

## 0. A hegesztési eljárások felosztása

A hegesztés során két munkadarabot oldhatatlan kötéssel egyesítünk, és ennek eredményeként a két fél között kohéziós kapcsolat jön létre. A kohéziós kapcsolat az alábbiak szerint valósítható meg:

a munkadarabok anyagainak megolvasztása útján, azokat folyékony halmazállapotban egyesítve: ezek az **ömlesztőhegesztések**, vagy

a két felet nagy nyomással egymásnak sajtolva, szilárd állapotban egyesítve: ezek a **sajtolóhegesztések**.

Az ömlesztőhegesztéseknek három nagy csoportja van:

**ívhegesztések,**

**gázhegesztések és**

**salakhegesztések.**

### 1. Ívhegesztés

Az ívhegesztés során az elektromos ív hohatását használjuk ki oldhatatlan kötés létrehozására. Ha két fémdarabot egymáshoz érintve sorosan egy áramkörbe kapcsolunk, akkor az áramkör legnagyobb elektromos ellenállása az érintkezési helyen van. Ezt átmeneti ellenállásnak nevezzük. A fémdarabokon átfolyó áram hőhatása következtében az átmeneti ellenállásnál a fémdarabok végei felizzanak és elektronokat bocsátanak ki. Ha a két fémdarabot egymástól néhány milliméterre eltávolítjuk, akkor az elektronok az elektromos térerősség hatására a pozitív pólus felé áramlanak, ionizálják a teret. A pozitív ionok az ellenkező irányba, a negatív pólus felé áramlanak. A töltések áramlása következtében elektromos áram folyik az áramkörben. Az áramkör pozitív sarkára kapcsolt fémdarab neve **anód**, a negatív sarkokra kapcsolt neve pedig **katód**. A hegesztés technológiában a két fémdarabot egymástól megkülönböztetjük, az elnevezések: az egyik a **munkadarab**, a másik az **elektróda**.

A hegesztés **áramneme** lehet:

**egyenáram**, vagy

**váltóáram.**

Az egyenáramú hegesztés a **polaritás** szerint lehet:

**egyenes polaritású**, ha az elektróda a katód (a negatív pólus), és a munkadarab az anód (a pozitív pólus);

**fordított polaritású**, ha az elektróda az anód (a pozitív pólus), és a munkadarab a katód (a negatív pólus).

Az elektromos ív gyújtása rövidzárlat útján jön létre. Az ívgyújtás feszültsége 50-80 V. Az ionizáció miatt az áramkörre az Ohm-törvény nem érvényes, mivel a növekvő áramerősség csökkenő ívfeszültséggel párosul. Az ív fenntartásához 16-32 V ívfeszültség szükséges. Az ívben nagy sebességre felgyorsuló elektronok a pozitív pólusba ütköznek, és mozgási energiájuk - az ütközés következtében - hőenergiává alakul át: a fém megolvad. A megolvadt fémrészt **hegfürdőnek, vagy ömledéknek** nevezzük. Az elektromos ív hőmérséklete mintegy 6000C, amely a Nap felületi hőmérsékletének felel meg.

Az ív hohatása következtében megolvadó fémek között szilárdságilag használhatatlan kötés jönne létre, amennyiben az ömledék a légkörrel közvetlenül érintkezne. Ugyanis az izzó fémek a légkör oxigénjét és nitrogénjét elnyelik és ezek a kötetést szilárdságilag elridegítik, porózussá teszik. Ezért a hegfürdőt meg kell védeni a légkör káros hatásaitól. A **hegfürdő védelme** kétféleképpen valósítható meg:

vagy az ívben elégo keramikuss, valamint szerves anyagokból keletkezo gázok és a salak valósítja meg, vagy a hegesztés hozaganyagában - a **hegesztőhuzalban, hegesztőpálcában**, azaz az elektródában - lévő elemek,

vagy valamilyen a varrat köré juttatott gáz óvja meg a varratot a légkör kedvezőtlen hatásaitól.

A fentieken kívül a keletkező, ill. felhasznált gázok elősegítik a hegesztőív gyújtását, valamint biztosítják az ív stabilitását is.

Attól függően, hogy a hegesztőív védelmet hogyan valósítjuk meg, az ívhegesztéseknek az alábbi fő csoportjai alakultak ki:

**nyíltívű hegesztések,**

**fedett ívű hegesztések**

**védőgázos ívhegesztések, amelyek**

**semleges védőgázzal, aktív védőgázzal, valamint kevert gázzal; továbbá**

**fogyóelektródával, vagy nem fogyó, volfrámelektródával** végezhetőek el.

## 101. Fogyóelektródás ívhegesztés

A fogyóelektródás ívhegesztés során a hegfürdő védelmét, ill. az ívgyújtást, valamint az ív stabilizációját az alábbiak szerint lehet megvalósítani:

**bevont elektródával, porbeles huzallal, védőgáz felhasználásával, vagy anélkül, csupasz elektródával semleges, ill. aktív védőgáz alkalmazásával.**

A bevont elektródával való hegesztés a kézi ívhegesztés technológiája (lásd 111. fejezetet), az

elektróda befogására elektródatartót használunk. A bevont elektródával való hegesztésnél a keramikus anyag az elektróda külső palástfelületén van. Az elektróda tehát egy fémhuzalból és egy keramikus bevonatból áll. A huzal átmérője 1,6 mm és 6 mm között változik, de léteznek 10 mm vastag hegesztőelektródák is. A bevonat a huzalátmérő 1,05-1,8-szerese lehet. Az elektróda hossza kb. 250-450 mm között változik. Az elektróda teljes hosszában nem hasznosítható, mivel a befogás helye és az elektróda maradék a hegesztés befejezésekor kb. 35-40 mm hosszú. Ez a bevont elektródás hegesztésnél veszteséget jelent. Új elektródát kell befogni az elektródatartóba, amely a hegesztés mellékidejét megnöveli. Az elektróda áramterhelése 10-20 A/mm<sup>2</sup>. A kézi ívhegesztés teljesítménye kb. 2-3 kg/h.

A porbeles huzalokkal, illetve a csupasz elektródás védőgázos hegesztéseknél az elektródák tekercsekben vannak, és a huzalelőtölést előtoló egység valósítja meg. Így a hegesztést a huzal elfogyása miatt csak ritkán kell megszakítani, mivel egy huzaltekercs tömege 1-60 kg is lehet. A huzalt a hegesztés helyére pisztolyalakúra kiképzett hegesztőfej vezeti. Mivel az áramot a hegesztőhuzalhoz, közel a hegesztőívhez, csúszókontaktussal vezetjük be, a kisebb ellenállás miatt a huzal kevésbé melegszik, ezért nagyobb hegesztőárammal lehet hegeszteni. A hegesztés áramsűrűsége kb. 50 A/mm<sup>2</sup>. A leolvadási teljesítmény 8-12 kg/h lehet. (Lásd még 1. fejezetet).

### ***A fogyóelektródás ívhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok***

<b>MSZ ISO 857:1992</b>	<b>MSZ ISO 4063:1992</b>
<b>MSZ 4300-1:1984</b>	<b>MSZ 4300-3:1984</b>
<b>MSZ 4305:1988</b>	<b>MSZ-05-46.1410:1980</b>
<b>MSZ EN 287-1:1992</b>	<b>MSZ EN 287-2:1993 2. rész</b>
<b>MSZ EN 288-1:1993</b>	<b>MSZ EN 288-2:1993 2. rész</b>
<b>MSZ EN 288-3:1993 3. rész</b>	<b>MSZ EN 288-4:1993 4. rész</b>
<b>MSZ EN 729-1:1995 1. rész</b>	<b>MSZ EN 729-2:1995 2. rész</b>
<b>MSZ EN 729-3:1995 3. rész</b>	<b>MSZ EN 729-4:1995 4. rész</b>
<b>MSZ EN 25817:1993</b>	<b>MSZ 4367-1:1994 1. rész</b>
<b>MSZ 4364-2:1994 2. rész</b>	<b>MSZ EN 20544:1994</b>
<b>MSZ EN 22401:1995</b>	<b>MSZ ISO 2560:1990</b>
<b>MSZ 4294:1986</b>	<b>MSZ 4298:1984</b>
<b>MSZ 6288:1986</b>	<b>MSZ 6448:1986</b>
<b>MSZ 6586:1982</b>	<b>MSZ 6587:1984</b>
<b>MSZ 6588:1987</b>	<b>MSZ 05-29.5902:1981</b>
<b>MSZ 3048-6:1980</b>	<b>MSZ 4316-1:1970</b>
<b>MSZ 4316-2:1970</b>	<b>MSZ-05-09.4620-1:1984</b>
<b>MSZ EN 27963:1995</b>	<b>MSZ EN 30042:1995</b>
<b>MSZ 4262-3:1984</b>	<b>MSZ 4301:1978</b>
<b>MSZ 6442:1979</b>	<b>MSZ 6442:1979 1M(1983)</b>

### ***Munkavédelmi előírások***

***31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat***

## Irodalom

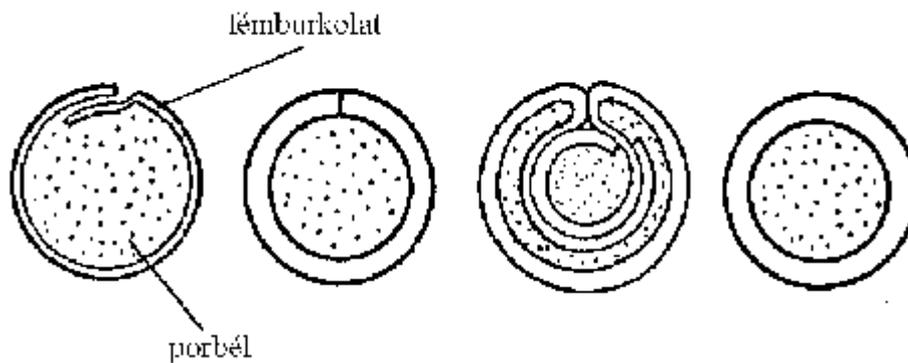
Hegesztési kézikönyv. Foszerkeszto: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

Romvári Pál, Béres Lajos: Javító- és felrakóhegesztés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

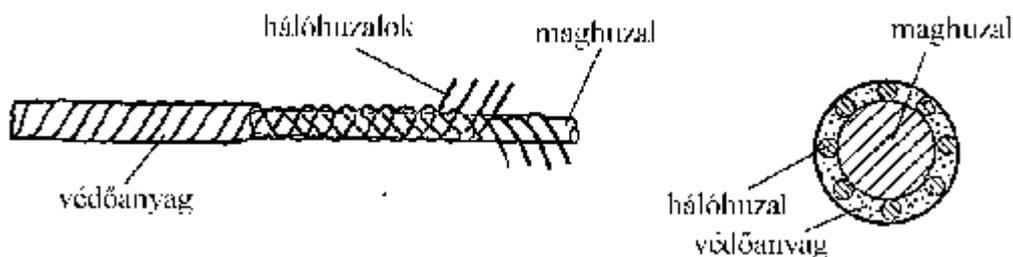
# 11. Fogyóelektródás önvédő ívhegesztés

A fogyóelektródás önvédő ívhegesztés porbeles huzalokkal való hegesztés. Az elektródák tekercsekben vannak, és a huzalelőtölést előtölő egység valósítja meg. Így a hegesztést a huzal elfogyása miatt csak ritkán kell megszakítani, mivel egy huzaltekercs tömege 1-60 kg között lehet. A huzalátmérő tartománya 1-3 mm. A huzalt a hegesztés helyére pisztolyalakúra kiképzett hegesztőfej vezet be. Mivel az áramot a hegesztőhuzalhoz, közel a hegesztőívhez, csúszókontaktussal vezetjük be, a kisebb ellenállás miatt a huzal kevésbé melegszik, ezért nagyobb hegesztőárammal lehet hegeszteni.

A metallurgiai folyamatokhoz szükséges védőanyagokat (dezoxidensek, salakképzők, ívstabilizátor) az ívbe kétféleképpen juttatjuk be: vagy a csőszerűen kialakított fémburkolatban helyezük el (11.1 ábra), vagy a maghuzalon, a hálózahuzalok között (11.2. ábra).

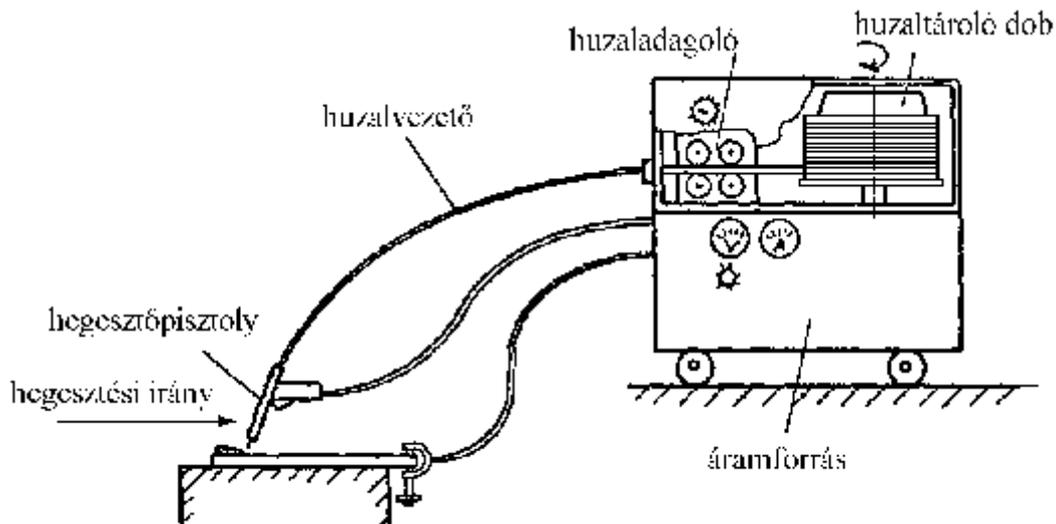


1. ábra. Porbeles elektródahuzalok



2. ábra. Hálóköpenyes elektródahuzal

A fogyóelektródás önvédő ívhegesztésnek félig gépesített változata a 3. ábrán látható.



### 3. ábra. Félig gépesített önvédő fogyóelektródás ívhegesztés

Ennél a változatnál a hegesztőpisztolyt kézzel kell vezetni a hegesztés során. A gépesített változat esetében a hegesztőpisztolyt önjáró kocsira szerelve vezetjük. A hegesztőív állandó hosszát az ún. belső vezérléssel valósítjuk meg. Ez annyit jelent, hogy a huzalelőtolás sebessége állandó és a hegesztőáram az ív hosszától függően változik: ha megnő az ív hossza, akkor csökken az íváram, ezáltal csökken a leolvadó huzal hossza, és az ívhossz az optimális értékre áll be. Ha viszont az ívhossz lecsökken, akkor megnő az íváram és gyorsabban olvad le a huzal, vagyis megnő az ívhossz és ismét beáll a legkedvezőbb ívhosszúság.

A bevontelektródás ívhegesztéshez képest az önvédő fogyóelektródás ívhegesztés az alábbi előnyökkel jár:

- a huzal folyamatosan adagolható,
- az áram bevezetése rövid huzaldarabon valósítható meg, ezért a huzalon nagyobb áramsűrűség engedhető meg (kb. 50 A/mm<sup>2</sup>), amellyel nagyobb leolvadási teljesítmény érhető el (8-12 kg/h), továbbá
- nő a beolvadás mélysége.

#### *Alkalmazási területei*

Az alkalmazott elektródahuzaltól függően:

hálóköpenyes elektródahuzalokkal ötvöztelen és gyengén ötvözött acélok hegeszthetők,

porbeles elektródahuzalokkal erősen ötvözött acélok hegeszthetők, elsősorban vízszintes helyzetben.

### *A fogyóelektródás önvédő ívhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok*

MSZ 4300-1:1984

MSZ 4300-3: 1984

MSZ EN 719: 1995  
MSZ 4362:1989  
MSZ EN 288-1:1993  
MSZ EN 729-1:1995  
MSZ EN 729-3: 1995  
MSZ EN 22401: 1995

MSZ 4305: 1988  
MSZ-05-46.1410:1980  
MSZ EN 288-2:1993  
MSZ EN 729-2:1995  
MSZ EN 729-4:1995

### *Munkavédelmi előírások*

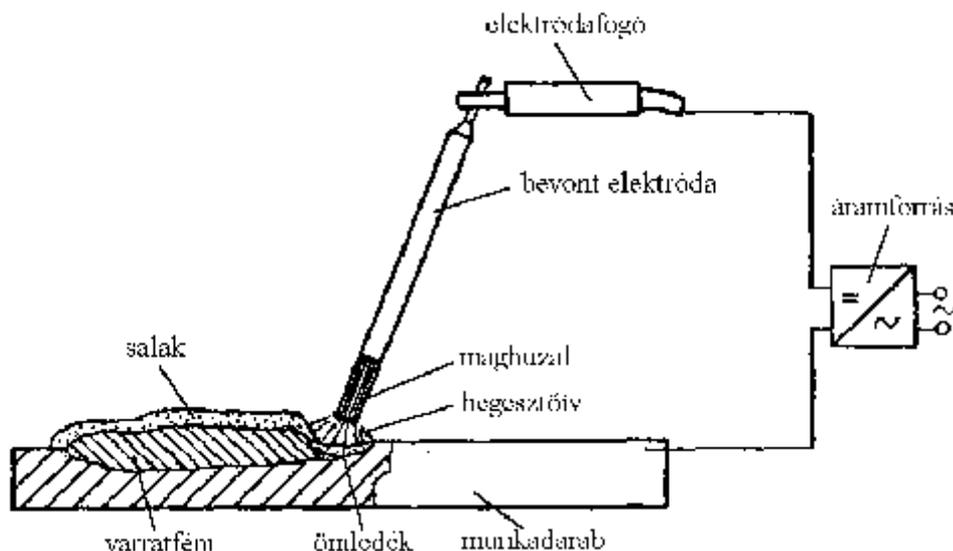
31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Irodalom*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## 111. Fogyóelektródás ívhegesztés bevont elektródával (Kézi ívhegesztés)

A kézi ívhegesztés során az elektromos ív a munkadarab és az elektódafogóba befogott, keramikusan bevont elektróda között alakul ki (1. ábra).



1. ábra. A kézi ívhegesztés elve

Az elektromos ív hőhatása biztosítja az anyagok megolvasztásához szükséges hőmennyiséget. A hegesztés során, a hegesztőív környezetében, az alapanyag, az elektróda fémhuzalja, valamint a keramikusan bevont elektróda megolvad. A megolvadt fémfürdő a levegővel érintkezve

oxigént és nitrogént venne fel, de a bevonat anyagából keletkező védőgázok és a salak ezt megakadályozza.

Az elektróda fémnyaga cseppek formájában kerül a varratba. A cseppek átmérője 0,005-6 mm lehet, amelyeknek mérete az elektróda típusától, a hegesztés áramerősségétől, valamint a hegesztés feszültségétől függ. Az anyagátvitel lehet nagycseppes (rövidzárlat esetében), vagy finomcseppes. Az átvitt cseppek száma 7-40 1/s. A finomcseppes anyagátvitel kedvezőbb, amely vastagabb elektróda-bevonattal érhető el.

A hegesztőív hőmérséklete 5000-6000C, ezért a megolvadt alapanyagból kiéghetnek az ötvözők, de a megfelelően kiválasztott elektróda fajtával a varratba ötvözők is bejuttathatók, így a kiégés miatti veszteség pótolható. A metallurgiai folyamatokat a bevonat jellege határozza meg.

A hegesztésekre jellemző adat az áramsűrűség, amely a hegesztőhuzal egységnyi felületére eső áramerősséget jelenti. A kézi ívhegesztés áramsűrűsége  $i=10-20 \text{ A/mm}^2$ .

#### ***A kézi ívhegesztés áramforrása lehet:***

- hegesztőgenerátor vagy
- hegesztőtranszformátor.

#### **A hegesztőgenerátor egyenáramot fejleszt. A hegesztés lehet:**

- egyenes polaritású (az elektróda a negatív pólus, a munkadarab a pozitív pólus), és
- fordított polaritású (az elektróda a pozitív pólus, a munkadarab a negatív pólus).

A hegesztőtranszformátor váltakozó feszültséget hoz létre, ezért a hegesztés polaritása a hálózat frekvenciájától függően változik.

#### ***Az áramforrás fajtájától függően kell a hegesztő elektródát kiválasztani.***

Néhány főbb elektróda típus

***Rutilos elektróda.*** Egyen- és váltóáramú hegesztésre egyaránt alkalmas. Az ív stabil és nyugodt. A hegesztési pozíciótól függetlenül minden helyzetben jól használható.

***Savas-rutilos elektróda.*** Vastag bevonatú elektróda. Egyen-és váltakozó árammal egyaránt jól hegeszthető. A salak híg folyós, jól takar, laza, szivacsos szerkezetű, könnyen eltávolítható.

***Bázikus elektróda.*** A bevonat eróziónedvszívó, ezért használat előtt célszerű kiszáritani. (300C-on, 2 óra hontartás). A hegyanyag a meleg- és hidegrepedékenységre kevésbé hajlamos, mint a többi elektródátípusnál, fordított polaritással kell hegeszteni. Salakja könnyen leválik a varrattól.

***Cellulóz bevonatú elektróda.*** A tisztán cellulóz bevonatú elektródát kedvezőtlen tulajdonságai miatt kevésbé használják, helyette a ***rutil-cellulóz bevonatú*** elektródák terjedtek el. Egyen- és váltóáramú hegesztésre egyaránt alkalmas, nagy beolvadási mélység és beolvadási sebesség jellemzi.

## ***Alkalmazási területei***

Általánosan alkalmazható hegesztési technológia, mivel mindenféle hegesztési pozícióban használható. A bevont elektródás kézi ívhegesztést elsősorban kis karbontartalmú acélok hegesztésére használják. Egyedi és sorozatgyártás esetében, kötő- és felrakóhegesztésre egyaránt alkalmas.

## ***A kézi ívhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok***

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ 4300-1:1984**

**MSZ 4305:1988**

**MSZ EN 729-2:1995**

**MSZ EN 729-4:1995**

**MSZ ISO 2560:1990**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ 4300-3:1984**

**MSZ EN 729-1:1995**

**MSZ EN 729-3:1995**

**MSZ 6442:1979**

## ***Munkavédelmi előírások***

**31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat**

## ***Irodalom***

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Muzsaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

# **12. Fedett ívű hegesztés**

A hegesztés leolvadási teljesítménye az áramsűrűség növelésével érhető el. A kézi ívhegesztés 10-20 A/mm<sup>2</sup> áramsűrűségét tovább növelve (30-300 A/mm<sup>2</sup>), az elektromos áram hőhatása következtében, a bevonatos elektróda felmelegszik. A rideg bevonat egy bizonyos határ után a huzalról lepattogzik és a hegesztés során nem tölti be metallurgiai szerepét. Ezért a fedett ívű hegesztésnél a fémhuzalt és a keramikus bevonatot egymástól különválasztva, csupasz huzal és por alakjában, vagy a feltekeréssel lehetővé tevő porbeles huzal vagy szalag formájában juttatják a hegesztés helyére. Az elektromos ív a fedőpor alatt ég. Ezáltal javul a hegesztés hőmérlege, a termelt hő 97%-a hasznosítható. A feltekeréselt huzal lehetővé teszi hosszú varratok hegesztését. Ezen kívül kisebb a hegesztőanyag-vesztés, mint a kézi ívhegesztésnél. A fedett ívű hegesztés sebessége 5-10-szerese, termelékenységé 10-20-szorosa a kézi ívhegesztésének.

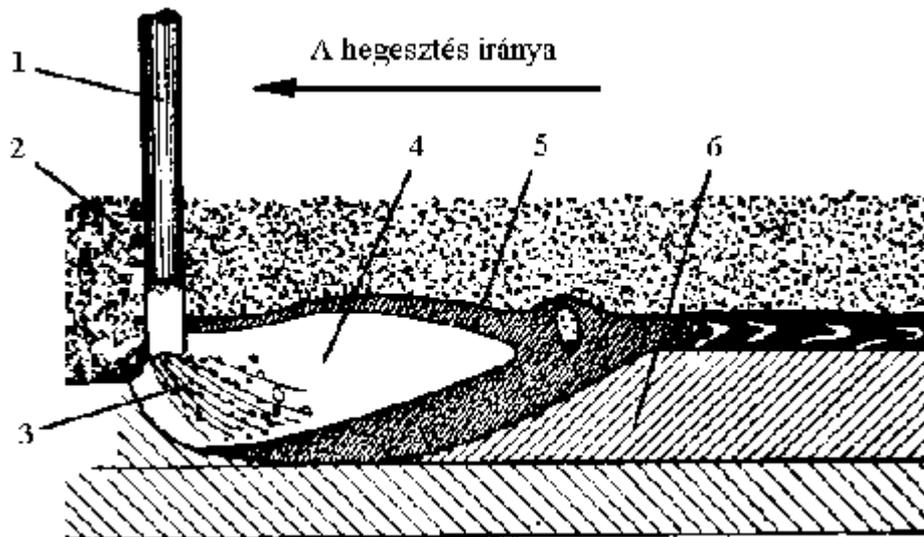
## **12.1. Fedett ívű hegesztés huzalelektrodával**

A huzalelektrodával végzett fedett ívű hegesztésnél a hegesztőhuzal csupasz huzal, amelyet a jobb áramvezetés és korrózióvédelem érdekében rézzel vonnak be.

Az elektródahuzal gyors leolvadása miatt a automatikus huzaladagolást kell használni. A hegesztő berendezés egy önjáró kocsihoz van építve (hegesztőtraktor), amelyen a huzalelotoló

egység, az áramvezető csúszókontaktus, a hegesztőfej, a portartály, valamint a vezérlő és kapcsolóelemek vannak. A hegesztőtraktort a vezérlőszekrényvel és az áramforrással kábelek kötik össze.

A fedett ívű hegesztésnél az ív és környezete az 1. ábrán látható.



**1. ábra. A fedett ívű hegesztésnél az ív és környezete**

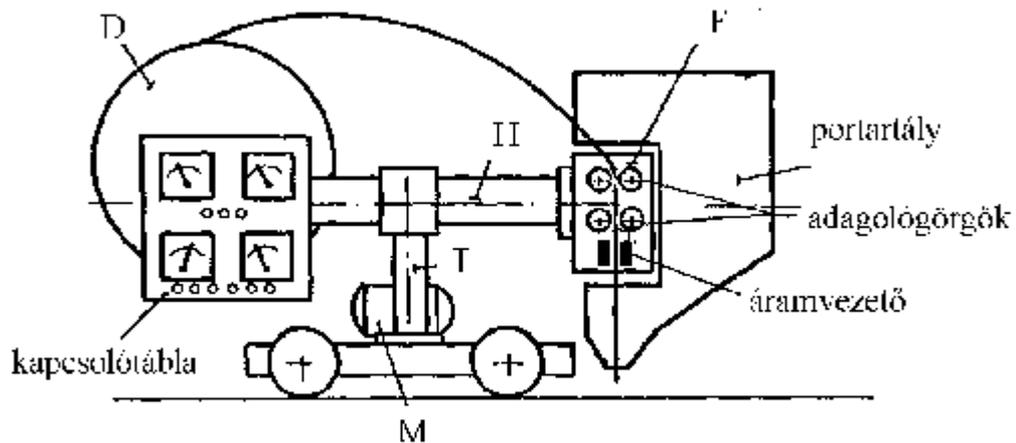
**1 huzal 2 fedőpor**

**3 hegesztői 4 ömledék**

**5 salak 6 munkadarab**

Az elektromos ív a fedőpor alatt ég. Az ív megolvasztja az alapanyagot, valamint a fedőport. A megolvadt porból kialakult salakréteg, valamint a bőségesen adagolt fedőpor jó hőszigetelést biztosít, ami kedvező a varrat szempontjából (szennyezések eltávolítása, dezoxidáció, ötvözés, kis hegesztési feszültségek). A megmaradó por ismét felhasználható. Esetenként a hegfürdőt megtámasztó alátétet is használunk a munkadarab alatt.

A hegesztőtraktor a 2. ábrán látható. A hegesztőtraktor alvázán lévő motor (M) nagy lassító áttételen keresztül hajtja meg a kocsi kerekeit. A kocsi sebessége szabja meg a hegesztés sebességét. A hegesztőfej (F) és a huzaltároló dob (D) a himbára (H) van erősítve, amely függőleges tengelye körül 180-kal, vízszintes tengelye körül 30-35-kal elfordítható, továbbá a hegesztőfej 40-kal előrebillenthető.



2. ábra. A hegesztőtraktor elvi felépítése

## 122. Fedettívű hegesztés szalagelektrodával

A felhasznált hozaganyag alakja lehet szalag alakú is. A szalag szélessége 15 és 60 mm között lehet, vastagsága általában 0,5÷1 mm. A 0,5 mm-nél vékonyabb szalagelektroda esetében nagyobb fajlagos leolvadás érhető el, és a hegfürdő sem hevül fel túlzottan. Mivel a leolvadás mélysége kisebb mint a huzalos fedett ívű hegesztésnél, ezért elsősorban felrakóhegesztésre alkalmas.

A szalagelektrodás hegesztésnél a szalag eltoló egységében görgők helyett széles hengerek vannak.

## 123. Fedettívű hegesztés porbeles elektródával

A fedett ívű hegesztéshez porbeles huzalok is használhatók elektródként.

### *Alkalmazási területei*

A fedett ívű hegesztés vízszintes síkon, hosszú egyenes varratok, vagy külön forgatóberendezéssel, körvarratok készítésére alkalmas, nagyteljesítményű gépesített technológia. Elsősorban acélszerkezetek, daru- és hídszerkezetek, hajók, kazánok, tartályok, csövek hegesztésére való, de a porbeles változatai felrakóhegesztésre is használható.

A huzalnak, a fedőpornak, továbbá a hegesztési paramétereknek (hegesztési sebesség, huzaleltolás sebessége, hegesztőáram neme, hegesztési feszültség és áramarosság stb.) egymással összhangban kell lennie, amelyhez szakember tanácsát célszerű kikérni.

### *A fedett ív hegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok*

MSZ ISO 857:1992	MSZ ISO 4063:1992
MSZ 4300-1:1984	MSZ 4300-3:1984
MSZ 4305:1988	MSZ-05-46.1410:1980
MSZ EN 287-1:1992	MSZ EN 288-1:1993 1.rész
MSZ EN 288-2:1993 2. rész	MSZ EN 288-3:1993 3.rész
MSZ EN 729-1:1995	MSZ EN 729-2:1995 2.rész
MSZ EN 729-3:1995 3.rész	MSZ EN 729-4:1995 4 rész
MSZ EN 25817:1993	MSZ 4367-1:1994 1.rész
MSZ 6445:1989	MSZ 6447:1989
MSZ 4301:1978	MSZ 6442:1979
MSZ 6442:1979 1M(1983)	MSZ 13802:1986
MSZ 13833-4:1982	MSZ 13833-4:1M (1985)

### *Munkavédelmi előírások*

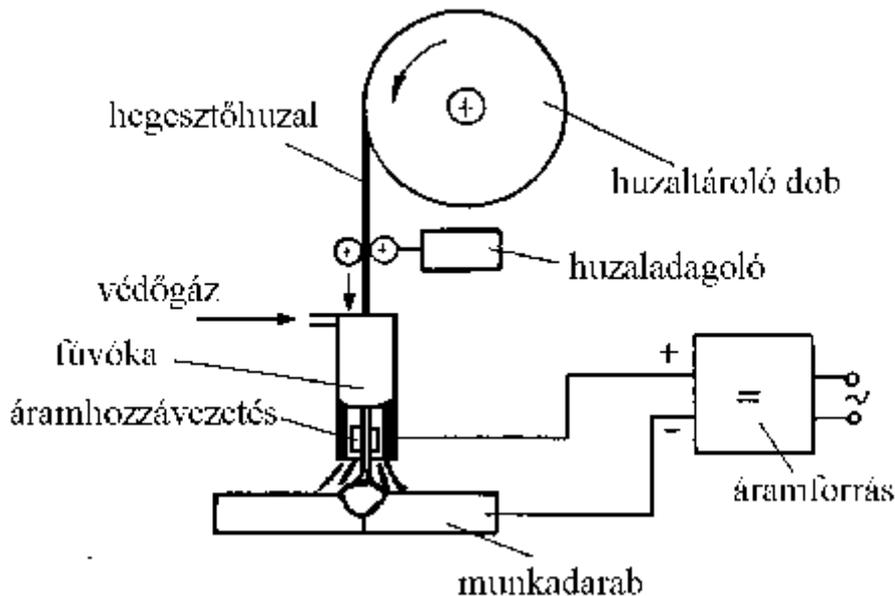
31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Irodalom*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkeszto: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **13. Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés**

A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés nyíltívű hegesztés. Az ív gázburokban ég. Ez a gázburok védi meg a hegfürdőt a légkör kedvezőtlen hatásaitól. A hegesztőanyag a felcsévelt hegesztőhuzal, amelynek a beállított sebességű előtölését egy előtölő egység biztosítja. A huzalt a hegesztőfejjel vezetjük a hegesztés helyére. A védőgázos ívhegesztés elvi elrendezése az 1. ábrán látható.



**1. ábra. Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés**

Az eljárással nagy leolvadási teljesítményt lehet elérni, mivel az alkalmazott áramsűrűség  $i = 100 \div 300 \text{ A/mm}^2$ , amely a szokásos huzalátmérekkel való hegesztésnél  $50 \div 240 \text{ A}$  áramerősségnek felel meg. A hegesztőhuzalt, amelyeknek a jelenlegi szokásos átmérője  $0,8 \div 2 \text{ mm}$ , tekercsekben tároljuk. A huzalt a huzaladagoló egység csévéli le a huzaltároló dobról és tolja a hegesztőfejen keresztül a hegesztés helyére. A hegesztőfej pisztolyalakú, amely a hegesztő kezébe jól beleillik. A hegesztőfejhez csatlakozik a gázvezeték, a vezérlőkábel, a huzalvezető és az áramvezeték, valamint benne van az áramhozzávezető kontaktus is. Nagyobb hegesztési teljesítmények esetében a hegesztőfejet vízzel kell hűteni, és ekkor a hegesztőfejbe még a hűtővizet is be kell vezetni. (Ezek a gépesített hegesztések és ennél a technológiánál a hegesztőáram  $1200 \text{ A}$  is lehet.) A védőgáz a fűvókán keresztül áramlik ki és körül fogja az ívet, valamint a hegfürdőt. A hegesztőfejen lévő kapcsolóval (ravasszal) működtetjük a hegesztőfej valamennyi funkcióját. A 2. ábra egy fogyóelektródás, védőgázos hegesztőfejet ábrázol.

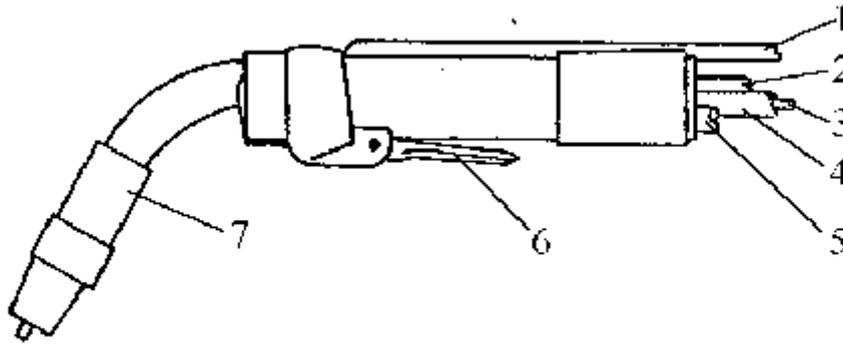
A fogyóelektródás, védőgázos hegesztéseknél általában egyenáramot és fordított polaritást használunk (az elektródahuzal pozitív), mivel ezzel az áramnemmel és polaritással a legkisebb a fröcskölés, stabil az ív, és egyenletes az anyagátmenet.

A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés az alkalmazott gáz fajtájától függően lehet:

*fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG-hegesztés)*

*fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG-hegesztés)*

*fogyóelektródás, keverék védőgázos ívhegesztés.*



**2. ábra. Fogyóelektródás, védőgázos hegesztőfej**

<b>1 vezérlőkábel</b>	<b>2 gázvezeték</b>
<b>3 elektródahuzal</b>	<b>4 huzalvezető</b>
<b>5 árambevezetés</b>	<b>6 kapcsoló</b>
<b>7 fúvóka</b>	

### **131. Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG-hegesztés)**

Az eljárás még MIG-hegesztésként is ismert, az angol elnevezés kezdőbetűiből alkotott rövidítés alapján (Metal Inert Gas Welding). A hegesztéshez használt berendezések megegyeznek a fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztésnél használt eszközökkel. A technológia elvi elrendezését lásd a 13. fejezet 1. ábra.

Ennél a hegesztésnél a hegfürdő védelmét semleges gázok: argon (Ar), hélium (He), vagy argon és hélium (Ar+He) gázkeverék valósítja meg. A használatos hegesztőhuzalok átmérője 0,5÷2,4 mm. A hegesztőáram 30÷600 A. A leolvadási teljesítmény 0,3÷8 kg/h.

#### ***Alkalmazási területei***

Alumínium, réz, nikkél és nagy ötvözetartalmú acélok hegesztésére. A kötőhegesztés esetében a legkisebb hegeszthető anyagvastagság 0,5 mm, a legnagyobb akár 100 mm is lehet. Felrakóhegesztésre is alkalmas.

### **132. Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG-hegesztés)**

Az eljárás még MAG-hegesztésként is ismert, az angol elnevezés kezdőbetűiből alkotott rövidítés alapján (Metal Activ Gas Welding). A hegesztéshez használt berendezések megegyeznek a fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztésnél használt eszközökkel. A technológia elvi elrendezését lásd a 13. fejezet 1. ábra.

Ennél a hegesztésnél a hegfürdő védelmét széndioxid (CO<sub>2</sub>) biztosítja. Az aktív jelző az elnevezésben arra utal, hogy az ív nagy hőmérsékletén a CO<sub>2</sub> elbomlik szénmonoxidra (CO) és oxigénre (O). Az atomos állapotú oxigén az olvadt fémbe elnyelődik (szakkifejezéssel:

*oldódik*). Az oldott oxigén az acélt elridegíti, ezért azt dezoxidens ötvözőkkel vegyületek formájában kell megkötni. A varratba bekerült oxigént a hegesztőhuzal ötvözői dezoxidálják, és így az oldott oxigén mangánoxid, szilíciumdioxid, vagy titán-dioxid formájában már nem jelent veszélyt a hegesztési varrat szilárdságára és ütomunkájára, azaz a varrat szívós marad.

### ***Alkalmazási területei***

Ötvözetlen és kis ötvözőtartalmú acélok hegesztésére, 25÷600 A hegesztőárammal. A legkisebb hegeszthető anyagvastagság 0,6 mm. A varrat mély beolvadású, de a hegesztés fröcsköléssel jár.

Nagyobb ötvözőtartalmú acélok, valamint színesfémek, továbbá könnyűfémek hegesztésére nem alkalmas.

### **Fogyóelektródás, keverék védőgázos ívhegesztés.**

Az eljárás elvileg megegyezik a fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés, illetve a fogyóelektródás, aktív (széndioxid) védőgázos ívhegesztéssel (lásd 13., 131. és 132. fejezetet). A különbség a védőgázban van.

A védőgáz különböző gázok keveréke, például

***argon+széndioxid (Ar+CO<sub>2</sub>),***

***argon+széndioxid+oxigén (Ar+CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>),***

***argon+oxigén (Ar+O<sub>2</sub>).***

A gázkeverék javítja az ívstabilitást, az anyagátmenetet, szebb lesz a varrat alakja és felülete, jobbak lesznek a varratfém mechanikai tulajdonságai, és csökken a fröcskölés a CO<sub>2</sub>-hegesztéshez képest.

### ***Alkalmazási területei***

Kis és nagyobb ötvözőtartalmú acél, valamint nikkelt és ötvözetei hegesztésére használható.

### ***A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok***

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ 4300-1:1984**

**MSZ 4305:1988**

**MSZ 4362:1989**

**MSZ EN 288-1:1993 1.rész**

**MSZ EN 288-3:1993, 3.rész:**

**MSZ EN 729-1:1995 1.rész**

**MSZ EN 729-3:1995 3.rész**

**MSZ EN 25817:1993**

**MSZ 4364-2:1994 2.rész**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ 4300-3:1984**

**MSZ 4308-1:1982**

**MSZ-05-46.1410:1980**

**MSZ EN 288-2:1993. 2. rész**

**MSZ EN 288-4:1993**

**MSZ EN 729-2:1995, 2.rész**

**MSZ EN 729-4:1995 4 rész**

**MSZ 4364-1:1994 1.rész**

**MSZ 6448:1986**

MSZ 6449:1975  
MSZ 4316-1:1970  
MSZ 4262-3:1984  
MSZ 6442:1979

MSZ 7335:1976  
MSZ 4316-2:1970  
MSZ 4301:1978  
MSZ 6442:1979 1M(1983)

## 133. Fogyóelektródás aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzallal

A fogyóelektródás tömörhuzalos és porbeles védőgázos ívhegesztés hasonló eljárás, de a hegesztő hozaganyagban különböznek. Ennek megfelelően a fémfüldőben lejátszódó kémiai és ötvözési folyamatok is eltérnek egymástól.

A tömörhuzalos eljárás esetében az ömledéknek a külső levegőtől való védelmét kizárólag védőgázzal (aktív, vagy semleges) valósítjuk meg, míg porbeles huzal alkalmazás során a védőgáz mellett a huzalban lévő salakképzők, segédanyagok is elősegítik a biztos védelem kialakulását. Továbbá az is előnye a porbeles huzalnak, hogy a hegesztett kötés szilárdsági, szívóssági jellemzőinek biztosítására való ötvözők olcsóbban, könnyebben juttathatók a fémfüldőbe, mint tömör huzal esetében. A metallurgia folyamatokat a portöltet jellege határozza meg.

Az aktív védőgázos porbeles ívhegesztésnél széndioxid (CO<sub>2</sub>) védőgázt használunk, ennél fogva a hagyományos tömörhuzalos berendezés is alkalmas erre a hegesztési technológiára.

A hegesztés termelékenysége vízszintes helyzetű hegesztés esetében jelentősen meghaladja a bevont elektródás kézi ívhegesztését. Alkalmazásakor azonban biztosítani kell a porbeles huzal nedvesség elleni védelmét, valamint a huzalt a hegesztés előtt ki kell szárítani. A kiszáritás hőmérséklete a por típusától függő.

A hegesztésre jellemző adat a hegesztési feszültség, amely 18-32 V között változik. Az áramerősség a huzalátmérőtől függően: 100-500 A. Az áramerősség a huzal előtolási sebességével állítható be.

Vízszintestől eltérő helyzetben való hegesztésre - a tömör huzalhoz hasonlóan - csak vékony 1,6 mm-es porbeles hegesztőhuzal alkalmas.

### ***Néhány főbb porbeles huzaltípus:***

***Rutil-bázikus porbélésű huzal.*** A varratképzés minden hegesztési pozícióban végrehajtható. A hegesztést elsősorban egyenárammal végezzük, de váltóáramú áramforrás is használható.

***Bázikus, porbélésű huzal.*** A portöltet erosen nedvszívó, ezért használat előtt ki kell szárítani. Ez elsősorban az egyszerű kialakítású huzal esetében szükséges (pl. csak összehajtott cső). Ezzel az elektróda fajtával egyenáramú áramforrással célszerű hegeszteni.

### ***Alkalmazási területei***

Acélszerkezetek, daru- és hídszerkezetek, hajók, kazánok, tartályok, csövek hegesztésére alkalmas eljárás. Bizonyos feltételekkel felrakó hegesztésre is alkalmas.

## ***A fogyóelektródás aktív védőgázos porbeles huzallal való ívhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok:***

MSZ 4305: 1988

MSZ EN 288-2:1993

MSZ EN 729-2:1995

MSZ EN 729-4:1995

MSZ 4301: 1978

MSZ 6442:1979 1M(1983)

MSZ 13833-4:1982

MSZ-05-46.1410:1980

MSZ EN 729-1:1995

MSZ EN 729-3: 1995

MSZ 6448: 1986

MSZ 6442: 1979

MSZ 13802-2:1986

MSZ 13833-4:1982 1M(1985)

### ***Munkavédelmi előírások***

31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### ***Irodalom***

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **137. Fogyóelektródás semleges védőgázos ívhegesztés porbeles huzallal**

A fogyóelektródás tömörhuzalos és porbeles védőgázos ívhegesztés hasonló eljárás, de a hegesztő hozaganyagban különböznek. Ennek megfelelően a fémfürdőben lejátszódó kémiai és ötvözési folyamatok is eltérnek egymástól.

A tömörhuzalos eljárás esetében az ömledéknek a külső levegőtől való védelmét kizárólag védőgázzal (aktív, vagy semleges) valósítjuk meg, míg porbeles huzal alkalmazás során a védőgáz mellett a huzalban lévő salakképzők, segédanyagok is elősegítik a biztos védelem kialakulását. Továbbá az is előnye a porbeles huzalnak, hogy a hegesztett kötés szilárdsági, szívóssági jellemzőinek biztosítására való ötvözet olcsóbban, könnyebben juttathatók a fémfürdőbe, mint tömör huzal esetében. A metallurgia folyamatokat a portöltet jellege határozza meg.

A semleges védőgáz porbeles huzallal való együttes alkalmazása lehetővé teszi, hogy a fémfürdőben végbemenő metallurgiai folyamatok optimális feltételek mellett játszódjanak le. Ennélfogva az eljárás egyaránt alkalmas nagy ötvözet tartalmú anyagok, kötő- és

felrakóhegesztésére. A semleges védőgáz a hegesztés teljes folyamatában (ívgyújtás, ívtartás, védelem) igen kedvező hatású. A technológiai folyamat jól szabályozható és követhető, amelynek eredménye a kitűnő varratképzés.

A hegesztés termelékenysége vízszintes helyzetű hegesztés esetében jelentősen meghaladja a bevont elektródás kézi ívhegesztését. Felhasználásakor azonban biztosítani kell a porbeles huzal nedvesség elleni védelmét, valamint hegesztés előtti kiszáraitását. A kiszáraitás hőmérséklete a por típusától függő.

A hegesztésre jellemző adat a hegesztési feszültség, amely 18-32 V között változik. Az áramerősség a huzalátmérőtől függően: 100-500 A. Az áramerősség a huzal előtolási sebességével állítható be.

Vízszintestől eltérő helyzetben való hegesztésre - a tömör huzalhoz hasonlóan - csak vékony, 1,6 mm-es porbeles huzal alkalmas.

#### ***Néhány jobb porbeles huzaltípus:***

***Rutil-bázikus porbélésu huzal.*** A varratképzés minden hegesztési pozícióban végrehajtható. A hegesztést elsősorban egyenárammal végezzük, de váltóáramú áramforrás is használható.

***Bázikus, porbélésu huzal.*** A portöltet erősen nedvszívó, ezért használat előtt ki kell szárítani. Ez elsősorban az egyszerű kialakítású huzal esetében szükséges (pl. csak összehajtott cső). Ezzel az elektróda fajtával egyenáramú áramforrással célszerű hegeszteni.

#### ***Alkalmazási területei***

Élelmiszeripari, vegyipari szerkezetek hegesztésére alkalmas, elsősorban a semleges védőgáz ára miatt, de alkalmas acélszerkezetek, hídszerkezetek, hajók, kazánok, tartályok és csövek kötőhegesztésére is, valamint speciális követelményeket kielégítő (korrózióálló, hoálló, kopásálló stb.) felületek képzésére is.

#### ***A fogyóelektródás semleges védőgázos porbeles huzallal való ívhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok:***

**MSZ 4305: 1988**

**MSZ EN 729-1:1995**

**MSZ EN 729-3: 1995**

**MSZ 4301: 1978**

**MSZ 6442:1979 1M(1983)**

**MSZ 13833-4:1982**

**MSZ EN 288-2:1993**

**MSZ EN 729-2:1995**

**MSZ EN 729-4:1995**

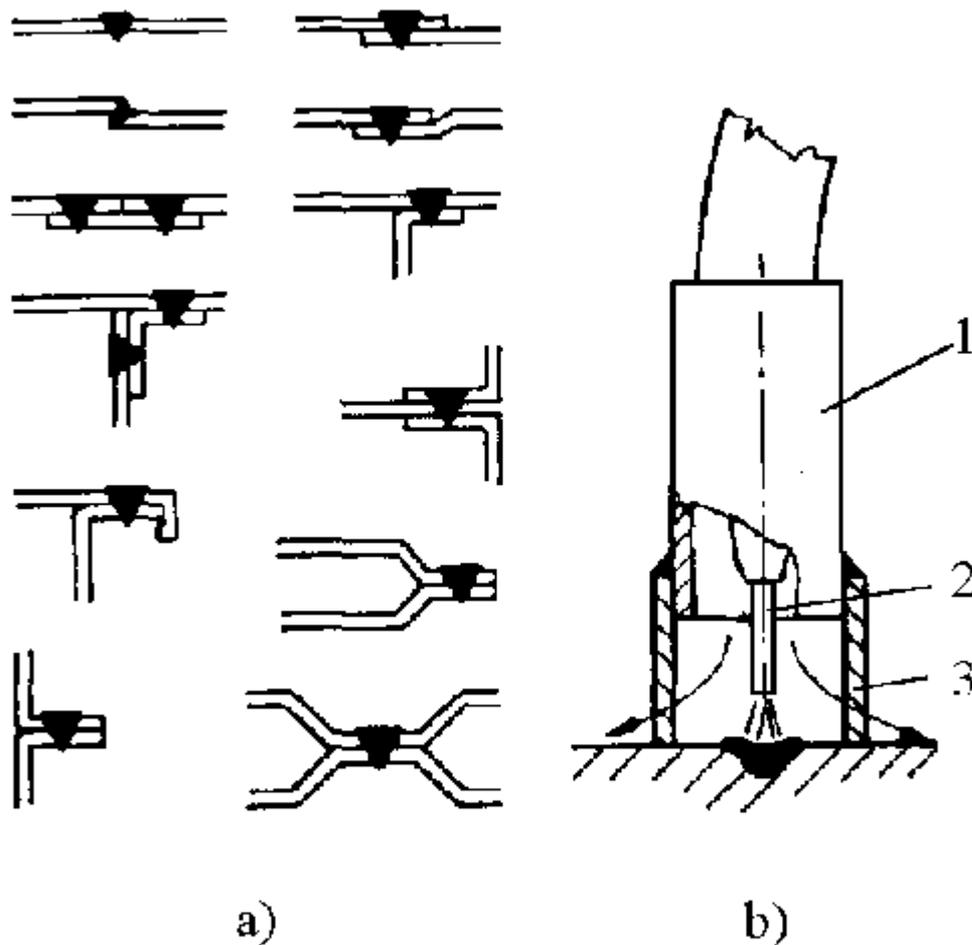
**MSZ 6442:1979**

**MSZ 13802-2:1986**

**MSZ 13833-4:1982 1M(1985)**

## **138. Fogyóelektródás védőgázos ívponthegesztés**

A fogyóelektródás védőgázos ívponthegesztést elsősorban járművek, autókarosszériák, vasúti járműszerkezetek átlapolt és sarokkötéseinek készítésére alkalmazzák. Jellemző megoldásokat az 1. a. ábra szemléltet. Az ívponthegesztés minden helyzetben elvégezhető. Védőgázként aktív (CO<sub>2</sub>) és semleges (Ar) gáztípus egyaránt alkalmazható.



**1.ábra. Ívponthegeztés fobb kötésfajtái (a,) és gázfúvókája (b,)**

**1 hegesztőpisztoly**

**2 huzalelektroda**

**3 távtartólábak**

Az ívponthegeztés abban tér el a folyamatos (hagyományos) fogyóelektrodás eljárástól, hogy a pontvarratot úgy készítjük el, hogy a hegesztést a huzalelőtoló vezérlésébe beépített időrelével megszakítjuk. A hegesztésre jellemző a különlegesen kialakított hegesztőpisztoly gázfúvókája (1b ábra). A hegesztőpisztolyt a távolságtartó lábakkal ráállítjuk a hegesztendő

helyre. A hegesztőáram bekapcsolása alatt kialakul a hegesztőív, majd a vezérlőrendszer megszakítja az áramot és az ív kialszik.

A hegesztés paramétereivel (ívfeszültség, íváram) szoros összefüggésben áll a hegesztés időtartama. A megfelelően megválasztott hegesztési paraméterekkel, valamint a hegesztés időtartamának helyes beállításával jó minőségű, a fásztó igénybevétellel szemben is megfelelő hegesztett pont készíthető.

#### ***Alkalmazási területei:***

Autókarosszéria javítás, vasúti járműszerkezetek, karosszériaelemek, hűtőrendszerek bordázata. Az eljárás 0,5-1 mm-es lemezek összehegesztésére alkalmas.

#### ***Fogyóelektródás védőgázos ívponthegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok:***

**MSZ 4305:1988**

**MSZ EN 288-1:1993**

**MSZ EN 288-2:1993**

**MSZ EN 288-3:1993**

**MSZ EN 288-4:1993**

**MSZ EN 729-1:1995**

**MSZ EN 729-2:1995**

**MSZ EN 729-3:1995**

**MSZ EN 729-4:1995**

#### ***Munkavédelmi előírások***

**31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat**

#### ***Irodalom***

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **14. Nem fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés**

A nem fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztéseknél a hegesztőív egy vagy két elektróda és a munkadarab, vagy az elektródák között ég, és a hegfürdő a hegesztőív hatására alakul ki. A hegfürdőt az elektromos ív hohatása olvasztja meg. Az ívet, a hegfürdőt és a hozaganyagot (hegesztőpálca) a légkör káros hatásaitól a fűvókán kiáramló, és az elektródákat koncentrikusan körülvevő védőgáz óvja meg.

Az elektróda anyaga nagy olvadáspontú volfrámötvözet. Általában volfrámelektródát (W) használunk. A hegesztéshez szükséges hozaganyagot a hegesztőpálca megolvasztásával biztosítjuk. A védőgáz lehet hidrogén (H), vagy argon (Ar), ennek megfelelően az elnevezések:

#### ***hidrogén védőgázos ívhegesztés (Arcatom-eljárás),***

*argon védőgázú ívhegesztés.*

## 15. Plazmaív-hegesztés

A hegesztési anyagmegmunkálás gyakorlatában plazmán az alkalmazott gázok és keverékek hőmérséklettől függő, a termodinamikai feltételeknek megfelelő és azzal egyensúlyban lévő ionizált és disszociált gázállapotot kell érteni. Az ilyen állapotú gáztömeget - jelentős termikus hatásának köszönhetően - hőforrásként lehet felhasználni ömledékképző hegesztési eljárásokhoz.

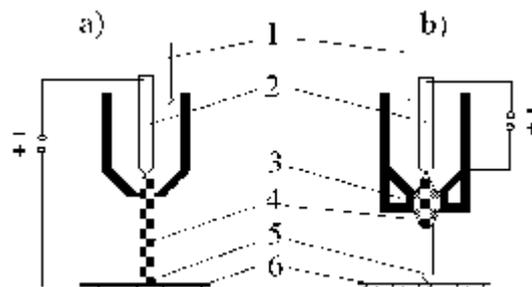
A hegesztési eljárásoknak többféle csoportosítási lehetősége van. Legkézenfekvőbb csoportosítási módszer a hegesztési folyamathoz szükséges hőbevitel módja:

- elektromos ívkisülés (pl. ívhegesztési eljárások),
- elektromos áram ohmikus hőhatása (pl. ellenálláshegesztések),
- éghető gázok égési folyamata (pl. lánghegesztés).

### 15.1. Plazma-MIG-hegesztés

A plazmaív-hegesztés külön kategóriába tartozik, mert villamos ívkisülés és aktív gázközeg is szükséges az előállításához. Az 1. ábrán látható külső- és belsőívű plazmasugár előállítására alkalmas pisztoly elvi ábrája.

1. Gázbevezetés
2. Volfram elektróda
3. Gyűrűelektróda
4. Villamos ív
5. Plazmasugár
6. Hegesztendő munkadarab



1. ábra. Plazmaív-hegesztő pisztoly kialakítása

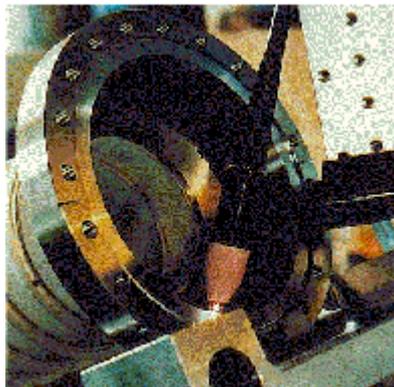
Az "a" esetben az egyenáramú villamos ívkisülés a vízzel hűtött volfrán elektróda ( katód ) és a munkadarab ( anód ) között jön létre. Ebbe az ívbe jut be a gáz, amely plazma állapotba kerül. Ezzel történő megmunkálás egyik gyakorlati alkalmazása a plazmaív-hegesztési eljárás. A "b" esetben a villamos ív anód pontja a gyűrű kialakítású fúvóka, amely természetesen vízzel van hűtve. Ekkor az ív már nem éri el a munkadarabot, csak a plazmaállapotba került gáz. Ezzel a megoldással plazmasugaras hegesztési eljárást lehet létrehozni.

Külsőívű és belsőívű plazmaállapot előállítására alkalmas a hidrogén, argon, nitrogén, ill. ezek gázkeverékei. A keletkezett plazmaállapot hőteljesítménye, ezzel összefüggésben az energiataralma függ az alkalmazott gáztól ill. a keverék térfogatszázalékos arányaitól. Ezen kívül még fontos szerepe van a plazmagázok mennyiségének és nyomásának is. A túlságosan nagy gázmennyiség az ömledéket kifújja a hegfürdőből, míg kis mennyiség esetén az elektróda könnyen elég, ill. az ív stabilitása romlik. A jó ívgyújtási tulajdonsága és ívstabilizálási hatása miatt az argon a legelterjedtebb plazmagáz.

A külső plazmaív-hegesztési eljárás ( 1. ábra "a" ) hasonlóságot mutat az AWI hegesztési eljáráshoz, mert a pisztoly wolfram elektródája és a munkadarab között jön létre az ívkisülés. A plazmafúvóka ívbeszűkítő hatása ill. a plazmasugár energiaszállítása miatt a berendezés által felvett villamosenergia 60-70 %-a jut el a munkadarabba. Ez egy nagyságrenddel nagyobb teljesítménysűrűséget ( max.  $10^4$  W/mm<sup>2</sup> ) és 60 %-kal kisebb fajlagos energiafelhasználást ( 0,75 MJ/m ) jelent az AWI-hoz képest.

### ***Felhasználási terület***

Fémes anyagok hegesztésénél hoforrásként használható a plazmaív. Az alkalmazott hegesztőáram viszonylag tág határok között változhat,  $I = 0,1 \dots 500$  A értéket is elérhet. Amennyiben az áramerősség nem éri el a 15 A-es értéket, úgy mikroplazmahegesztésről beszélünk ( 2. ábra ).



**2. ábra**

### **Hegesztés mikroplazmával**

Egyenáramú ívkisülésű plazmaív-hegesztéskor negatív polaritású elektródát kell használni acél, réz, nikkell, titán és ezek ötvözeteiből készült munkadarabok egyesítésekor. Alumínium, magnézium és ötvözeteik hegesztésénél a pozitív polaritású elektróda használatos. Az alumínium oxidrétegének feltörtéséhez még használható négyszög alakú váltakozó áram is.

A plazmaív-hegesztés során védőgázként használható hélium, hidrogén, és széndioxid, amelyet az argonhoz kevernek a fűvókába történő bevezetés előtt. Az alkalmazott védőgáz hővezető képessége és ionizálhatósága jelentős hatással van a plazmaív stabilitására, a hegesztési varrat keresztmetszetére és az elérhető hegesztési sebességre. Fontos megjegyezni, hogy nemvasfémekhez hidrogén csak kis mennyiségben keverhető a porozitás és ridegedés veszélye miatt.

A I. táblázat rövid összefoglalást ad hegesztendő anyagok és ezek hegesztéséhez használható gázkeverékekről.

Meg kell jegyezni, hogy tiszta hélium gyújtási problémákat okoz negatív polaritású elektróda esetén. Ennek elkerülése érdekében a gyújtás argon gáz adagolásával történik, majd fokozatosan csökkentik az argon mennyiségét.

### 1. táblázat

Hegesztendő anyagok és az alkalmazható védőgázok

Alapanyag	Védőgáz
Ötvöztelen és gyengén ötvözött acélok	Ar + 6...8 % H <sub>2</sub>
	Ar + 10...35 % CO <sub>2</sub>
Króm-nikkel és erősen ötvözött acélok	Ar + 1...8 % H <sub>2</sub>
Nikkel és ötvözetei	Ar + 3...10 % H <sub>2</sub>
Réz és ötvözetei	Ar
	He + Ar
Alumínium és ötvözetei	Ar
	He + Ar
	He
Titán és ötvözetei	Ar
	He + Ar
	He

A hegesztés technológiája során külön kell választani két eltérő módszert:

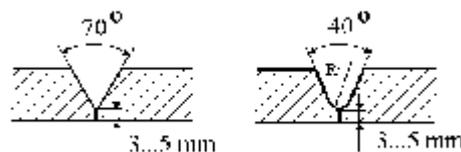
Vastag anyagok (> 4 mm) hegesztésénél - hasonlóan a lánghegesztésnél - a kulcslyuk (keyhole) módszert célszerű alkalmazni. Ez azt jelenti, hogy a plazmának a gyökoldalon szabad kilépési lehetőséggel kell rendelkeznie. Ekkor az anyag felszín alatti rétegeinek megmunkálásához szükséges hőmennyiséget nem a hővezetés biztosítja, hanem közvetlenül a plazma. Így kedvezőbb hegesztési feltételeket lehet elérni. Ez általában vízszintes hegesztési helyzetet követel meg automatikusan mozgatott hegesztőpisztoly mellett. A gyökoldal védelmére minden esetben védőgázt kell használni. Amennyiben a hegesztési rés mérete nem éri el az anyag vastagságának 5 - 7 %-át, akkor hozaganyag nem szükséges a hegesztési varrat

kialakításához. Nagyobb rés használatakor, ill. tompavarrat készítésekor hozaganyag hozzávezetésével kell a varratot kialakítani. Ezzel a módszerrel  $v = 0,8...0,2$  m/perc hegesztési sebesség érhető el. A sebesség értéke fordított arányban áll az anyag vastagságával.

Vékony anyagok ( $< 3$  mm) esetében a kulcslyuk módszer elégeti az anyagot. Ekkor elegendő az a hőmennyiség, amely hővezetés útján jut el a felszín alatti rétegekbe. A 1,5...1 mm-nél vékonyabb anyagokat mikroplazmahegesztéssel kell egyesíteni. Ekkor az alkalmazott áramerősség 15 ampernél kisebb. Ha a hegesztési rés mérete nem éri el az anyag vastagságának 8 - 9 %-át, akkor hozaganyag használata nem szükséges. Ellenkező esetben, ill. tompahegesztésnél hozaganyag használatával történik a hegyvarrat kialakítása. Vékony lemezek esetében az élek megfelelő előkészítése, kialakítása és befogókészülék használata elengedhetetlenül szükséges. A hegesztési gyök védelmére védőgáz használata itt is kötelező.  $V = 0,1...0,3$  m/perc hegesztési sebesség érhető el.

### ***Előkészítő műveletek***

Mivel a hegesztendő felületek és élek tisztasága befolyásolja a plazmaív stabilitását, ezért szükség van az élkiképzés mellett tisztítási műveletre is. Az előkészített felületnek tisztának, rozsdá- és zsírmentesnek kell lennie. Hagyományos tisztító eljárásokkal ezeket a követelményeket el lehet érni, vagy az élkiképzést technológiáját úgy kell megválasztani, hogy az egyben tisztítási folyamatot is elvégezzen. A hegesztés élkiképzése a 3. ábrán látható.



**3. ábra**

## **Vastag anyagok hegesztési élkiképzése**

### ***Plazmaív-hegesztő berendezés***

A plazmaív-hegesztő berendezésnek több követelményt is ki kell elégítenie. Biztosítania kell a stabil ívkisülést; a megfelelő arányú, nyomású és térfogatáramú gázkeverék áramoltatását; a pisztoly megfelelő vízűtését; hozaganyaggal történő hegesztéskor a hozaganyag automatikus előtolását; a biztonságos és életveszély nélküli üzemeltethetőséget. A régebbi típusok esetében a gázkeverék mennyisége és nyomása, az ívkisülés áramerőssége, a huzalelotolás sebességét külön kezelés elemeken kell beállítani. Az ívgyújtáshoz szükséges lépéseket is manuálisan kell elvégezni. A korszerű berendezéseken már ezeket beépített számítógép állítja be és ellenőrzi valamint a szükséges gyújtási eljárást is levezényli.

### ***Munkavédelmi előírások***

31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### ***Vonatkozó egészségügyi rendeletek:***

A levegő tisztaságának védelme : 21/1986 ( VI.2. ) MT rendelet.

A rendelet végrehajtásáról a 4/1986 ( VI. 2. ) OKTH államtitkári rendelkezés szól.

### ***Vonatkozó szabványok:***

**MSZ 4300-3:1984**

**MSZ 4305:1988**

**MSZ 4362:1989**

**MSZ EN 287-2:1993**

**MSZ EN288-2:1993**

**MSZ EN288-4:1993**

**MSZ EN 729-2:1995**

**MSZ EN 729-4:1995**

**MSZ ISO 6848:1991**

**MSZ 4301:1978**

**MSZ 4300-1:1984,**

**MSZ EN 719:1995**

**MSZ 4308-1:1982**

**MSZ EN 287-1:1992**

**MSZ EN 288-1:1993**

**MSZ EN288-3:1993**

**MSZ EN729-1:1995**

**MSZ EN 729-3:1995**

**MSZ ISO 636:1990**

**MSZ ISO 6947:1990**

**MSZ 6442:1979**

## **2. Ellenállás-hegesztés**

A villamos ellenállás-hegesztés a melegsajtoló hegesztések csoportjába tartozik. Az eljárás során hő- és erőhatás együttes alkalmazásával hozunk létre kohéziós kapcsolatot az összehegesztendő darabok között. Az ellenállás-hegesztés hőforrásként az elektromos áram hőhatását használja ki. Ha két fémdarabot egymásnak szorítva, sorosan villamos áramkörbe kapcsolunk, az elektromos áram az áramkör egyes ellenállásain hőt fejleszt. A rendszer legnagyobb ellenállása a két fémdarab érintkezési helyén lévő átmeneti ellenállás, ezért ezen a helyen keletkezik a legnagyobb hő. Ez a hőmennyiség (Q) egyenesen arányos az ellenállással (R), az idővel (t) és a fémdarabokon átfolyó áramerősség (I) négyzetével. Képlettel kifejezve:

$$Q = I^2Rt$$

Ha az áramerősséget A-ben, az ellenállást ohm-ban és az időt s-ban helyettesítjük be, akkor a keletkezett hőmennyiséget wattsecundumban (Ws) kapjuk.

Az ellenállás-hegesztések az alábbi csoportokba oszthatók:

### ***ponthegeztés***

#### ***vonalhegesztés***

- átlapolt vonalhegesztés
- tompavarratos vonalhegesztés
- fóliás vonalhegesztés

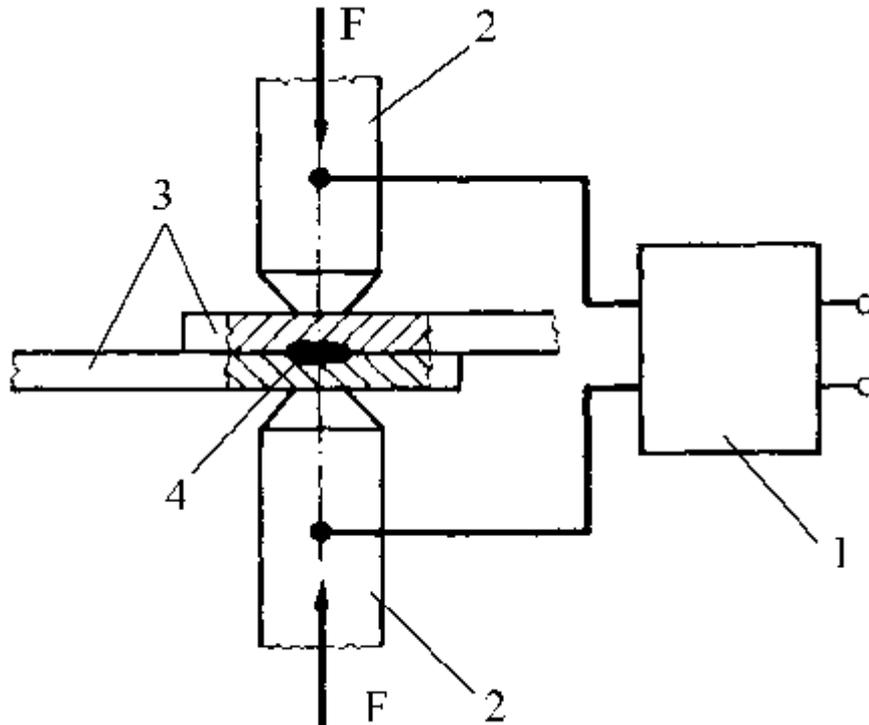
#### ***dudorhegesztés***

#### ***tompahegesztés***

- leolvasztó tompahegesztés
- zömítő tompahegesztés

## 21. Ellenállás-ponthegesztés

Az ellenállás-ponthegesztéssel átlapolt lemezeket hegesztünk össze (1. ábra).



1. ábra. Kétoldali ellenállás ponthegesztés

1 áramforrás

2 elektróda

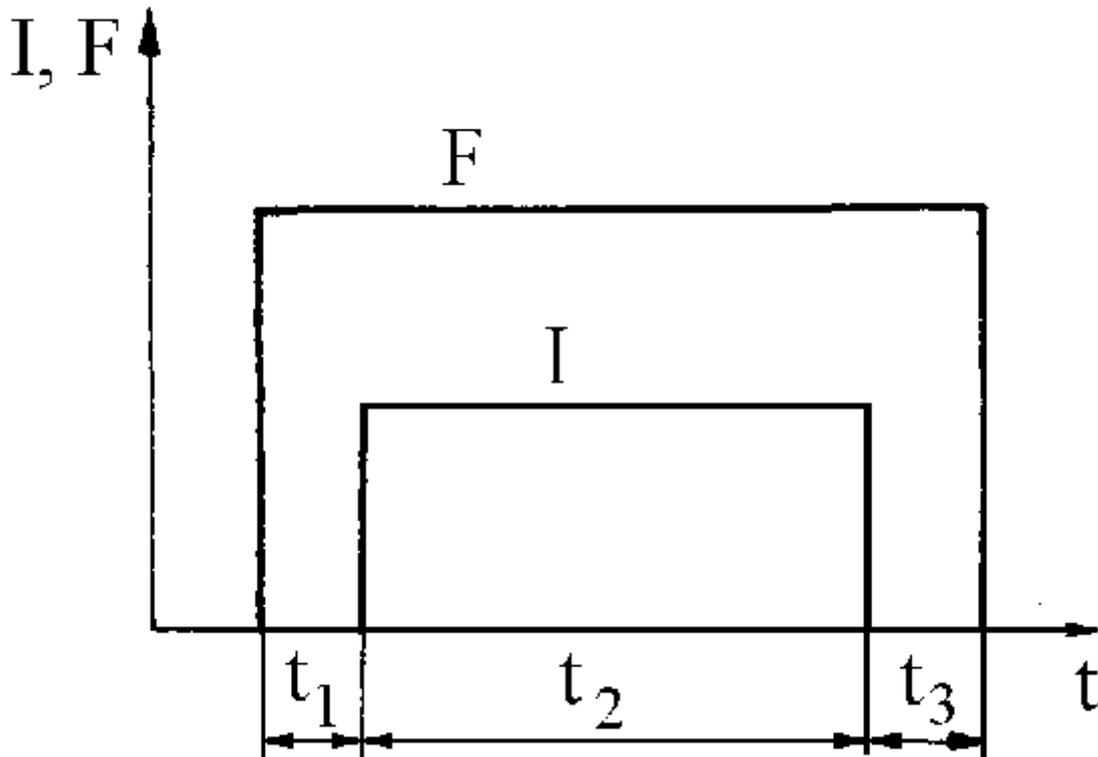
3 lemez

4 pontvarrat

A megfelelően előkészített - letisztított, zsírtalanított - lemezeket az elektródákkal (2) összenyomjuk, majd az áramforrásból (1) nagy áramerősségű áramot vezetünk az elektródákba. Az átmeneti ellenállás a két lemez (3) egymással érintkező felületénél a legnagyobb, és ezért ezen a helyen fejlődik a legtöbb hőmennyiség. Az áram hatására a lemezek részben megolvadnak. Az erőhatás az áram kikapcsolása után egy rövid ideig még összeszorítva tartja a lemezeket, és a megdermedés után létrejön a pontvarrat (4).

A ponthegesztési technológia fontos adata a hegesztési nyomóerő, vagy elektródanyomás és a hegesztőáram időbeli lefolyásának ábrája. A 2. ábrán a elektródanyomás és a hegesztési áram időbeli lefolyásának egyik legegyszerűbb változata látható. A lemez megszorítása az előnyomási idő ( $t_1$ ), majd az  $F$  nyomóerő állandó értéke mellett ( $t_2$ ) ideig tart a hegesztési idő.

A hegesztőáram kikapcsolása után még ( $t_3$ ) ideig az elektródák összenyomva tartják a lemezt, és ezalatt az utánn nyomási idő alatt a megolvasztott anyagréteg megdermed.



**2. ábra. A ponthegesztésnél az elektródanyomás (F) és az áramerősség (I) az idő (t) függvényében**

**$t_1$  előnyomási idő  $t_2$  hegesztési idő  $t_3$  utánn nyomási idő**

Az ellenállás ponthegesztő gépek áramforrása általában egyfázisú transzformátor, de vannak olyan ponthegesztő gépek is, amelyeknek a szekundérkörébe egyenirányítót építenek be. Ez utóbbi változatnak az az előnye, hogy a ponthegesztő gép karkinyúlása függvényében a pontok nyírószilárdsága gyakorlatilag nem változik. A váltóáramú szekundér körrel üzemelő gépeknél a karkinyúlás nagy mértékben befolyásolja a hegesztett pont nyírószilárdságát.

Az elektródákon átfolyó áramsűrűség nagyságától függően  $100 \text{ A/mm}^2$ -nél kisebb áramsűrűség esetében lágy munkarendről beszélünk, a  $100\div 300 \text{ A/mm}^2$  közé eső tartományt kemény munkarendnek nevezzük.

A ponthegesztő gépek általában helyhez kötött berendezések, de vannak hordozható ponthegesztő készülékek is: ezek a ponthegesztő fogók.

A ponthegesztő berendezések elektródái rézötvözetekből: krómbronzból, cirkóniumbronzból, kobaltbronzból, vagy kadmiumbronzból készülnek. Ezek jó villamos és hővezető képességű anyagok. Az elektródákat vízzel kell hűteni.

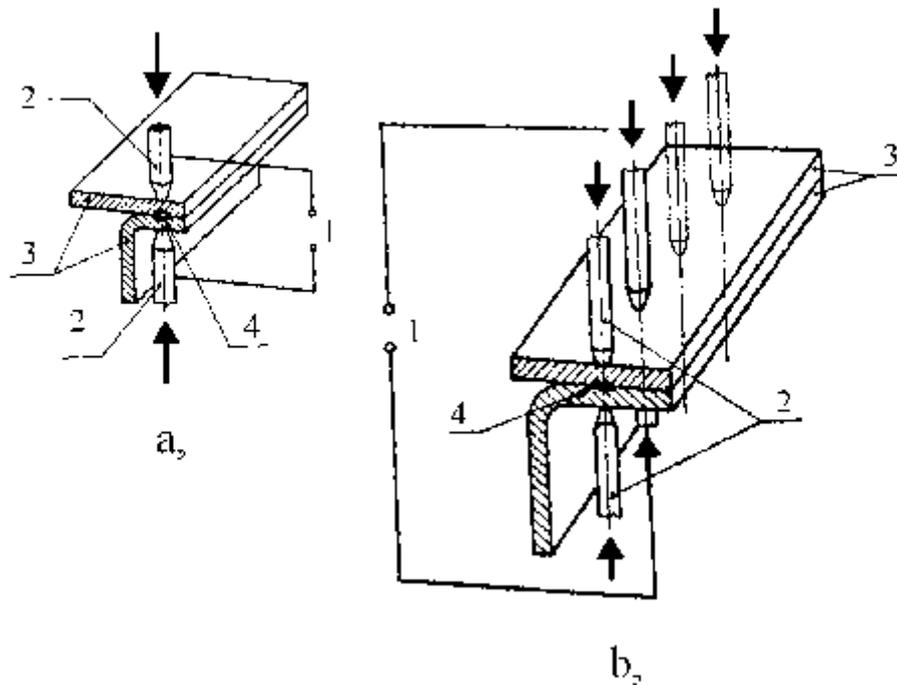
**A ponthegesztésnek több változata van:**

*kétoldali egypontos ponthegesztés (3a. ábra)*

*kétoldali két- vagy többpontos ponthegesztés (3b. ábra)*

*egyoldali egypontos ponthegesztés (4a. ábra)*

*egyoldali két- vagy többpontos ponthegesztés (4b. ábra).*



**3. ábra. Kétoldali egypontos ponthegesztés (a. ábra), és**

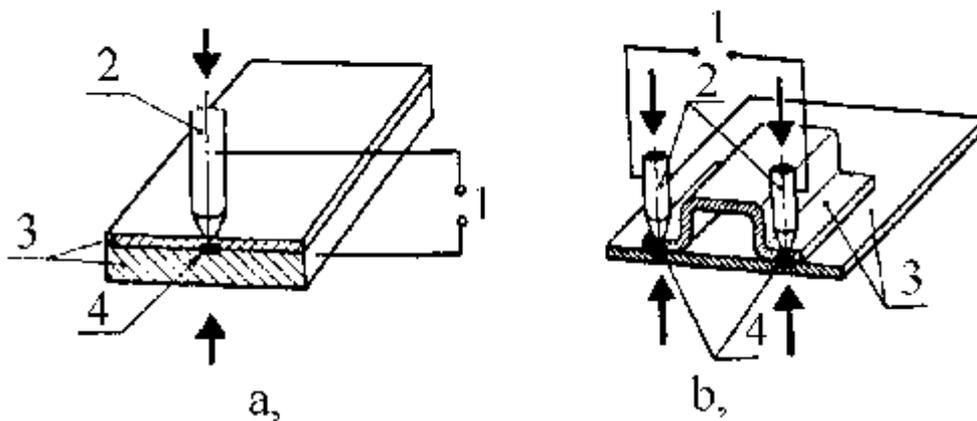
**kétoldali kétpontos ponthegesztés (b. ábra)**

1 áramforrás

2 elektróda

3 lemez

4 pontvarrat



4. ábra. Egyoldali egyponthozás (a) és egyoldali kétpontozás (b)

1 áramforrás 2 elektróda 3 lemez 4 pontvarrat

Az egyoldali ponthegesztésre abban az esetben van szükség, ha a munkadarab mindkét oldalához nem lehet hozzáférni. Az egyoldali ponthegesztésnek az a feltétele, hogy az elektróda felőli lemez - a belső lemez - vékonyabb legyen, mint a külső lemez. Ugyanis a hegesztőáram nagyobb részének a belső lemezen kell záródnia, mivel az áramnak csak ez a része vesz részt a pontvarrat kialakításában.

Az ellenállás ponthegesztésnél az elektródanyomás fajlagos értékei, vagyis az elektróda felületének 1 mm<sup>2</sup>-re eső nyomóerő értékei néhány anyagra az alábbiak:

- ötvözetlen acélra 70...120 MPa
- ausztenites acélra 130..250 MPa
- ötvözetlen és ötvözött
- alumíniumra 80...250 MPa

A fentiek alapján egy adott ponthegesztő gép paramétereinek ismeretében behatárolható, hogy a géppel legjobb esetben mekkora az a legnagyobb elektróda átmérő, amellyel még megfelelő szilárdságú pontvarrat készíthető. Azonban a fentiekén kívül **az egy pont által átvihető nyíróerő függ**

- a lemez anyagminőségétől,
- a lemez vastagságától,
- az elektródanyomástól,
- a hegesztőáram nagyságától,
- a hegesztési időtől és
- a hegesztőelektróda átmérőjétől.

Ezekre vonatkozó számszerű értékek a hivatkozott irodalomban megtalálhatók.

**Alkalmazási területei**

Az ellenállás ponthegeztéssel ötvöztelen és ötvözött hegeszthető acélok (széntartalom kisebb mint 0,2%), alumínium, réz, nikkel, plattírozott és fémmel bevont lemezek összehegeszthetők.

Nagy áramerősséggel és kis hegesztési idővel különböző fémek és ötvözetek is összehegeszthetők, például:

rézzel: horgany, cirkónium, titán, tantál;

acéllal: bronz, nikkel-vas ötvözet, nikkel-kobalt-vasötvözet.

A hegeszthető lemezek vastagsága: 0,1÷30 mm.

### ***A ponthegeztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok***

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ 4300-1:1984**

**MSZ 4300-3: 1984**

**MSZ 4305: 1988**

**MSZ 4362:1989**

**MSZ-05-46.1403:1982**

**MSZ EN 288-1:1993**

**MSZ EN 729-1:1995**

**MSZ EN 729-2:1995 2.rész**

**MSZ EN 729-3: 1995 3.rész**

**MSZ EN 729-4:1995 4 rész**

**MSZ EN 25184: .1995**

**MSZ EN 21089:1994**

**MSZ EN 25183-1: 1992**

**MSZ EN 25183-2: 1992**

**MSZ EN 25821: 1994**

**MSZ EN 25822: 1994**

**MSZ EN 25827: 1994**

**MSZ EN 27931:1994**

**MSZ EN 28430-1:1992**

**MSZ EN 28430-2:1992**

**MSZ EN 28430-3: 1992**

**MSZ EN 29313:1994**

**MSZ 4205:1985**

### ***Munkavédelmi előírások***

**31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat**

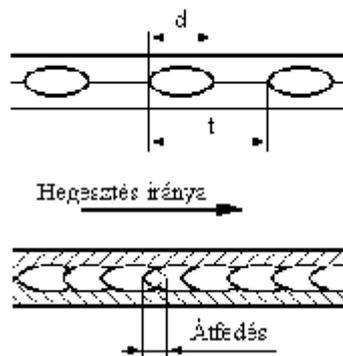
### ***Irodalom***

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## 22. Ellenállás vonalhegesztés

Az ellenállás vonalhegesztési eljárás varratképzése hasonló a ponthegesztéshez. A vonalvarrat többségében átfedéssel készített pontvarratok sorozataként tekinthető.

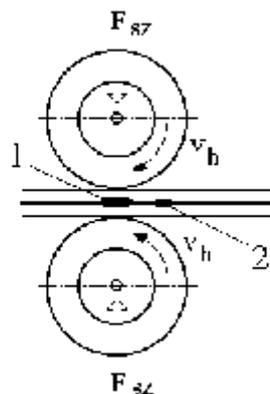
A vonalhegesztésnek két alapvető változata van. Az egyik esetben a pontvarratok egymástól mért távolsága ( $t$ ) lényegesen nagyobb a varratpontnál ( $d$ ). Így hermetikusan záródó kötés nem jön létre, hanem csak pontsor varrat. A másik esetben a varratpontok egymástól mért távolsága negatív, azaz a pontok átfedik egymást. Ez hermetikusan záródó varratsort alkot. Ezeket mutatja be az 1. ábra.



1. ábra.

### Vonalhegesztéssel készíthető két varratípus

A vonalhegesztés pontvarratainak képzésére a hegesztendo szerkezetet görgők közé helyezzük - amelyek egyben elektródák is - és az azokon átvezetett nagy áramerősségű áram-impulzus hatására képződik a vonalvarrat. Az impulzusok hatására - a ponthegesztéshez hasonló - "pontok" képződnek, amelyek az impulzusok sorozatának hatására egységes, folyamatos varrattá épülnek fel. Ezt szemlélteti a 2. ábra.



2. ábra. A pontok képzése a forgó ( $v_h$ ) görgők között

Amennyiben a ponthegesztésnél megfelelő áramerősséggel hegesztünk, úgy az 1 jelű hegesztési pont létrejön, de ez részleges rövidzárat jelent a következő, 2 jelű hegesztési

pontnak, amely az előzőtől távolabb jön csak létre. Ezt a káros hatást csak az áramerősség növelésével lehet kiküszöbölni. Ebből kifolyólag csak vékony lemezek hegesztésénél célszerű ezt a technológiát alkalmazni.

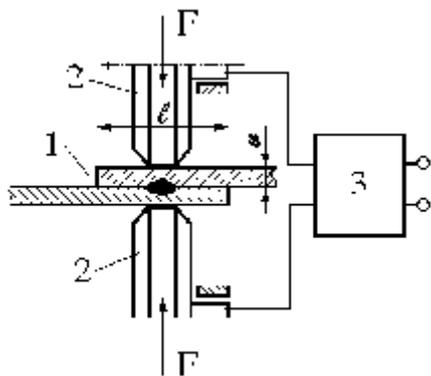
A vonalhegesztés minőségére a görgők anyaga, mérete, nyomóereje az áramparaméterek és a hegesztés sebessége hat.

A görgők nyomóereje ( $F_{sz}$ ) a lemezvastagság függvényében 2...10 kN értékűek, a hegesztés sebessége 1..2 m/min, az áramerősség 800...2500 A lehet.

A varrat szilárdsága elérheti a hegesztendő lemezek szilárdságának 80...95 %-át.

## 221. Átlapolt vonalhegesztés

Az ellenállás vonalhegesztés átlapolt változatát a 3. ábra szemlélteti. Az egyszerű vonalhegesztéstől annyiban tért el, hogy az átlapolás mértéke ( $l$ ) eléri az anyagvastagság ( $v$ ) 3...5-szörösét.



- 1. *Hegesztendő munkadarab*
- 2. *Forgó elektródagörgők*
- 3. *Áramforrás*

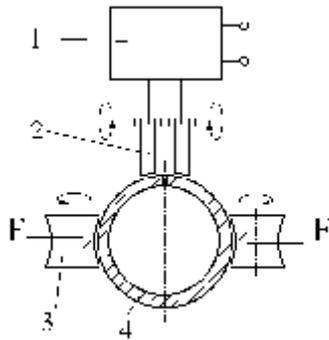
3. ábra.

### Átlapolt vonalhegesztés

A vonalhegesztések közül ez az eljárás adja a legmegbízhatóbb kötést, mert az elérhető szilárdság eléri a hegesztendő lemezek szilárdságának 90...100 %-át.

## 222. Tompavarratos vonalhegesztés

Amennyiben a szerkezeti megoldás nem teszi lehetővé az átlapolást, úgy alkalmazható a tompavarratos eljárás, amely a 4. ábrán látható.



1. Hegesztő áramforrás

2. Görgős elektródák

3. Szorító görgők

( F - szorító erő )

4. Hegesztendő munkadarab

( pl. cső )

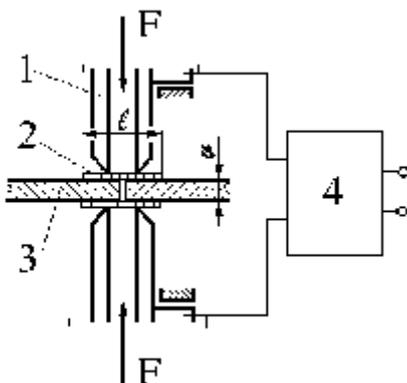
4. ábra.

### Tompavarratos vonalhegesztés

A tompavarrat megköveteli az illesztési élek pontos előkészítését. Ez a varratfajta meglehetősen kedvelt varratalak, de szilárdsága az alapanyag szilárdságának kb.60 %-át éri el.

## 225. Fóliás vonalhegesztés

Az átlapoló kötés bizonyos esetekben erotanilag, esztétikailag, korrózió miatt nem engedhető meg. Fóliás vonalhegesztéssel vékony lemezek tompakötéssel hegeszthetők össze. A hegesztés során az illesztett felület és a tárcsaelektrodák közé fémfóliát kell bevezetni a lemez mindkét oldalára ( 5. ábra ). A fólia szélessége a hegesztendő lemezek vastagságának 2...3 szorososa.



1. Szorító görgő

2. Fólialemez

3. Hegesztendő munkadarab

4. Áramforrás

5. ábra.

### Fóliás vonalhegesztés

A fólia feladatai közé tartozik, hogy az érintkezési felületükön kialakult lokális ellenállás hatására, az áramkoncentrációból eredően felmelegítse az összehegesztendő éleket.

A fóliás vonalhegesztés előnye a kötés nagy szilárdsága, esztétikai megjelenése és a hegesztés helyén nem jön létre keresztmetszet csökkenés. A fóliás vonalhegesztéssel készített tompaillesztésű kötések mechanikai tulajdonsága igen kedvező. A kötés szakítószilárdsága meghaladja az alapanyagok azonos jellemzőjét. A technológia alkalmazhatósági körét tovább növeli, hogy a varrat és környéke igen jól alakítható, mélyhúzható.

Az eljárás alkalmas ötvöztelen és gyengén ötvözött acélok, króm-nikkel, nikkel, kobalt, alumínium, réz és ötvözeteik hegesztésére. Hegeszthetők továbbá fémmel (horgonnyal, ónnal, ólommal, alumíniummal) bevont lemezek is

### ***A vonalhegesztések felhasználási területei:***

0,5...6 mm lemezvastagságú edények, alacsony nyomású tartályok, radiátorok, hűtő berendezések acélszerkezeteinek, csőszerű alkatrészek készítésére alkalmas. A szerkezetek alapanyaga lehet ötvöztelen, gyengén ötvözött acél, valamint alumínium és alumínium ötvözetek 0,5...3 mm vastagságig.

### ***Előkészítési műveletei:***

A felületek előkészítése valójában tisztítást jelent, mivel a két felület között hozaganyag nélkül alakul ki a hegesztett varrat. Az előkészítés műveleti sorrendje:

- 1. zsírok, jelzőfestékek és más durva szennyeződések eltávolítása;
- 2. oxidhártya és -réteg eltávolítása;
- 3. felületek passziválása;
- 4. mosás;
- 5. szárítás;
- 6. felületek ellenőrzése.

### ***Vonatkozó szabványai:***

**MSZ ISO 857:1992;**

**MSZ 4308-1:1982;**

**MSZ ISO 4063:1992;**

**MSZ 05-46.1403:1982;**

**MSZ 4300-1:1984;**

**MSZ 4367-1: 1994;**

**MSZ 4300-3:1984;**

**MSZ 4364-2: 1994;**

**MSZ 4305:1988;**

**MSZ EN 20693: 1994;**

### ***Munkavédelmi előírások:***

## 31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Irodalom:*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő : Baránszky - Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## 23. Ellenállás-dudorhegesztés

Az ellenállás ponthegesztésnél az elektródáknak az alábbi feladatai vannak:

- a nyomóerő átadása a lemezeknek,
- az áram bevezetése a lemezekbe és
- a lemezekben a megolvadáshoz szükséges áramsűrűség biztosítása.

A dudorhegesztés esetében az elektródáknak csak két feladata van:

- a nyomóerő közvetítése, valamint
- az áram bevezetése az összehegesztendő darabokba.

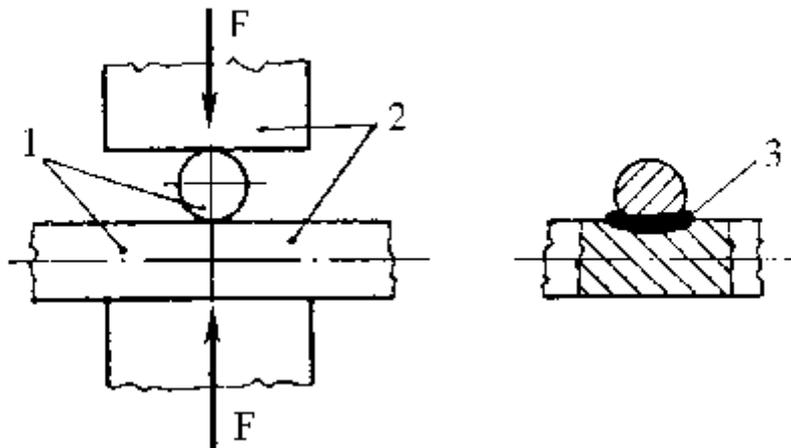
Az anyagok megolvasztásához szükséges áramsűrűség annak eredményeként jön létre, hogy az összehegesztendő munkadarabok viszonylag csak kis felülettel érintkeznek. Ezért ezeken a helyeken a kívánt értékűre megnő az áramsűrűség, valamint az átmeneti ellenállás. A dudorhegesztésnél a kis felülettel való érintkezést az úgynevezett dudorok valósítják meg.

### **A dudorok lehetnek:**

- természetes és
- mesterséges kialakításúak.

Az 1. és 2. ábrán a dudorhegesztés két változata látható.

Az 1. ábra a természetes dudorú ellenállás-hegesztésre példa.

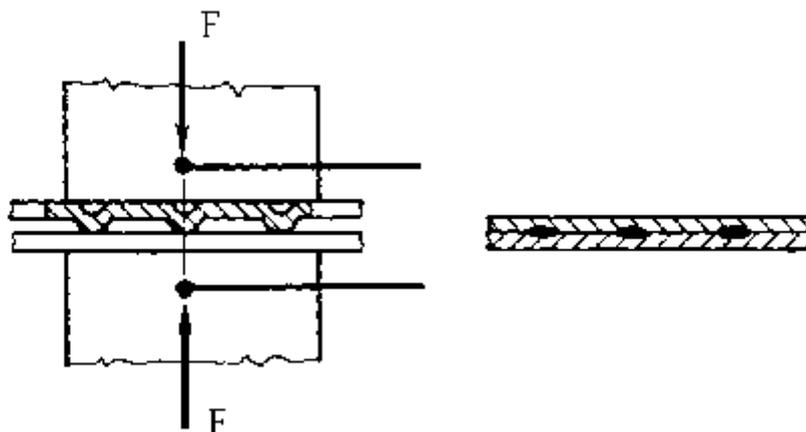


**1. ábra. Természetes dudorú ellenállás-hegesztés**

1 munkadarab 2 elektróda 3 hegesztési varrat

Az összehegesztendő alkatrészek egymásra merőleges tengelyű hengeres darabok. Például ilyen feladat háló készítése betonacélból, vagy csövek összehegesztése. Az érintkezés a két kitérő tengelyű henger esetében pontszerű. Ezen a helyen nagy lesz az átmeneti ellenállás, továbbá a kis keresztmetszet miatt megnő az áramsűrűség. A hegesztőáram bekapcsolása után ezen a helyen a két munkadarab részlegesen megolvad, és az árambevezetés ideje alatt is ható nyomóerő, összesajtolja a helyileg megolvadt darabokat. Az ömledék kinyomódik. Az áram kikapcsolása után az utánnymás idejéig még hat a nyomóerő. Ezalatt az ömledék megdermed, és a darabok között létrejön az oldhatatlan hegesztett kötés.

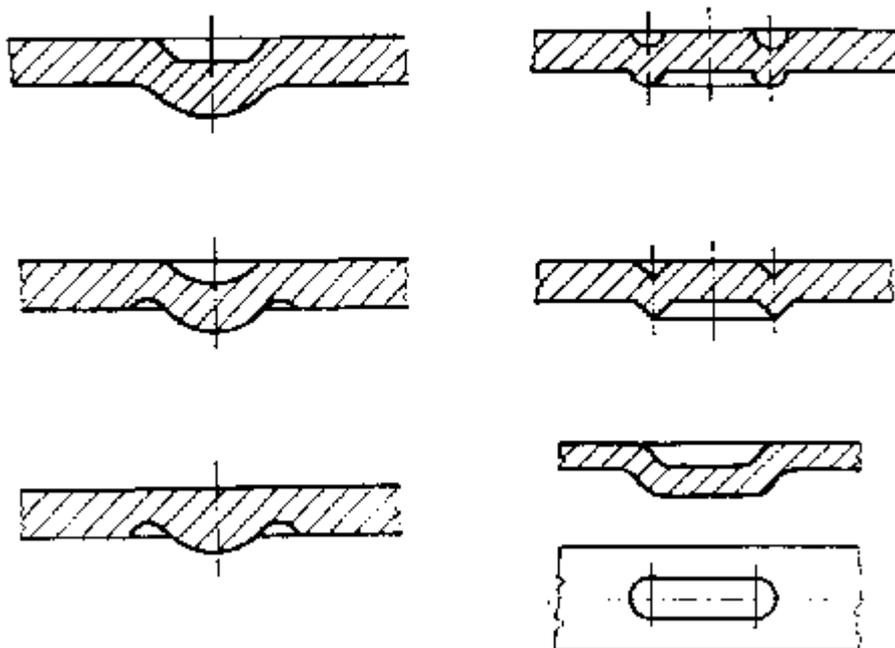
A 2. ábra a mesterséges dudorú ellenállás dudorhegesztés. A síklapúra kiképzett elektródák közé helyezzük az összehegesztendő lemezeket, amelyek közül a felsőbe előzőleg dudorokat sajtoltunk. A folyamat ugyanúgy játszódik le, mint a természetes dudorú hegesztésnél.



**2. ábra. Mesterséges dudorú ellenállás-hegesztés**

A 3. ábrán különböző alakú sajtolt dudorokat mutatunk be. A képlékenyalakítással kialakított különböző alakú szemek méreteit úgy kell kialakítani, hogy hegesztés közben a dudor és a vele érintkező másik anyag egyidejűleg olvadjon meg. Általános szabály, hogy a dudorokat a vastagabb anyagon kell kialakítani, de a dudorok méreteit a vékonyabb anyagnak megfelelően célszerű kiválasztani.

Különböző olvadáspontú anyagok összehegesztése esetében a nagyobb olvadáspontú anyagon kell a dudorokat kialakítani.



**3. ábra. Különböző alakú sajtolt dudorok ellenállás-dudorhegesztéshez**

#### *Alkalmazási területi*

A dudorhegesztést elsősorban körkeresztmetszetű anyagok keresztezett összehegesztésénél használjuk, például: csövek, huzalok esetében. De ezzel a technológiával összehegeszthetők körkeresztmetszetű alkatrészek lemezekkel, vagy lemezekre csapok merőleges tengellyel, továbbá mesterséges dudurokkal ellátott lemezek egymással, több rétegben is. Betonacélból készült hálókat célgépeken hegesztünk. Dudorhegesztéssel minden ponthegesztésre alkalmas anyag hegeszhető.

Erre a technológiára általában a ponthegesztő gépek megfelelő szerszámozással alkalmasak.

#### *A dudorhegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok*

MSZ ISO 857:1992

MSZ ISO 4063:1992

MSZ 4300-1:1984

MSZ 4300-3:1984

MSZ EN 719: 1995

MSZ 4305: 1988

MSZ 4362:1989

MSZ-05-46.1403:1982

MSZ EN 21089:1994

MSZ EN 25183-1: 1992

MSZ EN 25183-2: 1992

MSZ EN 25821: 1994

MSZ EN 25822: 1994

MSZ EN 25827: 1994

MSZ EN 27931:1994

MSZ EN 28430-1:1992

MSZ EN 28430-2:1992

MSZ EN 28430-3: 1992

MSZ EN 29313:1994

MSZ ISO 865:1992

MSZ ISO 8167: 1992

MSZ 3048-6:1980

### *Munkavédelmi előírások*

31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

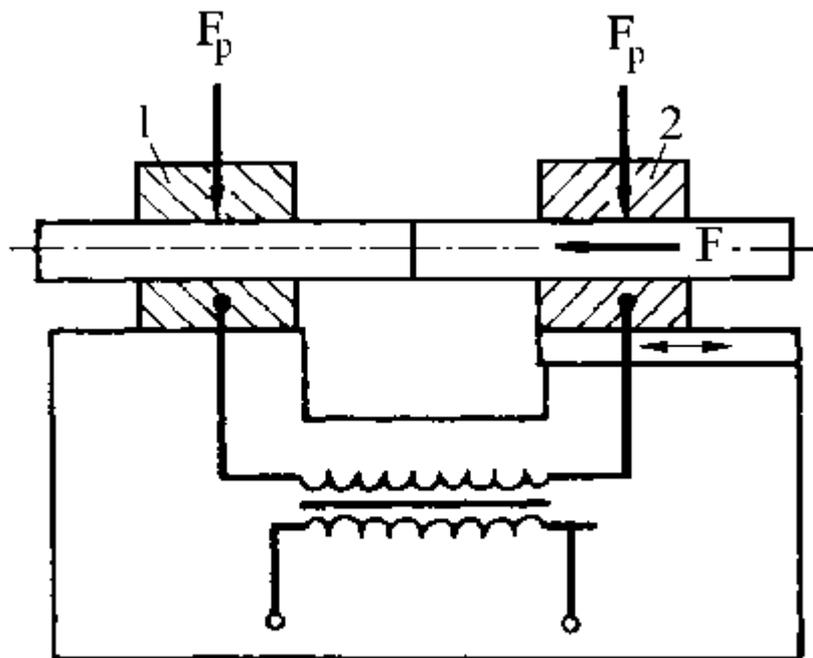
### *Irodalom*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **24. Leolvasztó tompahegesztés**

A leolvasztó tompahegesztés hasonló a zömítő tompahegesztéshez, de jobb minőségű hegesztett kötést lehet létrehozni. A leolvasztó tompahegesztés két részből áll: leolvasztásból és zömítésből.

Az összehegesztendő darabokat a tompahegesztő gép befogópofáiba befogjuk, a hegesztőáramot bekapcsoljuk, majd a szánra szerelt mozgó pofát (2) az álló pofa (1) felé közelítjük (1. ábra).



### 1. ábra. Leolvasztó tompahegesztés

1 álló pofa 2 mozgó pofa

$F_p$  szorító erő  $F$  zömítő erő

A homlokfelületen lévő egyenetlenségek következtében eleinte csak nagyon kis felületen érintkezik a két darab, és az itt kialakuló nagy áramsűrűség hatására a darabok megolvadnak, majd elgőzölögve helyi ívek alakulnak ki. A leolvasztás során viszonylag kis erővel nyomjuk össze a darabokat, hogy a darabok egyenetlenségein a helyi ívképződés, és ezzel a leolvadás, biztosan megvalósuljon. Ezekkel az ívekkel a darabokat egy bizonyos hosszon leolvasztjuk, majd a tengelyirányú  $F$  erővel összezömítjük. A zömítéskor a kialakuló fémes érintkezés hatására az áram a közepes leolvasztó áram 3÷5-szörösére megnő. Ezért ezen a helyen a nagy hőfejlődés következtében kedvező zömítést lehet létrehozni. A felületen lévő oxidok - amelyek szilárd és folyékony állapotúak - biztonságosan kisajtolhatók a sorjába és még nagy átmérőjű darabok esetében is jó minőségű kötés jön létre.

#### A zömítőáram áramsűrűsége:

- kis széntartalmú acélokhoz  $18 \div 30 \text{ A/mm}^2$
- alumíniumhoz  $130 \div 300 \text{ A/mm}^2$

#### A zömítési hossz ajánlott értékei:

- ötvözetlen kis széntartalmú acélra tömör anyaghoz
  - $(0,15 \div 0,25)d$  vékonyfalú
  - üreges anyaghoz  $(1 \div 2)s$

- alumíniumra
  - vékonyfalú üreges anyaghoz (2÷4)s.

### **A zömítönyomás ajánlott értékei:**

- ötvözetlen kis szénttartalmú acélra
  - tömör anyaghoz 30÷70 MPa
  - vékonyfalú üreges anyaghoz 50÷90 MPa
- alumíniumra
  - vékonyfalú üreges anyaghoz 160÷300 MPa.

A zömítés sebessége anyagtól függően 15÷250 mm/s.

A hegesztés során képződött sorját forgácsolással távolítjuk el.

### ***Alkalmazási területei***

Leolvasztó tompahegesztéssel acél, alumínium, réz, nikkel hegeszthető, nagy mérettartományban is (320 mm). Összehegeszthetők tömör rudak és különböző keresztmetszetű csövek. A varratok lehetnek: tompa, sarok, T, záródó, kettős varrat stb. Szokásos eljárás gyorsacél szerszámok esetében a dolgozó részhez szénacél szárat hegeszteni, anyagtakarékosság céljából.

### ***A zömítő tompahegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok***

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ 4300-1:1984**

**MSZ 4300-3: 1984**

**MSZ 4305: 1988**

**MSZ 4362:1989**

**MSZ-05-46.1403:1982**

**MSZ EN 27931:1994**

### ***Munkavédelmi előírások***

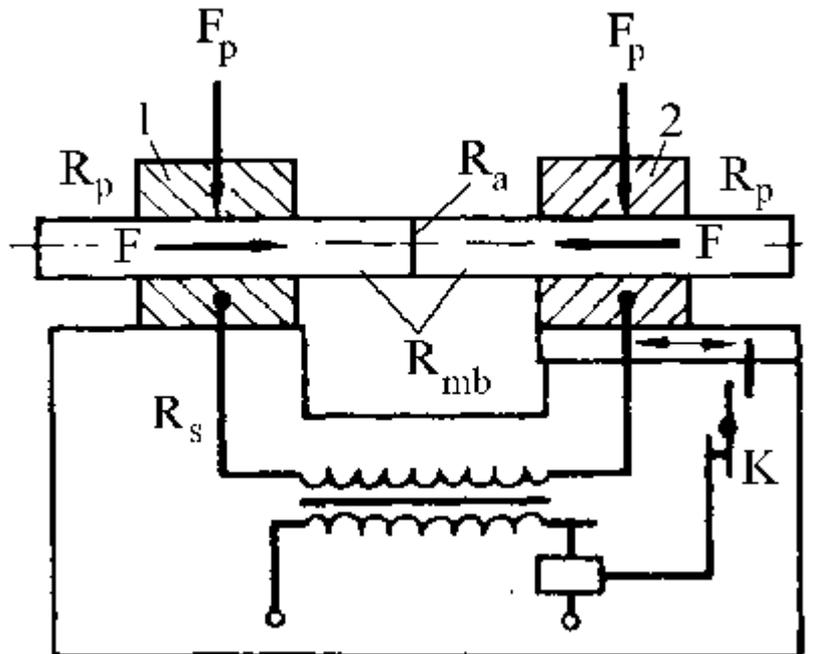
**31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat**

### ***Irodalom***

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## 25. Zömítő tompahegesztés

A zömítő tompahegesztés során a huzal,- illetve rúdszerű munkadarabokat a tompahegesztő gép befogópofáiba befogjuk, majd homlokfelületükkel összenyomjuk. A befogópofák közül az egyik az állópofa (1), a másik egy mozgó szánra van szerelve, ez a mozgó pofa (2) (1. ábra).



1. ábra. Zömítő tompahegesztés

A tengelyirányú nyomóerő ( $F$  zömítőerő) kialakulása után a mozgó szán előrehaladása közben a  $K$  kapcsolóval bekapcsolja a hegesztőáramot.

**Az áramkör ellenállása az alábbi sorbakötött ellenállások össze:**

- a munkadarabok ohmikus ellenállása ( $R_{mb}$ ),
- a befogó pofa és a munkadarabok közötti átmeneti ellenállás ( $2R_p$ ),
- az összenyomott két fél érintkezési helyén az átmeneti ellenállás ( $R_a$ ), valamint
- a hegesztőtranszformátor szekundér vezetékének ellenállása ( $R_s$ ).

Megfelelő szorítóerők ( $F_p$ ) esetében a befogópofák átmeneti ellenállása ( $2R_p$ ) kicsi, továbbá a transzformátor szekundér vezetékének ellenállása ( $R_s$ ), valamint a munkadarabok ellenállása ( $R_{mb}$ ) kisebb, mint az átmeneti ellenállás ( $R_a$ ). Ezért a két munkadarab érintkezési helyén erőteljes hőfejlődés indul meg, de a darabok nem olvadnak meg, legfeljebb pépes állapotúak lesznek. A pofák zömítőereje nagy képlékeny alakváltozást okoz, és a nagy hőmérsékleten létrejön a két munkadarab között a kohéziós kapcsolat. A munkadarabok homlokfelületén lévő oxidok a szán mozgása következtében a képződő sorjába nyomódnak. Azonban csak 15 mm-nél kisebb átmérete, illetve 40x3 mm-nél kisebb keresztmetszetű téglalap esetében mondható biztosan, hogy a hegesztési varrat mentes az oxidzárványoktól. A

munkadaraboknak a két befogópofa közötti távolsága a folyamat végén kisebb lesz, mint a kiindulási helyzetben volt; a munkadarabok a zömítési hosszal rövidebbek lesznek a hegesztés befejezésekor. A zömítő tomphahegesztő gépeken a zömítési úthosszat lehet beállítani. Az áramot a folyamat befejezésekor a mozgó szán kapcsolja ki. A zömítőnyomás a hegesztőáram kikapcsolása után a darabokat még összenyomva tartja, és ez a lehülés miatti zsugorodásból keletkező feszültségeket csökkenti.

#### **A befogópofák közötti távolságok irányértékei néhány körkeresztmetszetu anyagra vonatkozóan:**

- lágyacélhoz (0,5÷0,7)d
- alumíniumhoz (1,0÷1,5)d
- rézhez (1,5÷2,0)d.

#### **A tomphaesztésnél alkalmazható áramsuruségek tájékoztató adatai:**

- lágyacélhoz 80÷90 A/mm<sup>2</sup>
- alumíniumhoz 150÷200 A/mm<sup>2</sup>
- rézhez 250÷300 A/mm<sup>2</sup>

#### **A zömítőnyomás irányértékei:**

- lágyacélhoz 10÷30 MPa
- alumíniumhoz 40÷60 MPa.

A hegesztés során képződött sorját forgácsolással távolítjuk el.

#### ***Alkalmazási területei***

Tomphahegesztéssel acél, alumínium, réz, nikkal hegeszthető, de nem nagy mérettartományban.

#### **A hegeszthető átmérők tartománya a különböző anyagokra:**

- acélok, nikkal 0,3÷20 mm,
- réz 0,3÷14 mm,
- alumínium, sárgaré, bronz 0,3÷18 mm.

#### ***A zömítő tomphahegesztéssel kapcsolatos fontosabb szabványok***

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ 4300-1:1984**

**MSZ 4300-3: 1984**

**MSZ 4305: 1988**

**MSZ 4362:1989**

**MSZ-05-46.1403:1982**

**MSZ EN 27931:1994**

#### ***Munkavédelmi előírások***

## 31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Irodalom*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

kromótvözesű ferrites acélok esetén szemcsedurvulás szélesebb sávban történő kialakulásához vezet. A rossz hővezető-képességű és nagy hőtágulási együtthatóval rendelkező anyagok esetén jelentős mértékű deformációk jönnek létre a hegesztés során. Esztétikai szempontból kifogásolható a széles sávban megjelenő futtatási szín. Ezért erosen ötvözött acélok esetében ezt a hegesztési eljárást kerülni kell.

### 31. Oxigén-éghetőgáz hegesztés

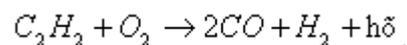
A gázhegesztéshez felhasznált oxigén legalább 99,5 % tisztaságú legyen. Oxigént a cseppfolyósított levegő frakcionált desztillációjával állítják elő. Hegesztőüzemekben az oxigént acél palackokban ( gázhalmazállapot ) vagy különleges tartályokban ( cseppfolyós ) szállítják és tárolják.

Égőgázként számos gázt lehet felhasználni, pl. hidrogént, városi gázt, acetilént vagy propánt. A lánghegesztés elterjedésekor többnyire hidrogént használtak. Manapság már csak forrasztáshoz, vékony lemezek gázhegesztéséhez vagy a vastag lemezek vágásához használják.

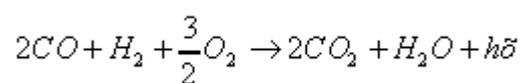
### 311. Oxigén-acetilén hegesztés

A lánghegesztéshez túlnyomó többségében az acetilén ( dissous ) égőgázt használják. Az acetilént kalciumkarbonátból víz hozzáadásával lehet előállítani. 1 kg karbidból 250...300 l acetilént lehet előállítani. Az acetilén rendkívül érzékeny a nyomásra és a hőre. Kedvezőtlen körülmények között már kis túlnyomás ( 1,5 bar ) esetén is alkotóira bomlik. Ebből kifolyólag az acetilént óvatosan és körültekintően kell tárolni. Másik fontos szempont, hogy az acetilén rézzel érintkezve igen könnyen robbanó acetilén-rezet alkot. Acetilén készülékekben és nyomáscsökkentőkben ezért nem szabad réz szerelvényeket alkalmazni.

Az acetilén és oxigén elégeésekor jelentős hőmennyiség szabadul fel. A hegesztőégő szerkezete lehetővé teszi az oxigén és acetilén gáz minél tökéletesebb keveredését és elégetését. Az égés során megkülönböztetünk elsődleges és másodlagos égést. A primer égés közvetlenül az égőfej szájánál alakul ki ( ennek lángja fehér ) a következő képlet szerint:



A primer lángot elhagyó égőgázok a  $2CO$  és a  $H_2$  lángban a következők szerint égnék tovább:



A szekunder lángban az égési folyamat a levegő oxigéntartalmának hatására következik be, amely diffúzió révén jut az égési térbe. Ebben a szekunder térben - közvetlenül a primer láng

mögött - alakul ki a legmagasabb hőmérséklet. Itt folyik a hegesztés. Ebben a térben történő hegesztés további elonye, hogy a lánggázok hatása ebben a szakaszban redukáló.

Az oxigén-acetilén keverési arányától függően háromféle lángbeállítást lehet megkülönböztetni:

– Gázdús vagy szenítő láng:

Az acetilén nagyobb mennyiségben van bele keverve a lángba, mint amennyi tökéletesen el tudna égni. Veszélye, hogy az alapanyag szénben dúsul. A láng három részből áll: mag, ezt körülvevő "pillangó" és a "seprű". Az utóbbi kékesen lilás.

Alumínium hegesztésekor ez csökkenti az oxidációs hajlamot.

***Felhasználási terület:***

Szénben dús lánggal az öntöttvasak, nagy szénttartalmú szerszámacélok egyesíthetők. Alumínium hegesztésekor ezzel a lánggal az oxidáció kerülhető el, de csak kis mértékben lehet dúsítani a lángot, mert a hegesztendő alumínium a hidrogén-feltevő képessége miatt porózussá válhat.

– **Normál vagy semleges láng:**

Ekkor a keverési arány elméletileg 1:1, de a valóságban az 1:1,1 aránynál alakul ki a legmagasabb hőmérséklet. Ez a leggyakrabban használt lángbeállítás.

A láng két részből áll: kékesen fehér mag és a kevésbé világító "seprű".

***Felhasználási terület:***

Ezzel a gázláng típussal hegeszthető az acél, a korrózió- és hőálló acél, az acélöntvény, a temperöntvények, a cink, a réz és a nikkel.

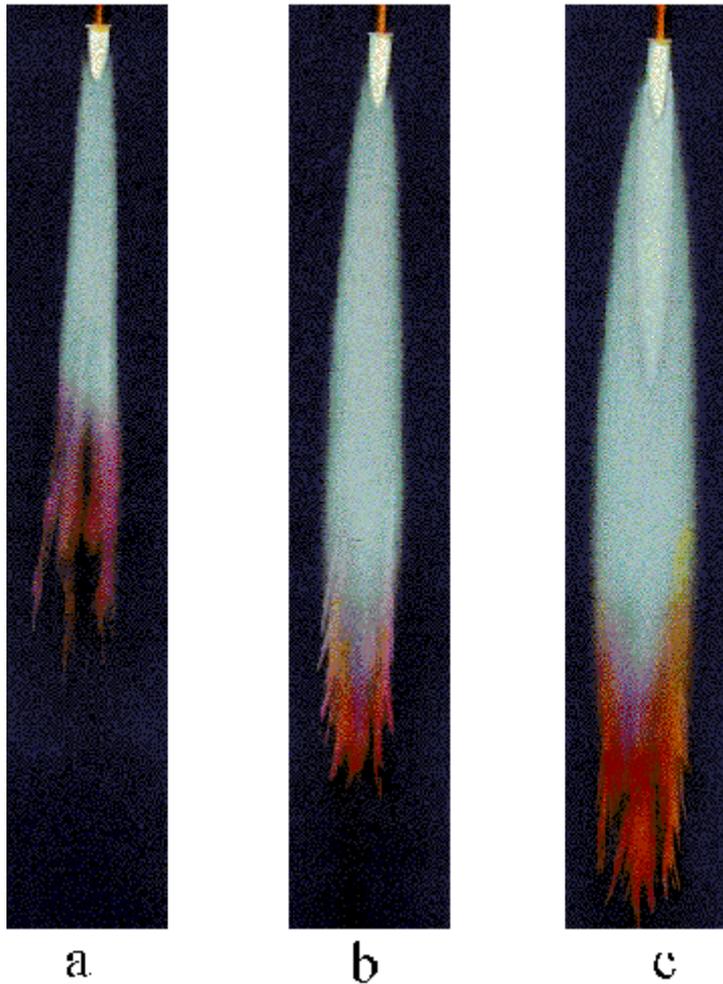
– **Oxigéndús láng:**

Amennyiben az oxigén aránya nagyobb, mint amennyi az égési folyamathoz szükséges lenne, így a szabad oxigén oxidálhatja az alapanyagot.

A láng két részből áll: rövid és hegyes mag és a rózsaszínbe hajló lilás színű "seprű".

***Felhasználási terület:***

Oxigéndús lánggal a réz jól hegeszthető.



1. ábra.

### Hegesztéshez beállítható lángok fajtái

a. oxigéndús láng

b. semleges láng

c. gázdús láng

### 312. Oxigén-propán hegesztés

Propán gáz oxigénnel való keverése során kialakult láng terjedési sebessége kicsi, ezért oxidáló hatású, mely acél hegesztésénél hátrányos. Hasonló jelenség és láng figyelhető meg hidrogén gáz alkalmazásakor. A keletkező láng kis hőtartalma miatt alacsony olvadáspontú fémek hegesztésére, keményforrasztásra, hevítőgázként és melegítésre alkalmas.

Vonatkozó szabványok : lásd Levego- éghetőgáz fejezetben !

## 32. Levegő-éghetőgáz hegesztés

Szénhidrogén égőgázak levegővel való keverésére néhány jellemző értékek mutat be a 2. táblázat. A táblázatból látható, hogy jóval nagyobb mennyiségű levegőre van szükség, mint oxigén esetében. Ez egyértelmű, hiszen a levegő oxigéntartalma kb. 20 % körül van. Ez figyelhető meg a szükséges térfogatok arányában is. A levegővel kevert gázok lánghőmérsékleteit összehasonlítva az oxigénes keverés eseteivel ( 1. táblázat ) megállapítható, hogy levegő esetén kisebb hőmérsékletű lángok érhetők el.

Égőgáz	A tökéletes égéshez szükséges		Legnagyobb lánghőmérséklet
	oxigén, ( m <sup>3</sup> )	levegő, (m <sup>3</sup> )	levegővel, ( °C)
Acetilén C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2,5	11,94	2632
Hidrogén H <sub>2</sub>	0,5	2,39	2210
Propán C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	5,0	23,89	2115
Bután C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	6,5	31,06	2132

### 2. táblázat

#### Szénhidrogén - levegő kevert gáz egyes jellemzői

### 321. Levegő-acetilén hegesztés

A levegővel kevert acetilén gáz kisebb lánghőmérséklete miatt nem azonos a felhasználási területe az oxigénes hegesztési területtel.

*Felhasználási terület:*

Az előbbiekből kifolyólag vékony ólomtárgyak (max. 10 mm) vagy vékony szelvények kemény és lágyforrasztására, valamint helyi lágyításra alkalmasak eljárásról van szó.

### 322. Levegő-propán hegesztés

A propán gáz tökéletes égéséhez jelentős mennyiségű levegőt kell felhasználni kisebb lánghőmérséklet elérése mellett. Ez eléggé korlátozza az eljárás használhatóságát.

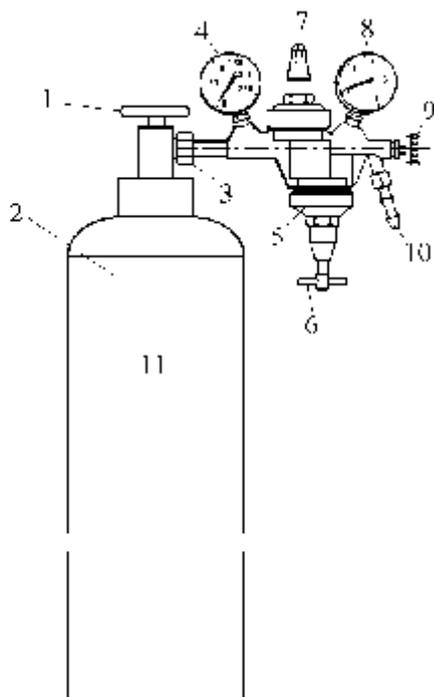
*Felhasználási terület:*

Alacsony olvadáspontú fémek hegesztéséhez, ill. lágyforrasztáshoz használható fel ez a technológia.

### ***A gázhegesztés berendezései:***

A leggyakrabban használt oxigén-acetilén hegesztés berendezéseit mutatja be ez a rész.

A szénhidrogén gázokat cseppfolyós állapotban vékonyfalú acélpalackokban hozzák forgalomba. Az acetilén gáz, porózusos kovafölddel töltött acélpalackban, acetonban oldva szállítják ill. tárolják. A palackban 1,5 MPa nyomáson 5400 liter acetilén gáz van. Az oxigént 160 MPa nyomáson acélpalackban tárolják. Egy palackban 6 m<sup>3</sup> oxigén gáz van. A hegesztőpisztolyba a különböző gázokat a palackból nyomáscsökkentőn és tömlőkön keresztül vezetjük, hiszen az aceton szekunder körülményét 0,1...0,5 bar, az oxigénét 3...6 bar közé kell beállítani. A palack és a reduktor összeépítését a 2. ábra szemlélteti.



**1. Palack főelzáró szelep;**

**2. Gázpalack;**

**3. Reduktor csatlakozó pontja.  
Acetilén gáznál ez kengyeles kialakítású;**

**4. Primer körü (gázpalack) nyomás-mérő.  
Oxigénnél kék, acetilénnél sárga színű  
hátlap;**

**5. Reduktor ház;**

**6. Nyomást beállító kar;**

**7. Biztonsági szelep;**

**8. Redukált nyomást mérő műszer.  
Színjelzés a 4. pont szerint;**

**9. Pillanat elzárószelep;**

**10. Gáztömlő csatlakozási pont. Éghető  
gáznál balmenetes kialakítás;**

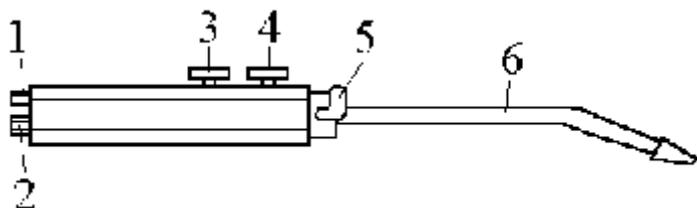
**1. Palack színjelzésének helye:  
acetilén - sárga csík,  
oxigén - kék színű palack,  
éghető gáz - piros csík.**

**2. ábra.**

## Acélpalack és reduktor összeépítése

A reduktorból textilbetétes gumitömleőkben jutnak el a gázok a hegesztőpisztolyba. Az acetilén tömlője piros, az oxigéné kék színu. Az éghető gáz tömlőjének csatlakozása balmenetes kialakítású. Mindegyik tömlőre robbanásgátló visszacsapószelepet kell felszerelni.

A hegesztő pisztolyba jutott gázok a keverőkamrában összekeverednek, majd az égőszáron keresztül kilépnek a pisztolyból. Itt az égés hozza létre a hegesztéshez szükséges hőt.



1. Oxigén csatlakozó
2. Acetilén csatlakozó
3. Acetilén szelep
4. Oxigén szelep
5. Az égőszár gyors rögzítője
6. Cserélhető égőszár

3. ábra.

### Hegesztőpisztoly

A hegesztendő anyag vastagságától (minőségétől) függően választjuk meg a keverőszárat. A keverőszárhoz tartozó anyagvastagság határok a száron fel vannak tüntetve. Ugyancsak a hegesztőpisztoly alkalmas a láng típusának beállítására.

### ***Hegesztőanyagok ( hegesztőpálcák ):***

#### *Általános szabály:*

A várható kiegészéseknek megfelelően a pálcák az alapanyagnál erősebben ötvözettek legyenek !

*Ötvözetlen szerkezeti acélokhoz:* kis szén-, szilícium-, kén- és foszfor tartalmú acélból készült pálcá.

*Öntöttvashoz:* C = 3...4%; Si = 2,5...3,5%; Mn = 0,6...1% tartalmú szürkeöntvény pálcá.

*Alumíniumhoz:* az alapanyaggal megegyező összetételű pálcá, vagy 13 % Si-tartalmú sziluminpálcá.

*Rézhez:* 0,5...12% ezüsttel ötvözött rézpálcá, vagy foszforbronzpálcá.

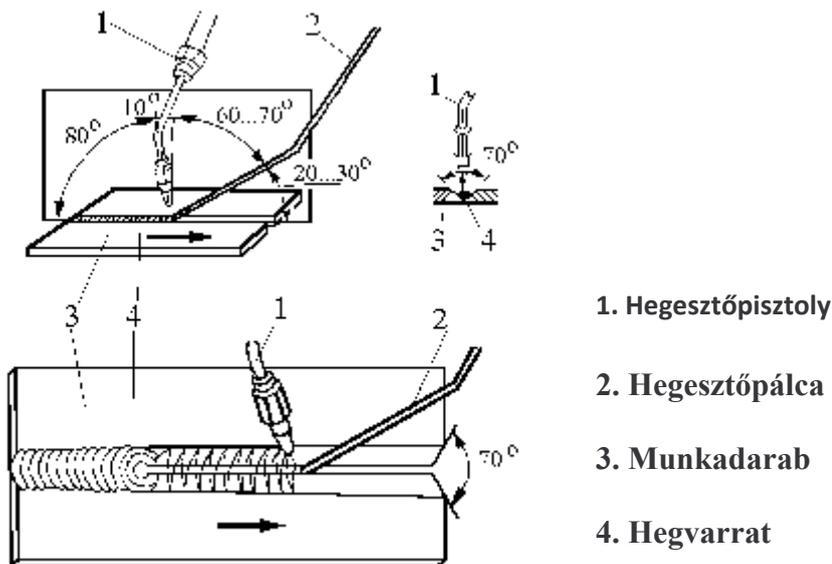
*Rézötvözetekhez:* az alapanyaggal megegyező összetételű pálcá.

*Sárgarézhez:* 60 % réz és 0,2...0,5 % Si-tartalmú hegesztőpálca.

*Folyósítók:* az oxidképződés megakadályozására és az oxidok redukálásához használandók. Ezek lehetnek por, paszta vagy folyadék formájában; savasak vagy lúgosak. Savas folyósító: bórax, bórsav; bórsavanhidrid, bórtioxid; bázikus folyósító: szóda.

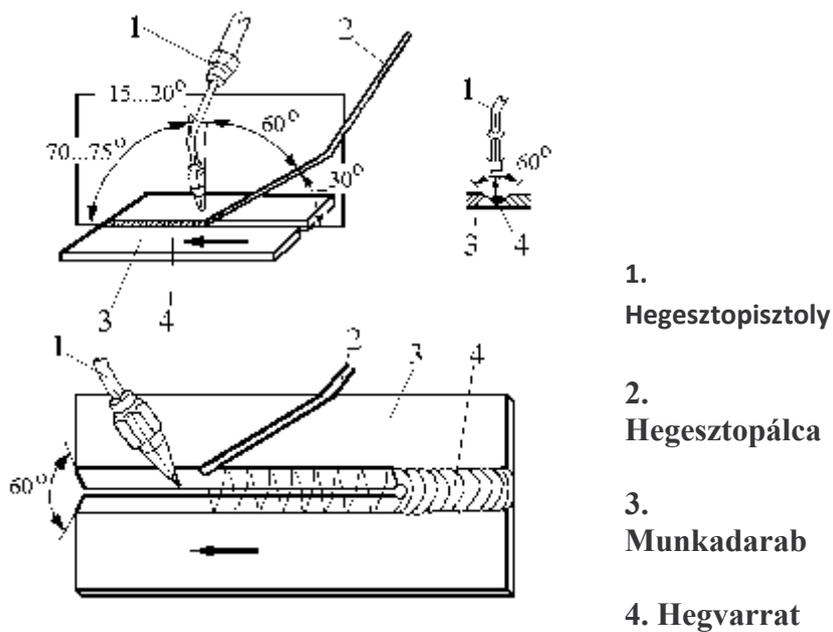
### ***Hegesztés technikája:***

A lánghegesztés fő technológiai lépései hasonlóak az ívhegesztéséhez. Azonos módon kell a lemezeket illeszteni, fuzni, azonos a varratfelépítés elve is. Lánghegesztést a hegesztési irány függvényében két fő csoportba oszthatjuk. Ez a balra és jobbra hegesztési technológiai megoldás. Ezt mutatja be a 4. és az 5. ábra.



**4. ábra.**

**Balra történő hegesztéskor a pálcát követi a láng**



5. ábra.

Jobbra történő hegesztéskor a lángot követi a pálca

### *Vonatkozó szabványok:*

MSZ ISO 857:1992;

MSZ EN 29090:1994;

MSZ ISO 4063:1992;

MSZ EN 29539:1994;

MSZ 4300-1:1984;

MSZ 3048-6:1980;

MSZ 4300-3:1984;

MSZ 4316-1:1970;

MSZ EN 719:1995;

MSZ 4316-2:1970;

MSZ 4305:1988;

MSZ 4318-1:1987;

MSZ 4308-1:1982;

MSZ 4318-2:1990;

MSZ EN 287-1:1992;

MSZ 4318-3:1992;

MSZ EN 287-2:1993;

MSZ 4319-1:1983;

MSZ EN 288-1:1993;

MSZ 4319-2:1983;

MSZ EN 729-1:1995;

MSZ 4319-3:1989;

MSZ EN 729-2:1995;	MSZ 4326-1:1975;
MSZ EN 729-3:1995;	MSZ 4326-2:1972;
MSZ EN 729-4:1995;	MSZ 4326-3:1972;
MSZ 4367-1:1994;	MSZ 4326-5:1975;
MSZ 4367-2:1994;	MSZ 4326-6:1975;
MSZ ISO 636:1990;	MSZ 4326-7:1988;
MSZ 6282:1971;	MSZ 4326-8:1978;
MSZ 6680:1978;	MSZ 4326-9:1984;
MSZ EN 562:1996;	MSZ 4326-10:1990;
MSZ EN 28206:1996;	MSZ 4301:1978;

### *Munkavédelmi előírások*

31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Irodalom*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő : Baránszky - Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## 4. Sajtolóhegesztés

A sajtolóhegesztések során az összehegesztendő munkadarabok közötti kohéziós kapcsolatot általában hő- és erőhatás egyidejű alkalmazásával hozzuk létre, de ezeknek különböző változatai vannak, amelyeknek fő jellemzői az alábbiak:

- előzetes hevítés nélkül,
- előzetes hevítéssel, megömlesztés nélkül és
- helyi megömlesztéssel.

*Előzetes hevítés nélkül* végzett hegesztések során az összehegesztendő darabokat nagy nyomással képlékenyen alakítjuk, és így jön létre a kohéziós kapcsolat. Ezeket *hideghegesztéseknek* is nevezzük. A hideghegedéshez szükséges nyomás az alapanyagok szobahőmérsékleten mért folyáshatárának többszöröse. Elsősorban nagy képlékenységgű anyagoknál lehet előnyösen használni, mint például: alumínium, réz és ausztenites Cr-Ni-acélok hegesztésére.

***Előzetes hevítéssel, megömlésztés nélkül*** végzett sajtolóhegesztés többek között a ***zömítő tompahegesztés***. Az előzetes hevítéssel elsősorban az összehegesztendő darabok folyáshatárának csökkentése a cél.

***Helyi megömlésztéssel*** az összehegesztendő darabokat előzetesen megolvasztjuk, majd, a sajtolóerő hatására a megömlött anyagrész kiszorul a kötés felületéről és létrejön a két fél között a kohéziós kapcsolat.

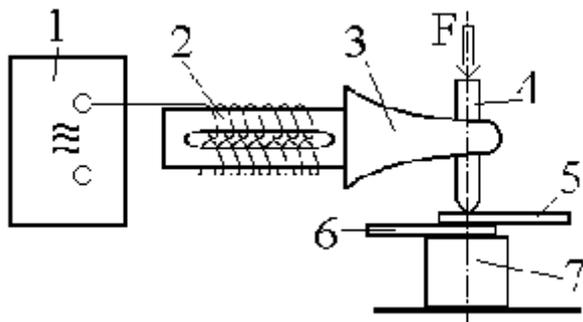
A sajtolóhegesztések fobb technológiai megvalósításai:

- hidegsajtoló hegesztések
- robbantásos hegesztések
- ultrahanghegesztések
- dörzshegesztések
- ellenálláshegesztések.

A sajtolóhegesztések nagy termelékenységű eljárások, teljesen automatizálhatók, ezért sok területen kiszorították az egyéb hegesztési eljárásokat.

## 41. Ultrahang-hegesztés

Az ultrahang-hegesztés azonos vagy eltérő jellegű fémek összekötése az érintkezési felülettel párhuzamos, az összehegesztendő darabba bevezetett mechanikai rezgés útján ( ultrahangrezgés ) az erre merőlegesen működő sajtoló nyomás egyidejű alkalmazásával. A hegesztőgép elvi elrendezése az 1. ábrán látható. Az 1 nagyfrekvenciás generátorban előállított 20...50 kHz frekvenciájú váltakozó áram a 2 rezgőrendszerben mechanikai energiává alakul át. Az exponenciális cső által felerősített amplitúdójú rezgést ( 10...100 m ) a szonotróda az F erő segítségével juttatja be az összehegesztendő felső munkadarabba. A felső rész rezgésbe jön, míg az alsó nyugalomban marad, így az F erő miatt hőt termelő súrlódás alakul ki, amely létrehozza a ponthegesztést. Ha a szonotróda és az ellen szonotróda görgös kialakítású, akkor vonalhegesztési technológiát is létre lehet hozni.



1. Nagyfrekvenciás generátor

2. Rezgő rendszer

3. Exponenciális csövek

4. Szonotróda

5. Munkadarab

6. Munkadarab

7. Ellen-szonotróda

F Szonotródaerő

### 1. ábra. Ultrahangos ponthegesztés

A hegesztés során az ultrahang hatására létrejövő pillanatnyi hőmérséklet elérheti a fémek olvadási hőmérsékletét. A kötés övezete azonban ennél jóval alacsonyabb hőmérsékletű (pld. alumíniumnál ~ 300...350oC). E kedvező hatás miatt a hegesztéstechnológia igen kis mértékű deformációt okoz.

Az ultrahanghegesztést nem gátolja a felületi oxidhártya, kisebb mértékű szennyeződés, ezért a munkadarabokat nem kell előzetesen tisztítani. A varrat helyén a benyomódás, a felszíni deformáció igen csekély. Az eljárással különböző vastagságú anyagok hegeszthetők, sőt különböző fémek (pld. alumínium más fémmel) is kötésbe vihetők.

#### *Alkalmazási területei:*

Élelmiszer csomagolás, konzerv ipari anyagok hegesztése. Miniatűr számítástechnikai, elektronikai és finommechanikai alkatrészek hegesztése. Az ultrahang-hegesztés alkalmas folyadék-, gáz- és vákuumzárú varratok előállítására

#### *Vonatkozó szabványok:*

MSZ 4305:1988;

MSZ ISO 4063:1992

MSZ EN 288-1-4:1993;

MSZ 4300-1:1984;

MSZ ISO 857:1992;

MSZ 4300-3:1984;

#### *Munkavédelmi előírások:*

31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### ***Irodalom:***

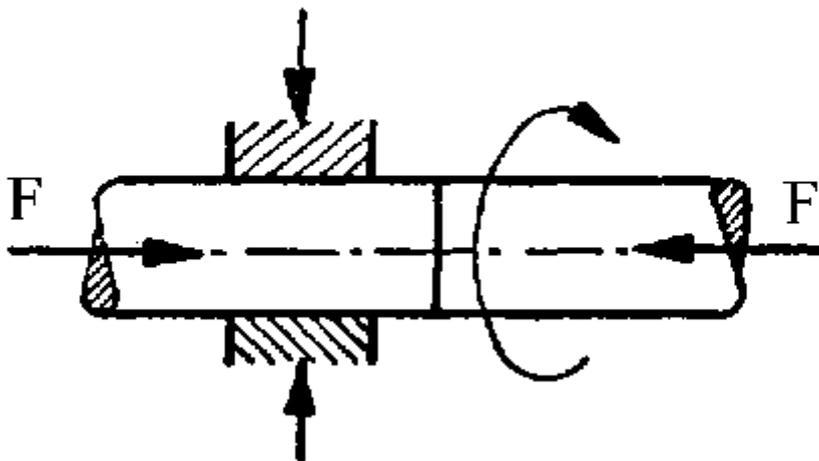
Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő : Baránszky - Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **42. Dörzshegesztés**

A dörzshegesztés a meleg sajtolóhegesztések csoportjába tartozik. Felhasználás szerint megkülönböztetünk *kötő és felrakó dörzshegesztést*.

A dörzshegesztés során a két összehegesztendő darabot összenyomva, egymáshoz képest elmozdítjuk. A súrlódás által keletkezett hőmennyiség a darabot felmelegíti, és az egyidejű erő-és hőhatás következtében az atomok között kohéziós kapcsolat jön létre.

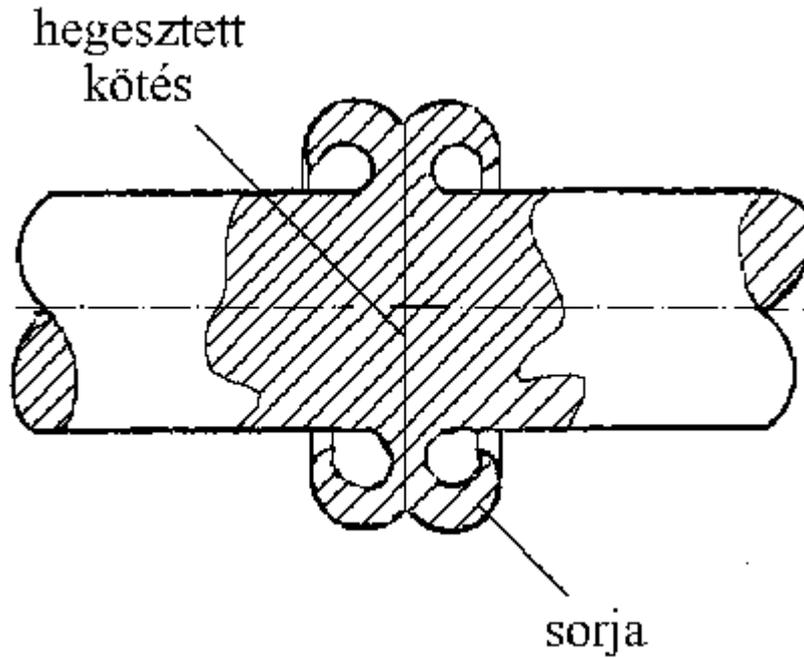
A dörzshegesztés legegyszerűbb megvalósítási módja az 1. ábrán látható.



**1. ábra. A dörzshegesztés elve**

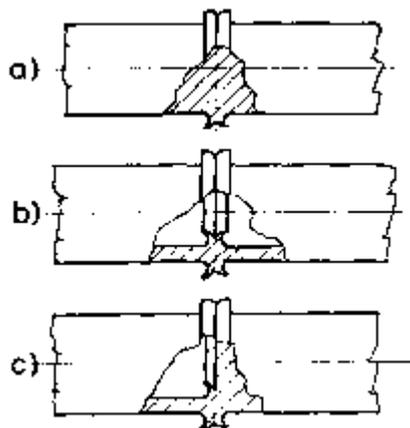
A munkadarabok közül az egyiket a dörzshegesztő gép tokmányába fogjuk, amellyel a darabot hossz tengelye körül forgásba hozzuk. A szokásos fordulatszám tartománya a darab méreteitől függően  $3\div 120$  1/s. A másik felet egy szánra felerősített pófába fogjuk, és a forgó darab felé közelítjük. A két felet a hegesztés első szakaszában, az előmelegítő erővel összenyomjuk, amely  $10\div 150$  MPa nyomásnak felel meg. Amikor a hegesztéshez szükséges feltételek kialakultak - ez kb.  $1\div 150$  s ideig tart - a tokmány forgását lefékezzük, és a két felet az előmelegítő erőnél nagyobb erővel összenyomjuk. A zömítő nyomás  $20\div 600$  MPa feszültséget alakít ki a darabok érintkezési felületén. A darabok megszilárdulása után a nyomóerőt megszüntetjük, a hegesztés befejeződött, a tokmány pófái önműködően kinyílnak. A dörzshegesztéssel összehegesztett darabokon egy gallérszerű képződmény alakul ki, amelyben a szennyeződések feldúsulnak. Ezáltal a hegesztett kötés mentesül a szennyeződésektől.

A 2. ábrán egy dörzshegesztéssel készített rúd metszete látható.



2. ábra. Dörzshegesztéssel készített kötés hosszmetzete

Dörzshegesztéssel körkeresztmetű tömör és üreges darabok hegeszthetők össze. A 3. ábrán erre látható néhány példa.



3. ábra. Dörzshegesztéssel kialakítható kötésekre néhány példa:

## **a) rúd rúdhoz b) cső csőhöz c) cső rúdhoz**

A dörzshegesztő eljárás korszerűbb változata a lendkerekes dörzshegesztés. Ez a módszer megszünteti a folyamatos dörzshegesztés nagy hálózati áramfelvételét, mivel egy lendítőkerékben halmozza fel a hegesztéshez szükséges energiát, valamint megbízható és hatékony fékrendszerrel van ellátva.

### ***Alkalmazási területei***

Dörzshegesztéssel az anyagok széles skálája összehegeszthető. Ötvözött és ötvözetlen acélok, hoálló acélok; réz, alumínium és ezek ötvözetei. Ezzel a technológiával különböző fémek is párosíthatók, például alumínium: rézzel, vagy nikkellel, vagy titánnal. Továbbá acél alumíniummal, acél rézzel stb. A technológia alkalmazásának feltétele, hogy a összehegesztendő darabok egyikének forgásszimmetrikusnak kell lennie. A berendezés ára viszonylag nagy, csak nagyobb darabszámú gyártás esetében gazdaságos.

### ***Munkavédelmi előírások***

**31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat**

### ***Irodalom***

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **7. Egyéb hegesztési eljárások**

A ma már hagyományosnak számító hegesztési eljárások mellett számos olyan hegesztési technológia is kialakult, amelyek a hegeszthető anyagok sokféleségét, méretét és technológiáját kibővítették. Ezek az eljárások a hegesztett kötések tervezésének átgondolását és újra értékelését vonták maguk után.

### **71. Aluminotermikus hegesztés ( termithegesztés )**

Először tekintsük át az aluminotermia lényegét. Az alumíniumnak az oxigénhez való affinitása nagyobb, mint a legtöbb egyéb fémé, ezért finoman elosztott állapotú alumínium a fémek oxidjait redukálni képes. A redukálás mindig exotermikus jellegű. Ha acélt kell fémtermikus úton megolvasztani, akkor az a leggazdaságosabb, ha alumíniumot használunk redukáló fémként (  $Fe_2O_3 + 2 Al = 2 Fe + Al_2O_3 + ho$  ). Ezt nevezzük aluminotermikus ( AT ) reakciónak. Az AT-hegesztési eljárásokat az AT-reakció közben keletkező termékek hasznosítása szerint két fő csoportra oszthatjuk:

1. A hegesztési hőmérsékletet kizárólag a reakció hője adja ( AT - sajtolóhegesztés, AT - tokoshegesztés );

2. A hegesztési varratot a reakció hője és a folyékony AT-acél alakítja ki ( AT - közbeöntőhegesztés ).

#### ***AT - sajtolóhegesztés:***

A hegesztendő munkadarabokat befogószerkezet és hegesztőforma szorítja össze. Az illesztési felületnek tisztának és párhuzamos síkúaknak kell lenniük, hogy az AT-acél és a salak ne tudjon a varratkeresztmetszetbe bejutni. A hegesztőport egy kiöntőtégelyben hozzuk reakcióba. A reakció után a tégely tartalmát a hegesztőformába kell önteni. Először a kb. 2060 °C-os salak folyik a formába, amely az illesztés helyén megszilárdul és megóvja a munkadarabot a megolvadó acéltól. Mihelyst a munkadarab hőmérséklete elérte a hegesztés hőmérsékletét, akkor a szorítóerő összesajtolja a darabokat egymáshoz. A lehűlt illesztési helyen ferrit ( mesterséges szemcsehatár ) válik ki, amely a darabok szénttartalmának függvénye. 0,4 % szénttartalom alatt ferrit lemezt kell a hegesztendő darabok közé behelyezni.

#### ***Felhasználási területe:***

Csövek hegesztése.

#### ***AT - tokoshegesztés:***

A hegesztéshez tokoshüvelyt használnak, amely a kémiai reakcióhoz szükséges alumínium és Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tartalmú vasoxid keverékkel van megtöltve. Ez a hüvely egy védő acéllemez hüvellyel van elválasztva a hegesztendő daraboktól, hogy a reakció hordozóanyagai ne érintkezessenek a munkadarabbal. A reakciót elindítva a kelet-kezett hő felmelegíti és megolvasztja a hegesztendő darabokat. Az ekkor működtetett szorítóerő a darabokat egymásnak szorítja, és ezzel a hegesztés befejeződött.

#### ***Felhasználási területe:***

Elterjedt eljárás a villamosiparban az alumínium szabadvezetékek és a gyűjtősínek hegesztése területén.

#### ***AT - közbeöntőhegesztés:***

Ennél az eljárásnál a munkadarabokat hézaggal kell egymás mellé helyezni a hegesztőformában. A kiöntőtégely helyett itt alul megcsapolható tégelyt kell használni, hogy a folyékony acélt lehessen először a formába önteni. Az öntőforma lehet alsó- vagy felső beöntésű forma. A közbeöntőhegesztés során az AT-acél részt vesz a hegesztési varrat kialakításában, ezért összetételének közel azonosnak kell lennie az alapanyag összetételével. Amennyiben ez nem teljesül, úgy a későbbi igénybevételek során a hegesztés helyén bemélyedések, kopások lehetnek.

#### ***Felhasználási terület:***

Az AT-hegesztések között ez a legelterjedtebb módszer ( ~90 % ). Fő alkalmazási területe a vasútvonalak síneinek helyszíni hegesztése. A sínek hegesztésekor az összehegesztendő sínvégeket 900 °C-ra előmelegítik.

#### ***A hegesztések idevonatkozó szabványai:***

MSZ 4305:1988;

MSZ ISO 857:1992;

MSZ 4308-1 :1982;

MSZ ISO 4063:1992;

MSZ 4362:1989;

MSZ 4300-1:1984;

MSZ EN 287-1:1992;

MSZ 4300-3:1984;

MSZ EN 288 1-4:1993;

MSZ 4367-1:1994;

MSZ EN 729 1-4:1995;

MSZ EN 27963:1995;

MSZ 6447:1989;

### *Munkavédelmi előírások:*

31/1994. (XI. 10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

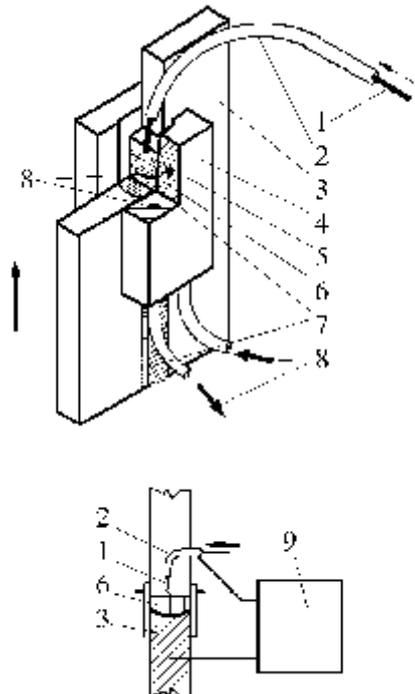
### *Irodalom:*

Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő : Baránszky - Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **72. Villamos salakhegesztés**

A salakhegesztést olyan üzemi gyártási körülmények között érdemes alkalmazni, ahol a nagyméretű munkadarabokat méretük vagy öntéstechnikai okok miatt több darabban állítják elő, majd a munkadarabokat összehegesztik egymással.

A salakhegesztés ömlesztő ellenállás hegesztési eljárás. A hegesztés függőleges vagy azzal igen kis szöget bezáró helyzetben történik, alulról felfelé. Az eljárás elrendezési vázlata az 1. ábrán látható. A huzalelektroda megolvasztásához szükséges hő mennyiséget a megömlött fém felett elhelyezkedő olvadt salakfürdon átfolyó áram Joule-hoje biztosítja. A fém és salakfürdő az összehegesztendő lemez és hűtőgyám közötti térben helyezkedik el.



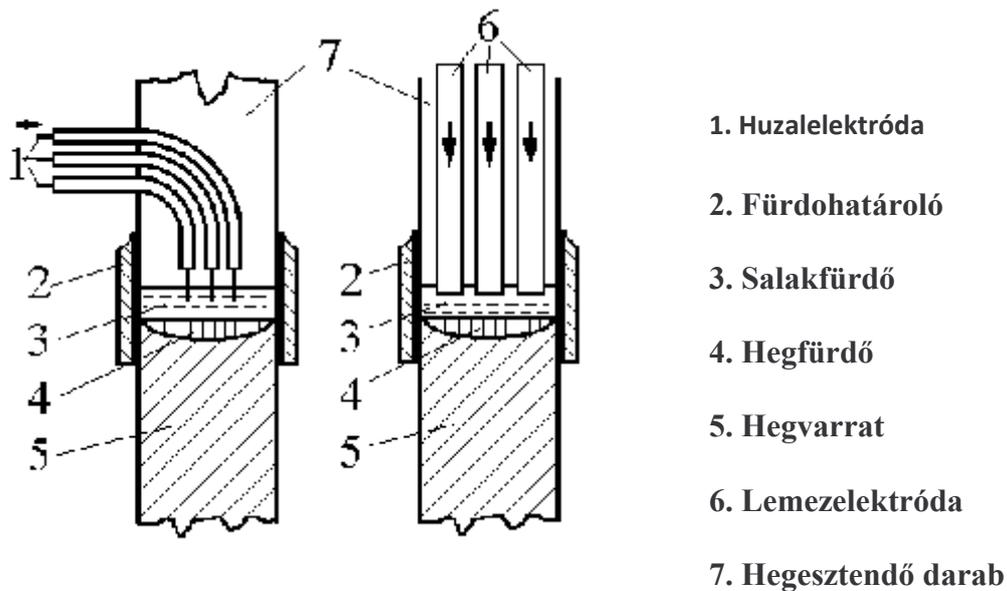
1. huzalelektróda
2. vezetocso
3. munkadarab
4. hutogyám
5. salakfürdo
6. fémfürdo
7. gyámhutés
8. hutovíz be-és elvezetés
9. áramforrás

1. ábra.

### Villamos salakhegesztés elvi vázlata

A hegesztés megkezdése és befejezése a ténylegesen összehegesztendő lemez előtt ill. után van. A kezdő és végrészeket a hegesztés befejezése után eltávolítjuk. A hegesztési folyamat folyamatos fenntartásához biztosítani kell a huzalelektróda utánpótlását - ezt az előtoló motor és a görgő végzi - valamint a salakfürdő frissítését, amely salakképző por adagolásával történik.

A salakhegesztési eljárással gazdaságosan 20 mm-es lemezvastagságtól akár 1000 mm vastagságig lehet egy lépésben kötést létrehozni. A lemezvastagságtól függően kettő, vagy több elektródával is elvégezhető a hegesztés. Ennek megoldása a 2. ábrán látható.



2. ábra.

### A salakhegesztés változatai

A hegesztésre jellemző adat a hegesztési felszültség, mely 30...48 V, az áramerősség egy huzalelektrodára vonatkoztatva 400...600 A, az illesztési hézag nagysága - ez a lemezvastagságtól függően 25...40 mm - valamint az elektróda áram hozzávezetésének és a salakfürdő szintje közötti távolság. Ez utóbbit huzalkinyúlásnak nevezzük.

A hegesztéshez alkalmazható huzal általában 3 mm-es többnyire a fedettívű eljárásnál alkalmazottakkal azonos minőségű és összetételű. Bizonyos esetekben az elektróda lehet 2,4...3,2 mm-es porbélésű huzal is.

A huzal és az alapanyag megolvasztását biztosító salakhegesztő por különleges a hegesztés hőmérsékletén meghatározott vezetőképességű, viszkozitású és sűrűségű.

Vegyi összetételére nézve rutil-bázikus, illetve bázikus jellegű. A fedettívű hegesztéshez használható hegesztőpor jelen technológiához nem alkalmas.

#### ***Felhasználási terület:***

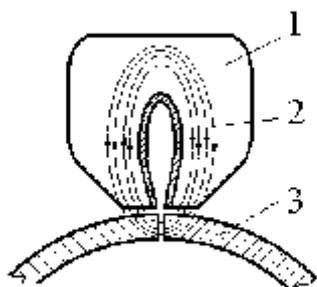
Tartályok, nyomástartó edények, gépállványok, acélszerkezetek, hidak vastagfalú szerkezeti elemeinek hegesztésére. A technológia alkalmas körvarratok készítésére olyan formában, hogy az olvadt fém és a salakfürdő függőleges helyzetű legyen.

Az eljárás alkalmas nagyméretű letört alkatrészek hegesztéssel való pótlására. Alkalmas továbbá felrakóhegesztésre is.

**Szabványok : lásd Egyéb hegesztési technológiák szabványainál !**

## 74. Indukciós hegesztés

Az indukciós hegesztés során az összehegesztendő élek felett elhelyezett vonalinduktor segítségével létrehozott mágneses mező örvényáramokat kelt az anyagban, amelyek az élek mentén záródnak. A felület közelében sűrűsödő áramvonalak a lemezéleket 0,5-1,5 mm szélességben felhevítik az anyag olvadáspontjához közeli hőmérsékletig. A felhevített élek zömítésével (összenyomásával) jön létre a hegesztett kötés. A technológia elve az 1. ábrán látható.



1. Induktor

2. Örvényáram vonala

3. Munkadarab

1. ábra. Indukciós hegesztés

A munkadarab éleit nem kell sem pácolni, sem homokkal fúvatni. A darab éleinek nem kell fém tisztának lenniük. Követelmény, hogy az éleken ne legyenek nagyobb egyenlőtlenések, hogy az induktor és a cső között állandó, de kis légrést lehessen tartani. Nagyon nagy légrés a hegesztés határfokát rontja. A hegesztőinduktor frekvenciája 2...10 kHz, teljesítménye 500...1000 kVA értékeket is elérhet. A villamos berendezés hatásfoka 70...75 % körül van, de ez az érték a frekvencia növelésével csökken. Nagy hegesztési sebességnél két hegesztőinduktort alkalmaznak. Az elérhető legnagyobb hegesztési sebesség a falvastagságtól erőteljesen függ, de kedvező esetben ez elérheti a 60 m/perc-es értéket is. A felhevített élek nem ömlenek meg, így az eljárás csak ötvöztelen, kis széntartalmú, esetleg kissé ötvözött acélok hegesztésére alkalmas.

### *Alkalmazási területei:*

Elsősorban csövek készítésére alkalmas hegesztési eljárás.

**Szabványok: lásd Egyéb hegesztési eljárásoknál !**

## 75. Fénysugaras hegesztés

Az emberiség régi álma olyan technológia, megmunkálási eljárás kifejlesztése, amely során a megmunkáló szerszám és a munkadarab között mechanikai érintkezés nincs. Ilyen lehetséges szerszám a fénysugár. A fénysugaras megmunkálás tágabb értelmezését Archimédész már megvalósította a szirakuzai csatában - az ókori legenda szerint -, amikor az ellenséges hajókat, tükrök segítségével összefókuszált napsugarakkal gyújtotta fel.

A természetes fénysugárral ( napsugár ) történő hegesztés nem terjedt el, mivel a hegesztéshez szükséges energiaforrás eléggé időjárás függő. Ettől függetlenül világszerte néhány napkóhó kísérleti és üzemi céllal működik.

Ipari hasznosításra a természetes fénysugarak helyett a mesterséges fénysugarak használhatók fel. Ezek az ívfénylábák, gázkisüléses lámpák, halogén izzólábák által szolgáltatott nagy erősségű, fókuszált fénysugarak, amelyek alkalmasak vékonyabb ( < 2...5 mm ) anyagok hegesztésére. A fénysugár előnye, hogy mindenféle közvetítő eszköz nélkül lehet nagyobb távolságokra eljuttatni a fénysugár energiáját. Ahhoz, hogy a céltárgyhoz eljuttatott energiával hegeszteni lehessen szükséges az energia elnyelődése a hegesztendő darabokban. Mivel az anyagok sugárzást elnyelő képessége frekvencia és hőmérséklet függő, ezért fontos a megfelelő fényforrás kiválasztása az anyagokhoz. A hegeszhető anyagok sokfélék lehetnek, sőt bizonyos feltételek mellett az összehegesztendő anyagok is különbözőek lehetnek.



1. ábra.

### Fénysugár fókuszálása a munkadarab felületére

Az eljárás különleges feltételek esetén is alkalmazható pld. üvegen keresztül való hegesztésre. A leggyakrabban használatos fényforrás a Xenon hegesztősugárzó. A napsugárzás is alkalmas hegesztésre, erre azonban bonyolult berendezés szükséges.

#### *Alkalmazási területei:*

Vékony lemezek, fóliák hegesztésére alkalmas. A hegesztett kötés mechanikai tulajdonságai azonosak az alapanyagéval. Az eljárás alkalmas nem fémek anyagok hegesztésére is, mint pld: üveg, műanyag, kerámia.

**Szabványok : lásd Egyéb hegesztési eljárásoknál !**

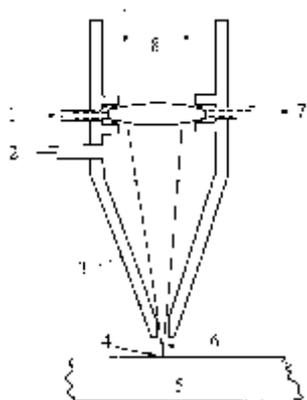
## 751. Lézersugaras hegesztés

A lézer ( laser - **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** ) előállítása során a szükséges fényerősítés a sugárzás indukált emissziójával jön létre. Ennek elérése érdekében a lézersugárzást kibocsátó aktív anyagot meghatározott módon gerjeszteni kell. A kényszerített emissziós folyamat alapján a sugárzás olyan tulajdonságait lehet elérni, amely normál fényvel nem valósítható meg. Ilyen a lézersugár monokromatikus-sága, a kis divergenciája, a mind az idő- mind az térbeli koherenciája, a jó fókuszálhatósága. Az utóbbi miatt jelentős energiasűrűség érhető el.

Az aktív anyag halmazállapota alapján megkülönböztethetünk szilárdtest -, folyadék - és gázlézereket. Különleges megoldásnak számít a félvezetőlézerek kialakítása. Gépészeti anyagmegmunkálásra a szilárdtest lézerek közül az Nd:YAG-ot, míg a gázlézerek közül a CO<sub>2</sub> lézersugarat használják. A félvezető - és a He-Ne gázlézereknek mérés-technikai felhasználása jelentős. Bár a dióda vagy félvezető lézerek fejlesztésével az anyagmegmunkálási lehetőségeik is bővülnek.

### *Felhasználási terület*

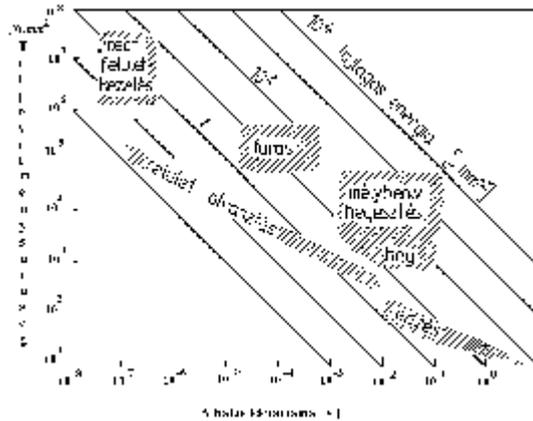
A lézersugaras hegesztés egy olyan speciális ömlesztő hegesztési eljárás, amelynél a lézersugár optikai úton - tükör, lencse, száloptika - vezetjük a hegesztendő munkadarab felületére, ahol a sugár elnyelődése hozza létre a hegesztéshez szükséges hőmennyiséget. Így az eljárásnál nincs semmiféle mechanikus ill. villamos érintkezés a munkadarab és a lézersugár között. Az elnyelődés mértékét kedvezően befolyásolja a növelt teljesítménysűrűség, amelyet a lézersugár fókuszálásával lehet elérni ( 1. ábra ). A teljesítménysűrűség és a hatás időtartalma alapján lehet a lézeres megmunkálásokat csoportosítani ( 2. ábra ).



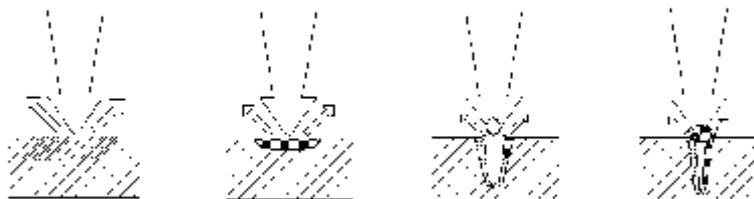
1. Hűtővíz bemenete
2. Védőgáz bemenete
3. Fúvóka
4. Fókuszál/defókuszált sugár
5. Hegesztendő munkadarab
6. Védőgázsugár
7. Hűtővíz kimenete
8. Lézersugár

**1. ábra. Lézersugár fókuszálását biztosító fej**

A lézersugár teljesítménysűrűségétől függően a munkadarab felületén a 3. ábrán látható hatások játszódnak le. Jó minőségű, gyors és mély beolvadású hegesztés csak plazma képződés létrejöttékor érhető el. Ekkor a keletkezett "csatornán" ( keyhole ) keresztül a hőenergia behatol az anyag belsejébe.



2. ábra. A lézersugaras anyagmegmunkálások csoportosítása



10<sup>3</sup> W/cm<sup>2</sup>

10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> W/cm<sup>2</sup>

10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup>

10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> W/cm<sup>2</sup>

Reflexió

Abszorpció és  
reflexió

Abszorpció, instabil plazma  
képződés

Stabil plazma képződés

3. ábra. A lézersugár és a munkadarab kölcsönhatása

Mély behatolású hegesztés 10<sup>6</sup> - 10<sup>8</sup> W/cm<sup>2</sup> energiasűrűségű lézersugár esetében jön létre, mert a keletkezett plazmagőz képes a sugárzás közel teljes energiáját elnyelni.

Plazmaképződés szempontjából a védőgáznak fontos szerepe van. Védőgázt minden lézersugaras hegesztésnél célszerű használni, mely a fűvőkán keresztül a hegesztőfejből a lézersugár tengelyével megegyezően lép ki.

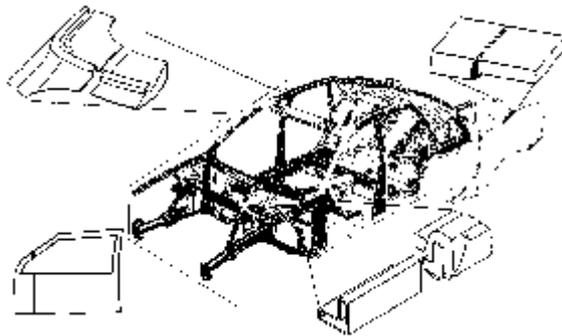
#### A védőgáz feladatai:

- – a hegfürdő oxidáció, ridegedés és porozitás elleni védelme,
- – a fókuszáló lencse védelme az esetleges fröcskölésektől.

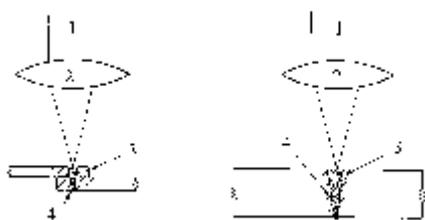
Nagy teljesítményű lézereknél He vagy Ar védogázt kell használni, mert ezek nehezen ionizálható gázok, így másodlagos plazma állapot nem keletkezik. Ezekhez 1:10 arányban oxigént hozzáadva a hőelnyelődést lehet fokozni. Az elérhető hegesztési mélység : szélesség arány elérheti a 8...15-ös értéket is.

**A lézersugaras hegesztés legnagyobb felhasználási területét, világviszonylatban a gép- és járműgyártás teszi ki:**

- – karosszériaelemek hegesztése, ( 4. ábra AUDI gyár ismertetője alapján )
- – motorok szelepvilágok hegesztése,
- – fogaskerék koszorúk, ékszíjtárcsák felhegesztése a tengelyre, mérettől függően 5...30 másodperces időtartam alatt,
- – galvanizált szalagok hegesztése,
- – azonos ill. különböző vastagságú ( tailored blank )lemezek hegesztése átlapolással ill. átlapolás nélkül ( 5. ábra ),
- – erősen ötvözött alkatrészek hegesztése,
- – vékonyfalú edények, lámpatestek hegesztése 1,5...2,0 m/perc sebességgel,



**4. ábra. Karosszériaelemek lézersugaras hegesztésének helyei**



1. Lézersugár
2. Fókuszáló ZnSe lencse
3. Hegesztési terület, zóna
4. Ho által érintett terület

**5. ábra. Átlapolós ill. átlapolás nélküli hegesztés**

**Egyéb felhasználási terület:**

- – nagy dilatációra képes anyagok hegesztése szabályozott hőbevitellel,
- – eltérő anyagú és szerkezetű munkadarabok hegesztése,
- – megközelíthetetlen illesztésű hegesztési varratok elkészítése,
- – hőre érzékeny anyagok hegesztése.

## Lézersugaras hegesztés előnyei:

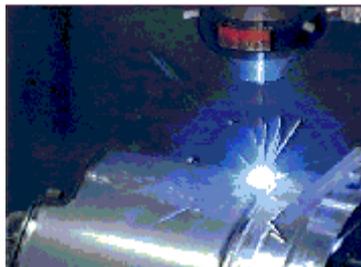
- – keskeny hohatás övezet,
- – csak kismértéku hőokozta deformációk,
- – hozaganyag nélkül is alkalmazható hegesztési eljárás,
- – nehezen hozzáférhető helyeken is alkalmazható,
- – jelentos mértékben eltérő alapanyagok is hegeszthetok,
- – eltéro olvadáspontú anyagok szabályozott hegesztése is megvalósítható,
- – könnyen automatizálható,
- – egyazon berendezéssel majdnem minden anyag hegeszthető,

A teljes energia bevitelen keresztül a lézeres hegesztés könnyen vezérelhető. A hegesztés minőségbiztosítási rendszeréhez a túlhevítés hatására kialakult anyagplazmát lehet felhasználni. Erre számos, a gyakorlatban már működő rendszer létezik.

### *Előkészítő műveletek*

A lézersugaras hegesztést megelőző előkészítő műveletek közül az első lépés a tisztítás. Ez a felületen lévő nedvesség, zsír, más szerves anyag jelenti. Ezek jelenléte a lézersugár elnyelődését igaz, hogy növelik, de ezáltal helyi szabályozatlan hőbevitel jön létre hegesztési hibát okozva, ill. a hegesztési fröcskölés mértékét is növelik. Ezáltal a berendezés szabályos üzemét zavarja. Élkiképzés nem szükséges, mert egymás mellé helyezett darabokat hozaganyag nélkül is lehet hegeszteni. A hozaganyag csak a varrat felszíni kialakítására ( homorú, domború, sík ) van hatással.

Lézersugaras hegesztést szemléltet az 6. ábra. A kékes fény mutatja, hogy a hegesztendő munkadarab anyaga túlhevítés hatására kedvező állapotú plazmát hozott létre.

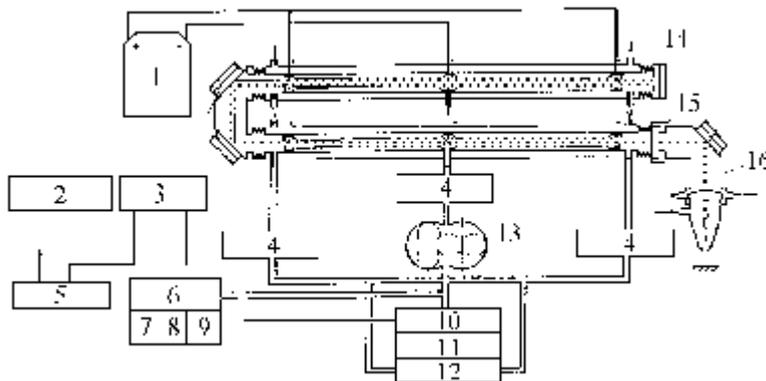


**6. ábra. Lézersugaras hegesztés**

### *Berendezés*

A lézersugaras hegesztés nagy hátránya a berendezés beruházási költsége. A használt berendezés is több tíz millió forint. Az új berendezés ennek többszöröse.

Egy CO<sub>2</sub> lézersugár előállítására alkalmas berendezés elvi vázlatát mutatja a 7. ábra.



1. Áramellátás
2. Kisülésdiagnosztika
3. Vezérlés
4. Hőcserélő
5. Hűtőagregát
6. Gázellátás (frissítés)
7. Hélium tartály
8. Nitrogén tartály
9. Széndioxid tartály
10. Vákuumszivattyú
11. Gázanalizálás

1. Gázregenerálás

13. Root-fűvő

1. Teljesen visszavero tükör
2. Részben áteresztő nyitó tükör

16. Megmunkálófej

### 7. ábra. CO<sub>2</sub> lézerberendezés elvi felépítése

A különböző műveletek összehangolását a vezérlő rendszer végzi el, amely összekapcsolható a munkadarabmozgató CNC vezérléssel. A CNC vezérlés teszi lehetővé, hogy tetszőleges geometriájú hegesztési vonalat hozzunk létre.

#### ***Munka- és balesetvédelem***

Az ipari lézerberendezés veszélyt jelenthet a berendezést kezelő vagy közelében tartózkodó emberre, mert:

- a lézersugarat előállító berendezés és kiegészítő egységeinek áramellátása 380 V,
- a gerjesztő kör feszültsége 20 - 30 kV,
- a lézergázokat túlnyomó többségében gázpalack(ok)ban tárolják,

- a működő berendezés hangterhelése intenzív zajforrás,
- a lézersugár közvetlenül, vagy a munkadarab felületéről visszaverődve elérheti az emberi test egyes részeit.

## ***Lézersugár hatása a szemre***

Ha a lézersugár hullámhossza a látható fénysugár hullámhosszának tartományába esik, a sugár a szaru- és szivárványhártyán, a szemlencsén és az üvegtesten át juthat a retinára. Az áthatoló, bizonyos mértékig szétszóródó sugarakat a szemlencse fókuszálja. Ez mintegy  $5 \times 10^5$  energiasűrűség növekedést is jelenthet. A megnövekedett energiasűrűség már kis belépő fényintenzitás esetében is veszélyes lehet a retinára. A lézersugár így a retinán gyógyíthatatlan károsodást okozhat.

Az ipari lézerberendezéseknek hullámhossza (1...11 m) távol esik a látható fénysugár hullámhosszától. Ebben a tartományban a szem áteresztőképessége már kicsi, így az energia nagy része nem jut el a retinára, hanem az energia nagy részét a szaruhártya és környezete nyeli el. Ennek következtében gyulladás vagy hályog keletkezhet. A sugárzás hullámhosszát legjobban megsűrű védőszemüveg használata kötelező, de ennek használatával sem szabad a sugárba belenézni!

## ***Lézersugár hatása a bőrfelületre***

A lézersugár egy része az emberi bőrfelületről visszaverődik, másik része behatolva a bőrbe, ott szétszóródik. A reflexió a bőr optikai tulajdonságaitól, a lézer hullámhosszától, a bőrben lévő anyagok fajtájától és mennyiségétől (melamin, melanoid, carotin, oxidhemoglobin) függ. A visszaverődés tág határok között változhat (10...40 %). A bőr abszorpciós tényezője függ a bőr színétől és természetesen a lézer hullámhosszától ugyanúgy, mint fémek esetében. A lézersugár már közel a felülethez elnyelődik és így az energiáját már ott leadja. A bőr égési sérülést szenved. Néhány W/cm<sup>2</sup> teljesítmény-sűrűségnél a bőr károsodik, 12 W/cm<sup>2</sup> teljesítménysűrűségu lézersugár esetében a sejt elég, 20...200 W/cm<sup>2</sup> sűrűségnél a sejtek elgőzölgnek. A lézersugár okozta sebek viszonylag könnyen gyógyulnak. Vágásnál, darabolásnál a kiáramló gázsugár vágóhatása azonban a sérüléseket fokozhatja.

A megengedhető intenzitási határértékeket szabványok adják meg. CO<sub>2</sub> lézersugárnál a szemre 1 W/m<sup>2</sup> és a bőrre 1 kW/m<sup>2</sup> sugárintenzitás engedhető meg. Ezek a határértékek általában az egy tizedrészük azoknak a sugárterheléseknek, amelyeknél már 50 %-os valószínűséggel károsodás következik be. Nem látható sugárzásnál az előírások némi engedményt tehetnek, mivel ezeket a sugarakat a szemlencse nem gyűjti össze a retinán. A lézersugaras anyagmegmunkáláskor alkalmazott védőgázok mennyisége hosszabb ideig tartó hegesztéskor már jelentős mértékű légszennyezést okoz. A keletkezett plazmaállapot tovább rontja a levegő minőségét, így a lézersugaras hegesztés környezetének légcseréjét meg kell oldani. További védelmi intézkedés, hogy a megmunkálás helyét a terem vagy helyiség többi részétől le kell választani a reflektált sugárzás szemet- és bőrt károsító hatása miatt. További feltétel, hogy a berendezés környékén egyedül nem lehet dolgozni, mert vészhelyzet vagy sérülés esetén a berendezést a kezelő személy nem biztos, hogy ki tudja kapcsolni.

## ***Munkavédelmi előírások***

31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### ***Rendeletek***

A levegő tisztaságának védelme : 21/1986 ( VI.2. ) MT rendelet.

A rendelet végrehajtásáról a 4/1986 ( VI. 2. ) OKTH államtitkári rendelkezés szól.

### ***Vonatkozó szabványok***

**MSZ EN 729-2:1995**

**MSZ EN 729-1:1995**

**MSZ EN 729-4:1995**

**MSZ EN 729-3: 1995**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ 4367-1:1994**

**MSZ 4364-2:1994**

**MSZ 4308-1:1982**

## **76. Elektronsugaras hegesztés**

Az elektronsugaras technológia elnevezés összefoglaló neve olyan eljárásoknak, technológia jellegű módszereknek, amelyekben eszközként elektronsugarat, nagy intenzitású és jól fókuszált elektronnalábót alkalmaznak. Bár az elektronsugár technológiai felhasználásának gondolata meglehetősen régi, csak jóval a II. világháburú utáni években készültek el az első iparilag is használható gépek.

Az elektronsugár-gerjesztők ( elektronágyú ) a röntgensövek elve alapján dolgoznak. Amíg azonban a röntgensövektől az erőteljes hőszugárzást intenzív hűtéssel el kell vezetni, addig hegesztésnél a keletkezett hőt kell felhasználni az anyag megömlesztésére.

Elektronsugaras hegesztési eljárásnál helyi melegetítés jön létre. Az elektronágyúból kilépő sugarat a mágneses lencsével a munkadarab felületére fókuszálják. A jó fókuszálhatósága miatt az elérhető teljesítménysűrűség nagyságrendekkel meghaladja a hagyományos ömlesztő hegesztési eljárásoknál elérhető értékeket. Emiatt a hegesztési varrat kedvező arányú mélység - szélesség viszonya érhető el. A varrat szélessége néhány tizedmilliméteres, míg mélysége a tizedmilliméteres értéktől a 30...40 mm-es terjedő értéket érhet el.

### ***Felhasználási terület***

Ellentétben más sugárzásos megmunkálási eljárással ( pl. lézer ) az elektronsugárzás túlnyomó többsége behatol a munkadarabba, ahol elnyelődik és a kinetikus energia hová alakul át. Az átlagos behatolási mélység függvénye a gyorsítófeszültségnek, az anyag

sűrűségének, tömegszámának, rendszámának. Vas esetében pl. 140 kV gyorsítófeszültségnél a behatolási mélység mindössze 60 m, tehát az elektronsugár egy igen intenzív felületi hőforrás. A mélyre történő behatolás a kulcslyuk ( keyhole ) módszerrel történik. Ennek magyarázata, hogy a megömlött anyag tölcserként képez az elgőzöltetett anyagrész reaktív erejének hatására. Így a tölcser aljára is be tud hatolni az elektronsugár. A hevítés sebessége jóval magasabb, mint a környezeti hőelvezetés értéke, ezért jöhet létre hőmegmunkálás.

A létrejött varrat elektrokémiai tulajdonsága kedvező, mert a hozaganyag nélküli hegesztés során csak az alapanyagok összetevői keverednek egymással. Ezért az elektrokémiai-potenciál különbségből adódó korrózió veszélye kisebb, korróziós veszély csak a szövetszerkezeti különbségekből adódik.

A hegesztés során megömlött anyagrész kicsi, így a hődeformáció okozta torzulások jelentéktelenek. Ettől függetlenül a hegesztendő munkadarabok egymáshoz ill. a berendezéshez való rögzítését meg kell valósítani az elektronsugár kis mérete miatt.

Elektronsugaras hegesztés jól alkalmazható repedés érzékeny anyagoknál, nagy széntartalmú acéloknál, reaktív fémeknél, eltérő minőségű anyagpárosításoknál, eltérő vastagságú daraboknál, vákuum és nyomástartó szerkezeteknél, precíziós szerkezeteknél. Az elektronsugaras hegesztés további előnye, hogy a hevítés során az elektron nem szennyezi az anyagot. A vákuumtér miatt nincs szükség védőgázra, már csak azért sem, mert a vákuumot általában argon gázzal töltött kamrában állítják elő. Az elektronsugár jó szabályozhatósága és vezérelhetősége miatt a munkafolyamat automatizálása könnyen megvalósítható.

Elektronsugárral hegesztett varratok minőségi jellemzőit befolyásolja, hogy vákuumkörnyezetben dolgozik. Kutatások kimutatták, hogy a szilárd alapanyagban oldott vagy diffundált gázok mennyisége is csökken. Ennek előnyei:

– Acélok elektronsugaras varratai feszültségkorrózió, melegrepedékenysége és a hidrogén okozta ridegtörés szempontjából kedvezőbbek, mint a védőgázos ívhegesztéssel előállított hegesztési kötések.

Az I. táblázat átfogó képet ad az eltérő minőségű fémek elektronsugaras hegeszthetőségére [1].

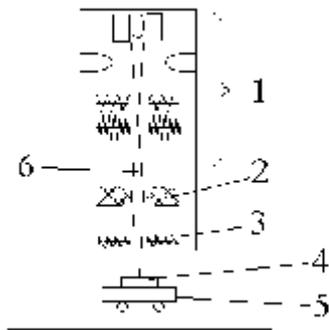
## 1. táblázat

### Anyagok hegeszthetősége elektronsugárral

Al	F						
Au	H	O					
Be	F	H	O				
Co	F	O	H	O			
Cr	F	O	F	F	F		
Cu	H	O	H	F	H	F	
Fe	O	O	H	O	H	H	F
Ir	H		H		H	F	H



A berendezés alapfelépítése igen egyszerű, mert szükség van egy izzó katódra, egy anódra és a fókuszáló rendszerre. Az izzó volframkatódról kilépő elektronok az anód felé vándorolnak a negatív töltésük miatt. A katód és anód közötti gyorsító feszültség feladata az elektronok gyorsítása. A gyorsított elektronok fókuszálását egy elektromágneses tér biztosítja, ezáltal megnövelhető a sugár energiasűrűsége ( 1. ábra ). Az egész folyamat vákuumtérben játszódik le. Ez rögtön korlátozza is a megmunkálható munkadarabok méretét, mert a darabokat is be kell helyezni a 10<sup>-2</sup>...10<sup>-3</sup> Pa nyomású vákuum térbe.



1. Elektronágyú
2. Fókuszáló mágneslencse
3. Sugáreltérítő tekercsek
4. Hegesztendő munkadarab
5. Munkadarab beállítóasztal
6. Elektronsugár

### 1. ábra. Elektronsugaras berendezés felépítése

A sugár előállításánál már említésre került, hogy a hegeszthető munkadarab méretét erősen korlátozza a vákuumkamra mérete. A fejlesztés iránya, hogy ezt az univerzálisan használható hegesztési módszert több nyomásfokozaton keresztül kihozzák kis- vagy normál nyomású, atmoszférikus környezetbe.

#### ***Munka- és balesetvédelem***

Meg kell jegyezni, hogy az elektronsugárnak a munkadarabbal való találkozásakor röntgensugárzás is keletkezik, amely az egészségre ártalmas. Ez a röntgenhatás a nagy gyorsítófeszültségeknél veszélyes is lehet. Ennek megelőzése érdekében az elektronsugaras berendezéseknél megfelelő sugárvédelemről kell gondoskodni. A kezelő személyzetet sugárzást mérő doziméterekkel kell ellátni, amelyeket az egészségügyi előírásoknak megfelelően ellenőrizni is kell. A doziméterek típusa és ellenőrzése megegyezik az egészségügyben használt röntgenberendezéseket kezelők típusával.

Az elektronsugaras berendezések üzemeltetési környezetében figyelmeztető táblákat ill. figyelmeztető fényjelzéseket kell elhelyezni.

#### ***Vonatkozó szabványok***

MSZ ISO 857:1992

MSZ ISO 4063:1992

MSZ 4300-1:1984

MSZ 4300-3: 1984

MSZ EN 719: 1995

MSZ 4305: 1988

MSZ 4308-1:1982

MSZ EN 729-1:1995

MSZ EN 729-2:1995

MSZ EN 729-3:1995

MSZ EN 729-4:1995

MSZ 4367-1: 1994

MSZ 4364-2: 1994

### *Munkavédelmi előírások*

31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Irodalom*

[1] Hegesztési kézikönyv. Főszerkesztő: Baránszky-Jób Imre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

## **78. Csaphegesztés**

Fémek ömlesztő hegesztése csak úgy jöhet létre, ha a hegesztendő darabokat valamilyen módon olvadás pontjuk fölé hevítjük és a hevítés után biztosítjuk az alapanyagok keveredési és szilárdulási lehetőségét. Hőbeviteli forrás lehet az elektromos áram által létrehozott ívkisülés és az ohmikus ellenálláson létrejövő Joule-féle hő. Egyéb más hőbeviteli megoldás is lehetséges, de csaphegesztéseknél a villamosenergiát használják fel.

Csaphegesztés alatt olyan hegesztési eljárást értünk, amely során kis méretű alkatrészeket, pl. csapokat, füleket, csapszegeket, csavarokat - 1...20 mm átmérőig - hegesztünk fel hozaganyag nélkül fém alapanyagra rövid idő alatt. Ezáltal termelékeny és gazdaságos hegesztési eljárás jön létre.

Az iparban két különböző csaphegesztési módszer terjedt el, ezek rövid leírását a 781. és a 782. fejezetben olvashatjuk

### **781. Ív-csaphegesztés**

Ez a hegesztési módszer egyenáramú ívhegesztési módszer. Mivel nincs semmiféle hozaganyag ( pl. bevont elektróda ), amely a villamosívkisülésnél létrejövő hegesztési kötést az oxidációtól megvédené, ezért a védelem miatt védőgázt alkalmaznak. Így az ív-csaphegesztés műszaki szempontból az AWI- és az AFI-eljárások között helyezkedik el.

### *Felhasználási terület*

Az alkalmazott védőgáz lehet argon és hélium. CO<sub>2</sub> védőgáz oxidáló atmoszférát biztosít, amely a hegesztési hegfürdő dezoxidálását teszi szükségessé. Az eljárást az erősen ötvözött acélból - pl. mangán, szilícium - és a nemvasfémből készült csapok felhegesztésére használják fokozott mértékben. A felhasználási területe a hajó-, a vagon-, a kazán-, a hídépítő- és a reaktor ipar, ahol rövid idő alatt nagyszámú, de kisméretű alkatrészeket kell felhegeszteni a szerkezetekre. Hegesztési irányértékeket mutat az I. táblázat ( üresjáratú feszültség 50 V ).

Csapátmérő [ mm ]	Áramerősség [ A ]	Hegesztési idő [ s ]
4	200	0,4
6	250	0,5
8	300...350	0,6
10	400...450	0,8
12	500...550	1,0

## 1. táblázat

### Védőgáz alatti ív-csaphegesztés paramétere

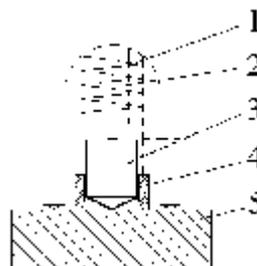
#### *Berendezés*

A hegesztési eljárás automatikusan a következők szerint jön létre. A felhegesztendő csap alakú alkatrészt egy rugós-elektromágneses megfogó szerkezetbe helyezik. A megfogó szerkezetet oda kell illeszteni a hegesztés helyére úgy, hogy a megfelelően elokészített csap kerüljön a hegesztési pontra. Ahogy a csap érintkezésbe kerül az alapanyaggal az áramforrás vezérlő része az elektromágneses emelőszerkezet révén 1...1,5 mm-rel felemeli a csapot, miközben a hegesztési feszültséget rákapcsolja az alapanyagra és a csapra ( 1. ábra ). Ekkor a létrejött villamosív megolvasztja az alapanyag hegesztési környezetét és csap végét, hegfürdőt képezve. Időkésleltetés után az emelőmágnes elejt és a csap a rugó nyomóerejének hatására a hegfürdőbe kerül. Ekkor szűnik meg a hegesztési áram hozzávezetése és a hegfürdő megszilárdulása. Az áram hozzávezetésének megszüntével nem engedhető meg, hogy remanens áram alakuljon ki, mer ez az elektromágnes felemelkedéséhez vezet, ami a csapot kihúzza a hegfürdőből. Emiatt kell védőkapcsolással ellátott áramkört használni.

1 Szorítórugó 2 Emelőmágnes

3 Csap 4 Vezetopersely

5 Alapanyag



1. ábra. Ív-csaphegesztés emelőmágneses megfogószerkezete

## 782. Ellenállás-csaphegesztés

A csaphegesztés második megoldási lehetősége, amikor ívgyújtás helyett az ellenálláson kialakuló hőmennyiséget használjuk fel a hegesztéshez. Az alapanyagra odaillesztett és szorított csapon keresztül elektromos áramot vezetünk keresztül. Amennyiben a hegesztendő anyagok áramvezető képességei közel azonosak, akkor elmondható, hogy a legkisebb keresztmetszetről alakul ki a legnagyobb ellenállás és itt jön létre a legnagyobb hőmérséklet a hegesztési áram hatására. Megfelelően tervezett alkatrészek hegesztésénél ez a hely az alapanyag és a csap illesztési része. Ez majdnem megegyezik a ellenállás-ponthegesztés elvével. A különbség csak annyi, hogy nem két lemezt kell összeszorítani egy kúpos szorító elektródával, hanem a készülékbe befogott csapot az alapanyagra.

### *Felhasználási terület*

A felhasználási területe olyan részekre terjed ki, ahol nagy darabszámú csap jellegű alkatrészeket kell felhegeszteni az alapanyagokra. Így a hajó-, a vagon-, a kazán-, a hidépítő- és a reaktor ipar a legnagyobb felhasználója ennek a hegesztési eljárásnak. A hegeszthető alkatrészek anyaga igen változatos, mert a kis és közepes szénttartalmú acéloktól kezdve a gyengén és erősen ötvözött acélokön keresztül a nemfémvas anyagokig terjed.

### *Berendezés*

Az ellenállás csaphegesztő berendezés nem különleges berendezés, mert a ponthegesztéshez felhasznált berendezések megfelelő felszerszámozásával alkalmassá lehet tenni ennek a hegesztési eljárásnak a kivitelezésére. Itt is azt kell biztosítani, hogy összeszorító erő működjön miközben a hegesztési áram hozzávezetést is biztosítani kell. Az eltérés csak abban mutatkozik, hogy a csap geometriai alakjának megfelelő befogókészülék használata szükséges. Érdekes a tervezéskor figyelembe venni, hogy nagy darabszámú hegesztésnél automatikus csapadagolást is el lehessen végezni.

### *Elokészítő műveletek*

A villamos hegesztéseknél általában szükséges tisztító eljárásokat itt sem szabad elhanyagolni. Mind az ív- mind az ellenállás csaphegesztés hegesztési felületeiről el kell távolítani az áramvezetést akadályozó szennyeződést, oxidréteget. Ív-csaphegesztésnél a csapok végeit kúpos kialakításúra kell elkészíteni, hogy az ívkisülés helye egyértelműen meghatározható legyen.

Ellenállás csaphegesztésnél a felületi kialakítás hasonló lehet, mint dudorhegesztésnél, mert célszerű az érintkezési felületet csökkenteni, annak érdekében, hogy a hegesztéshez szükséges elektromos teljesítményt is csökkenteni lehessen. Ebben az esetben a csap teljes felülete hovezetés útján fog megolvadni és hegvarratot kialakítani az alapanyaggal.

### *Munkavédelmi előírások*

31/1994. (XI.10.) IKM rendelet, Hegesztési Biztonsági Szabályzat

### *Vonatkozó szabványok*

**MSZ ISO 857:1992**

**MSZ 4300-1:1984**

**MSZ EN 719:1995**

**MSZ 4308-1:1982**

**MSZ-05-46.1403:1982**

**MSZ 4367-1:1994**

**MSZ EN 21089:1994**

**MSZ EN 25183-2:1992**

**MSZ EN 25822:1994**

**MSZ EN 27931:1994**

**MSZ EN 28430-2:1992**

**MSZ EN 29313:1994**

**MSZ ISO 8167: 1992**

**MSZ ISO 4063:1992**

**MSZ 4300-3:1984**

**MSZ 4305:1988**

**MSZ-05-46.1402:1985**

**MSZ-05-46.1410:1980**

**MSZ 05-29.5902:1981**

**MSZ EN 25183-1:1992**

**MSZ EN 25821:1994**

**MSZ EN 25827:1994**

**MSZ EN 28430-1:1992**

**MSZ EN 28430-3: 1992**

**MSZ ISO 865:1992**