

Fémhegesztés kezdőknek I.

Az alábbi oktatóanyaga **Tridragon Kft.** által forgalmazott néhány termék működésének megértését célozza, valamint segít abban, hogy a felhasználók döntését megkönnyítse a vásárláshoz.



miért

Ahhoz, hogy a megfelelő berendezést ki tudjunk választani néhány terméket, meg kell érteni néhány alapfogalmat.

1. Mi az a fém?

A periódusos rendszerben a fémek a lépcsőzetes vonal bal oldalán helyezkednek el. Egész pontosan az I. II. III. főcsoportban és a mellékcsoportokban találhatók. A fémek jellemzően fénylő, jó elektromos- és hővezető, jól nyújtható és kalapálható, a higany kivételével szilárd anyagok, melyek egymással ötvözeteket, nem fémekkel pedig sószerű ionos vegyületeket képeznek.

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Fémek>

https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9miai_elemek_peri%C3%B3dusos_rendszere

2. Milyen fémek léteznek?

A fémeket többféleképpen csoportosíthatjuk:

- fajsúlyuk alapján: könnyű és nehéz fémek
- előfordulásuk alapján
- alkáli fémek

- réz
- ón
 - ötvözetük a bronz
- ezüst
- arany
- vas; ötvözeete szénnel az acél
- higany
- ólom
- cink
- platina
- alumínium

3. Mi a hegesztés?

A hegesztés során a munkadarabokat hővel, nyomással vagy mindkettővel egyesítjük oly módon, hogy a munkadarabok között nem oldható, az anyagok természetének megfelelő fémes (kohéziós) kapcsolat jön létre.

4. Mi célból hegesztik a fémeket?

A hegesztés célja, hogy oldhatatlan kötással rögzítsünk egymáshoz két munkadarabot. Ezen kívül hegesztéssel javíthatók az anyaghibák, mint például a repedések, lyukak továbbá felrakó hegesztéssel helyre állíthatók az elkopott felületek. A modern technika által hegesztést használva működnek a 3D fémnyomtatók, illetve a CNC gépek hatékonyságát fokozhatja az által, hogy a marás helyett - ami jelentős anyagvesztéssel járna - a kívánt formát felhegeszti.

5. Milyen fémeket, fémötvözeteket hegesztenek leggyakrabban?

- acélokat
- rozsdamentes acélokat
- alumíniumot
- ritkábban: öntöttvasat, titánt, rezet

Rozsdamentes acél

https://hu.wikipedia.org/wiki/Rozsdamentes_ac%C3%A9l

Vas+szén ötvözet = Acél + öntvények és ezek főbb fajtái

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%A9l>

Alumínium és ötvözetek + réz és ötvözetek

Az **alumínium** a periódusos rendszer III. főcsoportjába tartozó könnyűfém. Rendszáma **13**, vegyjele **Al**. Ezüstös színű, levegő hatására a felszínén pillanatokat oxidréteg alakul ki, amely megvédi a további oxidációtól. Nem színezi a lángot. Az alumíniumot és az ötvözeit az iparban nagy mennyiségben alkalmazzák a kis sűrűségük és a kedvező mechanikai sajátságai miatt.

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Alum%C3%ADnium>

6. Mik a hegesztési eljárások fő típusai?

Sajtoló hegesztés

Sajtolóhegesztéskor a kötést olyan erőhatás hozza létre, amely az illeszkedő felületek képlékeny alakváltozását hozza létre. Általában nem alkalmaznak hozaganyagot. Ennek számos fajtája van, a továbbiakhoz nem szükséges mélyebben ismerni.

Ömlesztő hegesztés

Az ömlesztő hegesztési eljárásoknál koncentrált hőhatással kell dolgozni, hogy a hegesztendő felületek rövid idő alatt, vékony rétegben olvadjanak meg. Ezt a hőhatást lehet biztosítani például éghető gáz elégetésével vagy villamos ívfénnyel.

Fajtái:

- lánghegesztés
- villamos ívhegesztés
- elektronsugaras hegesztés
- lézersugaras hegesztés

- frikciós (súrlódáson alapul, hasonlóan a dörzs hegesztéshez)

7. Ebben az ismertetőben bemutatott hegesztési eljárások.

Villamos ívhegesztés

- bevont elektródás ívhegesztés

- védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés (AFI (argon védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés) vagy tiszta CO₂ és kevertgázos. Ez utóbbiból a legelterjedtebb a 18%Ar és 82%CO₂ keverék, de alkalmazzák az Ar+He, Ar+Ni és Ar+CO₂+O₂ és egyéb háromkomponensű keverékeket is

- védőgázos volfrám elektródás ívhegesztés (AVI)

A villamos ívhegesztés az iparban gyakran alkalmazott művelet hegesztett kötések létrehozására. Több változata ismeretes, melyek közül kiválaszthatjuk a munkadarab anyaga, és a hegesztés aktuális körülményeinek megfelelő technológiát.

8. Milyen esetekben melyik hegesztési eljárást érdemes választani?

Anyagtípus megállapítása:

- acél
- alumínium
- rozsdamentes

Anyagvastagság megállapítása:

- Vékony(0.5-2.0mm)
- Közepes(2.0-5.0mm)
- Vastag(5.0->)

Körülmények:

- ár-érték arányban és a megbízhatóság, tartósság szempontjait figyelembe véve mi az ami a anyagi keretbe fér?
- varrat minőségére támasztott követelmények
- mennyire gyakorlott a felhasználó (pl. AVI hegesztéshez nagyobb gyakorlat szükséges, a rozsdamentes és alumínium hegesztéshez a hegesztési elméleti és gyakorlati ismereteken kívül egyéb technológiai ismeretek is szükségesek).
- mennyire számít a gép súlya, mérete azon a helyszínen, ahol szeretnék használni a hegesztőberendezést

9. Milyen célra,munkához milyen hegesztőgépeket válasszunk?!

- Technológiai igényeik
- Milyen gépei vannak jelenleg
- Hány gépe van jelenleg
- Kívánja-e fejleszteni a gépparkját
- Alumínium, rozsdamentes acél vagy ötvöztelen, alacsonyán ötvözött acél anyagokat hegeszt jellemzően
- Milyen minőségű varratokra van igénye?
- Lehet- e automatizálni a hegesztési, előkészítési, utó megmunkálási folyamatot?

10. Melyik hegesztő berendezést válasszuk elsősorban bevont elektródás villamos ívhegesztés esetén?

pl. Miller STi 160 PFC és STi 230, Jasic ARC gépcsalád, lweld gépek**11. Példák arra, hogy milyen hegesztő berendezés válasszunk elsősorban DC= egyenáramú AVI argon védőgázos volfrám elektródás ívhegesztés esetén?**

Miller STH 160L HF(nagy frekvenciás) AVI DC, impulzus inverteres hegesztőgép
Miller STH 270 HF AVI DC, inverteres hegesztőgép (MMA és TIG, impulzus, 400V, 5–270 A, 270A@40%Bi., 24 kg) opció: WP-26 AVI pisztoly, vízűtő
Miller MAXSTAR 210 DX, HF és TIG-lift AVI DC impulzus

- Jelenleg van 3 jó minőségű használt német DC AVI demo gép is 1 év garanciával:
- LORCH AVI T220 DC ControlPro vezérlés AVI gép (SR 26 Binzel AVI 4m pisztollyal és test kábel, Használt, 1 év garancia)
- 131A23 1 db € 1 100
- Merkle AVI hegesztőgép LogiTIG 240 DC BiPower, 12000Hz-ig állítható (Binzel 4m AVI pisztollyal és test kábel, használt)
- 131A24 1 db € 1 190
- LORCH AVI T-Pro 250 DC ControlPro, gázűtéses, kompakt AVI gép,
- 131A04 251.1251.0 1 db € 2 000

12. Példák arra, hogy milyen hegesztő berendezés válasszunk elsősorban DC/AC= egyen és váltóáramú is(alu hegesztésére is) AVI argon védőgázos volfrám elektródás ívhegesztés esetén?

Miller DYNASTY 210 DX, HF és TIG-lift AVI AC/DC impulzus, AutoLine üzemmód: U=120-480V tartomány hegesztőgép, BlueLighting gyűjtással, Weld Ready csomag (AVI pisztollyal és testkábel)

131I23 029083228 1 db € 3 125

LORCH AVI Handy TIG 180 AC/DC ControlPro vezérlés AVI gép szettben, i-LTG 2600-PM/4m AVI pisztollyal, kofferben, kábelek, reduktor

131A06 108.0186.4 2 db € 1 685,5

LORCH AVI „T”sorozatú 180 AC/DC Basic vezérléssel AVI gép (tartozék nélkül, csak hálózati kábel)

131A08 251.0185.0 2 db € 1 460,0

LORCH AVI Handy TIG 200 AC/DC ControlPro AVI gép szettben, i-LTG 2600-PM/4m AVI pisztollyal, kofferben, kábelek, reduktor

13. Milyen hegesztő berendezést válasszunk elsősorban fedettívű automatikus villamos ívhegesztés (SAW:Submerged Arc Wire) esetén?

Miller SubArc (SAW) gépek ld. külön excel árlista szerint, konfiguráció, stb. magas szintű ismereteket, gyakorlatot igényel, ügyfél egyedi elvárásai szerint, gyártóval konzultálva + **infra-**

14. Milyen alapvető kiegészítők kellenek a beltéri villamos ívhegesztéshez?

- hegesztő pajzs(kézi vagy fej ezen belül fix vagy automata, fényresötétető, AVI-ra is kell-e (akkor nagyobb érzékenységű automata filter kell), esetleg frisslevegős Al és inox (Cr/Ni) ötvözetek esetén.
- hegesztő kámsza sötét üveggel DIN 8-13 sötétség vagy pajzs alá üveg nélkül + extra a Miller maszkjai (technológiai szerelés, csövek hegesztése esetén)
- kesztyű (MMA/AFI(MIG/MAG) vagy AVI)
- bőrkabát
- alapvető kellék a palack
- huzal (ha MIG/MAG a választott eljárás, akkor természetesen a huzal is alapvető)
- asztal (Siegmond precíziós hegesztő asztalok az igényesebb vevőknek)
- elszívó berendezések (mobil és telepített), => frisslevegős pajzsok (márkák: Plymovent, Iweld, GCE, SpeedGlaass stb.), pajzs alá levegőszűrő maszkok (pl. Miller LPR-100, szelepes vagy félálcok)
- egyéb (letapadás gátló spray MIG/MAG pisztoly fogó, salakoló kalapács, sarokcsiszoló, derékszőg talpas/mágneses, párhuzamjelölő, különféle jelölő kréta vagy filc, karctű)

15. Milyen egyéb kiegészítők kellenek a kültéri villamos ívhegesztéshez?

Hegesztési eljárások:

A hegesztés fogalmi meghatározásából következik, hogy a kohéziós kapcsolat az anyag kétféle állapotában alakulhat ki: hegesztés pillanatában a hegesztés helyén a fém szilárd vagy folyadék állapotú lehet. Ennek megfelelően a hegesztési eljárások két fő csoportba sorolhatóak, a sajtoló-, és ömlesztő hegesztések csoportjába.

Ömlesztő hegesztéseknél a kötés a hegesztendő anyagok összeolvasztása és a varratanyag kikristályosítása következtében alakul ki, erő kifejtésre, a darabok összesajtolására nincs szükség. a kötéshez- hegesztési eljárástól függően- hozaganyagot (töltőanyagot) is kell használni.

Bevont elektródás ívhegesztés (kézi ívhegesztés)	Acélok, szürkeöntvények, feltételesen nem vas fémek is	Kötő és felrakó hegesztés gyártási és javító hegesztési munkák
Védőgázos ívhegesztés (W elektródás)	Könnyűfémek, színesfémek, erősen ötvözött, különleges acélok	Kötő-, felrakó-, javítóhegesztés
Védőgázos ívhegesztés (leolvadó elektródás) CO2, AFI eljárás	CO2-ben: ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok Ár-atmoszférában: erősen ötvözött acélok és nem vas fémek	Minden gyártási területen félig gépesített vagy gépesített formában, a kötő és felrakó hegesztésként egyaránt
Fedett ívű (fedőporos) hegesztés FIH.	Acélok különleges fedőporral ötvözött acélok és nem vas fémek is	Nagy teljesítményű hegesztés, nagy hosszú, szelvényméretű, egyenes vagy ívelt varratok kötő-, felrakó hegesztése gépesített formában is

Védőruházat:

- kötelező állandó viselettel: védőruha lángmentesített anyagból: hőálló-, szigetelőképeségű-, csúszásmentes talpú bakancs, hegesztő hosszú szárú bőrkesztyű.
- kiegészítő ruházat a munka jellegétől függően: bőrből készült vállvédő, tarkóvédő, lábszárvédő, hegesztő bőrkötény, sapka, védősisak.

Védőpajzs, illetve hegesztő szemüveg:

- a védőpajzs nem éghető anyagú, fényt és hőt át nem eresztő, szigetelőanyagból készült, beépített szűrővel a szem védelmére. Fajtája szerint lehet: kép-, fej-, különleges pajzs (pl. túlnyomásos, elsötétedő szűrős, világító testtel felszerelt stb.)
- hegesztő szemüveg: elsősorban lánghegesztésnél használatos, felcsapható színszűrővel.

Hogyan működik a villamos ívhegesztés?

■ Villamos ívhegesztés

A villamos ívhegesztés az ömlesztő hegesztések csoportjában tartozó eljárások, amelyeknél az anyagok megolvadtatását a villamos ív hőenergiája szolgálja.

Az ív keltésére használható a hegesztő anyagból különböző un. idegen anyagú, nem olvadó (volfrám, grafit) elektróda, vagy egyben töltőanyagként is hasznosított leolvadó fémelektróda.

A hegesztőív a legtöbb hegesztési eljárásnál közvetlen kapcsolatban van a hegesztendő anyaggal (az ív egyik pólusa a hegesztendő tárgy) vagy felhasználható az ív sugárzó melege (az ív a hegesztendő anyagtól független pólusok között ég) a megolvadtáshoz.

Az ív égése és a varrat képzés folyamata hegesztés közben – kivéve a fedőpor alatti hegesztést – közvetlenül megfigyelhető, ezért ezeket, az eljárásokat nyílt ívű hegesztéseknek is szokták nevezni.

A hegesztési folyamat során a megolvadt, nagy hőmérsékletű fémek a környező levegővel reakcióba lépve metallurgiai szempontból káros változást szenvednek, ezért megfelelő védelmet kell biztosítani az oxigén és a nitrogén felvétele ellen. Ezt a védelmet szolgálja az elektródáról leolvadt salaktakaró, a megolvadt fedőpor, vagy valamilyen védőgáz (Ar, CO₂, vagy kevert gáz).

Az ívhegesztés a legáltalánosabban használt hegesztési eljárás. Az idők folyamán sok változatát fejlesztették ki. Segítségével gyakorlatilag minden fém kötő- és felrakó hegesztését el lehet végezni.

A hegesztőív

A hegesztőív szilárd, vagy folyékony pólusok között ionizált gázatmoszférában folyamatos szikra kisülés. Az ívben igen nagy energia sűrűség érhető el, ami az anyagok gyors megolvadását teszi lehetővé. Az ívben koncentrált nagy energia részben hő formájában jelenik meg. Az ívoszlopban a hőmérséklet- eloszlás nem egyenletes: az ívoszlop tengelyében az un. „plazma csatornában” a hőfok eléri a 12000-15000 C° -ot is, az ív külső szélén mindössze 2000-3000 C°. Az ív hőmérsékletét befolyásolja az íven átfolyó áram nagysága, az ívatmoszférában jelen lévő közegek (levegő, gáz, fémgázok stb.) és a hegesztés főbb paraméterei. A levegő atmoszférában a fémelektródák között égő normál ív átlagos hőmérsékletének 4000-5000 C° értéket lehet tekinteni.

■ Bevont elektródás kézi ívhegesztés

A kézi ívhegesztés közvetlen hatású, nyílt ívű eljárás, az ív hőhatása következtében megolvadó anyag szélek és pálcá (elektróda) anyagának egybeolvadása létesíti a hegyvarratot.

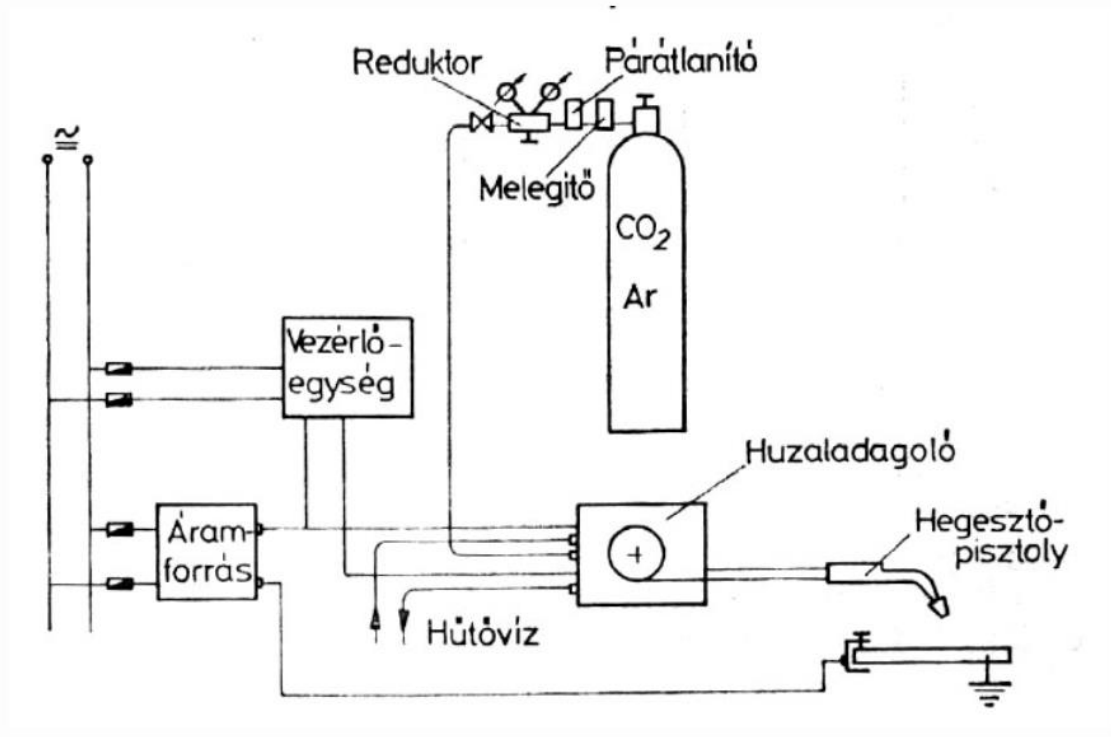
■ Fogyóelektródás védőgázos (AFI, CO2) hegesztések

Nyílt ívű hegesztés, vagyis az ívhegesztés közben látható. Az ív az alapanyaggal közel megegyező kémiai összetételű elektróda és az alapanyag között ég hatására az alapanyag és az elektróda is megolvad. Az elektróda töltőanyagként is szerepel, folyamatos után adagolásáról gondoskodni kell.

A megolvadt fém védelmét a környezeti, káros hatások ellen az ívet körülvevő gázatmoszféra biztosítja. Védőgázként vagy semleges hatású argont, vagy aktív gázt, szén-dioxidot használnak. Az előbbi az ún. AFI, az utóbbi a CO2 hegesztés.

A hagyományos fogyóelektródás, védőgázos hegesztéseknél az elektróda tömör huzal. Vannak olyan huzaltípusok ahol a huzal belül üreges és a belsejében salakképző anyagok, vannak elhelyezve. Ezek, az ún. por beles huzalok.

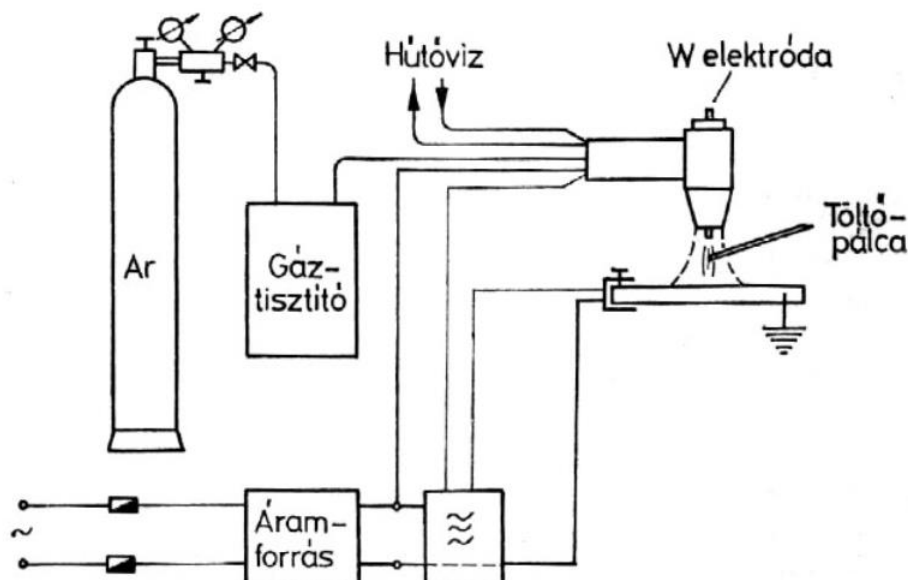
Energiaforrás:



■ AWI védőgázos ívhegesztés

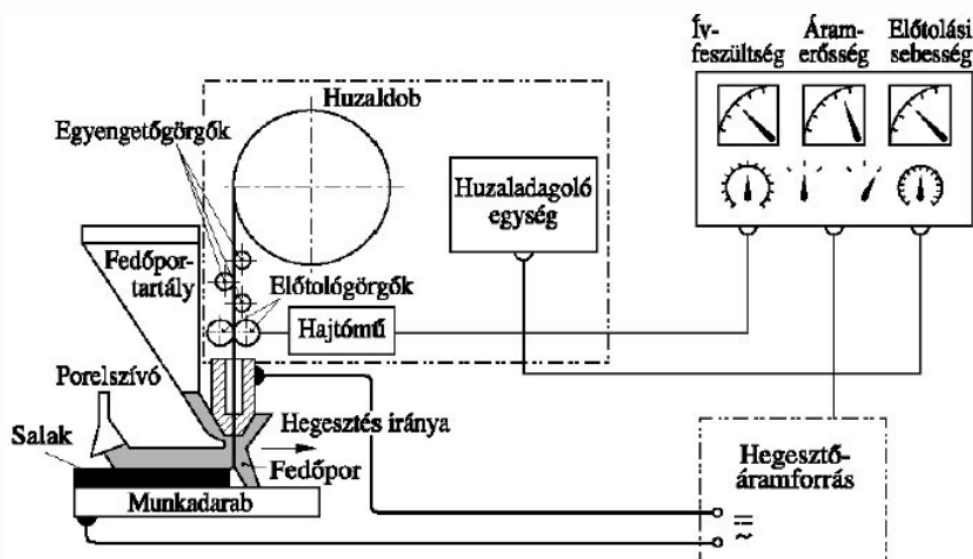
Az argon védőgázos, idegen (nem fogyó) elektródás nyílt ívű villamos hegesztés. Az ív a volfrám elektródás és az alapanyag között ég. A magas olvadáspontú volfrám elektróda a hegesztés során csak jelentéktelen mértékben fogy, a varratképzésben közvetlenül nem vesz részt: feladata az ív létrehozása és fenntartása. Ha a varrat készítéséhez hozaganyag szükséges, azt külön pálca vagy huzal formájában adagolják. Ez a töltő anyag nincs bekapcsolva a hegesztő áramkörbe, leolvasztása az ív melegével történik. A megolvadt fémanyagok és az izzó elektróda védelmét, az ívet körülvevő argonatmoszféra biztosítja.

Energiaforrása:



■ Fedett ívű (fedő poros) hegesztés

A fedett ívű leolvadó elektródával, külön adagolt porréteg alatt végzett villamos ívhegesztés. Nagy teljesítményű eljárás. Hegesztés közben az ív nem látható, így a varratképzés folyamata sem figyelhető meg, ezért a huzaladagolást és a hegesztőfej varrat irányú mozgását gépesíteni kell.



A **hegesztés** különálló szerkezeti elemként készült [fém alkatrészek](#) oldhatatlan kötással készülő összeerősítésére szolgáló művelet. A hegesztés mint *oldhatatlan kötés*, több száz éve ismeretes, igazi fejlődése azonban csak a 19. század végén kezdődött. Hegesztéskor a fémes alkatrészek összekötésére belső erőket, a fémek [atomjait](#) és [molekuláit](#) összetartó erőket használnak fel. Ezt a kötésmódot *kohéziós kötésnek* is nevezik.

Hegesztéskor a [kohéziós](#) kapcsolatot többnyire úgy hozzák létre, hogy a hegesztés helyén az alkatrészek anyagát vékony rétegben megolvasztják és így kötik össze őket, vagy pedig az alapanyaghoz hasonló kémiai összetételű töltőanyag: [hozaganyag](#) beolvasztásával kapcsolják össze az alapanyagokat. Kötést létre lehet hozni úgy is, hogy az összekötésre kerülő felületek közötti hézagot az alapanyaggal közel sem egyező, lényegesen kisebb [olvadáspontú](#) fémrel töltik ki. Ez azonban [diffúziós](#) kötés, [forrasztásnak](#) nevezzük.

A hegesztéshez szükséges kohéziós kapcsolat kétféle – egymással kombinálható – módon hozható létre:

- ömlesztő hegesztéssel és
- sajtoló hegesztéssel.

Az *ömlesztő hegesztés* a kohéziós kapcsolat létesítésének az a módszere, amelyben az alapanyagoknak a kötés helyével szomszédos kis részét helyileg egy közös fémfürdővé olvasztják és abba még esetleg egy harmadik anyagnak (a hegesztőpálcának vagy az elektródának) egy részét is beolvasztják, majd az így keletkezett hegfürdőt a kötést áthidaló varratá dermesztik. Azt az eljárást, amikor nem kötés a cél, hanem az alapanyagra a hozaganyagot viszik fel, [felrakóhegesztésnek](#) nevezik. Más felületi anyagminőség-igény esetén alkalmazzák.

Sajtoló hegesztéskor a szerkezeti elemek közötti molekuláris kapcsolatot erőhatással létesítik anélkül, hogy az alapanyagokat megömlesztենék. Ilyen például a *kovácshegesztés* és a *hideghegesztés*.



Tartalomjegyzék

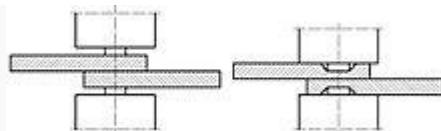
- [1Sajtoló hegesztés](#)
 - 1.1Hideghegesztés
 - 1.2Robbantásos hegesztés
 - 1.3Kovácshegesztés
 - 1.4Termithegesztés
 - 1.5Villamos ellenállás-hegesztés
 - 1.5.1Tompahégesztés
 - 1.5.2Ponthégesztés
 - 1.6Vonalhegesztés
 - 1.7Ultraszónikus hegesztés
 - 1.8Dörzshegesztés
 - 1.9Nagyfrekvenciás indukciós hegesztés
- [2Ömlesztő hegesztés](#)
 - 2.1Lánghegesztés
 - 2.1.1Az acetilén
 - 2.1.2Hegesztőégők
 - 2.1.3Hegesztőpálcák
 - 2.2Villamos ívhegesztés
 - 2.2.1Hegesztés elektródákkal (bevont elektródás)
 - 2.2.2Fedettívű automatikus hegesztés (fedőpor alatti hegesztés)
 - 2.2.3Védőgáz (hozaganyag huzal, AFI fogyóelektródás, AVI argonvédőgáz, volframelektródás ívhegesztés)

- 2.3Elektronsugaras hegesztés
- 2.4Lézersugaras hegesztés
- 2.5Plazmasugaras hegesztés

- 3Jegyzetek
- 4Források
- 5További információk
- 6Kapcsolódó szócikkek

Sajtoló hegesztés

Hideghegesztés

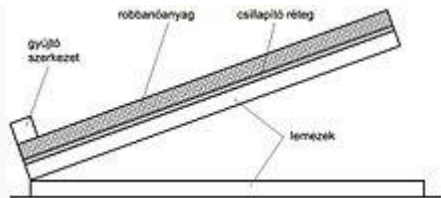


Hideghegesztés

A hideghegesztés olyan eljárás, a melynek során az adott hideg anyag [folyáshatáránál](#) lényegesen nagyobb feszültséggel terhelik az összekötendő felületeket. A hegesztés során a munkadarabok nagy alakváltozást szenvednek. Ez az alakváltozás tompahegesztéskor zömítési dudorként, átlapolt hegesztéskor pedig keresztmetszet-csökkenésként jelentkezik. Minden anyaghoz tartozik egy meghatározott kritikus alakítási érték, amelynél a hegedés folyamata megindul. Ez az érték például [alumíniumnál](#) 150%, [réz](#) esetén 175%.

A hideghegesztés előnye, hogy kívülről nem kell hőt bevezetni, nincs szükség hozaganyagra, különféle minőségű anyagok is hegeszthetők egymással. Hátránya az, hogy csak a hidegen jól alakítható anyagok hegeszthetők össze. A hideghegesztés fő alkalmazási területe az alumínium és réz alkatrészek kötése, valamint ezek kombinációja. A felhasználás területe döntően a villamosipar.

Robbantásos hegesztés



Robbantásos hegesztés

Robbantásos hegesztéskor az összekötendő, legtöbbször nagy felületű darabokat egymással párhuzamosan vagy szög alatt helyezik el, majd hirtelen keltett lökeshullámokkal a munkadarabokat egymáshoz csapják. Ennek hatására a munkadarabok összehegednek. A lökeshullámokat úgy keltik, hogy az egyik lemez külső felületére [robbanóanyagot](#) helyeznek el, amelyet az egyik végén begyújtanak, vagy mind a két lemezt robbanóanyaggal vonják be, és egyszerre gyújtják be.

A robbantásos hegesztés időtartama néhány ezred másodperc. Ez nem elegendő a [diffúzió](#) lefolyására, ezért a különféle fémek kötésében nem alakulnak ki átmeneti kémiai vegyületek, illetve a különböző [acélok](#) hegesztett kötésében átmeneti szövetszerkezetek.

A robbantásos hegesztés sikeresen alkalmazható kettősfémek (bimetallok) kialakítására, a szerkezeti és különleges acélok, illetve ötvözetek egyesítésére (pl. plattírozás), elkopott szerkezeti elemek felújítására.

Kovácshegesztés

A kovácshegesztés a legősibb hegesztési eljárás, amelyet [lágycélok](#) kötésére használnak. Bonyolult kovácsdarabokat ugyanis csak úgy lehet elkészíteni, ha egyes részeit külön kovácsolják, és ezeket utólag kovácshegesztéssel egyesítik. Kovácshegesztéskor a hegesztési hőmérsékletre hevített alkatrészeket egymásra helyezik, és a kötést külső erőhatással biztosítják. A kovácshegesztést az acél összetételétől függően 1350 °C körüli hőmérsékleten végzik.

A jó kötés feltétele a tiszta, oxidmentes érintkező felületek biztosítása. Ennek elérését segítik elő a különféle hegesztőporok ([bórax](#), [vörösvérlúgsó](#), [szalmiák](#), [hamuzsír](#), [kvarchomok](#)). Ezek a hegesztőporok a revével könnyen olvadó, híg folyós salakot képeznek, és megóvják a felületet a további oxidációtól.

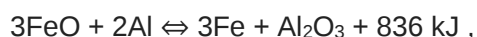
Termithegesztés



[Sín](#) termithegesztése

A [termithegesztés](#) az egyik legrégebbi hegesztési eljárás. Felfedezése *H. Goldschmidt* nevéhez fűződik, aki már 1899-ben vasúti sínek összehegesztésére alkalmazta. Jelentősége a lánghegesztés és a villamos hegesztési eljárások fejlődésével erősen csökkent, de vasúti sínek és csövek kötésére még gyakran használják.

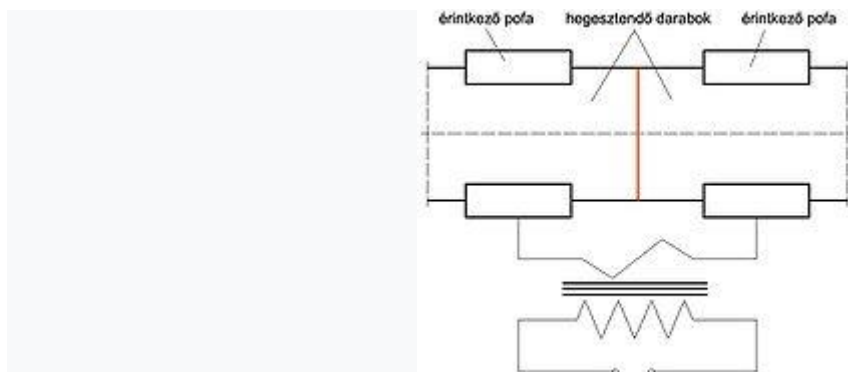
Az eljárás alapja az, hogy a fém alumínium a vas oxidjait hőfejlődés közben tiszta vassá redukálja, miközben alumíniumoxid képződik. Hegesztés céljára a vas oxidjai közül főleg az Fe_2O_3 és az FeO jöhet számításba. A reakcióegyenletek:



A folyamat erősen *exoterm* (hőtermelő) jellegű. A hőfejlődés hatására a keletkező vas megolvad. A reakció azonban csak nagyobb hőmérsékleten indul meg, ezért a keverék meggyújtására báriumszuperoxidból és alumíniumból álló keveréket kell alkalmazni. Ez a keverék könnyen meggyújtható, a keletkező hő hatására a termitpor már tovább ég. Termithegesztéskor vagy csak a képződött salak hőtartalmát használják fel a hegesztés céljaira, vagy pedig a [redukció](#) útján keletkezett termitacél használható kötőanyagul. Eszerint a termithegesztést háromféle formában lehet alkalmazni:

- termithegesztés nyomással,
- termithegesztés öntéssel,
- termithegesztés öntéssel és nyomással.

Villamos ellenállás-hegesztés



Az ellenállás-hegesztés elve

A villamos ellenállás-hegesztés az ömlesztő-sajtoló hegesztőeljárások közé tartozik. Az ellenállás-hegesztés során a villamos áram [Joule-hőjét](#) használják fel úgy, hogy a jól vezető, kopásálló villamos érintkezők közé szorított – összehegesztendő – munkadarabokon át villamos áramot vetetnek. Tekintve, hogy az ellenállás a két hegesztendő munkadarab közötti érintkező felületen a legnagyobb, ott keletkezik a legtöbb hő.^[1] A villamos ellenállás-hegesztést nagy áramerősségű (3000–15000 A) és kis feszültségű (1–10 V) árammal végzik.

A hegesztőáramot többnyire speciális réz szorítópofákon át vezetik a munkadarabba, ritkábban [volfrámelektrodákat](#) is alkalmaznak.^{[2][3]} Az elektrodákkal szemben követelmény a kopásállóság, a kiváló mechanikai szilárdság a hegesztés hőmérsékletén, jó hővezető képesség és végül alacsony hegedési hajlandóság a hegesztendő darabokkal. A hegesztendő munkadarabok anyagának függvényében különböző összetételű elektrodákat használnak.^{[4][3]}

Az ellenállás-hegesztés főbb módszerei:

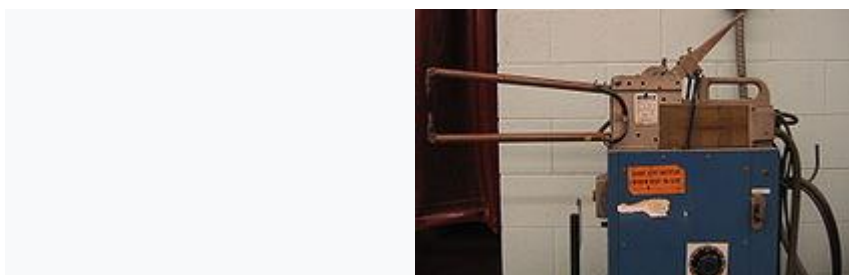
- tompahegesztés,
- ponthegesztés.
-

Tompahegesztés

A közel azonos keresztmetszetű, hegesztésre kerülő felületeken átfolyó áram a nagy átmeneti ellenállás miatt nagy hőt fejleszt, a darabok végei felmelegszenek. A felmelegedett felületekre merőleges erő hatására létrejön a kohéziós kötés.

Az egyszerű tompahegesztésnél jobb eredményt biztosít az ún. *leolvasztó tompahegesztés*. Az eljárás során a hegesztésre kerülő felületeket először összeérintik, majd a hegesztőáram bekapcsolása után széthúzzák kissé a munkadarabokat. A két darab között ív keletkezik, egy vékony sáv megolvad, majd a két munkadarabot dinamikus lökessel egyesítik.

Ponthegesztés



Pontheesztő készülék

Pontheesztést vékony lemezek és egymást keresztező acélhuzalok, hálók kötésére alkalmazzák. A lemezeket átlapolva hegesztik úgy, hogy a hegesztendő helyen két, rendszerint kúpos szerszámot (áramvezetőt) szorítanak a lemezekre. Az összeszorított lemezeket az átfolyó áram felhevíti és az átmeneti ellenállás miatt a két lemez érintkezési felületén megolvad, az elektrodokkal kifejtett erő hatására a lemezek az elektrodok átmérőjének megfelelő felületen összehegednek.

Vonalhegesztés

A ponthegeztés elvén működik, de az áramvezetőként nem kúpos sajtolószerszámot, hanem csapágyazott és hajtott görgőpárt használnak. Ezzel az eljárással készül a hosszvarratos aeroszolos palackok (dezodor, rovarirtó, festékfújó) palástja.

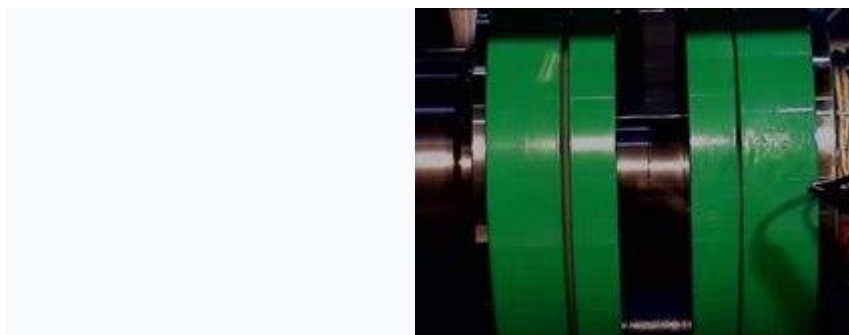
Ultrahangos hegesztés

Ultrahangos hegesztéshez kívülről nem kell hőt bevezetni. Az ultrahang által előidézett rezgőmozgás a hegesztendő felületek érdességi kiemelkedéseit és az oxidrétegeket elroncsolja, és a fémes felületeket egymásba dörzsöli. A rezgések a kis sajtolóerővel együtt idézik elő a fém folyását. Ultrahangos hegesztéssel a technikai fémek legtöbbje hegeszthető.

Az ultrahangos ponthegeztőgép külsőleg ellenállás-hegesztőgéphez hasonlít.

A munkadarabok a szonotróda és gép üllője között fekszenek. A szorítónyomást hidraulikusan vagy pneumatikusan hozzák létre. A magnetosztatikus rezgőfej elvben egy rúdból áll, amelyet elektromágneses gerjesztés céljából tekerccsel vesznek körül. A váltakozóáramú gerjesztés során váltakozó mágneses tér keletkezik. A rúdban, a hossz tengely irányában rugalmas deformációk lépnek fel a mágneses tér változásának az ütemében. A rúd anyagaként csak olyan fémek használhatók, amelyeknek egyrészt nagy a magnetosztatikus hatásuk, másrészt megfelelően nagy a szakítószilárdságuk. Legalkalmasabbak a nikkel- és nikkelötvözetű rudak.

Dörzshegesztés



Dörzshegesztés video

Dörzshegesztésnek azt a hegesztési módszert nevezzük, amelynél a kötés létesítéséhez szükséges hőenergiát az egyesítésre kerülő felületeken súrlódással állítják elő. A hegesztés kezdeti szakaszában alkalmazott kis erővel szabályozzák a hőképződést. A kívánt hőmérséklet elérésekor a forgó- vagy alternáló mozgás megszüntetésével egyidejűleg a kötés létrehozásához szükséges nagy erőt fejtenek ki. A dörzshegesztőgépek fél- vagy teljesen automatikus módszerrel dolgoznak. A dörzshegesztés elvileg esztergagépeken is elvégezhető, a gyakorlatban azonban kivitelezhetetlen, mert a zömítésre alkalmas gépen zömítőerőre méretezett csapágyakra, megfelelő fékezőrendszerre és egyéb kiegészítő

berendezésekre van szükség. Az esztergagép [csapágypai](#) a dörzshegesztés indításakor fellépő erős rezgések következtében nagyon gyorsan kopnak, a továbbiakban esztergálásra alkalmatlanná válik az esztergagép.

Nagyfrekvenciás indukciós hegesztés

A nagyfrekvenciás indukciós hegesztés tulajdonképpen ellenálláshegesztési eljárás érintkezés nélküli energiaátvitellel. A módszert túlnyomóan csövek hosszvarratos tompahegesztésére alkalmazzák. A szalagéleken és az érintkezési helyeken nagy áramsűrűséggel lehet számolni, így a csőlemez élei megolvadnak. A kis behatolási mélység miatt ez a felhevített zóna nagyon kicsi, ezért az érintkezési pont mögött lévő összenyomási helyen csak minimális sorja keletkezik. A hőnek a lemezélektől a cső belsejébe irányuló áramlását nagy hegesztési sebességek alkalmazásával akadályozzák meg.

Ömlesztő hegesztés

Az ömlesztő hegesztési eljárásoknál koncentrált hőhatással kell dolgozni, hogy a hegesztendő felületek rövid idő alatt, vékony rétegben olvadjanak meg. Ezt a hőhatást lehet biztosítani például éghető gáz elégetésével vagy villamos ívfénnyel.

Lánghegesztés



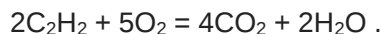
Lánghegesztés

Lánghegesztéskor a hegesztésre valamilyen éghető gázt és oxigént használnak. Az égő gáz lehet [hidrogén](#), [acetilén](#), [propán](#), [bután](#) stb. Az égető berendezés a *hegesztőpisztoly*. Éghető gázként általában acetilént alkalmaznak.

A lánghegesztés rokon művelete a *lángvágás* és a *lánggyalulás*. A lángvágás elvi alapja az, hogy a vas a fehérizzás hőmérsékletén oxigénsugárban igen gyorsan oxidálódik, salakosodik, miközben jelentős hőmennyiség szabadul fel. Lángvágáskor a vágandó vonal kezdőpontját előmelegítik, majd oxigénsugárral az elsalakosodott vasat kifűjják a hézagból. Hasonló elven működik a lánggyalulás is, ami jó eredménnyel használható öntött acéltuskók, hengerelt bugák és szabadon alakított kovácsdarabok felületi hibáinak eltávolítására.

A hegesztést fejlesztőből nyert vagy palackban tárolt acetilénnel végezhetik. Az utóbbi években a palackos acetilén-felhasználás csaknem kiszorította a gázfejlesztő használatát. A palackozott acetilén gázt *dissous*-gáznak nevezik. Mind az éghető gázt, mind az oxigént nyomáscsökkentő szelepen át vezetik a hegesztőégőbe.

Az acetilén elégetésekor lejátszódó kémiai reakció egyenlete:



Ebből következik, hogy tökéletes égést feltételezve 1 m³ acetilénhez 2,5 m³ oxigénre van szükség. Attól függően, hogy az éghető gázhoz mennyi oxigént vezetnek, az égés lehet tökéletes vagy tökéletlen (figyelembe kell venni a levegőből felvett oxigén mennyiségét is!). Tökéletlen égéskor a lángban még el nem égett gázok vannak, amelyek a lángot körülvevő levegőből oxigént vonnak el. Az ilyen lángot *redukáló lángnak* nevezik. Ha viszont a lángban a szükségesnél több az oxigén, akkor *oxidáló lángról* beszélünk. Az oxidáló láng csaknem minden anyag hegesztésekor káros, mert a hegesztés helyén az oxigénfelesleget átadja a heganyagnak.

Semleges lánggal kell hegeszteni az [acélt](#), acélöntvényeket, a rozsdá- és hőálló acélt, a temperöntvényeket, a vörösrezt, a [bronzot](#), a [nikkelt](#), a [cinket](#), az [ólmot](#), az [alumíniumot](#) és ötvözeit. Acetiléndús lángot kell használni [öntöttvas](#) hegesztésekor és minden olyan esetben, amikor nagy széntartalmú kemény, feltöltőhegesztésre alkalmas acélpálcával hegesztenek. Oxigéndús lánggal egyedül a [sárgarézt](#) hegeszthető. Ilyenkor az ömledéken cinkoxid hártya képződik (a cink a sárgarézt egyik alkotója), amely a megakadályozza a könnyen párolgó cink elgőzölgését.

Hegesztőégők

A tartályokból, illetve a gázfejlesztőkből vezetékeken áramló gázok a hegesztőégőbe, azaz hegesztőpisztolyba kerülnek. A hegesztőégőnek biztosítani kell a gázok jó keveredését, továbbá egy pontra irányuló koncentrált lángképet kell adnia. A hegesztőpisztolyok két csoportba oszthatók:

- kisnyomású,
- nagynyomású.

A kisnyomású hegesztőpisztolyba az égőgázt az oxigén szívóhatásával juttatják be. Ezek az injektoros hegesztőpisztolyok. A nagynyomású, injektor nélküli égőkben az oxigén és az éghető gáz fokozott nyomás mellett a keverőkamrába jut. A beömlő gázok mennyiségét adagoló csapokkal lehet szabályozni.

Hegesztőpálcák

A hegesztőpálcák feladata a varrat létrehozásához szükséges anyagmennyiség biztosítása. Anyaguk többnyire azonos vagy hasonló a hegesztendő anyaggal. A hegesztőpálcák legtöbbször kör keresztmetszetűek. A pálcákat kovácsolással, hengerléssel, húzással, vagy (a képlékenyen nem alakítható anyagok esetén) öntéssel állítják elő, néha karikába csévélve szállítják.

Villamos ívhegesztés



Ívhegesztés

Az elektromos áram hőhatása kétféleképpen alkalmazható hegesztési célokra. Az egyik a *Joule*-hővel végzett ellenállás-hegesztés (lásd feljebb), a másik az elektromos ívhegesztés, amely a plazmakisülés hőhatását hasznosítja. A plazma hőmérsékletét és erősségét az elektronsűrűség és mennyiség határozza meg, amely beállítható a modern hegesztő berendezésekben (áramerősség és feszültség beállítás).



Bővebben: [Szirkakisülés](#)

Az ívhegesztés első kidolgozója *Benardos* volt 1885-ben. Ennél az eljárásnál az áramforrás egyik sarkát a hegesztendő tárgyhoz, a másikat egy szénpálcához kötik. A szénpálcát a munkadarabhoz érintve villamos ív keletkezik, amely az alapanyagot az ív keletkezési helyén megömleszt, a hézagot külön fémpálcával töltik fel). A *Benardos*-eljáráshoz egyenáramot használtak. Mára csaknem kizárólagosan a *Slavianoff*-féle eljárás terjedt el. Ebben az esetben elektródként fémpálcát használnak, míg a másik sarok a hegesztendő tárgy. A fémpálca és a munkadarab összeérintésével lehet az ívet húzni, amelynek hőhatása mind a munkadarab szélét, mind a hegesztőpálcát megolvasztja. A pálca lecsepegtető ömledéke szolgál a varrat feltöltésére. A *Slavianoff*-eljáráshoz mind egyenáramot, mind váltakozó áramot lehet használni.

Hegesztés elektródákkal



Bevonatos elektródok és befogó

A hegesztéshez használt elektródák lehetnek:

- bevonat nélküli (csupasz) és
- bevonatos elektródák.

Váltakozó áramú hegesztéskor a csupasz hegesztőpálca, amelynek összetétele közelítőleg megegyezik a munkadarab összetételével, nagyon kevés iont termel a villamos ívben. Ezért ilyen pálcával csak egyenáramról lehet hegeszteni, tekintettel arra, hogy váltakozó áramú ívben a

feszültség – 50 periódusú áram esetén – másodpercenként százszor halad át a nullponton, így az ív újragyulladásához az a csekély ionizáció, amely csupasz pálcával létrejön, nem elegendő. Ezért már korán megjelentek az ív stabilitásához szükséges bevont pálcák. A bevonathoz olyan anyagot használnak, amely sokkal jobban ionizálható, mint az alapanyag. A bevonat ezen túlmenően az ömledék oxidációját is megakadályozza.

A hegesztő elektródok bevonatainak több típusa van:

- vasoxidos,
- vas-mangánnoxidos,
- rutilos,
- cellulóz típusú,
- bázikus.

Az egyenes, külsején bevont elektródokon kívül létezik porbeles elektródhuzal is, amely acélszalagból készült körszelvényű vagy lapos cső, belsejében por alakú töltettel. Ez az elektród hajlítható, tekergethető (ellentétben a ridegsége miatt csak egyenes szálban forgalmazott külső bevonatos elektródokkal).

Fedettívű automatikus hegesztés

Minthogy a kézi ívhegesztés nagyon munkaigényes, sok jól képzett szakmunkást igényel, ezért a hegesztési folyamatok gépesítésének és automatizálásának igénye hamar felmerült. A fedettívű hegesztés ilyen módszer. A fedett ívű hegesztés huzalelektroda (elektrodák) és a munkadarab között keltett ívvel (ívekkel), fedőpor alatt végzett ömlesztőhegesztés. A huzal előtoláson kívül a varratirányú előrehaladást is automatizálni lehet, ezért ezt gépesített ömlesztőhegesztésnek nevezzük. A hegesztés végezhető egyen és váltakozó árammal, amelyet a hozaganyag végéhez vezetünk, így 8-10-szer nagyobb áramerősséggel terhelhető mint a bevont elektródás hegesztés, a termelékenység növelhető, a hozaganyagok többszörözésével, illetve a szalag elektróda leolvasztásával.

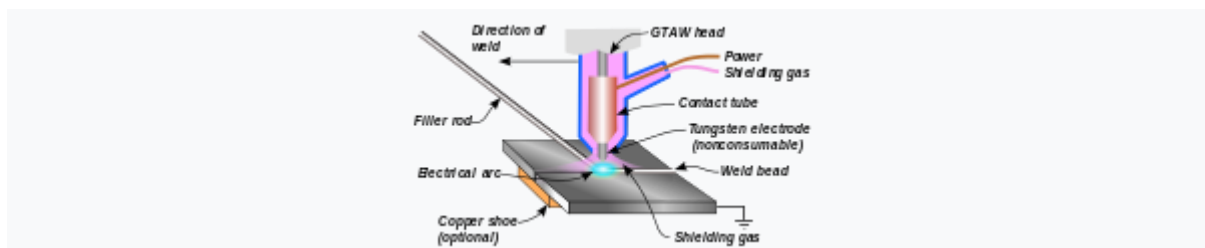
A fedettívű hegesztés előnyei közé tartozik a nagy hegesztési teljesítmény, a mély beolvadás, a hegesztés folyamatos és mentes a szubjektív hatásoktól, a varrat jó minőségű.

Védőgáz

A védőgáz feladata az ívhegesztés során az oxigén és a nitrogén kiszorítása a hegesztés közvetlen közeléből, valamint befolyásolja a hegfürdő viszkozitását, így hatással van annak nedvesítő képességére. A védőgázos hegesztést a kötések jó minősége, a fedőpor- és a salak-eltávolítás elmaradása, semleges védőgáz alkalmazásakor a varrat kémiai összetételének állandósága, a koncentrált hőhatás következtében a keskeny hőhatásövezet, és ennek megfelelően a minimális elhúzóerő jellemzi.

A védőgáztól függően ötvözetlen, gyengén és erősen ötvözött acélok, könnyű- és színesfémek, ill. ötvözetek, valamint különleges fémek és ötvözeik egyaránt jól hegeszthetők. A legelterjedtebb gázok: az [argon](#), a [hélium](#) és a szén-dioxid védőgáz, valamint az ezekből készült gázkeverékek. A gázkeverékek esetén az egyik alkotó lehet kis mértékben oxigén, valamint nitrogén is. Léteznek három, illetve négykomponenses védőgázkeverékek is. [1]

Argon védőgázos volfrámelektrodás ívhegesztés



Argon védőgázos volfrámelektrodos ívhegesztés

Rövidítése: AVI. Nemzetközileg a TIG (Tungsten Inert Gas) betűszót használják. Az argon védőgázos AVI-hegesztéskor a volfrámelektroda és az alapanyag között húzott ívet argon gázburok veszi körül. A gázburok hatásossága nagymértékben függ a gáz sűrűségétől és a hegesztés sebességétől (nagy hegesztési sebesség esetén az ív kiléphet a védőgáz burokból). A hegesztéshez használt volfrámelektrodák porkohászati úton készülnek, az alkalmazás céljától függően eltérő ötvözással. A különböző célra készült elektrodák végeit eltérő színnel jelölik meg.^[5]

- Tiszta volfrámelektrodát csak alumínium hegesztéshez használnak. Zöld színű jelöléssel készül.
- Általános használatra, ötvöztelen és ötvözött (Cr, Ni, Mo ötvözetű ausztenites, saválló, rozsdamentes, duplex, stb.) acélok hegesztésére az 1,5% lantánnal (La) ötvözött volfrámelektroda színjelölése arany;
- A korábban elterjedt kb. 2% tóriumtartalmú, piros színjelű elektrodákat, enyhén radioaktív hatású;
- A cirkóniummal ötvözött volfrámelektroda színjelölése fehér;
- A 2% lantánnal (La) ötvözött volfrámelektroda színjelölése fekete;
- A cirkonnal ötvözött volfrámelektroda, színjelölése szürke.
- Vannak ritkaföldfém ötvözetű lila és türkiz zöld színjelölésű volfrámelektrodák is amiket főleg alumíniumhoz lehet jól használni.

Az argongázban kialakult ív sok szempontból eltér a levegőben létrejött villamos ívtól. Az argon egyatomos gáz, amelyben az elektronok mozgékonyasága sokkal nagyobb, mint a kétatomos gázokban. Egy másik jellegzetes különbség az, hogy az ív egy igen nagy olvadáspontú volfrámelektroda és egy viszonylag kis olvadáspontú fém között jön létre (különösen nagy a két olvadáspont közötti különbség például alumínium hegesztésekor), azaz az anód és a katód hőmérséklete között jelentős különbség adódik.

A hőmérséklet-különbség nagymértékben függ attól, hogy egyenes, vagy fordított polaritású kapcsolást alkalmaznak. Egyenes polaritású kapcsoláskor a volfrámelektroda a negatív, a hegesztendő anyag a pozitív sarok. Ebben az esetben az elektrodán levő katódfolttól igen nagy sebességű elektronok indulnak ki, amelyek az anódként kapcsolt alapanyagba ütköznek, amely aránylag keskeny területen, de nagyon erősen felmelegszik. Az így képződő varrat tehát keskeny, de nagyon mély. Az argongáznak ebben az esetben csak védőgáz szerepe van.

Fordított polaritású kapcsoláskor, amikor a hegesztendő anyag a negatív pólus, a nagy sebességű elektronok a volfrámelektrod felé áramolnak, és abba ütközve fejlesztenek nagy hőt. A fordított polaritású kapcsolat előnye az, hogy a nagy sűrűségű, nagy tömegű argon ionok a tárgy felületére ütköznek, és az ott lévő esetleges oxid- és nitrit-hártyát feltörik, felbontják. Ebben az esetben az argongáznak nemcsak védőhatása, hanem tisztító hatása is van.

Az AVI eljárás során használunk egyen és váltakozó áramot is, ezért fontos a hegesztő berendezésen az áramnemnek megfelelő kiválasztására szolgáló kapcsoló, illetve az egyen áram polaritás kapcsolója, a berendezéseken fontos az áramerősség precíz beállításának lehetősége, ami egy fokozatmentes kapcsolóval történik. A korszerű hegesztő áramforrások úgynevezett inverteres gépek, amely először a hálózati feszültséget egyen irányítja, majd félvezető elemekből felépített frekvenciaváltó (inverter) középfrekvenciás lökítőfeszültséggé alakítja. Ezt a feszültséget egy transzformátor csökkenti a megfelelő kis értékre. A transzformátor szekunder tekercsére kapcsolódik a diódás egyenirányító és a simító fojtótekercs, amely a hegesztéshez szükséges egyenfeszültséget adja. Az ilyen felépítésű berendezések a többszöri energiaátalakítás ellenére is jobb hatásfokkal rendelkeznek mint a hagyományos transzformátorok.

Argon védőgázos fogyóelektrodás ívhegesztés

Rövidítése: AFI, nemzetközileg a MIG betűszót használják (Metal Inert Gas). Az eljárás során a hegesztőtűt a folyamatosan előrehaladó hegesztőhuzal és a munkadarab között ég. A hegesztőhuzalt két vagy négy görgő tolja előre, amelyeket a huzalelőtől hajtószerkezete mozgat. A hegesztőhuzalt a hegesztőpisztoly huzalvezető spirálján, valamint a rézből, réz-cirkónium

ötvözetből készült áramátadón keresztül vezetik a hegesztés helyére. AFI-hegesztéskor egyenárammal dolgoznak, és legtöbb esetben fordított polaritást alkalmaznak.

Szendioxid védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés

Rövidítése: CFI vagy MAG (Metal Active Gas). Ezt az eljárást elsősorban ötvözetlen és gyengén ötvözött szerkezeti acélok egyesítésére használják. A CO₂ védőgáz alkalmazásakor problémát jelent, hogy a szén-dioxid gáz szén-monoxidra és oxigénre bomlik, ezért jelentős oxidációval lehet számolni. Az elektródhuzalba ezért dezoxidáló elemeket ([mangánt](#) és [szilíciumot](#)) ötvöznék. Előnye a gáz olcsósága és a mély beolvadás, hátránya a nyugtalan hegesztési ív, ebből következő erős fröcskölés. Impulzushegesztésre nem alkalmas.

Kevertgázos fogyóelektródás ívhegesztés

Argon és szén-dioxid gázkeverékéből álló védőgáz alatt végzik a hegesztést (CORCON).

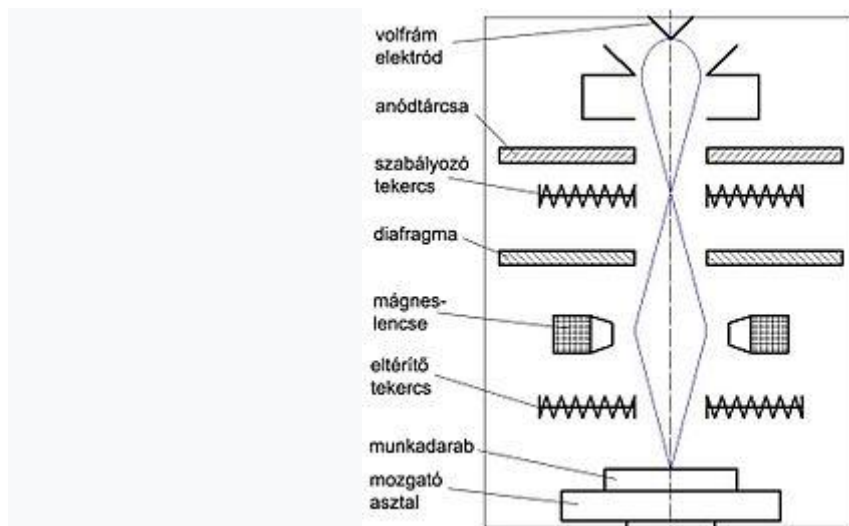
Hidrogén védőgázos ívhegesztés

A hidrogén védőgázos ívhegesztést *arcatom*-hegesztésnek is nevezik. Az eljárás során az ív két volfrámpálca között ég, amely íven hidrogén gázt fújnak keresztül. Az ív hőmérsékletén a molekuláris hidrogén atomos hidrogénné esik szét, majd a hidegebb részekben az atomos hidrogén ismét molekuláris hidrogénné alakul. Az első folyamat hőfogyasztó, a második pedig hőleadó. A hegesztés tehát tulajdonképpen

az atomos hidrogén molekuláris hidrogénné való visszaalakulásakor fejlődő hővel történik. Az arcatom eljárásban tehát a hőhatás közvetve, az ív hőhatása révén létesül, a hegesztés helyét pedig körülveszi a hidrogén gázatmoszféra.

Az eljárás hátránya az, hogy – mivel egyes fémek folyékony állapotukban nagy mennyiségű hidrogént képesek oldani – a varrat könnyen porózussá válhat. Ezért az eljárás nem alkalmas például [nikkel](#) vagy nagy nikkeltartalmú króm-nikkel acélok, [réz](#) és rézötvözetek hegesztésére. Manapság gyakorlati jelentősége nincs, ipartörténeti érdekesség.

Elektronsugaras hegesztés



Elektronsugaras hegesztés

Az elektronsugaras hegesztés alapja az, hogy elektronokat mintegy 10^5 km/s sebességre gyorsítanak, amelyek ütközésekor (lefékezésükkor) a [kinetikai energia](#) hővé alakul, és helyileg megolvasztja a munkadarabot. Az igen nagy energiakoncentráció hatására a hevített pont hőmérséklete elérheti akár az anyag forráspontját is. Ezt használják ki például a zafír, a rubin, a gyémánt és a keményüveg fúrására. A nagy energiasűrűség keskeny és mély varratok előállítását teszi lehetővé. Az elektronsugaras hegesztés gyakorlatilag minden anyag egyesítésére alkalmas, beleértve a különleges anyagokat és azok tetszés szerinti párosítását is.

Lézersugaras hegesztés

A lézersugaras hegesztéshez szilárdtest-lézereket alkalmaznak. A szilárdtest-lézer olyan fényforrás, amely nagy energiájú fényimpulzusokat bocsát ki. A lézerhatás úgy jelentkezik, hogy a nagy intenzitású fény formájában kapott energiát a rubin rezonátorba sugározzák, a besugárzott fény egy csekély részét a rezonátor egy rövid időre elnyeli, és nagy energiájú impulzusként újra kisugározza. A lézersugaras hegesztés elsősorban vékonyabb anyagok hegesztésére alkalmas, főleg ponthegesztésre, vagy pontsorok készítésére. Nagy előny, hogy a hegesztőkészülék és a munkadarab között nincs szükség közvetlen érintkezésre, ezért a lézerhegesztés jól használható ott, ahol a mechanikus alakváltozásokat vagy a kémiai szennyeződések mindenáron el kell kerülni.

Plazmasugaras hegesztés

A [plazmasugár](#) nagy energiatartalmú ionizált elemi részecskék árama. A hegesztésen kívül vágáshoz, felületbevonáshoz és hőkezeléshez használható. Plazmasugár akkor keletkezik, ha a villamos ívet normál állapotához képest egy lényegesen szűkebb csatornán, egy fúvókán való áthaladásra kényszerítik. A plazmaképző és a vágógáz molekulái az ív hőhatására [disszociálnak](#), az atomok külső elektronhéjáról elektronok szakadnak le, azaz a gáz [ionizálódik](#). A gáz hevítésére, disszociációjára és ionizációjára fordított igen jelentős hőmennyiség a visszaalakulás során aztán ismét felszabadul. A plazmasugár hőmérséklete $10\,000$ – $30\,000$ °C között változhat. Plazmasugár létesítéséhez semleges és aktív gázokat használnak (pl. Ar, Ar + H₂, Ar + N₂, H₂ + N₂, levegő).

Plazmavágáskor az anyag megolvasztását, részbeni elgőzölögtetését és az olvadt anyag eltávolítását a nagy hőmérsékletű és nagy sebességű gázsugár végzi. Plazmasugárral a legkülönbözőbb fémek és ötvözetek, valamint nemfémes anyagok is vághatóak. Az átvágható vastagság elsősorban az anyag minőségének és a berendezés teljesítményének a függvénye.