

Dobránszky János előadásai 2024-ben

Hegesztés



11 – A forrasztási eljárások
(9-es eljáráscsoport)



A gyakorlatok helyszíne → G épület

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. A lézeres hegesztés (52) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
10. Az elektronnyalábos (51) hegesztés alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
11. A termikus vágási eljárások (8) alkalmazásai, működése, berendezései, anyagai
12. Az ellenállás-hegesztés (2) 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) és a nagy mechanikai energiával végzett hegesztés (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 hegesztés helye a műtanban (műtan → ma: technológia)

A gyártási eljárások családokba és osztályokba sorolhatók

Alakadási eljárások családja

Elsődleges alakadási eljárások:

Öntési eljárások osztálya

Fröccsöntési eljárások osztálya

Porformázási eljárások osztálya

Képlékenyalakítási eljárások

Kompozit-gyártási eljárások

Különleges eljárások:

additív gyártás, prototípusgyártás

Másodlagos alakadásia avagy

alakmódosító eljárások:

Forgácsolási eljárások osztálya

Kötési eljárások családja

Kötőelemes kötések

Ragasztási eljárások

Forrasztási eljárások

Hegesztési eljárások

Tulajdonságmódosító

kezelési eljárások családja

Hőkezelési eljárások osztálya

Mechanikai felületkezelések

Festési eljárások osztálya

Elektrokémiai felületkezelések

Lágyforrasztás, keményforrasztás, hegesztőforrasztás

A forrasztás helye a kötésfajták sorában

Oldható kötések

Csavaros kötés
Csapos kötés
Ékes kötés
Gyűrűs kötés
Karimás kötés
Mandzsettás ...
Reteszes kötés

Állandó (nem oldható) kötések

Mechanikai...	Kémiai...	Termikus hatással
Feszítőkötés	Cementes kötés	Hegesztés
Nyomókötés	Laminálás	Keményforrasztás
Peremezett kötés	Ragasztás	Lágyforrasztás
Szegecses kötés	Tapasztás	Hegesztőforrasztás
Szorítókötés		+
Tűzött kötés		Hibrid kötések
Zsugorkötés		

A forrasztás meghatározása

A forrasztás olyan kötéslétesítési eljárás, amelyben a megolvadt forrasz(anyag) nedvesíti és beteríti az összekötendő felületeket, majd a megszilárdulása után erős, adhéziós kötést képez.

Amikor a forrasz olvadáspontja nagyobb, mint 450 °C, az eljárást keményforrasztásnak nevezzük, egyébként pedig lágyforrasztásnak.

A forrasztott kötés követelményei

- a) A **forrasz olvadáspontja** – olvadási hőmérséklet-tartománya – legyen kisebb, mint az összeforrasztandó anyagoké. A gyakorlat: kb. 50 °C-kal.
- b) Bár nem olvad meg az alapanyag, **diffúzió** végbemegy, ami hozzájárul az erős kötéshez; ehhez a két anyag között az oldódás kívánatos.
- c) A megolvadt forrasznak nedvesítenie kell az alapanyag felületét. A **nedvesítést** jellemző peremszögnek 90°-nál feltétlenül kisebbnek kell lennie. Minél kisebb a peremszög, annál jobb a nedvesítés, annál jobban terül, folyik a forrasz.
- d) Az olvadt forrasz a **kapilláris erő** hatására tölti ki a rést. A kapilláris erő függ a felületi feszültségtől, a forrasz sűrűségétől, a peremszögtől és a rés méretétől; az optimális résméret általában 0,01–0,1 mm.
- e) A **forraszbehatolás sebessége** és ideje az olvadék viszkozitásától függ; jellemzően 100 ms nagyságrendbe esik. A viszkozitás, a felületi feszültség és a peremszög egyaránt csökken, amikor a hőmérséklet meghaladja a forraszanyag likvidusz hőmérsékletét.
- f) A **felületi érdességnek** van olyan optimuma, amely elősegíti a forrasz terülését és folyását, aminek az az oka, hogy a felületi mikrobarázdák helyileg lecsökkentik a peremszöget. A forrasztandó felületnek közepes finomságú (320–600-as méret), SiC-csiszolópapírral való csiszolása kedvezőbb, mint a simára polírozott felület.

Peremszög, $\theta > 90^\circ$



Peremszög, $\theta = 90^\circ$



Peremszög, $\theta < 90^\circ$



A felületi feszültség a (saját gőzével érintkező) folyadék egységnyi felületének *energiatöbblete* a folyadék belsejéhez képest. A felület valamely ℓ hosszúságú vonala mentén, arra merőlegesen a szomszédos részecskék között F erő hat, amely ellenében $\ell dx = dA$ új felület létrehozásához $F dx = dw$ munka befektetése szükséges.

A felületi feszültség:
egysége: J/m^2 és N/m

$$\gamma = \frac{dw}{dA} = \frac{F dx}{\ell dx} \approx \frac{w}{A} = \frac{F}{l}$$

Nedvesítés-nedvesedés

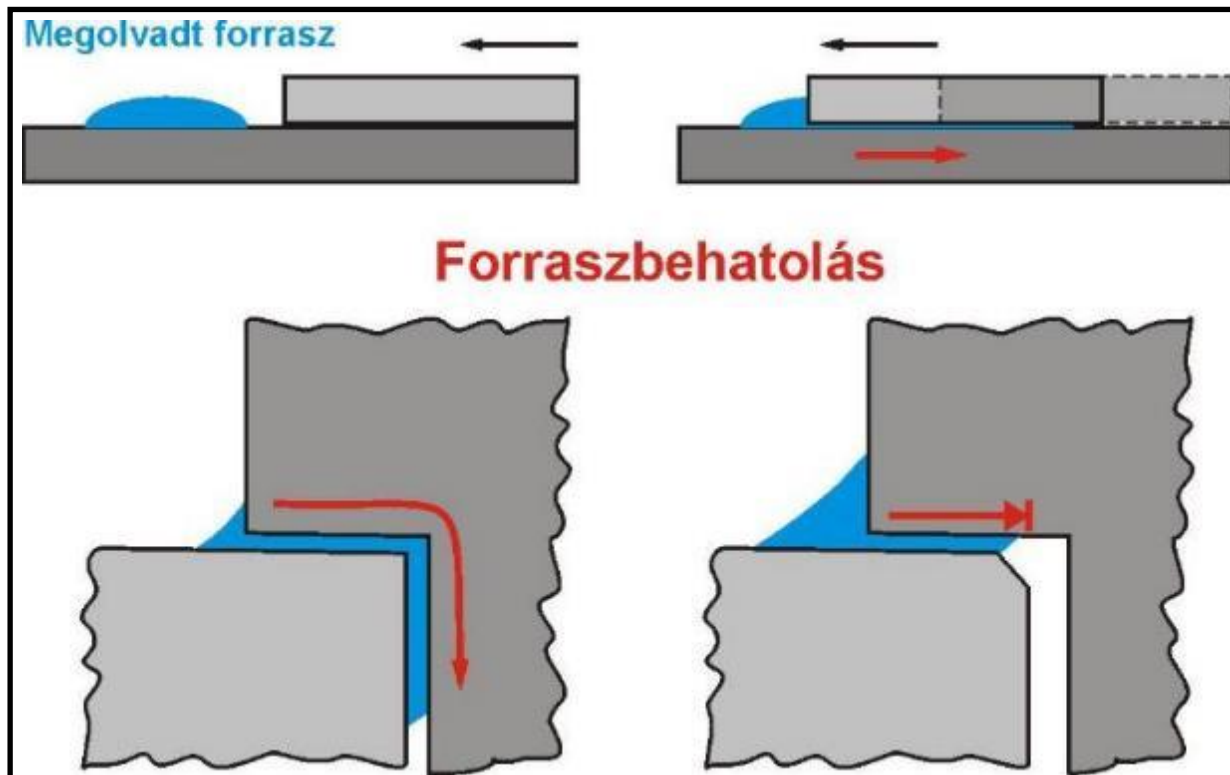
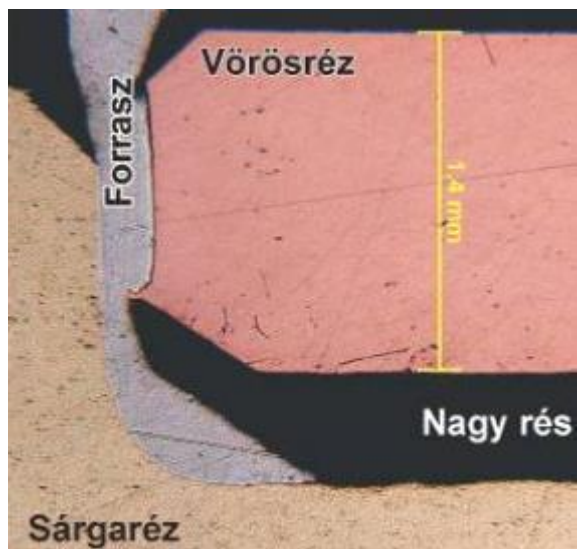
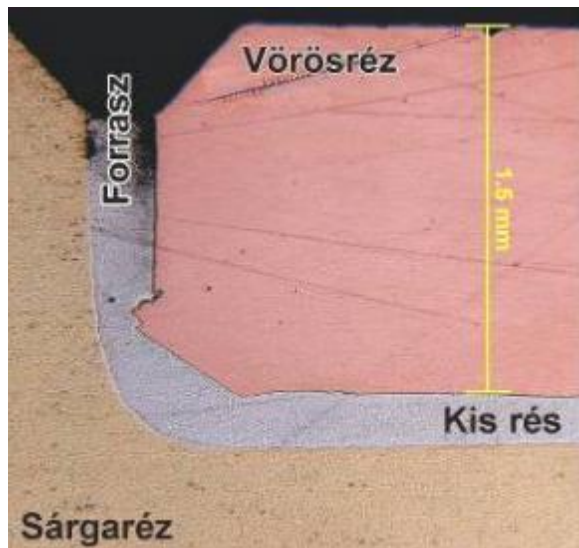
A **nedvesedés** vagy **nedvesíthetőség** mértéke általában a θ **peremszög** értékével becsülhető. Egy tökéletesen sík, szilárd felületen nyugvó folyadékcsepp mechanikai és termodinamikai egyensúlyából a Young-egyenlet határozza meg a θ peremszöget a vízszintes erők egyensúlya és a háromfázisú rendszer határfelületi feszültségei alapján.

A **peremszög kulcsfontosságú tényező** a forraszok kiválasztásában: $\theta \ll 90^\circ$ nedvesítési feltételekre van szükség ahhoz, hogy jó minőségű forrasztott kötés jöjjön létre: általában egy anyag forraszthatósága annál jobb, minél kisebb az adott forrasz esetén a peremszög.

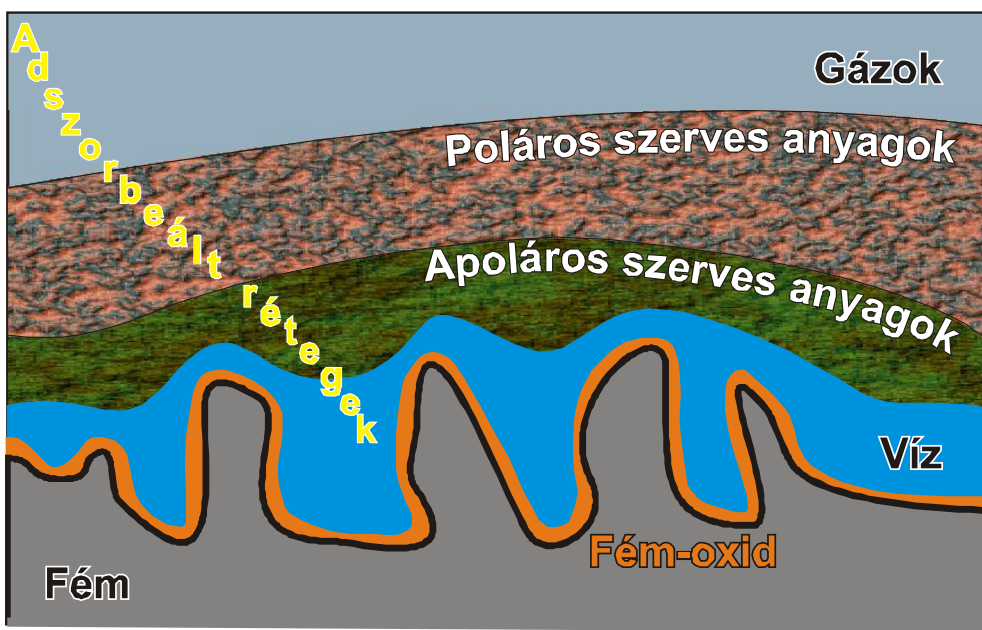
Egyszersmind a Young–Dupré-egyenlet értelmében a θ peremszöget úgy lehet tekinteni, mint egy kötésszilárdsági tényezőt, mivel a folyadék γ_{LV} felületi feszültségével együtt közvetlenül befolyásolja a W_a adhéziós munkát (kis θ általában korrelál nagyobb W_a -val).

A forrasztás alapvető tulajdonsága, hogy a forrasz a **kapilláris hatás** révén behatol a forrasztási részbe, amelyet teljesen kitölt.

A **forrasz behatolás** csak megfelelő **rés méret** esetén lehet tökéletes; a felületek közötti résznek párhuzamosnak és egyenletesnek kell lennie, különben a forrasz nem hatol be teljesen a részbe.



A kapilláris hatás nem tud érvényesülni sem a nulla szélességű, sem a túl nagy **forrasztási rész** esetén. Ilyenkor nem beszélhetünk forrasz behatolásról. Erre mutat példát egy alkatrész jó (balra) és (rossz) forrasztott kötéséről készített mikroszkópi csiszolat.



Alapvető, hogy a forrasztandó felület **tiszta legyen**, különben a forrasz nem tapad meg rajta. Semmilyen szennyeződés, zsír, olaj, nedvesség, reze stb. Nem lehet a felületen. Minden felületi réteg gátolja a forrasznak a felület atomjaival való érintkezését.

Felülettisztítás

Mechanikai tisztítás

Csiszolás csiszolópapírral
Tisztítás reszelővel
Kaparószerszámmal
Súrolás durva vászonnal
Szemcse-, homokszórás

Kémiai tisztítás

Puha rongy, törlőpapír zsírtalanító szerrel → szén-tetraklorid
Sorozatgyártásban a triklór-etilén fürdőbe mártás alkalmas
Forró lúgos oldatok
Szappanmentes lúgos detergensek
Savas pácolás

Különös figyelmet kell fordítani a korróziós bemarkódások tisztítására. A felület NE legyen túlságosan simára polírozva! A bevonatos acéllemezek nem igényelnek mechanikai tisztítást, de a kémiai tisztítás elengedhetetlen.

A triklór-etilén hatékony zsírtalanítószer.

A lágyacélok revétlenítésére az 50%-os sósavoldat alkalmas, melegítés nélkül.

A kémiai tisztítást mindig alapos öblítés (desztillált vízzel) és szárítás követi.

A folyasztószer szerepe

A fémek felületét **oxidréteg** borítja már néhány perccel a tisztítás után. A hőmérséklet növekedése erősen gyorsítja ezt a folyamatot. Az oxidréteg pedig lehetetlenné teszi a megfelelő erősségű forrasztott kötés kialakulását. Az oxidréteg újraképződését megakadályozandó alkalmas **folyasztószert** kell a felületre juttatni azonnal a tisztítás után.

A folyasztószerezrel szemben támasztott követelmények:

1. Legyen folyadék fázisú a forrasztás hőmérsékletén.
2. Folyadékként borítsa be a kötési zónát, gátolja meg a hevítés okozta oxidációt.
3. Oldjon fel minden maradék oxidot a felületről (aktív folyasztószer).
4. Legyen mozgatható a megolvadt forrasz által.
5. Ne hagyjon hátra korróziós hatású maradékot.

A legismertebb **passzív** folyasztószer a **fenyőgyanta**. Ott alkalmazzák (pl. nyomtatott áramkörök), ahol forrasztás után nem lehet semmilyen tisztítást alkalmazni, eltávolítandó a maradékokat. Nem tudja bontani a felületi oxidfilmet, csak a forrasztás közbeni oxidációt gátolja. Alkoholban feloldva alkalmazzák 1:(2–4) arányban.

A legismertebb **aktív** folyasztószer a „**forrasztóvíz**” (cink-klorid oldat). Gyorsan oldja az oxidot, és gátolja az újraképződését. Marja az anyag felületét is, elősegítve a nedvesítést és a forrasz adhézióját. Maradéka erősen korrozív, ezért forrasztás után, mosással, gondosan el kell távolítani.

A folyasztószerek rendelkezésre állnak kenhető **paszta** formájában is. A paszta nagy előnye, hogy nem folyik keresztül a forrasztási résen az alkatrész más részeire.

A lágyforrasztási eljárások: MSZ EN ISO 4063:2017

9 Keményforrasztás, lágyforrasztás és hegesztőforrasztás

94 Helyi hevítéses lágyforrasztás

941 Infravörös sugaras → **sugárzásos** lágyforrasztás

942 Lánghevítéses lágyforrasztás

943 Pákás lágyforrasztás

944 Vonszó (úsztatásos) lágyforrasztás

945 Lézersugaras lágyforrasztás → **Lézeres** lágyforrasztás

946 Indukciós lágyforrasztás

947 Ultrahangos lágyforrasztás

948 Ellenállás-lágyforrasztás

949 Diffúziós lágyforrasztás

95 Teljes hevítéses lágyforrasztás

951 Hullámforrasztás

953 Kemencés lágyforrasztás

954 Vákuumos lágyforrasztás

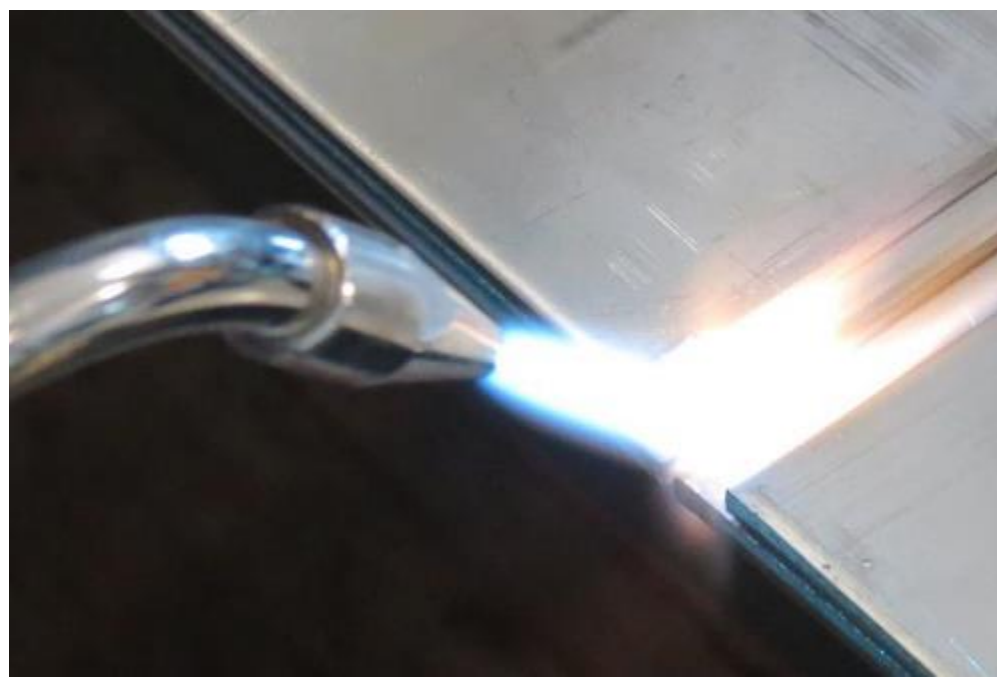
955 Bemártásos lágyforrasztás

957 Sófürdős lágyforrasztás

96 Egyéb lágyforrasztási eljárások

Lánghevítéses lágyszerasztás (942)

A hevítést gázláng végzi, amely szénhidrogén vagy hidrogen elégetésével képződik. Kézi eljárásként és automata sorokon egyaránt jól alkalmazható.

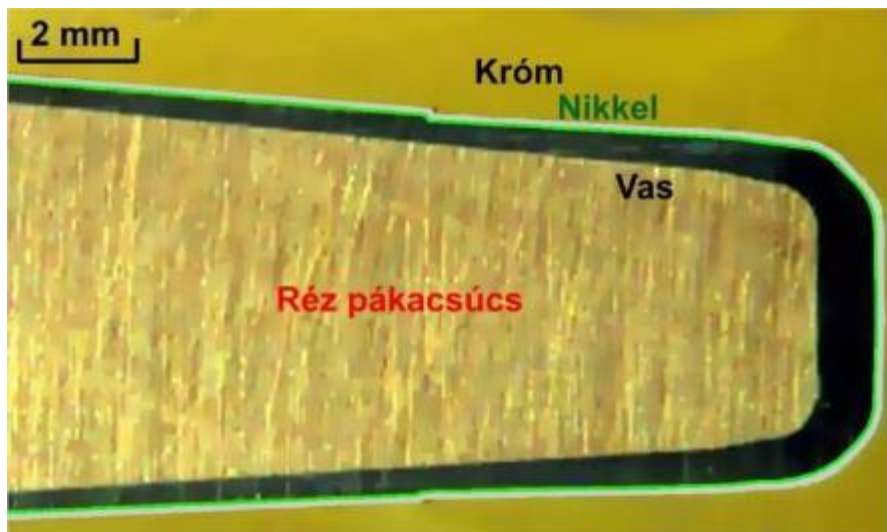


A **hevítést gázláng végzi**, amely szénhidrogén vagy hidrogen elégetésével képződik. Kézi eljárásként és automata sorokon egyaránt jól alkalmazható. Nagy tömegű alkatrészek gyors hevítésére is alkalmas, viszont erős revésedéssel és a láng jelentős szétterülésével kell számolni. A forraszanyagot bemártják a folyasztószerbe (por, paszta), a forraszról olvad le, s folyik be a forrasztási részbe. A lángot egyenletesen oda-vissza mozgatva kell melegíteni az alkatrészeket a folyasztószer habzásának kezdetéig.

A forraszanyag leolvasztása: a varrat egyik végéhez érintve, folyamatosan követve a varrat vonalát.

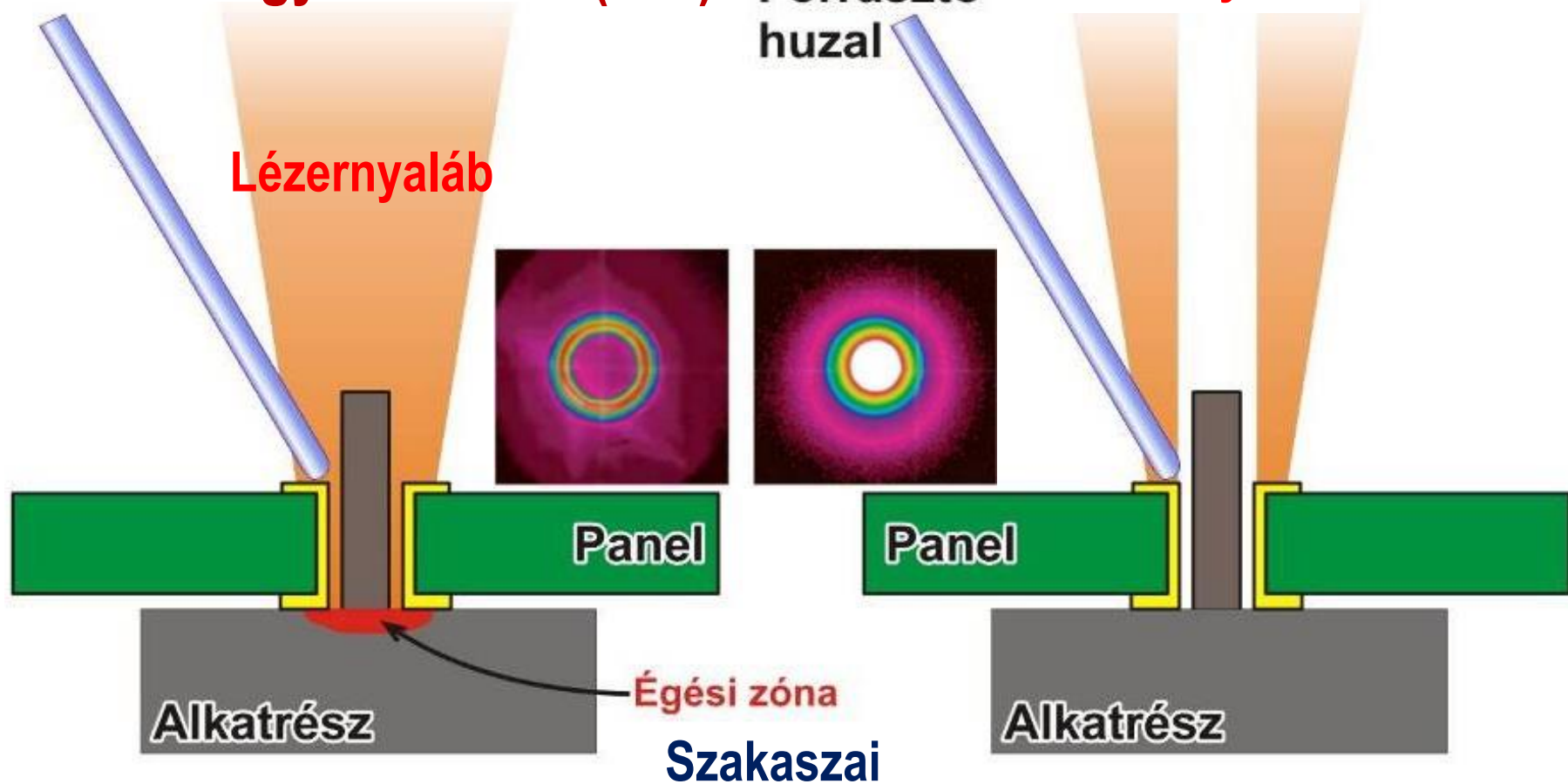
Pákás lágyforrasztás (943)

A pákás forrasztás széles körben alkalmazott forrasztási eljárás horganyzott acéllemezek és vékony sárgaréz- vagy rézlemezek forrasztására. A páka csúcsa rézből készül, a szár acélból, a nyél pedig általában fából. A réz pákacsúcson többrétegű bevonat található, belülről kifelé: vas, nikkel és króm.



A pákás forrasztás automatizált változatát alkalmazzák pl. a volfrám izzószálas autólámpák kivezetéseinek forrasztásakor. Az előre megolvasztott forrasztóanyag a páka bemártásakor feltapad csúcsára, és az viszi a forrasztási helyre.

Lézeres lágyforrasztás (945)



1. Az alkatrész beforrasztandó lábának hevítése diódalézerrel.
2. A huzalelőtoló betolja a forraszt.
3. A forraszt a hevített felületre érve megolvad, szétterül, majd megdermed.

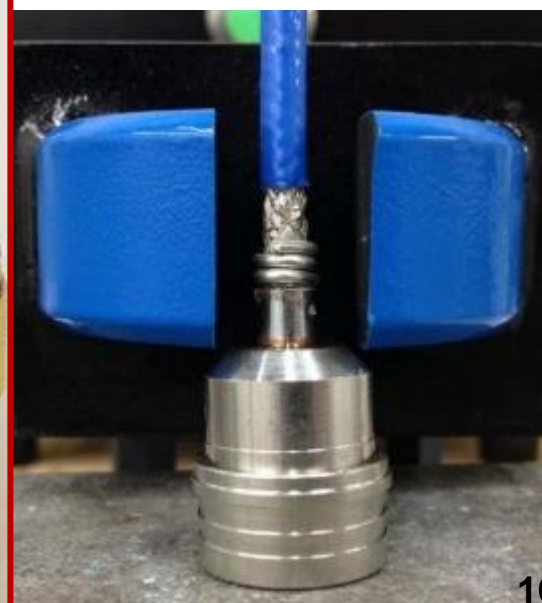
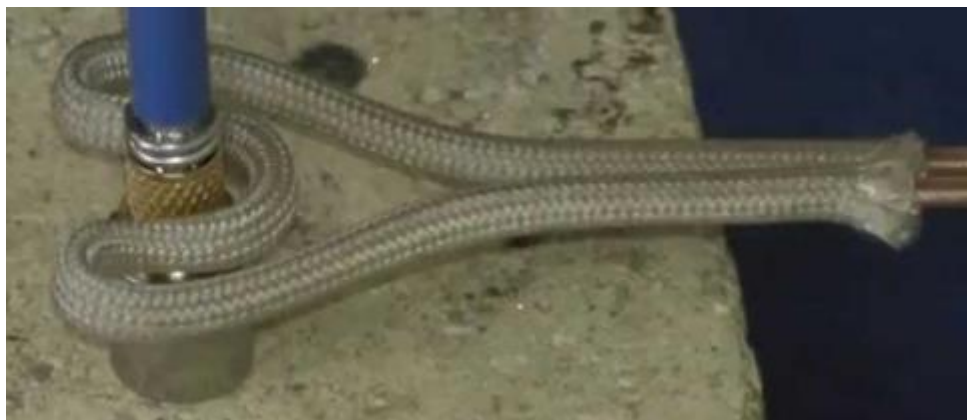
“Lyukas” lézernyalábot lehet előállítani az ún. fánklencsével, amely a sugárzás energiáját egy gyűrű keresztmetszetbe fókuszálja; az így hevített panelekben az alkatrészek nem égnek meg.

Indukciós lágyforrasztás (946)

A tisztítás és pasztázás után az alkatrészeket nagyfrekvenciás indukciós tekerccsel hevítik. A forrasz másodpercek alatt megolvad. A módszer érintésmentes, nagyon gyors hevítést biztosít, kicsi a berendezés karbantartás-igénye.

A forrasztóberendezés összetevői

- Induktortekercs
- Nagyfrekvenciás tápegység
- Hűtőrendszer
- Vezérlés
- Forrasztóhuzal-adagoló
- AlkatrésZRögzítő készülékek
- Hőmérséklet-érzékelő



Ultrahangos lágyforrasztás (947)

Az ultrahangos forrasztást elsősorban folyasztószermentes forrasztáshoz használják. nemfémekhez, például üveghez, kerámiához, továbbá nehezen forrasztható fémekhez, például alumíniumhoz és rozsdamentes acélhoz. A RoHS is készíti az elektronikai gyártókat, hogy csökkentsék, kiküszöböljék a folyasztószereket, de a különleges alkalmazások – például az emberi testbe kerülő eszközök – gyártása is ilyen terület.

Az ultrahangos forrasztás kézi és robotos rendszerekben alkalmazható. A nagyfrekvenciás rezgés közvetíti az energiát a forrasztó megolvasztásához.

Mechanikai és kémiai kötés is kialakul: a rezgés a folyékony forrasztó a felületi barázdákba és pórusokba kényszeríti, és jelentősen megnöveli a kötési felületét.



A forrasztóban kis mennyiségű Al, Be, In, Si, Ag, Ti, Zn és ritkaföldfémek lehetnek: ezek erős affinitást mutatnak az oxigénnel, olyan oxidokat képeznek, amelyek kémiaiilag kötődnek az üveghez, kerámiához és a fémekhez. Ez a forrasztó létezik ólomozott vagy ólommentes összetételben.

Ellenállás-lágyforrasztás (948)

Az ellenállás-forrasztásnál kisfeszültségű áram folyik át a tisztított és pasztázott alkatrészeken; a nagy átmeneti ellenálláson fejlődő hő gyorsan felmelegíti a forrasztandó felületeket és a forraszt.



Előnyei

- A hevítés azonnal, nagy sebességgel megtörténik.
- A lehűlés nagyon gyors.
- Az ellenállás-forrasztó elektródacsúcsok élettartama többszöröse a pákacsúcsokénak.
- A berendezés rugalmasan illeszthető különféle termékekhez, kezelése nem igényel nagy szaktudást.
- Lábpedállal működtetve a kezelő mindkét keze szabad, amelyeket az alkatrészek rögzítésére használhat.
- A kezelőnek nem kell tartania a hevítőkészüléket vagy a pákát, a munka kevésbé fárasztó.
- Gazdaságos villamosenergia-felhasználást tesz lehetővé.
- Számos nehéz forrasztási feladat jól megoldható általa, pl. a hűtőbordák forrasztása.

Ellenállás-lágyforrasztás (948)



Cinkhenger
+ Sr. szalag
+ Ni-bevonatos Cu-huzal
+ paszta
+ Sn-Pb forrasz



PERION Akkumulátorgyár (1893–2002)



Hullámforrasztás (951)

Az elektronikai panelek hullámforrasztásának kezdete ~1956-ra esik. A megolvasztott forraszt egy fúvókán keresztül felfelé spriccelve – afféle hullámként – juttatják alulról a folyasztószerrel előkezelt panel hátlapjára. Ez a forrasztási módszer tette lehetővé a teljesen előszerelt nyákpanelek tömeggyártását. Az összes forrasztási pont egy síkon helyezkedik el, a forrasztó olvadáka minden forrasztási pontot biztosan el tud érni és ki tud tölteni anélkül, hogy az egymáshoz közeli pontok között áthidalás jönne létre.

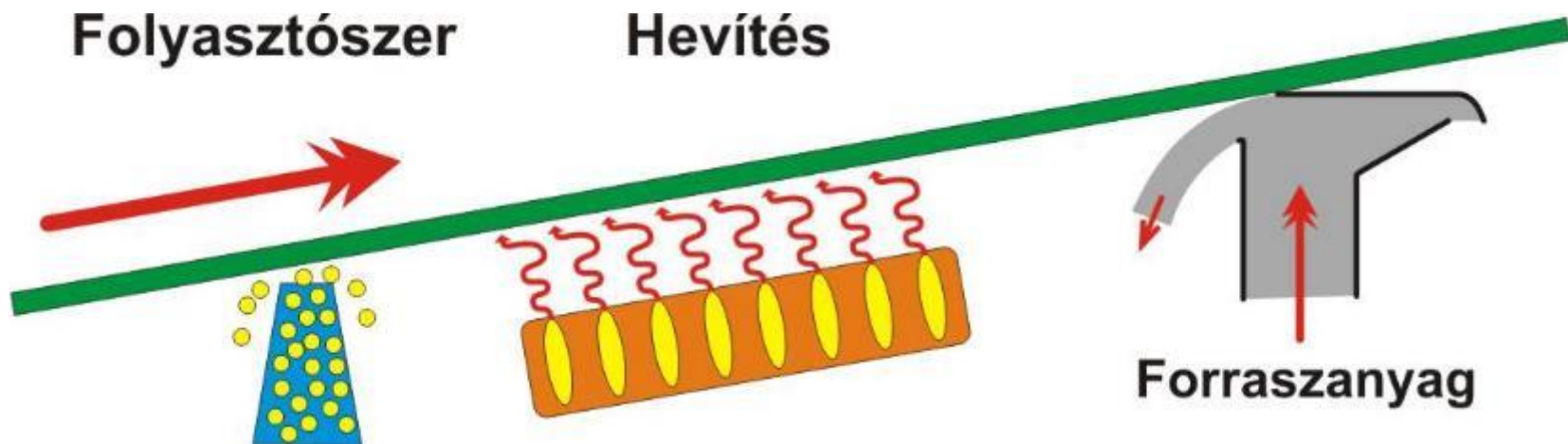
A 3 fő munkaszakasz: 1.) folyasztószer-adagolás, 2.) hevítés, 3.) forrasztóanyag

Ez a 3 szakasz egymástól térben és időben teljesen elkülönül.

Az előmelegítés 80–110 °C-ra történik, és eltávolítja a folyasztószer oldószerét.

Maga a forrasztóanyag biztosítja a további hőszükségletet.

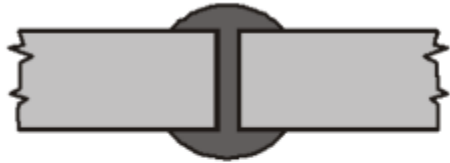
A hullámforrasztógépekben a forrasztási folyamat általában nitrogén védőgáz alatt történik, automata berendezésekben. → <https://www.youtube.com/watch?v=nm57ypljoxw>



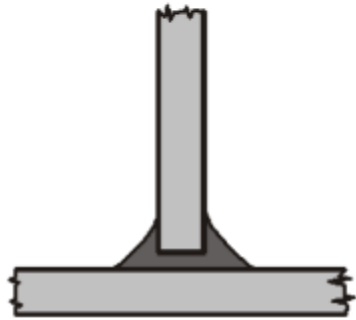
A lágyforrasztott kötések típusai

A kötéstípusok között a nagy felületen érintkezést megvalósítók kialakítására kell törekedni.

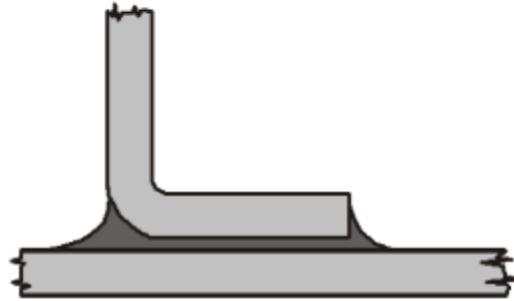
Tompakötés (gyenge)



Átlapolt kötés (erős)

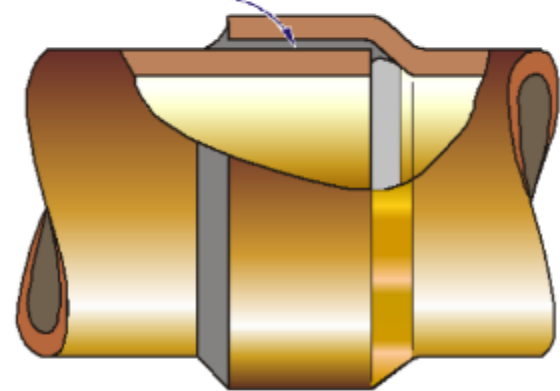


Egyszerű T-kötés
(gyenge)



Átlapolt T-kötés
(erős)

Hézag: 50-250µm



Vállas átlapolt kötés (tokos csőkötés)



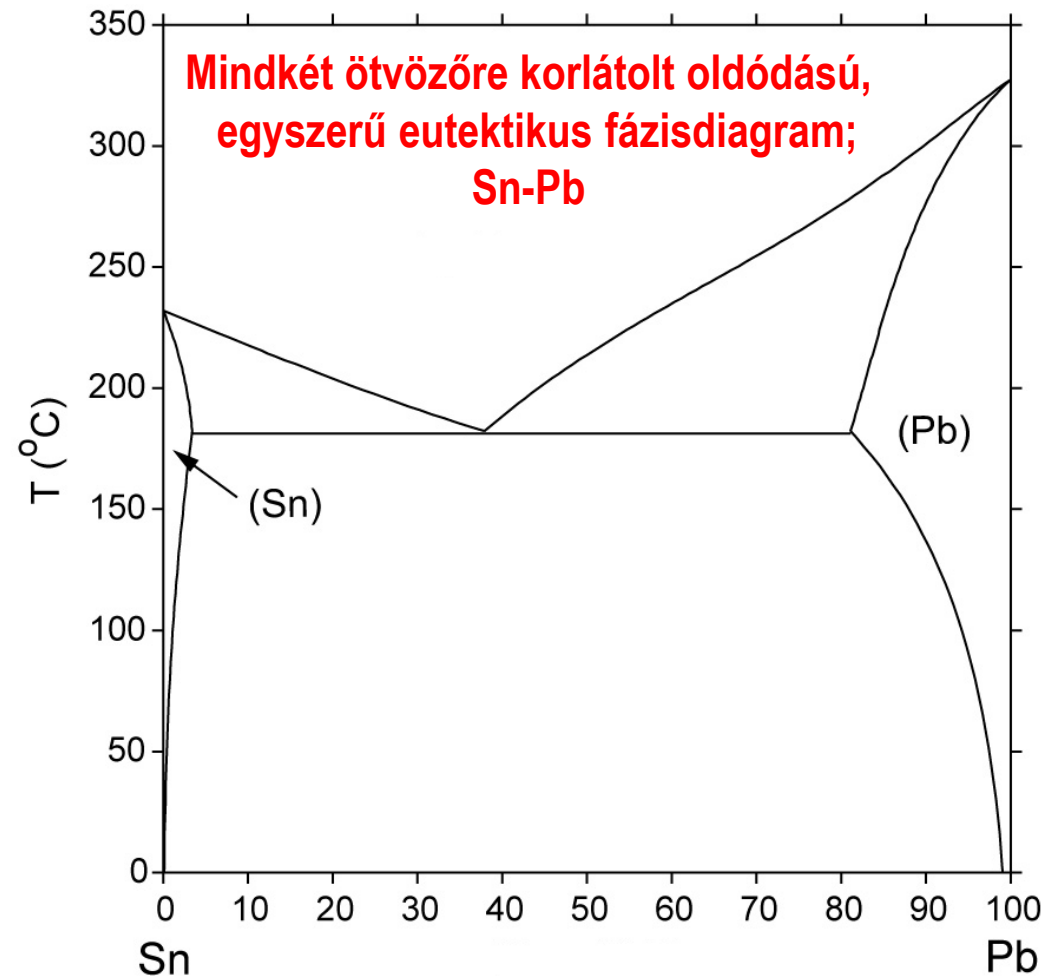
Hurkolt kötés



Egyszerű tompakötés
hevederrel

A lágyszerelés „rég” szerelvénye

A lágyszerelés hagyományos szerelvénye a Pb-Sn ötvözetek. Ma viszont erősen gátolják alkalmazásukat a környezetvédelmi előírások, amelyek a Pb-tartalom miatt tiltólistás veszélyes anyagnak minősítették ezeket a szerelvényeket olyan alkalmazásokban, amelyek egészségi ártalmat okozhatnak. A lakások fűtési rendszerének szerelésére alkalmazható, de nem használható ivóvízvezetékek szerelésére.



Bár az emberi fogyasztási körön kívül esik a háztartási gépek zöme, ezek mikroelektronikai paneljei is ma már ólommentes szerelvényekkel készülnek. A gyártóknak egyszerűbb inkább mindent ólommentes szerelvényekkel készíteni, mint változtatni a termékek jellege szerint.

A megfelelő kötéshez a szerelvénynek meg kell tapadnia felületen → **adhézió**. Ennek során a szerelvény és az alapanyag felületi rétege reakcióba lép, és intermetallikus fázis(ok) alakul(nak) ki, amelyek fizikailag nem távolíthatók el a felületről. Ennek a rétegnek a kialakulása a **réz, sárgaréz és acél** szereléskor az alapanyag és a szerelvényben lévő Sn között megy végbe.

Pb-Sn-alapú lágyforraszok

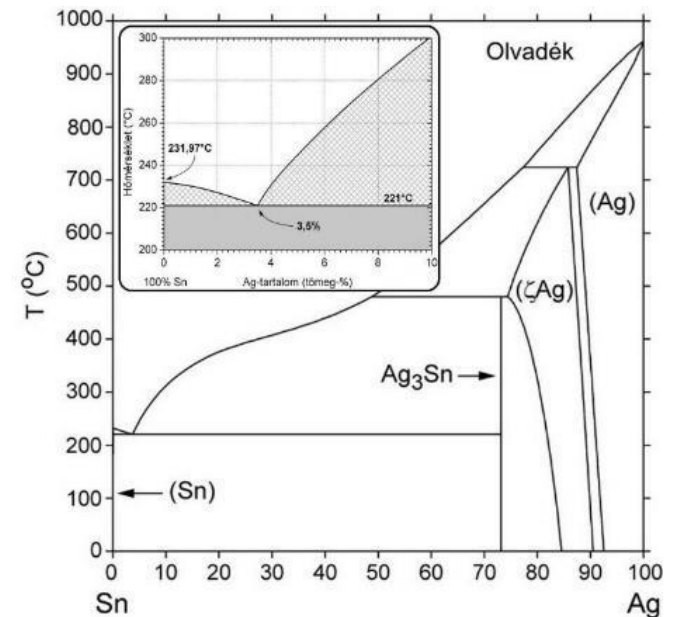
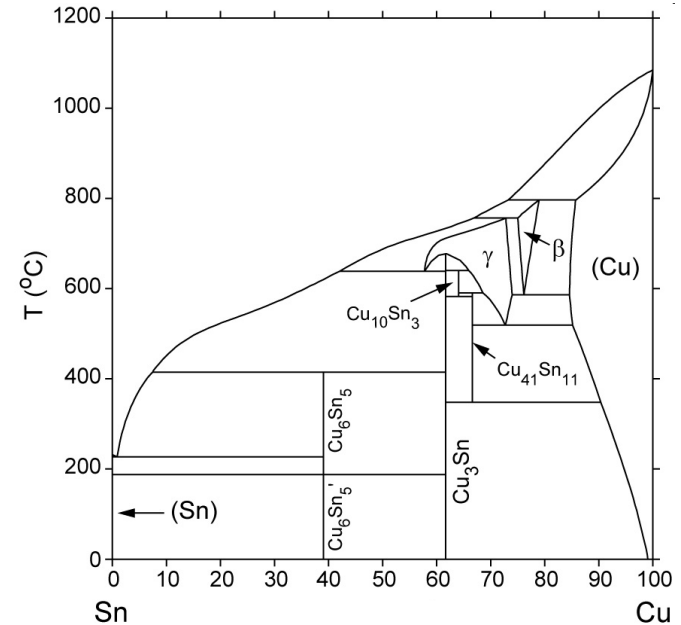
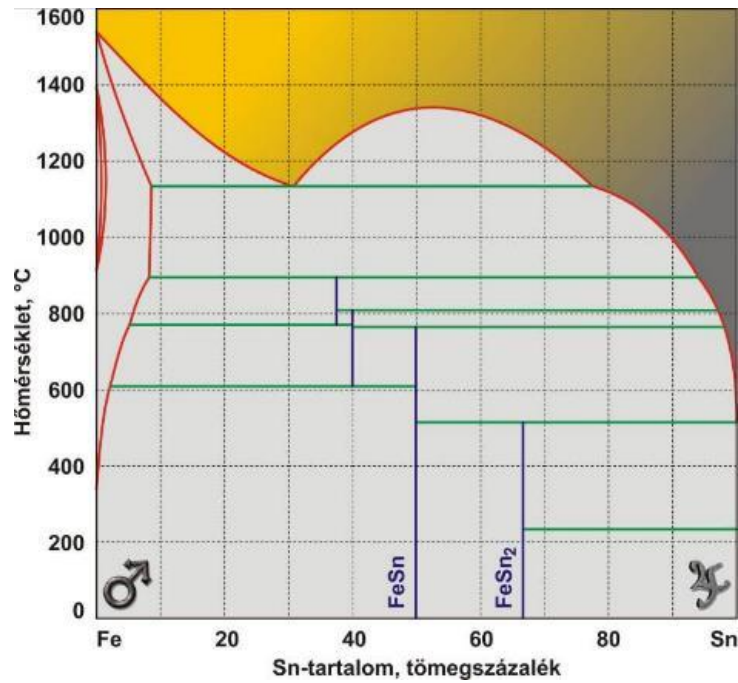
Jelölési példa az MSZ EN ISO 3677:2017 szerint: S-Sn63Pb37E

Pb %	Sn %	Sb %	Más, %	Olvad °C	Főbb jellemzők, alkalmazások
37	63			183	Elektronikai lágyforrasz
40	60			183–188	Elektronikai lágyforrasz
60	40			183–234	
50	50			183–216	
90	10			268–301	
95			5 Ag	304–365	
34,4	65	0,6		183–185	Elektronikai lágyforrasz. Az Sb keményít
39,5	60	0,5		183–188	Minőségi bádogos munkákhoz használatos
49,5	50	0,5		183–212	A réz és az acél általános forrasztásához
59,6	40	0,4		183–234	Csövek forrasztására vékony szalag formájában is
69,7	30	0,3		183–255	Csőszerelési forrasz. Sűrű, jól kenhető, törölhető
58	40	2		185–231	
42	34		24 Bi	100–146	
32	50		18 Cd	145	
93,5	5		1,5 Ag	296–301	
36	62		2 Ag	177–189	
48,5	50		1,5 Cu		A réz mérsékli a páka kopását

Ólommentes lágyforraszok

MSZ EN ISO 3677:2017

Forraszok kemény- és lágyforrasztáshoz.
Jelölési rendszer (ISO 3677:2016)



Az ólommentes forrasztás

A lágyforrasztáshoz évtizedeken keresztül leggyakrabban Sn-Pb ötvözeteket használtak. Az Sn-37Pb eutektikus ötvözet „pépes” állapot nélkül dermed. 2006 óta azonban csak ólommentes forraszok (Sn-alapúak) használhatók az EU-ban.

A legkisebb olvadáspontú lágyforrasz az Sn, Pb, Bi hármas eutektikumából készíthető, amely már 96 °C-on megolvad.

Az alumíniumot Sn-Zn-Al-Cd ötvözetekkel (pl. 40Sn-35Zn-15Al-10Cd) lágyforrasztják.

Az ólommentes forraszokban kerülni kell a Pb-szennyezést a forrasztási zónában is: nem csak gyengíti a kötést, de megsérti az ólommentességet kimondó jogszabályokat is. Ez különösen gondot okozhat a korábban Pb-Sn forrasszal készített kötések javításakor.

Ki kell emelni, hogy az ólommentes forraszok alkalmazásával egy olyan probléma is felszínre került, amely a Pb-Sn forraszoknál ismeretlen volt: ez a kötés elridegedése kis hőmérsékleteken, amelynek következtében a forrasztott kötés elveszti alakváltozó lépcsőségét, és repedés, törés alakul ki benne. Az ólomtartalmú forraszok felületén kialakuló ólom-oxidnak köszönhetően azok a forrasztott kötések korrózióállóak is voltak, ezzel szemben az ólommentes forraszok ón-oxid védőrétege könnyen és gyorsan károsodik, a kötés számottevő korrózióját vonva maga után.

RoHS = 2002/95/EC rendelet,
Restriction of Certain Hazardous Substances
(Egyes veszélyes nyersanyagok felhasználásának korlátozása)

WEEE = 2002/96/EC rendelet,
Waste Electrical and Electronic Equipment
(Villamos és elektronikus készülékek hulladéka)

Európában, 2006-ban életbe lépett a WEEE és a RoHS direktíva.



Ólommentes lágyforraszok

A legnépszerűbb kétkomponensű ólommentes lágyforraszok:

- Sn-Cu ötvözetek:** olvadáspontjuk 227–230 °C. Bár a gyakorlatban legelterjedtebb és legolcsóbb lágyforraszok, gyakran fordulnak elő olyan nedvesítési és folyási problémák, amelyek az ólomtartalmú forraszoknál lényegében ismeretlenek voltak. Azonban a megfelelő hőforrás és a gyártók által biztosított megfelelően aktív folyasztószer biztosítani képes a forrasznak a megfelelő réskitöltési tulajdonságait.
- Sn-Ag ötvözetek:** olvadáspontjuk 210–220 °C, amely az Ag-tartalom függvénye. Az ezüst kiváló nedvesítési és folyási tulajdonságokat biztosít. Jóval drágább forraszok, mint az Sn-Cu ötvözetek, de lényegesen könnyebben lehet velük dolgozni a hagyományos folyasztószer és hevítési módok megtartása esetén.

Kétkomponensű ólommentes lágyforraszok

- Sn_{0,3}Cu – Sn_{0,5}Cu – Sn_{0,7}Cu – Sn₁Cu – Sn₃Cu
- Sn₁Ag – Sn₂Ag – Sn₃Ag – Sn_{3,5}Ag
- Sn₁₅Zn (alumíniumhoz)
- 95Sn5Sb – 42Sn58Bi

Háromkomponensű ólommentes lágyforraszok

- Sn_{0,7}Cu_{0,3}Ag – Sn_{3,4}Cu_{0,5}Ag – Sn₄Cu₃Ag
- Sn_{3,2}Ag_{0,8}Cu – Sn_{3,5}Ag_{0,7}Cu – Sn_{3,6}Ag₁Cu – Sn_{3,8}Ag_{0,7}Cu – Sn_{4,7}Ag_{1,7}Cu

Többkomponensű ólommentes lágyforraszok

- Sn + Cu, Ag, Sb, In

Az Sn_{3,8}Ag_{0,7}Cu forrasz jellemzői

Olvadás, T_m (szolidusz–likvidusz): 217–220 °C
Munkahőmérséklet: 238–248 °C
Peremszög (nedvesítési szög): 42°
Keménység: 15–26 HBS (a hőkezeltégi állapottól függően)
Villamos vezetőképesség: 13% IACS
Fajlagos ellenállás: 13 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
Szakítószilárdság, 20 °C-on: 48 MPa
Nyírószilárdság, 20 °C: 27 MPa, 100 °C: 17 MPa
Kúszáshatár: 1000 h-20 °C: 13 MPa, 100 °C: 5 MPa

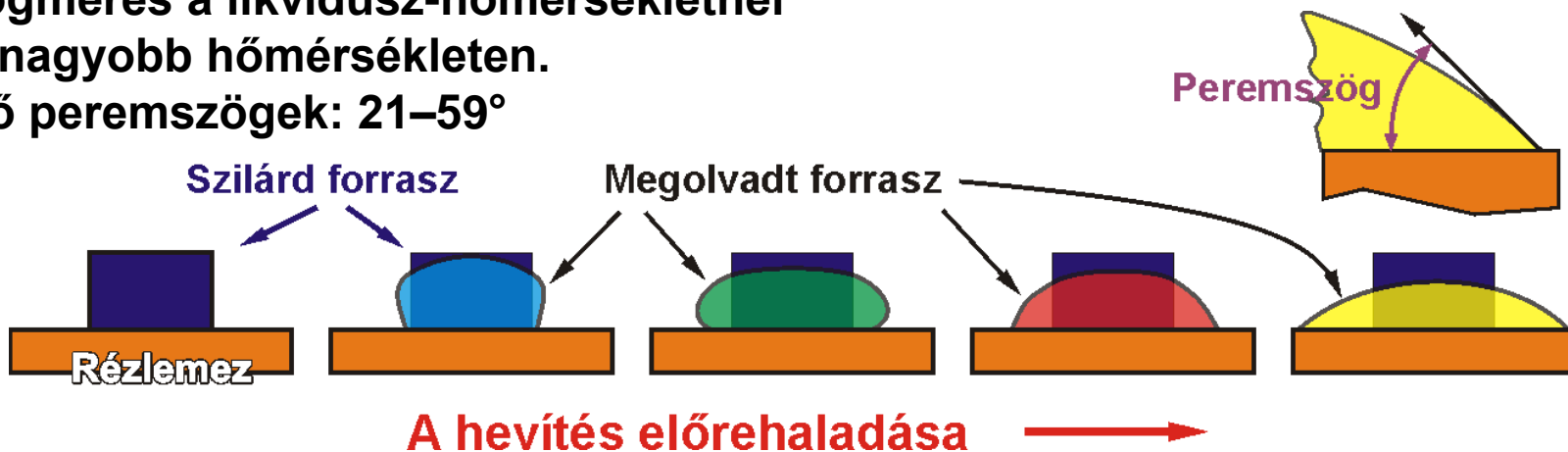
IACS = International Annealed Copper Standard
Az IACS a nemmágneses vezetőanyagok villamos vezetőképességének kifejezésére szolgáló, a rézre vonatkoztatott egység

Nedvesítési vizsgálatok: Sobczak-, Yu-módszer stb.

Peremszögmérés a likvidusz-hőmérsékletnél

10 °C-kal nagyobb hőmérsékleten.

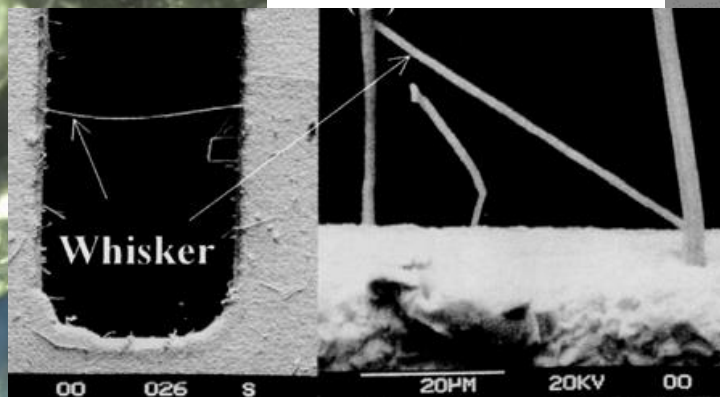
A jellemző peremszögek: 21–59°



Az új lágyforraszok egy szörnyűsége tulajdonsága

Súlyos probléma az elektronikai paneleken:
öntűkristály-képződés

<https://aimsolder.com/technical-articles/tin-whiskers-revelations-part-iii>



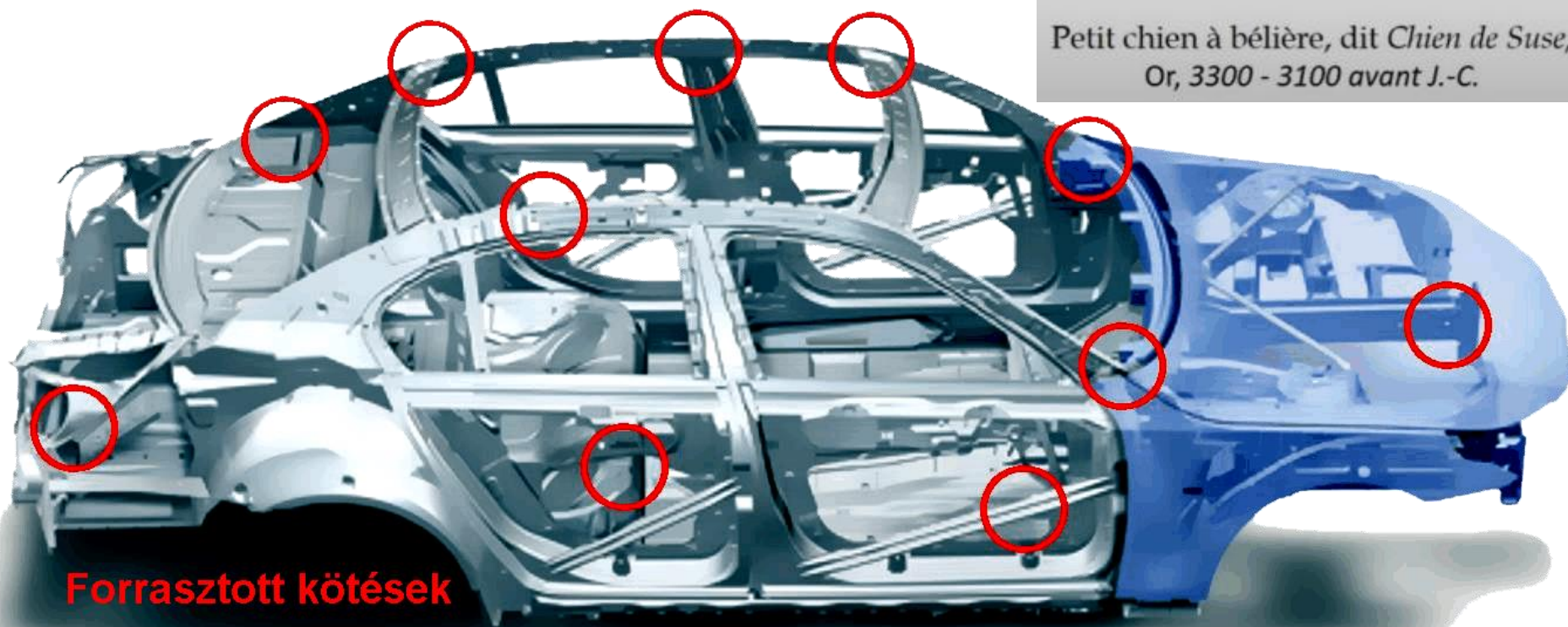
A keményforrasztás

A keményforrasztás jelentős szerepet játszik a járműgyártásban, különösen a gépkocsigyártásban.

Az egyéb kötéstechnikai eljárásokkal nem vagy nem eredményesen összeköthető alkatrészek kötésére szolgál.



Petit chien à bélière, dit *Chien de Suse*,
Or, 3300 - 3100 avant J.-C.



Forrasztott kötések

A keményforraszthatóság

A fémek és kerámiák keményforraszthatósága az az anyagtulajdonság, hogy keményforrasztással kialakítható rajta olyan kötés, amely az előírt gyártási folyamat végrehajtásával kielégíti az elvárt követelményeket.

A keményforraszthatóság fontos eleme a forrasz általi nedvesíthetőség; ennek részleteit a lágyforrasztást ismertető tananyag tartalmazza.

A keményforrasztás alkalmazási előnyei:

- vékony alkatrészek kötése nagy szilárdságú kötéssel
- készre szerelt szerelvények több pontján egyszerre jöhet létre a kötés
- nagy kiterjedésű kötések hozhatók létre
- csekély a torzulás, elkerülhető a túlhevülés, az alapanyag nem módosul
- vegyes kötések: acél+alumínium, Al + Ti, Al + Mg stb.
- a kötés és a hőkezelés egyszerre megtörténhet
- optimális hőtechnikai jellemzők a gyártmányokon
- jól automatizálható

A keményforrasztott kötés megfelelőségének tényezői:

1. A megfelelő olvadáspontú keményforrasz kiválasztása; az alapanyag olvadáspontjánál megfelelő mértékben kisebb legyen a forrasz olvadáspontja.
2. A forrasztandó felületek megfelelő tisztasága; az előzetesen lágyforrasztott kötések nem keményforraszthatók.
3. A fémfelületeket – alapanyag és forrasz – borító oxidréteg teljes mértékű eltávolítása a megfelelő folyasztszerrel.
4. Az alapanyag felületének kellő mértékű nedvesítése a forrasz olvadéka által.

A keményforrasztás lépései

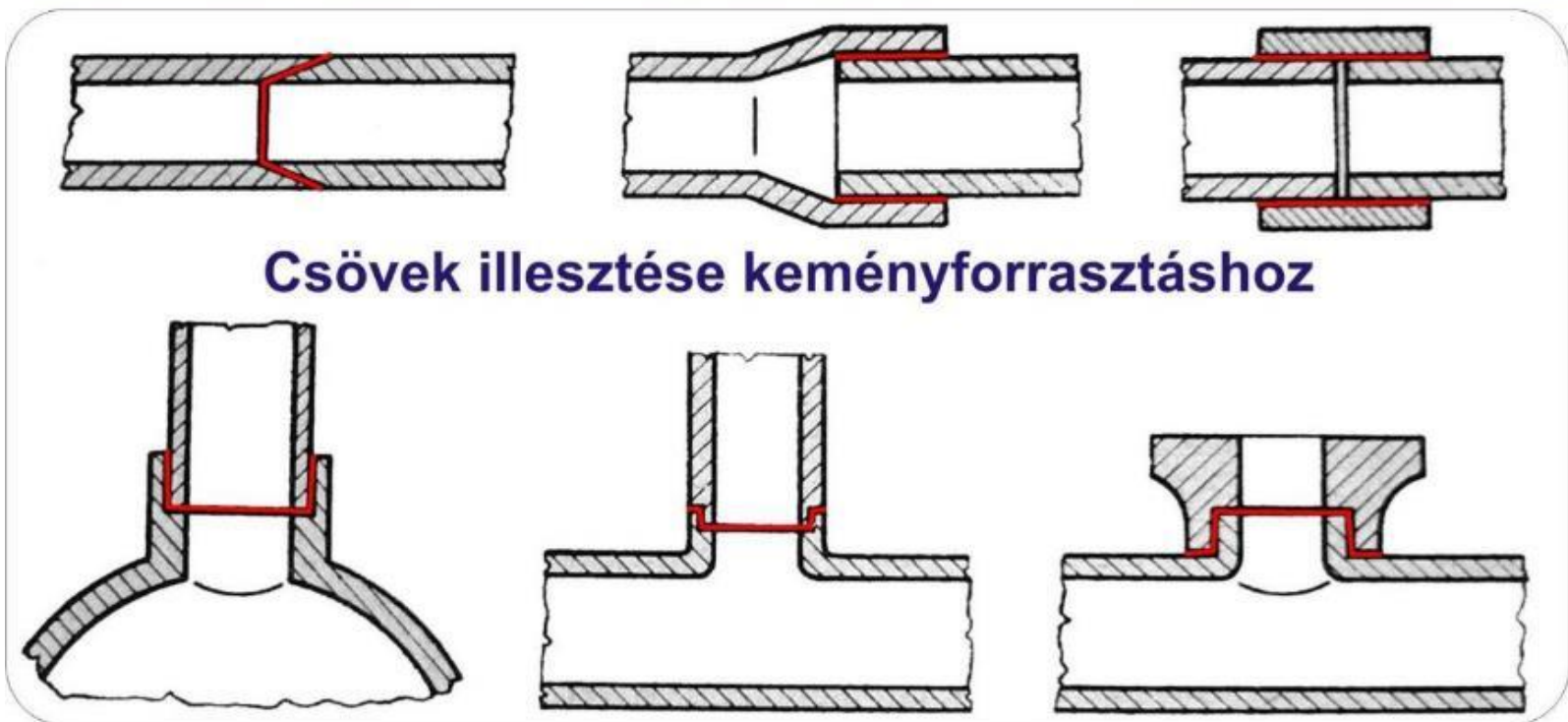
A keményforrasztási folyamat hat szakasza:

1. A megfelelő kötésgeometria kiválasztása.
2. A megfelelő forrasztóanyag kiválasztása.
3. A fémfelületek teljes körű tisztítása.
4. A fémfelületeket kezelése a megfelelő folyasztószerrel.
5. A kötési zóna hevítése és a forrasztóanyag hozzáadása.
6. A varrat lehűlése és tisztítása.

Figyelembe kell venni a következő sajátosságokat:

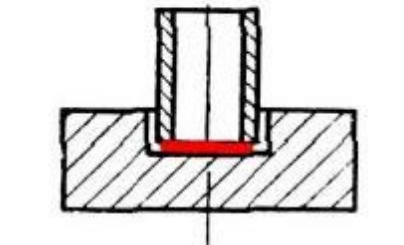
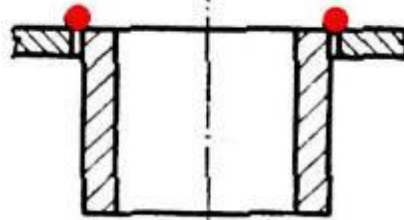
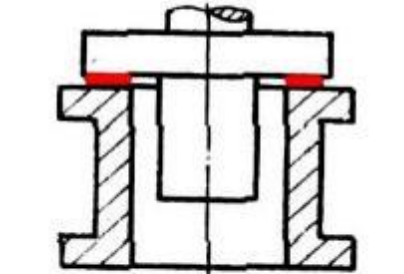
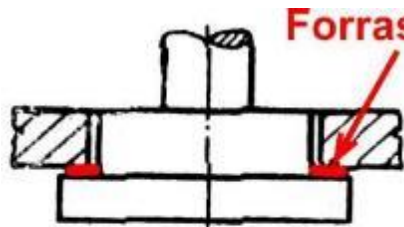
1. Forrasztási rés, hőtágulás. $\text{Átlapolás} = (3-4) \times \text{lemezvastagság}$
2. Alapanyag, üzemi feltételek, hevítési mód és hőmérséklet, költség
3. Zsírtalanítás, revétlenítés
4. A folyósítószer aktivitási hőmérséklet-tartománya, a folyasztószer maradékának korrozivitása
5. Hőmérséklet-ellenőrzés, a hevítés egyenletessége
6. A gyorsűtés okozta hősokk elkerülése, a folyasztószer-maradék eltávolítása

A forrasztott kötések illesztési típusai

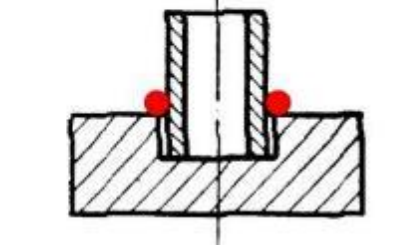
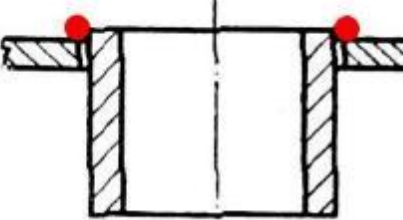
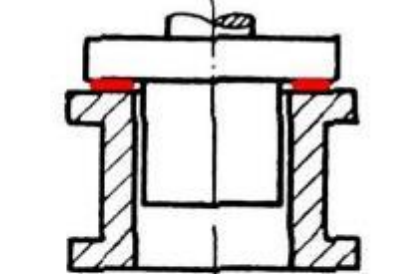
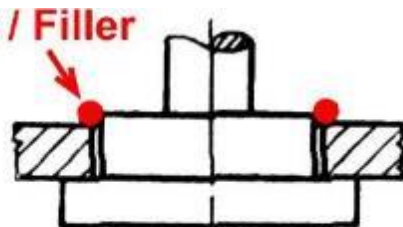


A kötés kialakítás szabályai

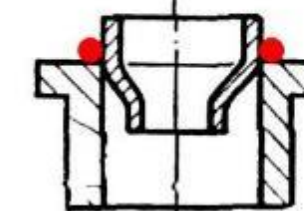
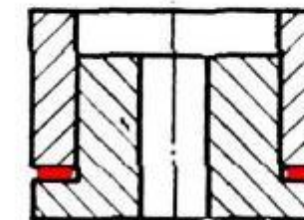
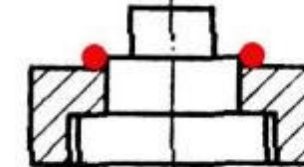
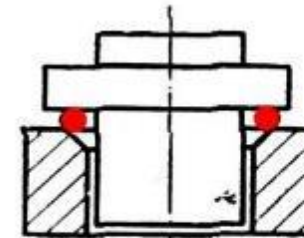
Helytelen



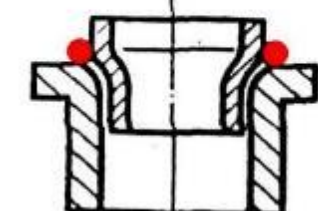
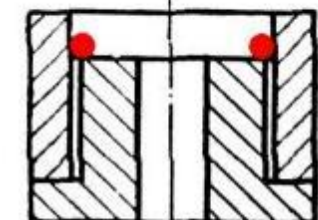
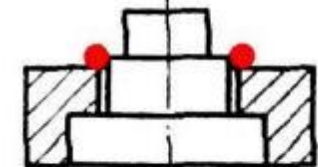
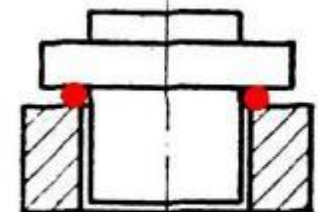
Helyes



Helytelen

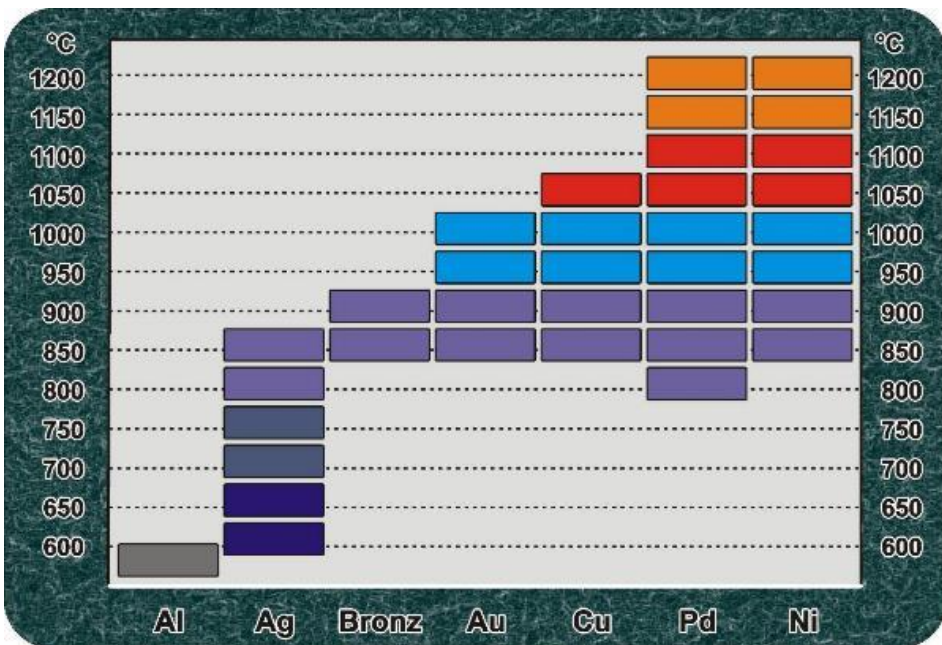


Helyes



A keményforraszok fő csoportjai

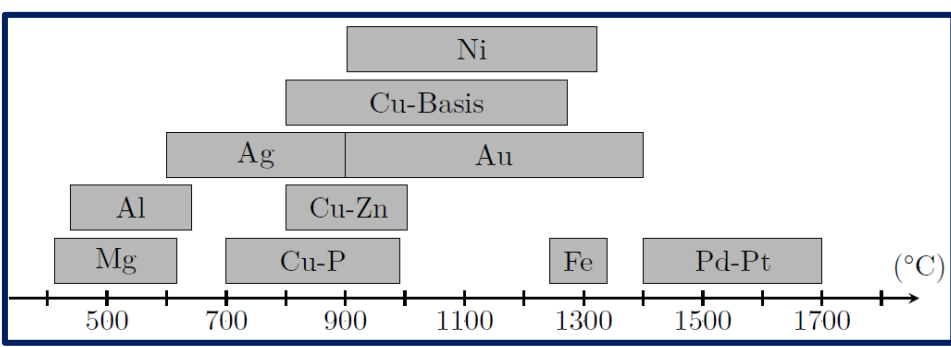
Ezüstalapú forraszok



Kadmiumot nem tartalmazó, Ag-alapú keményforraszok; rendelkezésre állnak huzal, pálca, bevonatos pálca, tömör huzal és előalakított (pl. gyűrű) formában.

Különleges feladatokra léteznek egyéb Ag-alapú forraszok is.

- az **Ag-Cu-In** ötvözet lomhább folyású,
- az Ag-Mn ötvözet jól bírja az ammónia hatását,
- az **Ag-Cu-Sn** jól forrasztható kemencés forrasztással és ellenáll a tengervíznek.



EN-jel	Ag	Cu	Zn	Si	Olvasási hőköz, °C
AG106	34	36	27	3	630–730
AG106	38	31	28,8	2,2	660–700
AG105	40	30	28	2	650–710
AG104	45	27	25	3	640–680
AG104	56	22,5	16,5	5	620–655

Rézalapú keményforraszok

**tiszta rezek, sárgarezek, nikkelbronzok,
ónbronzok és foszforbronzok**

Cu %	Ni %	Sn %	Egyéb	Olvadási hőköz, °C	EN 1044
99,9	–	–	–	1083	CU101
99,95	–	–	–	1083	CU102
99	–	–	–	1083	CU103
97	3	–	0,03 B	1081–1101	CU105
86,5	2,5	–	11 Mn	965–995	–
93,5	–	6,25	0,25 P	882–1027	CU201
87,8	–	12	0,2 P	825–990	CU202
96	–	4	–	950–1060	–
99	–	–	1 Ag	1070–1080	CU106

Autóipari alkalmazásokra elterjedt.
Gyűrű, inzer, szalag, paszta
kiszerezésben alkalmazva
tömeggyártási termelékenységet
biztosít a kemencés forrasztásnak.

Rézalapú, Cu-P és Cu-Ag-P forraszok

A Cu–P forraszok nagy jelentőségű előnye az, hogy a legtöbb esetben nincs szükség folyasztószerre, mivel az ötvözetben lévő foszfor a forrasztás közben képződő oxidokkal reagál, és ez a reakciótermék maga viselkedik folyasztószerként. **Kivételt képez az az eset, amikor rezet forrasztanak;** ilyenkor szükség van külön folyasztószerre is. A hűtőszekrények gyártásában és a forró vizes rendszerek szerelésekor elterjedten használják. A kötés szilárdsága 350–450 MPa.

	P %	Ag %	Egyéb	Olvadási hőköz, °C
CP101	6,6–7,5	17,0–19,0	–	645–650
CP102	4,7–5,3	14,5–15,5	–	645–800
CP103	7,0–7,6	5,5–6,5	0,1 Ni	645–725
CP104	5,7–6,3	4,5–5,5	–	645–815
CP105	5,9–6,7	1,5–2,5	–	645–825
CP201	7,5–8,1	–	–	710–770
CP202	6,6–7,4	–	–	710–820
CP203	5,9–6,5	–	–	710–890
CP301	5,6–6,4	–	2,0 Sb	690–825
CP302	6,4–7,2	–	7,0 Sb	650–700

Az alumíniumötvözetek forraszthatósága

Ötvözet	Lágy-	Kemény-	Megjegyzés
1000-es	Igen	Igen	
2000-es	Nem	Lehetséges	Erősen romló szilárdság
3000-es	Igen	Igen	
4000-es		Nehezen	Különleges forrasszal
5000-es	Nehezen	Igen	Mg > 0,6 %-nál erősen romlik
6000-es	Igen	Igen	Forrasztás után nemesíthető
7000-es	Nem	Lehetséges	Erősen romló szilárdság

Az Al-Si ötvözetek szolidusza kicsi, ezért csak különlegesen kis olvadáspontú forrasz jöhet szóba: az AlSi10Cu4 (4145) és az AlSi10Zn10Cu4 (4245), amelyek szolidusza 520 °C, illetve 515 °C.

T_0 = olvadási hőmérséklet \rightarrow T_m = munkahőmérséklet

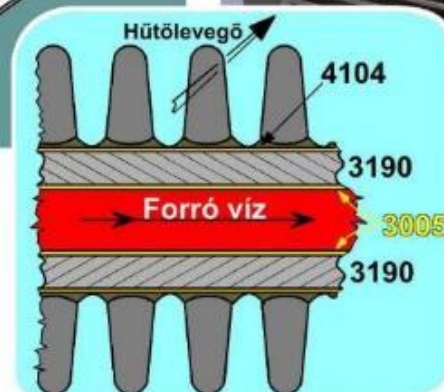
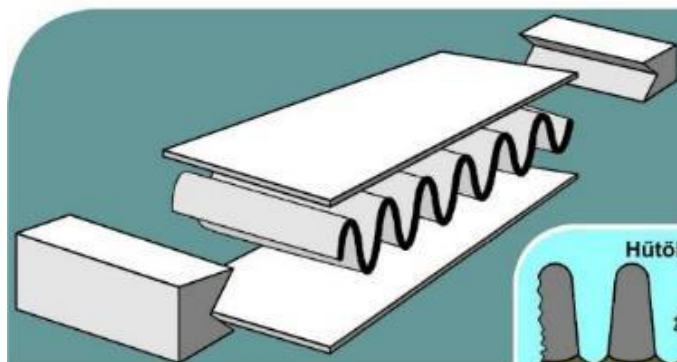
Al-10Si-10Zn-4Cu (4245) T_0 = 516–560 °C T_m = 549–571 °C

Al-10Si-1,5Mg (4004 és BAISi-7) T_0 = 554–569 °C T_m = 588–604 °C

Zn-15Al T_0 = 420–450 °C

Az önförasztó, többrétegű anyagok alkalmazása

Gépkocsi hűtők, hőcserélők



Az önförasztó lemezek és csövek 0,25–1,60 mm vastagságban fontos előgyártmányai a vízűtéses belső égésű motoros gépjárművek vízűtőinek.

Az önförasztó lemezeket különböző anyagminőségű lemezek összehengerlésével állítják elő. A külső réteg(ek) olvadáspontja kisebb, mint a belsőké; ez lesz a forrasztóanyag.

Jellegzetes rétegrendjük:

Magréteg: Al-Mn és Al-Mg-Si ötvözetek pl. 3003, 3005, 3105.

Forrasztóréteg: Al-Si; 4343, 4045, 4047, 4104; vastagság 5–15%-a

Vízoldali réteg: Al-Zn ötvözetek, pl. 7072.

Az önförasztó lemezeket kemencés forrasztással vagy bemeztetéses forrasztással forrasztják; külön forrasztóanyag hozzáadása nem szükséges, mivel a a többrétegű lemezek (legalább) egyik külső oldalára hideghengerléssel „rá van plattírozva” az önförasztást biztosító réteg.

Forrasztótv.	Si%	Hőköz
4343	7,5%	575-615 °C
4045	10%	575-590 °C
4047	12%	575-585 °C
4004	10%	555-590 °C
4104	10%	555-590 °C

Mag	Hőköz	Mag	Hőköz
3003	640-655	6060	615-655
3004	630-655	6061	575-650
3005	632-655	6063	590-650
3105	635-655	6951	615-654

Videó:

www.hydro.com/en/Subsites/Hydro-Aluminium-Precision-Tubing/HVACR/Why-Aluminium-in-HVACR/Brazed-heat-exchanger/

A keményforrasztás folyasztószerei

Általános rendeltetésű folyasztószer

550–800 °C között dolgozik, forró vízben lemosható.

Különleges alkalmazásra szolgáló folyasztószer

Alumíniumhoz, rozsdamentes acélokhoz, 550–800 °C között dolgozik, forró vízben lemosható.

Bórral módosított folyasztószer

550–800 °C között dolgozik, forró vízben lemosható

Közepes hőmérsékletű folyasztószer

600–900 °C között dolgozik, csak NaOH-oldattal mosható le

Nagy hőmérsékletű folyasztószer

750–1300 °C között dolgozik, nem mosható le, csak csiszolható

Por, paszta formában hozzáférhetők.

Gyakran a forrasztóanyagba bevonatként vannak rásajtolva.

A keményforrasztási eljárások felsorolása

2. kiadás, 2017. augusztus

Tartalmazza az Sz. K. 2017. évi 8. számában közzétett helyesbítést.

2016. szeptember

MAGYAR SZABVÁNY

MSZ EN ISO 4063

Hegesztés és rokon eljárások.

**A hegesztési eljárások megnevezése és azonosító számuk
(ISO 4063:2009, 2010. 03. 01-jei helyesbített változat)**

Az MSZ EN ISO 4063:2011 helyett.

Welding and allied processes. Nomenclature of processes and reference numbers
(ISO 4063:2009, Corrected version 2010-03-01)

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**ISO
4063**

Fifth edition
2023-03

**Welding, brazing, soldering and
cutting — Nomenclature of processes
and reference numbers**

*Soudage, brasage et coupage — Nomenclature et numérotation des
procédés*

ISO 4063:2023(en)

Welding, brazing, soldering and cutting — Nomenclature of processes and reference numbers

Megjelent: 2023-03-07

A keményforrasztási eljárások felsorolása

Az MSZ EN ISO 4063:2017 szabványban meghatározott eljárások

9 Keményforrasztás, lágyforrasztás és forrasztóhegesztés

91 Helyi hevítéses keményforrasztás

911 Infravörös sugaras keményforrasztás

912 Lánghevítéses keményforrasztás

913 Lézersugaras keményforrasztás

914 Elektronsugaras keményforrasztás

916 Indukciós keményforrasztás

918 Ellenállás-keményforrasztás

919 Diffúziós keményforrasztás

92 Teljes hevítéses keményforrasztás

921 Kemencés keményforrasztás

922 Vákuumos keményforrasztás

923 Bemártásos keményforrasztás (forraszfürdő)

924 Sófürdő keményforrasztás

925 Folyasztószerfürdő keményforrasztás

926 Bemerítéses keményforrasztás

93 Egyéb keményforrasztási eljárások

Lánghevítéses keményforrasztás (912)

Kézi és automatikus változatban is elterjedten használják.

Alkalmazása: a gépkocsik motortéri, alumíniumból készített csövezései (hűtővízkör, levegőkezelési rendszer)



Rézlemezek lángforrasztása:
a fúvókán kiáramló acetilén-oxigén keverék lángja hevíti a lemezeket, ettől megolvad a folyasztószerrel bevont pálca, majd a forraszt befolyik a résbe.

Lánghevítéses keményforrasztás (912)

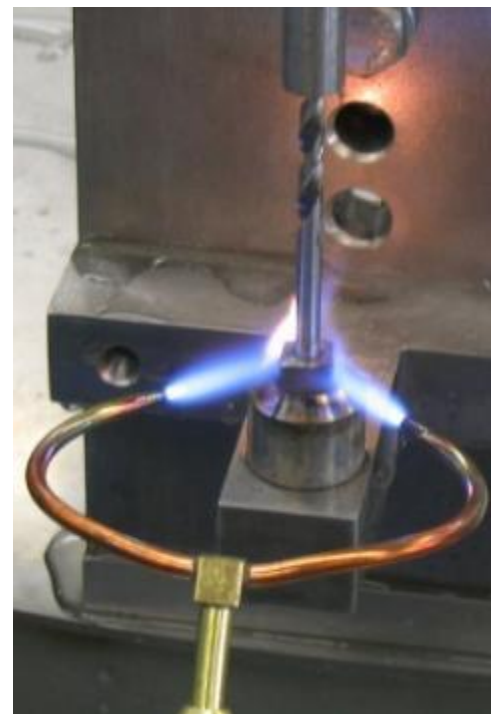
A legelterjedtebb hevítési mód. Kézi alkalmazás esetén a forrasztópasztaként is adagolható folyasztószerrel összekeverve, illetve a huzal vagy a pálcza kiszerezésű forrasztó felhevített vége belemártható a folyasztószerbe, amely így rátapad, és a huzallal együtt jut a kötési zónába, ahol előbb olvad meg, mint a forrasztó.

A forrasztáshoz a gázhegesztő égő teljesen alkalmas.

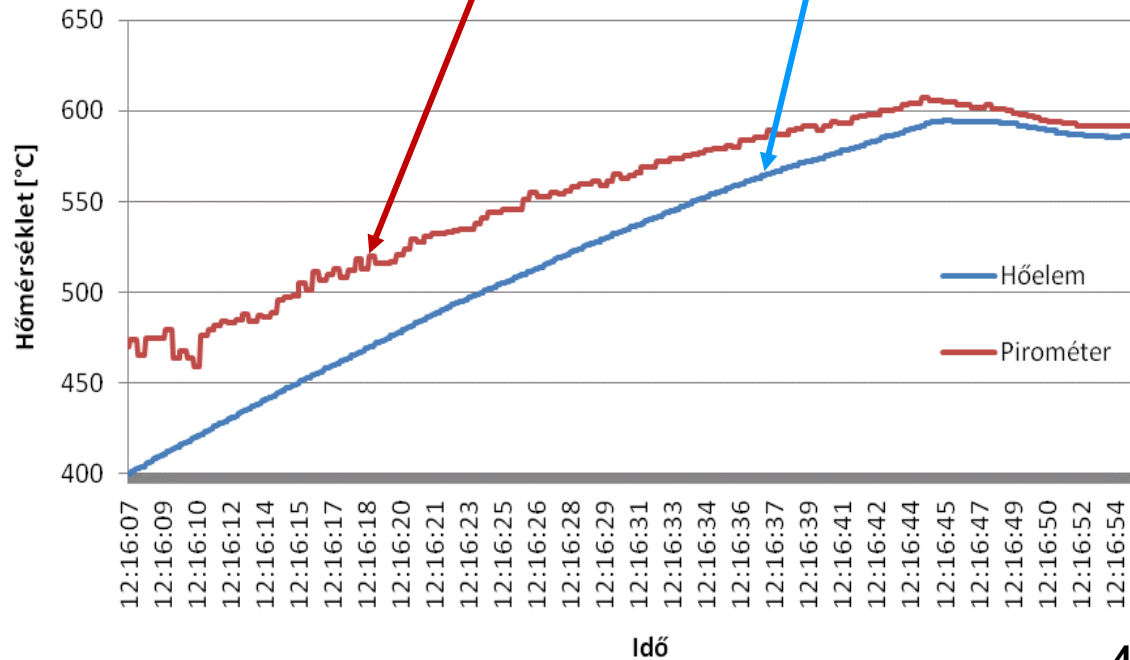
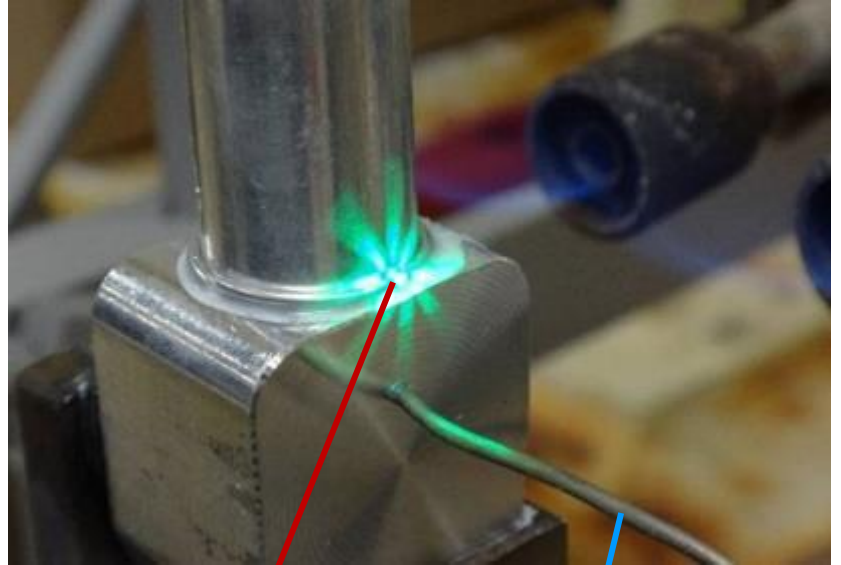
A hevítést gázláng biztosítja. Nem a forrasztóanyagot kell megolvasztani a lánggal, hanem az alkatrészeket kell kellően felmelegíteni, amely a hozzá érintkező forrasztót megolvasztja.

A használható gázok: acetilén + oxigén, propán + oxigén, pébégáz + oxigén, levegő + földgáz, levegő + pébégáz.

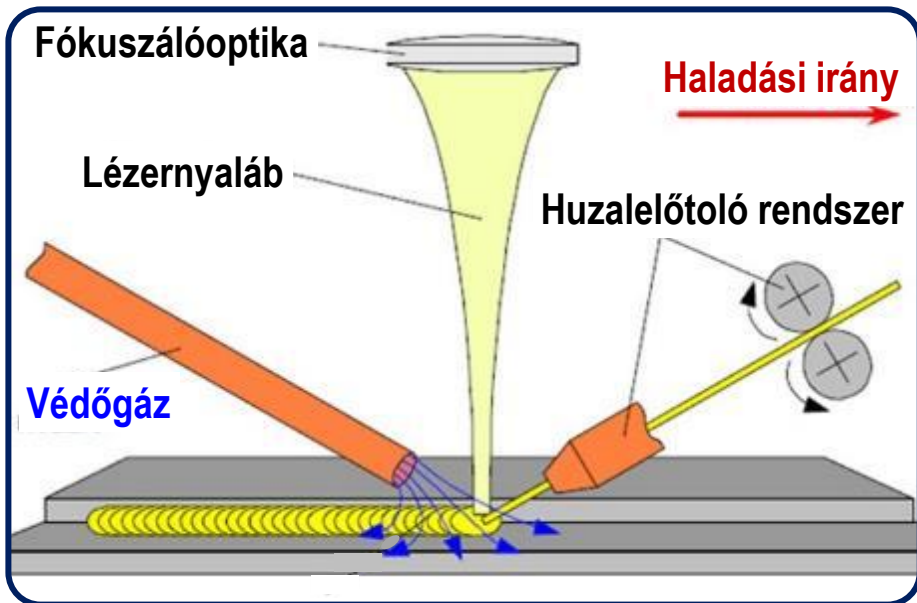
A gázok kiválasztásánál nem csak a költségek mérlegelése fontos, de az is, hogy az acetilén + oxigén gázkombináció nagy lánghőmérséklete sokszor kifejezetten kerülendő, ezért a pébégáz és a levegő keveréke is alkalmas lehet.



Lánghevítéses keményforrasztás (912)



Lézeres keményforrasztás (913)



Példa: ausztenites acél cső, $s = 0,5$ mm

Technológiai paraméterek

A lézerforrás: Nd:YAG lézer

Védőgáz: Ar vagy Ar + 6 % H₂

Forrasztási rés: 0,15 mm.

Lézerteljesítmény: 75 W

Impulzushossz: 7,2 ms

Frekvencia: 50 1/s

Nyalábátmérő: 10 mm (síktükrös nyalábvetítő),

illetve 3 mm (kúpos nyalábvetítő)

Hevítési idő: 30 s (síktükrös nyalábvetítő)

80–100 s (kúpos nyalábvetítő)



Védőgáz

Védőgáz

Indukciós keményforrasztás (916)

Nagyfrekvenciás váltakozó árammal gerjesztett indukciós tekercs hevíti a munkadarabokat. A forraszanyagot és a folyasztószert előre el kell helyezni a kötési zónában. Gyakori az ezüstalapú forraszok alkalmazása esetén.

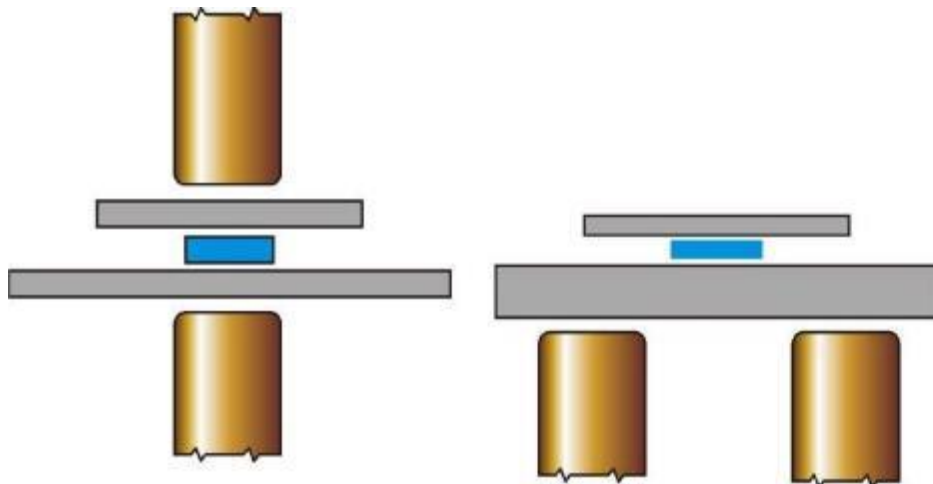
Inductor Kft. → www.inductor.hu



Ellenállás-keményforrasztás (918)

A szükséges hő a munkadarabokon átfolyó áram hatására jön létre. A hevítés helye pontosan behatárolható, így a munkadarab hőciklusa és ennek hatása minimalizálható. Fontos előnye az eljárásnak, hogy nincs szükség költséges megfogókra, a hevítő szénelektrodák pozícionálják is az alkatrészeket.

Közvetlen hevítés esetén az összeillesztett munkadarabok kerülnek az elektródák közé, míg **közvetett hevítés** esetén az áram csak az egyik alkatrészen folyik keresztül, és hővezetéssel terjed. Olyankor célszerű használni, amikor kisméretű alkatrészt kell nagyméretűre forrasztani.



Kemencés keményforrasztás (921)

Az előszerelt, tömeggyártásban készített alkatrészek forrasztásának elterjedt módja. Ellenőrzött atmoszféra, pontos hőmérséklet és nagy tisztaság biztosítható a többnyire villamos fűtésű kemencékben.

Kétféle típus gyakori:

1. Aknás kemence levegő vagy védőgáz atmoszférával.
2. Áthúzókemence védőgáz atmoszférával.

A levegő atmoszférás kemencében a folyasztószer vagy a P-tartalmú forrasz védi a felületeket; ám ez nem elegendő védelem a réz forrasztásához. A kemencék földgáz vagy ellenállás-fűtésűek.

- A redukáló atmoszférában végzett kemencés keményforrasztás kedvelt kötési eljárás a lágyacélok és a rozsdamentes acélok esetében, de a réz és rézötvözetek esetében is.
- Előnyei:
 - A felületek tisztábbak és fényesebbek, mint a folyamat előtt!
 - A folyasztószer nélküli forrasztás lehetséges
 - Különböző geometriájú munkadarabok hegeszthetők össze egyetlen folyamat során
 - A forrasztási és a munkadarab hőmérséklete jól ellenőrzött
 - Lehetőség van a forrasztás és a hőkezelés egy gyártási folyamatban való végzésére
 - A legtöbb esetben a forrasztóanyag relatíve olcsó (paszta)
 - Kisebb munkaerőköltséggel jár az üzemeltetése
 - Kedvező az egy darabra vetített üzemelési költség

Kemenceatmoszférák

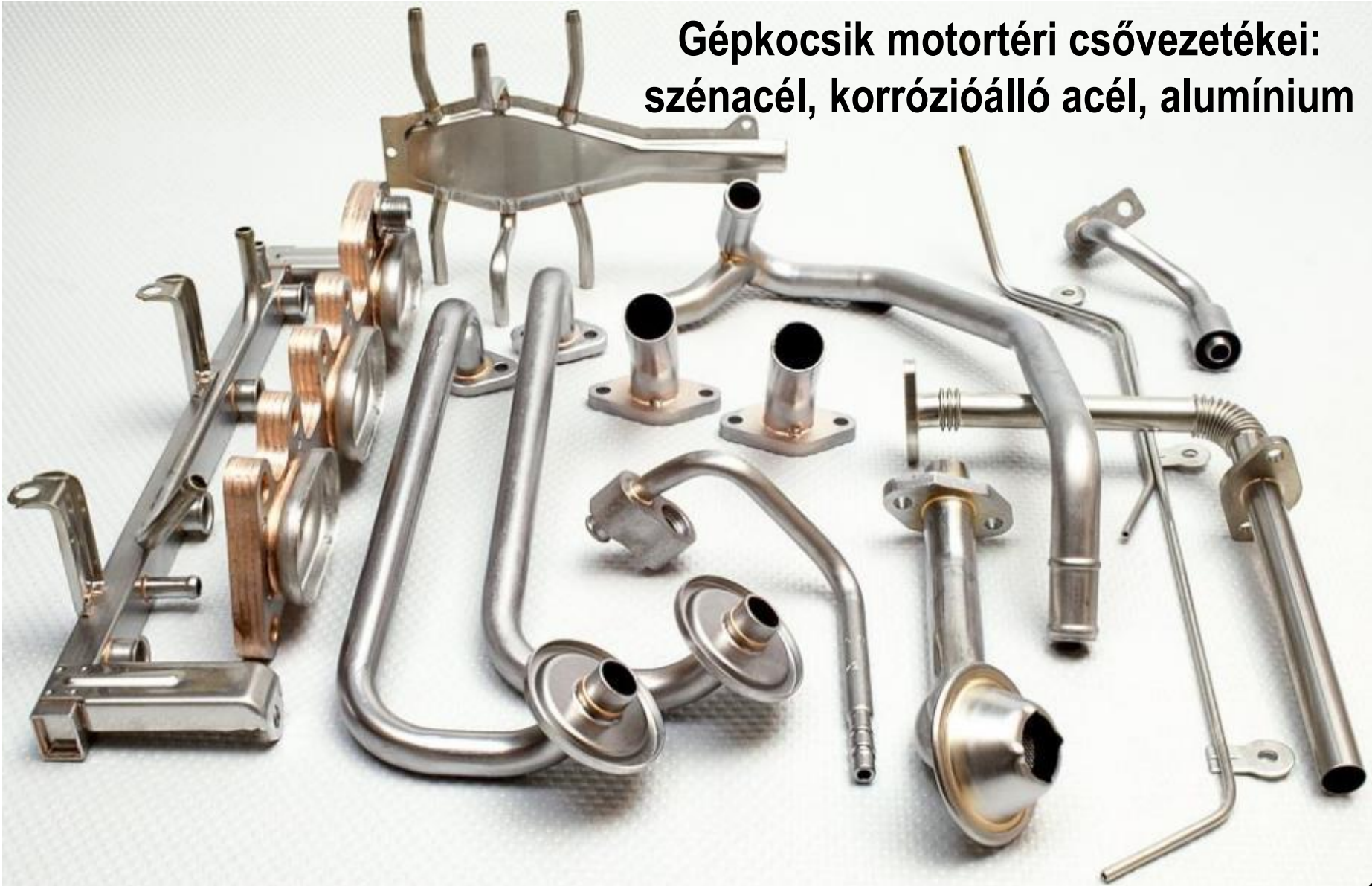
- **Semleges gáz atmoszféra**, megvédi az alkatrészeket és a forraszanyagot az olyan anyagtól, amely a forraszanyaggal vagy az alkatrésszel reakcióba lépve és a felületre tapadva meggátolja a nedvesítést
- **Kémiaileg aktív (redukáló) gáz atmoszféra**, amely bármilyen felületi réteggel reakcióba lép: az alkatrésszel s a forrasszal. Ez megfelelő körülmények között – **harmatpont** – a felületi réteg eltávolítását jelenti, de kedvezőtlen feltételek miatt egy további réteg képződik.
- Jellemző redukáló atmoszférák:
 - **Endogáz (földgáz + levegő)**, amely exoterm vagy endoterm atmoszférát hoz létre
 - **H₂ és N₂ keveréke**; tárolótartályból veszik
 - **Ammónia (NH₃)**; egy bizonyos hőmérséklet-tartományon belül H-re és N-re bomlik
 - **Tiszta H₂**, amelyet tárolótartályból vesznek
 - Disszociált **metanol (CH₃OH) N₂-nel**

Védőatmoszférás kemencés keményforrasztás (921)



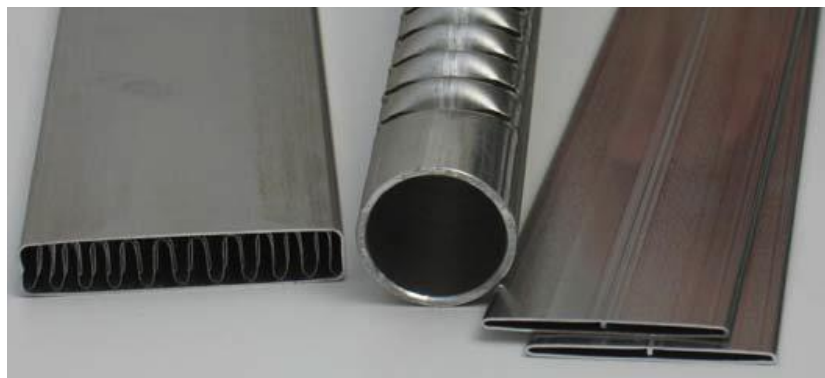
Kemencés/vákuumos keményforrasztás (921)

**Gépkocsik motortéri csővezetékei:
szénacél, korrózióálló acél, alumínium**



Sófürdő (924), folyasztószer-fürdő (925) keményforrasztás

Alumínium alkatrészek forrasztására fejlesztették ki, viszonylag új eljárás. Az adott eljárásra alkalmas anyagok (lemezek, csövek) gyártását sokáig szinte titkosan kezelték a szabadalomtulajdonos gyártók. A sóolvadékot bemelegítő szénelektrodákkal vagy fűthető grafittégelyben fűtik. A sóolvadék jóval gyorsabb felhevítést biztosít, mint az áthúzókemencék. Az alkatrésznek teljesen száraznak kell lennie, elkerülendő a nedvesség okozta robbanást. Alkalmazás: gépkocsik hűtője.

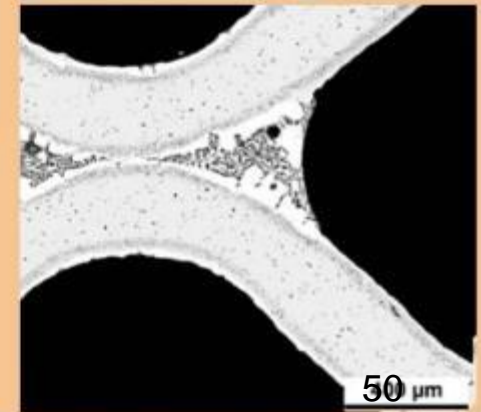
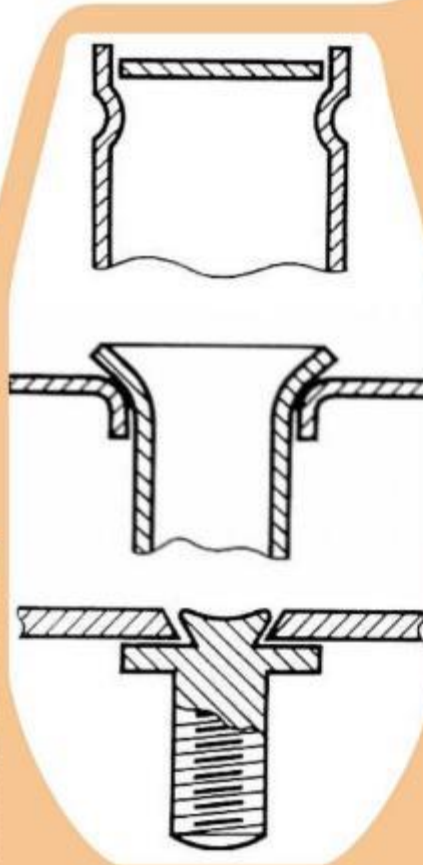
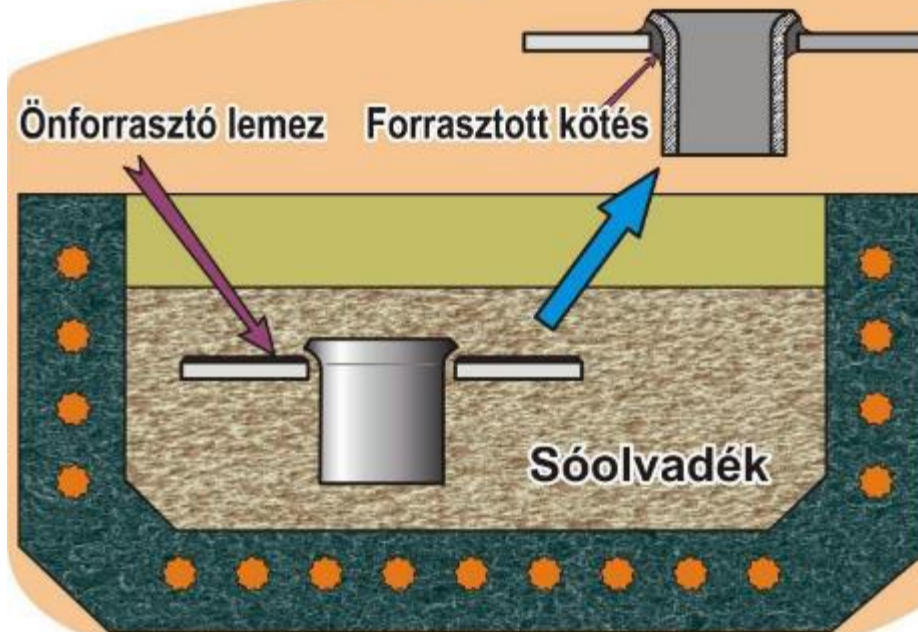


Sófürdő (924), folyasztószer-fürdő (925) keményforrasztás

Alkalmazás: hőcserélők, gépkocsik hűtője

Két fő változata ismert:

1. Folyasztószer-olvadékba merítéses (925-ös eljárás)
2. Sóolvadékba merítéses forrasztás (924-es)



A hegesztőforrasztási eljárások felsorolása

97 Hegesztőforrasztás

971 Láng-hegesztőforrasztás

972 Ív-hegesztőforrasztás

973 Védőgázos ív-hegesztőforrasztás

974 Védőgázos, volfrámelektrodás ív-hegesztőforrasztás,
röviden: TIG-forrasztás

975 Plazmaív-hegesztőforrasztás

976 Lézersugaras hegesztőforrasztás

977 Ellenállás-hegesztőforrasztás

Névváltozás: „ívforrasztás” → ISO 4063 → ív-hegesztőforrasztás

Az ív-hegesztőforrasztás eredeti változatát (a 972-est) ~nem alkalmazzák.

A hőforrás általában a W-elektrodás ívhegesztés (a 974-esben) vagy a plazmaívhegesztés (a 975-ösben) hegesztőégője.

Nagyon régen volt az „ikerelektrodás ívforrasztás”, ahol két szénelektroda között ég az ív, s ezzel hevítettek (972). A 974-es eljárásban a forraszt kézzel (pálca) vagy előtolóberendezéssel (hideg huzal) adagolják.

Állandó egyenáram szükséges (nem impulzusos) hozzá.

Főleg PA és PG helyzetben lehet kivitelezni.

Védőgázos ív-hegesztőforrasztás (973)

Ez egy huzalelektrodás eljárás; teljesen azonos módon működik, mint a huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés (a MIG-hegesztés). A különbség az, hogy a hegesztőhuzalnál jóval kisebb olvadáspontú keményforrasztó huzalt adagol az előtoló-berendezés.

Alkalmazása: vékony lemezek, vékonyfalú csövek, horganyzott lemezek, alumíniumbevonatos lemezek, acél-alumínium, acél-réz vegyes kötések.

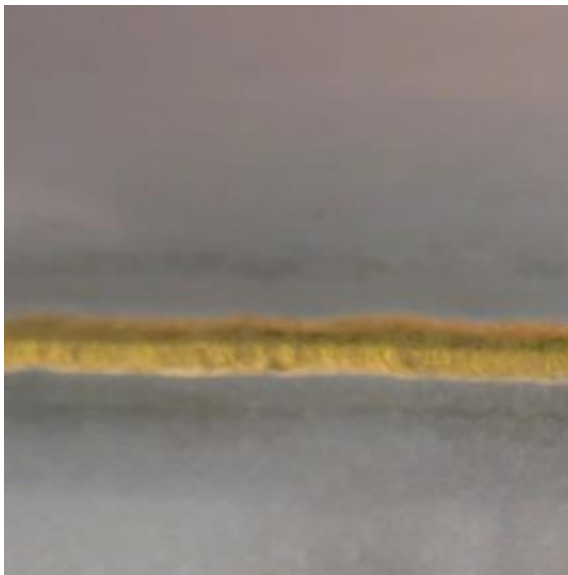
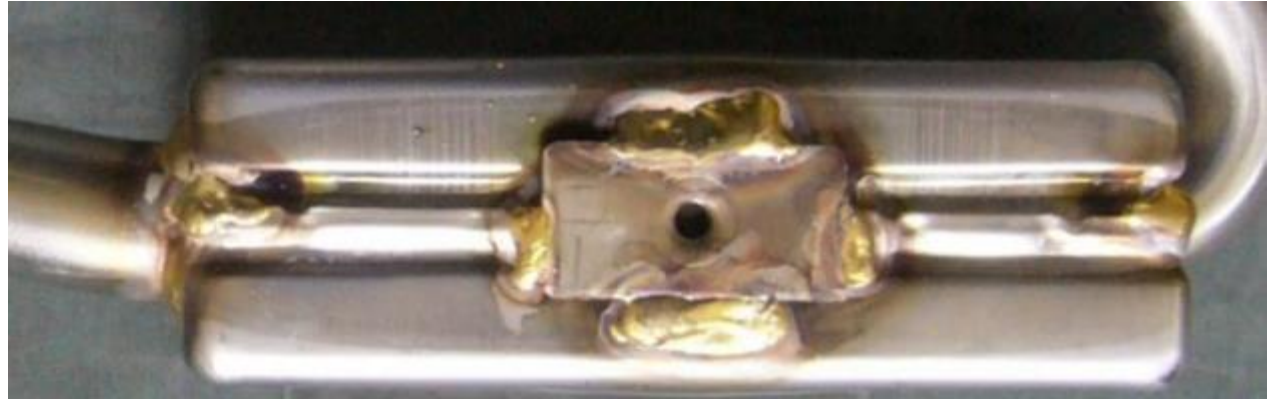
Ívhegesztett kötés



Ívforrasztott kötés

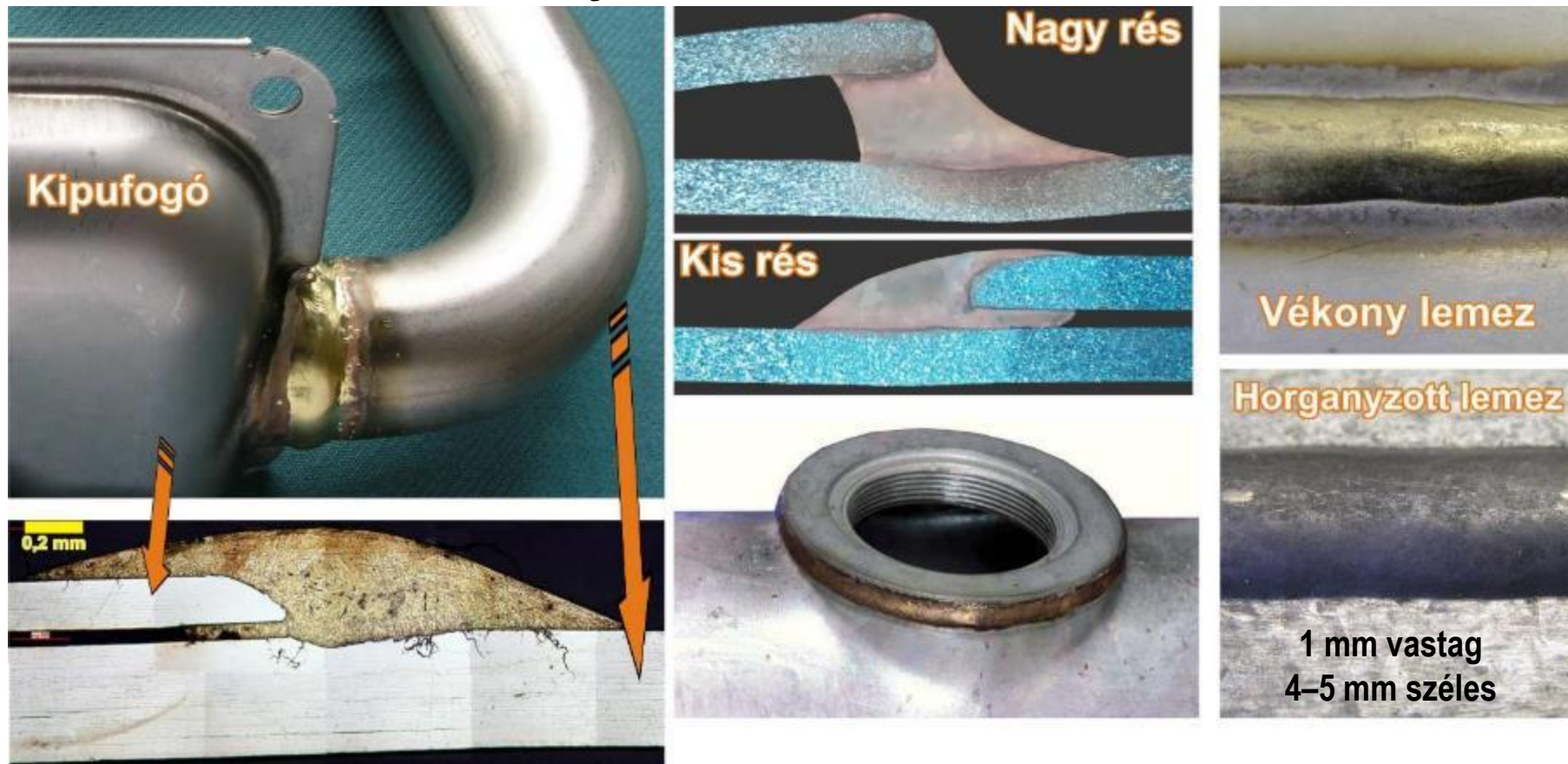


Védőgázos ív-hegesztőforrasztás (973)



A hegesztőforrasztott kötés (973-as eljárással)

Csekély fröcskölés, nincs porozitás, a bevonat nem sérül a horganyzott lemez másik oldalán, csekély az alaktorzulás.



Jellegzetes termék: 0,5 mm vastag lemez és cső tokos (átlapolt) kötése ausztenites acélból → gépkocsi-katalizátor, kipufogódob.

DE! Szemcsehatár-erózió lép fel, amire az ausztenites korrózióálló acél meglehetősen erős hajlamot mutat!

A hegesztőforrasztás hegesztőanyagai

A forrasztóhuzalok jellemzői → MSZ EN ISO 24373;

Ötvözet	Jelölés	Összetétel	Olvadási hőköz
Cu-Si	S CuSi3Mn1	Cu + 3 % Si	910–1025 °C
Cu-Sn	S CuSn6P	Cu + 6 % Sn	910–1040 °C
Cu-Zn	S CuZn40Sn	59Cu-40Zn-1Sn	
Cu-Al	S CuAl8	Cu + 8 % Al	1030–1040 °C
Cu-Ni	S CuNi10	Cu + 10 % Ni	
Cu-Mn	S CuMn13Al8Fe3Ni2		

példák
az egyes
ötvözési
csoportokból

Védőgázok: Argon # Ar+1%O₂ # Ar+(2,0–2,5%)CO₂ # Ar+2%N₂ # Ar+2%H₂ # Ar+30%He

A védőgázok befolyásolják:

- az ívstabilitást,
- a porozitási hajlamot (a tiszta argon kedvezőtlen),
- a hőbevitel hatékonyságát,
- a varrat küllemét és
- a hozaganyag, a **forrasztóhuzal** folyási jellemzőit.

Adatok horganyzott acéllemez forrasztásához

Huzalátmérő: 1,0 mm. Védőgáz: argon, 12 L/min.

Kötésfajta: átlapolt. Forrasztási sebesség: 60 cm/min

Lemezvastagság (mm)	1	1,5	2	3
Hegesztési feszültség (V)	14,0	14,3	14,5	17
Hegesztési áramerősség (A)	55	72	90	118
Huzalsebesség (m/perc)	2,3	3,4	4,5	6,0 ⁵⁵

A hegesztőforrasztás hozaganyagai

CuSn1 (az **MSZ EN 24373:2017** szabvány jelölésével: S Cu 1898 vagy 2.1211).

Rézötvözetek és horganyzott acéllemezek forrasztására. Szakítószilárdság: 200–240 MPa, nyúlás, $A_5 = 30 \%$.

CuSi3Mn1 (S Cu 6560, 2.1461):

Horgany- és alumíniumbevonatos acéllemezekhez.

Szakítószilárdság: 350 MPa, folyáshatár, 120 MPa, nyúlás 30 %.

CuSi2Mn1 (S Cu 6511, 2.1522):

Horganyzott acélok, ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok, öntöttvas, réz, rézötvözetek.

Szakítószilárdság: 285 MPa, folyáshatár 140 MPa, nyúlás 40 %.

CuSn6P (S Cu 5180, 2.1022):

Rézötvözetek, bronzok, foszforbronzok, különösen sárgarezek. Horganyzott acél, öntöttvasak.

Szakítószilárdság: 260 MPa, nyúlás 40 %.

CuAl8 (S Cu 6100, 2.0921):

Al-bevonatos bevonat nélküli acéllemezekhez, vegyes kötésekhöz alumíniumbronz, réz, sárgarézt és acél között. Kiemelkedően jól alkalmas horganyzott acéllemezek forrasztására, a gépkocsigyártásban. Szakítószilárdsága: 380–450 MPa, egyezményes nyúlása 45 %.

CuAl5Ni2 (S Cu 6061):

Sárgarézt, rézötvözetek, ferrites és ausztenites rozsdamentes acél, szénacél, Al-bevonatos acél, horganyzott acél, szürkeöntöttvas. A gyökvarratokat impulzusívű hegesztéssel készítik.

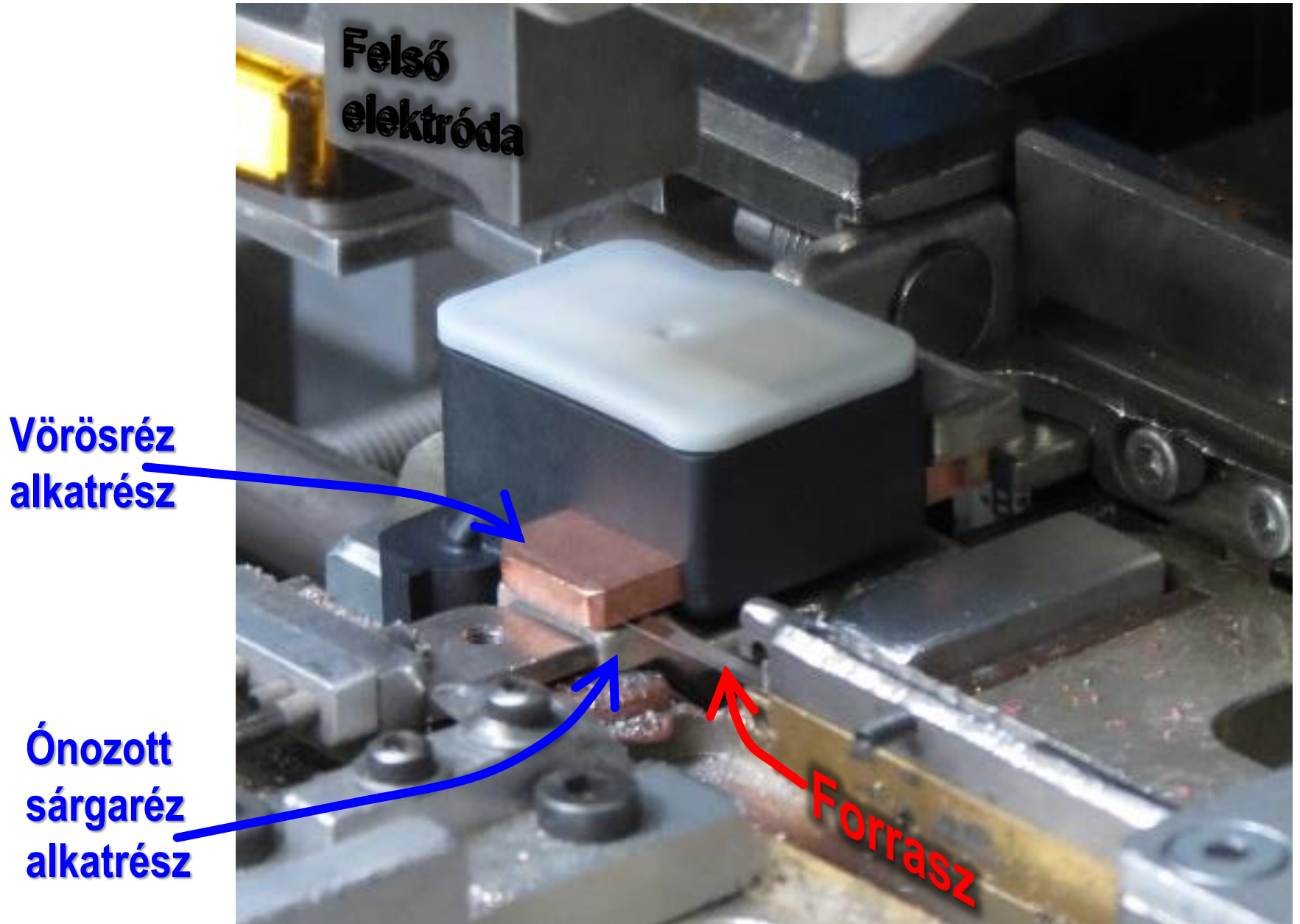
Szakítószilárdsága: 360–450 MPa, egyezményes nyúlása 45 %.

CuAl8Ni2 (S Cu 6327, 2.0922):

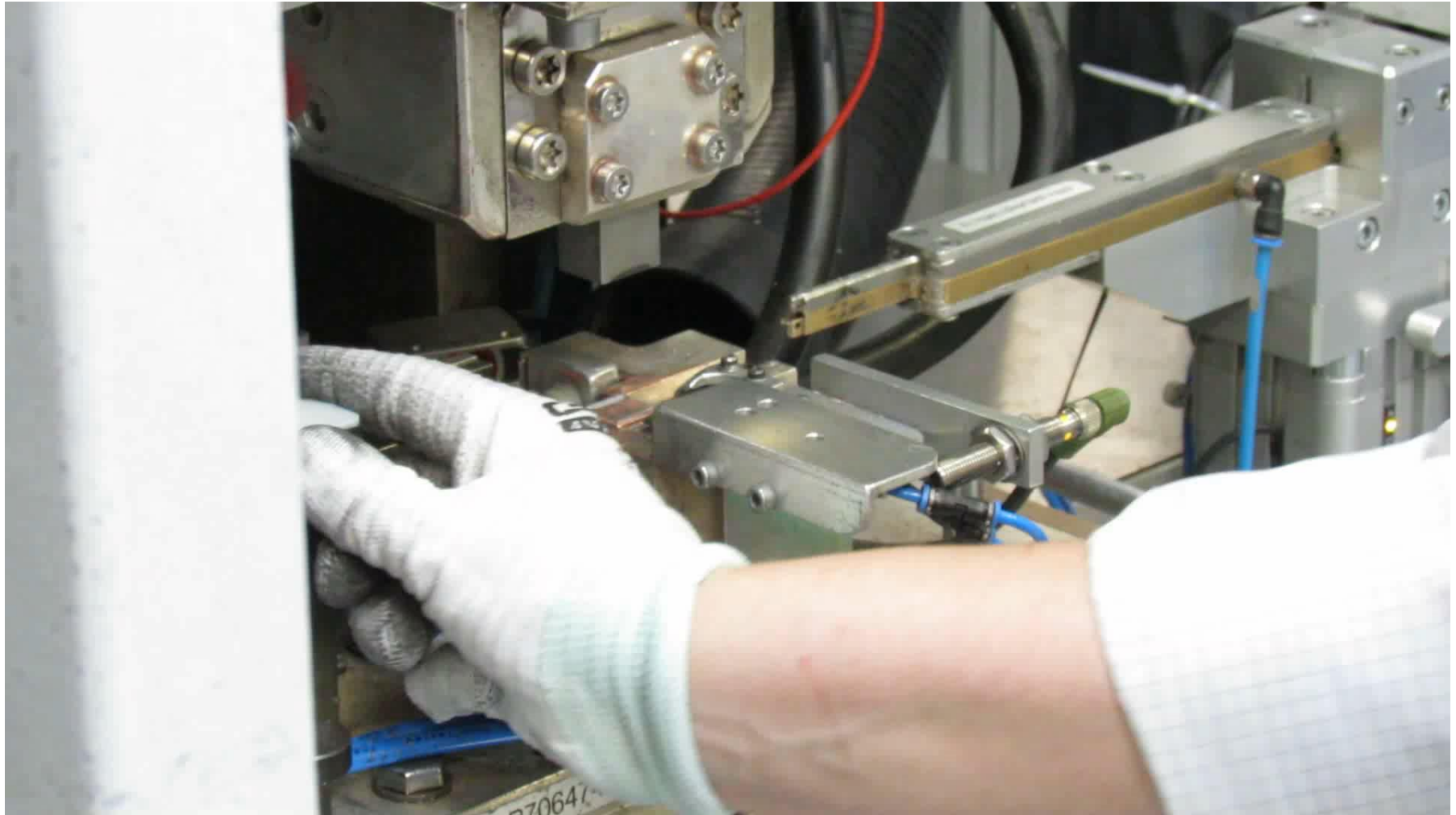
Alumíniumbronzok, rézötvözetek. Acél és alumínium vegyes kötése. Al- és Zn-bevonatos acél. Jól ellenáll a tengervíznek.

Szakítószilárdság: 530–590 MPa, folyáshatár 290 MPa, nyúlás 30 %, ütőmunka 70 J.

Ellenállás-hegesztőforrasztás (977)



Ellenállás-hegesztőforrasztás (977)

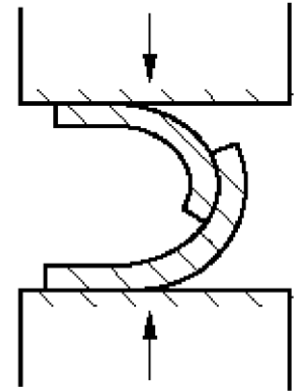
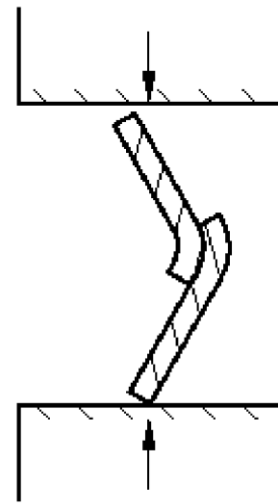


A forrasztás szabványai (válogatás a ~171 db-ból)

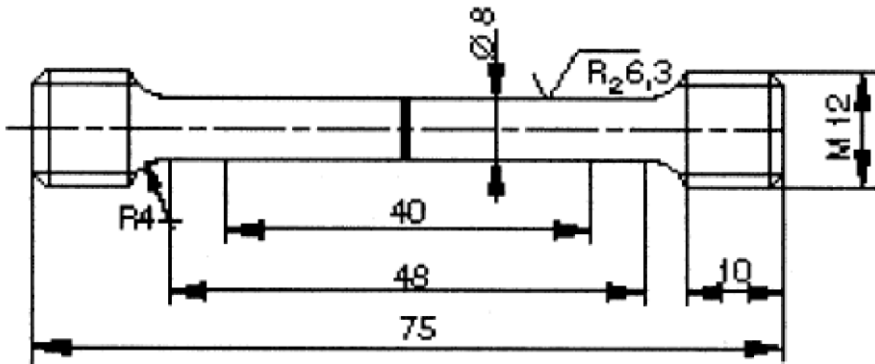
- MSZ EN 12797:2005** Keményforrasztás. A keményforrasztott kötések roncsolásos vizsgálatai

MAGYAR NYELVŰ !!!

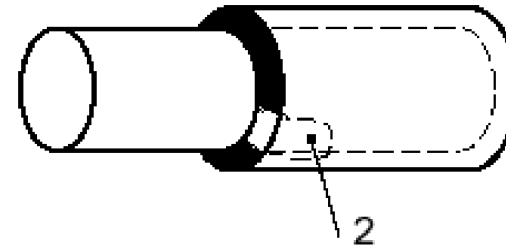
1. Alkalmazási terület	5
2. Rendelkező hivatkozások	5
3. Általános alapelvek	6
4. Nyíróvizsgálatok	7
5. Szakítóvizsgálatok	10
6. Metallográfiai vizsgálat	15
7. Vizsgálat keménységméréssel	17
8. Lefejtővizsgálatok	18
9. Hajlítóvizsgálatok	19
A melléklet (tájékoztató): A keményforrasztott kötésben lévő eltérések	26



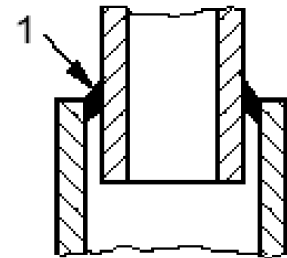
Szabadon hajlító vizsgálat



A III. típusú szakítópróbadarab
és a próbatest méretei



Nem elegendő anyagfolyás
a résbe és a kapillaris résbe



A forrasztás szabványai (válogatás a ~171 db-ból)

- **MSZ EN 13134:2002** Keményforrasztás. A technológia jóváhagyása

1. Alkalmazási terület	MAGYAR NYELVŰ !!!	6
2. Rendelkező hivatkozások		6
3. Fogalommeghatározások		6
4. Adatok és követelmények, amelyekben meg kell állapodni és amelyeket dokumentálni kell		7
5. A keményforrasztás paramétereit		7
6. Előzetes keményforrasztási utasítás (pBPS)		8
7. A keményforrasztási utasítás (BPS) jóváhagyása		8
8. Próbadarabok és próbatestek		8
9. Ellenőrzés és vizsgálat		8
10. Érvényességi tartomány		9
11. A keményforrasztási technológia jóváhagyási jegyzőkönyve (BPAR)		10

Mellékletek

A melléklet (tájékoztatás): Irányelvek a keményforrasztási technológia jóváhagyásának gyakorlati alkalmazásához		11
B melléklet (tájékoztatás): A keményforrasztási technológia jóváhagyási jegyzőkönyve (BPAR). 1. rész: A technológia jóváhagyásának tanúsítványa		13
C melléklet (tájékoztatás): A keményforrasztási technológia jóváhagyási jegyzőkönyve (BPAR). 2. rész: Jóváhagyott keményforrasztási technológia		14
D melléklet (tájékoztatás): A keményforrasztási technológia jóváhagyási jegyzőkönyve (BPAR). 3. rész: Vizsgálati eredmények		15
ZA melléklet (tájékoztatás): Ezen európai szabványnak az EU-irányelvek alapvető követelményeivel és más előírásaival összefüggő fejezetei		16

A forrasztás szabványai (válogatás a ~171 db-ból)

- MSZ EN ISO 18279:2004** Angol nyelvű! Keményforrasztás. Forrasztott kötések eltérései

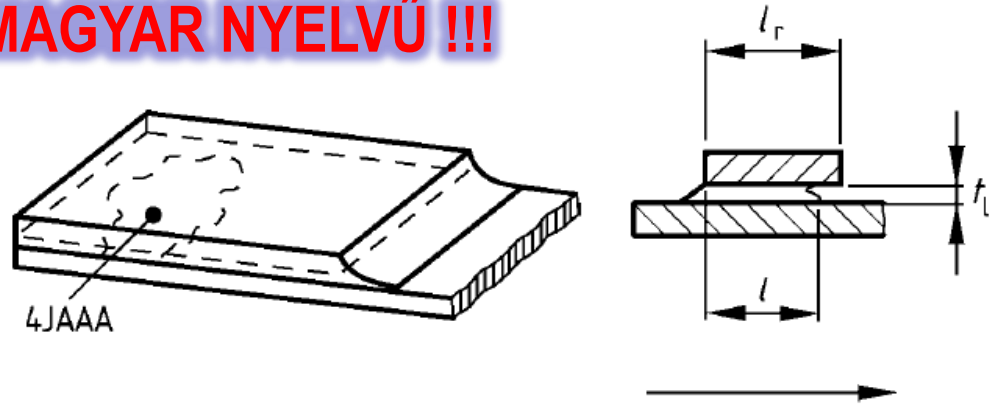
1. Alkalmazási terület
2. Szakkifejezések és meghatározásuk
3. Jelölések
4. Csoportosítás
- 4.1. Általános követelmények
- 4.2. Külső eltérések
- 4.3. Belső eltérések

A melléklet (tájékoztató): Útmutató az eltérések gyakorlati értékeléséhez

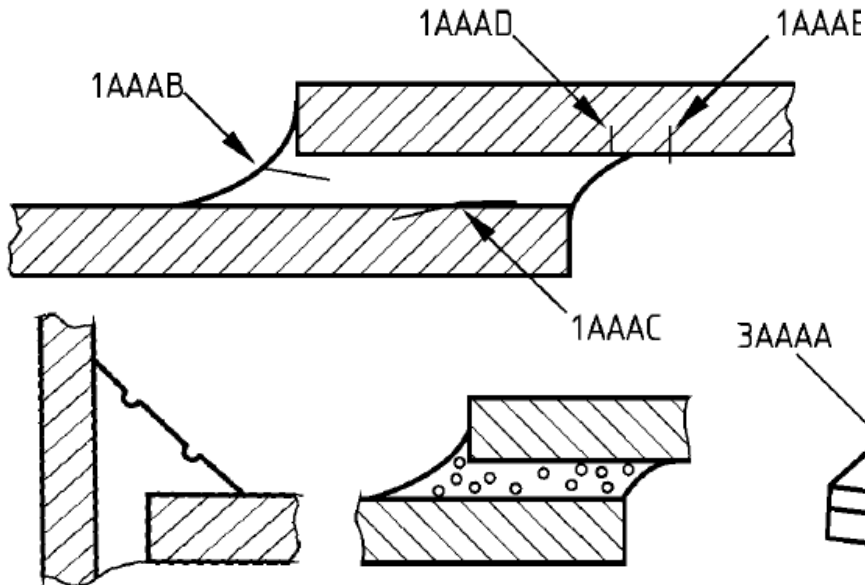
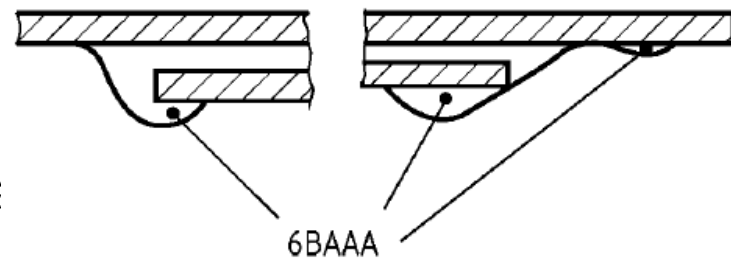
B melléklet (tájékoztató): Értékelés

6 **MAGYAR NYELVŰ !!!**

- 6
- 8
- 8
- 9
- 9
- 9
- 9



- 17
- 18



3AAAA

