



Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Gépgyártástechnológiai Szakcsoport



Különleges technológiák

4. Sugaras megmunkálások.

Plazma-, Elektron-, Lézer-, Víz sugaras
technológiák

BAGKT16NNB

Összeállította: ***Biró Szabolcs***

4.1. Plazmasugár alkalmazása

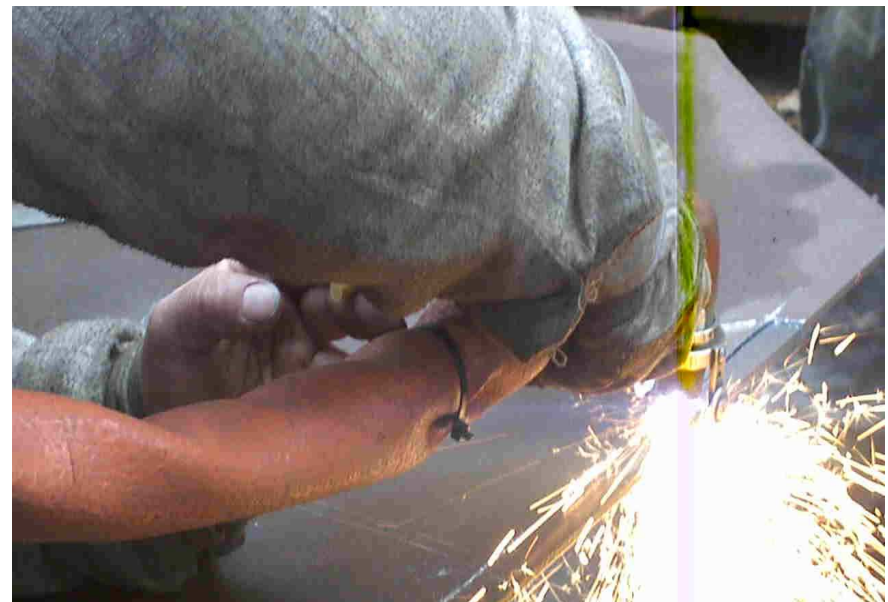
A legismertebb plazmasugaras technológiák a plazmavágás, hegesztés, anyagszórás.

Lángvágás során a fémeket magas hőmérsékletű gázlánggal vágják oxigén áramoltatása közben. Ezzel a technikával a fémeket elégetik és a folyós oxidot a gázáram mintegy kifújja a vágatból.

Plazmavágásnál nincs oxidálás, hiszen az anyagot néhány tized mm² felületre koncentrált nagyenergiájú plazma csupán megolvasztja, és a nagysebességű plazmasugár a vágatból eltávolítja az olvadékot.

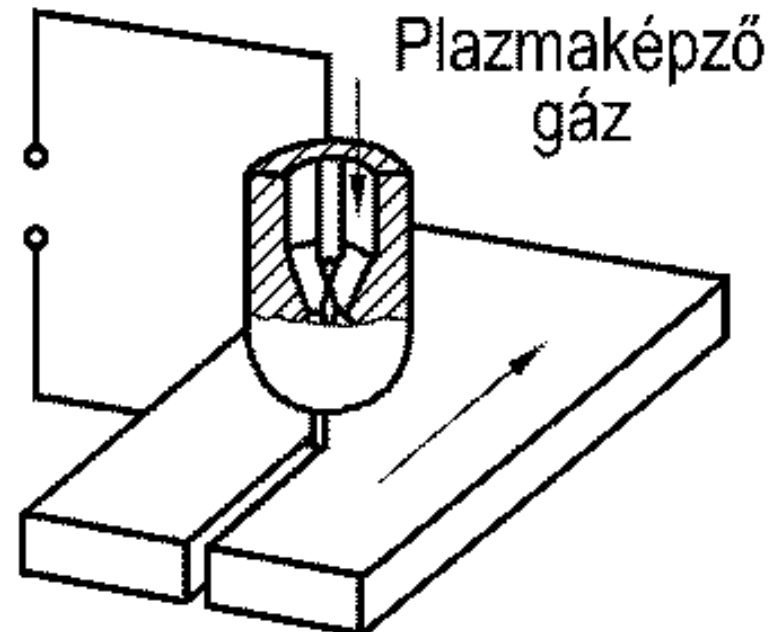
A plazmavágás lehet:

- plazmaíves
- plazmasugaras, illetve
 - védőgáz nélküli
 - védőgázos
 - vízzel védett
 - víz - befecskendezéses



Plazmaíves vágás

Általánosabban elterjedt változat a plazmaívvvel történő vágás. Az ív akkor jön létre, ha elektromos áram folyik a nem megolvadó elektródtól az elvágandó, elektromosan vezető munkadarab, azaz az anód felé. A munkadarab megolvasztásához szükséges energiát egyrészt a plazmasugár, másrészt a villamos ív szolgáltatja. A plazmagázok a villamos ív hatására részben felbomlanak és ionizálódnak – elektromos vezetővé válnak – az ívben, majd a nagy energiasűrűség és hőmérséklet következtében a hangsebesség többszörösével megindulnak a munkadarab felé. Az eljárás előnye a nagy vágási sebesség és a nagy vágási mélység, A plazmagáz sűrített levegő vagy nitrogén.





Béléslemez darabolása

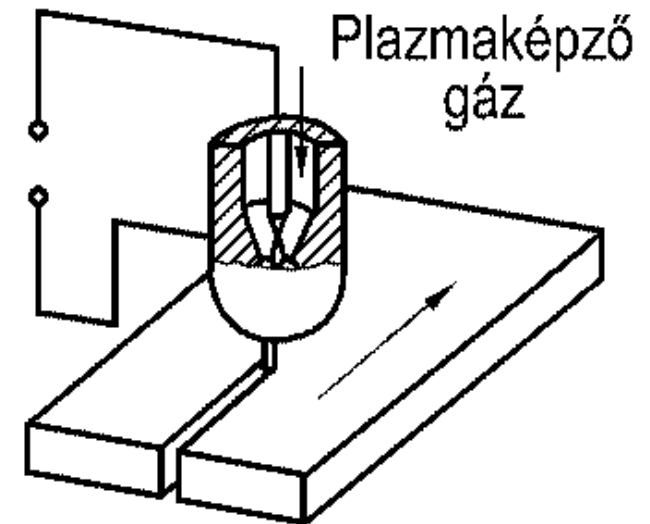
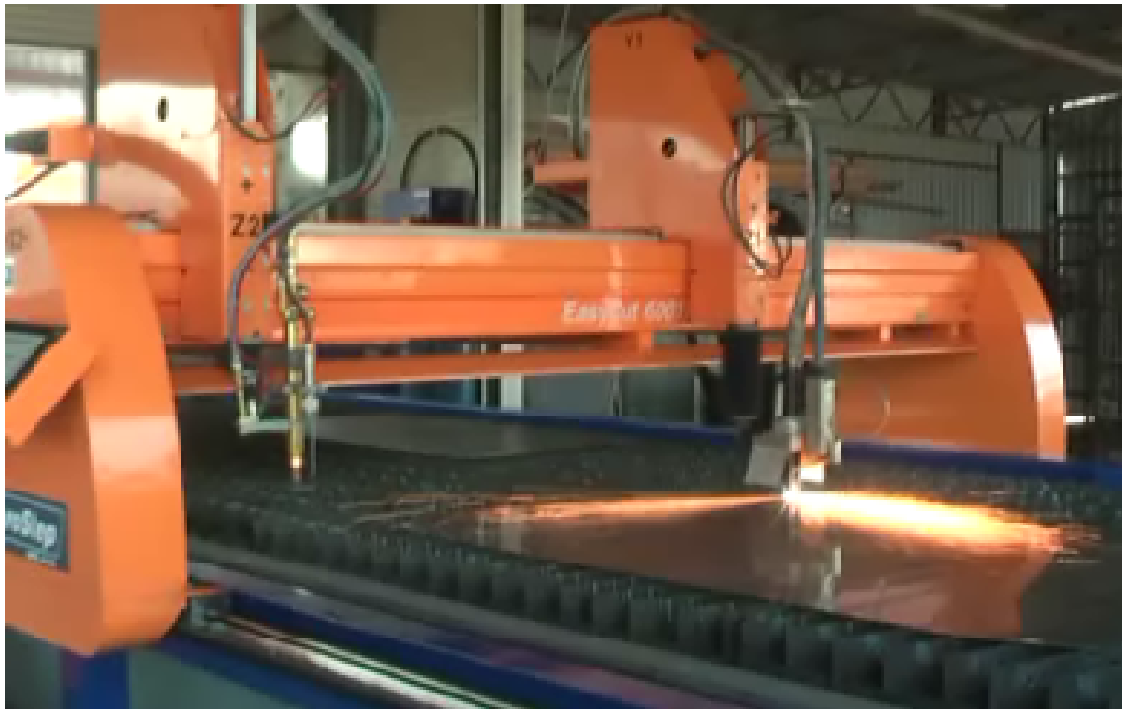
Kokszzállító kocsi belső felületét kopásálló réteggel felületszórt lemezzel bélelik.

A béléslemez a rávitt erősen ötvözött réteg miatt lánggal nem lehet vágni.



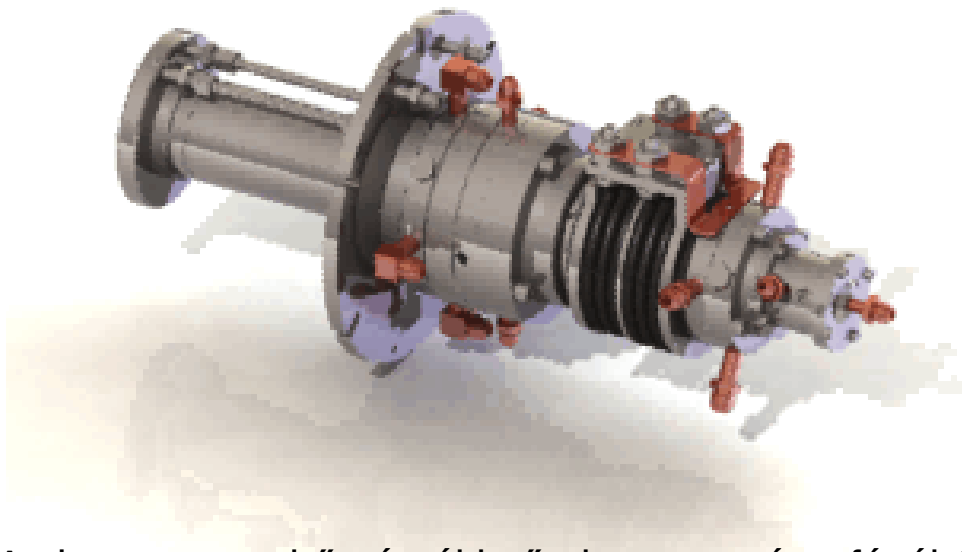
Plazmasugaras vágás

A plazmasugaras vágásnál az ellenpólust a vágófej biztosítja és nem a munkadarab. Amint a munkadarab felületére koncentrált nagyenergiájú plazmaív eléri a munkadarab felületét, az atomok és molekulák egyesülnek, így az ívben tárolt energia felszabadulása megolvasztja, és részben elgőzölteti a munkadarabot. A nagy mozgási energiájú plazmasugár lehetővé teszi az olvadt rész kiszorítását a munkadarabon lévő vágási résből.

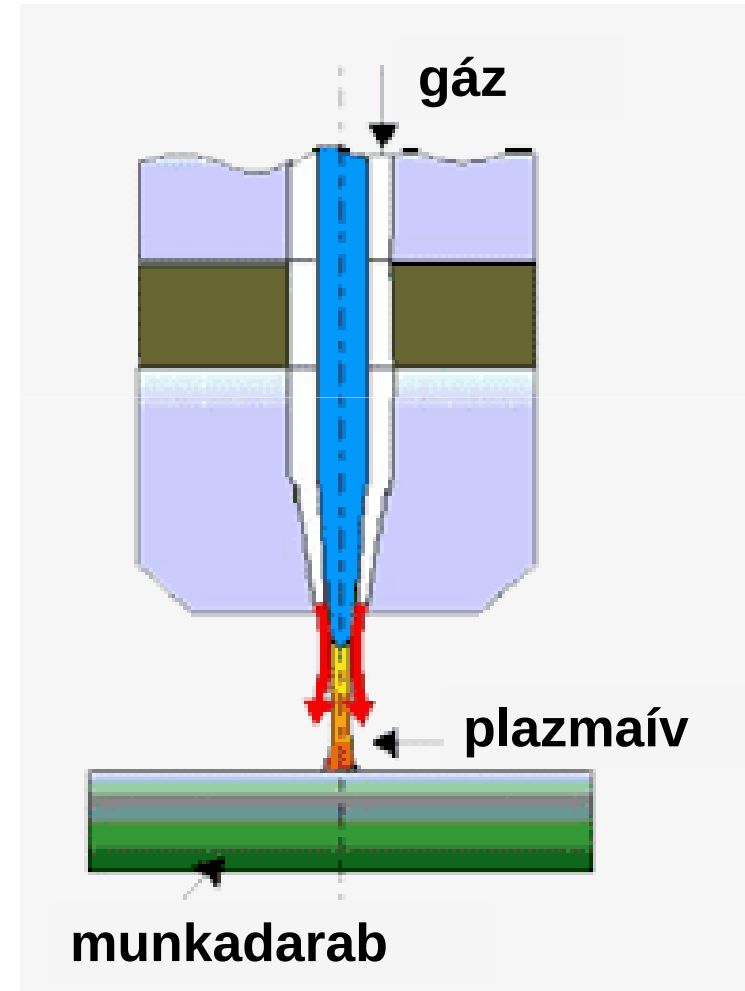


A megmunkálást a plazmatronban előállított stabilizált plazmasugár végzi. A stabilizált ív vízűtéses anód és katód között ég. Az ív előállításához nagy áramerősségű (100A) és viszonylag **kis feszűltségű egyenáramra** van szükség. Az ív áramló munkagázban ég, ez a munkagáz a fűvókán áramlik ki, részben ionizált állapotban van, magas hőmérsékletű, nagy teljesítménysűűrűséget képvisel.

A fej belsejében lévő magas olvadáspontú anyagból készűlt rűd a katód és körülötte lévő vízűtéses fűvóka az anód. A katód anyaga általában W vagy Mo, az anód vörösréz. A nagy hőterhelése miatt vízűtéssel kell ellátni. A plazmatronba gázbevezető csű megfelelő szelepekkel csatlakozik az esetleg szükséges védőgázok és a plazmát alkotó gáz bevezetésére.



Az igen magas hőmérsékletű plazmasugár a fűvókán 2-3 Mach sebességgel áramlik ki és ez a plazmasugár végzi el a vágást.



Plazmasugaras vágásnál a gáz áramlási sebességét a plazma teljesítményével és a fókuszolt átmérőjével összhangban szabályozzuk, sima felületű vágatot kapunk. Mivel a haladási sebesség nagy, a plazma széle utáni légáram intenzíven hűt is, a plazma hatása nem terjed lényegesen túl a fókuszolt átmérőjénél, ezért az anyag belsejében szövetszerkezeti átalakulásra nem kell számítani.

A plazmasugár magja igen magas hőmérsékletű, elérheti a **30000 K**-t is, de a levegőn a külső része már csak 10^3 K körül van. Ez a hőmérséklet is elég azonban a legtöbb ismert anyag megolvasztására.

Elvileg bármilyen egyenáramot előállító eszköz lehet az áramforrás. Régebben dinamó látta el ezt a feladatot, ma már félvezető egyenirányítós tápforrások használatosak. A szükséges feszültség 50-400 V, áram 150-200 A szabályozható értékekkel.





A lángvágással szemben, ahol túlnyomórészt fémeket vágnak, a plazmasugaras vágás alkalmas egyéb anyagok vágására, mint pl. Al_2O_3 és egyéb kerámiák, üveg, kvarc stb. Könnyen oxidálódó anyagok (fémek) vágása esetén az Ar-ba célszerű H_2 gázt is keverni.

Fémek közül az Al is kiválóan vágható, ami a hagyományos technikával közismerten nehéz feladat. Alkalmazásának nagy előnye még, hogy lemezkötegek is vághatók anélkül, hogy a vágatok szélei összehegednének.

Vágási hibák

- Vágandó anyag előkészítése nem alapos (felületi állapot, belső folytonossági hiányok)
- Vágóégő és a munkadarab távolsága nem állandó
- A munkadarabból kieső hulladék okozhat kettős ívet, mely akkor keletkezik, ha az égő fejrésze a munkadarabhoz ér.



A szükséges gázokat palackokból megfelelő nyomáscsökkentőn keresztül vezetjük a fejbe közbeiktatva a vezérlőrendszert.

Plazmagázok:

levegő, oxigén O_2 , nitrogén N_2 , argon - hidrogén gázkeverék Ar (65%) - H_2 (35%), nitrogén – hidrogén gázkeverék N_2 (95%) - H_2 (5%)

Fémek kézi vágásánál:

80-67% Ar + 20-33% H_2

Fémek gépi vágásánál:

70-60% Ar + 30-40% H_2



A hidrogén erózív hatásának kiküszöbölése érdekében munkagázként használható hidrogén helyett nitrogén is, feltéve, ha nem lép reakcióba a vágandó anyaggal. Ilyenkor figyelembe kell venni, hogy a nitrogén termikus hatásfoka kisebb mint a hidrogéné.

Kézi vágáskor továbbá ügyelnünk kell a nitrogén és vegyületeinek mérgező hatására.

A hidrogén-nitrogén gázkeveréket főként Al és ötvözetek, Cu és ötvözetek, ötvözetlen és erősen ötvözött acélok vágásához használjuk.

A gázkeverék összetétele befolyásolja adott lemezvastagság esetén az elérhető vágási sebességet.

MicroStep EasyCut 6001/20PGG
Kjellberg HiFocus 130



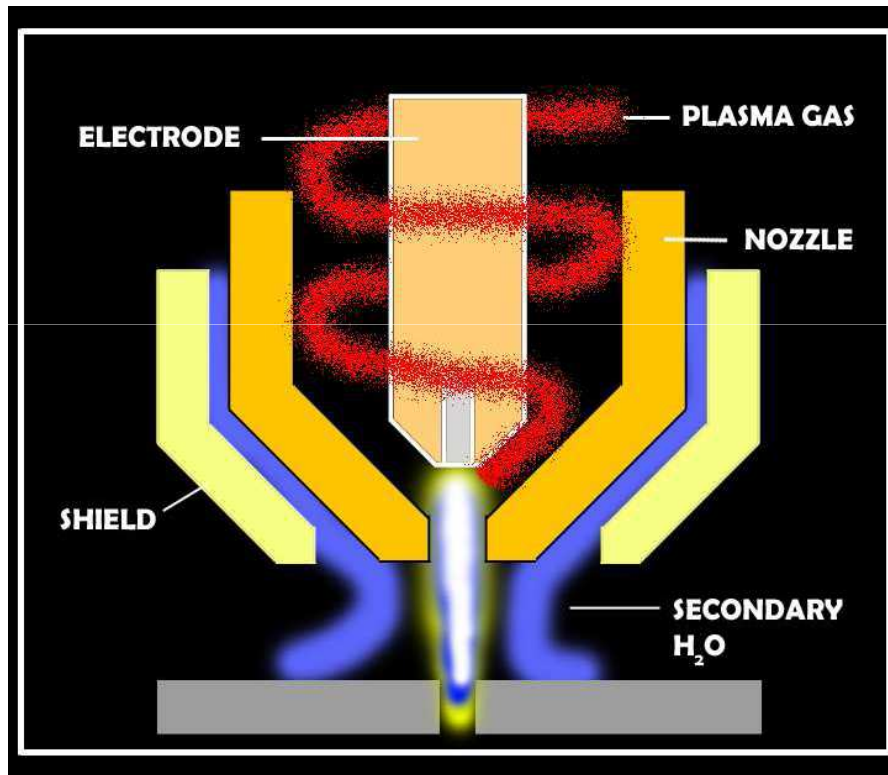
Plazmavágást 2D koordinációs CNC vezérlés segíti. Kivágó programokat lehet készíteni a rendszerbe integrált kezelőfelületen, ill. külső forrásból is fel lehet tölteni, amik nagy hatékonyságot és pontosságot biztosítanak. A vágás megkezdése előtt be kell állítani a plazma tulajdonságait, fel kell venni a nullpontot és a tengelyirányokat, majd indítható a vágási művelet.

Munkaterület: 2000mmx6000mm
Felszerelhető fejek száma: max. 6
Pontosság szabvány: DIN28206
Vezérlés: iMSNC (CNC)
Pneumatikus működéshez 6 báros tiszta levegő biztosítása
Szabályozhatóság fokozatmentesen:
20-130 A / 100% ED
Max. vágási vastagság: 40 mm
Hálózati feszültség: 3 ph. 400V/50 Hz
Maximális teljesítményfelvétel: 35VA
Alkalmazható gáz: levegő, oxigén, nitrogén, argon, hidrogén



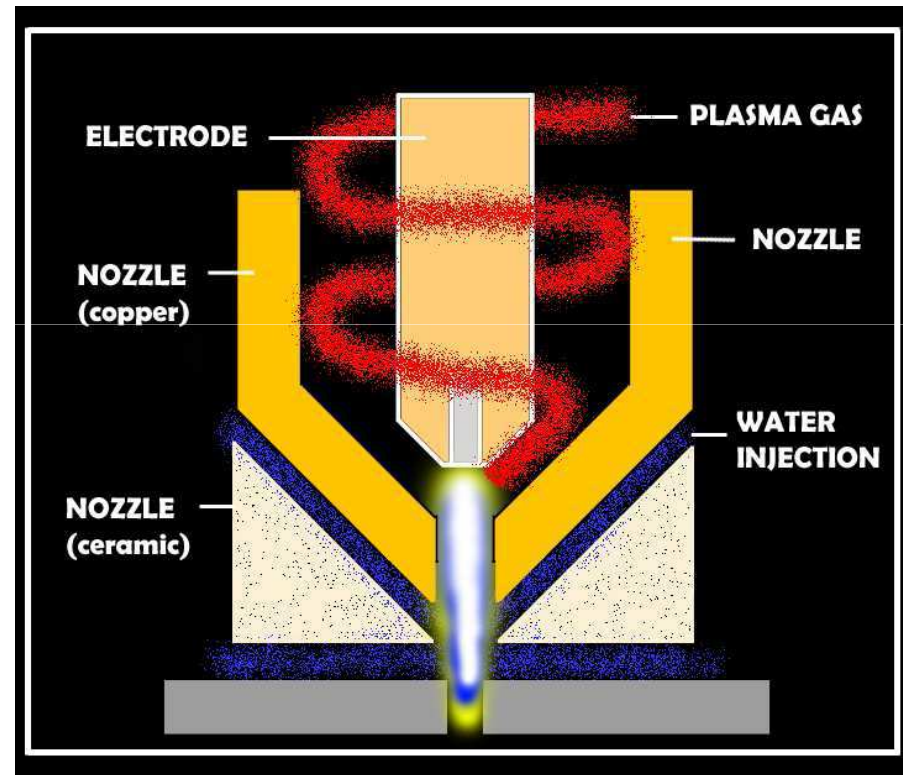
Vízzel védett plazmavágás

A felület védelmére a védőgáz helyett vizet használnak. Jobb vágási felület érhető el. A keletkező nagy mennyiségű füst és gőz miatt csak gépi vágás.



Víz befecskendezéses plazmavágás

A plazmagáz oxigén vagy nitrogén. A plazmaívre közvetlenül vizet fecskendeznek. A befecskendezett víz hatására a plazmaív jobban koncentrálódik, növekszik a sűrűsége és a hőmérséklete, ezáltal nagyobb vágási sebességet lehet elérni.



4.2. Elektronsugaras megmunkálás



Az elektronsugaras megmunkálás (EBM: Electron Beam Machining) elve

A nagysebességű elektronsugarakat már régen hasznosítjuk röntgen és katódsugár csövekben, elektronmikroszkópokban. Ha az elektronsugár koncentrált mozgási energiáját a becsapódás helyén hőenergiává alakítjuk, azzal speciális megmunkálási feladatokat tudunk elvégezni.

Az elektronsugaras megmunkálás folyamata

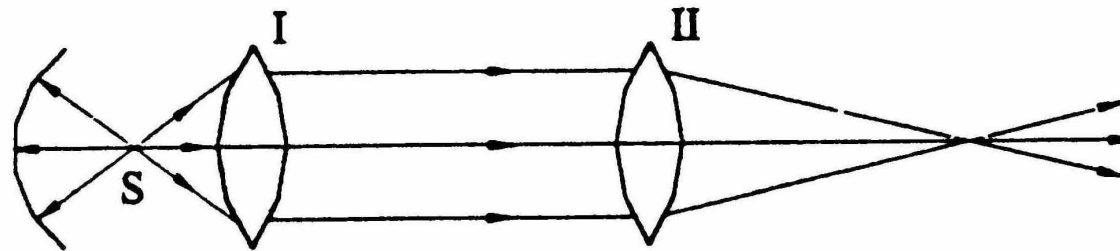
Az elektronsugaras megmunkáláskor az élesen fókuszált, felgyorsított elektronokból álló sugarakat a megmunkálandó anyag (amely fém vagy más nem átlátszó anyag) felületére irányítjuk. A munkadarab felületére becsapódó elektronok lefékeződnek, a kinetikai (mozgási) energiájuk a fékezés hatására hőenergiává alakul át.

Ha nagy intenzitású energiasugár éri a fémet, akkor a sugár viszonylag kis mélységben hatol be, miközben energiájának nagy része hővé alakul. Az elektronok behatolásának mélysége függ az elektronok sebességétől, a gyorsító feszültségtől és az anyag sűrűségétől. A nagy energiasűrűség miatt a felületi rétegben a fém megolvad, részben elgőzölög, az olvadék egy része a gőzbuborékok szétrobbanásakor az olvadékból kivetődik.

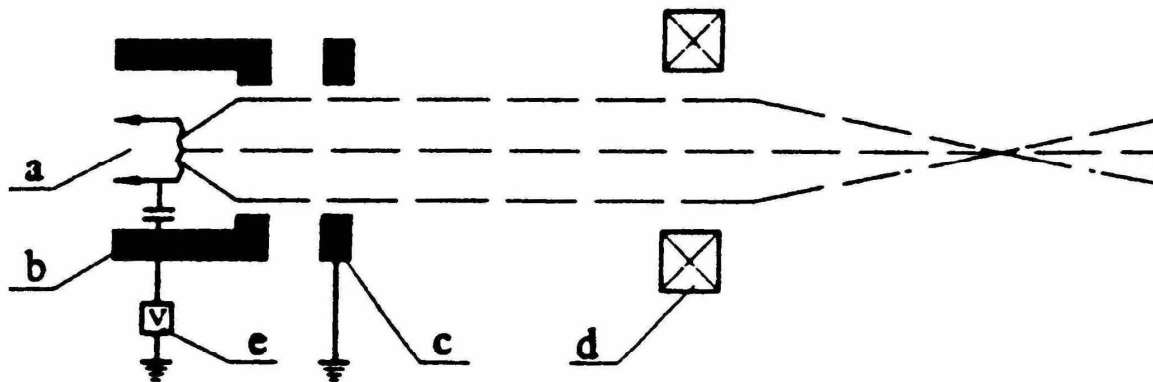
Mivel az elektronsugár a levegőben a nitrogén- és oxigénmolekulákkal ütközve szétszóródik, ezért mind a sugár vezetéséhez, mind pedig a megmunkáláshoz vákuumra van szükség. Az elektron sugárral az energiát nagyon kis felületre [10^{-7} cm^2] lehet koncentrálni, a teljesítmény sűrűség pedig meghaladhatja a 10^8 W/cm^2 értéket.

Az elektronsugár előállításának folyamata

Az izzó katódból kilépő elektronokat elektronoptikai módszerekkel irányíthatjuk, melyek a fényoptikai módszerekkel analóg módon vezérelhetők. Az optikai rendszerben a fényforrás az I. lencse fókuszában van, a párhuzamos fénynyalábot a II. lencse a fókuszában gyűjti össze. Ezzel analóg módon a hevített huzalból kilépő elektronokat a kilépési apertúra (rés) lap elektrosztatikus hatása párhuzamosítja, majd a két apertúra közti feszültségkülönbséget felgyorsítja.



S) fényforrás, I) kolliméter lencse, II) fókuszáló lencse



**a) katód, b) kilépési apertúra, c) gyorsító apertúra
d) fókuszáló elektromágneses tekercs, e) nagyfeszültség**

Az elektronsugarakat a végén egy elektromágneses kondenzátor tekercs fókuszálja, és kis felületre gyűjti össze. Az elektronsugár elektromágneses tér segítségével jól fókuszálható, iránya gyorsan változtatható, így általában megmunkáláskor a munkadarab és a sugár relatív mozgását a sugár mozgásával érjük el.

A berendezéssel szemben támasztott legfontosabb követelmények:

- nagy teljesítmény sűrűség kis felületen
- energiaközlés rövid impulzusokban
- az elektronok hatótávolsága és a gyorsító feszültség illesztése az adott feladathoz
- megfelelő sugárvezetés és vezérlés biztosítása

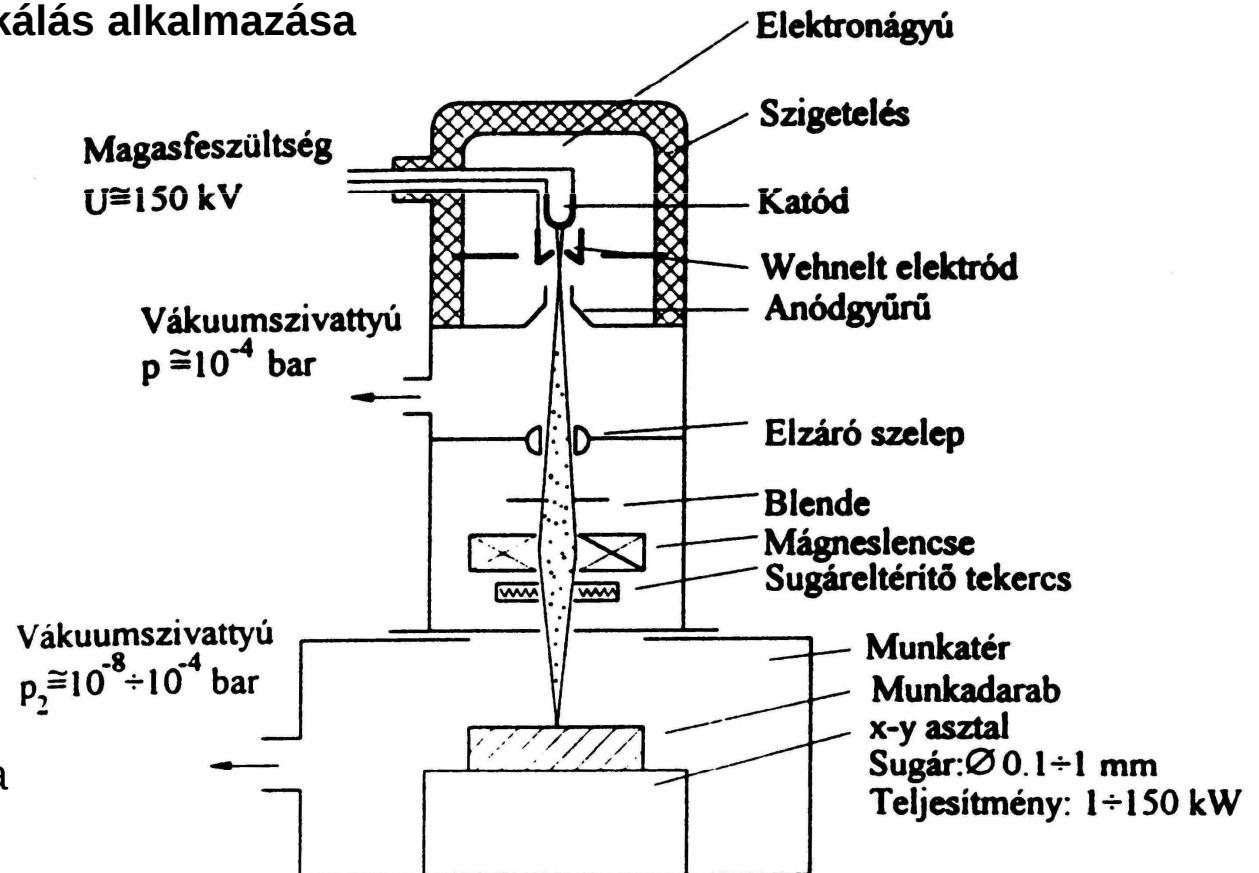
Az elektronsugarakat csak vákuumban lehet alkalmazni. A megfelelő vákuum nagy teljesítményű vákuumszivattyúk és nagyméretű vákuum kamrák segítségével biztosítható.

Az elektronsugaras megmunkálás alkalmazása

- polimerizálásra
- felületi edzésre
- hegesztésre
- átolvasztásra
- fúrásra
- vágásra
- marásra
- gravírozásra
- EBF3

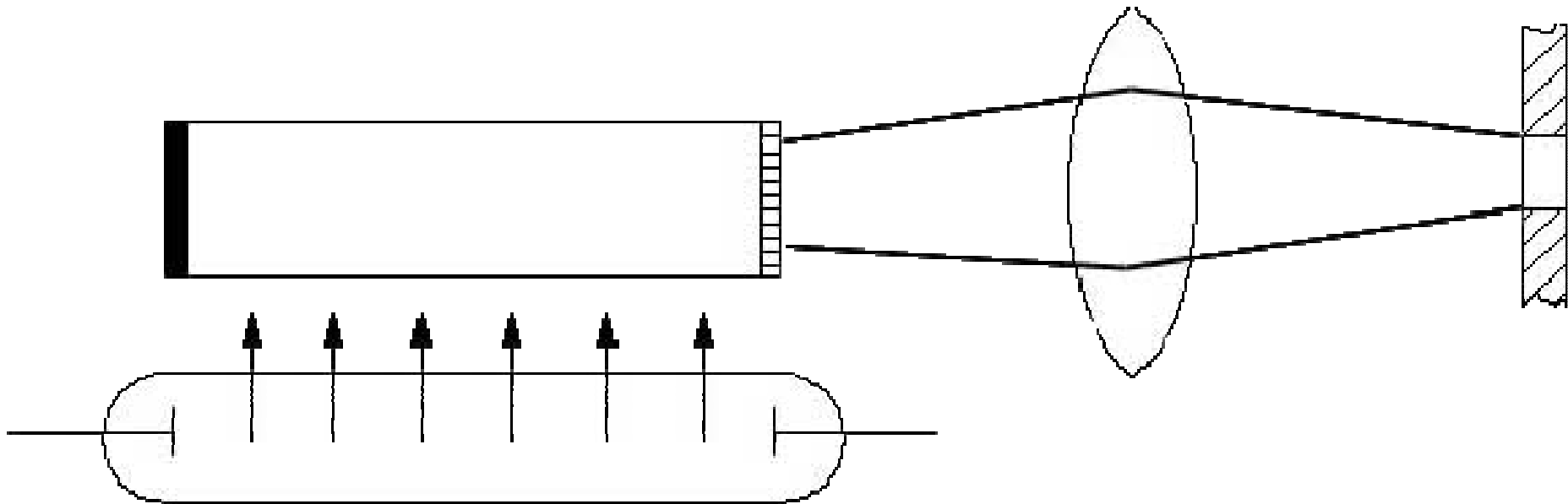
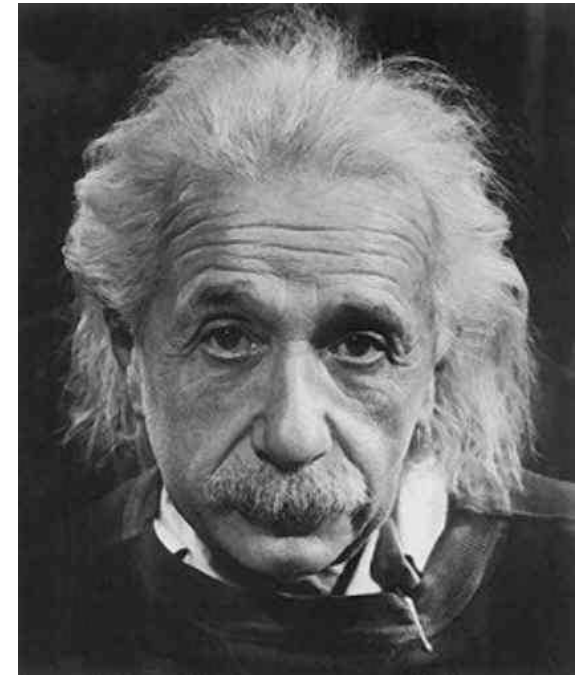


A furatok átmérőjét a sugárnyaláb mérete határozza meg. Lehetséges hosszú furatok [$L/D > 20$] megmunkálása is. Általában 0,01-1 mm méretű furatok és hornyok készíthetők



4.3. Lézersugaras megmunkálások

A lézersugárzás elméletét a 20. század elején Einstein dolgozta ki. Ha az aktív anyag atomjait metastabil állapotban egy intenzív fénysugárral gerjesztjük, fotonok bocsátódnak ki. A fotonok a tér minden irányába kisugároznak és sok az aktív anyag tengelye irányában mozdul el. Eközben olyan atomokkal ütköznek, amelyek még gerjesztett állapotban vannak és így további emissziót indíthatnak meg. Ez a folyamat addig folytatódik, amíg a fotonok az optikai tengely mentén elhagyják a lézerrúd kimeneti végét.



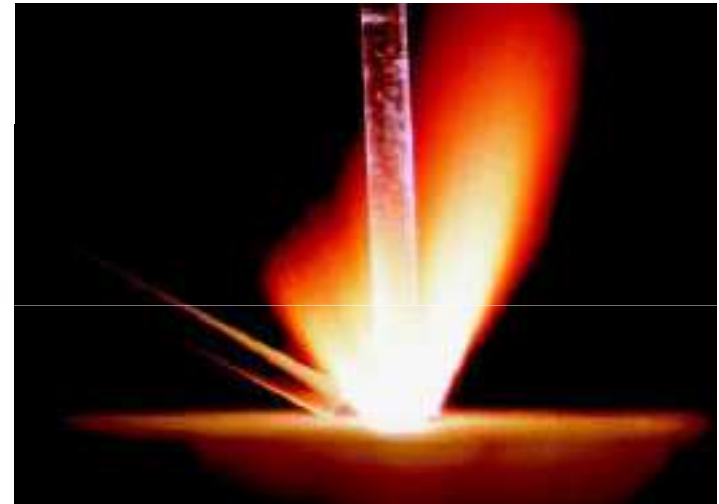
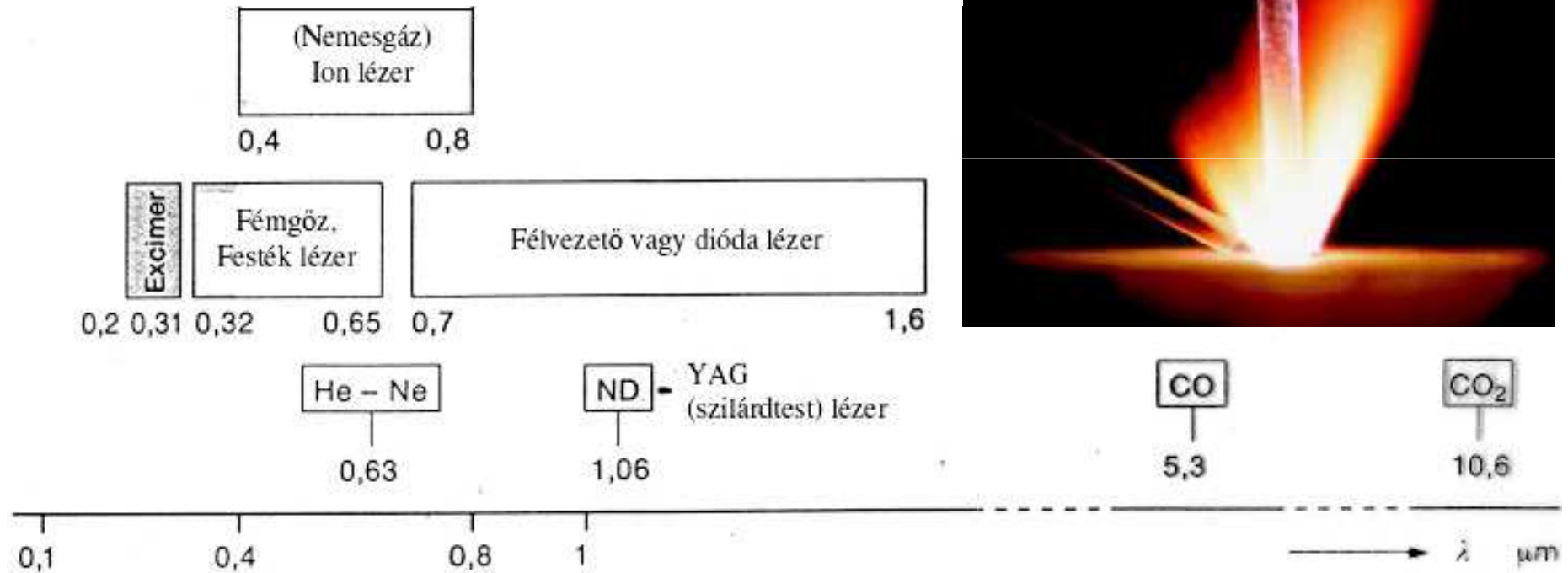
Lézerek típusai

Szilárdtest lézerek

Gázlézerek

Folyékony lézerek

Félvezető lézerek



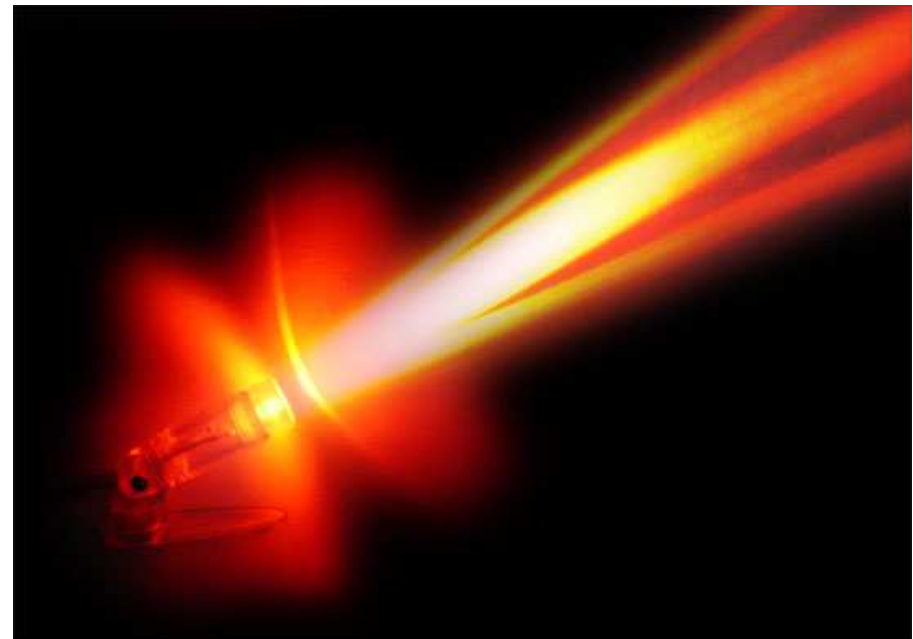
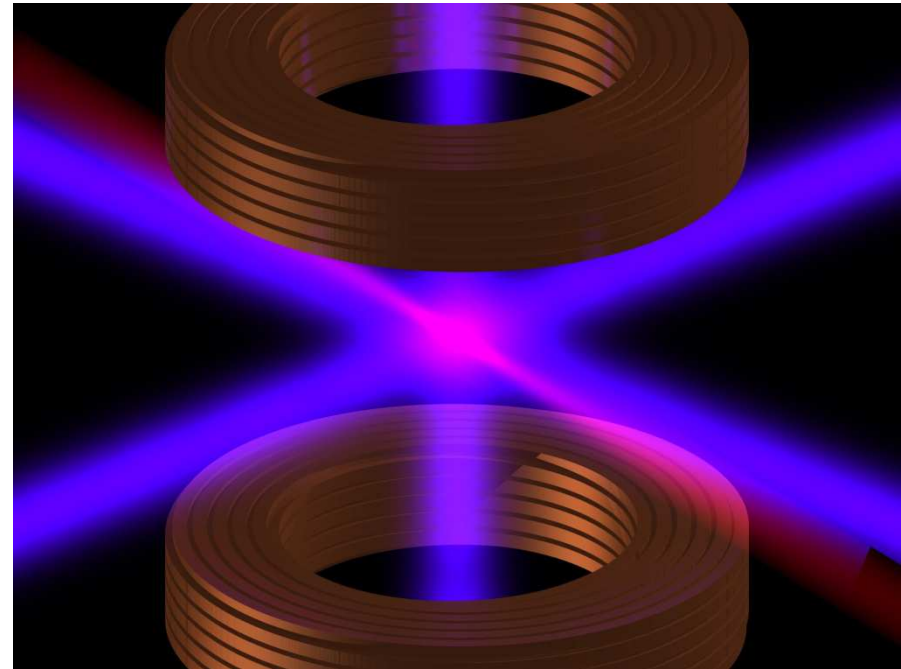
Ultra viola (UV)

Látható fény

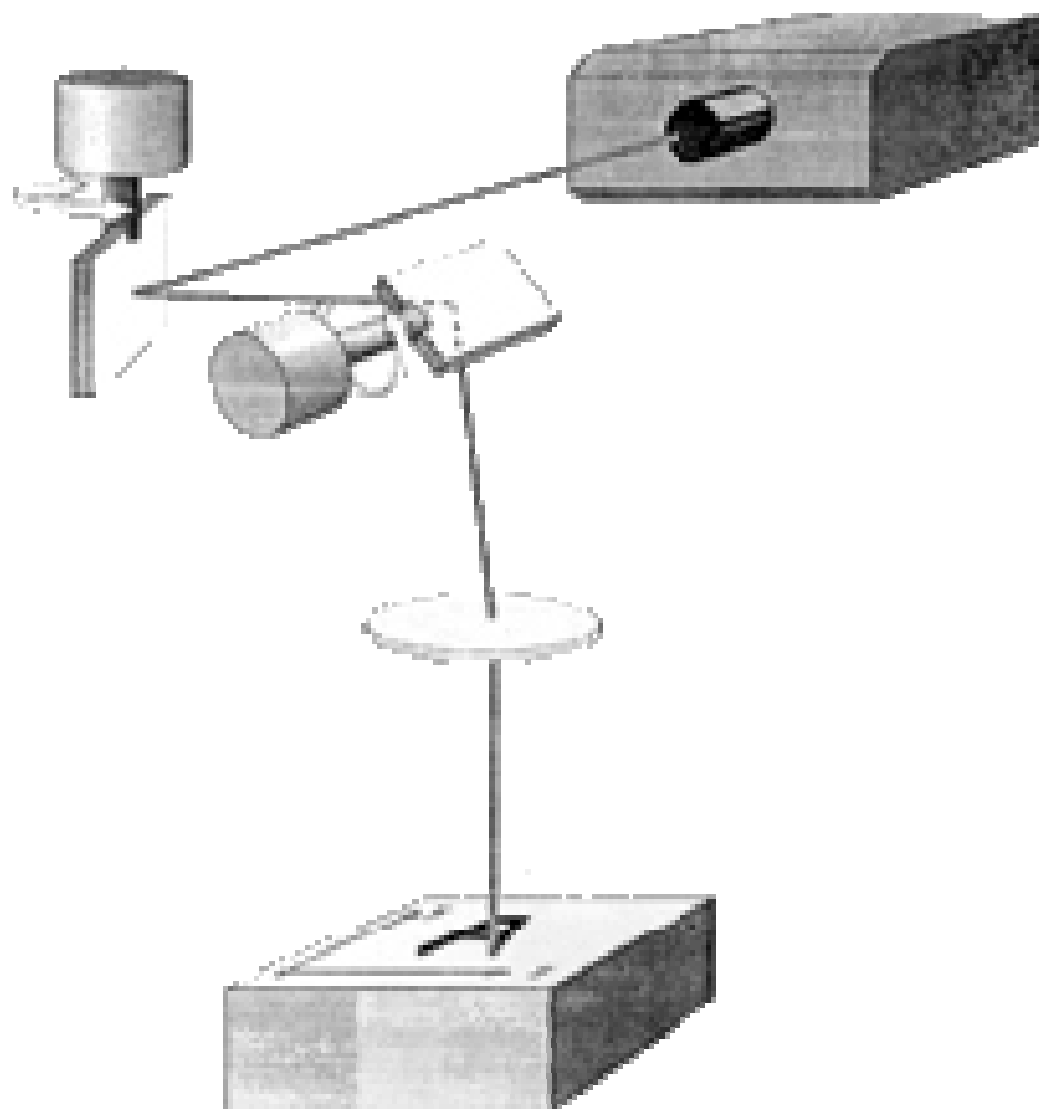
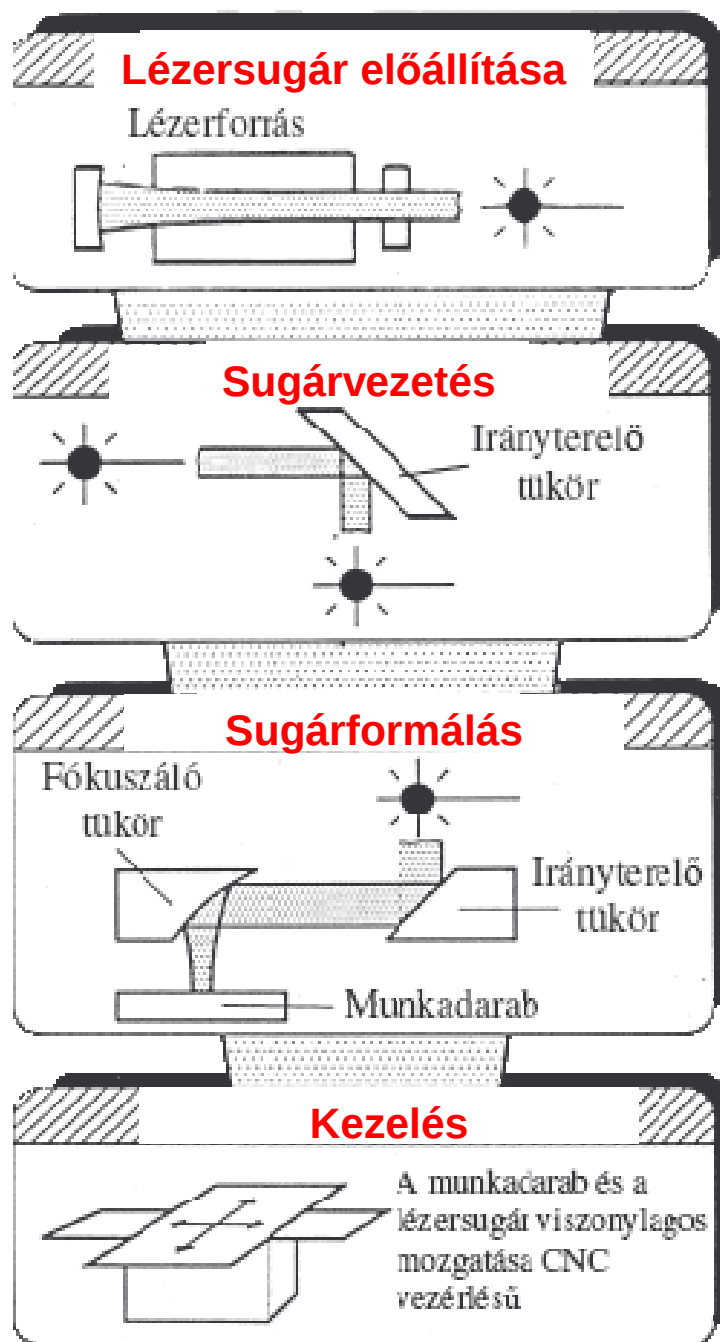
Infravörös

A lézersugár

- Párhuzamos fénynyaláb
- Monokromatikus, mivel a gerjesztett atomok meghatározott frekvenciájú sugárzást bocsátanak ki
- Polarizált fény
- A lézerek energiája kis térrészben koncentrálódik, impulzus üzemmód esetén nagyon rövid időtartamban is
- Teljesítménysűrűsége nagy
- A lézerek hatásfoka nagyon kicsi (0,1-18%)
- Alkalmazását nem befolyásolja a mágneses tér
- Nem szükséges, hogy a munkadarab elektromos vezető legyen
- Minden anyaggal kölcsönhatásba lép (fém, anyag, fa, kerámia)
- Működéséhez nem kell vákuum
- Nem keletkezik röntgen-sugárzás



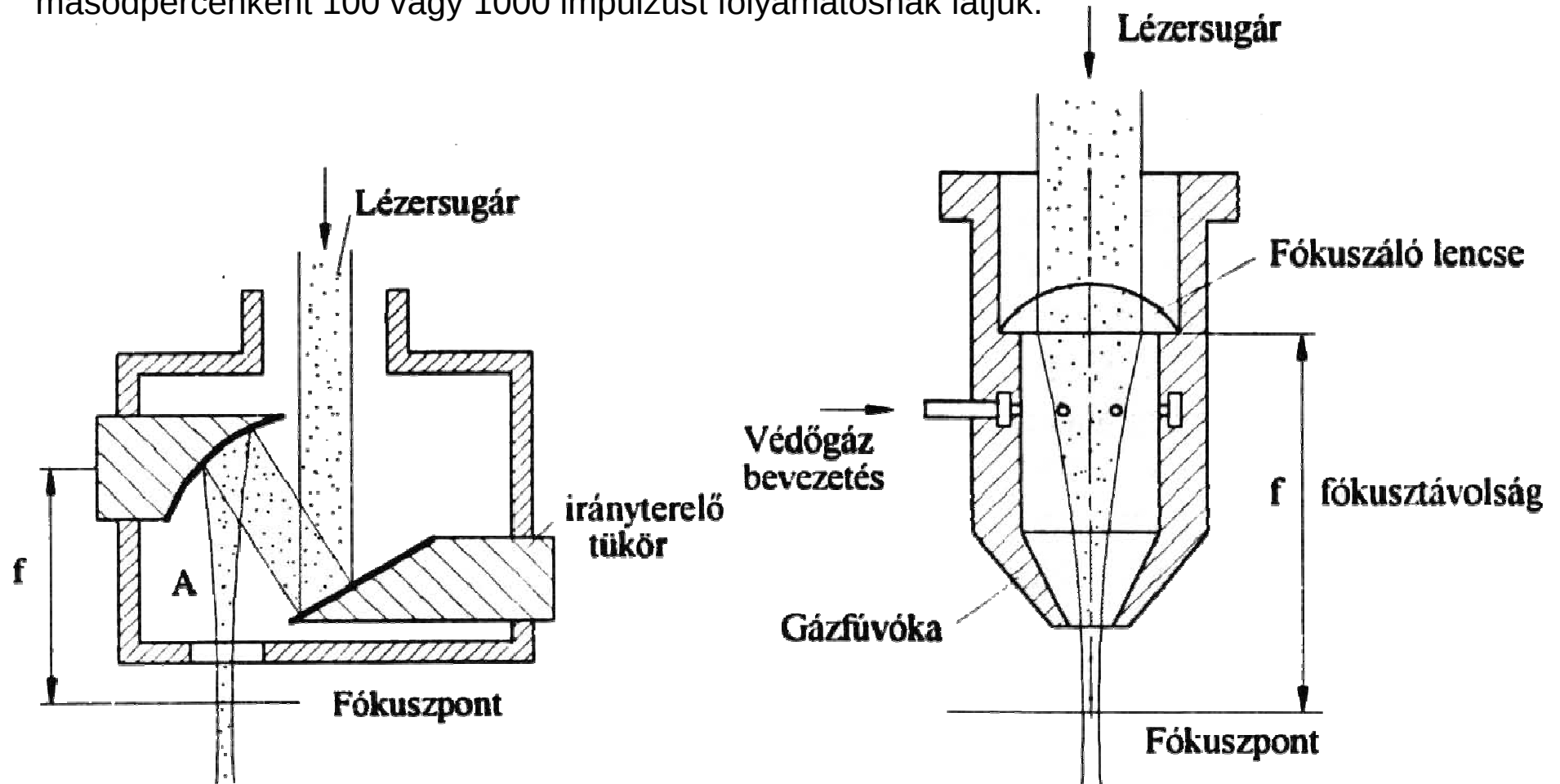
A lézeres megmunkálás elméleti felépítése



Lézersugár fókuszálása

A lézerek erősen párhuzamosított fényt bocsátanak ki, ami lencserendszerrel fókuszálható és tükrökkel eltéríthető. Az ábra két megoldást szemléltet.

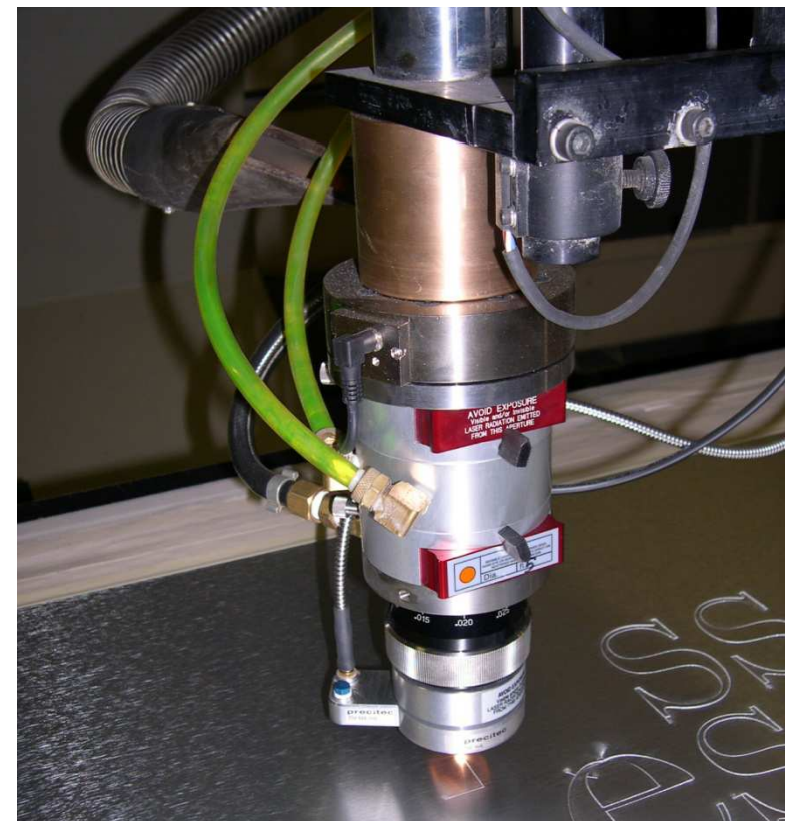
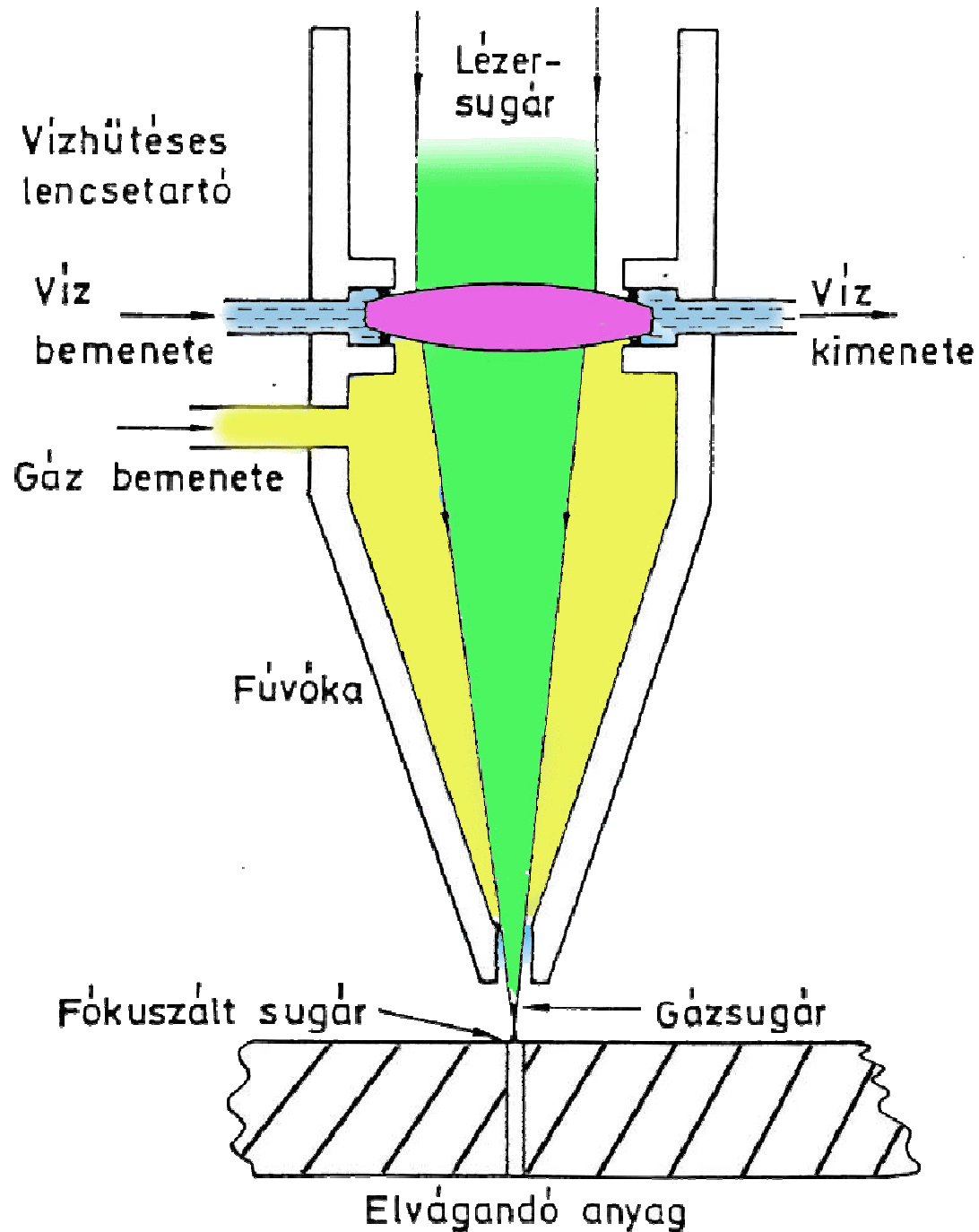
A lézer kimenete lehet folyamatos vagy impulzusos. A másodpercenként 100 vagy 1000 impulzust folyamatosnak látjuk.



Lézerfej kialakítása

Az ipari megmunkálásokra legnagyobb számban a folyamatosan sugárzó CO₂ lézerek terjedtek el.

Nagy teljesítményű lézerberendezéseknél a fókuszáló lencsét vízzel hűtik.



Lézerek felhasználása

Ipari megmunkálások:

Vágás

Fúrás

Hegesztés

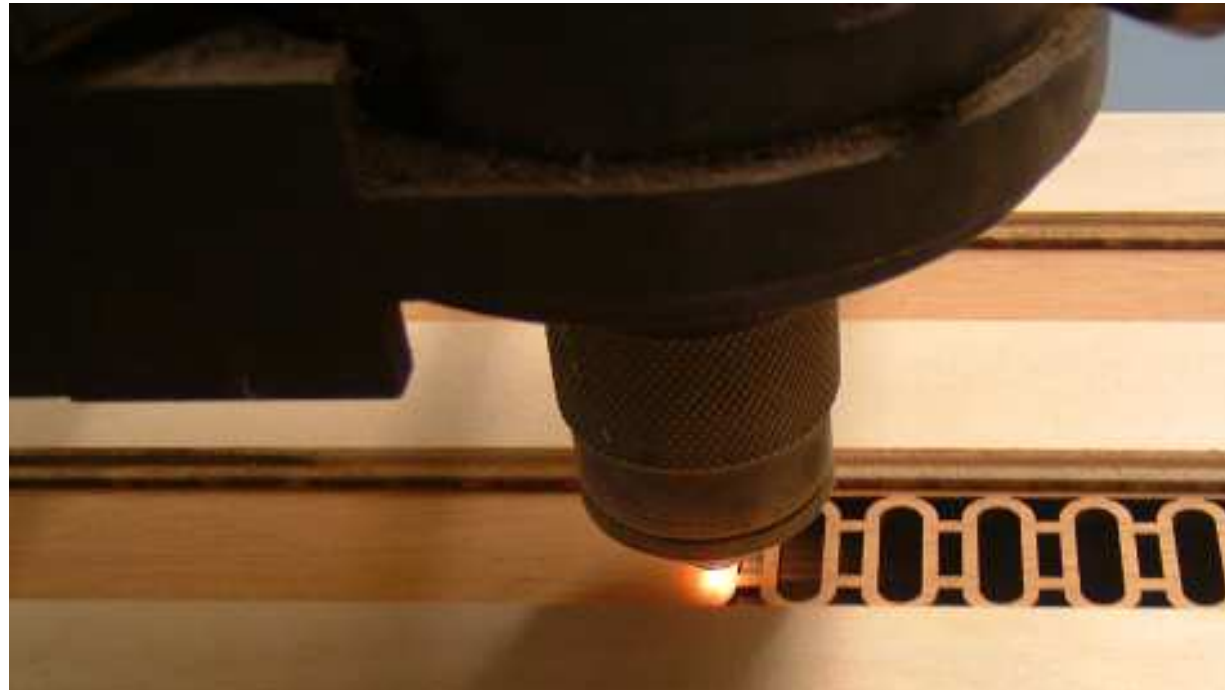
Jelölés, gravírozás

Felület struktúrálás

Marás, üregképzés

Ötvözés, hőkezelés

Bevonás



Speciális alkalmazások:

Gyors prototípus gyártás (SLA, SLS, LOM..)

Speciális bevonatok (LCVD, ..)

Képkötés, optika

Spektroszkópia

Mérés

Lézer sebészet

Lézer fogászat



Lézervágás



A lézersugaras vágásnál a nagy teljesítményű (10^6 - 10^9 W/cm²) lézersugarat a vágandó anyag felületére fókuszálják. Az anyag a sugárzás hatására felhevül, hőmérséklete az olvadási hőt meghaladja. Az iparban leggyakrabban alkalmazott CO₂ lézer az infravörös tartományban sugároz, amelyet az emberi szervezet igen erősen abszorbeál. A sugár károsító hatása a sugár intenzitásától és a sugárzás időtartamától függ. Közvetlen hatása a bőr és a mélyebben lévő szövetek felégetése lehet. Sokkal fontosabb a szem védelme a sugárzástól, a szem szaruhártyáját már a szórt sugárzás is károsíthatja.

Előnyei:

- keskeny vágási szélesség (0,2-0,4mm)
- vékony a hő által érintett zóna (0,1mm)
- a felső vágási él nem lesz rádiuszos
- az alsó vágási élen csekély a sorjaképződés
- kis felületi érdesség
- termelékeny vágás
- problémamentes alkalmazás vékony lemezeknél



A lemezvágást gázsugár segédlettel végzik, hogy a megolvadt anyagot hatékonyabban eltávolítsa. Gyakran semleges gázos (nitrogén) vágást végeznek, hogy ne oxidálódjon a vágott felület. A táblázat paraméterei 1.5 kW teljesítményű CO₂ lézerrel történő vágásra vonatkoznak.

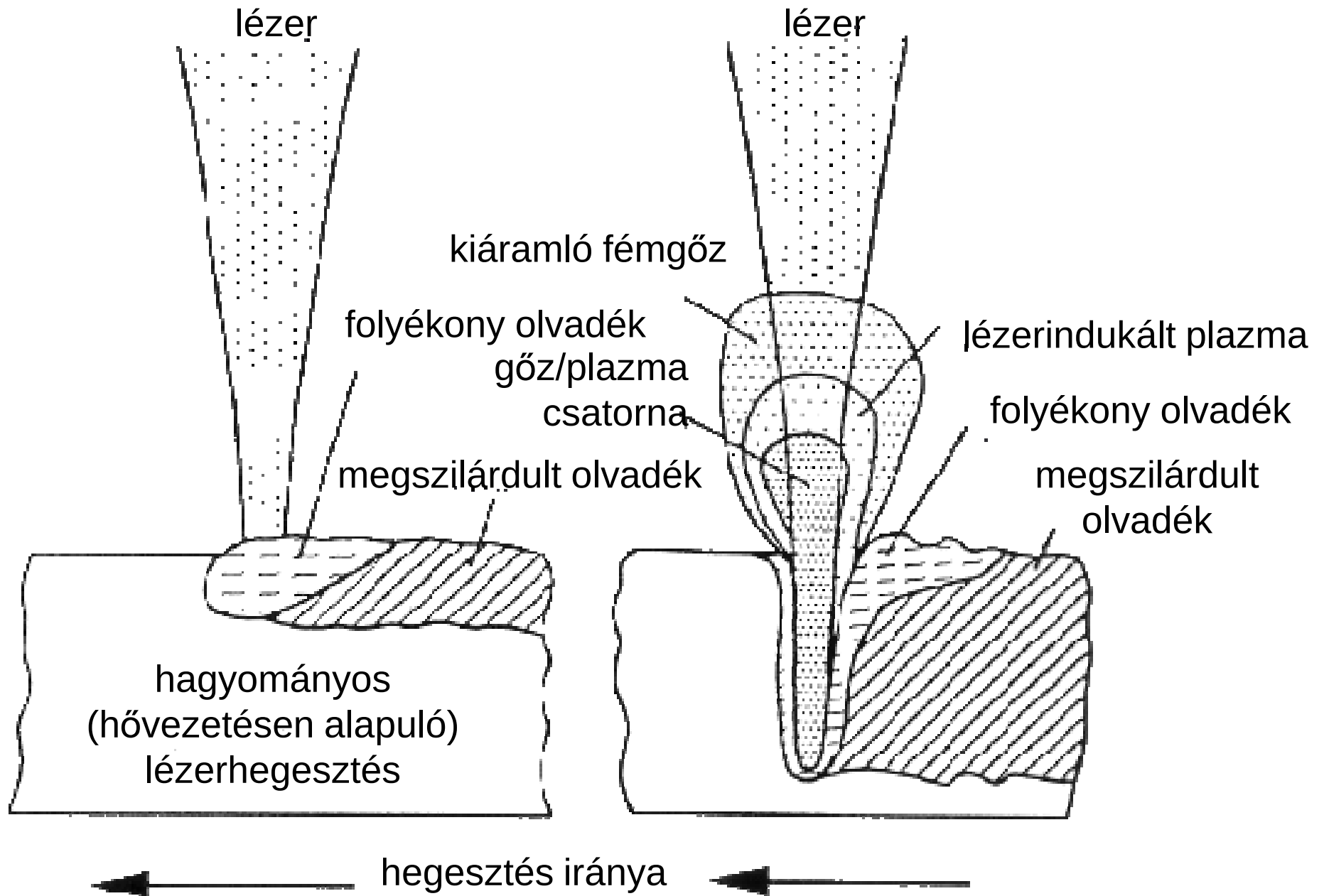


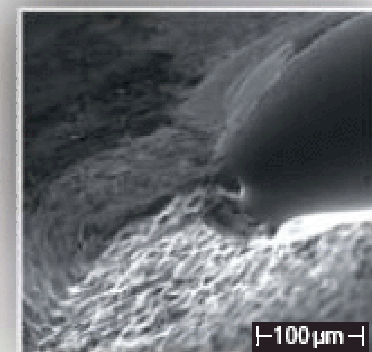
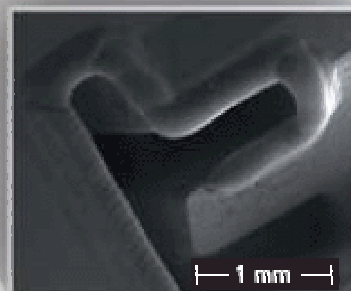
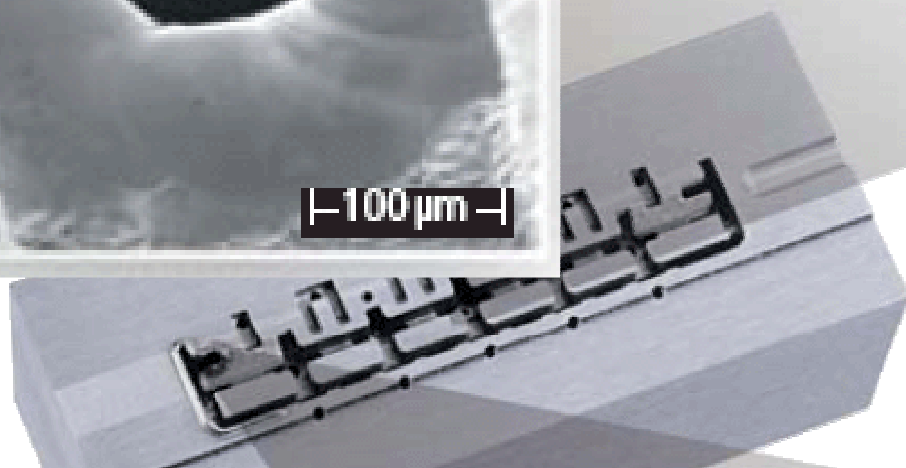
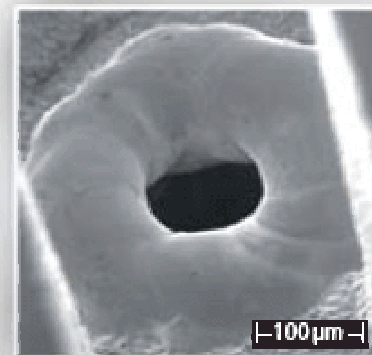
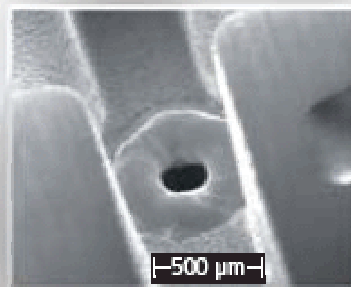
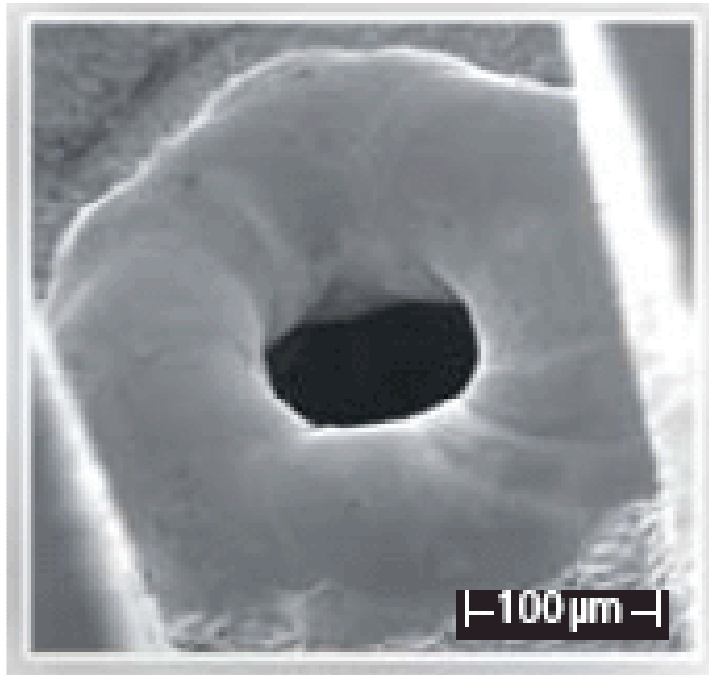
Munkadarab anyaga	Munkadarab vastagsága [mm]	Lézersugár közepes teljesítménye [W]	Vágási sebesség [m/min]	Vágat szélessége [mm]
Szénacél	1	500	5.5	0.15
	2	500	2.5	0.15
	4	500	1	0.25
	6	500	0.4	0.35
	8	1000	1	0.4
Szerkezeti acél 16 Mn Cr5	6	1000	1.2	0.3
Nemesíthető acél Ck 35	6	1000	0.8	0.35
Ötvözött acél XS Cr Ni 18 S	4	1000	1.4	0.3
Alumínium	2	1250	2	0.3
Réz	0.5	600	1	0.2
Al ₂ O ₃ kerámia	2	150	0.04	0.25
Műanyagok	15	500	0.6	0.8
PMMA (Plexi)	0.05	700	600	0.15
Bevonatott fólia	1	500	10	0.2
GKF üvegszállal átszőtt műanyag	5	1250	3.5	0.4

Az lézer lemezvágó gépek 3D-s változatai is megjelentek, ahol több tengely egyidejű vezérlése történik. Az új generációs nagyteljesítményű berendezések 40 – 60 kW-osak és automatikus üzemmódban is alkalmazhatók nagy vágási sebességekkel.



lézerhegesztés

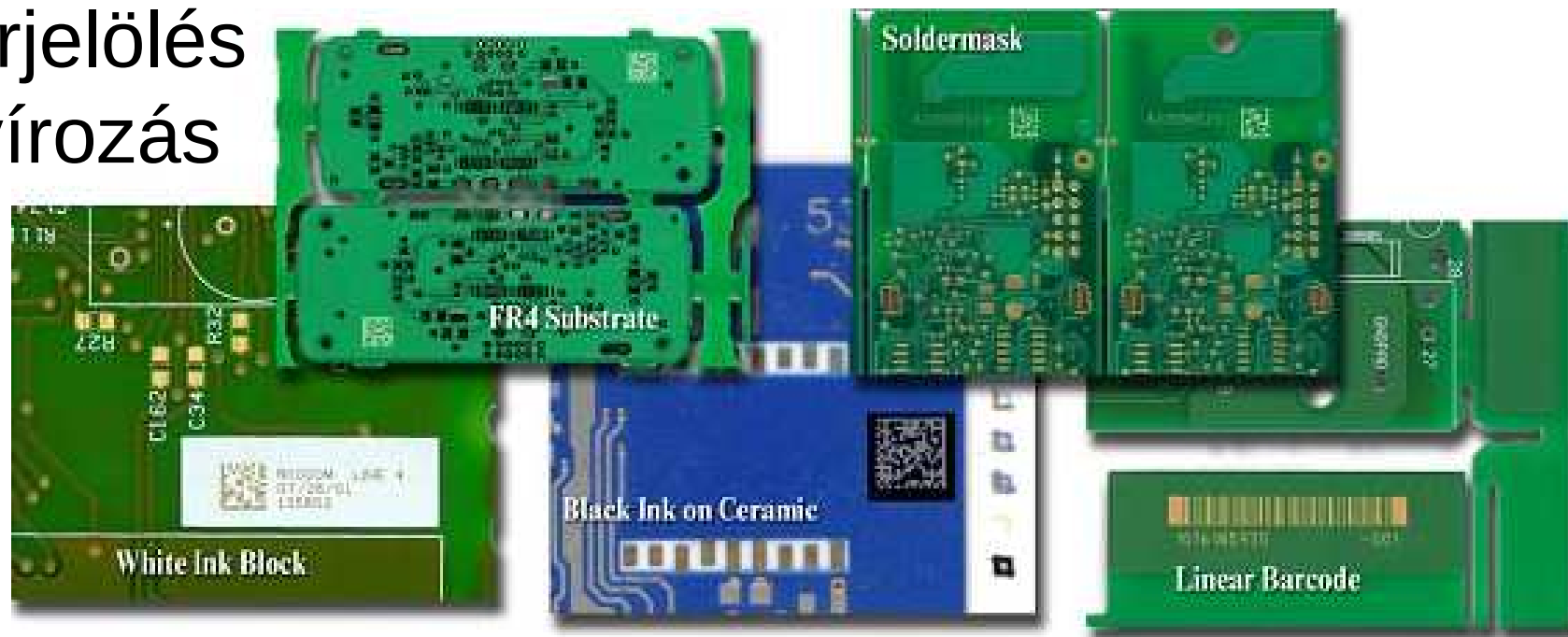




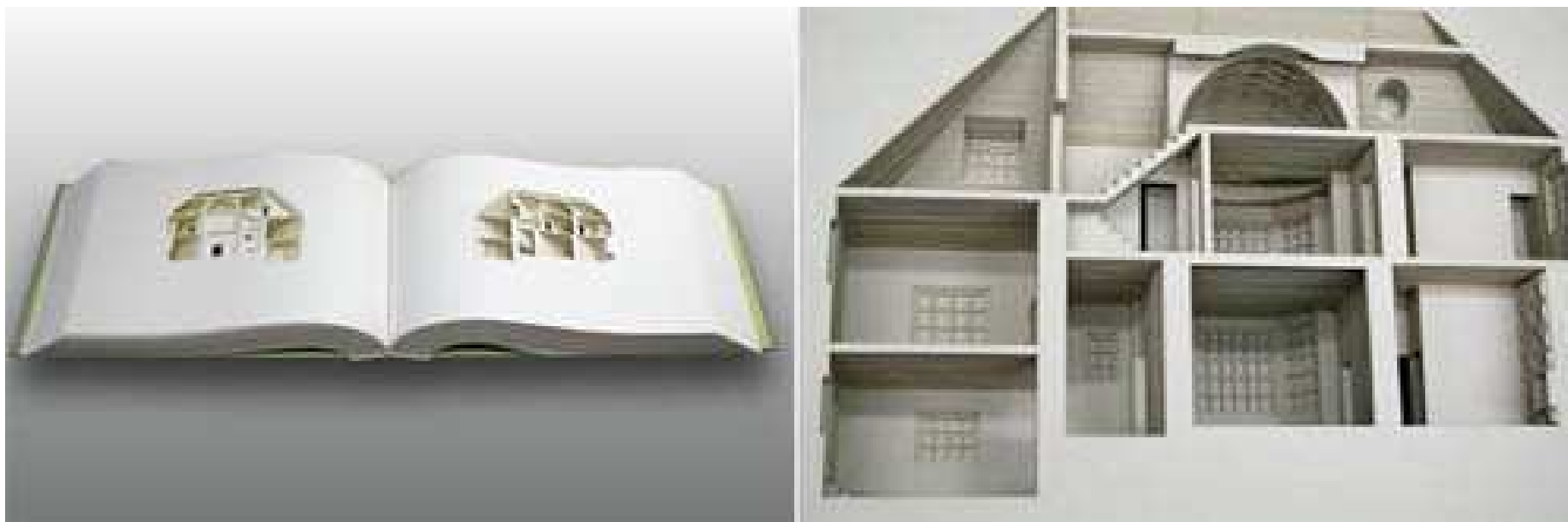
lézerfűrés
lézermarás
üregképzés



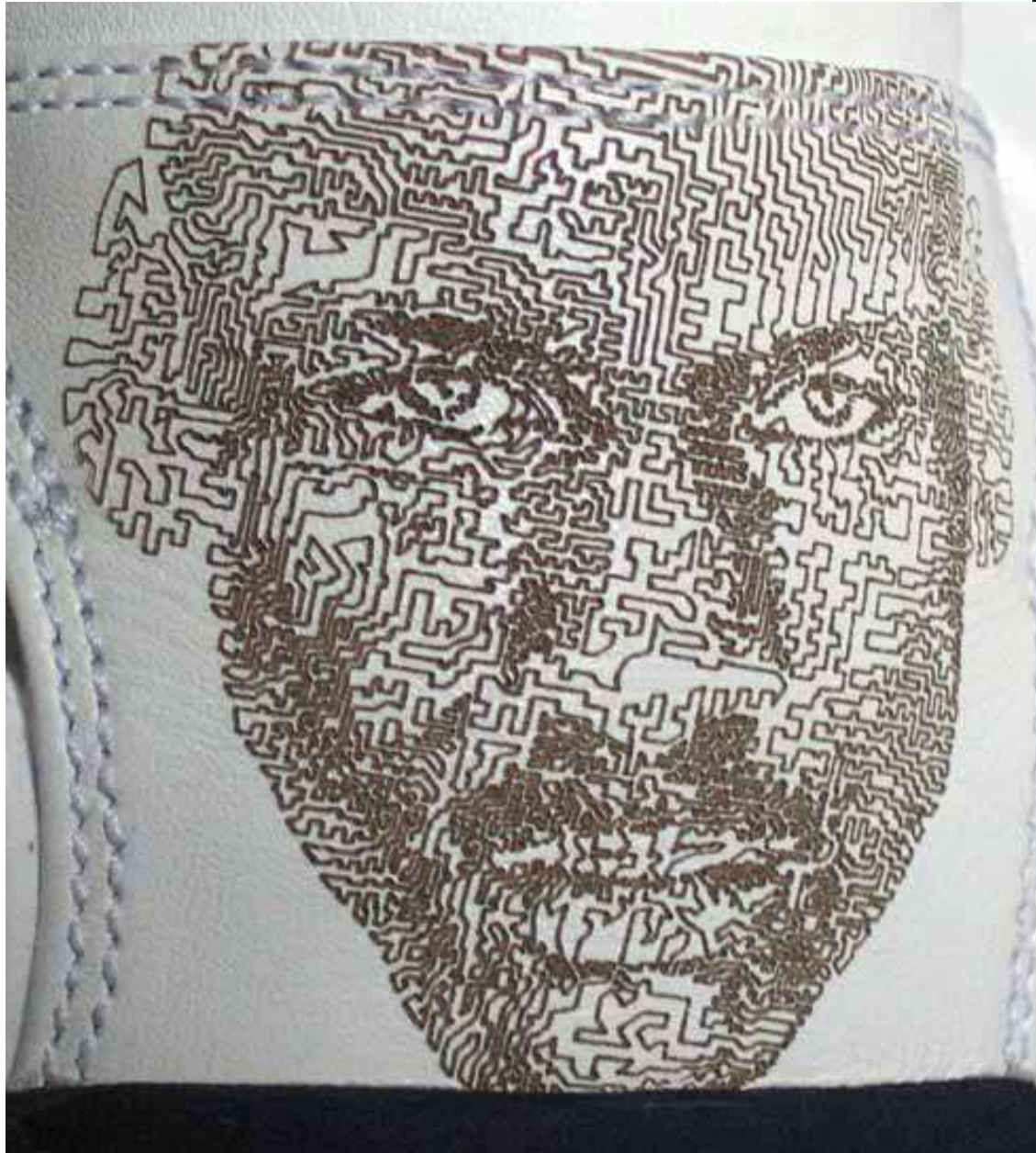
lézerjelölés gravírozás



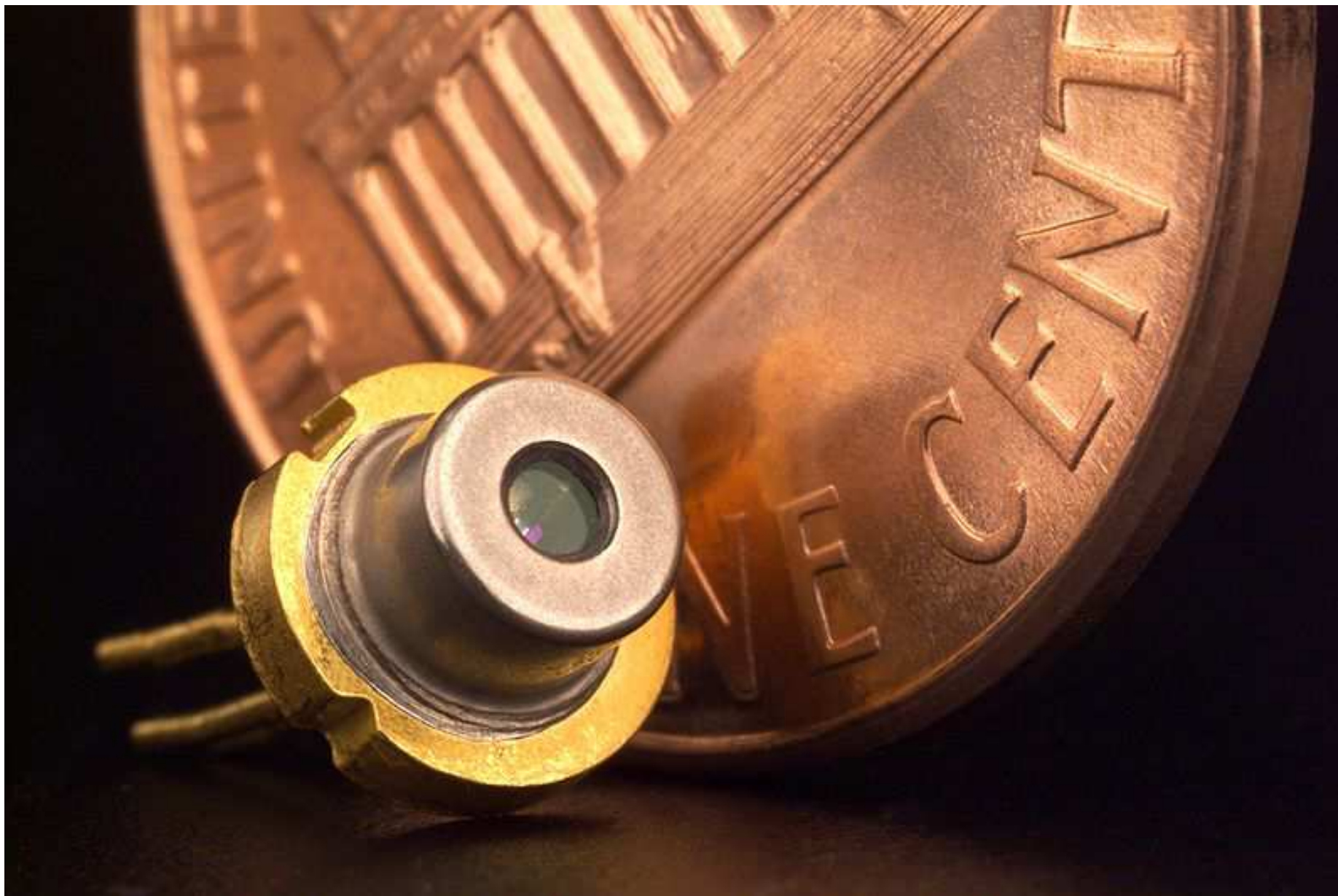
ajándéktárgyak készítése lézeres kivágással



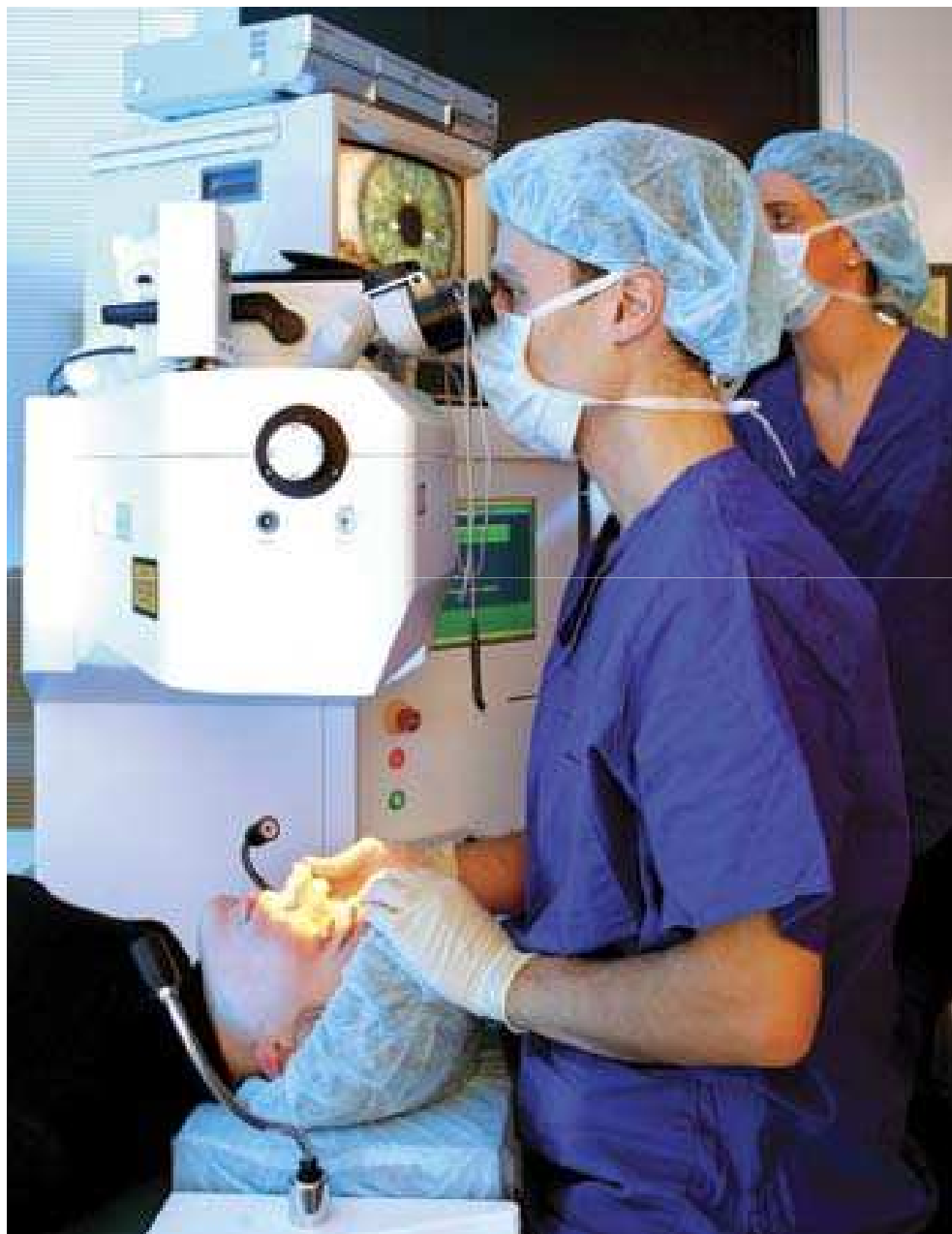
egyedi design termékek



számítástechnikai eszközök



gyógyászat, sebészet, fogászat



4.4. Vízszugaras megmunkálások

- A víz eróziós hatása évmilliók óta ismert
 - vízmosások, folyóvölgyek
- 1930
 - nagy nyomású vízszugár alkalmazása
 - bányászat, kövek és barnaszén darabolása
- 1950
 - Dr. Norman Franz erdőmérnök célterület: favágás
- 1960
 - hőmérsékletre, és mechanikai igénybevételre érzékeny anyagok vágása
 - repülőgépipar
 - szállal erősített anyagok
 - sejt szerkezetű, ill. szendvicsanyagok
- 1970
 - Dr. Mohamed Hashish
 - koptató hatású anyag keverése a vízhez
- 1980
 - a plazma és a lézervágás konkurensa



Vízszugaras eljárások

Vágási eljárások

tiszta
vívzugaras
vágás (WJ)

abrazív
injektoros
vágás (AWJ)

abrazív
szuszpenziós
vágás (ASJ)

Felülettisztítási eljárások

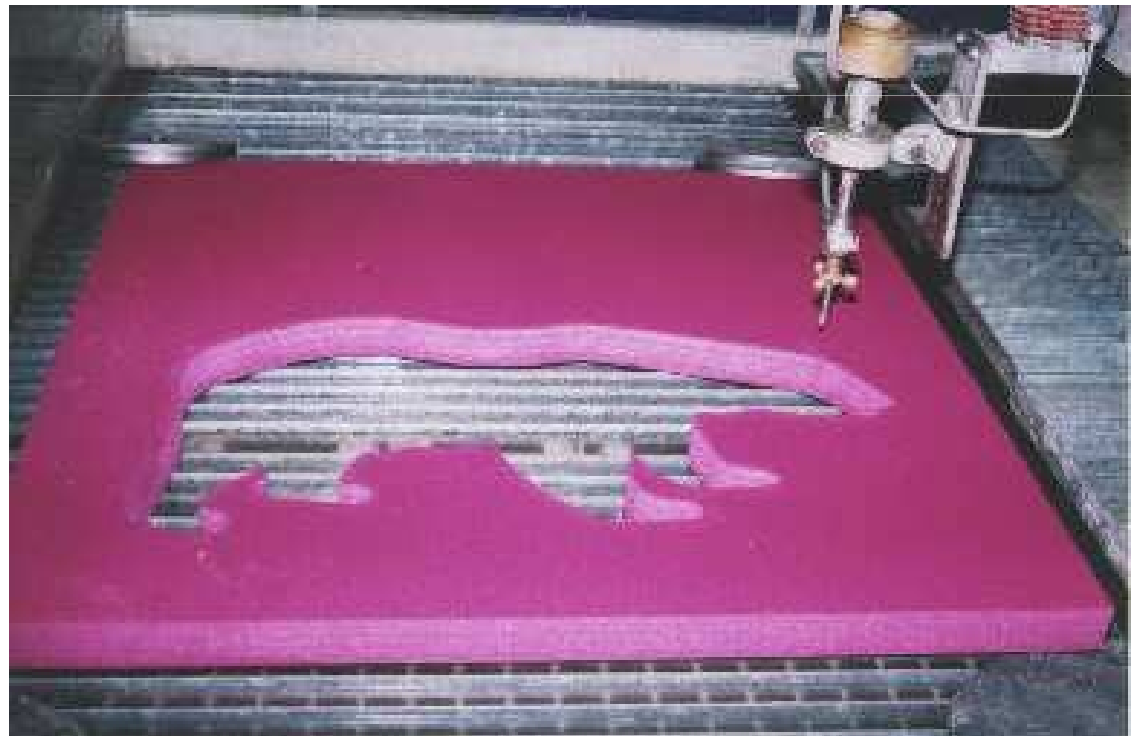
tiszta
vívzugaras

kavitációs



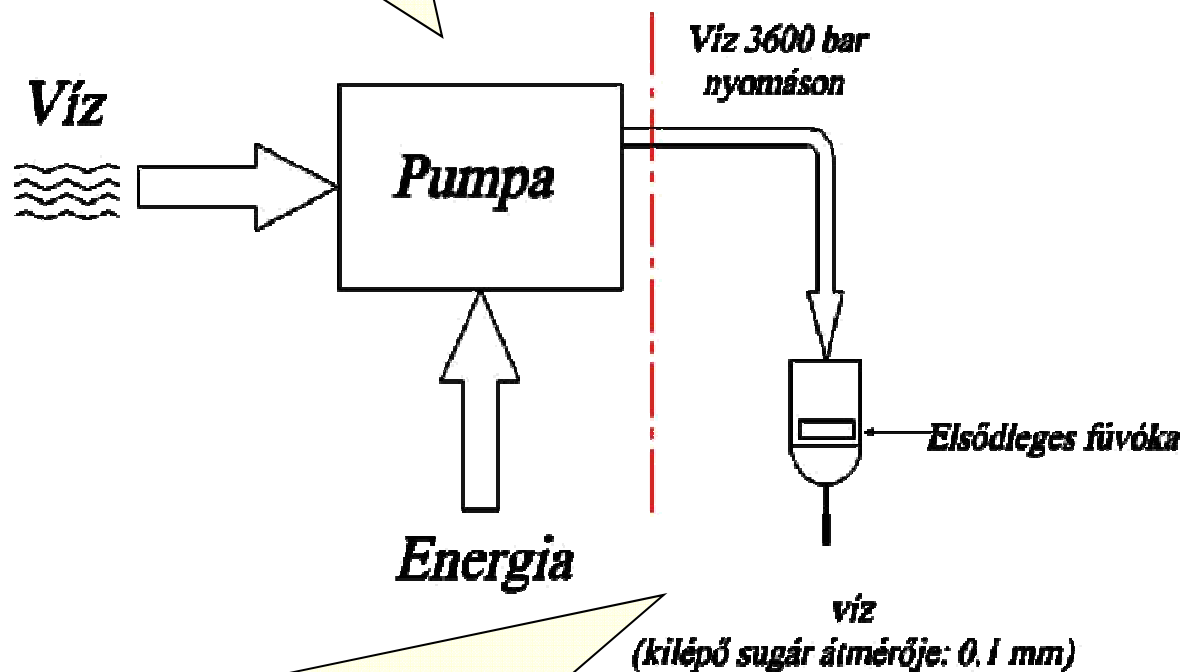
Tiszta vízszugaras vágás

- A víz eróziós hatását használják fel
- Jellemzői:
 - nagynyomású (>3600 bar)
 - kis átmérőjű (~0,1 mm)
 - a víz szuperszonikus sebességgel áramlik
 - a munkadarabból apró anyagrészeket választ le
- Felhasználása
 - lágy, puha anyagokhoz
 - nemfémes anyagok:
 - egyszerű műanyagok
 - szálerősítésű műanyagok,
 - gumi, bőr, papír, textil
 - gyúlékony anyagok,
 - műanyag habok
 - élelmiszer



• A vágóberendezés

- Két lépcsős nyomásfokozó berendezés
 1. axiáldugattyús szivattyú (27 MPa)
 2. dugattyús nyomásfokozó (13x)

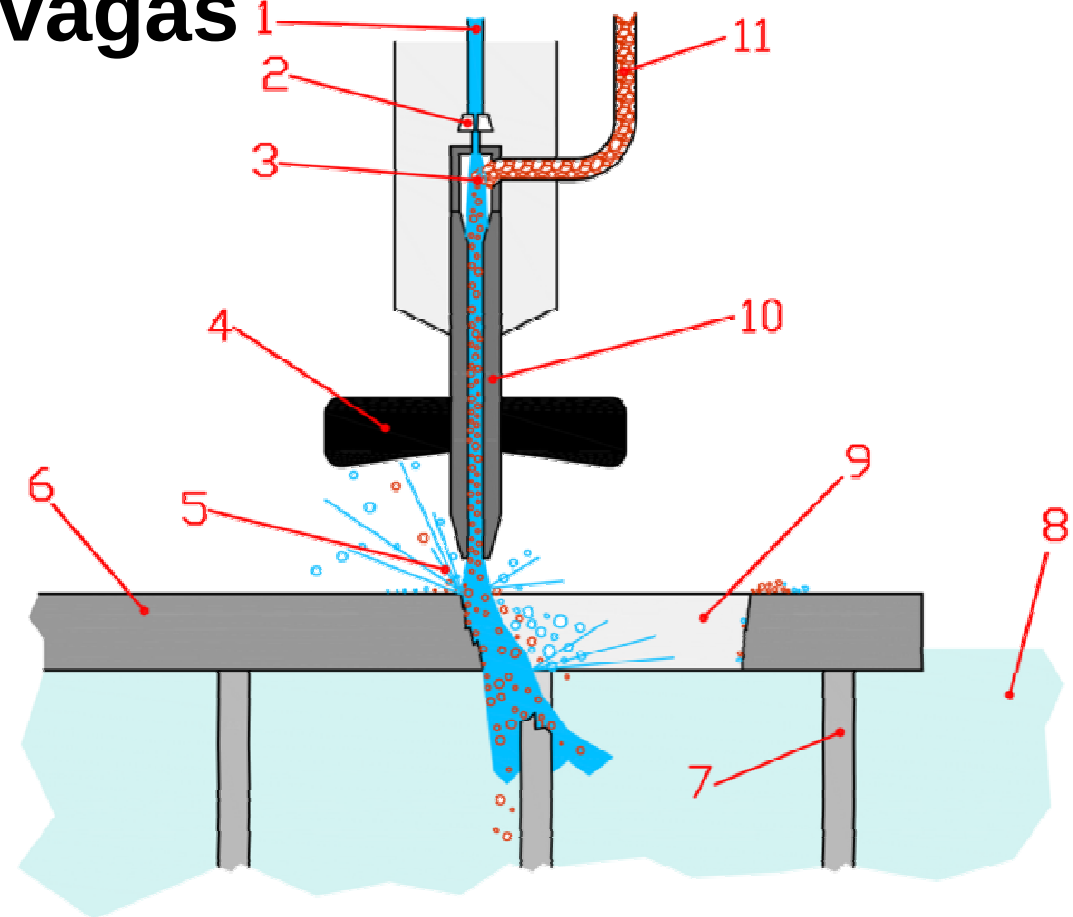


- Vezérléssel ellátott vágófej fúvóka: zafírkő, műrubin, gyémánt
- a nyomásból származó energiát kinetikai energiává alakítja
- 800-900 m/s-os sebesség

- **Vízelőkészítés, pumpavédelem**
 - a hálózati víz szennyezett:
 - lebegő anyagok, szilárd részek
 - oldott ásvány sók (keménység)
 - két lépcsős szűrés (20 μm és 1 μm).
 - vízlágyítás
 - a lágyított víz újabb szűrése (1 μm)
- **Vízelőkészítés, fúvókavédelem**
 - 0,5 μm szűrő a nagynyomású körben
 - fúvókákat védi

Abrázív vízsugaras vágás

- Abrázív anyaggal kevert vízsugár
- Jellemzői:
 - az abraszív anyagot a fókuszált sugárhoz keverik
 - nagynyomású (3.000-6.000 bar)
 - kis átmérőjű (0,2-1,0 mm) fúvóka
 - CNC vezérlésű vágófej
 - víz, abraszív részecskék és a levegő-buborékok együtt okozzák az eróziót
 - a vágórés 0,8-1 mm közötti
- Abrázív adalékanyag:
 - nagy szilárdságú, érdes, apró szemcsés
 - gránit szemcse, gránit homok



1: nagynyomású víz, 2: fókuszáló, 3: keverőkamra, 4: védősapka, 5: fröccsenő víz, 6: munkadarab, 7: a munkadarabot tartó rács, 8: a kádban lévő víz, 9: vágott felület, 10: fúvóka, 11: abraszív homok

Abrázív szuszpenziós vágás

- Abrázív anyag:
szuszpenzió
- Jellemzői:
 - az abraszív anyagot a nagy nyomású sugárhoz keverik
 - kisebb méretű szemcsék
 - koncentrált vízszugár
 - szűkebb vágórés (0,015 mm)
 - nem tartalmaz levegőt
 - nagyobb hatásfok
- A vizes gél **SUPER-WATER** néven szabadalmaztatták
- A mikro-megmunkálások eszköze



Előnyei

- Megnövelhető a vágási sebesség (20-300%)
- Szűkebb vágási rés
- Kisebb csiszolóanyag-felhasználás
- Kisebb fúvókakopás (300-600%-os élettartam növekedés)
- Finomabb vágási felület
- Kisebb sugárelhajlás
- Kevésbé nedvesíti a munkadarabot

Hátrányai

- Sugár elindítása és lezárása nehézkes
- A zárást végző szerkezet is erős koptató hatást szenved el
- Az abrazív tárolót folyamatosan kell tölteni
- Nem csak a fúvóka van kitéve koptató hatásnak

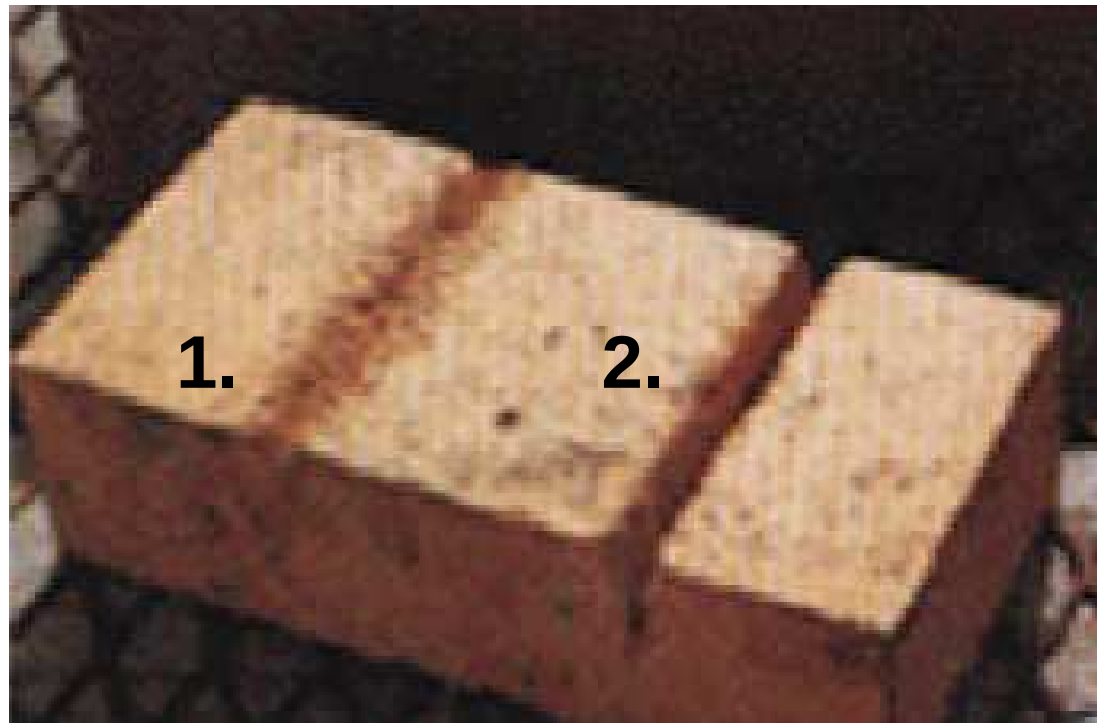
Cipőtalp és téglavágási felülete

1. tiszta vízszegélyes vágás

1.

2.

2. SUPER WATER® (0,3%-os oldat) vágás



Vágható anyagok

- vas és egyéb vas alapú fémek
 - acél, orvosi acél
 - korrózióálló acél
 - gyorsacél
 - tetszőleges hőkezelési fázisban
- nemesfémek
 - ezüst, arany, platina
- további fémek
 - alumínium, titán, ólom
- márvány, gránit
- kerámia és kerámia alapú anyagok
- beton, téglá, gipsz, építőipari anyagok
- fa
- műanyag származékok
- gumi, teflon
- bakelit, habok
- üveg
- élelmiszer
- fagyasztott húsok, nagyiparban használt termékek szétválasztásakor

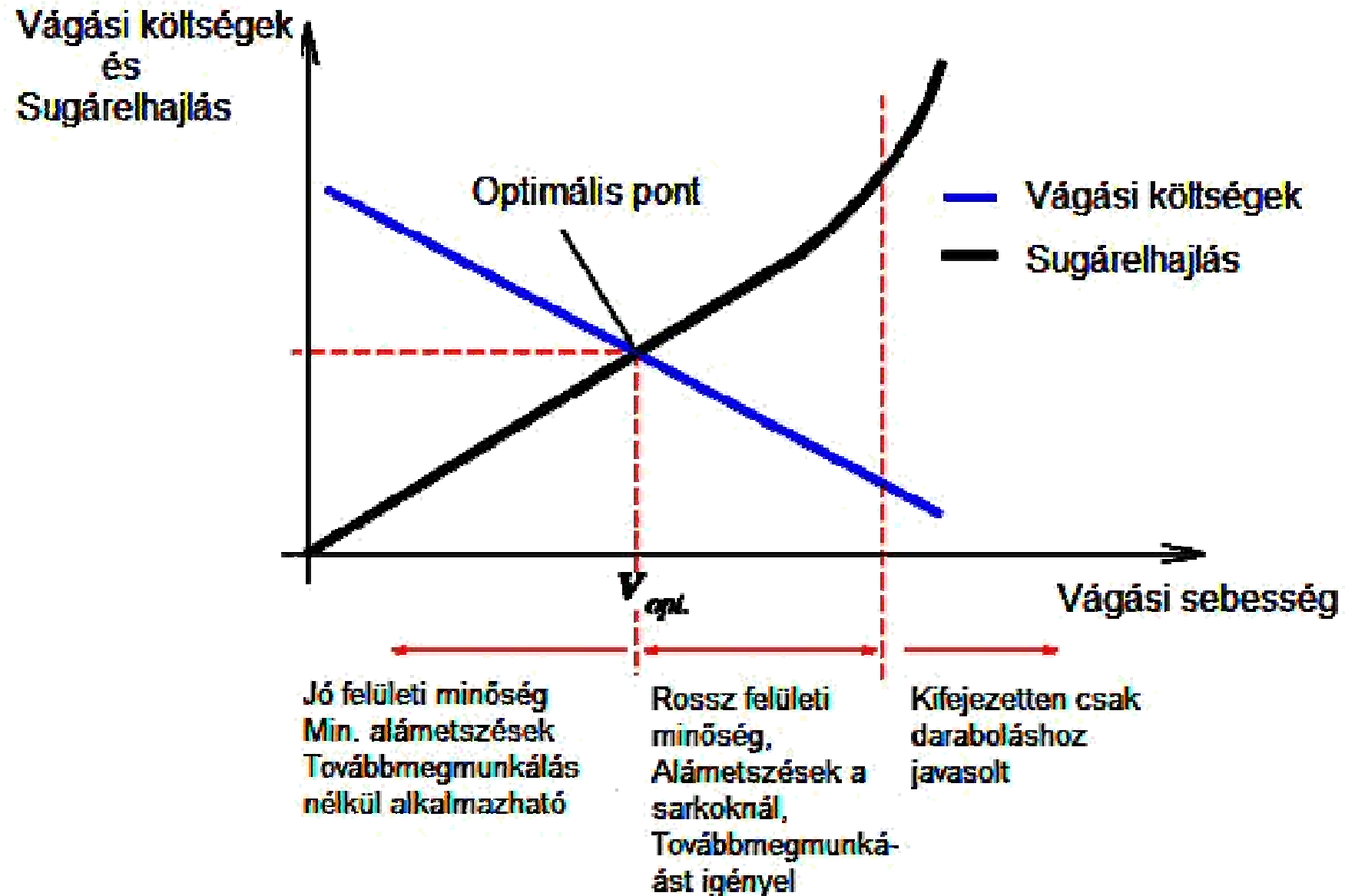


A vágási felület jellemzői

- Befolyásoló tényezők:
 - anyag minősége
 - vágófej távolsága a mdb-tól
 - előtolási sebesség
 - abrazív mennyiség és minőség
 - a víz nyomása
- A vágott felület jellemzői
 - éles, sorjás
 - többnyire recés
- A felületi érdesség javítása:
 - vágási sebesség csökkentése
 - megnövelt abrazív homok adagolás
- A vágórés kúpossága
 - kezdeti vágórés: 0,8 mm
 - beljebb az anyagban, a sugár veszít erejéből
 - kilépési oldal: 0,4-0,5 mm-es rés!
- A kúposság minimalizálása
 - a sebesség csökkentése
 - az abrazív szemcsék ideális szögben találkozzanak a vágandó anyag felületével
 - nagyobb hatásfokkal sodorja ki az anyagot
 - minél jobb ez a hatásfok, annál barázdáltabb, durvább a vágott felület.
 - normál vágási sebesség harmadánál már a sugár okozta nyomokat sem lehet látni a felületen.



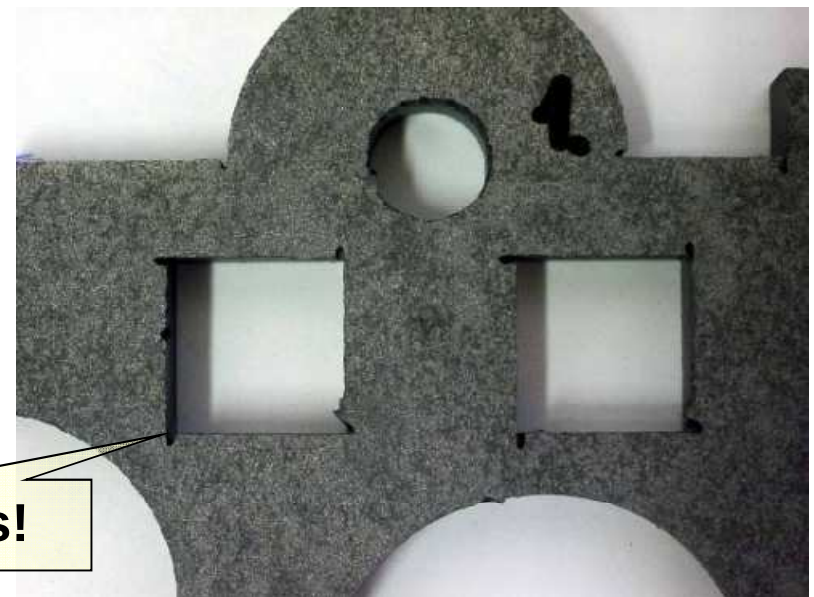
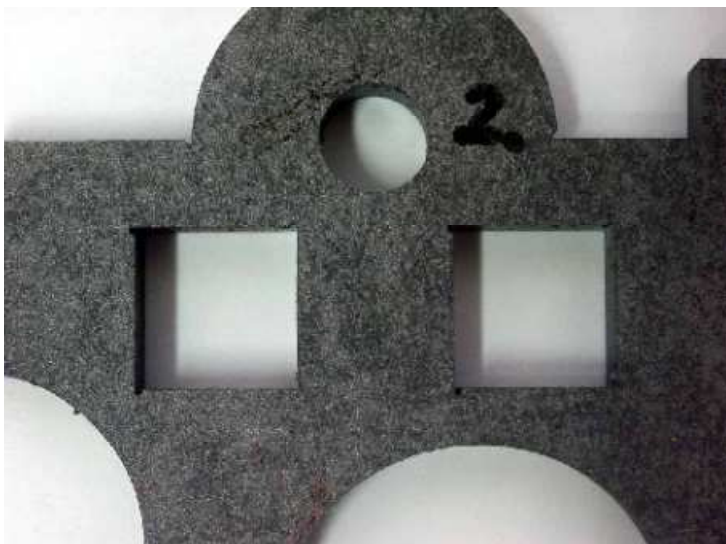
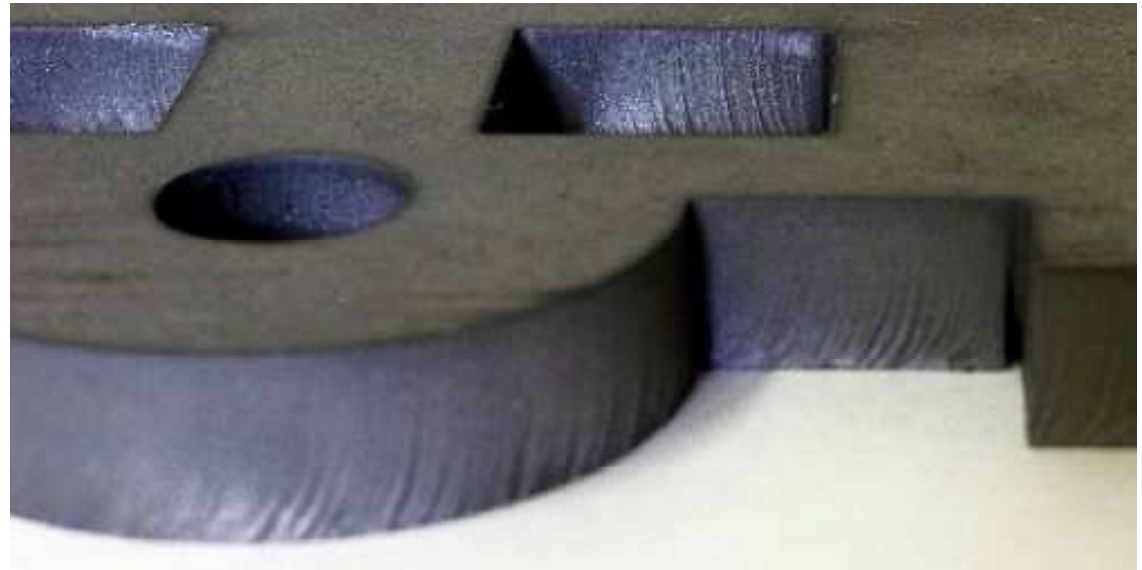
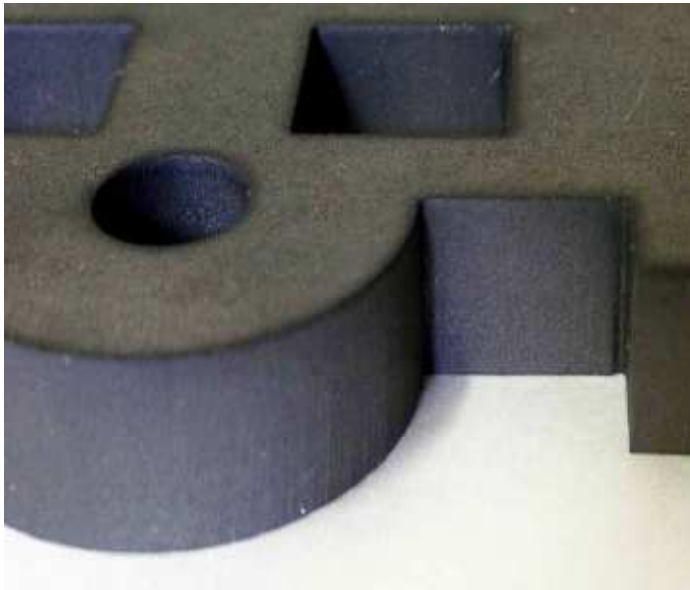
- A vágási sebesség és a sugárelhajlás



A vágási sebesség és a sugárelhajlás

- Max. sebesség: 205 mm/min
- Gyorsítási tényező: 9 mm/sec²
- Vágási idő: 5'25"

- Max. sebesség: 290 mm/min
- Gyorsítási tényező: 20 mm/sec²
- Vágási idő: 3'18"



Alámetszés!

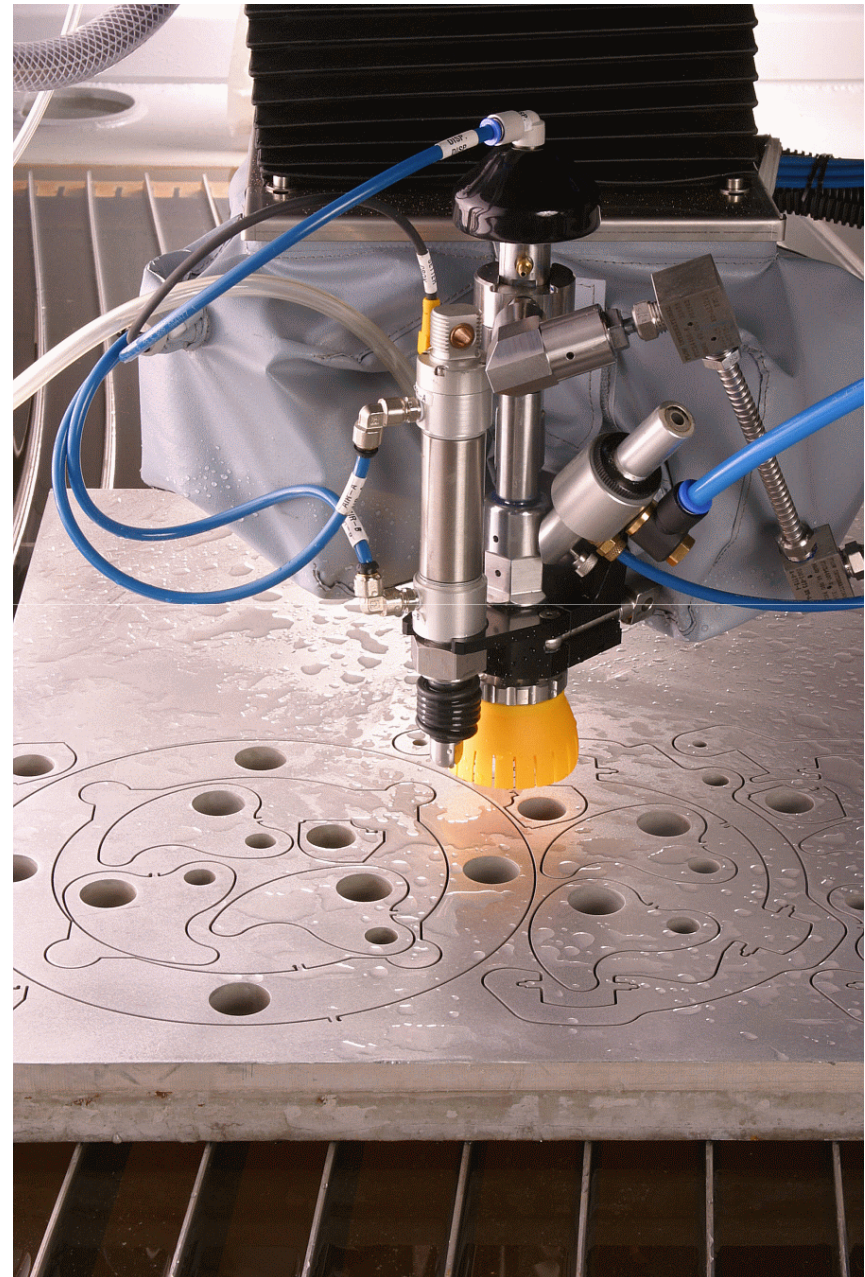
A vízsugaras vágó szerkezeti egységei

- Munkaasztal (kád):
 - vízzel teli kád
 - tetején vasrácsok tartják a mdb-ot
 - ide kerül:
 - a fúvókából kiáramló víz
 - az abrazív homok
 - a munkadarabról leváló részecskék, darabok
 - a sugár belevághat az alatt lévő rácsba is
 - energiaelnyelő lemezt tesznek a mdb alá (fa)
- Nagynyomású vízszivattyú:
 - a nagynyomású folyadékot állítja elő
- Vezérlő:
 - a motorok összhangban való mozgatását végzi
 - része kézi kezelőfelület és számítógép is
- Vágófej:
 - fókuszálja a vizet
 - bekeveri az abrazív homokot
 - a fúvókán keresztül továbbítja
- Abrazív adagoló és puffertartály:
 - folyamatos adagolás és tárolás a feladata
 - lehet egyszerű gravitációs, vagy fejre szerelt pontos adagoló egységgel
- Mechanikus mozgást végző szerkezet:
 - hosszanti, kereszt és függőleges szán
 - ún. nullás illesztésű fogaskerék-fogasléces.



A vízsugaras vágás előnyei

- nem keletkeznek, illetve nem használnak környezetre káros anyagokat
- nem keletkezik salakanyag
- a vágható anyagminőség skálája igen széles
- a vágható anyagok vastagsága akár 300 mm is lehet, még vas esetén is meghaladja a 100 mm-t
- a kicsi vágórésnek (0,03-1,6 mm) köszönhetően minimális az anyagveszteség
- a vágás gyors
- bonyolult alakzatok hozhatók létre
- nincs hőmérséklet-emelkedés
- a munkadarab belső tulajdonságai nem változnak meg



A vízsugaras vágás hátrányai

- pontossági problémák
 - anyagfüggő koptatási hatás
 - változó vágórés
 - a felület nem sima
- a fókuszálók élettartama alacsony
- vízpára keletkezik
- víz és egyéb anyagok fröccsennek a vágás közben
- magas zajszint
- a nagynyomású szivattyú gyakori kötelező szervizelése (tömítések cseréje)
- a vágóasztal alatti kádat időről-időre takarítani kell
 - felgyülemelő abrazív homok
 - munkadarab részek
 - egyéb beleeső anyagdarabok



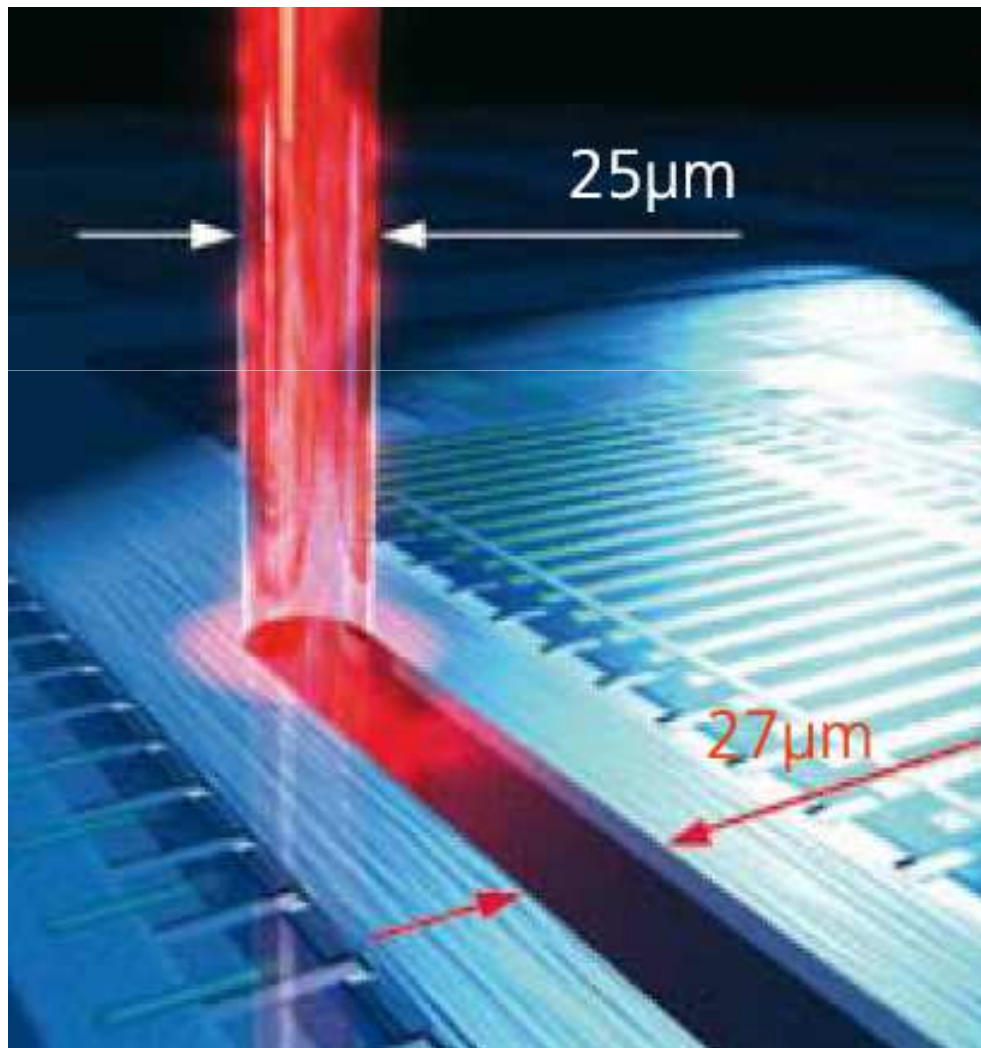
A vágófej vezérlés problémái

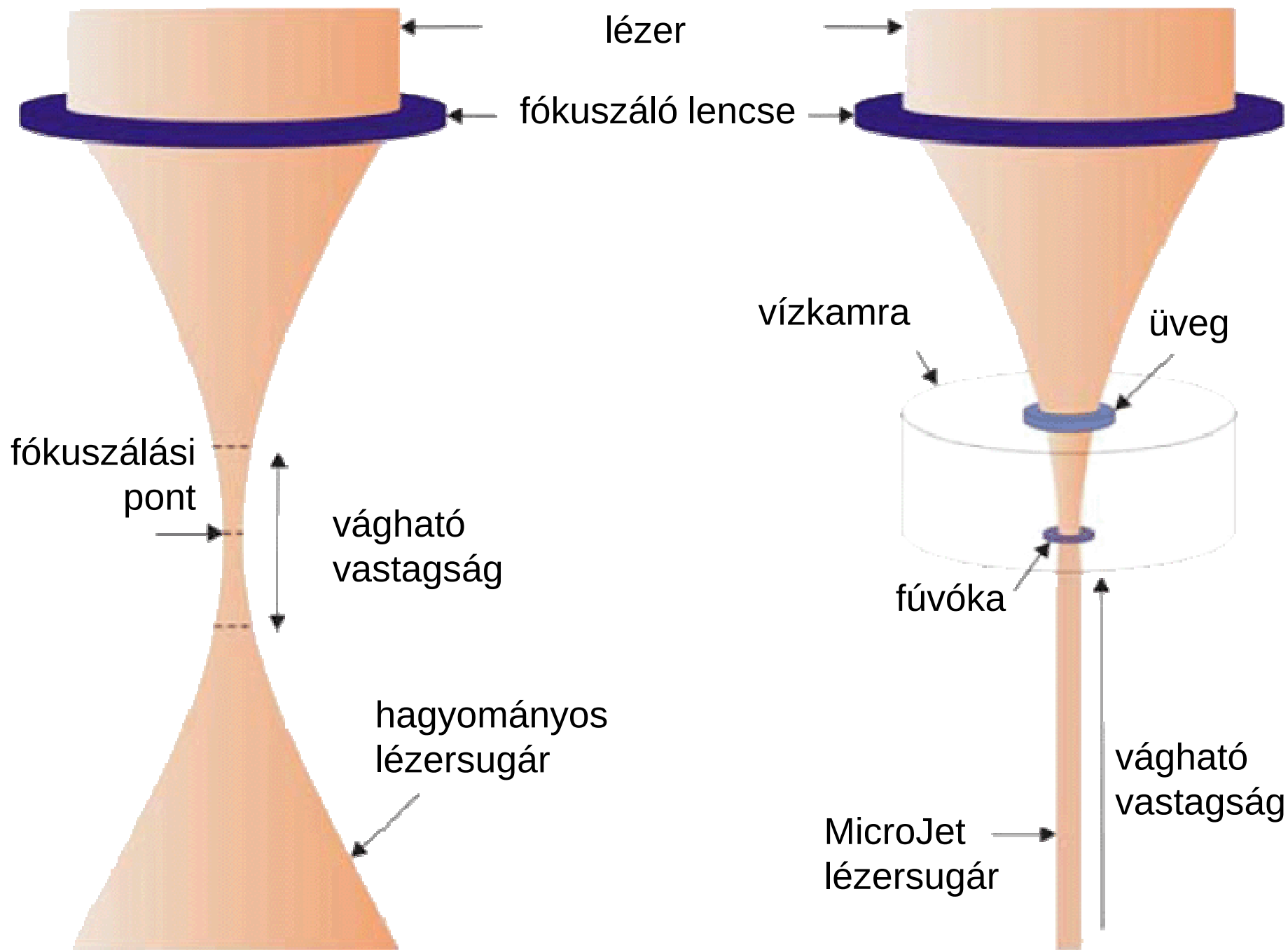
- A szerszám lágy, a vezérlésnek kompenzálnia kell
- A vízsugár késik a belépési, és a kilépési oldalon
 - megoldás: a vágási sebesség csökkentése
- Vastagabb daraboknál, irányváltáskor a késés jelentős
- A szerszámnak nincs határozott geometriája
- A vágási rés változhat
 - a vágandó geometriát korrigálni kell a vágósugár méretével

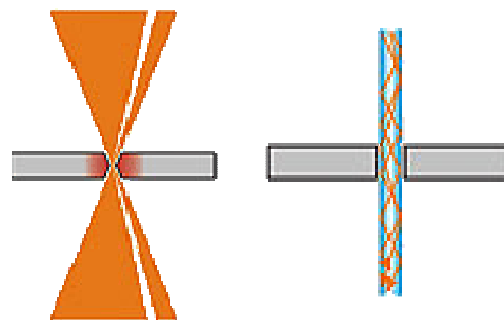
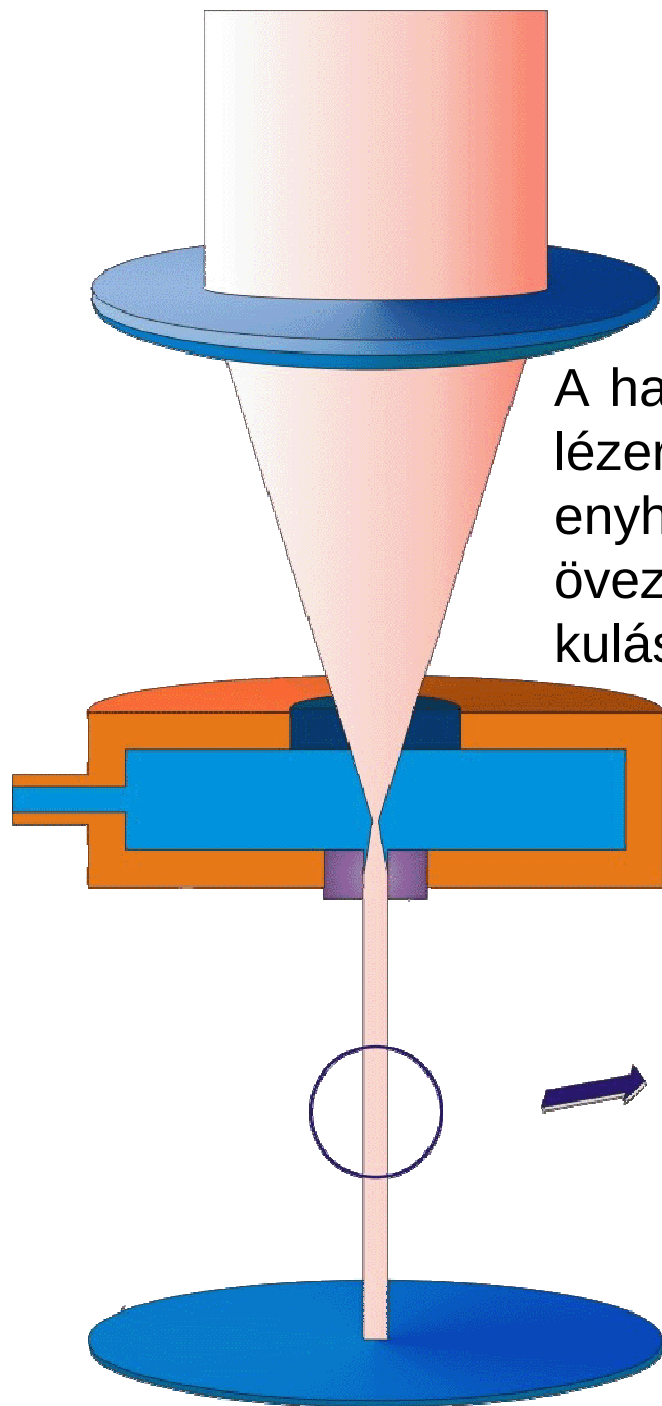


Lézervágás MicroJet® technológiával

A vízsugárral kombinált MicroJet lézervágási technika forradalmi előnye, hogy a lézernyaláb teljesen párhuzamos, így vastagabb munkadarabok is vághatók.







A hagyományos lézervágásnál a lézersugár elgörbül, a vágott rés enyhén ék alakú lesz, a hőhatás övezetben mikroszerkezeti átalakulások mennek végbe, a kilépő oldalon sorja képződik.

