



Felületi technológiák

A felületi technológiák energiaforrásai, felület előkészítés



Felületi technológiákhoz használt energiaforrások

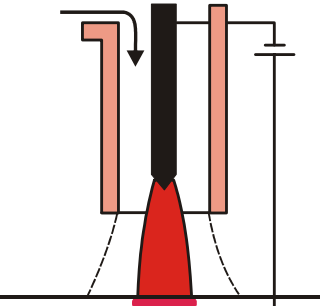
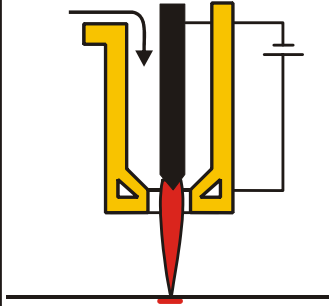
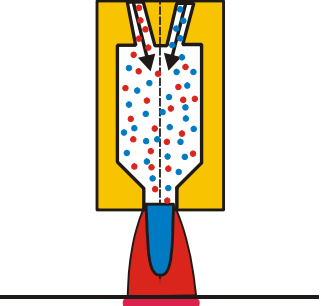
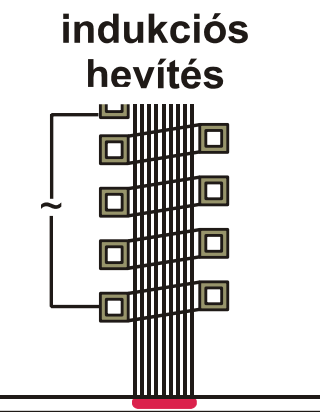
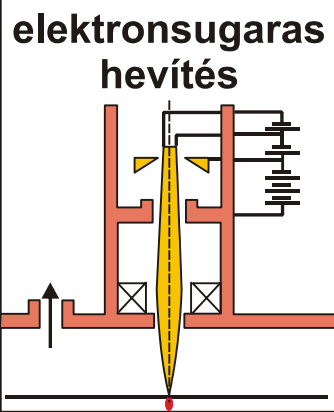
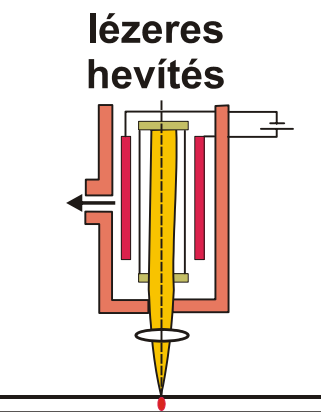
- **elektromos ívhőt** hasznosítók, melyeknél gázközegben nagy hőmérsékletű kisülés ill. részben ionizált állapot – **normál- vagy plazmaív** – hatása érvényesül;
- **elektromos ellenálláshőt** hasznosítók, melyeknél nagy erősségű **áram átvezetése** (közvetlen betáplálás) vagy nagyfrekvenciás árammal gerjesztett induktor mágneses tere általi **örvényáram-indukálás** (közvetett betáplálás) a szilárd vagy olvadék állapotú anyagban Joule-hőt fejleszt;
- **termokémiai reakcióhőt** hasznosítók, melyeknél exoterm (hőtermelő) **oxidációs** vagy **redukciós** kémiai folyamatok mennek végbe;
- **termokémiai transzport-folyamatokat** aktiválók, melyeknél az anyagokban atom-átrendeződéssel (anyagtranszporttal) járó **diffúzió** vagy **oldódás** megy végbe;
- **mechanikai alakváltozás energiáját** hasznosítók, melyeknél jelentős **hideg-alakítás** vagy nagy **nyomásimpulzus** okozta deformáció mértéke a meghatározó;
- **mechanikai súrlódás energiáját** hasznosítók, melyeknél az összekötendő anyagfelületek menti **mikro- vagy makrosúrlódás** okozta dörzshatás érvényesül;
- **részecskesugárzás** energiáját hasznosítók, melyeknél **elektronok** vagy **ionok** alkotta fókuszolt **sugár** anyagba ütközése és lefékeződése hőt fejleszt;
- **elektromágneses sugárzás** energiáját hasznosítók, melyeknél fotonok alkotta fókuszolt **monokromatikus** lézersugárzás vagy **polikromatikus fénysugárzás** anyagbeli abszorpciója érvényesül.



Nagy energiasűrűségű hőforrások

Nagy energiasűrűség: a fajlagos teljesítmény- (energia-) bevitel meghaladja a 10^2 W/mm^2 értéket.

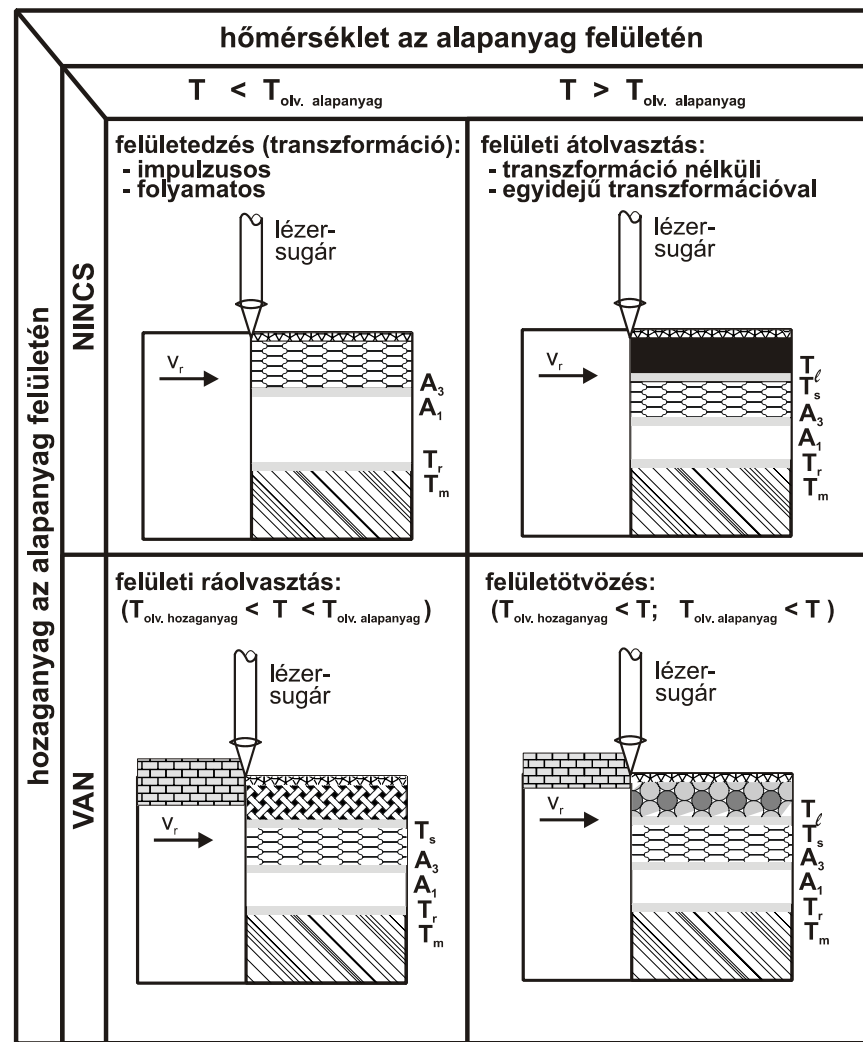
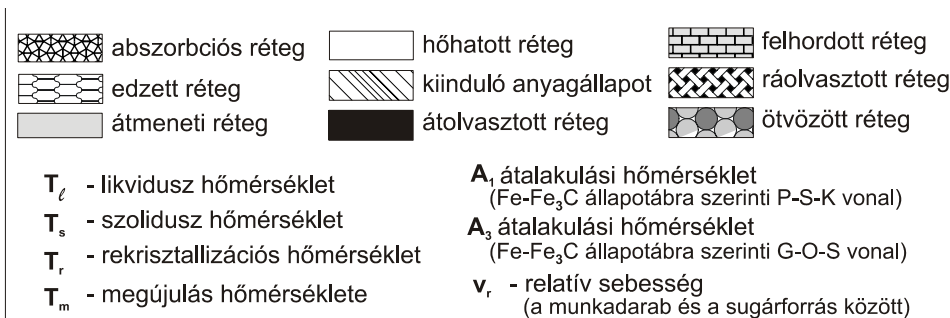
Ultra (vagy extrém) nagy energiasűrűség: nagyobb, mint 10^4 W/mm^2

HEVÍTŐ HŐFORRÁS	elektromosan vezető anyagokhoz	elektromosan nem vezető anyagokhoz is	
előállít önmagában nagy hőmérsékletet ↓ hőfejlődés a hőforrásban	ívhevítés (4000–5000°C) 	plazmahevítés (10 000–20 000°C) 	lánghevítés (3000–3200°C) 
nem állít elő önmagában nagy hőmérsékletet ↓ hőfejlődés a munkadarabban	indukciós hevítés 	elektronsugaras hevítés 	lézeres hevítés 



Példa: lézeres felület technológiák

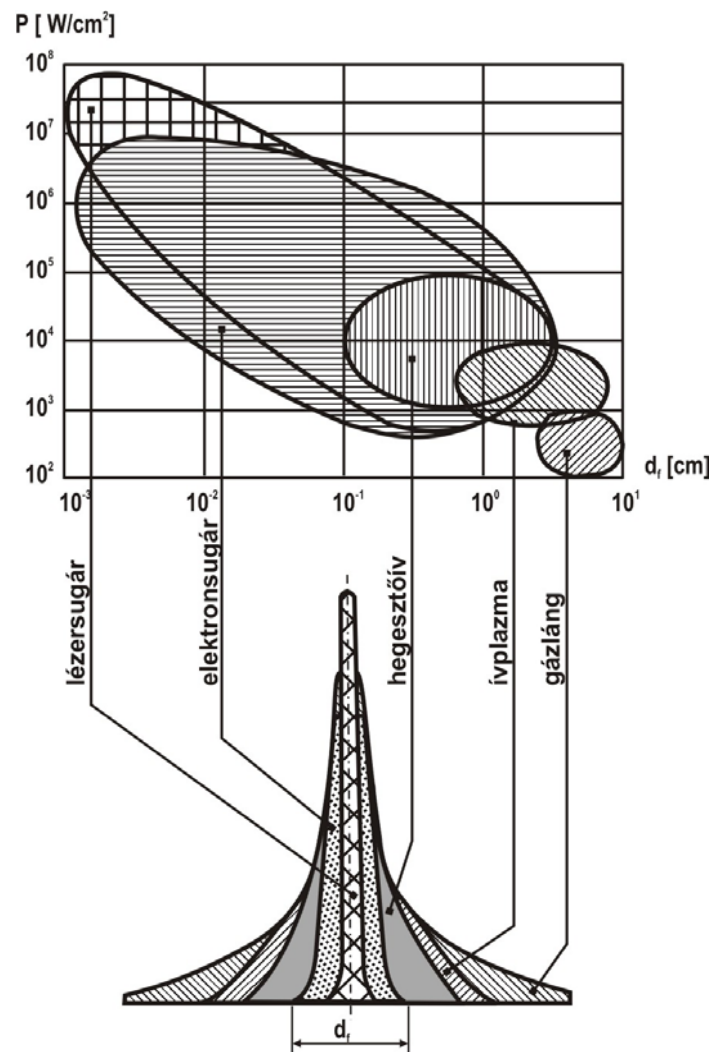
- Felületi edzés
- Felületi átolvasztás
- Felületi ráolvasztás
- Felület ötvöztés





A hőforrások fókuszálhatósága és fajlagos teljesítménye

- Lézer- és elektronsugár:
 - Széles tartományban változtatható a besugárzott terület
 - Nagy energiasűrűség érhető el
- Hegesztőív
 - Közepes méret és energiasűrűség
- Plazma ív és gázláng
 - Nagy felületen kis energiasűrűség
- A jól fókuszálható, nagy energiasűrűségű sugárzással a hőhatással érintett felületi réteg vastagsága kisebb lehet, a folyamat jól szabályozható





Nagy teljesítménysűrűségű elektron- és lézersugaras hőforrások jellemzői (1)

- **gyorsan ki-be kapcsolhatók**, pontosan, tehetetlenség nélkül, kontaktusmentesen adott helyre és mélységre (bonyolult geometriák követésére) **pozícionálhatók**;
- az egyébként **nehezen hozzáférhető** kezelési **helyek is** egyszerűen **elérhetők** (a sugárforrás - munkadarab távolság nincs szűk tartományra korlátozva);
- **pontosan** beállítható és jól ellenőrizhető a **fókuszpozíció** és a **fókuszméret** illetve a kezelési sáv-követés;
- a **teljesítmény nagy pontossággal szabályozható** (csak az melegszik amit kezelni akarunk), de az elérhető kezelési mélység limitált;
- **könnyen** (tisztán elektronikus úton) **valószínűleg meg a** **folyamatszabályozás** (a folyamatparaméterek egyszerűen, flexibilisen, gyakran fokozatmentesen változtathatók, adott berendezésnél jól reprodukálhatók), a kezelési ciklus gyorsan ki-bekapcsolható illetve **jól automatizálható** (minden eljárásparaméter számítógéppel vezérelhető);



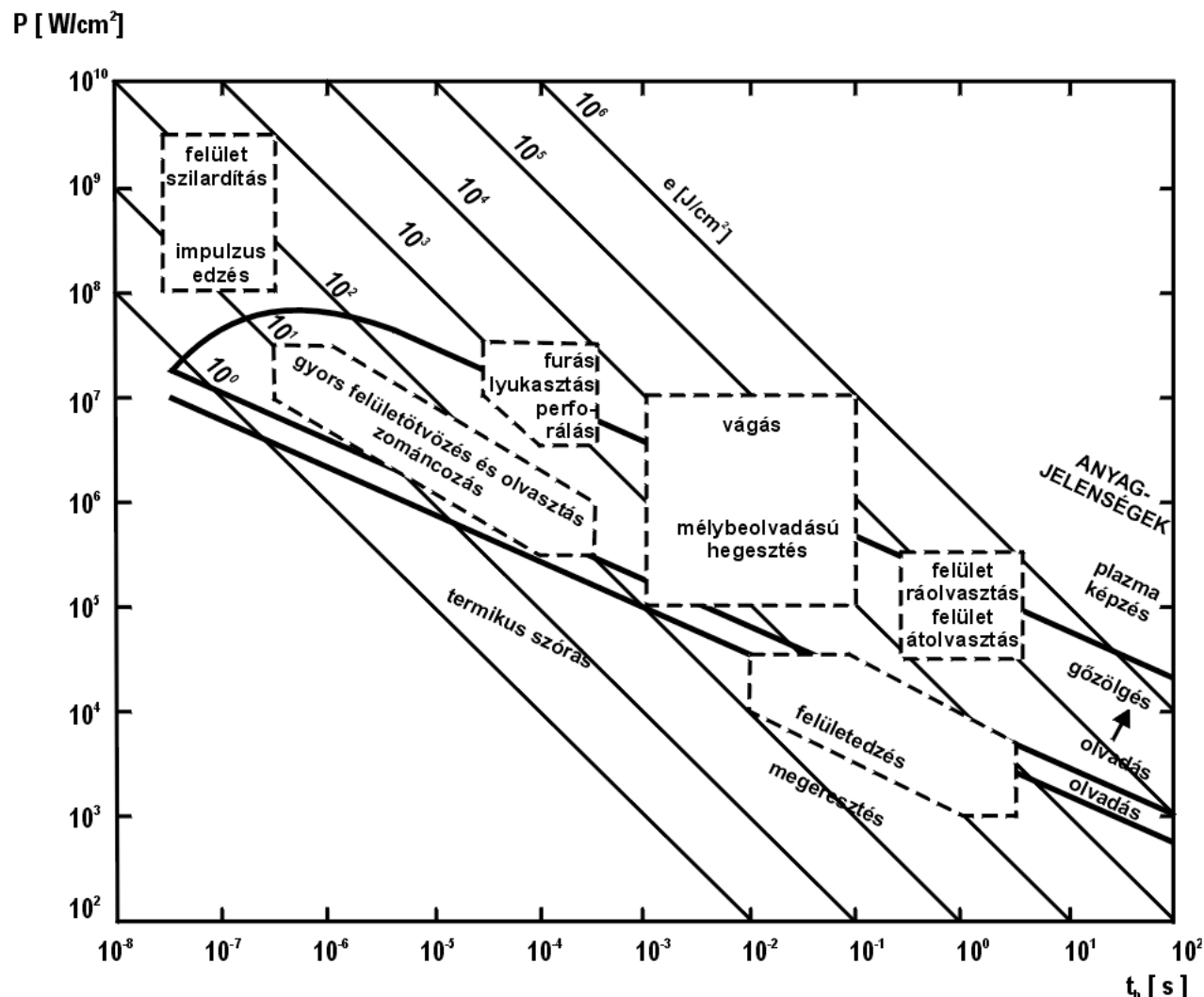
Nagy teljesítménysűrűségű elektron- és lézersugaras hőforrások jellemzői (2)

- folyamatos mellett **impulzusos üzemmód** is lehetséges;
- a **kisebb hőbevitel** illetve kisebb termikus igénybevétel következtében a munkadarab nagyobb tömege hideg rugalmas állapotban marad, keskenyebb hőhatásövezet jön létre, **kisebbek a deformációk és a méretváltozások**, lehetővé válik előzetesen hőkezelt illetve hőérzékeny állapotú anyagok felületkezelése is;
- a **vákuumos** illetve a **védőgázos kezelésnél** sima, **tiszta**, szennyezés-, oxidáció- és ötvözőkiégés-mentes **felület** érhető el különösebb utómunkálási igény nélkül;
- a **nagyobb** alkalmazható **kezelési sebesség** révén kisebb a főidő, nő a termelékenység, viszont magasak a beruházási és az üzemeltetési költségek, így jó kihasználtsági fokra kell törekedni a meglévő berendezésnél;
- a "láthatatlan" sugárveszély egészségkárosító hatása ellen **biztonsági eszközökre** illetve intézkedésekre **van szükség**.



Elektronsugaras és lézeres eljárások paraméter-tartományai

- A két legfontosabb paraméter a felületi teljesítmény és az idő, ezek határozzák meg a bevitt energiát
- A nagy teljesítmény és kis idő az impulzusos edzésekre, ennek ellentéte az átolvasztásokra jellemzőbb

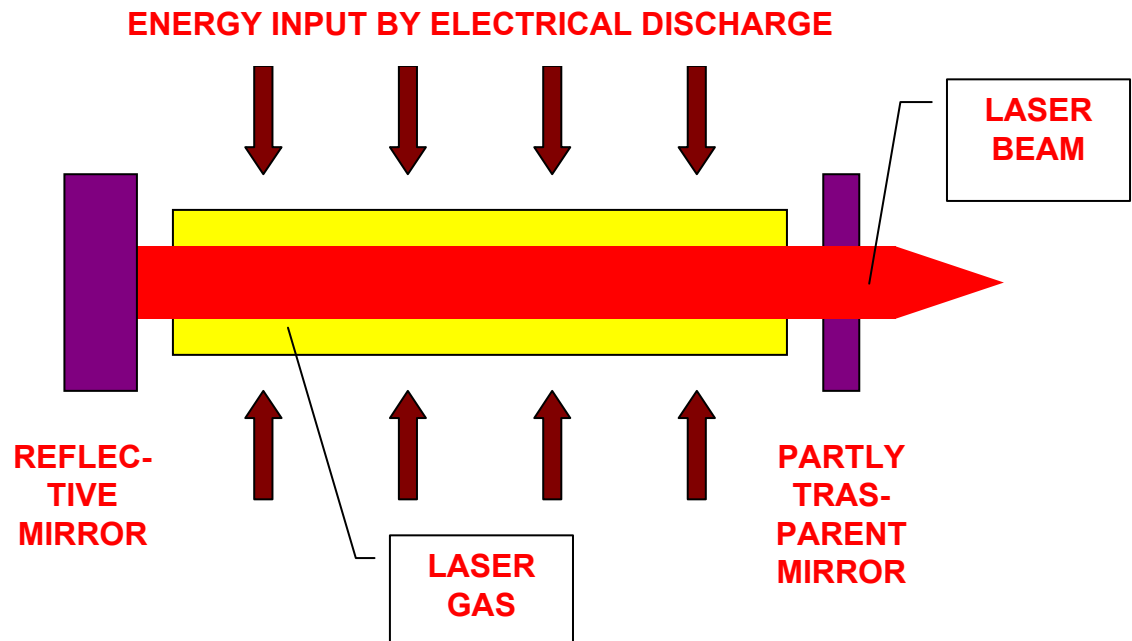




Lézer hőforrások

- A LASER szó egy rövidítés (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation - fény erősítés gerjesztett fénykibocsájtással)

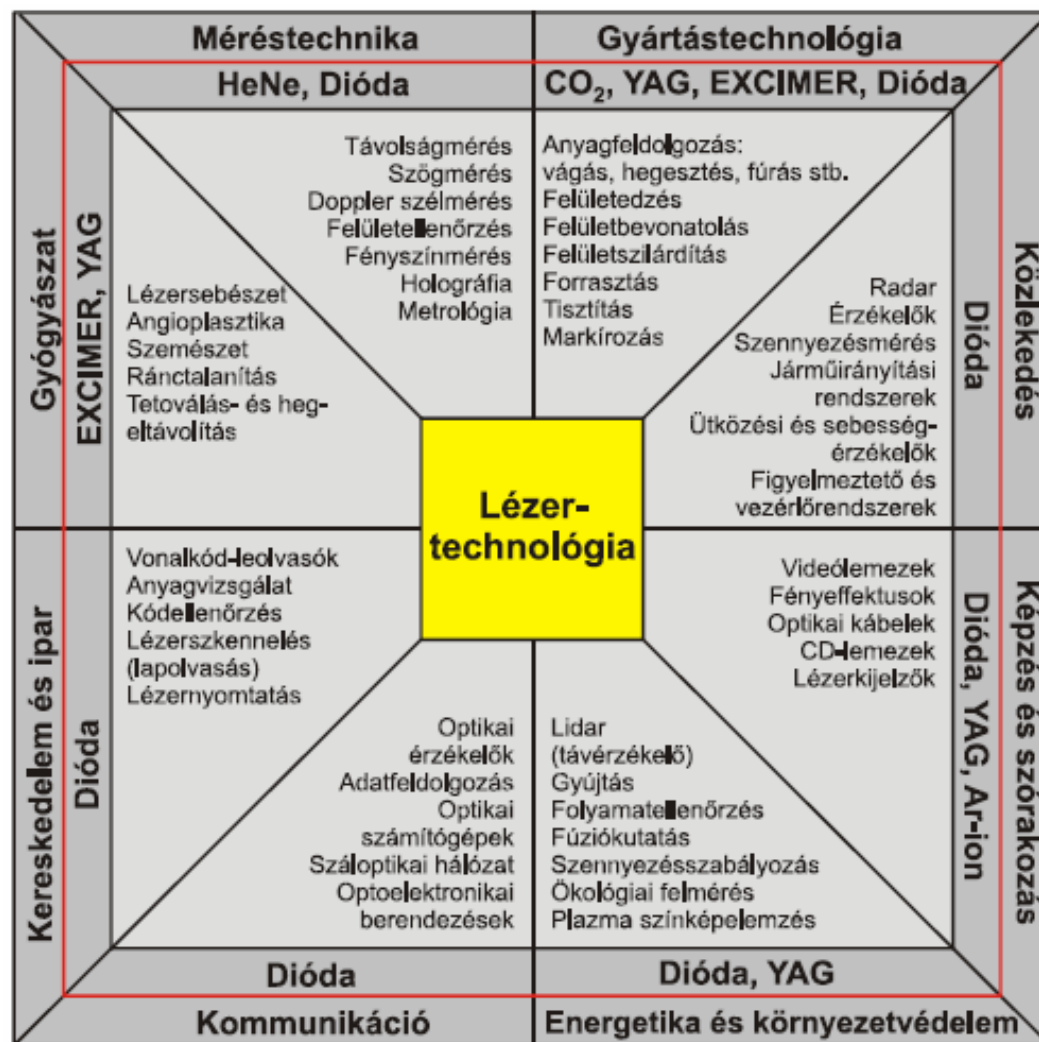
Az ipari gyakorlatban
leggyakrabban
a $10,6\ \mu\text{m}$ **hullámhosszú**
 CO_2 ($\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}$) és
az $1,06\ \mu\text{m}$ hullámhosszú
Nd:YAG ($\text{Nd}_3 + \text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)
lézereket használják
leginkább





A lézer sugár alkalmazásai (áttekintés)

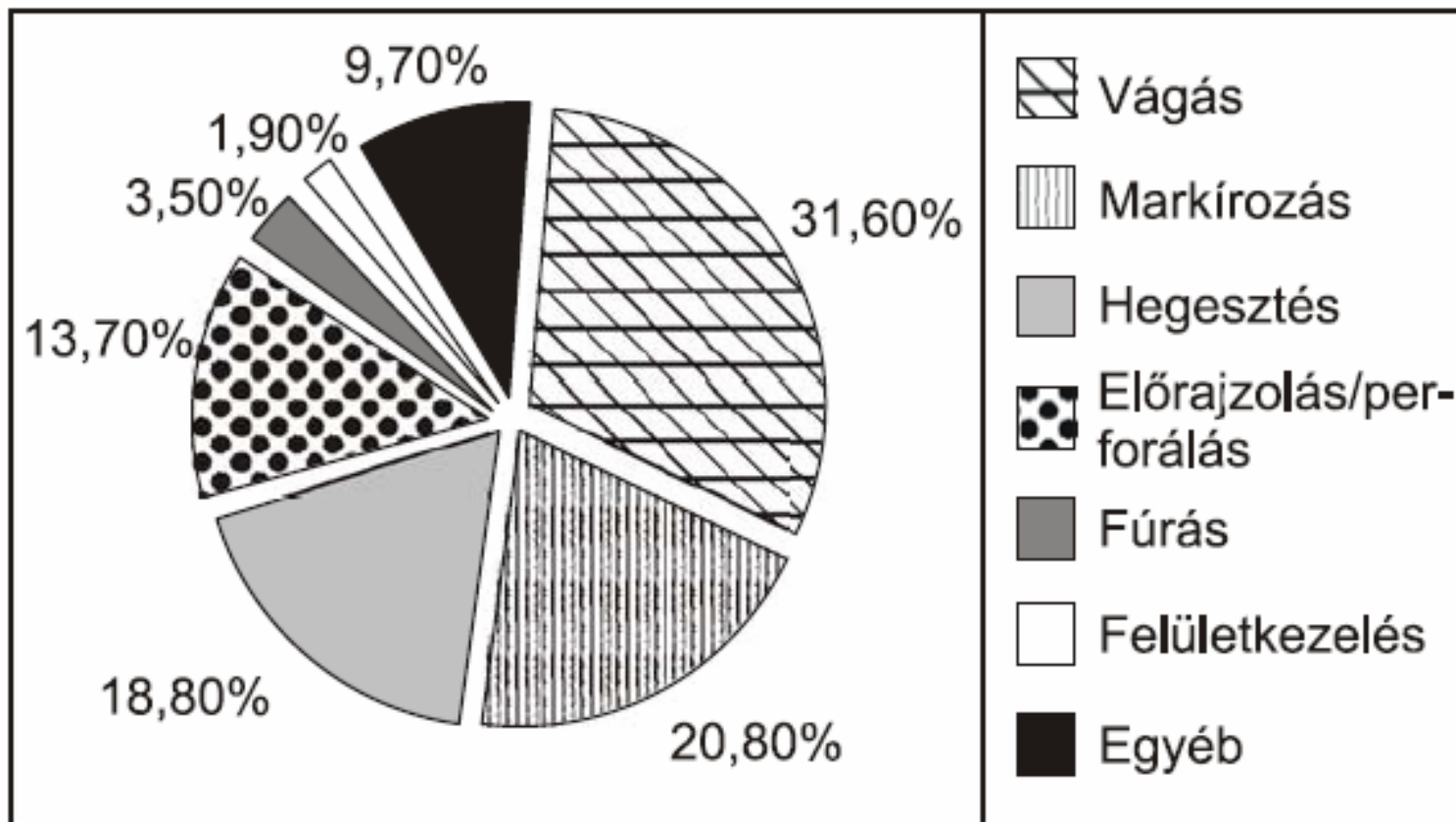
- A fénysugár mellett a lézer sugár alkalmazása a leginkább széleskörű
- Ennek okai:
 - nagy energiasűrűség
 - koherens, kis divergenciájú, monokromatikus sugár
 - A felületre jutó energia jelentős része elnyelődhet
 - A sugár jól fókuszálható, oszcillálható és pulzálható
 - Nem igényel vákuumot





Ipari alkalmazások (1)

- Az alkalmazási területek arányai





Ipari alkalmazások (2)

- Az eladott berendezések darabszáma és pénzügyi jellemzői

	Ipari megmunkáló lézerrendszerek	m \$	db	1 db ára \$
1.	CO ₂ -lézer (átáramoltatásos)	453	3 625	124 966
2.	Lámpa gerjesztésű szilárdtest lézer	354	5 368	65 946
3.	Excimer lézer	353	1 030	342 718
4.	CO ₂ -lézer (zárt rendszerű)	76	7 895	9 626
5.	LD gerjesztésű szilárdtest lézer	60	2 079	28 860
6.	He-Cd-lézer	10	1 700	5 882

[Laser Focus World, 2001]



Elektronsugár

- Elektronsugarak egy katódból kilépő, kis kezdeti energiájú **elektronoknak elektrosztatikus mezőben való felgyorsításával** állíthatók elő
- A sugárforrás
 - a gyorsító feszültséggel és sugárárammal szabályozható,
 - az elektron nyalábot elektromágnesekkel lehet fókuszálni és mozgatni,
 - mindez vákuumban lehetséges
- Elektronsugaras anyagmegmunkáláskor a sugár a munkadarabbal ütközik, és
 - Kb. 70%-a hővé alakul,
 - Közel 30% visszaverődik,
 - 1% alatti része röntgensugárzást vagy szekunder emissziót vált ki



Az elektronsugaras anyagmegmunkálás technológiai paraméterei

- az időegység alatt a munkadarab felületéhez jutó elektronok számát meghatározó **sugáráram**, melynek növelése adott gyorsítófeszültség esetén a beolvadási mélységet növeli
- a munkadarab felületéhez érkező elektronok sebességét meghatározó **gyorsítófeszültség**, melynek növelése adott sugáráram mellett a beolvadási mélység és szélesség viszonyszámát növeli
- az elektronnyaláb koncentrációjának fokát a munkadarab felületén meghatározó **fókuszáram**, mely adott teljesítményszint és munkatávolság mellett a fókuszfolt átmérőjét szabályozza
- a koncentrált elektronnyaláb és a munkadarab adott térfogatának kölcsönhatási időtartamát meghatározó **relatív sebesség**
- a munkadarab környezet tisztaságát és reakcióképességét meghatározó **kamranyomás**
- az elektronsugár munkadarab-környezettel való kölcsönhatásának idejét meghatározó **munkatávolság**
- A kezelt sáv alakja befolyásolható a **sugár eltérítésével** ill. **lengetésével** is, valamint **impulzustechnikával**



Plazma sugár

- A plazma az anyagok harmadik és negyedik (azaz a semleges gáz, illetve a teljesen ionizált) halmazállapota közötti átmeneti állapot. Az ionsűrűség és az összes részecskesűrűség hányadosa - az **ionizációs tényező** értéke - alapján két jellegzetes plazmatartomány különböztethető meg:
 - **nagymértékben ionizált**, ún. **fizikai plazmák**, melyek ionizációs tényezőjének értéke megközelíti az egyet és hőmérsékletük tíz millió °C nagyságrendű (pl. magfúziónál).
 - **kismértékben ionizált**, ún. **technikai vagy technológiai plazmák**, melyek ionizációs tényezőjének értéke kisebb és hőmérsékletük 5000...50000°C közötti (pl. anyagmegmunkálásnál).
- Az ipari alkalmazásoknál a technológiai plazmának van jelentősége, amely **molekulák, atomok, ionok és elektronok keveréke**.



A plazma sugár jellemzői

- Valamely gáz plazmává alakításához, azaz a **gáz ionizálásához** (elektronjának „leszakításához”), elegendően nagy energia hozzávezetése szükséges. Ennek egyik lehetséges módja **két elektróda között égő nagyhőmérsékletű ív**, ami fújja a gázt és közben átadja a szükséges energiát.
- A gáz többszörös ionizálásához (pl. $N \rightarrow N^+ \rightarrow N^{++}$, vagy $Ar \rightarrow Ar^+ \rightarrow Ar^{++} \rightarrow Ar^{+++}$) nagyobb energiára van szükség, de ehhez nagyobb plazmahőmérséklet is társul.
- A plazma egy kevésbé flexibilis hőforrás az elektronsugárhoz és a lézerhez viszonyítva (gyors mozgatása, pontos pozicionálása, energiájának, illetve keresztmetszetének gyors változtatása nehézkes)
- Előnye, hogy a plazma részecskéinek igen nagy energiaszintű állapota révén **nagy hőmérséklet** érhető el ($\sim 10^6$ W/cm² teljesítménysűrűség)
- A hevítési sebesség **impulzus üzemmódban** ($10^{-5} \dots 10^{-6}$ s impulzusidővel), **nagy kiáramlási sebességgel** ($5 \cdot 10^3 \dots 3 \cdot 10^4$ m/s) tovább fokozható

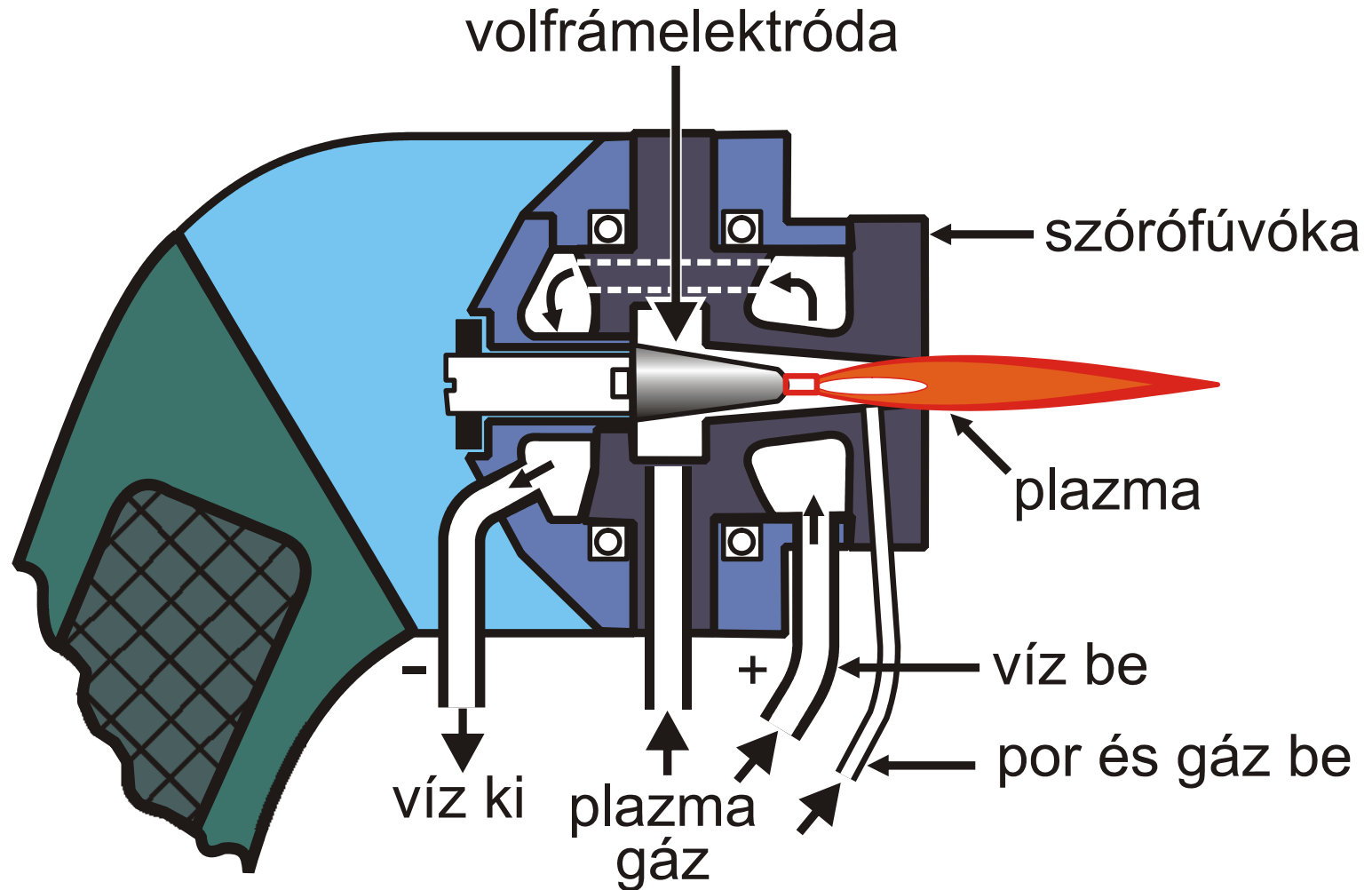


A plazmaberendezés fő egységei

- **Plazmaégőfej:** a feladattól függően különböző terhelhetőségű és alakú lehet. Egyenes polaritású max. 225 A-ral, gépi fej max. 500 A-ral terhelhető folyamatosan
- **Elektróda:** max. 2 % tórium-, esetleg cirkónium- vagy lantán-oxid ötvöztetésű volfrámból készül, mely egyenes polaritás esetén kúpos ($20...60^\circ$), fordított polaritás esetén félgömb végződésű. Méretét az áramnem és az áramerősség határozza meg.
- **Plazmafúvóka:** többnyire rézből készül és a nagy hőterhelés miatt közvetlenül vagy közvetve hűthető. Mérete elsősorban az áramerősségtől és a plazmagáz mennyiségétől függ.
- **Áramforrás:** a főív áramforrása az esetek többségében fokozat nélkül állítható eső statikus jellegű görbékű, egyenáramú (DC). Üresjáratú feszültsége 65...80 V, esetenként a 100 V-ot is meghaladhatja.
- **Beállító- és vezérlőegység:** általában az áramforrásban van elhelyezve (de lehet külön is), mely az áramerősség-idő programok beállítása, ill. végrehajtása mellett ellátja a plazma-, a védő-, és esetenként a harmadik plusz gázt adagoló szelepek működtetését, valamint a segéd- és főív gyújtórendszerének vezérlését is.



Példa: plazma szóró fej





Felület előkészítés

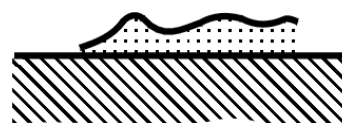
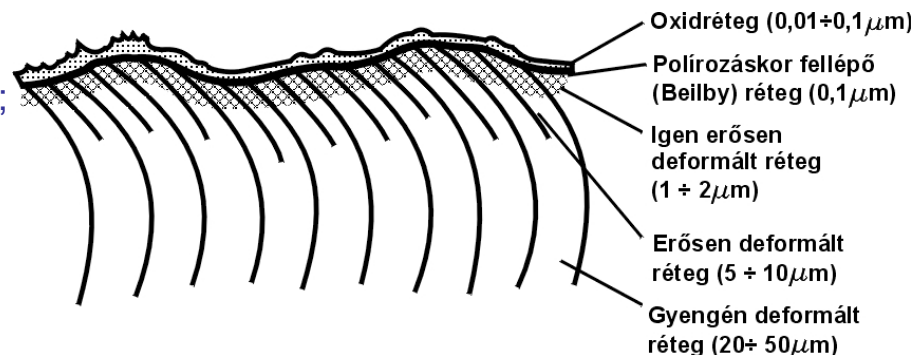
A felületek tulajdonságai, jellemzése

- **Az ideális felület:**

- mindig tiszta, azaz idegen atomoktól mentes;
- szerkezete az ideális tömbanyag valamely rácssíkjának szerkezetével megegyezik (beleértve az összetétel egyezését is)

- **A valós felületeken makroszkópikus felületi hibák (geometriai eltérések) lehetnek:**

- **egyenetlenségek:** hullámosság, görbültség, érdesség, felszíni lerakódás, karcok, hasadási lépcsők, maratósi gödrök, szemcsehatár árkok, növekedési
- **szerkezeti eltérések:** deformáció, szemcseméret-változás;
- **összetételi különbségek:**
 - adszorpciós réteg (oxigén atomok a gázfázis oldalán helyezkednek el),
 - oxidált réteg (oxigén atomok beépülnek a külső atomi rétegek atomjai közé),
 - szegregációs réteg (oldott idegen atomok beépülnek a tömbanyagba és a határok rosszul rendezett tartományába);
 - szennyeződés (gázfázisból, tömbfázisból)



felszíni lerakódás



karcok



hasadási lépcsők



maratósi gödrök



szemcsehatár árkok



növekedési lépcsők



Felületi hullámosság és érdesség

- Az ábrán forgácsoló – gyakran befejező megmunkálást jelentő – technológiák által kialakított anyagfelületek nagyított metszetei láthatók.
- Az anyagok (termékek) **valóságos felületei**, tehát nem ideálisan simák, hanem **kiemelkedések** (csúcsok) és **bemélyedések** (árkok) **sorozatából** állnak.
- A valós felület nagyított metszetét tekintve az **ismétlődő szabálytalanságok** relatív nagyságrendje szerint megkülönböztethetünk:
 - hullámosságot**, amelynek periodicitása ("hullámhossza") viszonylag nagy, és ehhez képest mélysége ("amplitúdója") viszonylag kicsi;
 - érdességet**, amelynek periodicitása ("hullámhossza") viszonylag kicsi, és ehhez képest mélysége ("amplitúdója") viszonylag nagy.



1. nem sík, nem kör alakú felület
(a szerszámgép vezetési hibája, a gép és a munkadarab behajlása, edzési torzulás, kopás miatt)



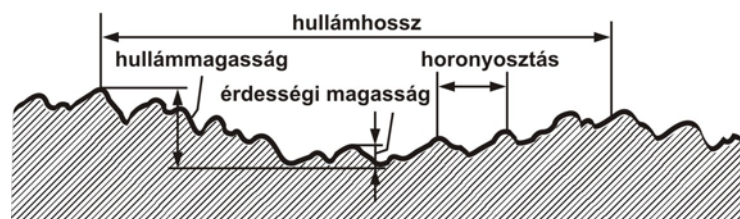
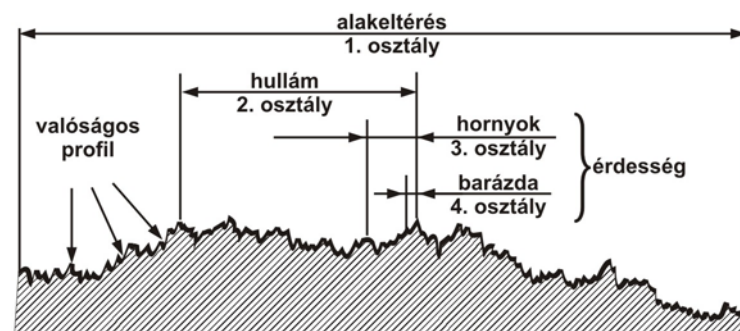
2. hullámok
(a gép és a szerszám rezgései, befogási hiba miatt)



3. hornyok
(a szerszámél alakja, előtolás és beállítás miatt)



4. barázdák
(a szerszámél felépítése, forgácsfajta: töredezett, nyírt, folytonos forgács miatt)





Anyagfelületek optikai és esztétikai jellemzői

- A szerkezeti anyagok hullámtermészetű, elektromos és mágneses komponensekből álló elektromágneses rezgésekkel, illetve azokon belül például a technológiai lézersugárzással való kölcsönhatása **optikai jellemzőiktől** függ.
- Az anyagok fontos optikai tulajdonságai:
 - a fény**áteresztési** (transzmissziós) **tényező**
 - a fény**elnyelési** (abszorpciós) **tényező**
 - a fény**visszaverési** (reflexiós) **tényező**
- Az **optikai jellemzők mindegyike függ a λ fényhullámhosszától**. Amennyiben valamely mutató (főként az elnyelési és visszaverődési tényező) nem kielégítő, úgy lehetőség van azok módosítására különböző bevonatok alkalmazásával.
- A **lézeres anyagtechnológiáknál** (felületkezelés, vágás, hegesztés, ...) **abszorpció-növelő** (reflexió-csökkentő) **bevonatokat** (grafit, fekete festék, foszfát, ...) alkalmaznak az anyag-felületen a jobb energiahasznosítás, ill. a technológia eredményes kivitelezhetősége érdekében



Felületek előkészítése kezeléshez

- A felület legyen tiszta, **szennyeződésmentes** (képződött és tapadt szennyezőktől mentes),
 - oxid- és revementes, illetve rozsa- és korróziónyomoktól mentes,
 - zsirtalan és olajtalan, illetve festék- és lakkmaradvány-mentes;
- Megfelelően **aktivált vagy passzivált**;
- Szükség szerint **simított vagy érdesített**;
- **Egyéb műszaki és esztétikai követelményeket is kielégítő** (repedésmentes, nemkezelendő részeken takart, ...)
- Mindezeket a tulajdonságokat megfelelő felület előkészítéssel érik el
- A leggyakoribb előkészítő műveletek:
 - Mosás (zsír, olaj és egyéb szennyeződések eltávolítása)
 - Oxid- és revementesítés (fémtiszta felület létrehozása)
 - Érdesítés, felület szilárdítás
 - Abszorpciós tényező beállítása