

# A lézeres anyagmegmunkálás

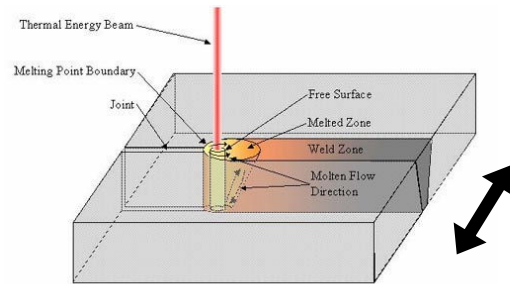
2009. november 25.

## A lézeres anyagmegmunkálás fajtái

- Szerkezeti változás (*structural change*)
- Felületkeményítés (*hardening*)
- Deformáció és törés (*deformation and fracture*)
- Felszíni olvasztás (*surface melting*)
- Bevonatolás (*cladding*)
- Keveréses kötés (*conduction joining*)
- Vágás (*cutting*)
- Jelölés (*marking*)
- Hegesztés (*keyhole welding*)
- Termikus megmunkálás (*thermal machining*)
- Atermális megmunkálás (*athermal processing*)

# Keveréses kötés

Alapja az összekötendő anyagok, vagy a kötőanyag megömlesztése (olvasztása) azok jelentősebb elpárologatása nélkül.



## Jellemzők:

teljesítménysűrűség néhányszor  $10^3 \text{ Wmm}^{-2}$   
néhányzor 10W-os  $\text{CO}_2$ , Nd:YAG és dióda lézerek  
felszíni olvasztás és hegesztés KÖZÉ esik

# Típusai

## Keveréses hegesztés (*conduction welding*)

*direkt fűtés* (jó hővezető anyagoknál)

*közvetett fűtés* (átlátszó műanyagoknál)

ponthegesztés (impulzus üzemű lézerekkel)

folytonos hegesztés (átfedő imp., vagy folyt. lézerrel)

## Forrasztás (*soldering*)

filler (töltőanyag) op.-ja  $< 450^\circ\text{C}$  (-Pb, Sn-Ag)

**nedvesítés!** (a folyasztószer (flux, vagy reflux) szerepe a nedvesítés elősegítése, és az olvadt filler védelme)

direct reflux soldering (pretinned surface)

fluxless soldering (tisztább)

## Kemény forrasztás (*brazing*)

filler op.-ja  $> 450^\circ\text{C}$

erősebb kötés, mint a forrasztás

Al, Cu és Ag tartalmú filler

a keveréses hegesztés és a forrasztás tulajdonságait egyaránt mutatja

a forrasztandó anyag szilidus görbéje a filler liquidus görbéje felett fut, és a kettő között forrasztunk

### Előnyök:

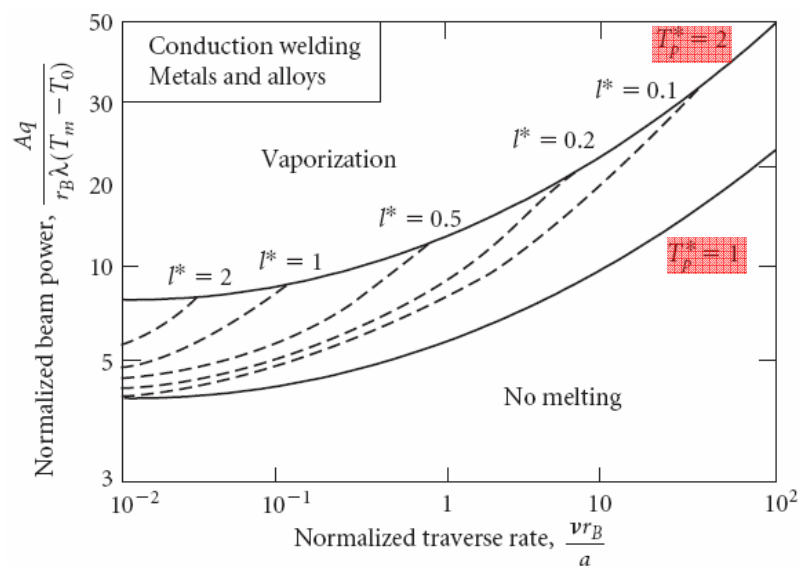
- gyors termikus ciklus → finom mikroszerkezetű kötés
- hegesztési varrat, ill. visszasilárdult filler tömör, kompakt → tömítő kötés
- kis energiaigény ► kevesebb torzulás, csökkent igény utókezelésre
- a kötés az összekötendő anyagok minőségétől függetlenül megvalósítható
- új (komplex) geometriák megvalósítására ad lehetőséget
- kis méret (mm alatti kötés) nem jelent problémát
- hőérzékeny komponensek közelében is alkalmazható (pl. forrasztás)
- könnyen automatizálható
- nem igényel különösebben jó minőségű lézernyalábot

### Hátrány:

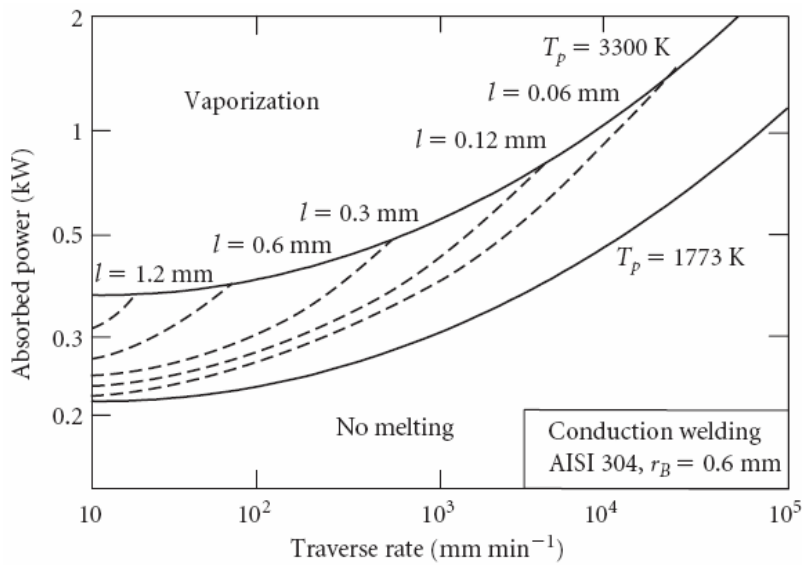
- vastagabb lemezek kötésére kevésbé alkalmas
- nagyobb beruházást igényel mint a hagyományos versenytársak

## Keveréses hegesztési grafikon 1.

A felszíni olvasztás kapcsán megismert grafikonnal ekvivalens grafikonnal írható le.



# Keveréses hegesztési grafikon 2.



$$\lambda = 25.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$a = 7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

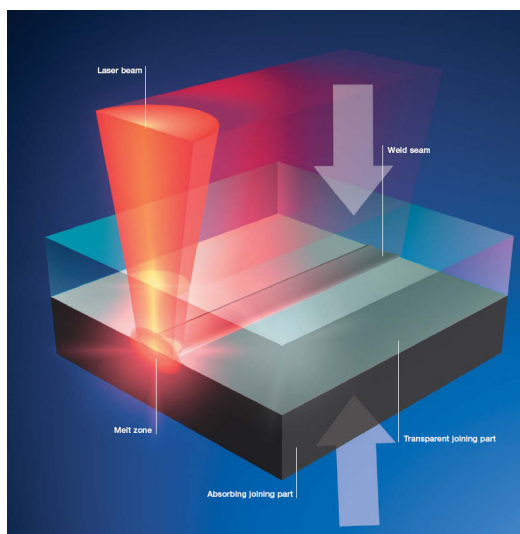
$$T_v = 3300 \text{ K}$$

$$T_m = 1773 \text{ K}$$

$$T_0 = 298 \text{ K}$$

# Műanyagok transzmissziós hegesztése

a legtöbb műanyag átlátszó a 0,4-1,5 μm hullámhossztartományban



termoplasztok kötése

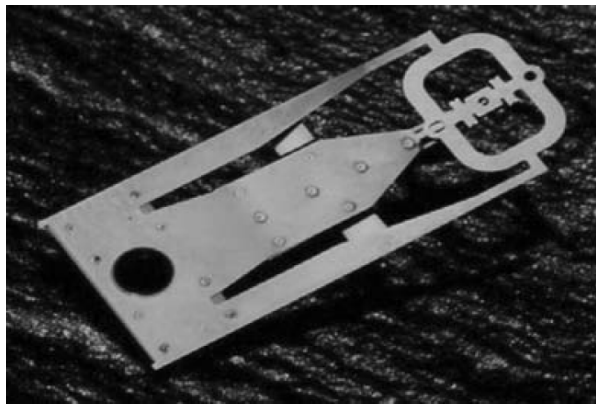
<http://www.leisterlaser.com/>



gyantával/pigmenttel segített

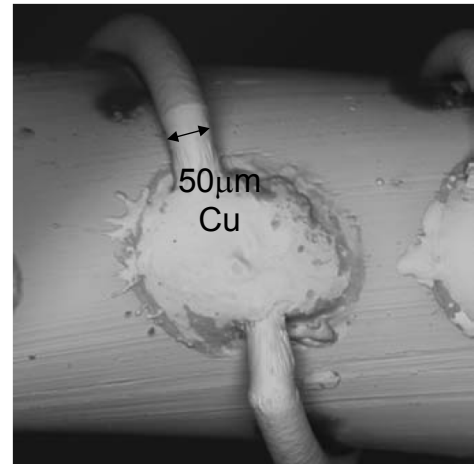
<http://www.clearweld.com/>

# Ipari alkalmazások 1.



Lézeres ponthegesztés

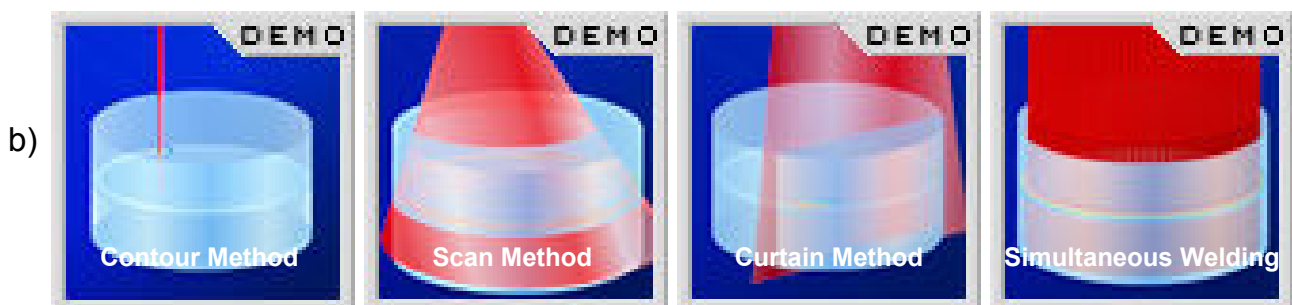
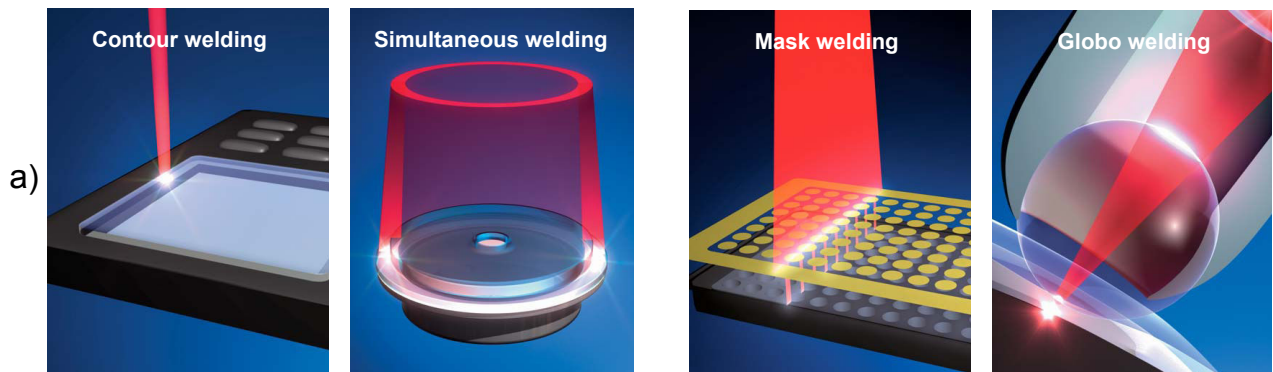
350 $\mu$ m  
PI



Lézeres ponthegesztés

# Ipari alkalmazások 2.

Transzmissziós hegesztés



# Ipari alkalmazások 3.

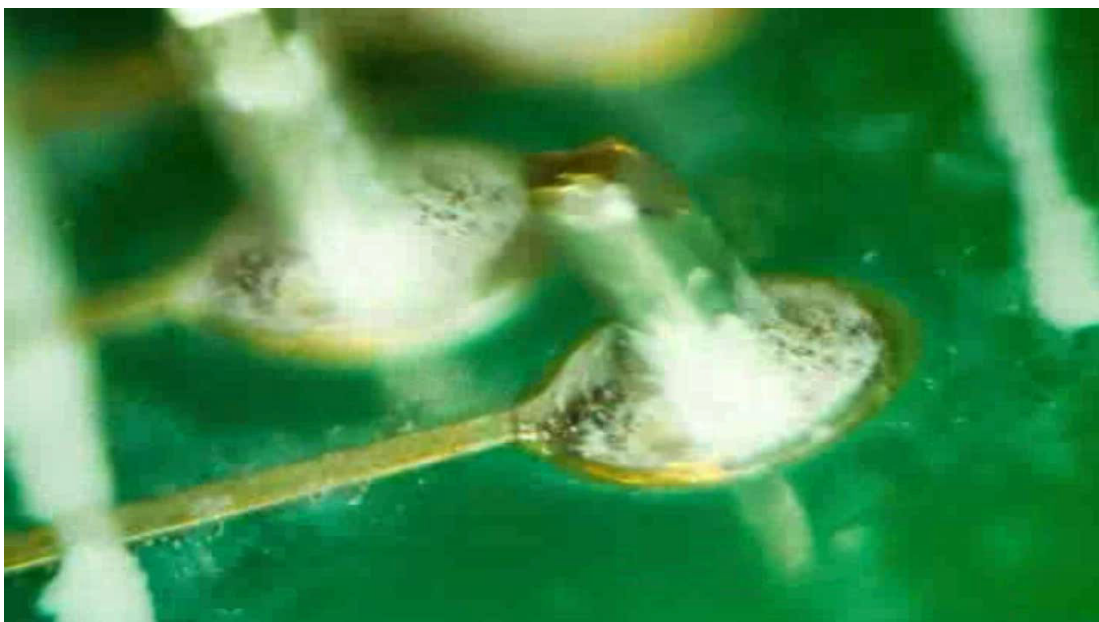
## Transzmissziós hegesztés



[http://www.leisterlaser.com/overview\\_s.asp](http://www.leisterlaser.com/overview_s.asp)

# Ipari alkalmazások 4.

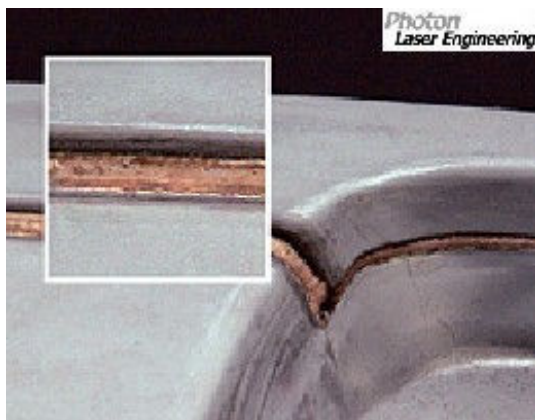
## Forrasztás



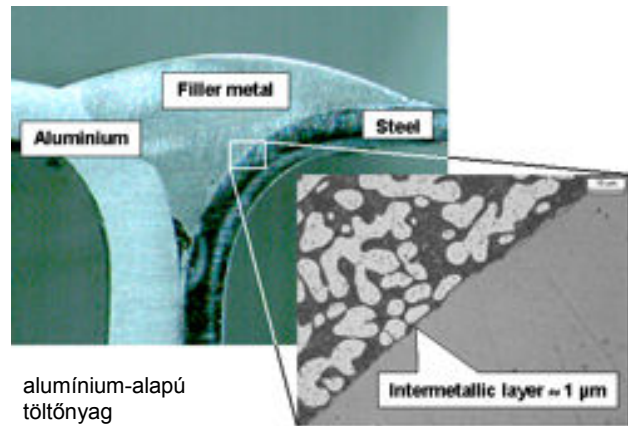


# Ipari alkalmazások 5.

Kemény forrasztás



acél/acél kötés  
autóipar



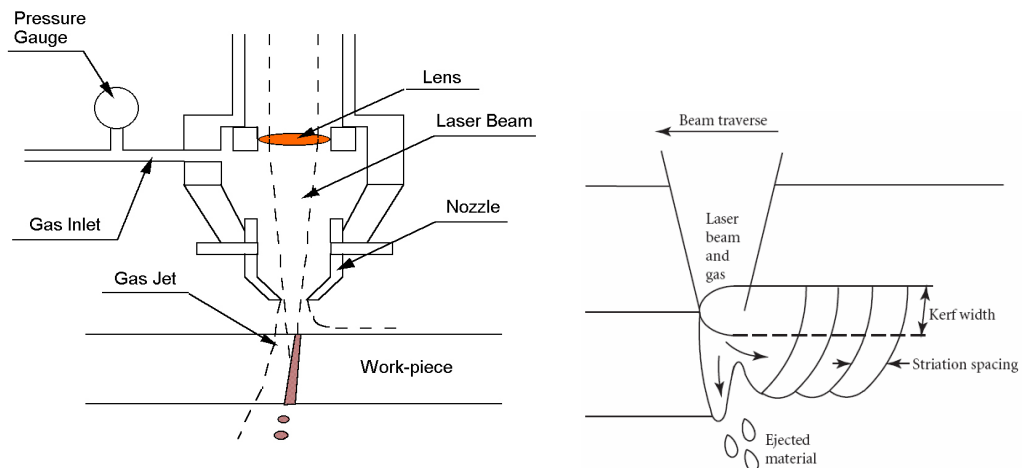
alumínium-alapú  
töltőanyag

[http://www.corusautomotive.com/en/news/press\\_releases/2006\\_laser\\_brazing](http://www.corusautomotive.com/en/news/press_releases/2006_laser_brazing)

## A lézeres anyagmegmunkálás fajtái

- Szerkezeti változás (*structural change*)
- Felületkeményítés (*hardening*)
- Deformáció és törés (*deformation and fracture*)
- Felszíni olvasztás (*surface melting*)
- Bevonatolás (*cladding*)
- Keveréses kötés (*conduction joining*)
- Vágás (*cutting*)
- Jelölés (*marking*)
- Hegesztés (*keyhole welding*)
- Termikus megmunkálás (*thermal machining*)
- Atermális megmunkálás (*athermal processing*)

# Vágás



<http://www.mrl.columbia.edu/ntm/level1/ch03/html/l1c03s05.html>

Megolvasztható anyagok esetén (fémek, ötvözetek, termoplasztok)  $10^4 \text{ Wmm}^{-2}$   
Nem olvadó anyagok esetén (üvegek, kerámiák, kompozitok)  $10^6 \text{ Wmm}^{-2}$

## Típusai

### **Inert gázzal segített vágás** (*inert gas melt shearing*)

fémek, ötvözetek, PE, PP, nylon, ABS, kompozitok  
levegő,  $\text{N}_2$ , Ar, He (10 bar)  
max. 8mm vastagság

### **Aktív gázzal segített vágás** (*activ gas melt shearing*)

$\text{O}_2$  vagy levegő  
exoterm reakció -> akár 50mm, de rosszabb vágatminőség

### **Elpárologtatás** (*vaporization*)

impulzuslézeres  
viszonylag lassú

### **Kémiai bontás** (*chemical degradation*)

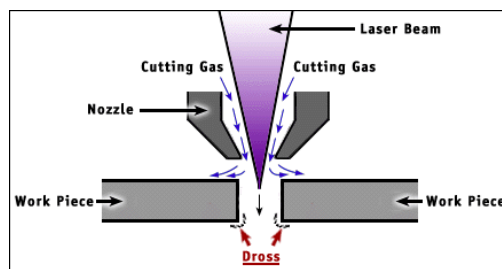
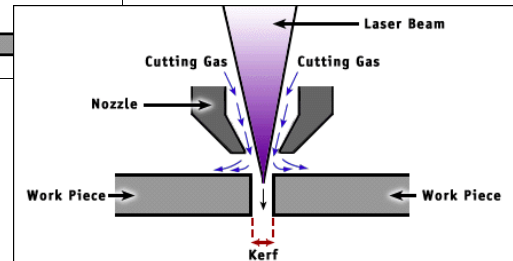
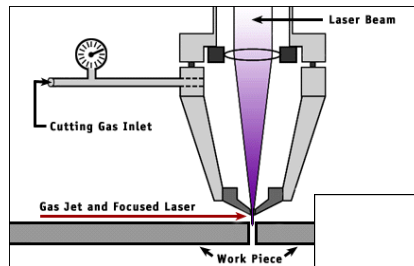
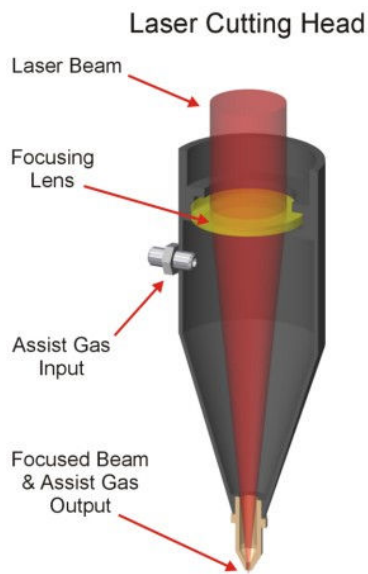
termoszet, fa, elasztomer  
az UV-ban (jellemzően excimer lézerrel)

### **Karcolás** (*scribing*)

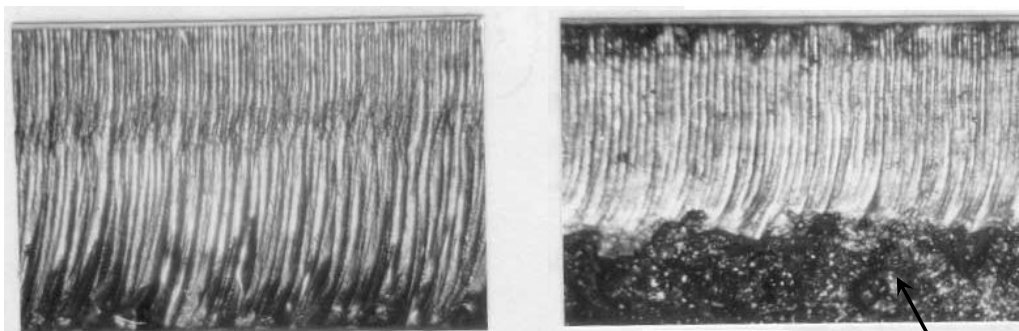
kerámiák, üvegek, kompozitok  
repszés



# Vágófejek



# Ipari alkalmazások

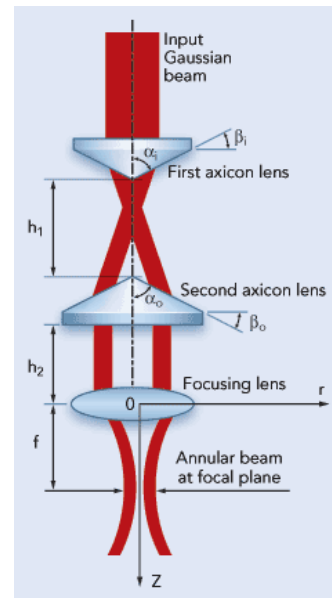
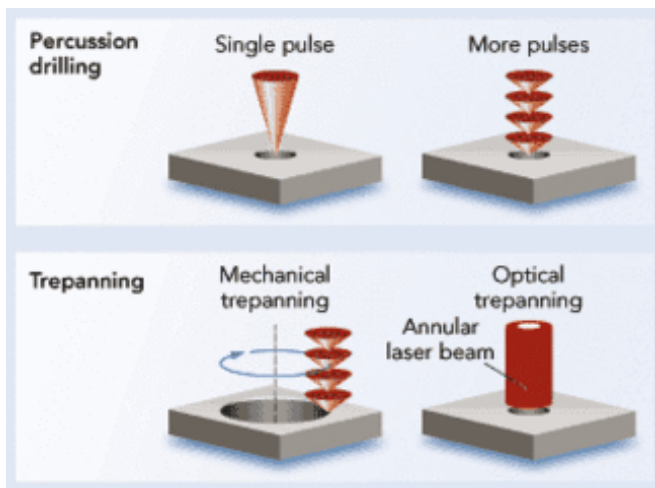


1.5 bar

3 bar

rossz minőségű

# Trepanning

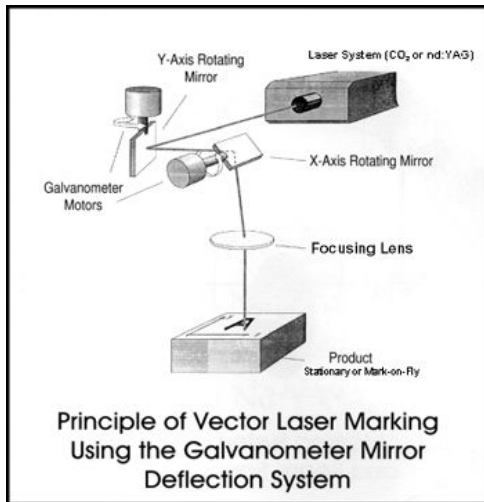


<http://www.industrial-lasers.com/>

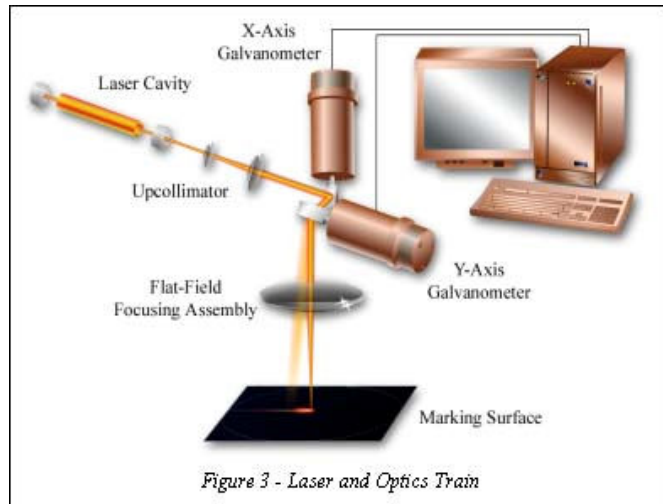
## A lézeres anyagmegmunkálás fajtái

- Szerkezeti változás (*structural change*)
- Felületkeményítés (*hardening*)
- Deformáció és törés (*deformation and fracture*)
- Felszíni olvasztás (*surface melting*)
- Bevonatolás (*cladding*)
- Keveréses kötés (*conduction joining*)
- Vágás (*cutting*)
- Jelölés (*marking*)
- Hegesztés (*keyhole welding*)
- Termikus megmunkálás (*thermal machining*)
- Atermális megmunkálás (*athermal processing*)

# Jelölés (*marking*)

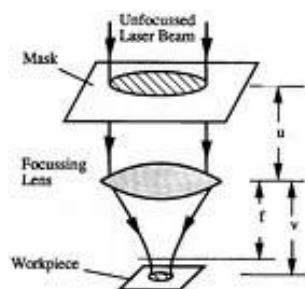
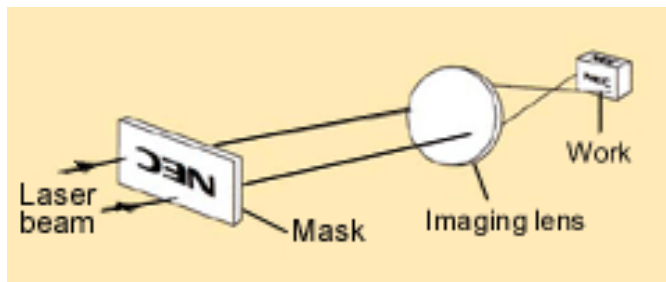


Mintázat kialakítás pásztázással (scanning)

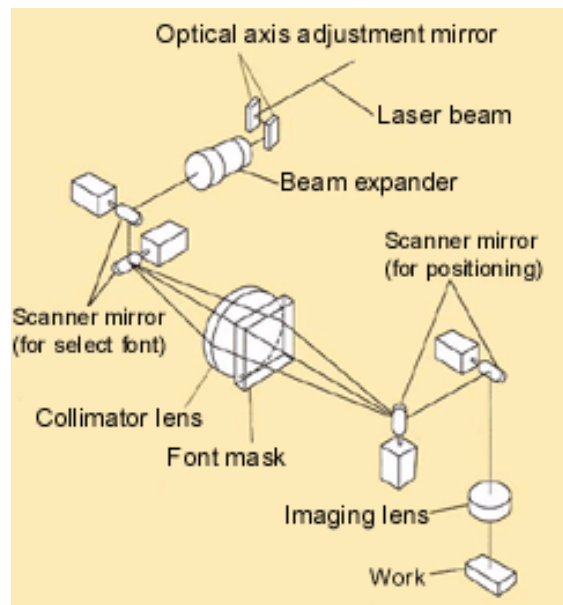


## További kísérleti megvalósítások

Maszkolás



Kombinált pásztázás + maszkolás



# Mechanizmus szerint lehet

Habosítás (*foaming*)

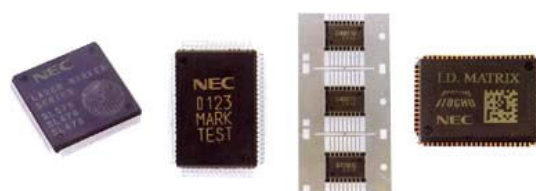
Elszinezés (*discolouration*)

Kifakítás (*bleaching*)

Metszés, gravírozás (*engraving*)

Abláció (*ablation*)

## Néhány alkalmazás 1.



Crystal resonator



Volume



Relay



Key top



Floppy disk



Rubber buttons



Battery



Joints



Back lid of clock



End mills

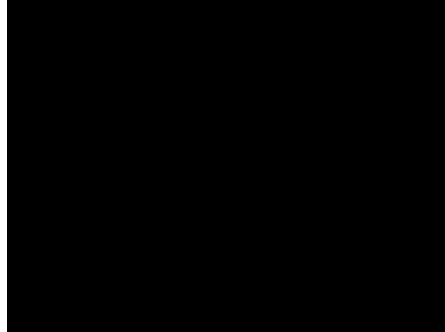


Bearing



Special steel chip

# Néhány alkalmazás 2.



## Kérdések

1) C-Mn acélt vágunk lézerrel. Milyen hatással lesz a vágás sebességére, illetve a vágat minőségére, *a)* a nyalábteljesítmény növelése, *b)* ha oxigént használunk nitrogén segédgáz helyett, *c)* CO<sub>2</sub> lézer helyett Nd:YAG lézerrel dolgozunk?

2) Milyen lézert javasolna a következő anyagok lézeres vágásához (télieljeze fel, hogy a fő cél a minél gyorsabb megmunkálás): *a)* C-Mn acél, *b)* polietilén, *c)* alumínium-oxid, *d)* kvarc, *e)* szilícium-karbiddal erősített titán ötvözet. Választását indokolja és röviden jellemezze a vágási mechanizmust!

3) Milyen lézertípust választana citrusfélék alfanumerikus kódokkal történő jelölésére, ha garantálni szeretné hogy a gyümölcs húsát a kezelés során ne érje károsodás?



„edible labelling”, light labelling