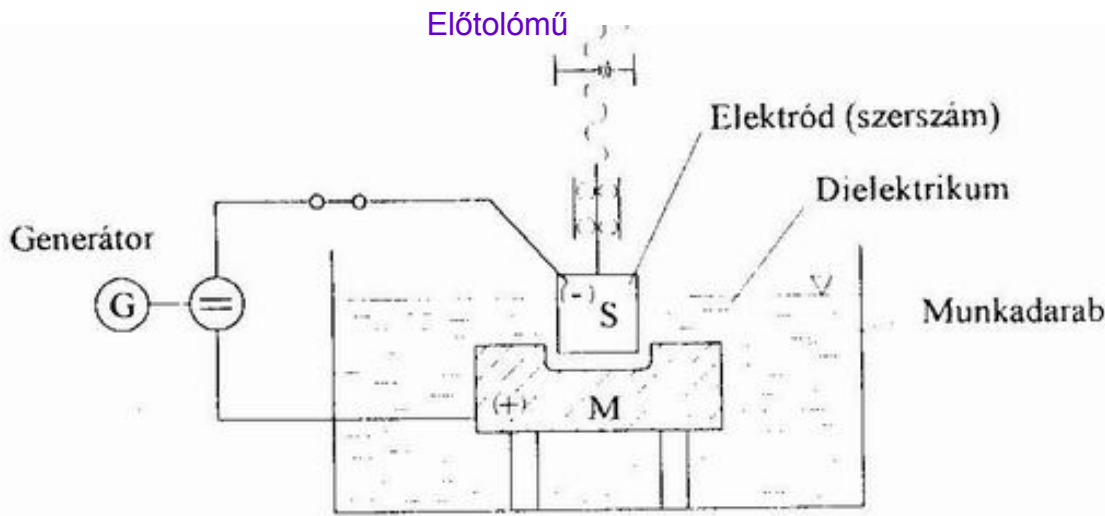
## Történelmi áttekintés 2.

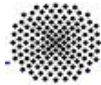
- az első szerszám és gépgyártásban alkalmazható berendezést az Erosimat C gépet Magyarországon fejlesztették ki, ami 1958-ban elnyerte a Brüsszeli Világkiállítás Nagydíját.
  - 1960-as évek: független impulzus-generátorok
  - 1970. körül javítják a mechanikát, az öblítést, a vezérlést (CNC), az elektronikát
  - 1975. használható WEDM megmunkáló gép
-



## Elvi vázlat

## Jellegzetes szikra-forgácsolt alkatrészek

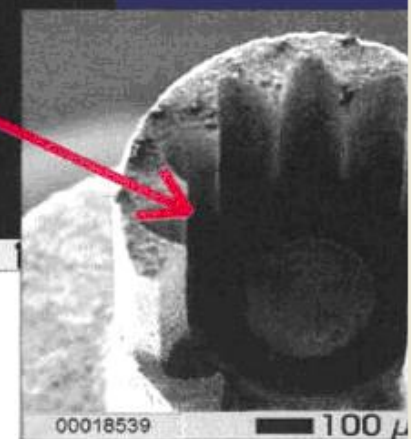
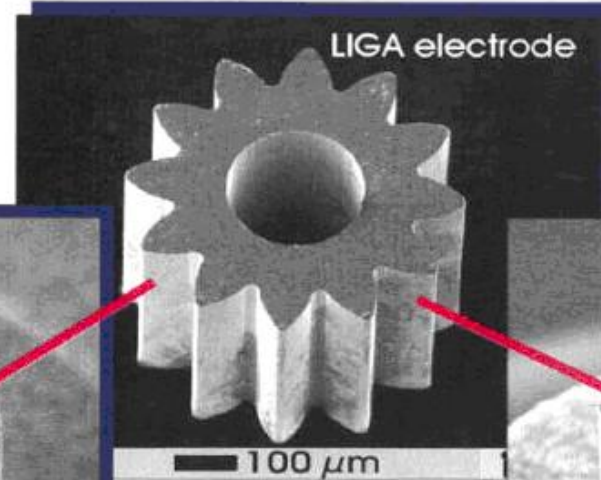
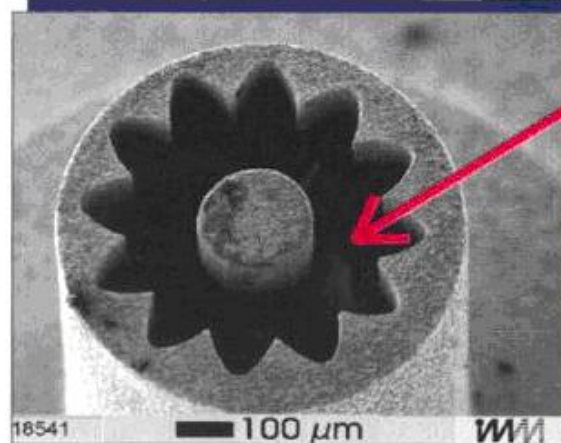




## $\mu$ -EDM WITH LIGA ELECTRODES

Application: injection moulding of micro gear wheels

- Material: hard alloy
- Structure depth:  $450\mu\text{m}$
- Module:  $38\mu\text{m}$



Source: IMM

Szakra-  
forgácsolt  
alkatrész  
(példa)



**Szika-  
forgácsolás  
(EDM)  
elrendezése**





## Huzalos szikraforgács- ológép (WEDM)







## Huzalos szikraforgácsológép (WEDM)

Mitsubishi RA90 Wire EDM machine 2003





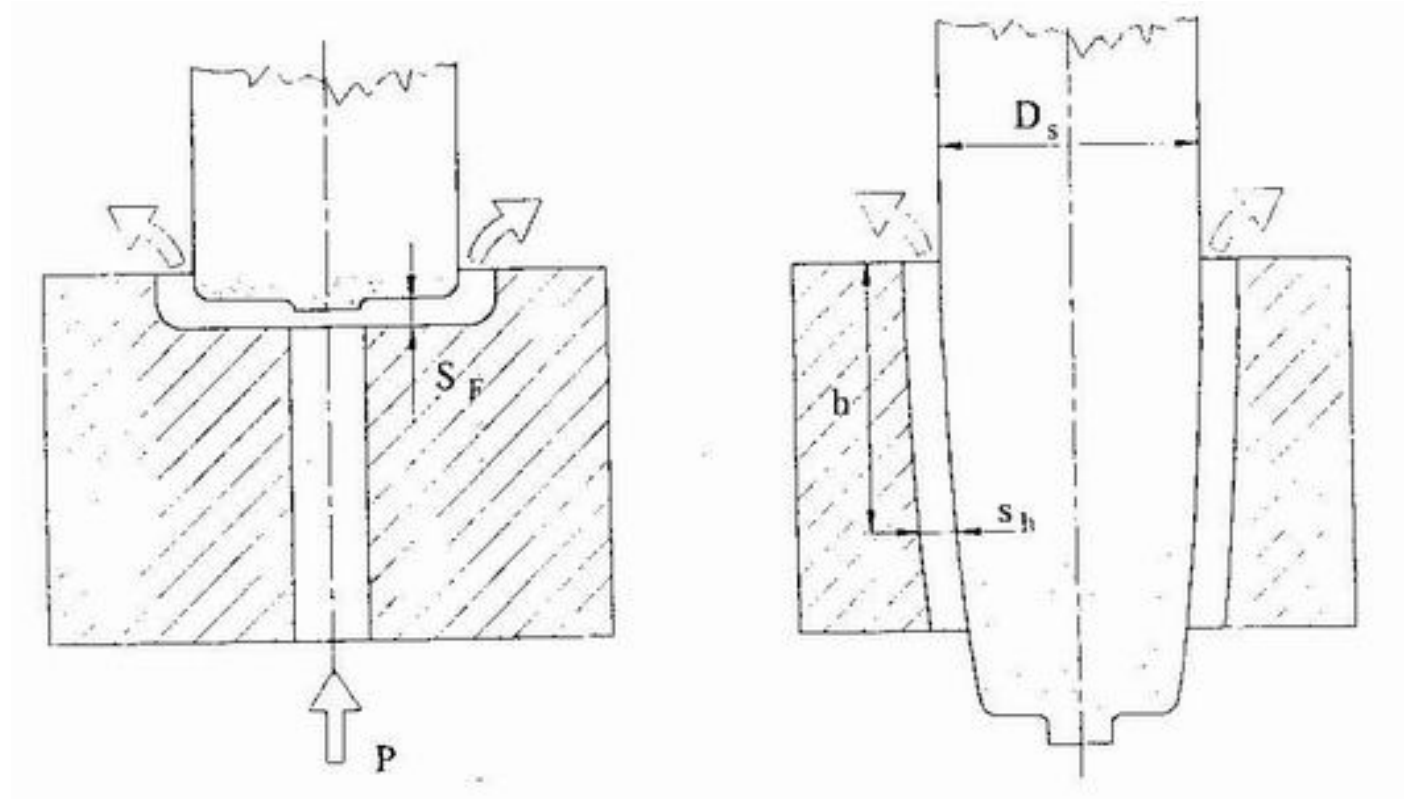
- ❖ Az egyik elektródon (a munkadarabon) kialakul a másik elektród (a szerszám) másolata
  - ❖ Dielektrikum:
    - petróleum bázisú  hűteni és szűrni kell
  - ❖ a kisülés következtében leváló anyag térfogata annál nagyobb a kisülés energiatartalma
  - ❖ a munkadarab és az elektród homlokfelülete között rés alakul ki ( $S_F$ ),
  - ❖ és ugyancsak rés alakul ki az elektród oldalfelülete és a munkadarab között ( $S_h$ )  
 lásd az ábrán!
-



# Szikraforgácsolás EDM

$S_F$  – homlokköz  
(nem egyenletes,  
↪ mérete a  
folyadék  
áramlásának  
irányába  
növekszik)

$S_h$  – oldalköz  
(az áramlás  
irányába mérete  
növekszik)



A szikraforgácsolt furat hossz-szelvényének alakja



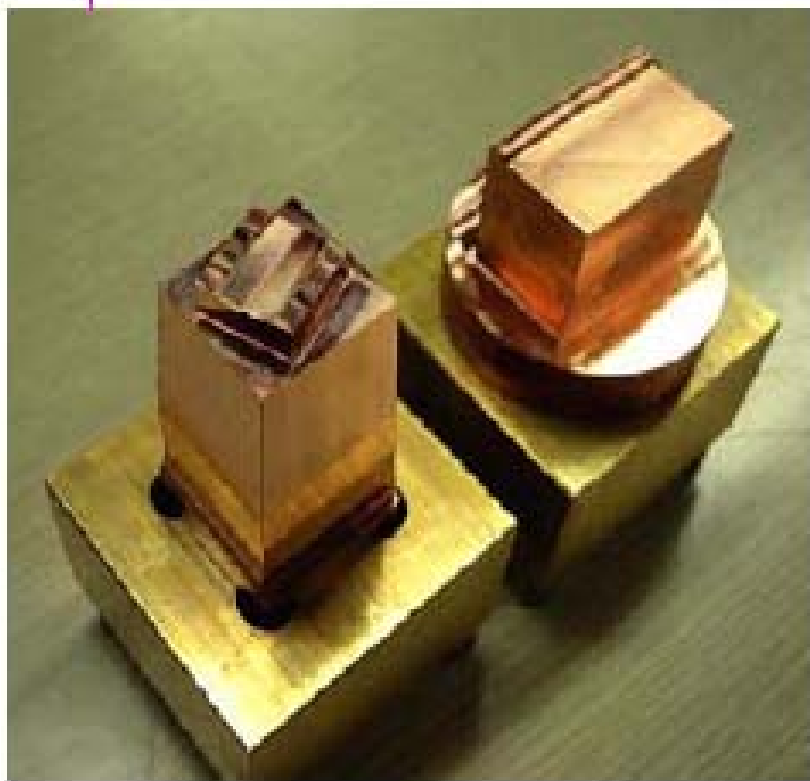
## A szerszám elektróda anyaga

### ❖ Követelmények:

- magas olvadáspont
- Jó elektromos vezetőképesség
- Jó megmunkálhatóság

### ❖ Szerszám elektróda anyagok:

- vörösréz
  - króm-réz
  - wolfram-réz
  - wolfram-ezüst
  - sárgaréz
  - wolfram
  - acél,
  - grafit
-



**Elektródaréz**



**Grafit elektróda**

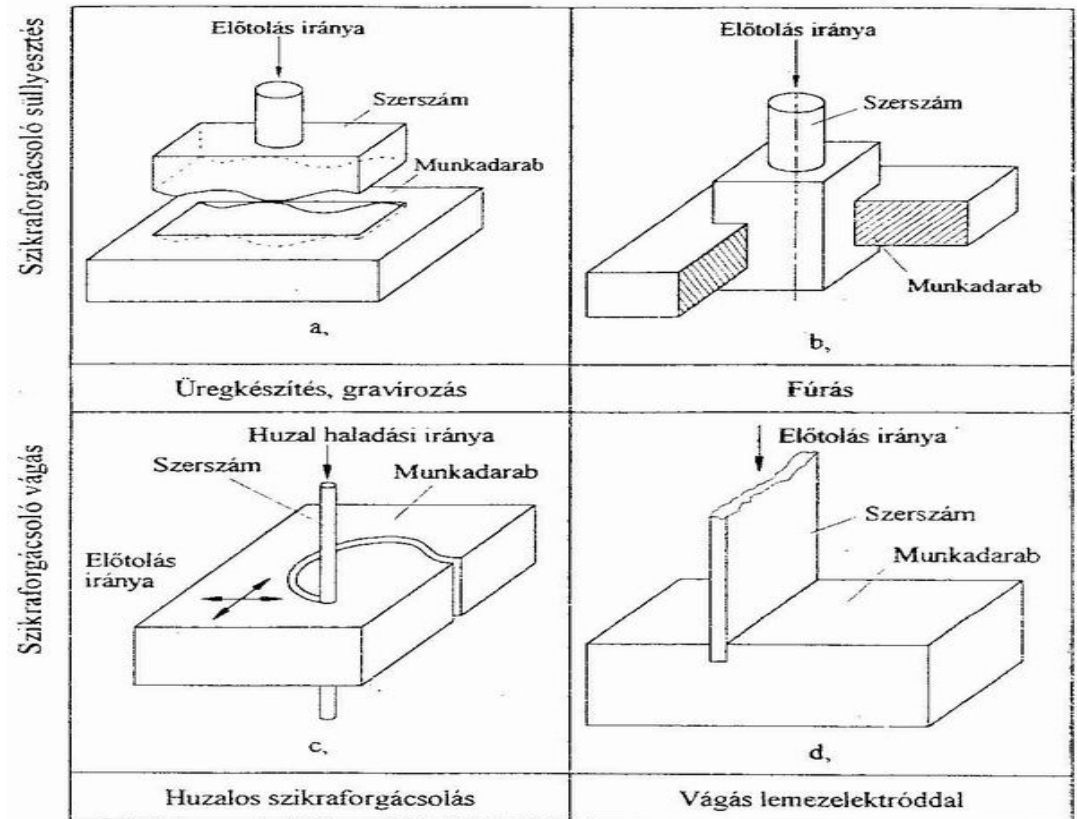
- Könnyű, nagyobb méretű elektródákhoz csak grafitból
- Hőterhelés magasabb



# Szikraforgácsolás EDM

## Szikraforgácsolás változatai

- a. A szerszám alakja begravírozódik munkadarab felületére
- b. Szikraforgácsoló furás
- c. Huzalelektrod 3,4,5,6 tengelyes EDM
- d. Szikraforgácsoló vágás (pl. keményfém darabolására)

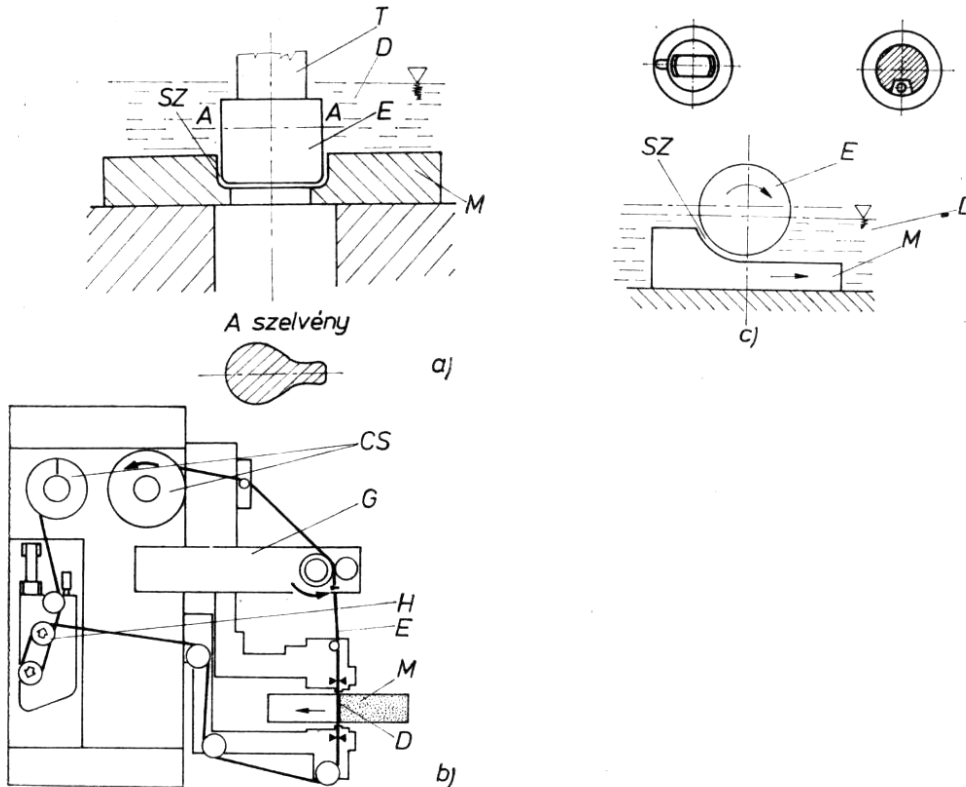


## Szikraforgácsolás változatai

(A szerszám és a munkadarab relatív mozgása alapján)



## Szikraforgácsolás



### Szikraforgácsolás

a, alakos elektródával;

b, huzalelektrodával;

c, forgó elektródával

M. munkadarab; E. elektróda;

SZ. szikraköz; D. dielektrikum;

T. elektródatartó;

F. huzalfeszítő;

Cs. huzalcsévék; G . géptest





## **Anyag leválasztás folyamata 1. (alakos elektródával )**

- A töltött körben (RC- generátor) nő a potenciál különbség, ennek hatására a szerszámelektrodáról elektronáramlás indul meg a munkadarab felé.
- Megkezdődik a munkatér ionizálása, a plazma és a vezető csatorna kialakulása.
- A vezető csatorna körül gázburok alakul ki, amely a csatornát szűkíteni igyekszik (ez az energia-koncentráció miatt előnyös).
- Ha a potenciál-különbség eléri a munkarésben lévő dielektrikum átütési szilárdságát, a kondenzátor kisül, azaz a vezetőcsatorna eléri a munkadarabot, megtörténik a szikrakisülés másodpercenként több ezerszer.



## **Anyag leválasztás folyamata 2. (alakos elektródával )**

- A nagy hőmérséklet (10 000 K) következtében a kisülési csatorna talppontjában lévő fém megolvad, felforr és gőzbuborék formájában kivetődik a munkatérbe, magával ragadja az olvadék 1-10%-át is.
- A potenciálkülönbség megszűnését a gőzbuborékok összeomlása kíséri, amely hozzájárul a fém kavitációjához
- Friss dielektrikum ömlik a szikrarésbe, elmosza a hulladékot és leöblíti a munkadarab felületét.
- Az olvadt fémcseppek gömböcskékké szilárdulva diszpergálódnak a dielektrikumban, a gőzbuborékok a felszínre emelkednek.
- A felületen maradt fémolvadék megszilárdul 1-30 mm vastag kemény és egyenetlen rétegben.



## Technológiai jellemzők 1. (alakos elektródával )

**A szerszámelektróda:**

**Nagy olvadáspontú, jó elektromos vezető, könnyen megmunkálható {vörösréz (olvadáspont: 1800 °C, nagyon kopik), króm-réz, volfrám-réz, volfrám-ezüst ötvözetek, sárgaréz, volfrám (nehéz megmunkálni), acél, grafit}**

**Potenciál-különbség: 40-400 V (pulzáló egyenáram)**

**Áramerősség: 1- 300 A**

**Szikraköz: 0,01-0,05 mm**

**Szikrahőmérséklet: 3800 °C**



## Technológiai jellemzők 2. (alakos elektródával )

**Frekvencia: 1- 250 kHz**

**Munkadarab/szerszám kopásarány: 0,1-10**

**Maximális anyagleválasztás: 520 mm<sup>3</sup>/min**

**Jellemző energia felhasználás: 1,8 W/mm<sup>3</sup>/min**

**Bekapcsolt/kikapcsolt állapotok ideje: 4 400 s**

**Munkafázis-arány:**

**50% (a be- kikapcsolt állapotok idő aránya. Az optimális 50%-nál nagyobb arány megnehezíti az öblítést, és rövidzárhoz vezethet)**



## Technológiai jellemzők 3. (alakos elektródával )

### Hátrányai:

- ❖ nagy a fajlagos energiafelhasználása.
- ❖ ha a dielektrikum kényszeráramoltatása nem megoldható, az anyageltávolítás sebessége csökken
- ❖ nagyoló anyagleválasztás során a felület durva lesz
- ❖ nem alkalmazható nemvezető anyagok esetén
- ❖ az elektród formája a kialakítandó munkadarab komplementere (ez igen komplikált, drága, idő igényes elektródformákat igényel)
- ❖ körülményes az elektródkopás számítógépes kompenzálása



## Technológiai jellemzők 4. (alakos elektródával )

### Hátrányai:

- ❖ nagy a fajlagos energiafelhasználása.
- ❖ ha a dielektrikum kényszeráramoltatása nem megoldható, az anyageltávolítás sebessége csökken
- ❖ nagyoló anyagleválasztás során a felület durva lesz
- ❖ nem alkalmazható nemvezető anyagok esetén
- ❖ az elektród formája a kialakítandó munkadarab komplementere (ez igen komplikált, drága, idő igényes elektródformákat igényel)
- ❖ körülményes az elektródkopás számítógépes kompenzálása



**Technológiai jellemzők 5. (alakos elektródával )**

**Dielektrikum tulajdonságai:**

- ❖ rossz elektromos vezető
- ❖ nagy forráspont
- ❖ nagy lobbanáspont
- ❖ egészségre ártalmatlan
- ❖ megfelelő viszkozitás (simításhoz alacsonyabb viszkozitásút használnak)
- ❖ hűteni, szűrni és kényszer áramoltatni kell
- ❖ gondoskodik róla, hogy a kialudt szikra ioncsatornája 1-2 s alatt összeomoljék

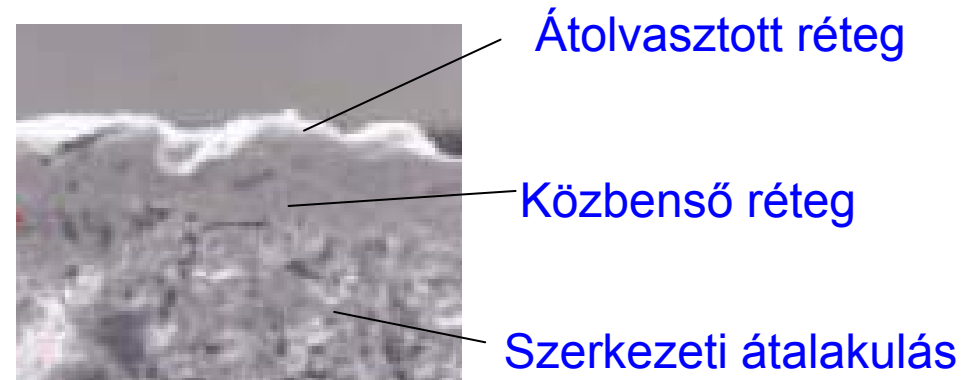
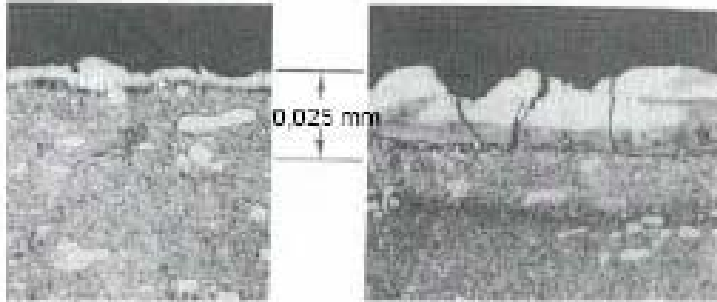
**EDM: paraffinok**

**WEDM: ionmentesített víz**

---



## Technológiai jellemzők 6. (alakos elektródával ) Felületi réteg probléma a szikraforgácsolásnál



A szikraforgácsolt felület alatti réteg kilágyul, keménysége 1-5 Rockwell ponttal csökken. A kilágyult réteg vastagsága arányos a vágási energiával (0,05 mm simító fokozatban, 0,2 mm nagyoló fokozatban).



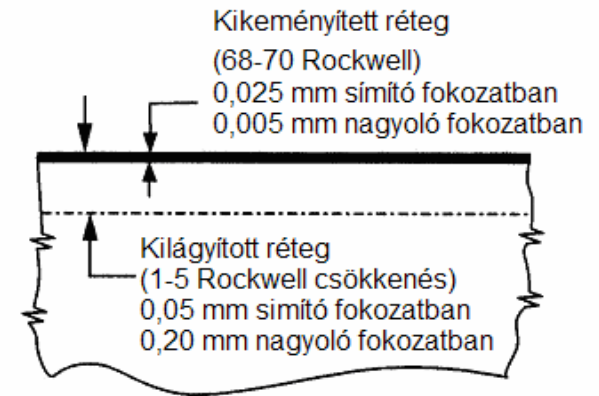


## Technológiai jellemzők 7. (alakos elektródával )

### Felületi réteg probléma a szikraforgácsolásnál

A munkadarab élettartamának növelése érdekében az újrakristályosodott fémet tartalmazó kikeményített réteget eltávolítják, vagy a dielektrikumba adagolt segédanyagporok (Al, Si, C, 1-100 m) segítségével felületileg ötvözik, tükörszerű EDM felületet hozva létre (kevés mikrorepedés).

A kilágyított réteg abrazív megmunkálással távolítható el





## Huzal elektródával történő szikra forgácsolás ( WEDM )

- ❖ Vékony (0,05-0,30 mm), jó elektromos vezető (sárgaréz, wolfram, vörösréz) huzal az elektróda, dielektrikum ionmentes víz.
- ❖ Az anyageltávolítást a munkadarabon keresztülhúzott huzalelektróda által keltett szikraerózió okozza. A folyamatosan mozgó huzal lassan kiváj egy hornyot, miközben maga is fogy. A fogyó huzalt folyamatosan pótolják.
- ❖ Mindig van egy rés a huzal és a munkadarab között, így a huzal nem érintkezik közvetlenül a munkadarabbal és nagyon kis erőt fejt ki arra. A vágórés szélessége az előtolás sebességétől és az impulzus függvény alakjától függ.



## Huzal elektródával történő szikra forgácsolás ( WEDM )

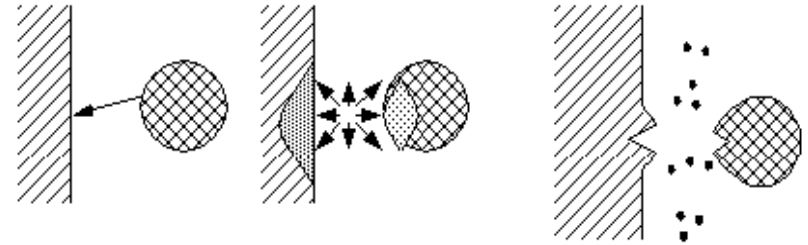
- ❖ A feszültség-idő ciklus alakjától függ az eltávolított anyag mennyisége, a vágás sebessége, a felület minősége. Feszültség-idő ciklust befolyásoló tényezők a munkadarab vastagsága és anyagi minősége.
- ❖ A huzalfeszítés növelése csökkenti a huzal vibrációját, a vágórés szélességét, így növelhető az előtolás sebessége. (határ: a huzal szakítószilárdsága).
- ❖ A kisütési frekvencia növelése javítja a felület minőségét
- ❖ Az áramerősség és a kisütési frekvencia megduplázása kétszeresére növeli az anyag leválasztás sebességét.



## Huzal elektródával történő szikra forgácsolás ( WEDM )

A réz kiváló huzalanyag jó elektromos vezetése és könnyű megmunkálhatósága miatt. A vörösrezet 1979-től felváltotta a nagyobb vágási sebességet biztosító sárgarézt. (a Zn hatása és a  $ZnO_2$  csökkenti a huzaltörés valószínűségét). A többkomponensű huzalok egyesítik a kedvező hatásokat.

A Zn bevonatú sárgarézt öblíthetősége jobb, mint a bevonat nélküli sárgarézté. A grafitbevonat a gázhalmazállapotú oxidok ( $CO$ ,  $CO_2$ ) miatt javítja a molibdén huzal öblíthetőségét.



Forgács leválasztás

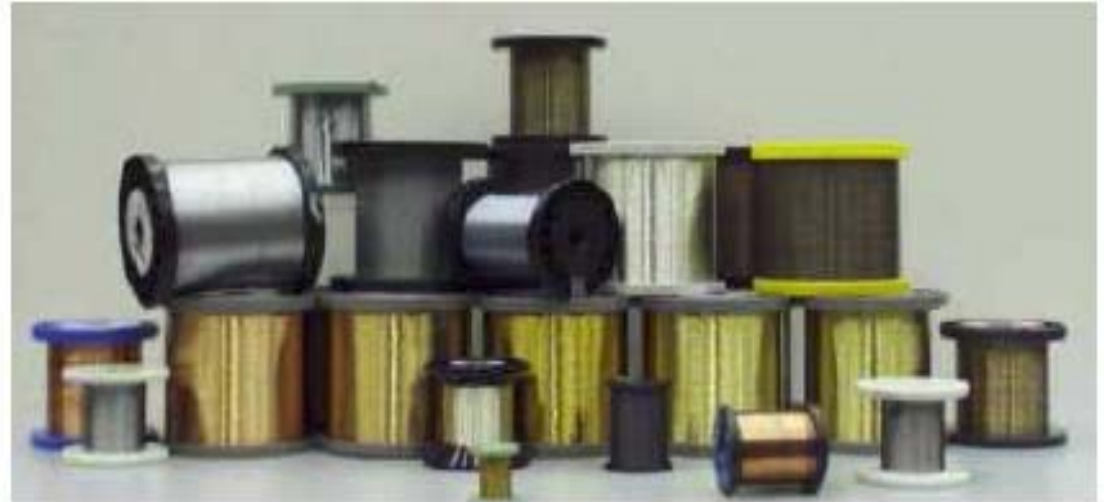


# Lézersugaras megmunkálás

## Huzal elektródával történő szikra forgácsolás ( WEDM )

### Huzal anyagok:

- Sárgaréz 100%
- Bevonatos sárgaréz
- 45% Zn / 55% Cu
- Acélmagos cink bevonat
- +Gamma 65% Zn  
33% Cu



Huzal anyagok



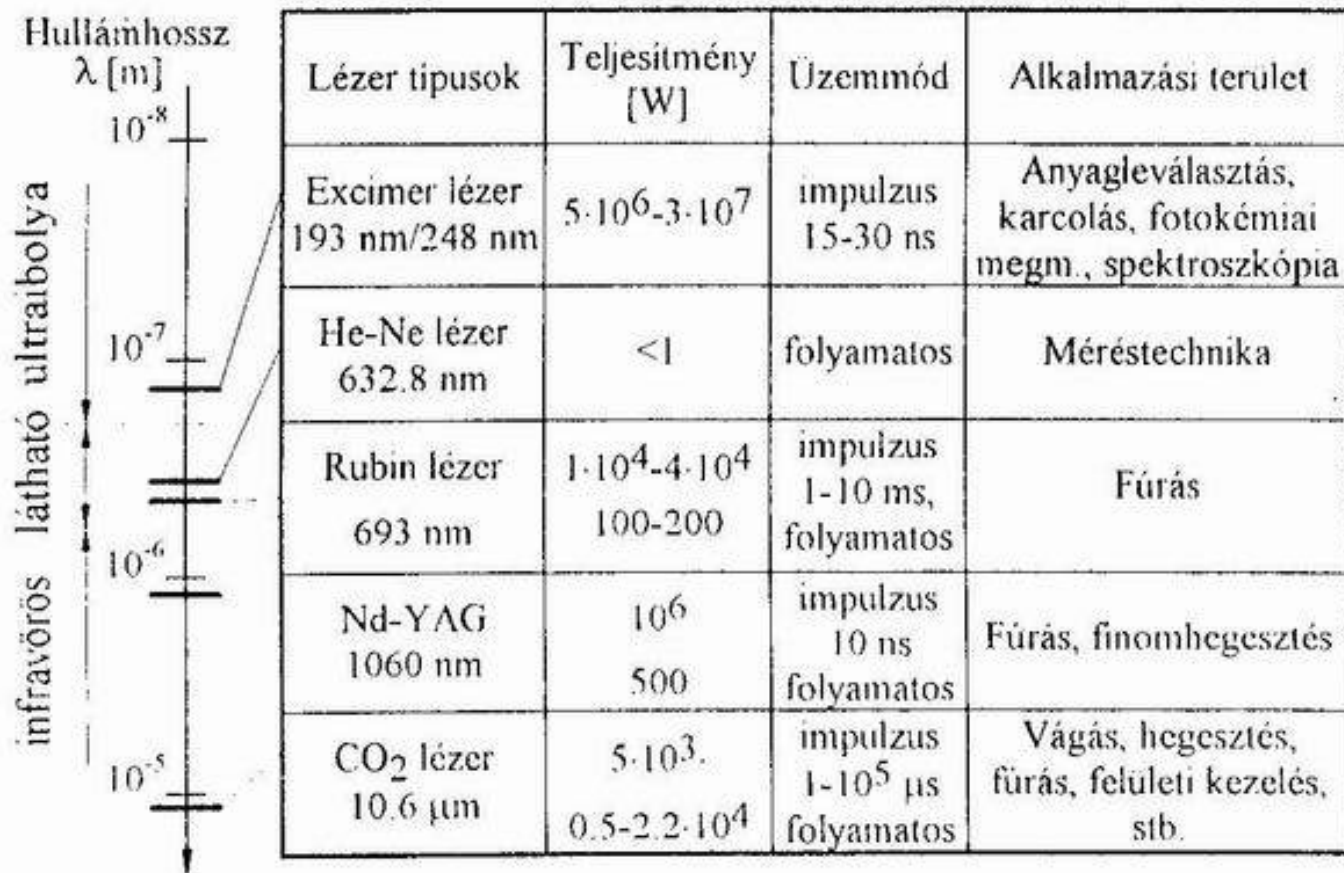
## Lézersugaras megmunkálás

- ❖ **Jól koncentrálható nagy energiasűrűségű sugár végzi a megmunkálást**
- ❖ **Elméletét 1917-ben Einstein dolgozta ki**
- ❖ **az első ipari lézereket (rubin és He-Ne lézerek) 1960-ban alkalmazták**
- ❖ **Alkalmazások:**
  - haditechnikai, orvostechnikai, hírközlési, mérés technikai
- ❖ **Ipari megmunkálások: vágás, fúrás, hegesztés, lemez hajlítás, feliratozás, hőkezelés, átolvasztás, sztereolitográfia, felületi mikroötvözés**



# Lézersugaras megmunkálás

## A leggyakrabban alkalmazott ipari lézerek



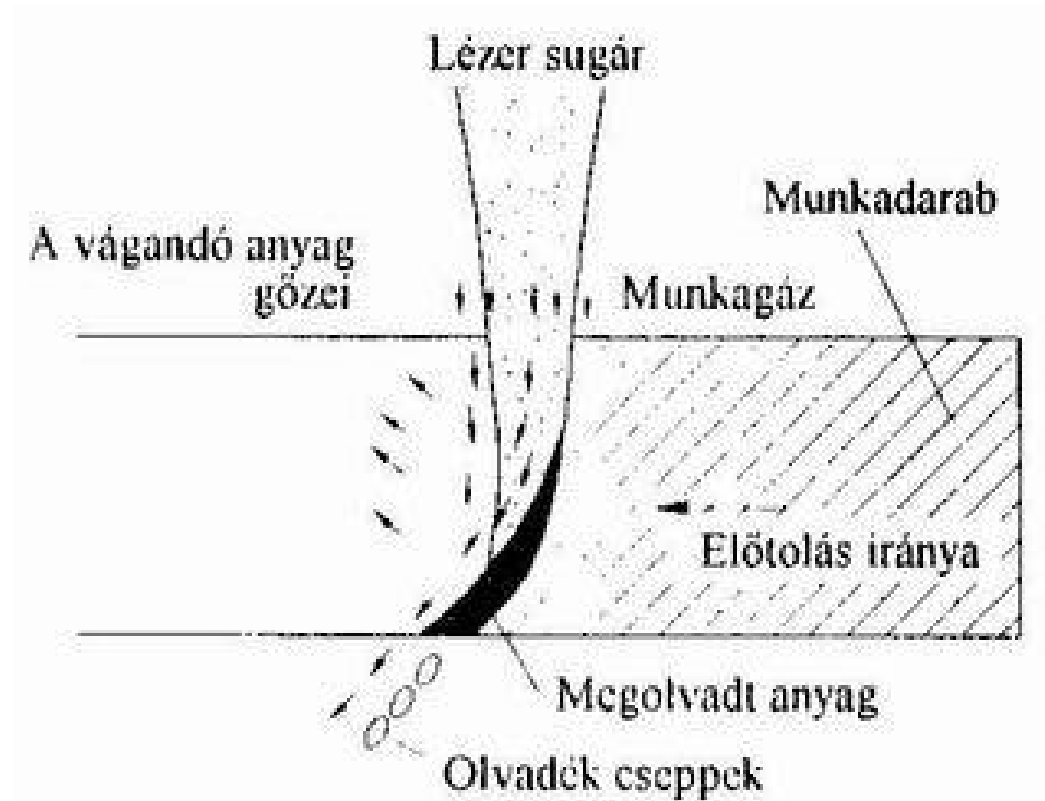


- ❖ legelterjedtebbek a CO<sub>2</sub> lézerek
- ❖ a lézersugár jól, kis területre (átmérő: 0,1 ÷ 0,5 mm) fókuszálható
- ❖ a fókuszban nagy energiasűrűség
- ❖ a sugár fókuszálására tükröket és lencsét használnak (ezek gyártására UP esztergálás, lásd később!)
- ❖ a lézersugaras megmunkálásra használják az LBM( Lazer Beam Machining) megnevezést.





## A lézersugaras technológia a vágás példáján



## A lézersugaras vágás folyamata



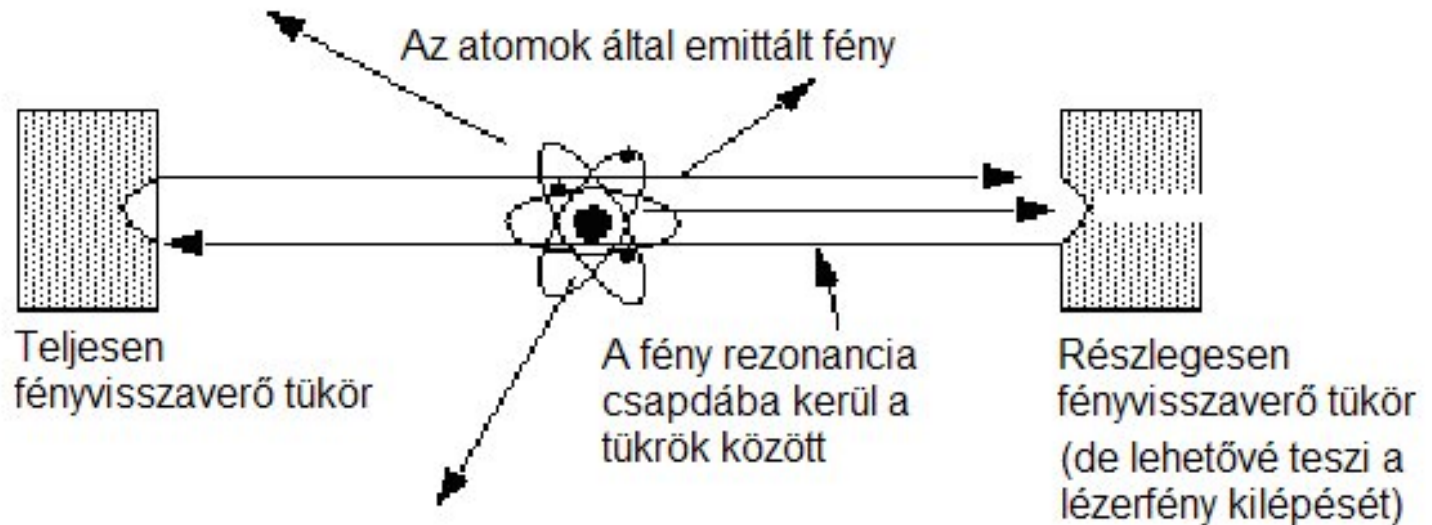
# Lézersugaras megmunkálás

---

- ❖ A fókuszált sugarat a munkadarab felületére irányítják
- ❖ A munkadarab anyaga a sugár keresztmetszetében (a nagy energiasűrűség miatt!) részben megolvad, részben elég, részben elpárolog
- ❖ Az olvadékot, az égéstermékkeket a gáz segítségével a vágási résből kifújják
- ❖ Réz, rozsdálló acélok vágásakor a megolvadt fázis dominál
- ❖ Munkagázként többnyire argont használnak
- ❖ Egyéb acélanyagok vágásánál oxigént használnak
- ❖ Műanyagok vágásakor (argon a védőgáz), a műanyag elgőzölög és gáz formájában távozik,
- ❖ Az ipraban alkalmazott lézerek teljesítménye: 22-25 kW



## Lézersugár előállítása





## Lézersugár előállítás

- ❖ Energia bevitellel (fény, hő) gerjesztjük az atomok, molekulák, ionok elektronjait, vagy megváltoztatjuk a molekulák rezgési állapotát.
- ❖ A gerjesztett elektronok magasabb energianívójú elektronpályára kerülnek.
- ❖ Az alapállapotba történő visszatérés során a két elektronpálya energiakülönbségének megfelelő hullámhosszúságú fényt sugároznak ki.
- ❖ A kisugárzott fényt rezonanciával erősítjük (a lézercamra hossza a hullámhossz felének egész számú többszöröse, egyik vége teljesen visszaveri a fényt, a másik részlegesen. Az eredmény: rezonanciát okozó reflexió, a fotonok újabb fotonokat generálnak, erősítő interferencia)



## Lézersugár előállítás

A foton energiája:

**h**: Planck állandó

**v**: frekvencia

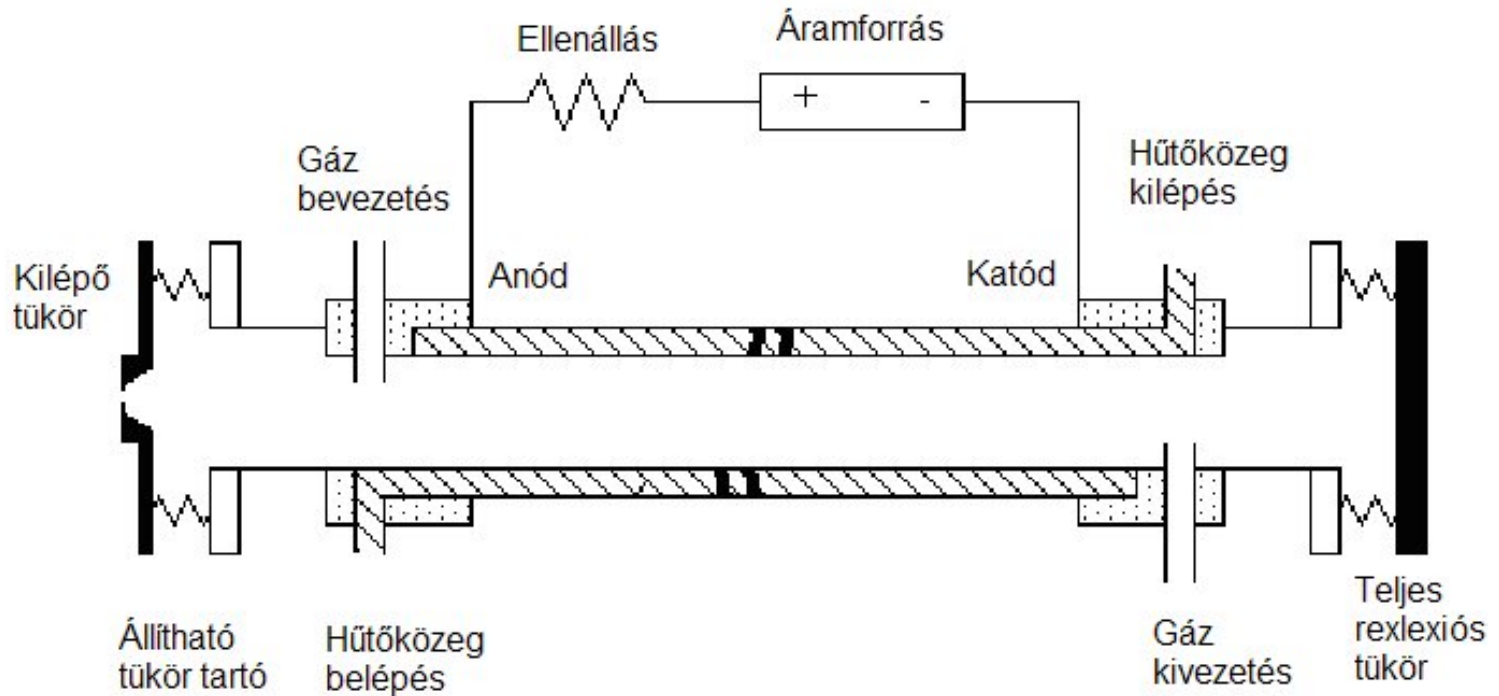
**c**: fénysebesség

**$\lambda$** : hullámhossz

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$



## Lézer fényforrások



## Axiális gázátáramlásos CO<sub>2</sub> lézer hűtéssel



## Lézer fényforrások

- ❖ Mivel a rubin oldalán nincsen tükör, a sokszori visszaverődés miatt csak azok a sugarak maradnak meg a rendszerben, amelyek szigorúan párhuzamosak a kristály hossz tengelyével.
- ❖ Amikor a fény energiája meghaladja azt a mértéket, amely már ki tud lépni a féligáteresztő tükrön, a lézer világítani kezd. A két tükör, azaz az elrendezés geometriája miatt a kilépő fény már párhuzamos nyalábokból áll, a sugár széttartása (divergenciája) elhanyagolhatóan kicsi.



## Lézer fényforrások

- ❖ **Rubinlézer.** Anyaga  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , amelyben az  $\text{Al}^{3+}$  ionok néhány tízezredét  $\text{Cr}^{3+}$  ion helyettesíti. A  $\text{Cr}^{3+}$ -nak két közeli lézerátmenete van, amelyek hullámhossza 692,8 nm ill. 694,3 nm. (A rubinlézer tehát piros fényt ad.)
- ❖ Hatásfoka kicsi. Igen erős fénnel kell pumpálni, amelynek nagy része hővé alakul. Csak impulzslézerként üzemeltethető, folytonosan működés mellett a hő elvezetését nem lehet megoldani.

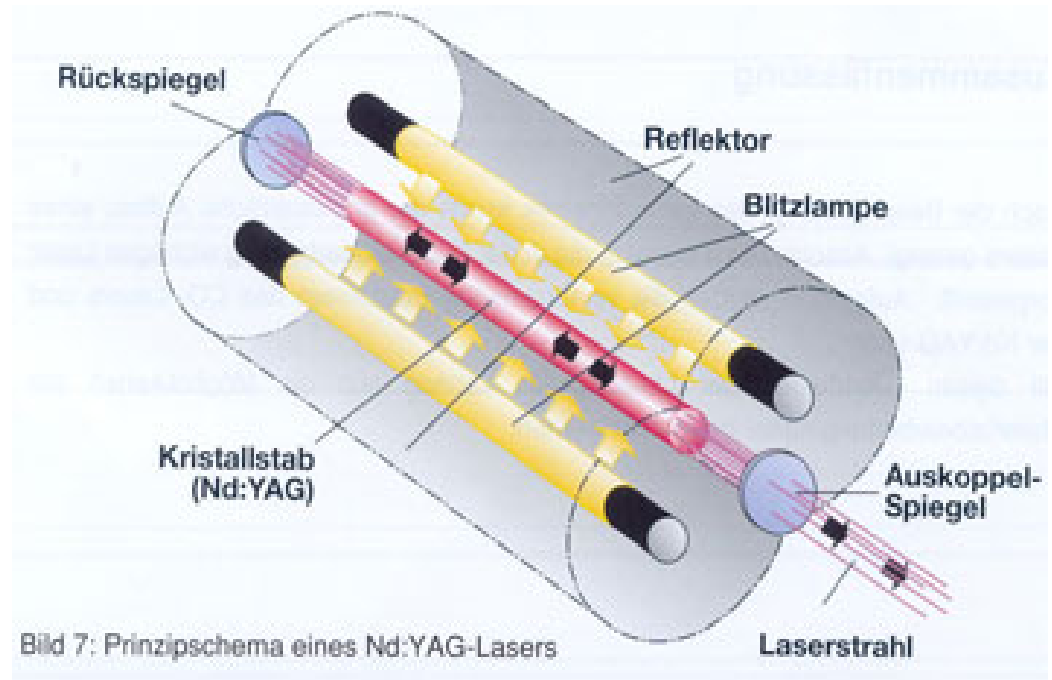




# Lézersugaras megmunkálás

## ❖ Nd: YAG kristály:

Itt a lézer aktív médium egy műveleg húzott YAG-egykristály, mely neodinba van beágyazva. Az energia hozzávezetés optikailag villanólámpán keresztül történik. Ezt “optikai szivattyúnak” is nevezik.





## ❖ Nd: YAG kristály:

A villanólámpa és a lézer aktív médium mindenkor a tükrösített elliptikus henger gyújtópontjában helyezkedik el. Ezáltal a villanólámpa energiáját optimálisan kihasználja.

Nd: YAG-lézer főleg pulzáva üzemel. Közepes teljesítménye pulzáló rendszernél 1000 W. Nd:YAG-lézer tartós vágóüzemben 2400 Wattig kapható. Mint a CO<sub>2</sub> lézernél is, az Nd: YAG lézersugarat tükrön és lencséken keresztül irányítják és formálják. A rövidebb hullámhossz miatt - mely 1,06 m - a sugárvezetés üvegszálon keresztül is történhet.



# Lézersugaras megmunkálás

## ❖ Nd: YAG kristály:

Ez különösen érdekes a mozgókaros robotoknál.

Az Nd: YAG-lézernél az üzemeltetéshez gáz nem szükséges. Megmunkálásokhoz a feladattól függően vágó vagy védőgáz lehet szükséges. Az Nd: YAG-lézer felhasználási területe a vágás, hegesztés és fúrás a finommechanikában valamint kisméretű alkatrészek megmunkálása az elektromos iparban.



Lézerfej munka közben



## Félvezetőlézerek

Az eszköz két párhuzamos tükör között, azokra merőlegesen elhelyezett félvezető-átmenetből áll.

Legegyszerűbb változatuk olyan dióda, amelyre nyitó irányú feszültséget (p-rétegre pozitív, n-rétegre negatív, 2-3 V) kapcsolva a két réteg határzónája fényt sugároz ki. A pumpálás elektromos energiával történik.

A ma használatos félvezetőlézerek nem diódák. Négy, vagy több rétegből állnak, de csak az egyik határzóna az aktív közeg.

A bennük felhasznált anyagok egy része két vegyértékű elemek kombinációjaként jellemezhető, pl. PbS, PbSe,  $Pb_xSn_{1-x}Se$ , de többségük három vegyértékű elemeket tartalmaz: pl.: GaAs, AlGaAs, GaSb, InP,  $GaAs_xP_{1-x}$ .



## Félvezetőlézerek

A legtöbb félvezetőlézer az infravörös és látható fény tartományban sugároz. Hullámhosszukat elsődlegesen kémiai összetételük határozza meg.

Tömegesen gyártanak igen olcsó félvezetőlézereket, amelyeket mutatópálca helyett, vonalkód-leolvasóban, stb. használnak.



# Lézersugaras megmunkálás

## Gázlézerek

A gázokban a lézerátmenetet szolgáltató molekulák koncentrációja több nagyságrenddel kisebb, mint az ionkristály típusú lézerekben a lézerátmenetet adó szennyező ionoké. Ezért a gázlézerek általában sokkal nagyobb méretűek, mint a szilárdtest-lézerek.

Gázkisülést használnak a gerjesztésre. A gáztérben elektródákat helyeznek el, azokra feszültséget kapcsolnak (1500 V). Szikrával elindítják a kisülést, a szikra hatására egyes molekulákról elektron szakad le, s a keletkező kationok és elektronok a feszültség hatására felgyorsulnak, más gázmolekulákkal ütközve azokat gerjesztik, vagy ionizálják. Így jön létre a plazma, az elektronok, az alap- és a különböző gerjesztett állapotú kationok, valamint az alap- és a különböző gerjesztett állapotú molekulák elegye.



## Gázlézerek

Röviden: a gázlézereket elektromos energiával pumpálják.

Hélium-neon lézer: 1 torr össznyomású ~10:1 arányú hélium-neon gázelegyet tartalmazó kisülési cső. Két infravörös vonala van (ezeket kiküszöbölik) és egy látható (piros színű, 632,8 nm-es). Mindhárom vonal a neonatomtól származik, a hélium csak segédanyag.



# Lézersugaras megmunkálás

---

**A széndioxid-lézer:**

**infravörös fényt adó lézer (10,6 $\mu$ m), amely a széndioxid rezgési-forgási energiaszintjei közötti átmeneteken alapul. A lézerközeg ~ 1:1 arányú széndioxid + nitrogén (segédanyag) elegy. A széndioxidlézer a legolcsóbb azon lézerek közül, amelyekből nagy energiájú fénysugár nyerhető. A legelterjedtebben ezt a lézert alkalmazzák fémmegmunkálásra (vágás, fúrás)**





# Lézersugaras megmunkálás

---

## Lassú hosszárámú CO<sub>2</sub>-lézer

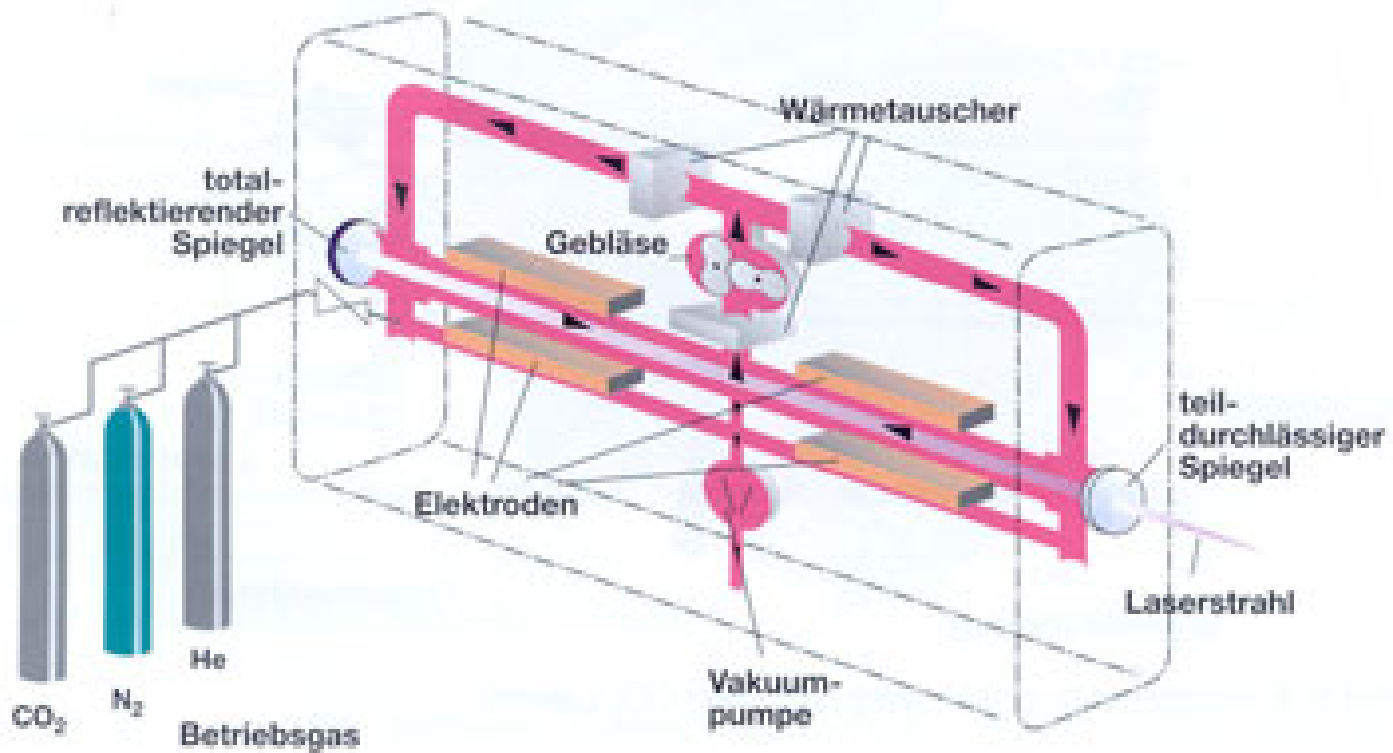
Ennél a rendszernél a lézergáz áramlási sebessége kb. 5 m/s-t ér el. Szokásos módon ez a kivitel egyenáramú berendezés. A lézergáz hűtése a rezonátor átalakítón történik. A literenkénti kisülési hossz a rezonátorban maximum 100 Watt teljesítményt biztosít. Magasabb teljesítményhez nagyon hosszú rezonátorokra van szükség.

Azért, hogy kompakt kivitelűt kapjunk, a rezonátorokat legtöbbször “összehajtogatják”. Az ilyen kivitelű lézer max. 1,5 kW teljesítményre ajánlott. Nagyobb teljesítménynél az optikai elemek száma és ezzel a beállítási ráfordítás növekszik, továbbá a hőmérséklet-érzékenység is igen jelentősen emelkedik. Ha a jó sugárminőséghez kevesebb mint 500 W teljesítmény szükséges, akkor ez a lézertípus ajánlott.

---



## Lassú hosszárámú CO<sub>2</sub>-lézer



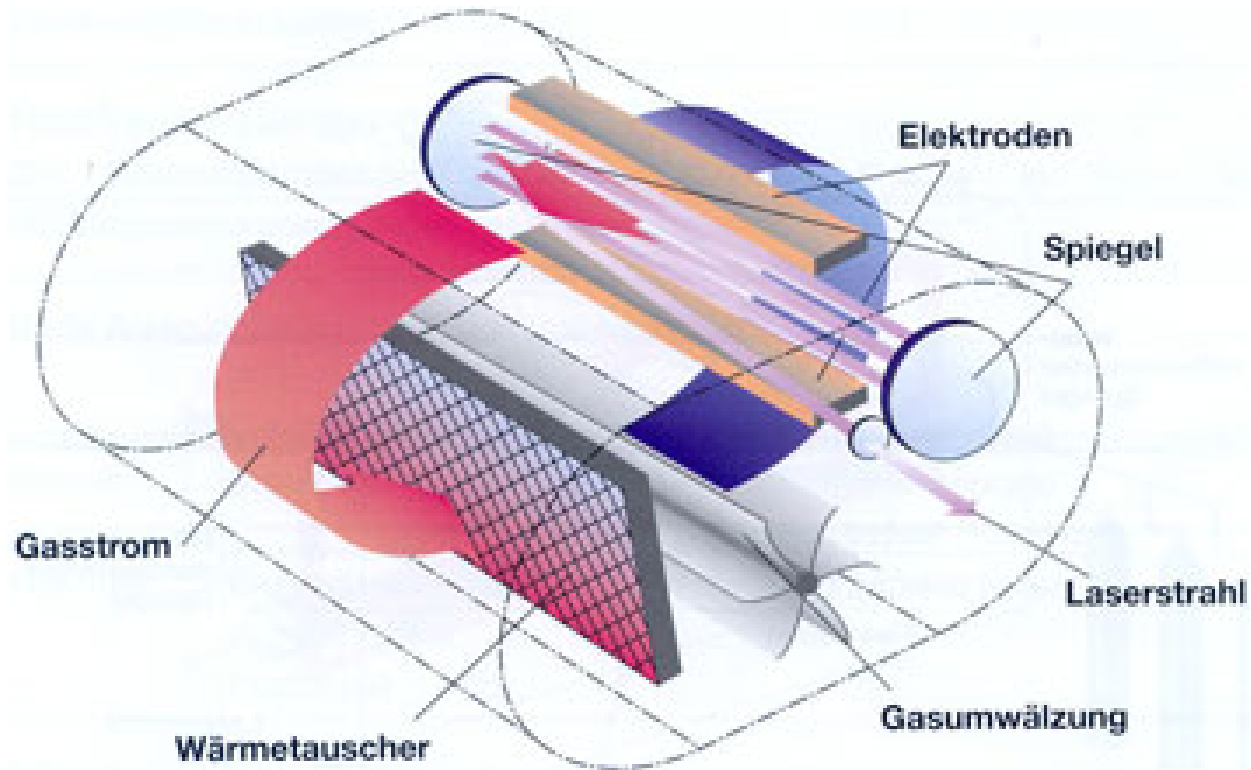


## Gyors hosszárámú CO<sub>2</sub>-lézer

Ennél a kialakításnál a lézergáz áramlási sebessége 500 m/s fölött van. Ezek az áramlási sebességek a rootfúvókkal vagy turbó ventilátorokkal érhetőek el. A gáz hűtése hőcserélőn történik. A méterenkénti kisülési hosszal 500 W lézerteljesítményt lehet elérni. Ezzel a kompakt lézer nagy kimeneti teljesítménnyel rendelkezik (nagyobb, mint 36 kW). A gerjesztés egyenárammal vagy nagyfrekvenciával történik. Ma az anyagfeldolgozásban alkalmazott legtöbb CO<sub>2</sub>-lézer ezen elv szerint működik.



## Keresztáramú CO<sub>2</sub>-lézer





## Keresztáramú CO<sub>2</sub>-lézer

Itt a lézergáz a rezonátor tengelyre merőlegesen áramlik. A hűtést hőcserélő biztosítja. A lézergázt egy ventilátor keringeti. A nagy rezonátor térfogat miatt nagy teljesítmény valósítható meg. Ez ma általában 6 és 45 kW teljesítmény között van. Az ilyen jellegű lézer egyébként egyenáramú aggregát formájában kerül kivitelezésre. A sugár minőségétől függően hegesztésre, felületkezelésre és többé-kevésbé vágásra alkalmas.



## A lézerfény jellemzői

Párhuzamos fénynyalábot produkál (egy közöséges izzóval ellentétben)

Monokromatikus, mivel a gerjesztett atomok meghatározott frekvenciájú sugárzást bocsátanak ki (a közöséges izzó fehér fénye különböző frekvenciájú sugárzások keveréke)

Polarizált (egy síkban rezgő) fény

A lézerek energiája kis térrészben koncentrálódik, impulzus üzemmód esetén nagyon rövid időtartamban, vagyis a lézerfény teljesítménysűrűsége ( $E/At$ ) a megszokott fényforrásokénak sokszorososa lehet

A lézerek hatásfoka nagyon kicsi (0,1-18%)



## A lézerfény tulajdonságai

Nem befolyásolja a mágnesen tér

Nem szükséges, hogy a munkadarab elektromos vezető legyen

Minden anyaggal kölcsönhatásba lép (fém, műanyag, fa, kerámia)

Működéséhez nem kell vákuum

Nem keletkezik röntgen-sugárzás



## A lézersugaras megmunkálások lényege

A hagyományos megmunkálások alapja az a mechanikai feszültség, amelyet a szerszám közvetít a munkadarab anyagi részecskéi közötti kötések felszakítására.

A hagyományos megmunkálások során közvetlen mechanikai kontaktusba kerül a szerszám és a munkadarab, ezért ki kell egyensúlyozni a megmunkálási erőket (a munkadarabot „be kell fogni”)

A lézeres megmunkálások során a foton energiáját visszük át a céltárgyra termikus vagy fotokémiai energia formájában.





## A lézersugaras megmunkálások lényege

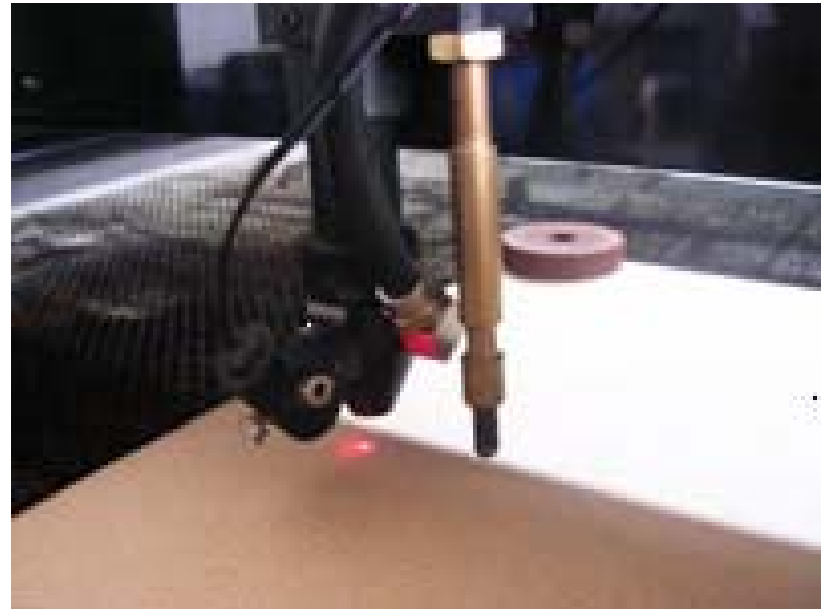
Az energia átvitel eredményeként a céltárgy anyaga megolvad, és az olvadékot gázsugárral eltávolítjuk, vagy közvetlenül elpárologtatjuk.

A lézeres megmunkálások lokalizált, kontaktusmentes eljárások, az erőhatások mikro-skálán mozognak (a foton nyomás hatása elhanyagolható), amely nagy flexibilitást eredményez.



## A lézeres megmunkálás lépései

- ❖ Lézersugár előállítás
- ❖ Sugárvezetés
- ❖ Sugárformálás
- ❖ Kezelés



Lézervágó fej



**Köszönöm  
megtisztelő figyelmüket!**