

Dobránszky János előadásai 2024-ben

Hegesztés



6. előadás
Az 51-es és az 52-es eljáráscsoport
Elektronnyalábos hegesztés;
Lézeres hegesztés

A Hegesztés tantárgy előadási témakörei

1. A hegesztés általános alapfogalmai, a hegesztési eljárások rendszerezése
2. A hegesztés munkabiztonsági és egészségvédelmi vonatkozásai
3. A 13-as eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
4. A 12-es, 72-es, 73-as eljárások alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
5. A 14-es eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
6. A 15-ös eljáráscsoport alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
7. A 111-es, a 112-es és a 114-es eljárás alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
8. A lánghegesztés (3) alkalmazásai, működése, felszerelései, anyagai
9. **Az elektronnyalábos (51) hegesztés alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai**
10. **A lézeres hegesztés (52) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai**
11. A termikus vágási eljárások (8) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
12. Az ellenállás- (2) és az indukciós (74) hegesztés alkalmazásai, működése, berendezései
13. A termithegesztés (71) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
14. Az ultrahangos hegesztés (41) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
15. A dörzshegesztés (42, 43 + a 44) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
16. A csaphegesztés (78) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
17. A forrasztás (9) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
18. A termikus szórás alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
19. A műanyagok hegesztésének (6) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
20. Az építkező (additív) gyártás hegesztési vonatkozásainak alapismeretei
21. A hegesztett kötések roncsolásmentes anyagvizsgálata
22. A hegesztéstechnológiai tervezés alapismeretei
23. Az anyagok hegesztés során jellemző viselkedésének (hegeszthetőségüknek) az alapjai

A hegesztési eljárások rendszerezése

Ömlesztőhegesztés

Erőhatás nélküli, hegesztőanyaggal vagy a nélkül végzett, helyi megömléssel járó hegesztési folyamat, amelynek során a beolvadási felületnek meg kell olvadni.

Sajtolóhegesztés

Olyan hegesztési eljárás, amelynek során megfelelő mértékű külső erőhatást alkalmaznak annak érdekében, hogy az mindkét érintkező felületen több-kevésbé képlékeny alakváltozást okozzon, általában hegesztőanyag hozzáadása nélkül. Az illeszkedő felületeket hevíteni is lehet a kötéskialakítás megkönnyítése érdekében.

Illesztési felület

A munkadarabnak az a felülete, melyet a másik munkadarab felületével érintkezésbe kell hozni a kötés létrehozásáért.

1. Rendeltetés szerint

Kötőhegesztés
Felrakóhegesztés
Javítóhegesztés

2. A kötésképződés mechanizmusa szerint

Ömlesztőhegesztés
Sajtolóhegesztés

3. A kivitelezés módja szerint

Kézi hegesztés
Részben gépesített
Gépesített
Automatizált
Robotosított

4. A kötéshez szükséges energia forrása

I. Szilárd test
II. Folyadék
III. Gáz
IV. Villamos kisülés
V. Sugárzás
VI. Mozgó tömeg
VII. Villamos áram
VIII. Egyéb

Az I–IV. esetben az energia közvetlenül adódik át a meghegesztendő anyagnak, míg az V–VII. esetében a fizikai hatás magában az anyagban kelti a hőt, illetve a mechanikai energiát.

Az ömlesztőhegesztési eljárások rendszerezése

Az ömlesztőhegesztés olyan eljárások gyűjtő elnevezése, amelyek fő jellemzője az, hogy az összehegesztendő anyagoknak a kötési zónába eső jelentős része megolvad, egymással, és a szükség esetén adagolt hegesztőanyaggal összekeveredik, majd megszilárdulva létrehozza a varratfémét.

I. Szilárdtestes ömlesztőhegesztés (--)

II. Folyadékös ömlesztőhegesztés

Öntőhegesztés

Termithegesztés (71)

III. Gázos ömlesztőhegesztés

Lánghegesztés (3)

IV. Villamos ívhegesztések

Kézi ívhegesztés (111)

Porbeles elektródás, védőgáz nélküli ívhegesztés (112)

Fedett ívű hegesztések (12)

Huzalelektrodás, védőgázos ívheg. (13)

Nemleolvadó elektródás, védőgázos ívhegesztések (14)

Plazmaívhegesztések (15)

Elektrogázhegesztés (73)

V. Sugárzásos ömlesztőheg.

Lézeres hegesztés (52)

Elektronnyalábos hegesztés (51)

VI. Mozgó tömeges

ömlesztőhegesztések

még nem ismert ilyen ...

VII. Villamos áramos

ömlesztőhegesztések

Salakhegesztés (72)

VIII. Egyéb ömlesztőhegesztések

Hibrid hegesztések

A sajtolóhegesztési eljárások rendszerezése

Sajtolóhegesztés minden olyan eljárás, amelyben kellő nagyságú külső erő okozta képlékeny alakváltozás hozza létre a kötést az összehegesztendő felületeken, általában

I. Szilárd testes sajtolóheg. *hegesztőanyag hozzáadása nélkül.*

Hevítőelemes hegesztés
Hevítőcsúcsos hegesztés
Hevítőfúvókás hegesztés
Hevítőfúvókás, szegfejes hegesztés

II. Folyadékös sajtolóheg.

Öntéses sajtolóhegesztés

III. Gázos sajtolóheg.

Sajtoló lánghegesztés (47)

IV. Villamos kisülékes sajtolóheg.

Mágnesesen mozgatott ívű sajtolóheg. (185) [forgóives sajtolóheg]

Ívkisülékes sajtolóhegesztés [ütőhegesztés, (77)]

Ívhúzásos csaphegesztés (783)

Kondenzátorkisütéses, ívhúzásos csaphegesztés (785)

Kondenzátorkisütéses, gyújtócsúcsos csaphegesztés (786)

V. Sugárzásos sajtolóheg.

(még nem ismeretes ilyen eljárás)

VI. Mozgó tömeges sajtolóhegesztés

Ultrahangos heg. (41)

Dörzshegesztés (42)

Kavaró dörzsheg. (43)

Robbantásos heg. (441)

Mágneses impulzusos hegesztés (442)

Hidegsajtoló heg. (48)

Hidegzömítő hegesztés

Hátrafolyatásos heg.

Ütközéses hegesztés

VII. Villamos ellenállás-hegesztés (2)

Ellenállás-ponthegesztés (21)

Ellenállás-vonalhegesztés (22)

Ellenállás-dudorhegesztés (23)

Leolvasztó tompahegesztés (24)

Ellenállás-tompahegesztés (25)

Ellenállás-csaphegesztés (26)

Nagyfrekvenciás ellenállás-heg. (27)

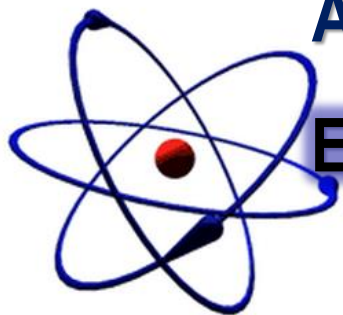
Indukciós hegesztés (74)

VIII. Egyéb energiafajtájú sajtolóheg.

Diffúziós hegesztés (45)

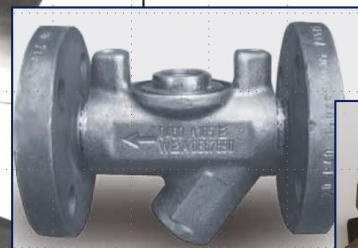
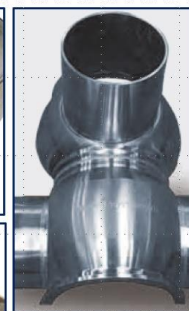
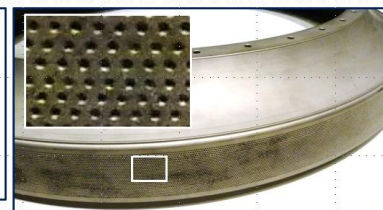
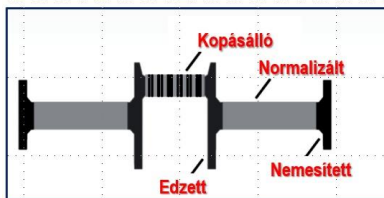
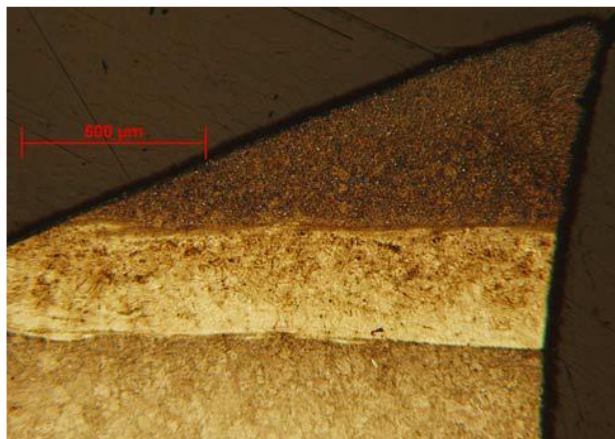
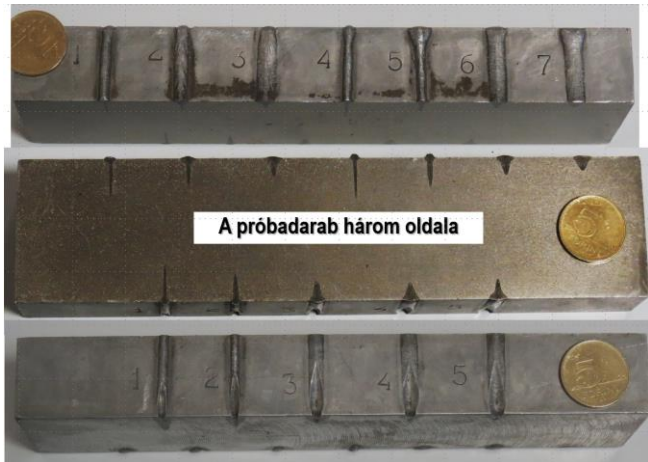
Melegsajtoló hegesztés (49)

Plattírozó hengerléses hegesztés



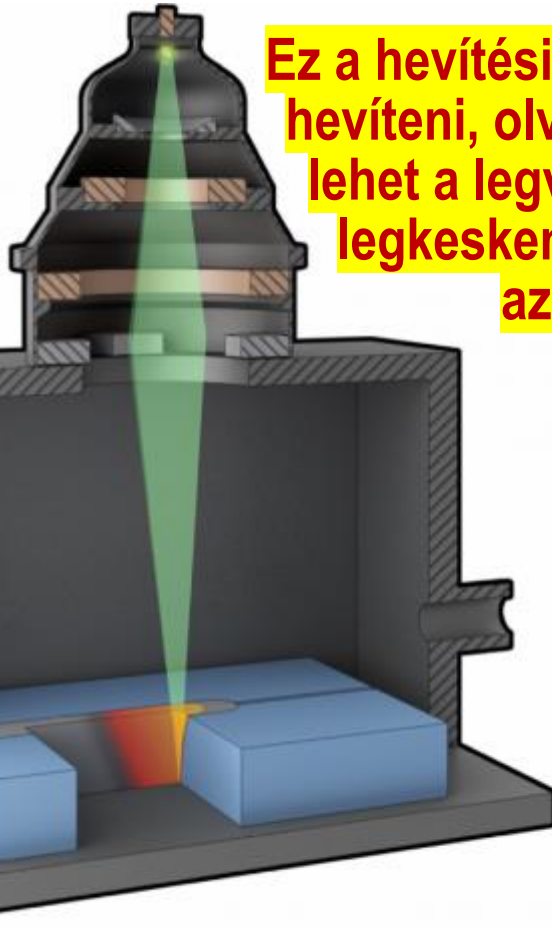
Alkalmazási példák → 51-es eljárás csoport

Elektronnyalábos hegesztés

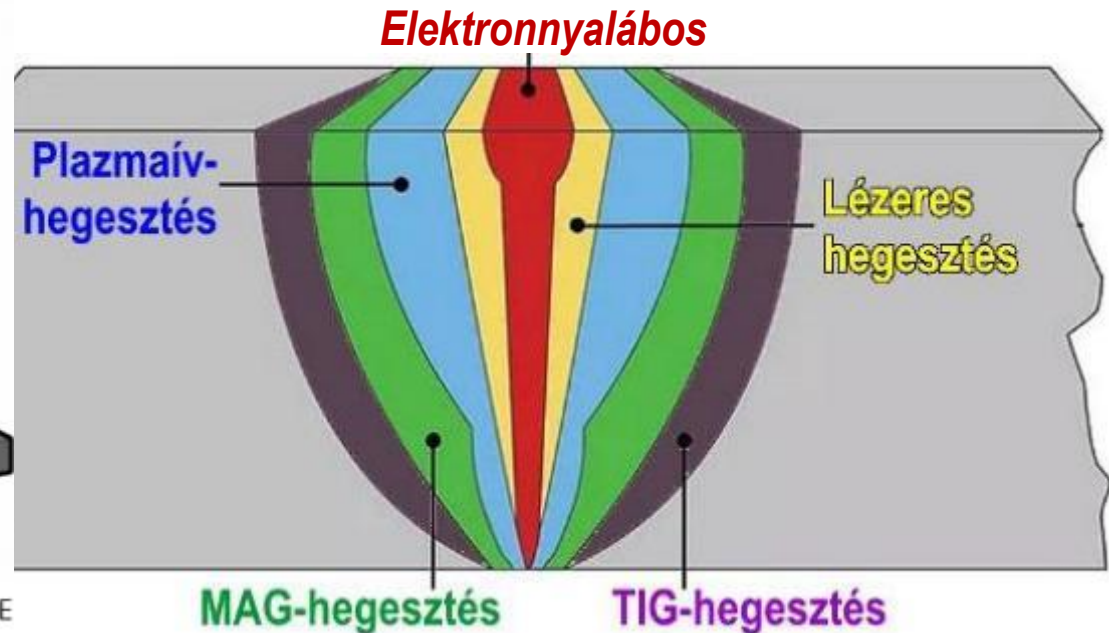


- 51 Elektronnyalábos hegesztés ← MSZ EN ISO 4063:2023
- 511 Vákuumban végzett elektronnyalábos hegesztés
- 512 Levegőn végzett elektronnyalábos hegesztés
- 513 Védőgáz-adagolással végzett elektronnyalábos hegesztés

Ez a hevítési mód tud a legnagyobb teljesítménysűrűséggel hevíteni, olvasztani és elpárologtatni, tehát eme eljárással lehet a legvastagabb anyagréteget átolvasztani, illetve a legkeskenyebb s vele a legmélyebb varratot készíteni az ömlesztőhegesztési eljárások közül.



 MANUFACTURINGGUIDE



Mi is tehát a hőforrás ...? Hogyan is mondjuk ...?

Szótár: *beam (fiz)* = **részecskenyaláb**, **sugár(nyaláb)**, **sugárkéve**
Electron beam = **elektronsugár**, **elektronnyaláb**, **elektron sugárnyaláb**
Electron beam welding = **elektronsugaras**, **elektronnyalábos hegesztés**

Electron beam = stream of electrons generated by an electron accelerator (ISO 12749-4:2015)

ISO/TR 25901-3:2016

Welding and allied processes – Vocabulary – Part 3: Welding processes

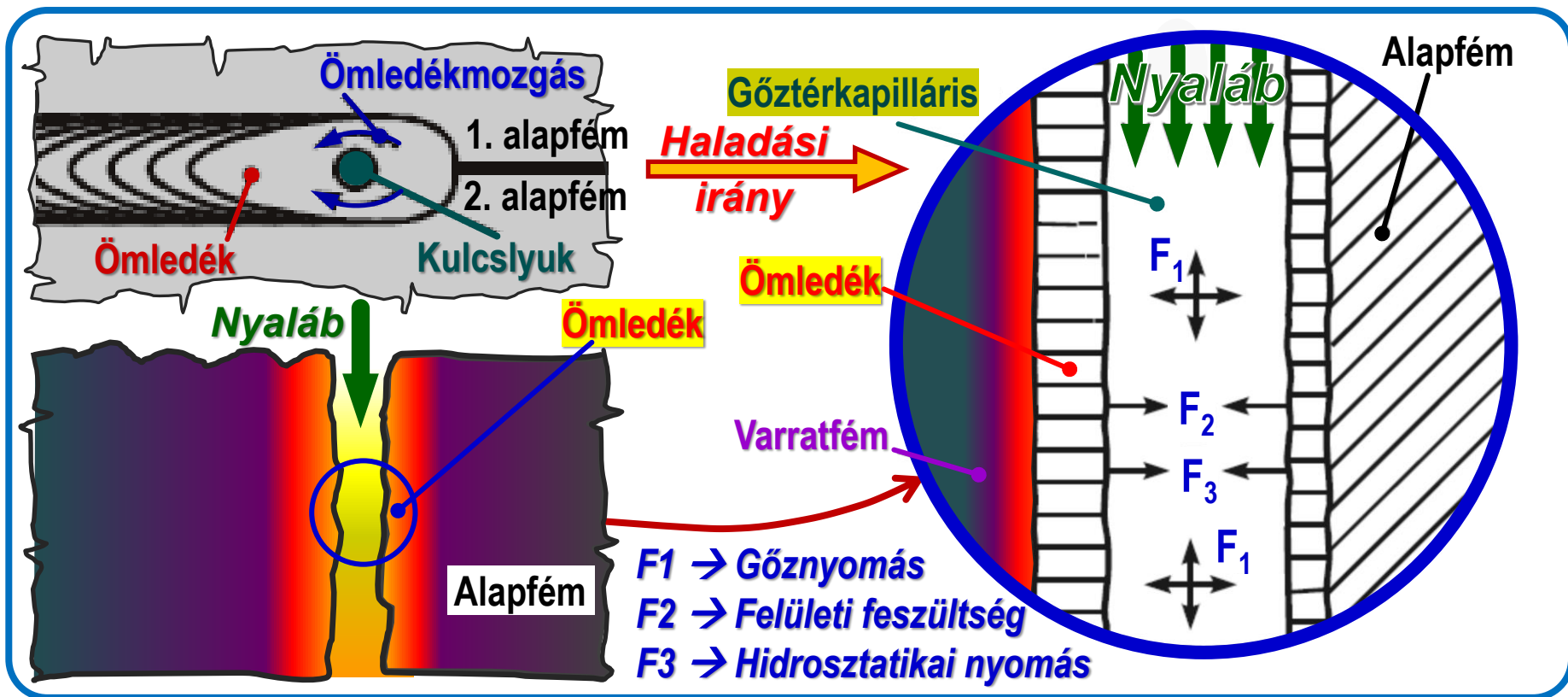
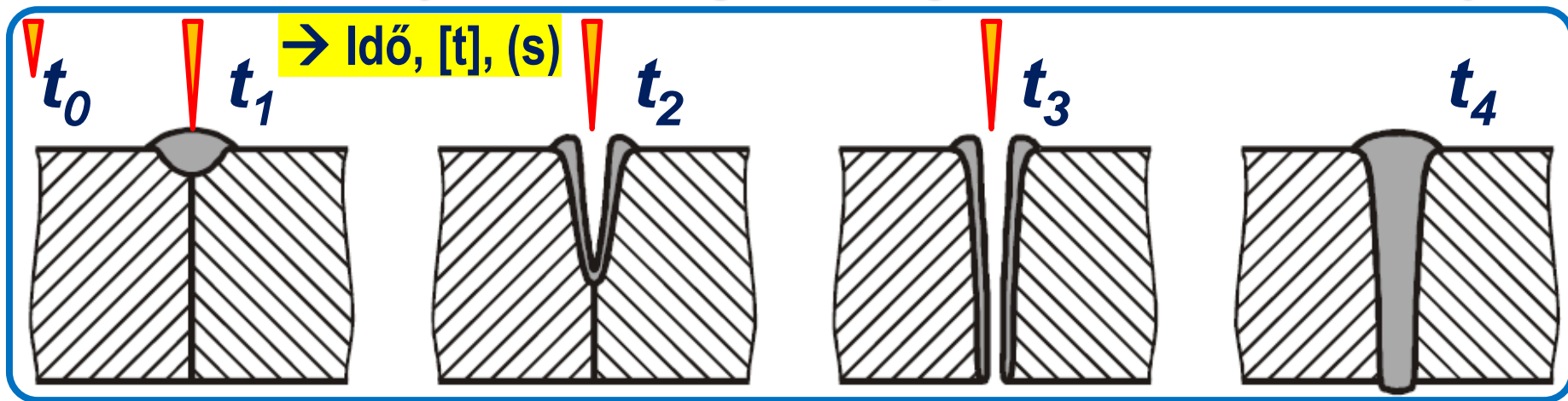
Electron beam welding = fusion welding using a focused beam of electrons

Electron beam welding in vacuum = electron beam welding performed in vacuum

Electron beam welding in atmosphere = electron beam welding performed in atmosphere

electron beam welding with addition of shielding gases = electron beam welding where a shielding gas is used

Az elektronnyalábos/-sugaras hegesztés működés módja



Az elektronnyalábos/-sugaras hegesztés

Az eljárás alapelve: az elektronok mozgási energiájának hőforrásként való felhasználása az összekötendő fémek megolvasztására.

Az elektronnyalábot előállító berendezés részei:

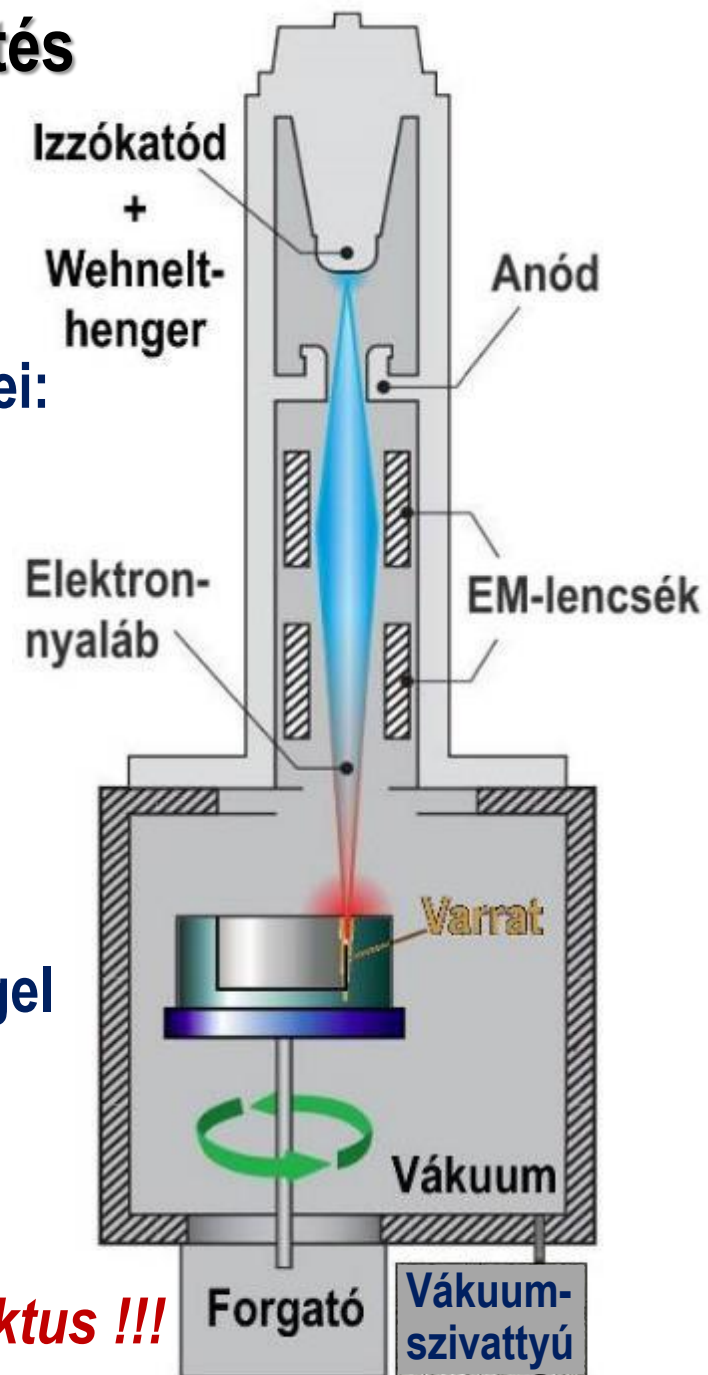
- Dióda vagy trióda típusú **elektronágyú** ennek része: katód, anód, Wehnelt-henger,
- **Vákuumrendszer** ($< 10^{-3}$ torr); *mbar, Pa*
- **Fókuszálórendszer**
- Az alkatrész **pozicionálására** szolgáló részegységek

Az elektronnyaláb 0,3–0,8 mm átmérőjűre fókuszálható, 10^6 W/cm² teljesítménysűrűséggel

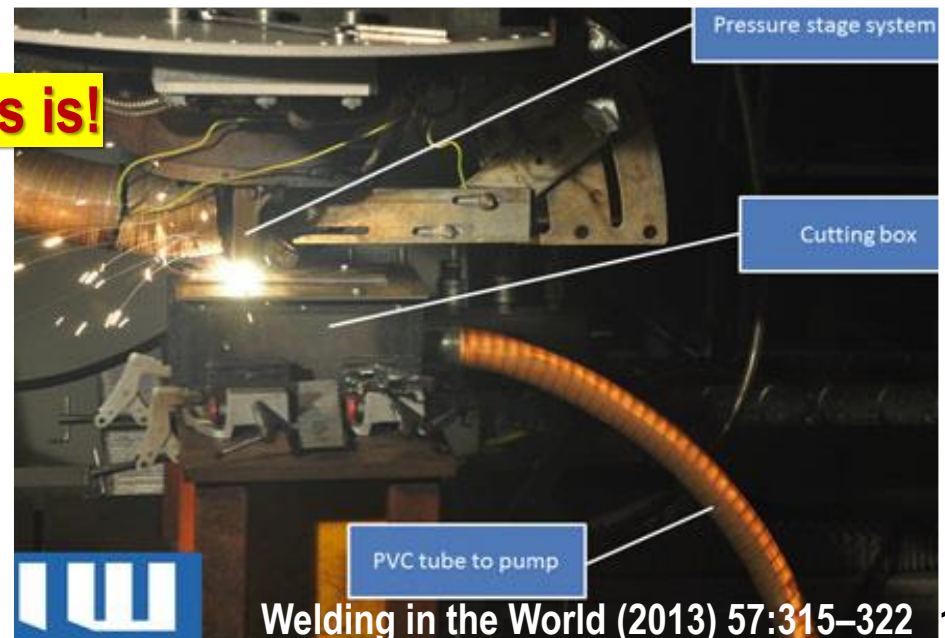
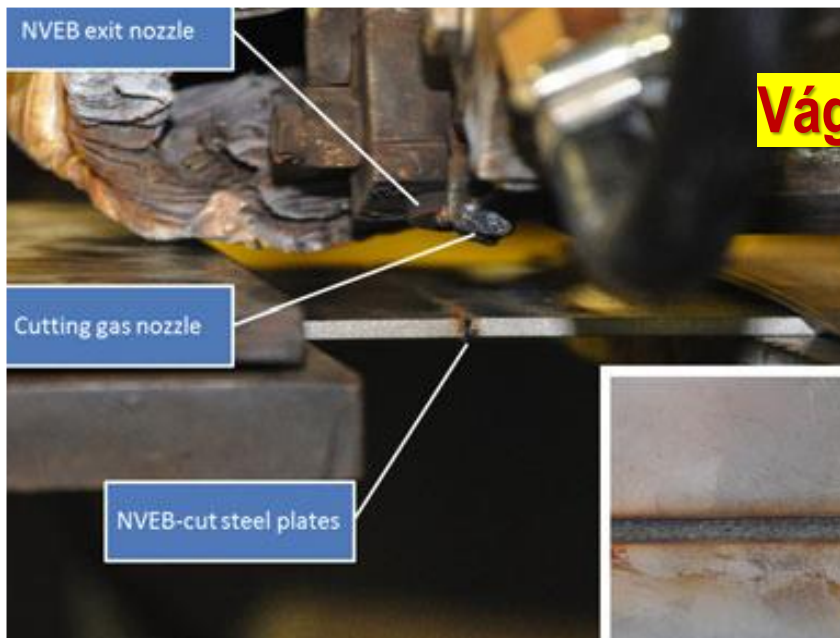
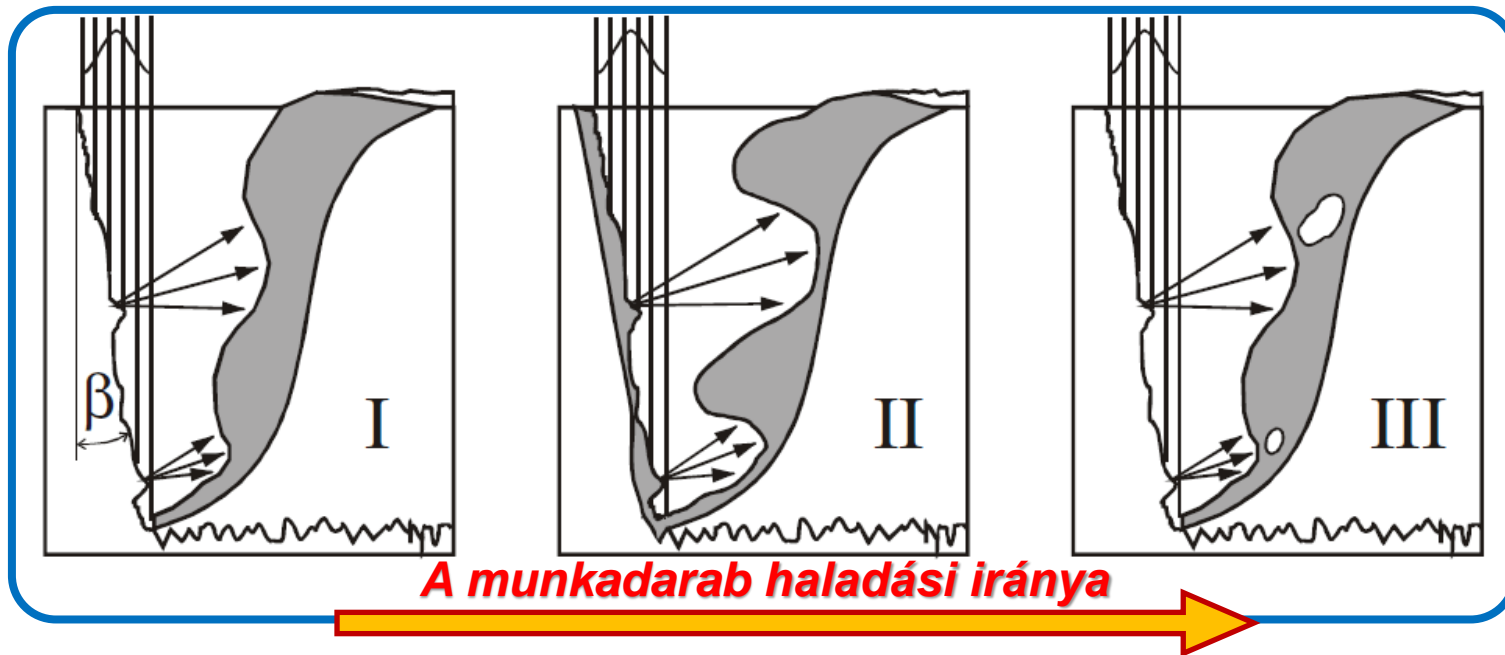
Nagyon mély és keskeny varratok készíthetők (akár 300 mm-ig, sőt!)

Az energiaátalakítás hatékonysága: 80–95 %.

!!! Remanens mágneses mezők + Seebeck-effektus !!!



Az elektronnyalábos hegesztés működés módja



Az elektronnyalábos hegesztés berendezései

A gyorsítófeszültség alapján

Nagyfeszültségű gép ($U = 150 \text{ kV}$)

Kisfeszültségű gép ($U = 60 \text{ kV}$)

A munkatér nyomása alapján

Nagyvákuumos gép

Kis-/közepes vákuumos gép

Nemvákuumos gép

A rendszerkonceptió szerint

Szállítószalagos (konveyoros) gép

Forgó asztalos gép

Univerzális gép

Helyi vákuumos gép

Mobil vákuumos gép

Mikro- és finomhegesztő gép

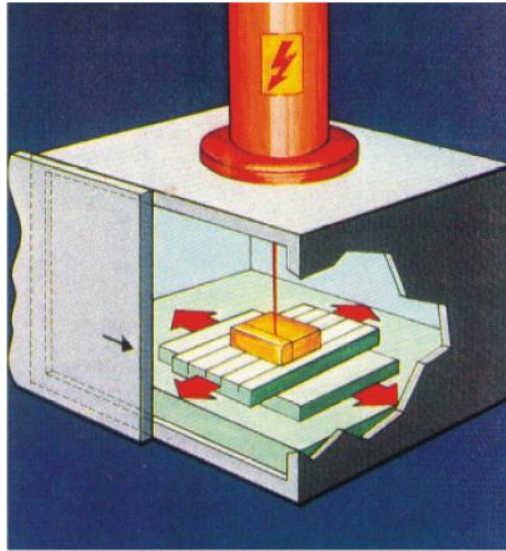
A **szalagos rendszerű gépek** hegesztett kötések folyamatos előállítását teszik lehetővé, pl. bimetálszalag félkész termékeként (fűrészlapokhoz, hőkapcsolókhöz). Az ilyen egységek főkamrájában fokozatosan emelkedő nyomásrendszer van, amelyet részleges vákuummal elő- és utóaktiváltak, hogy vákuumzárként szolgáljanak.

A **mobil és a helyi vákuummal működő rendszereket** rövidebb levákuumozási idő jellemzi, a vákuum egyidejű fenntartásával, a szivattyúzási térfogat csökkentésével. A „helyi vákuumos rendszerekben”, megfelelő tömítés alkalmazásával, a vákuum csak a hegesztési területen keletkezik. A „mobil vákuumos rendszerekben” a hegesztést egy kis vákuumkamrában végzik, amely a hegesztési területre korlátozódik, de a hegesztési varrat mentén halad. Ebben az esetben a munkadarab és a vákuumkamra közötti megfelelő tömítés jóval nehezebb.

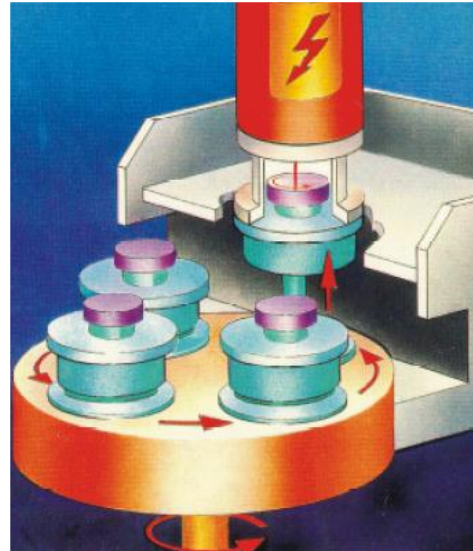
Az ilyen típusú gépi tervezésnél az elektronsugaras hegesztést olyan alkatrészekon lehet elvégezni, amelyeket méretük miatt nem lehet berakni egy álló vákuumkamrába (például nyomástartó edények palástjai, részecskegyorsítók csőalagútjának alkatrészei stb.).

Az elektronnyalábos hegesztés berendezései

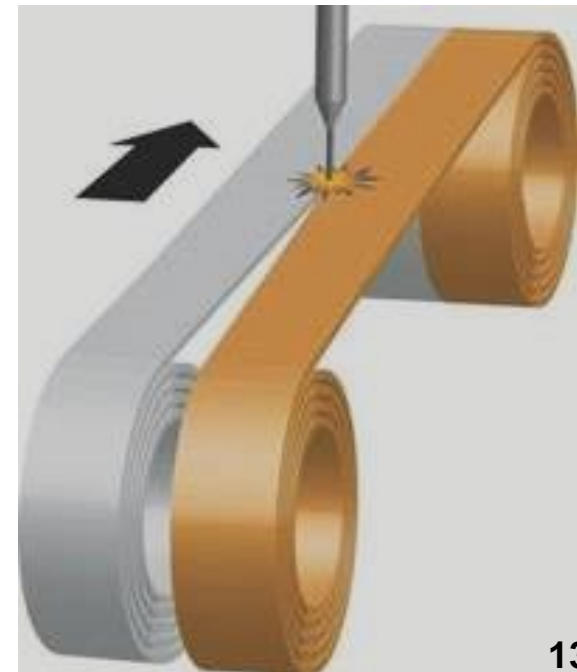
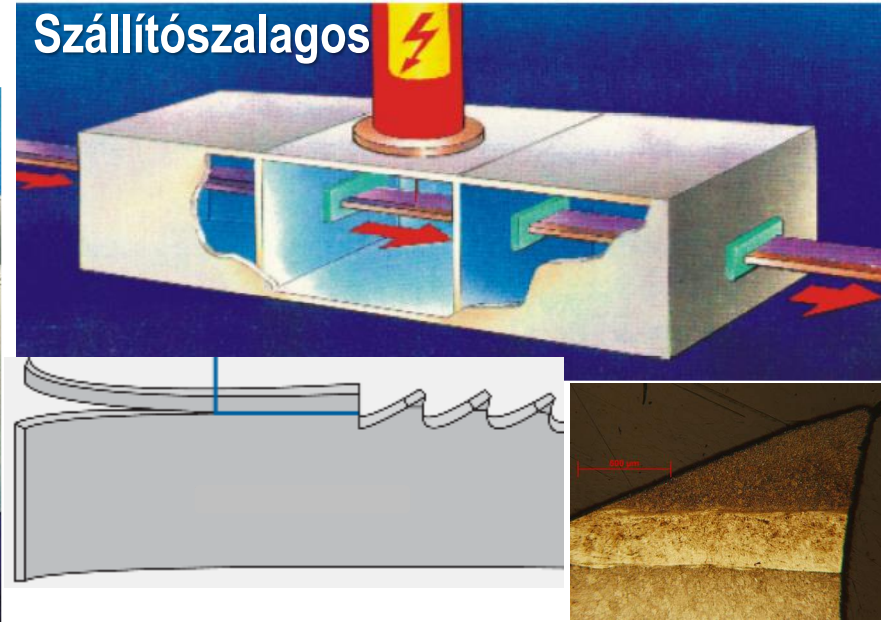
Kamrás



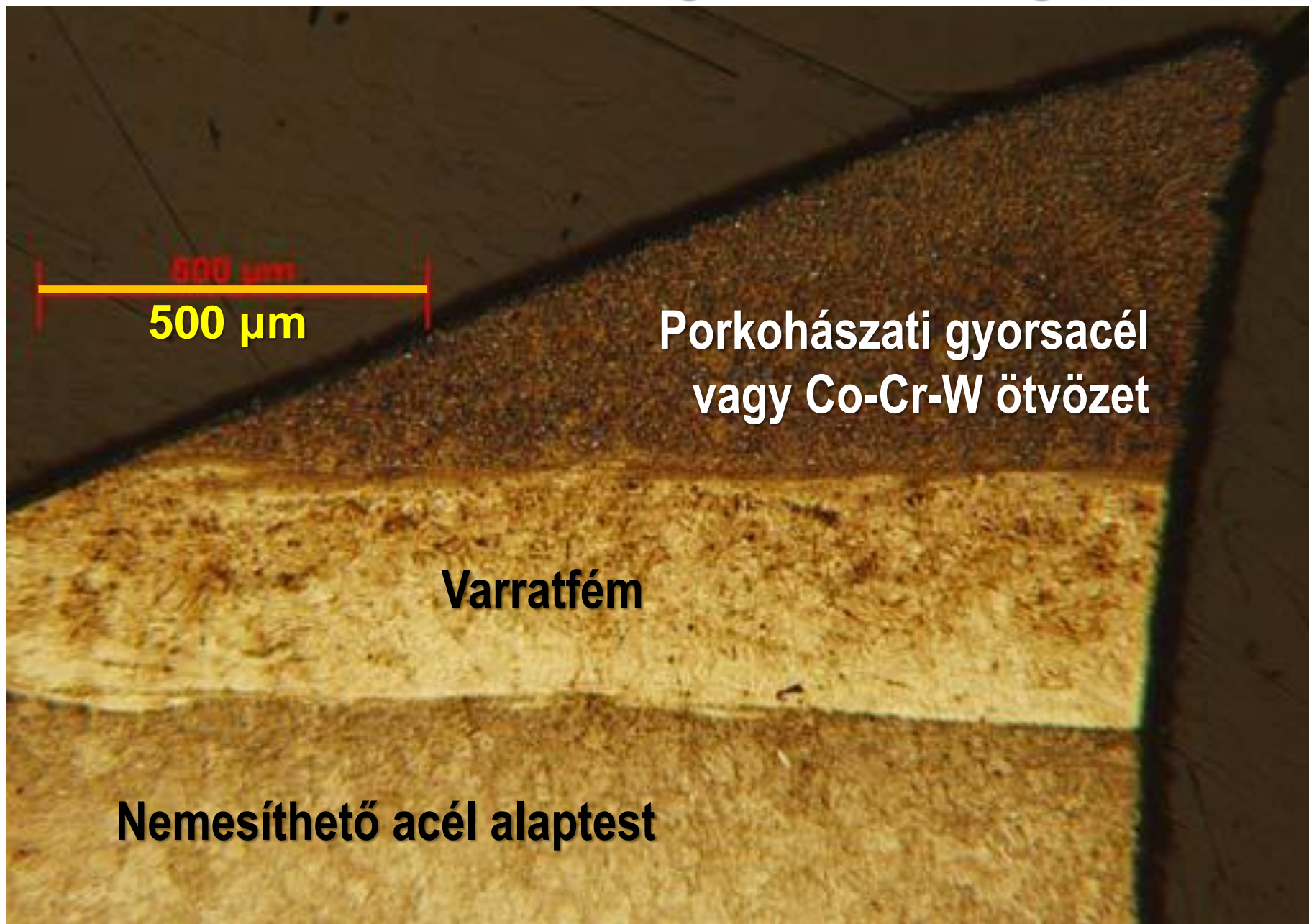
Körasztalos



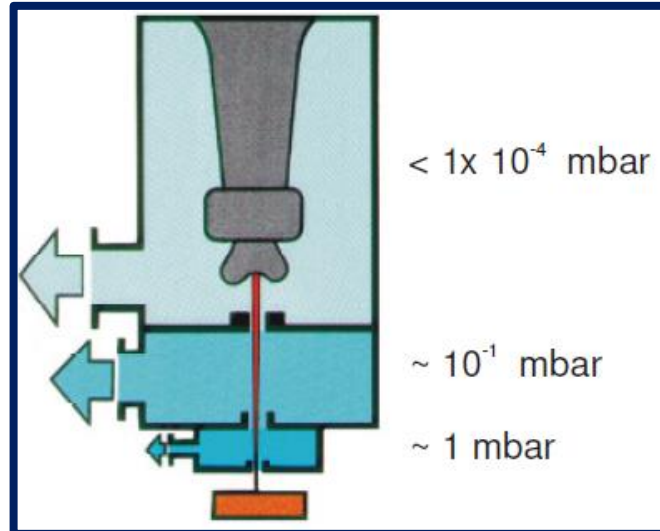
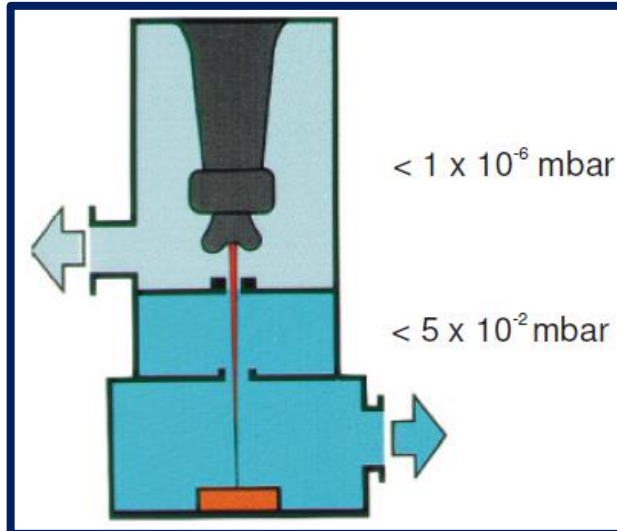
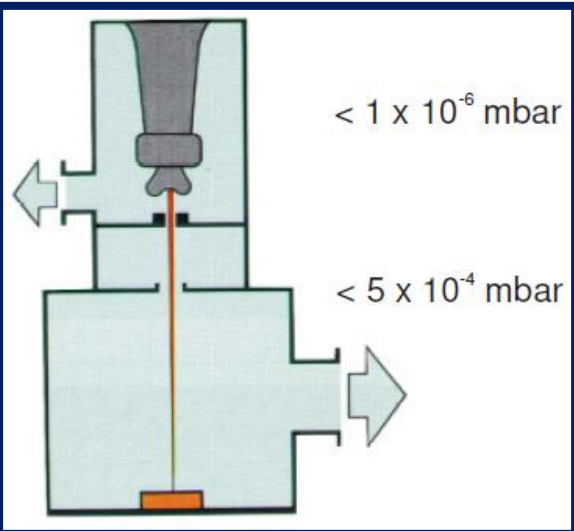
Szállítószalagos



Bimetál fűrészszalagon kialakított fog



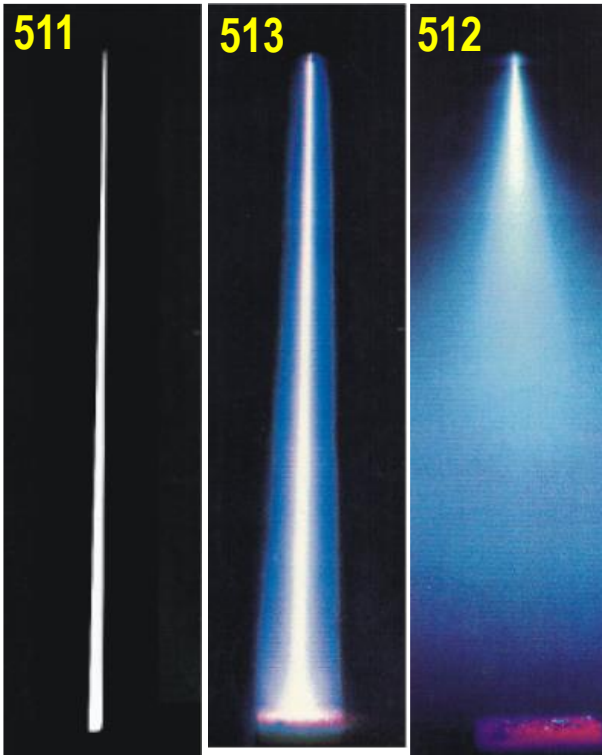
Az elektronnyalábos hegesztés berendezései



Kis oxidációkockázat és a varrattal szembeni mérsékelt követelmények esetén az ún. **közepes vákuumos** berendezések ($p = 10^{-2}$ mbar) megfelelnek.

A gazdasági megfontolások jelentik a hajtóerőt ebbe az irányba, például a ciklusidő csökkentése.

Alkalmazási területei az autóiparban: dugattyúk (Alu), szelepek, nyomatékvtók, sebességváltó-alkatrészek.



A hegesztési idő csökkentésére vonatkozó rendkívüli igények, a varratgeometria és az alaktorzulás mérsékelt követelményei, továbbá a levegővel vagy a védőgázzal való teljes összeférés megléte esetén a **vákuum nélküli** hegesztőegységeket alkalmazzák.

Előnye a folyamatos hegesztési idő és/vagy a rövid ciklusidők.

Alkalmazási területei: precíziós csövek, bimetálszalagok, csoportfogaskerek stb.

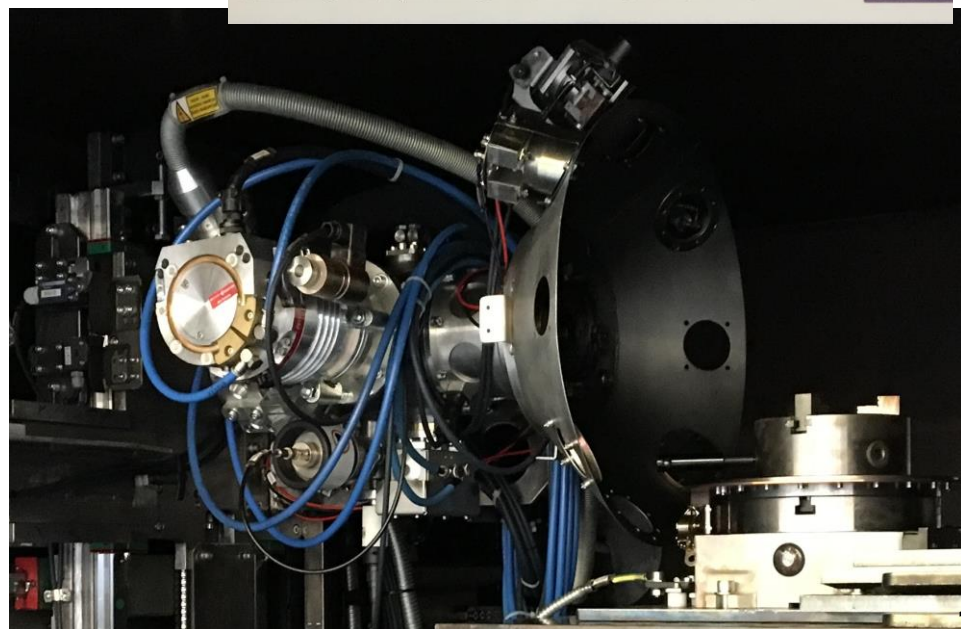
Az elektronnyalábos hegesztés berendezései



STU Structural Properties of Super Duplex Steel
MTF Joints Made by Electron Beam Welding

B. Šimeková¹, I. Kovaříková², E. Hodulová³, J. Bárta⁴
¹Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Institute of
Production Technologies, J. Bottu 23, 917 24 Trnava, Slovak Republic
²beata.simekova@stuba.sk, ³ingrid.kovarikova@stuba.sk, ⁴erika.hodulova@stuba.sk, ⁵jozef.barta@stuba.sk

TEAM



Előnyök és hátrányok

511

- Vékony és vastag lemez hegesztése (0,1–300 mm)
- Rendkívül keskeny varratok (alaktényező → 50:1)
- Kis (össz)hőbevitel → kis vetemedés → teljesen készre gyártás
- Nagy hegesztési (haladási) sebesség lehetséges
- Nincs szükség védőgázra
- Nagy folyamat- és üzemi hatékonyság

512

- Nagyon nagy hegesztési sebesség
- Rés áthidalása
- A reflexió nem okoz problémát a munkadarabra való energiabevitel során

511

- Villamos vezető anyag szükséges
- Nagy hűlési sebesség → edződés → repedés
- Nagy pontosságú előkészítés szükséges
- A nyaláb eltérül a mágnesesség miatt
- Röntgensugárzás képződik
- A munkadarab méretét a kamra mérete korlátozza
- Nagy beruházási költség

512

- Röntgensugárzás képződik
- Korlátozott lemezvastagság (legfeljebb kb. 10 mm)
- Nagy beruházási költség
- Kis munkatávolság

Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói

Az elektronsugaras hegesztés technológiai változóinak **2 csoportja**:

Az **első csoportban az elektronnyaláb jellemzői** tartoznak:

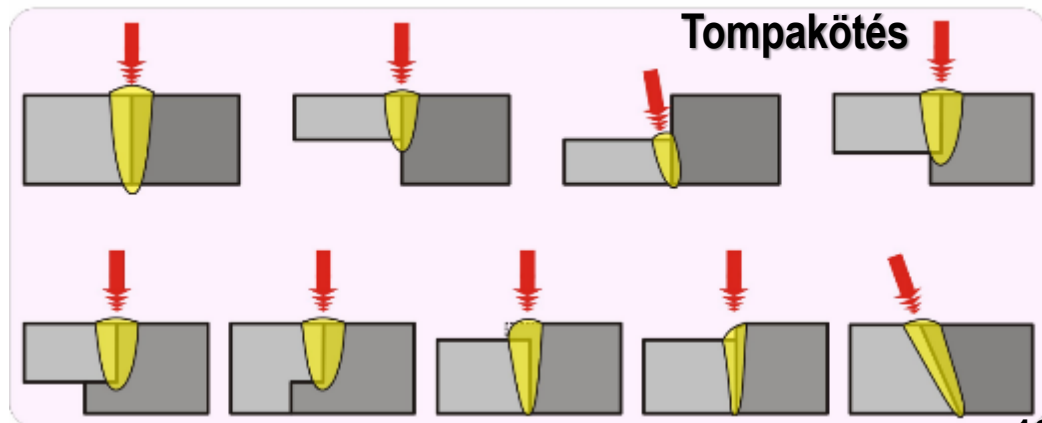
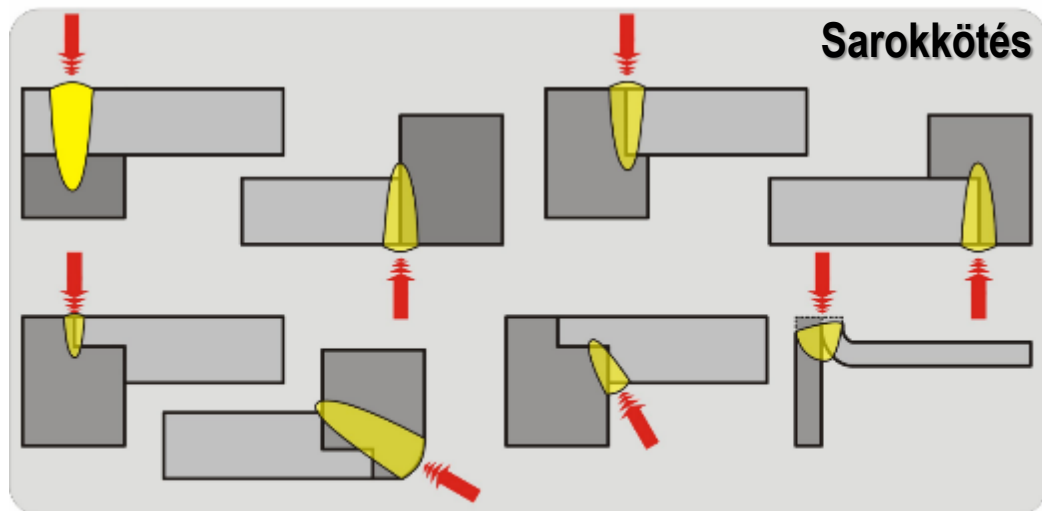
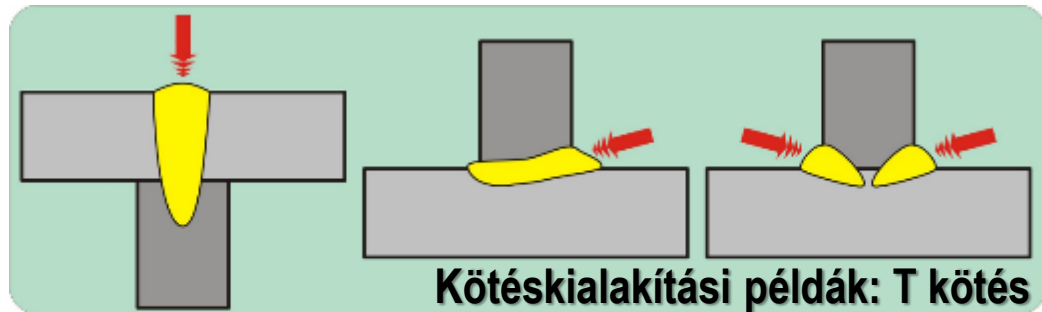
- Gyorsítófeszültség, U (kV)
- Nyalábáram vagy anódáram, I (mA)
- **Perveancia, G ($A/(V^{3/2})$)**
- A fókuszálórendszer árama, i_f (mA)
- A fókuszálórendszer távolsága a munkadarab felületétől, D_0 (mm)
a fentiek határozzák meg a q (W/cm^2) teljesítménysűrűséget
- Emittancia (kisugárzási tényező, ε)

A **második csoportba** tartozó változók határozzák meg a hegesztési folyamat **egyéb technológiai feltételeit**, például:

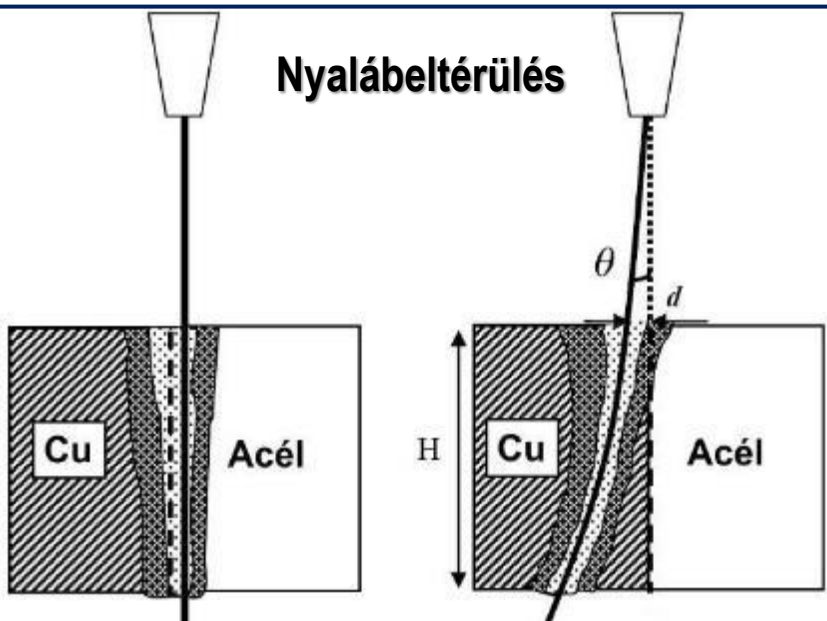
- Üzemi vákuum, p (Pa) → vagy védőgáz
- Hegesztési/haladási sebesség, v (cm/s)
- Varratkialakítás
- Nyalábmegosztási jellemzők → nyaláblengetés és többnyalábos hegesztés

A „perveancia” vagy áteresztőképesség fogalmát a töltött részecske-nyalábok leírásában használják. Értéke azt jelzi, hogy a tértöltődés mekkora hatással van a sugárzási nyaláb mozgására. A kifejezést elsősorban az elektronnyalábokra alkalmazzák, ugyanis ezeknek a mozgása során, általában, jelentős a villamos tér töltése.

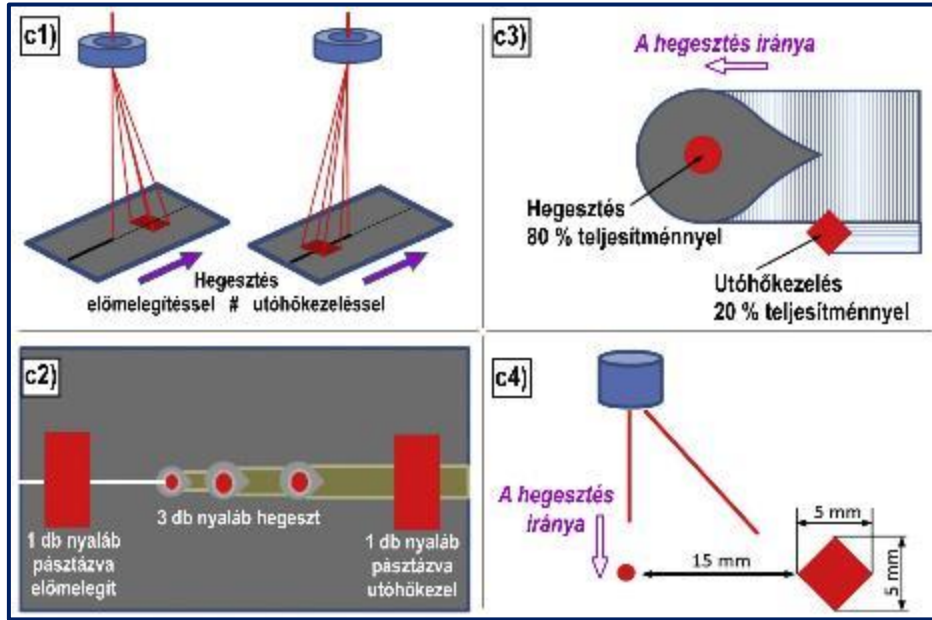
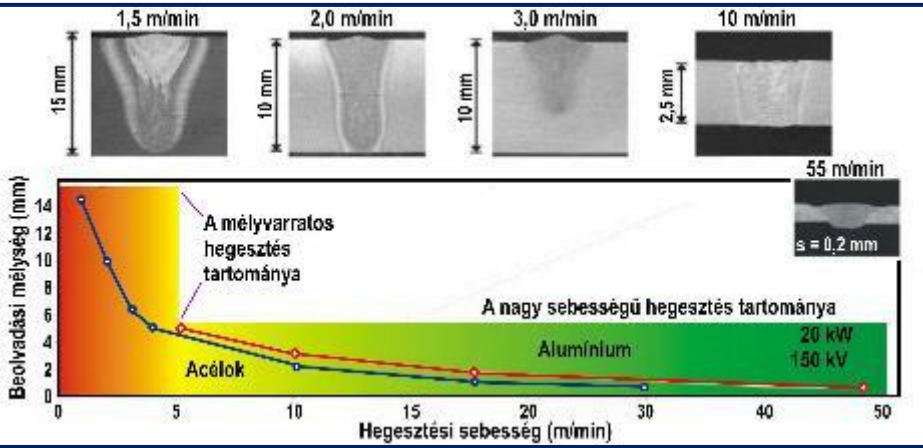
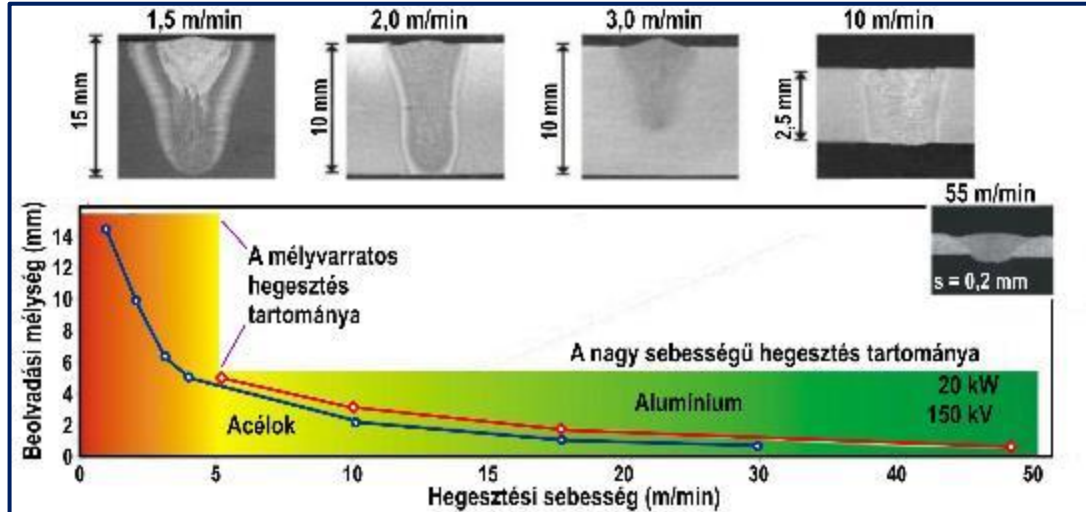
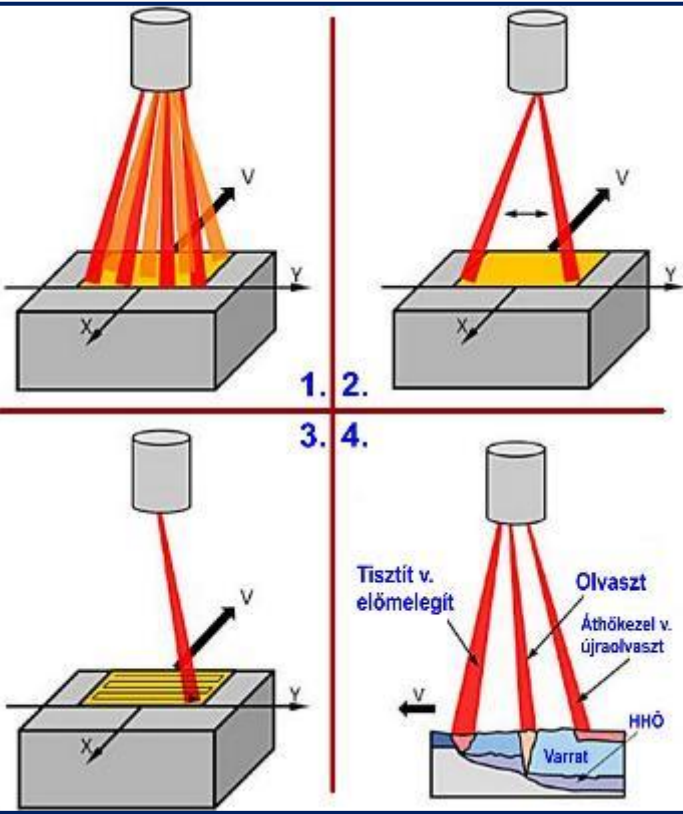
Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói



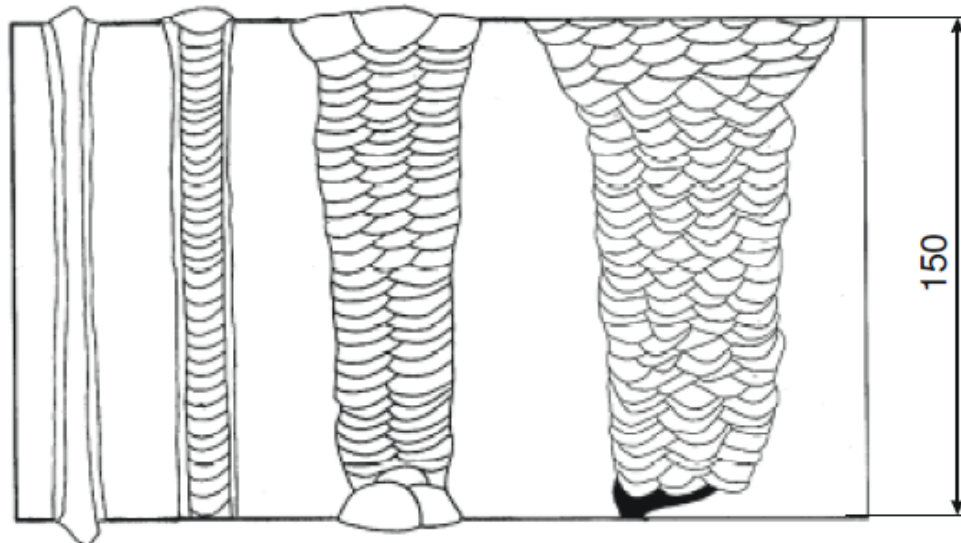
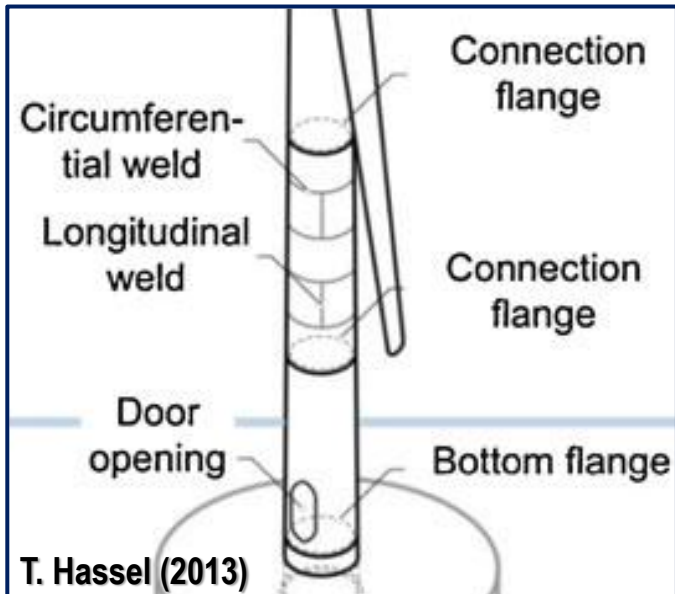
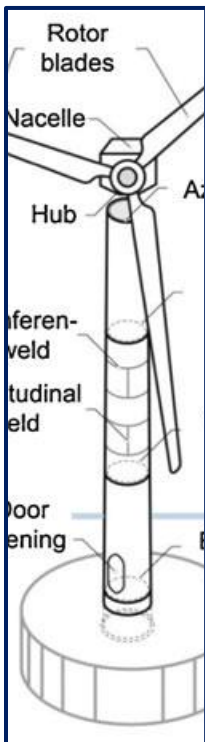
Nyalábelterülés



Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói



Összehasonlítás → keskenyréshegesztési változatoknál a jelölésekben +: (n.g.)



Hegesztési eljárás számjele→	511	135 (n.g.)	121 (n.g.)	121
Hegesztési áramerősség (A)	0,27	260	650	510
Hegesztési feszültség (V)	150 000	30	30	28
Varratkeresztmetszet (mm ²)	896	2098	4905	5966
Varratsorok száma	1	35	81	143
Hozaganyag-mennyiség (kg)	0	23	54	66
Leolvasztási teljesítmény (kg/h)	7,7	5	13	9
Hőbevitel (kJ)	64·10 ³	128·10 ³	293·10 ³	377·10 ³
Hegesztési idő (min)	27	275	251	440

Az elektronnyalábos hegesztés technológiai változói

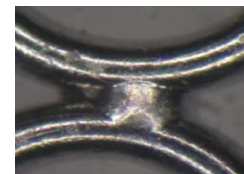
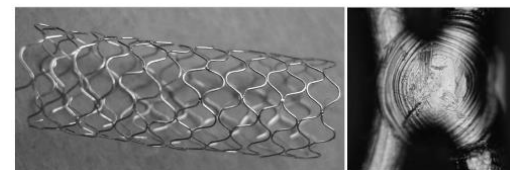
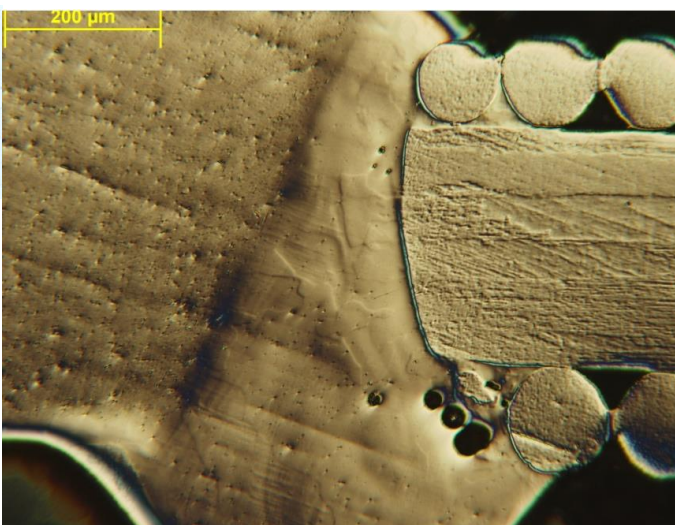
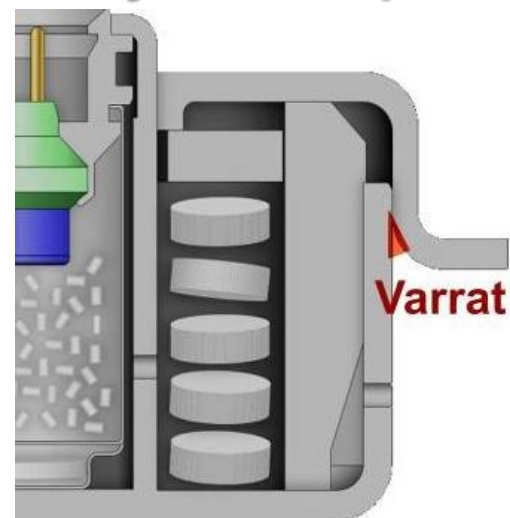
Welding procedure specification, WPS

Hegesztési munkarendi előírás

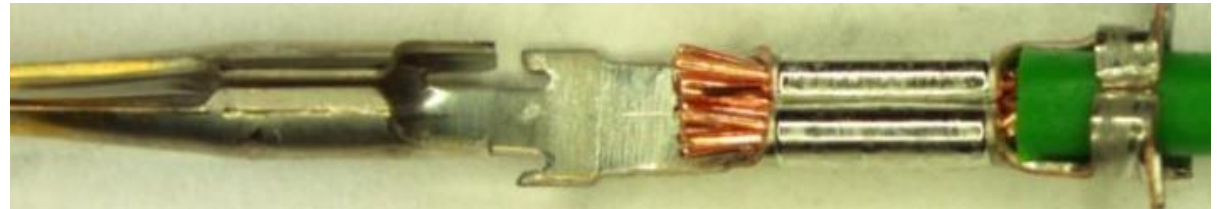
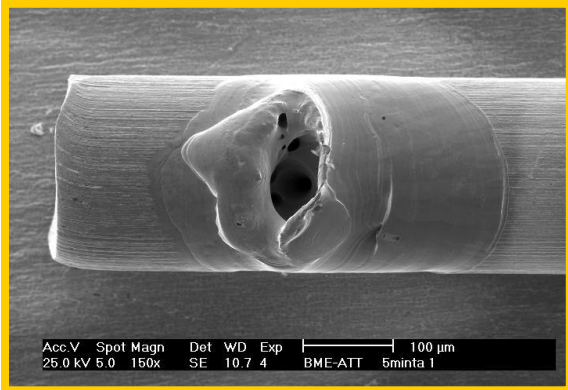
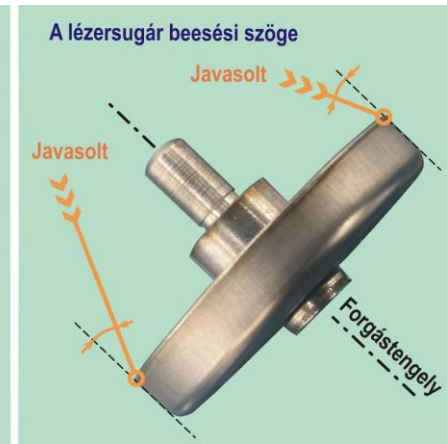
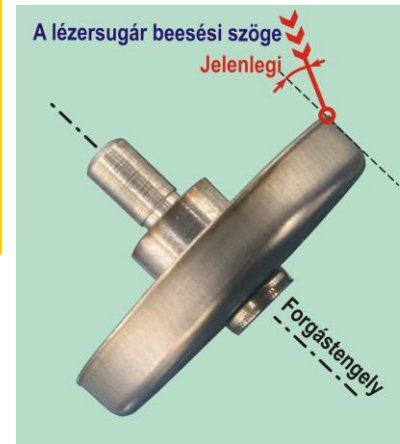
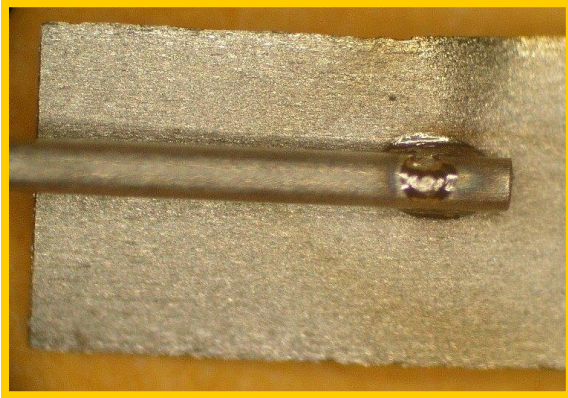
WPS hivatkozási száma:	Tanúsító személy vagy szervezet:		
Gyártó:			
A WPAR száma:			
A berendezés megnevezése:	– hegesztőberendezés: – a hegesztőanyag(ok) adagoló rendszere:		
Az alapanyag megnevezése:			
– anyagvastagság (mm):	– külső átmérő (mm):		
Hegesztőanyag: – megnevezés:	– méretek:	– adagolás:	
A kötéstípus: – finom- vagy durvalemez <input type="checkbox"/>	– cső <input type="checkbox"/>	– axiális <input type="checkbox"/>	
		– radiális <input type="checkbox"/>	
		– egyéb <input type="checkbox"/>	
Befogók, készülékek és szerszámok: igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/> mechanikus rögzítés: <input type="checkbox"/> fűzőhegesztés; módja:		
A hegfürdő megtámasztása:			
Gyökoldal igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>			
Homlokoldal igen <input type="checkbox"/> nem <input type="checkbox"/>			
A kötés kialakítása	A hegesztés végrehajtása		

Előkészítés			
A demagnetizálási eljárás hivatkozási száma			
Hegesztési eljárás			
	Fűzősor	Hegesztősor	Simítósor
A hegesztés végrehajtása			
Hegesztési helyzet			
Gyorsítófeszültség (kV)			
Sugáráram (mA)			
– folyamatos			
– impulzusos			
– frekvencia			
– amplitúdó			
– egyéb			
Előtolási sebesség (mm/min)			
Fókuszálólencse-áram(ok) (A)			
A hegesztőanyag adagolási sebessége ¹⁾			
Sugánreltérítés			
– egyenáramú (állandó) eltérítés			
– váltakozó áramú lengetés			
– jelalak			
– frekvencia			
– amplitúdó			
– hosszirányban			
– keresztirányban:			
Az elektronnyalábban lévő nyomás (mbar vagy Pa)			
A munkakamra nyomása (mbar vagy Pa)			
Munkatávolság (mm)			
Felfutás (mm vagy fok)			
Átlapolás (mm vagy fok)			
Lefutás (mm vagy fok)			
Felfutás vagy lefutás alakja			
A hegesztőberendezés megnevezése			
Kiegészítő készülékek			
Hőkezelések ¹⁾			
– előmelegítés			
– utómelegítés			
Hegesztés utáni műveletek ¹⁾			
¹⁾ Ha szükséges			

Lézeres hegesztés Alkalmazási példák → 52-es eljárás csoport



Lézeres hegesztés Alkalmazási példák → 52-es eljáráscsoport



... mi is az a lézer?

Ez a kifejezés eléggé gumifogalommá vált. Értenek alatta sugárzást, berendezést, gyártóeszközt, műszert, alkatrészt, fegyvertípust, hajóosztályt stb. Az eredeti angol betűszó (LASER) alapvetően egy fizikai jelenséget és az azt meghatározó elvet jelenti: az indukált emissziós fényerősítést. A kifejezés az angolban is közhelyé vált (laser), és új értelmet nyert. A helyes magyar átírása: lézer.

Tehát a „lézer” kifejezés tartalma jelentősen bővült; ma már egy olyan berendezést jelöl, amely az elektromágneses sugárzást sugárzási nyaláb formában kibocsátva képes valamire; pl. anyagmegmunkálásra.

MSZ EN ISO 11145:2008 Optika és fotonika. Lézerek és lézerberendezések. Szakszótár és jelképek (ISO 11145:2006) **Ez magyar nyelvű, de az új (MSZ EN ISO 11145:2019) már nem ...**

3.19.1. lézer

Olyan eszköz, amely egy optikai rezonátoron belül energiával feltöltött erősítőközeget tartalmaz, mely 1 mm-ig terjedő hullámhosszúságú, koherens elektromágneses sugárzást bocsát ki felerősített stimulált emisszió révén.

→ **Az IEC 60825-1-ben:**

lézer: Bármely eszköz, amely elektromágneses sugárzás előállítására vagy erősítésére készíthető, főként a szabályzott, stimulált emisszió folyamatával, a 180 nm – 1 mm hullámhosszúság-tartományban.

Any device which can be made to produce or amplify EM radiation in the wavelength range from 180 nm to 1 mm primarily by the process of controlled stimulated emission

... mi is az a lézer és a lézeres hegesztés?

ISO/TR 25901-5 Welding and allied processes – Vocabulary – Part 5: Laser welding

Laser = device having an energized amplifying medium within an optical resonator that generates coherent electromagnetic radiation with wavelengths up to 1 mm by means of amplified stimulated emission.

Laser welding = welding using a coherent beam of monochromatic light

Laser welding = fusion welding using a coherent beam of monochromatic light

Tehát → Lézeres hegesztés = olyan ömlesztőhegesztés, amelynek során monokromatikus fény sugárzást használják hőforrásként

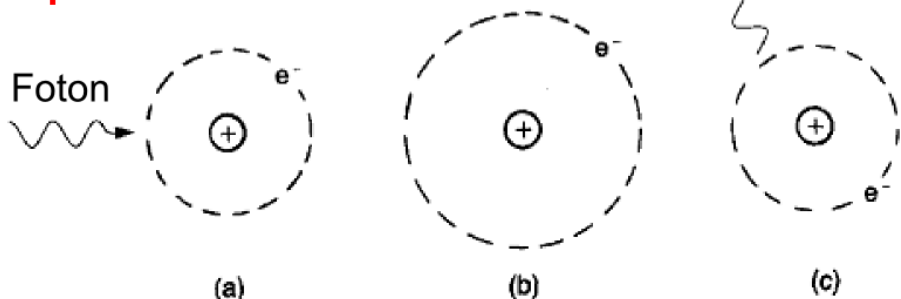
A megmunkálható anyagfajták

- Fémek
 - **Acél, rozsdamentes acél? Viszonylag jól**
 - **Pt, Ag, Au? Nehezen vagy nem megmunkálható**
 - **Al, Cu? Lehetséges, de rossz hatásokkal**
- Műanyagok: szinte mindegyik fajta, de erősen függ a színtől
- Kerámiák, összetett anyagok

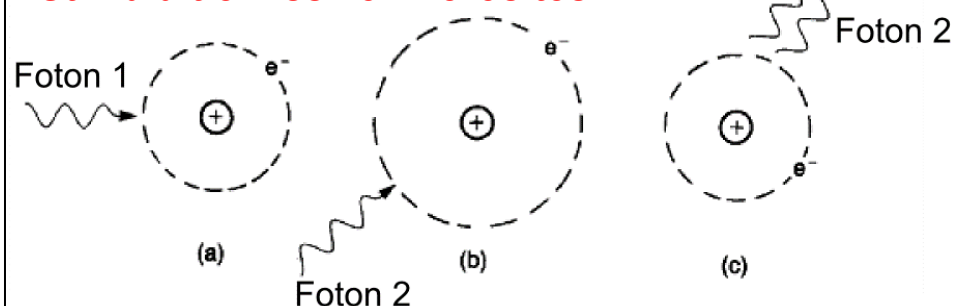
Mindenestre némi lézerfizikai és terminológiai alapozás talán nem árt

A lézerfény (lézersugárzás) létrehozásának fizikai alapelve

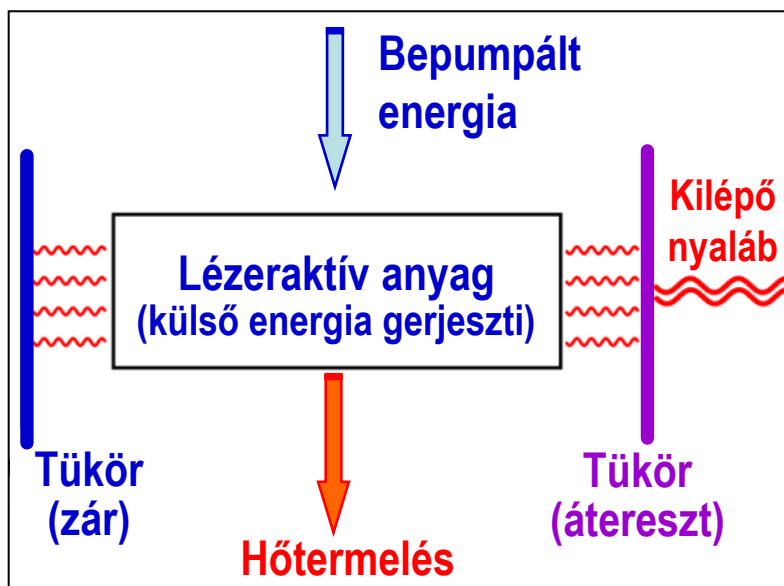
Spontán emisszió



Stimulált emisszió + erősítés



Emisszió, populációinverzió, rezonátor stb. → 75 db szakkifejezés ISO 11145:2018



- 3 Terms and definitions
- 3.1 Beam position
- 3.2 Beam axis
- 3.3 Beam diameter
- 3.4 Beam radius
- 3.5 Beam width
- 3.6 Beam cross-sectional area
- 3.7 Beam waist
- 3.8 Divergence
- 3.9 Rayleigh length
- 3.10 Beam parameter product
- 3.11 Coherence
- 3.12 Polarization
- 3.13 Power and Energy
- 3.14 Pulse duration and repetition rate
- 3.15 Optical resonator
- 3.16 Mode
- 3.17 Spectral bandwidth
- 3.18 Relative intensity noise
- 3.19 Laser
- 3.20 Efficiency

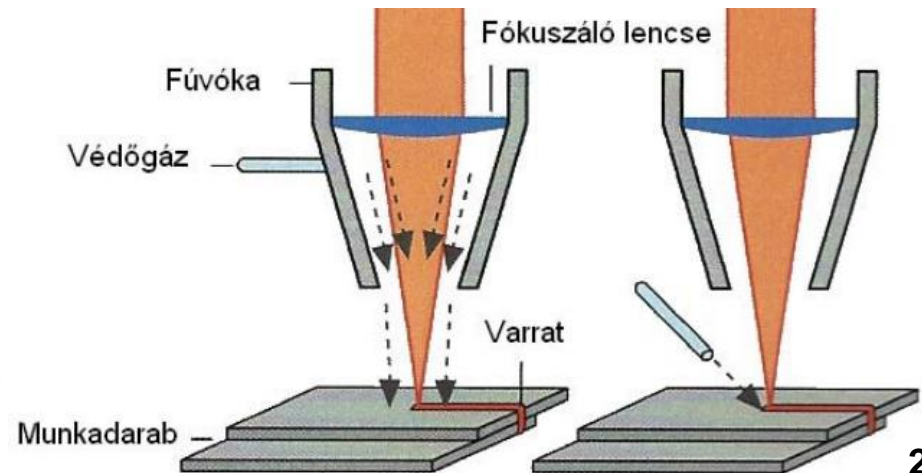
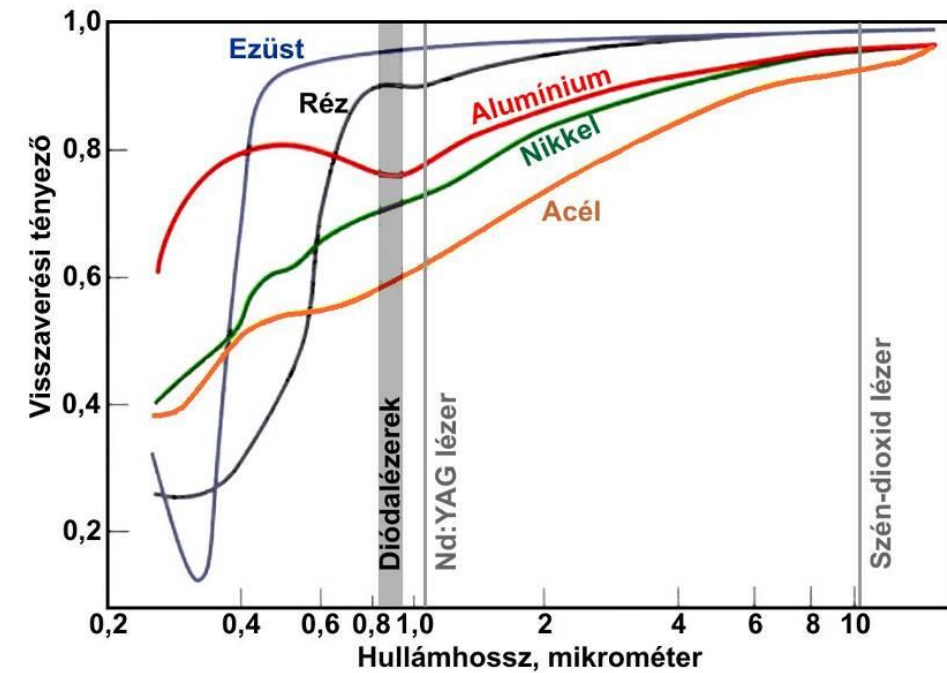
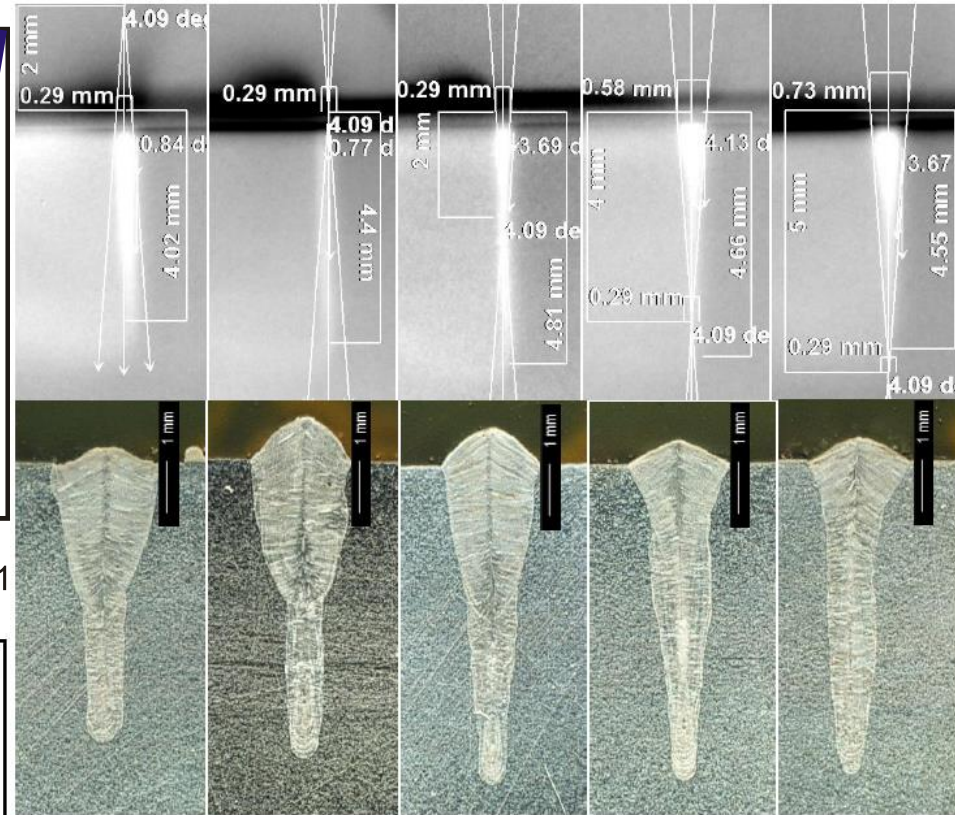
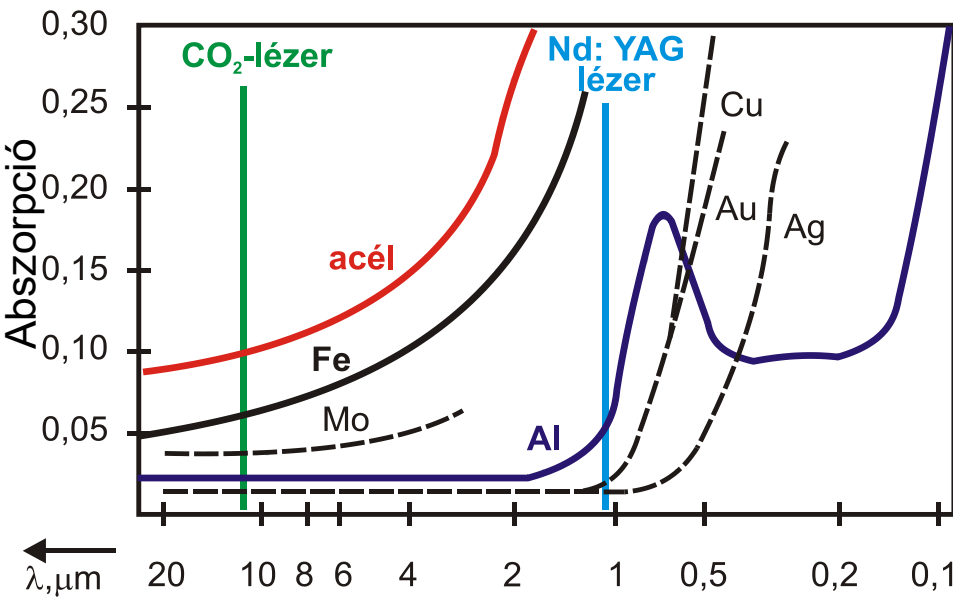
A 2008-as, magyar nyelven is kiadott szabványban csak 58 van. Mára a **lézer** definíciója teljesen megváltozott!

2006-ban: **laser** = amplifying medium capable of generating coherent radiation with wavelengths up to 1 mm by means of stimulated emission

lézer = 1 mm-nél kisebb hullámhosszúságú koherens sugárzás előállítására alkalmas, az indukált emisszió jelenségét felhasználó erősítő közeg ← ez a régmúlt!

2018-ban: **laser** = device having an energized amplifying medium within an optical resonator that generates coherent electromagnetic radiation with wavelengths up to 1 mm by means of amplified stimulated emission

A lézeres hegesztés fizikai (optikai) alapjai: abszorpció, reflexió



Lézeres hegesztés (→ értsd: lézerrel végzett hegesztés)

Az MSZ EN ISO 4063:2023 szabvány szerinti elnevezések

- 52 Lézeres hegesztés
- 521 Szilárdtest-lézeres hegesztés
- 522 Gázlézeres hegesztés
- 523 Diódalézeres hegesztés

Lézerfényforrások: lézeraktív anyag, gerjesztés, működésmód

- Szilárdtestlézerek
 - Rubinlézer (694,3 nm; holográfia)
 - Nd:YAG lézer (1064 nm; megmunkálás, sebészet),
rúd, szál, korong → rúdlézer, szállézer, koronglézer
- Gázlézer
 - Hélium-neon lézer (He-Ne → 632,8 nm; optikai kísérletek)
 - Szén-dioxid lézer (CO₂, 10600 nm; síkvágás, sebészet)
- Félvezető lézer (diódalézer)
 - 405 nm (blue-ray meghajtó)
 - 650 nm (DVD-meghajtó)
- Festéklézer, vegyi lézer, folyadéklézer

Működésmód-1 (időbeliség)

- Impulzusos üzemű
- Folytonos üzemű

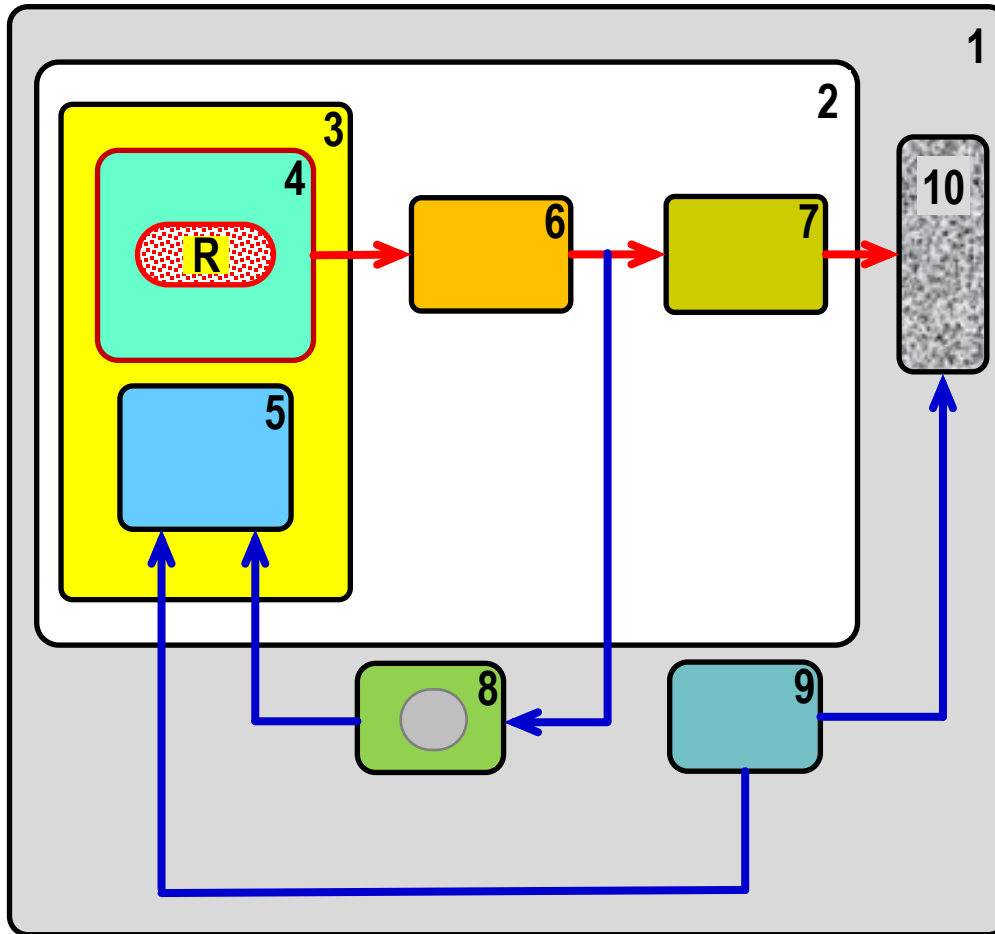
Gerjesztés, pumpálás

- Villanólámpa
- Lézerdióda
- Villamos kisülés
- Radiofrekvenciás tér

Működésmód-2: Mozgatás Lézerfej? Munkadarab? Tükör? PFO?

A lézeres megmunkálások szabványos terminológiája

A lézeres megmunkálások általános, fizikai kiépítési és terminológiai hierarchiája



A biztonsági rendszerek nincsenek feltüntetve a diagramon, de alapvető fontosságú tartozékai egy lézeres gyártórendszernek

1.	Lézeres egység	laser unit
2.	Lézerberendezés	laser assembly
3.	Lézerkészülék	laser device
4.	Lézer	laser
5.	Tápegység (villamos áram, hűtés, gáz)	supply (power, cooling, gas)
6.	Nyalábvezető eszköz (tükör, szál, lencsék)	beam-guiding device (mirrors, fibres, lenses)
7.	Nyalábformáló eszköz (teleszkóp, fókuszáló)	beam-shaping device (telescope, focusing)
8.	Mérőrendszerek és vezérlőrendszerek	measurement systems and control systems
9.	Mozgatóeszközök (robot, munkadarab-mozgató, -forgató, -rögzítő)	handling units (robot, workpiece translation and location)
10.	Munkadarab	workpiece

Az ISO/TR 25901-5 jelentősen összetettebb lesz!

A lézeres hegesztés alapvető jellemzői

- **Koncentrált energiabevitel**
- **Nagy sebesség**
- **Csekély vetemedés**

Előnyei más eljárásokhoz képest

- Érintésmentes, gyors, pontos, ismételhetőség
- Hozaganyag: nem szükséges (de lehetséges)
- Kedvező külső varratgeometria: szegély, dudor, gyök
- Kicsi karbantartásigény
- Kb. bármilyen anyaghoz

Kedvenc kötéstípus:

1. átlapolt kötés,
2. tompakötés,
3. ... más ...

Kedvenc rendeltetés:

1. kötőhegesztés → keskeny és mély varrat,
2. felrakás → vonalnyaláb, por, huzal, pálcá, éleken is
3. javítás: precíziós öntvényeken

Követelmények: repedés, zárvány, porozitás, szövetszerkezet, mechanikai tulajdonságok, megmunkálhatóság, korrózióállóság

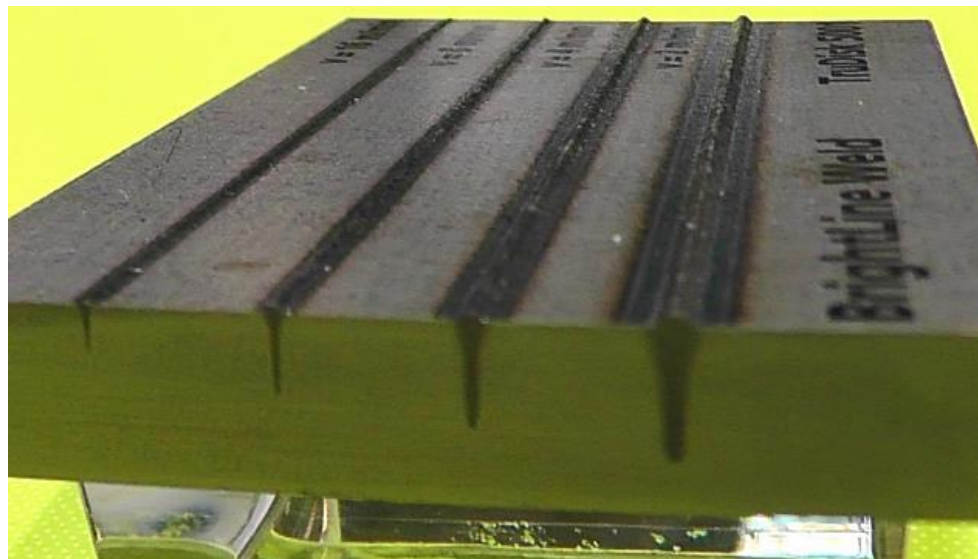
Hegesztés szén-dioxid lézerrel

Védőgáz: Ar, N₂, M, de főleg: hélium → **csóva**
Korlát: 5 kW-os lézer → max. 8–10 mm vastag anyag

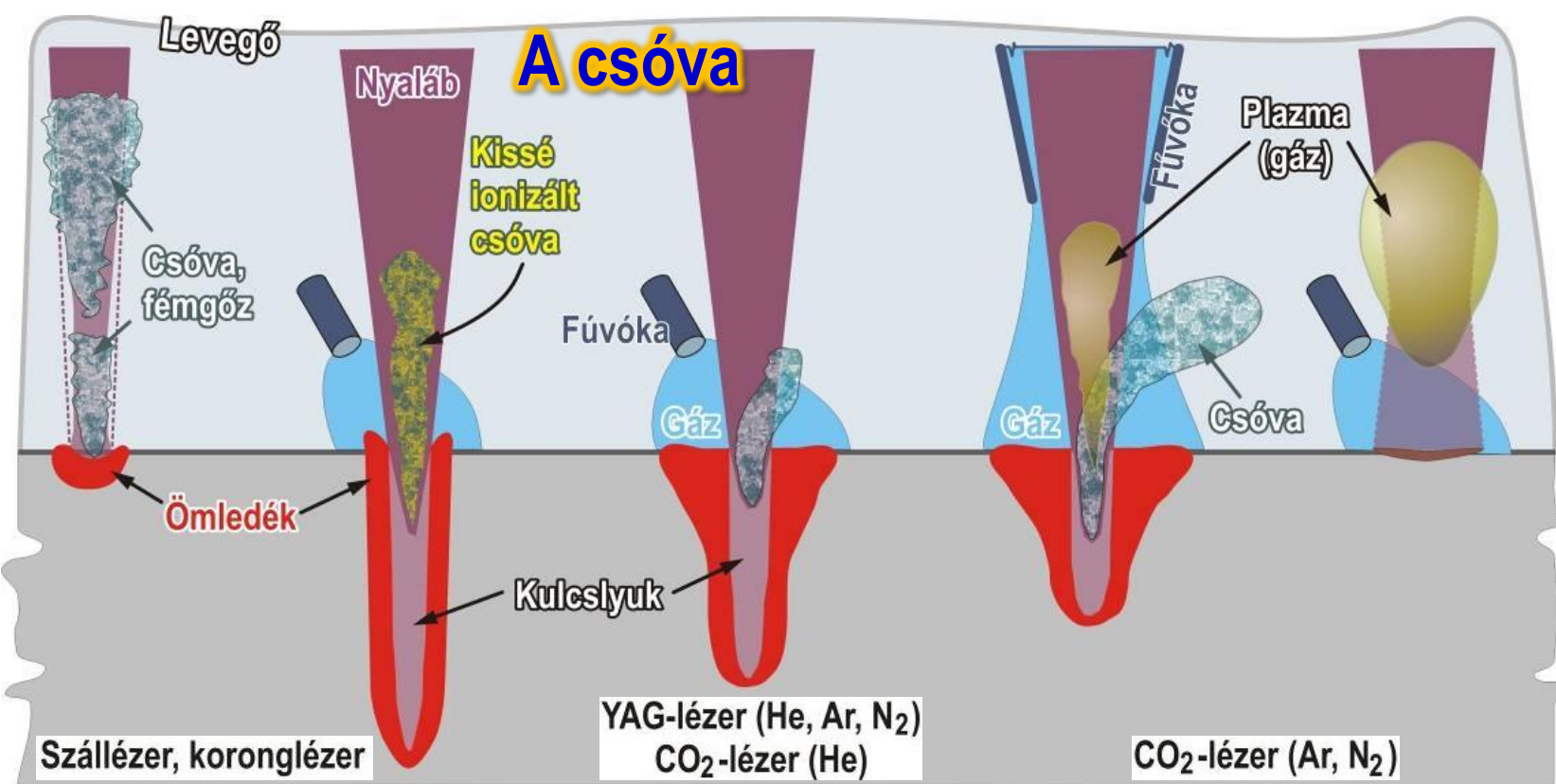
Hegesztés szilárdtestlézerrel (Nd:YAG)

Védőgáz: Ar
Teljesítmény: 1–4 kW
Automatizálás, nyalábmozgatás, szkennerefej

Példa: a lézeres hegesztés technológiai változói



Változó / paraméter	Egység	Érték
Védőgáz: fajta, hozam	17 L/min	He 5.0
Gyökvédőgáz:	5 L/min	Ar 5.0
Fókusz távolság	mm	223
Fókuszeltolás	mm	0
Foltméret		
Lézerteljesítmény	W	2450
Impulzusfrekvencia	Hz	6000
Impulzus + teljesítmény, idő, alak		
Hozaganyag		
Haladási sebesség	m/min	4



YBCO

Oxid (LSMO)

TiN

plume, laser induced plume

bright metal vapor composed of spontaneously emitted high temperature atoms generated from a target plate by laser beam irradiation

Forrás: ISO/TR 25901-5;

JIS Z 3001-5:2013, 57004

Szkennerfejes hegesztés

Hegesztés során a szkennelő optika egy robottal végigvezethető a munkadarabon.

Ez a „repülés” inspirálta a „**hegesztés repülés közben**” kifejezést: a robot és a szkenneroptika valós időben szinkronizálja mozgását.

A robot jelentősen megnöveli a munkaterületet, lehetővé téve az igazi 3D-s alkatrészgyártást.

A **PFO-t** egyszerű szerkesztővel lehet programozni: szerkeszthetők és elmenthetők a hegesztési varratok a munkadarabon. Nagy teljesítményű és kiváló sugárminőségű koronglézereket használnak. Egy vagy több optikai kábel vezeti a lézerfényt a lézerforrástól a munkahelyhez.

