

# HEGESZTŐ

## MESTERVIZSGÁRA

### FELKÉSZÍTŐ JEGYZET

Budapest, 2014

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

Szerző:  
**Benus Ferenc**

Lektorálta:  
**Gayer Béla**

Kiadja:  
**Magyar Kereskedelmi és Iparkamara**

**A tananyag kidolgozása a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 számú, „Dolgozva tanulj!” című projekt keretében, az Európai Unió Európai Szociális Alapjának támogatásával valósult meg.**

**A jegyzet kizárólag a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 „Dolgozva tanulj” projekt keretében szervezett mesterképzésen résztvevő személyek részére, kizárólag a projekt keretében és annak befejezéséig sokszorosítható.**

## TARTALOMJEGYZÉK

|  |     |
|--|-----|
| Bevezetés .....  | 4   |
| 1. Anyagok és viselkedésük hegesztés során .....   | 5   |
| 1.1. Acélok csoportosítása és nemzetközi jelölési rendszerük .....                                   | 5   |
| 1.1.1. Az acélok csoportosítása és jelölési rendszere .....  | 5   |
| 1.1.2. Az acél ötvözőelemei .....  | 9   |
| 1.2. Az előmelegítés és a hegesztés előtti- és utáni hőkezelés célja .....                           | 10  |
| 1.2.1. Az előmelegítés célja .....   | 10  |
| 1.2.2. Hegesztést követő hőkezelés célja .....   | 10  |
| 1.2.3. Hegesztési feszültségek .....   | 10  |
| 1.2.4. Normalizálás .....  | 12  |
| 1.2.5. Edzés, megeresztés .....  | 12  |
| 1.3. A hőhatásövezet, szemcseméret és a szövetszerkezet változásának hatása a kristályosodásra ..... | 13  |
| 1.3.1. Hegesztett kötés hőhatásövezetének szövetszerkezete .....                                     | 13  |
| 1.4. Karbon egyenérték számítás .....  | 14  |
| 1.4.1. Az acélok edződési hajlama .....  | 14  |
| 1.4.2. Karbonegyenérték .....  | 15  |
| 1.4.3. A Hegeszthetőség .....  | 15  |
| 1.4.4. Egy és többretegű hegesztés .....   | 15  |
| 2. Hegesztési eljárások .....  | 16  |
| 2.1. A WPS tartalma, felépítése és használatának ismerete .....                                      | 16  |
| 2.2. Gázhegesztés, lángforrasztás technológiája és berendezései .....                                | 18  |
| 2.2.1. Gázhegesztés fogalma. A gázhegesztés történeti áttekintése az eljárás elvi alapja .....       | 18  |
| 2.2.2. Hegesztőláng típusok .....  | 21  |
| 2.2.3. Gázhegesztő felszerelés részei, kezelése és tárolása .....                                    | 23  |
| 2.2.4. Hegesztési technikák, jobbra és balra hegesztés .....   | 34  |
| 2.2.5. Forrasztás .....  | 37  |
| 2.3. Villamos ívhegesztési eljárások és berendezései .....   | 44  |
| 2.3.1. Ömlesztő hegesztési eljárások .....   | 45  |
| 2.3.2. Sajtoló hegesztési eljárások .....  | 49  |
| 2.4. Az ívhegesztés áramforrásai .....   | 53  |
| 2.4.1. A bekapcsolási idő fogalma és értelmezése .....   | 53  |
| 2.4.2. Fogyóelektródás ívhegesztés bevont elektródával .....   | 54  |
| 2.4.3. Volfrámelektródás semleges védőgázos ívhegesztés .....  | 61  |
| 2.4.4. Fogyóelektródás, védőgázos (MÍG/MAG hegesztés) .....  | 67  |
| 2.5. Vágási technológiák és berendezései .....   | 79  |
| 2.5.1. Lángvágó eljárások .....  | 79  |
| 2.5.2. Lángvágó berendezések .....   | 81  |
| 2.5.3. Fémek lángvágásának minőségi követelményei .....  | 84  |
| 2.5.4. Plazmaívvágás .....   | 85  |
| 2.5.5. Egészségvédelem és biztonságtechnika .....  | 87  |
| 3. Gyártás és gyártástervezés .....  | 89  |
| 3.1. Minőségbiztosítás, minőség – ellenőrzés célja .....   | 89  |
| 3.2. A pWPS, WPS, WPQR és a hegesztőminősítés EN ISO szabványai .....                                | 91  |
| 3.3. Hegesztett szerkezetek gyártása során fellépő hegesztési feszültségek .....                     | 94  |
| 3.4. Roncsolásos és roncsolás mentes vizsgálatok módszerei, alkalmazásuk .....                       | 97  |
| Ábrajegyzék .....  | 101 |
| Irodalomjegyzék .....  | 104 |

## **Bevezetés**

### **Tisztelt Mester jelöltek!**

A jövő szakmunkásainak fontos feladata, hogy alaposan megismerkedjen az általános és a szakmai műveltség elemeivel, összefüggéseivel és a folyamatos megújítás, valamint a kreativitás lehetőségeivel. Így a korszerű technológiai módszerekkel és azokkal a berendezésekkel is, amelyekkel a különböző hegesztési feladatok megvalósíthatók.

A **Hegesztőmester** c. jegyzet a fémhegesztő eljárások közül a bevont elektródás ívhegesztéssel, a fogyóelektródás semleges és aktív védőgázos ívhegesztéssel, a volfrám elektródás semleges védőgázos ívhegesztéssel, valamint a gázhegesztéssel foglalkozik, ill. röviden bemutat egyéb ömlesztő és sajtoló hegesztőeljárásokat, módszereket, továbbá a hegesztés minőségi követelményeit.

A hegesztő szakma gyakorlata mindig újabb és újabb követelmények elé állítja a hegesztőket. A hegesztőszakma elsajátítása és folyamatos művelése komoly erőfeszítéseket kíván. Az elvárásoknak csak az tud megfelelni, aki alaposan és rendszeresen készül, aki elméleti és gyakorlati ismereteit napra készen tartja.

Ennek jegyében és szellemében készítettem el ezen szakmai jegyzetet.

Bízva abban, hogy sikerült a jegyzet tartalmával, szerkezetével és formai kivitelével szakmai tudásotok megfelelő gyarapításához hozzájárulni.

*Eredményes tanulást és szakmai sikereket kíván minden kedves Olvasójának a szerző.*

## 1. Anyagok és viselkedésük hegesztés során

### 1.1. Acélok csoportosítása és nemzetközi jelölési rendszerük

#### 1.1.1. Az acélok csoportosítása és jelölési rendszere

Az acél vasból, szénből és egyéb anyagokból (ötvözők, szennyezők) álló kohászati termék, igen sok fajtája létezik. Az acélok felhasználás szempontjából fontos tulajdonságai a vegyi összetételből és a készítés módjától függően igen széles skálán változik.

Az MSZ EN 10020 tartalmazza az acélok csoportosítását. Eszerint az acélok lehetnek

- ötvözetlen acélok
- korrózióálló acélok és
- egyéb acélok.

**Ötvözetlen** az acél, ha kielégíti az alábbiakat (a fontosabb fémek feltüntetésével):  $C \leq 2,14\%$ ,  $Mn \leq 1,65\%$ ,  $Si \leq 0,50\%$ ,  $Cu \leq 0,40\%$ ,  $Cr \leq 0,30\%$ ,  $Ni \leq 0,3\%$ ,  $Mo \leq 0,08\%$ ,  $V \leq 0,10\%$ ,  $W \leq 0,10\%$ ,  $Al \leq 0,10\%$

**Ötvözött** az acél, ha a  $C \leq 2,14\%$ , és az ötvözők meghaladják az előbbi értékeket.

Az acélgyártás során az acélban lévő **kísérő elemek** (Si, Mn, Al), az oxigént megkötik (dezoxidálják).

A **szilícium** (Si) az ércből és az adalékokból kerül az acélba. A szilícium (köznapi néven kova) olvadáspontja  $1414^\circ\text{C}$ . Nagy az affinitása (kémhatása) az oxigénhez (dezoxidáló elem).

A **mangán** (Mn) szintén az ércből jut az alapanyagba, de gyakran adagolnak mangánt az acél oxigén, ill. kéntartalma csökkentése céljából. Olvadáspontja  $1246^\circ\text{C}$ . Az acél kéntartalmát megkötöi, szemcsefinomító hatású, ezáltal növeli az acél szilárdságát, javítja a hegeszthetőséget. Mennyisége az ötvözetlen szerkezeti acélban max.  $1,65\%$ .

Az acél **szennyező elemei** a kén és a foszfor:

A **kén** (S) szulfidtartalmú ércből, ill. koszból kerül az acélba. Nemfémes elem, olvadáspontja  $115^\circ\text{C}$ . A vasban csak kismértékben oldódik, általában vas-szulfid formájában van jelen. A vas-szulfid meleg alakításakor  $900^\circ\text{C}$  körül vöröstörékenységet,  $1200^\circ\text{C}$  fölött melegtörékenységet okozhat.

A **foszfor** (P) szintén az ércből és az adalékokból kerül az acélba. Szilárd, nemfémes elem, olvadáspontja  $44,2^\circ\text{C}$ .

Így megkülönböztetünk:

- pozitív, ill.
- negatív kísérőelemeket.

### Az acél pozitív kísérőelemei

| Elem      | Rövid kémiai jele | Hatása  |
|-----------|-------------------|---|
| Mangán    | Mn                | Csökkenti a kén káros határait<br>Mint ötvözőelem, növeli a szakítószilárdságot |
| Szilícium | Si                | A gázokat megköti (pl. oxigén)<br>Csökkenti a dúulásokat                        |
| Alumínium | Al                | A gázokat megköti (pl. oxigén)<br>Csökkenti a dúulásokat                        |

1. táblázat: Az acél pozitív kísérőelemei<sup>1</sup>

### Az acél negatív (nem kívánatos) kísérőelemei

| Elem     | Rövid kémiai jele | Hatása  |
|----------|-------------------|---|
| Kén      | S                 | Csökkenti a melegalakíthatóságot<br>Elősegíti az acél vöröstörekenységét<br>Dúulásokat idéz elő |
| Foszfor  | P                 | Csökkenti az acél hidegalakíthatóságát<br>Elridegíti az acélt<br>Dúulásokat idéz elő            |
| Nitrogén | N                 | Növeli az acél elridegedési hajlamát (öregedés), különösen csillapítatlan acél esetén           |
| Hidrogén | H                 | Hidrogén-elridegedést idéz elő (halszemképződés)  |

2. táblázat: Az acél negatív kísérőelemei<sup>2</sup>

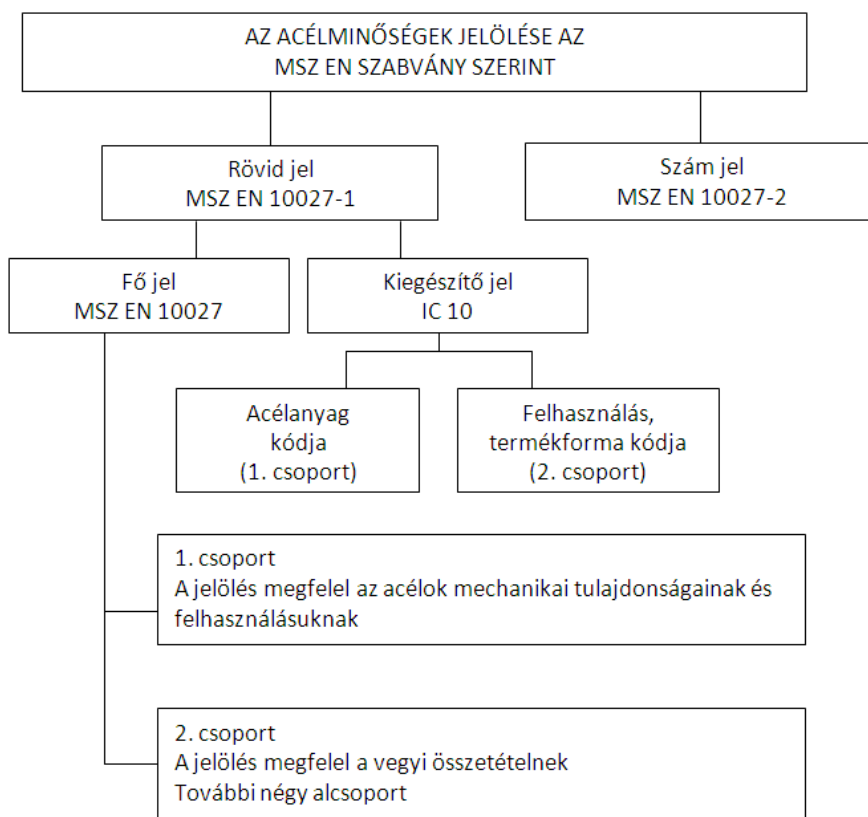
### Acél jelölési rendszer

Az **acéljelölési rendszereket** tartalmazó európai szabvány az acélokat új jelölési rendszerre **rövid jelből** és **számjelből**, a rövid jel **fő jelből** és **kiegészítő jelből** áll. A **fő jel** utalhat a felhasználásra, a mechanikai (vagy fizikai) tulajdonságokra, vagy a vegyi összetételre. A kiegészítő jel vonatkozhat pl. a szívóssági viselkedésre (átmeneti hőmérséklet, ütőmunka), az acél gyártási állapotára, (pl. normalizált), hőkezelésre (pl. nemesített), az acéltermékre (pl. lemeztermék, csővezeték) stb.

---

<sup>1</sup> Saját forrás.

<sup>2</sup> Saját forrás.



1. ábra Az acélok jelölési rendszere<sup>3</sup>

### Az acélok jelölése mechanikai tulajdonságaik és felhasználásuk szerint

A kód tartalmazza a vezérjeleket, amelyet egy szám követ.

A *vezérjelek* az acél felhasználási területére vonatkoznak, amelyek a következők:

- S – szerkezeti acélok
- P – acélok nyomástartó felhasználására
- L – acélok csővezetékekhez
- E – gépacélok

Ebben a csoportban a vezérjelet követő szám a legkisebb anyagvastagságra vonatkozó legkisebb folyáshatár értéke  $N/mm^2$ -ben, amely lehet felső vagy alsó folyáshatár ( $R_{eH}$  vagy  $R_{eL}$ ), vagy terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár ( $R_p$ ), vagy névleges folyáshatár ( $R_t$ ). Ezeket az előírásokat a termékszabványok tartalmazzák.

B – betonacélok az utána lévő szám a jellemző folyáshatár értéke

Y – acélok előfeszített betonszerkezetekhez az utána lévő szám a szakítószilárdság alsó értéke  $N/mm^2$ -ben

R – sínacélok az utána lévő szám a szakítószilárdság alsó értéke  $N/mm^2$ -ben

<sup>3</sup> Saját forrás.

H – hidegen hengerelt lapos acéltermékek nagy szilárdságú acélból hideghűtésre; az ezt követő szám az előírástól függően vagy a folyáshatárt, vagy a szakítószilárdságot jelenti N/mm<sup>2</sup>-ben

D – lapos termékek hidegalakításra

T – ónozott termékek

M – elektrotechnikai acél

*A kiegészítő jelek két részből állhatnak.*

A jel vonatkozhat az acél egyéb mechanikai tulajdonságára (pl. ütőmunka értékére: J÷27J K÷40J L÷60J), és az utána lévő jel a vizsgálati hőmérsékletet jelzi (+20°C-tól -60°C-ig)

*Továbbá utal a szállítási állapotra, pl.*

M - termomechanikusan hengerelt

N – normalizált vagy szabályos hőmérsékleten hengerelt

Q – nemesített

*Az ütőmunka és a vizsgálati hőmérséklet jelölése*

| Ütőmunka |     |     | Vizsgálati hőmérséklet |
|----------|-----|-----|------------------------|
| 27J      | 40J | 60J | °C                     |
| JR       | KR  | LR  | +20                    |
| JO       | KO  | LO  | 0                      |
| J2       | K2  | L2  | -20                    |
| J3       | K3  | L3  | -30                    |
| J4       | K4  | L4  | -40                    |
| J5       | K5  | L5  | -50                    |
| J6       | K6  | L6  | -60                    |

*3. táblázat: Az ütőmunka és a vizsgálati hőmérséklet jelölése<sup>4</sup>*

Példa:

**Az MSZ EN 10027-1 szerint a min.  $R_{eh}=355$  N/mm<sup>2</sup> folyáshatárú, 0°C-on szavatolt ütőmunkájú, normalizált szerkezeti acél jele: S355J0.**

Az **S** betű (szerkezeti acél) a felhasználási területet jelzi, a **355** a legkisebb szelvényvastagságra vonatkoztatott minimális folyáshatár ( $R_{eH}$ ), **J** 27 J ütőmunka szavatolást **0 °C - on**.

Negatív hőmérsékleten szavatolt ütőmunka esetén a hőmérsékletet számok jelzik, pl. **J2** jelölésnél **-20 °C – on**.

---

<sup>4</sup>Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft., Visonta, 12. o.



### 1.1.2. Az acél ötvözőelemei

#### Az acélok ötvözőelemei és hatása a hegeszthetőségre

A karbon az acél természetes ötvözőeleme, már kismennyiségben is megváltoztatja az acél tulajdonságát, növeli a folyáshatárt, csökkenti a szívósságot, növeli az edzhetőséget. 0,22 % C- tartalomig általában az acélok jól hegeszthetők, fölötté már csak bizonyos feltételek mellett (pl. előmelegítés).

Annak érdekében, hogy adott anyagtulajdonságokat szavatolni lehessen, az acélt célirányos elemekkel, úgynevezett ötvözőelemekkel ötvözik.

#### Ötvözőelemek

| Ötvözőelem                 | Rövid kémiai jele | Alkalmazási terület   | A hegesztésre gyakorolt hatása  |
|----------------------------|-------------------|-----------------------|---|
| Szén                       | C                 | Ötvözetlen acél       | A C% növelésével a hegeszthetőség csökken   |
| Mangán                     | Mn                | Nagy-szilárdságú acél | Javítja a hegeszthetőséget  |
| Króm<br>Molibdén           | Cr<br>Mo          | Melegszilárd acélok   | A króm növeli az edződési hajlamot<br>A molibdén javítja a hegeszthetőséget   |
| Króm<br>Nikkel<br>Molibdén | Cr<br>Ni<br>Mo    | Korrózióálló acélok   | A króm növeli az edződési hajlamot<br>A nikkel nem befolyásolja a hegeszthetőséget<br>A molibdén javítja a hegeszthetőséget |
| Nikkel<br>Mangán           | Ni<br>Mn          | Hidegszívós acélok    | A nikkel nem befolyásolja a hegeszthetőséget<br>A mangán javítja a hegeszthetőséget   |

4. táblázat: Az ötvözőelemek hegesztésre gyakorolt hatása<sup>5</sup>

#### Az ötvözők hatása az anyagtulajdonságokra

A szilárdsági tulajdonságok növelése, mint pl. a keménység és edzhetőség, az alakíthatóság és a szívósság csökkentése, kedvezőbb átvezetőség és átnemesíthetőség a kritikus lehülési sebesség csökkentése által, jobb melegszilárdság és tartószilárdság, korrózió – és hőállóság növelése.

Az acélok ötvöző elemei befolyásolják:

- az acél A3 kritikus hőmérsékletét,
- az acél kritikus lehülési sebességét, valamint
- vegyületeket (pl. karbidokat, nitrideket) képeznek az alapfémmel, ill. egymással.

#### Alumínium és ötvözetei

Az alumínium hegeszthetősége az ötvözők mennyiségétől függ. Az ötvözetlen alumínium jól hegeszthető. Az alumínium hegesztésekor figyelembe kell venni, hogy az olvadáspontja kicsi (650°C), felületét nagy olvadáspontú (2053°C) oxidréteg borítja, hűtágulási tényezője az acélok kétszerese és a hegesztési folyamat nem jár elszíneződéssel.

<sup>5</sup> Saját forrás.

### **Melegsizárd acélok**

Melegsizárd acélok magas hőmérsékleten és nagy nyomáson üzemelő berendezésekhez használunk, vannak gyengén és erősen ötvözött melegsizárd acélok. Az erősen ötvözöttek magasabb hőmérsékleten üzemelhetnek, mint a gyengén ötvözöttek. Jellemző ötvözőjük a Cr és Mo. A Cr-Mo ötvözésű melegsizárd acélok hegesztéskor elő kell melegíteni 200...350°C – ra, és ezt a hőmérsékletet a hegesztés alatt is fenn kell tartani. Hegesztés után hőkezelni kell a következők szerint: hevítés 650...750°C-ra, hűn tartás 1...4 órán át, hűtés kemencében vagy nyugodt levegőn.

## **1.2. Az előmelegítés és a hegesztés előtti- és utáni hőkezelés célja**

### **1.2.1. Az előmelegítés célja**

Az előmelegítés célja a lehülési sebesség csökkentése. Az acélok előmelegítésének hőmérsékletét a CE (szénegyenérték) határozza meg. Az előmelegítés során mind a hőmérséklet, mind a bevitt hőmennyiség fontos.

Az előmelegítés mértéke attól is függ, hogy hol és mekkora környezeti hőmérsékleten tárolják az anyagot, és milyenek a hegesztési körülmények. +5°C környezeti hőmérséklet esetén már elő kell melegíteni a munkadarabot. Általában minél nagyobb az acél széntartalma és vastagsága, annál inkább szükség van előmelegítésre.

Az előmelegítés végezhető előmelegítő paplannal, lánghegesztő berendezéssel, illetve egyéb speciális készülékekkel.

### **1.2.2. Hegesztést követő hőkezelés célja**

Az acélok mechanikai, fizikai és kémiai tulajdonságai nagymértékben függenek az acél szövetszerkezetétől. A szövetszerkezetet alakítással vagy pedig hőhatással lehet erőteljesen megváltoztatni.

A hőkezelés célja az, hogy egy meghatározott alkalmazáshoz kedvezőbb és a feltételeknek legjobban megfelelő tulajdonságokat érjenek el.

Egy hőkezelés mindig az alábbi folyamatokból áll:

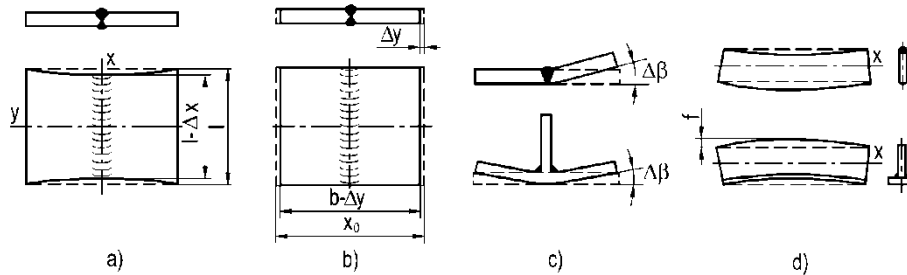
- felhevítés
- hűn-tartás
- lehűtés

### **1.2.3. Hegesztési feszültségek**

#### **A hegesztési varratokban ébredő feszültségek kialakulásának oka, folyamata**

A hőenergiával készített hegesztett kötésekben és környezetükben a hőhatás miatt alakváltozás lép fel, és az anyagban visszamaradó, ún. **belső feszültségek** keletkeznek, főleg, ha a munkadarab alakváltozása akadályba ütközik. Hegesztéskor az anyagot megömlesztjük. Az ömlesztetéshez használt hő egy része a munkadarabban szétterjed és felhevíti az anyagot. A kötés és környezetében úgynevezett hőhatásövezet keletkezik. A hőhatásövezetben szövetszerkezeti változások és hőtágulási jelenségek következnek be. A hő hatására az anyag tágul, sőt megömlik, de a táguló anyagrészt körbeveszi az anyag fel nem hevített nagyobbik része, akadályozva az alakváltozást. A hőforrás mozgásával azonban a hőátadás következtében rögtön megkezdődik a hűlés. A kitágult anyag kezd összehúzódni, de a zömítődött anyag az eredeti méretét már nem tudja elérni. A hűlés folytatódik, de a két anyagrészt már a hegesztési varrat kapcsolja össze, gátolva a szabad alakváltozást. Így a zsugorodási, hűlési folyamatot mindig belső feszültség kialakulása kíséri. A hőközlésen túl az anyag minőségétől, hőfizikai jellemzőitől is függ a zsugorodás és a belső feszültség kialakulása. A hegesztett szerkezetek alakváltozására és belső feszültségére figyelni

kell ugyanis a belső feszültség értéke elérheti az anyag folyáshatárát, és ridegtörést is okozhat.



2. ábra Hegesztett kötések alakváltozásai<sup>6</sup>

a) hosszirányú zsugorodás; b) keresztirányú zsugorodás; c) szögzsugorodás; d) görbület- (excentrikus hossz)

Nincs maradó alakváltozás, ha szerkezeti elem szabadon tágulhat és zsugorodhat.

Ha a tágulás akadályozott, és szabad zsugorodás nem, akkor rövidülés következik be, s nem maradnak vissza feszültségek.

Ha azonban mind a tágulás, mind pedig a zsugorodás gátolt, akkor maradó alakváltozás jön létre és belső feszültségek ébrednek.

A hegesztési zsugorodások (alakváltozások, vetemedések) mértéke több tényező együttes hatásától függ, ezek:

- a varrat keresztmetszete
- a varrat alakja
- a varrat elrendezése
- a hegesztési munkarend elemei (előmelegítés, hőbevitel, sorrend)

#### A hosszirányú zsugorodás

A varrat tengelyében, hosszirányban létrejövő méretcsökkenés. Nagysága 1 m varrat-hosszra viszonyítva 0,2...2mm, általában 0,5...1mm.

#### A keresztirányú zsugorodás

A varrat tengelyére merőleges elmozdulásokat értjük, amelyek következtében az összehegesztendő elemek közelebb kerülnek egymáshoz. Mértéke több tényezőtől függ, általában 1...4mm. A zsugorodás annál nagyobb, minél nagyobb az illesztési hézag. Ha a hézag nulla, akkor keresztirányú zsugorodás nem tud létrejönni. Sarokvarratok keresztirányú zsugorodása a tompavarratokhoz képest lényegesen kisebb, általában 1 mm alatt marad.

#### Szögzsugorodás

<sup>6</sup>Dr. Gremesberger G., 2010, Hegesztési Zsebkönyv. Cokom Mérnökiroda Kft. Miskolc, 463. o.

Nagysága függ az alkalmazott hegesztési eljárástól (fajlagos hőbevitel), a hegesztendő munkadarab vastagságától, az élkiképzéstől, a hegesztési rétegek (sorok) számától, a munkadarab befogási módjától. Tompavarratok esetén a szögzsugorodás értéke 0...10 fok, sarokvarratoknál 1...3 fok.

#### *Görbület*

Akkor keletkezik, ha a zsugorodás iránya nem esik a hegesztett szerkezet vagy szerkezeti elem semleges tengelyébe.

#### **A feszültségcsökkentő hőkezelés célja és végrehajtása**

A **feszültségcsökkentő hőkezelés célja**, hogy a visszamaradó feszültségek értéke csökkenjen és a lassú hűtés során újabb feszültségek ne alakuljanak ki. A felhevítés és a lehülés is lassú.

Vigyázzunk, mert ha a hőciklus nem egyenletes, akkor eredménytelen marad az eljárás, ill. újabb belső feszültségek keletkeznek!

A **feszültségcsökkentő hőkezelés végrehajtása**: A felhevítés sebessége a munkadarabok falvastagságainak arányától is függ. Ha a munkadarabot alkotó elemek vastagsága igen széles határok között változik, akkor olyan mértékű felhevítést kell választani, hogy a legvékonyabb és a legvastagabb elem hőmérséklete között ne legyen 20...25 °C-nál nagyobb különbség. A kritikus szerkezeti elemek hőmérsékletét rendszeresen ellenőrizni kell. A legtöbb szerkezeti acél feszültségoldásra használt felhevítési hőmérséklete: 590...600 °C, a hűntartási idő kb. 1 óra 25 mm falvastagságonként. Gyengén ötvözött acélok (0,5...2,25% Cr és 1% Mo) hevítési hőmérséklete 670...700 °C, a hűntartás kb. 1 óra. Erősen ötvözött acélok hűntartási ideje meglehetősen hosszabb.

A legtöbb fém esetében a kis hőmérsékletű feszültségcsökkentő hőkezelés nem javítja sem a varratfémbe, sem a hőhatásövezetben a fémtani tulajdonságokat, és nem használható olyan hőkezelés helyett, amellyel az anyag képlékenységét és szívósságát akarjuk javítani.

#### **1.2.4. Normalizálás**

##### **A normalizáló hőkezelés célja és végrehajtása**

A normalizálást a durvaszemcsés, egyenlőtlen szövetszerkezet javítására használjuk. Finomabb szemcsés, egyenletes szövetszerkezetet lehet vele létrehozni. 850-930 °C hőmérsékletre kell felmelegíteni és 30-60 percig hűn tartani, majd lehűteni.

#### **1.2.5. Edzés, megeresztés**

##### **Az acél edzése**

Az **acél edzése** az edződési hőmérsékletre való felmelegítésből és az azt követő gyors, hirtelen lehűtésből áll.

Felhevítés az edzési hőmérsékletre

- < 0,8 % C – tartalmú acéloknál A3 + kb. 30...50 °C
- > 0,8 % C – tartalmú acéloknál A1 felett

Lehűtés vízben, vagy olajban szénacélok, ötvözött acélok, olajban, sófürdőben vagy levegőn.

Fontosabb edzési eljárások az alábbiak:

- Átedzés
- Kéregedés

- Betétedzés

### Megeresztés

**Megeresztésnek** azt a folyamatot nevezik, amely során az edzett munkadarabot meghatározott hőmérsékletre (megeresztési hőmérséklet) hevítik, majd lassan lehűtik.

Növekvő megeresztési hőmérséklettel az edzett acél keménysége, szakítószilárdsága és folyáshatára csökken, miközben nyújthatósága és ütészilárdsága nő.

**Megeresztés végrehajtása:** Felhevítés az edzési hőmérsékletre (A3 vagy A1 – re) majd innen gyors lehűtés (edzés).

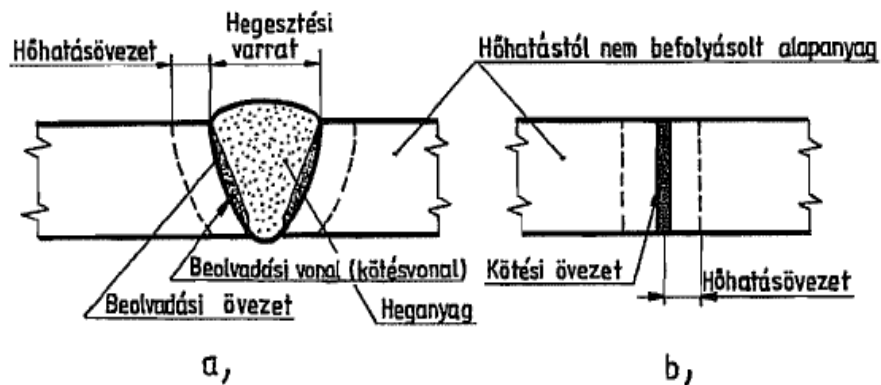
A megeresztés hőmérséklete az ún. „kemény megeresztéskor” 400...500°C, „lágy megeresztéskor” 500...600°C. A megeresztés után a lehűlés általában lassú.

Megeresztés utáni folyamat és hatás a martenzitben lévő tútelített karbon kiválik és egy finomeloszlású karbidos szövetszerkezet jön létre, a tús martenzit feloldódik.

## 1.3. A hőhatásövezet, szemcseméret és a szövetszerkezet változásának hatása a kristályosodásra

### 1.3.1. Hegesztett kötés hőhatásövezetének szövetszerkezete

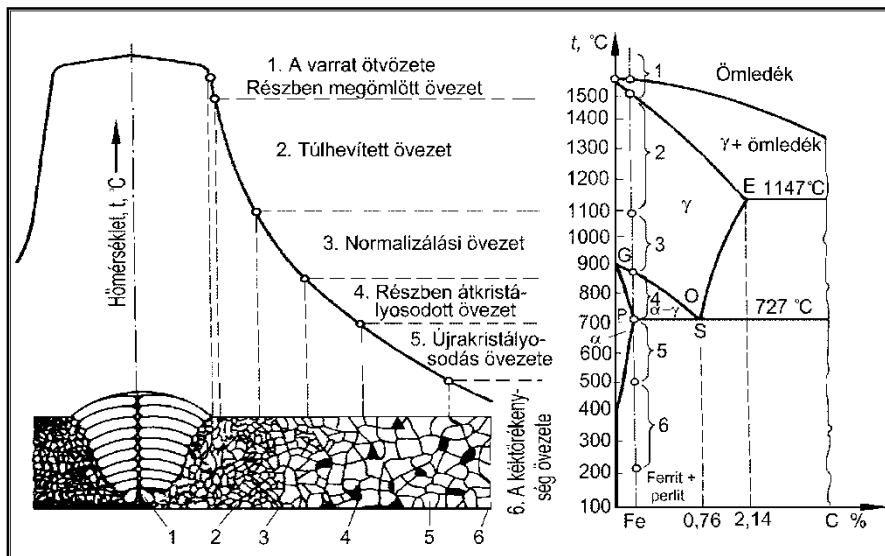
Hegesztés az anyagok oldhatatlan egyesítése hőhatással vagy erőhatással, illetve hő és erő együttes hatásával hozaganyaggal, vagy anélkül. A folyamat során az összekötendő anyagok vagy megömlenek (ömlesztő eljárások), vagy erő hatására képlékeny (és néhány eljárásnál megömlött) állapot során alakul ki kohéziós kapcsolat (sajtoló eljárások). Ömlesztő hegesztéskor a két vagy több összekötendő elem között jön létre a hegesztett kötés, ami alapanyagokból, a hő által felhevített, de nem megömlött hőhatásövezetekből és a megömlött, majd megdermedt varratból áll.



3. ábra: Vízszintes helyzetű tompakötés és részei  
a) ömlesztő hegesztéskor; b) sajtoló hegesztéskor<sup>7</sup>

A kis C tartalmú acél hegesztésekor kialakuló hőhatásövezet a 4. ábrán látható.

<sup>7</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és Rokon Eljárások. Műszaki Kiadó Budapest 10. o.



4. ábra: Kis C tartalmú acél hegesztésekor kialakuló hőhatásövezet<sup>8</sup>

1. *Részben megömlött övezet:* edződésre hajlamos acéloknál, különösen hidrogén jelenlétében a varratfelülettel párhuzamos repedések várható helye. A hőmérséklet az olvadáspont közelében van.
2. *Túlhevített övezet,* más néven szemcsedurvulási zóna: nagy szemcséket tartalmaz. Előfordulhat kismértékű szilárdságsökkenés, felkeményedés és nagymértékű szívósságsökkenés fordulhat elő. A hőmérséklet az olvadási hőmérséklet és 1100 °C között van.
3. *Normalizálási övezet:* a szemcseszerkezet finom, ami szilárdságnövekedéssel és jó ütőmunka eredménnyel jár. A hőmérséklet 1100...900 °C között van.
4. *Részben átkristályosodott övezet:* változó szemcseméret jellemzi, a mechanikai jellemzők kismértékben romlanak. A hőmérséklet 900...700 °C között van.
5. *Újra kristályosodás övezete:* itt ha felkeményedett részt hegesztettünk akkor az kilágyul. A hőmérséklet 700...450 °C között van.
6. *Kéktörékenységi övezete:* kedvezőtlen esetben jelentős szívósságsökkenés illetve repedés lehetséges itt. Inkább a régebbi rossz minőségű, sok nitrogént tartalmazó acélokra jellemző. A hőmérséklet 450...100 °C között van.

#### 1.4. Karbon egyenérték számítás

##### 1.4.1. Az acélok edződési hajlama

A kis karbontartalmú ( $C < 0,2\%$ ), minimális ötvöző tartalmú ferrit-perlites szerkezetű acélok általában feltétel nélkül hegeszthetők, nem kell felkeményedéstől félni.

Ha a  $C > 0,25\%$ , akkor normál hegesztési feltételek esetén is célszerű előmelegítést alkalmazni, hogy ezáltal a hővezetés, illetve lehűlés (keménység) csökkenjen.

<sup>8</sup> Dr Kovács M., 2010, Hegesztési Zsebkönyv. Cokom Mérnökiroda Kft., Miskolc, 10. o.

Ha az acél a C-on kívül más ötvözőket is tartalmaz, akkor figyelembe kell venni az ötvözőelemek edződési hajlamot befolyásoló hatását. Különösen a Mn, a Cr és a Mo csökkenti a kritikus lehülési sebességet, és így növeli az edződési (repedés) veszélyt.

#### 1.4.2. Karbonegyenérték

Az acélok előmelegítésének célja a lehülési sebesség csökkentése. Az acélok előmelegítésének hőmérsékletét a CE (szénegyenérték) határozza meg. Az előmelegítési hőmérséklet megállapításához ismerni kell a **karbonegyenértéket** (CE), amely az IIW (International Institute of Welding) szerinti összefüggésből határozható meg.

**Karbonegyenérték képlete:**

$$C_e = \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \%$$

A CE összefüggés ötvözetlen acélokra, finomszemcsés acélokra és gyengén ötvözött acélokra használható. Az előmelegítés során mind a hőmérséklet, mind a bevitt hőmennyiség fontos.

Az előmelegítés mértéke attól is függ, hogy hol és mekkora környezeti hőmérsékleten tárolják az anyagot, és milyenek a hegesztési körülmények. +5 C környezeti hőmérséklet esetén már elő kell melegíteni a munkadarabot. Általában minél nagyobb az acél széntartalma és vastagsága, annál inkább szükség van előmelegítésre.

| Karbonegyenérték,<br>CE, % | Előmelegítési hőmérséklet,<br>$t_p$ , °C |
|----------------------------|--|
| ≤ 0,45                     | <100                                     |
| 0,45...0,60                | 100...250                                |
| >0,6                       | 250...350                                |

5. táblázat: A karbonegyenérték és az előmelegítési hőmérséklet kapcsolata<sup>9</sup>

#### 1.4.3. A Hegeszthetőség

A **hegeszthetőség** a fémek hegesztés-technológiától függő alkalmassága olyan hegesztett kötés létrehozására, amely helyi tulajdonságai és a hegesztett szerkezetre (szerkezeti elemre) gyakorolt hatása szempontjából megfelel az előírt követelményeknek. A hegeszthetőség komplex anyagi tulajdonság, ezért csak a szerkezettel, a hegesztéstechnológiával és az igénybevétellel való kölcsönhatás értelmezhető.

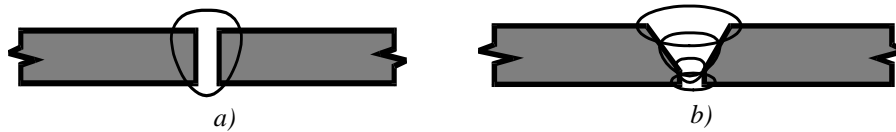
#### 1.4.4. Egy és többrétegű hegesztés

Varrattal összefüggő fogalmak.

A hegesztési varrat lehet egysoros, vagy több egymásmellé lerakott varratsorból álló többsoros varrat.

Az egymás fölötti varratsorok varratrétegeket alkotnak, így egy varrat lehet **egy vagy több rétegű**. A többrétegű varratok között megkülönböztetünk **gyökvarratot-töltővarratot és fedő vagy korona varratot**.

<sup>9</sup>Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft., Visonta, 13.o.



5. ábra: Varrattípusok  
a) egyrétegű varrat, b) többrétegű varrat<sup>10</sup>

## 2. Hegesztési eljárások

### 2.1.1. A WPS tartalma, felépítése és használatának ismerete

A gyártói hegesztői utasítás (WPS) tartalmazza a szerkezeti elem hegesztéssel összefüggő feladatait. A WPS javasolt formáját az MSZ EN ISO 15609-1 tartalmazza, amelynek alkalmazása nem kötelező, bármilyen, a tartalmi követelményeknek megfelelő WPS használható, beleértve az üzemi gyártásban már korábban használt lapokat is. A WPS elkészítése a hegesztési felelős feladata. Ezt nem kézikönyvek, prospektusok adatai, hanem, a saját üzemi körülmények között sikeresen kivitelezett és pozitív eredménnyel bevizsgált próbadarabokon szerzett tapasztalat alapján kell elkészíteni.

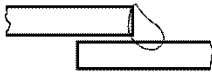

#### Hegesztett kötés fogalma, kötéstípusok

A hegesztett kötés az összekötendő elemek egymáshoz viszonyított helyzete. A hegesztett kötés részei: az alapanyagok, a hőhatásövezetek, a beolvadási zóna, a varrat (röviden hegyvarrat). Lemezek hegesztésekor az elemek egymáshoz viszonyított helyzete szerint alkalmazott fontosabb kötéstípusokat a 3.2. táblázat mutatja. Ezek közül a tompakötés és a merőleges kötés a legelterjedtebb. Nem összetévesztendő a sarokkötés és a sarokvarrat. Egy merőleges kötés (pl. T kötés) készíthető sarokvarrattal vagy tompavarrattal. Utóbbi esetben a merőleges elem leélezett.

| Kötéstípus   |  | Példa |
|--|--|-------|
| <b>Tompakötés.</b> Az elemek ugyanabban a síkban helyezkednek el (egymással bezárt szögük 180°). |  |       |
| <b>Merőleges kötés.</b> Az elemek egymásra merőlegesek (a bezárt szög 90°).                      | <i>Sarokkötés</i>                                      |       |
|  | <i>T kötés</i>   |       |
|  | <i>Kettős T kötés</i>                                  |       |
|  | <i>Háromlemez-kötés</i>                                |       |
| <b>Párhuzamos kötés.</b> Az elemek   | <i>Homlokkötés:</i> Az élek egy síkban helyezkednek el |       |

<sup>10</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft., Visonta, 17.o.

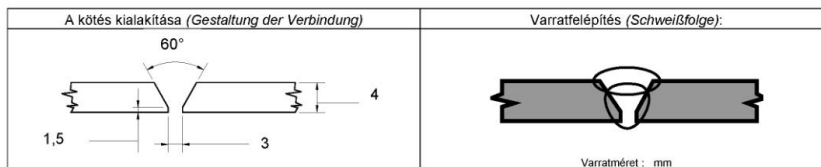


|  |   |  |
|--|---|--|
| egymással párhuzamos síkban fekszenek. | <i>Átlapoló kötés. Az élek egymástól eltolva helyezkednek el</i>        |  |
| <b>Ferde kötés.</b>                    | Az elemek által bezárt szög tetszőleges (kivéve a 90°-ot és a 180°-ot). |  |

6. táblázat: Hegesztett kötések csoportosítása<sup>11</sup>

**GYÁRTÓI HEGESZTÉSI UTASÍTÁS (WPS)**  
(az EN ISO 15609-1 szerint)  
Einzelheiten zur Prüfung der Schweißnaht

|   |  |
|---|--|
| Az üzemi helye (Ort): xxx .....   | A minősítő személy vagy testület (Prüfer oder Prüfstelle): xxx .....   |
| A hegesztési utasítás száma (Schweißverfahren des Herstellers): xxx .....               | Az előkészítés és tisztítás módszere (Art der Vorbereitung und Reinigung): Forgácsolás, kőszorulás és drókefés tisztítás |
| Beütőszám (Beleg-Nr.): xxx .....  | Alapanyag megnevezése (Spezifikation des Grundwerkstoffes): P355 NL1 .....   |
| WPQR-szám (WPQR-Nr.): xxx .....   | Próbadarab vastagsága (Merkstückdicke)(mm): 4 .....  |
| Gyártó (Hersteller): xxx .....  | Külső átmérő (Außendurchmesser)(mm): 57 .....  |
| A hegesztő neve (Name des Schweißers): xxx .....  | Hegesztési helyzet (Schweißposition): PH .....   |
| Hegesztési eljárás (Schweißprozeß): 141 .....   |  |
| Kötéstípus (Nahtart): BW .....  |  |
| A varrat előkészítés adatai (vázlat)*/Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Zeichnung)*!: |  |



| Varrator Schweißraupe | Hegesztési eljárás Prozeß | A hozaganyag mérete Durchmesser des Zusatzwerkstoffes | Hegesztési áramerősség A | Hegesztési feszültség Spannung V | Az áram neme és polaritása Stromart/ Polung | Huzalelőtolási sebesség Drahtvorschub | Hegesztési sebesség Vorschubgeschwindigkeit * | Hőbevitel Wärmesinbringung |
|-----------------------|---------------------------|---|--------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------------|---|----------------------------|
| 1                     | 141                       | Ø2,4  | 70-80                    | 12-13                            | egyen-                                      |                                       |   |                            |
| 2                     | 141                       | Ø2,4  | 70-80                    | 12-13                            | egyen-                                      |                                       |   |                            |
|                       |                           |   |                          |                                  |   |                                       |   |                            |
|                       |                           |   |                          |                                  |   |                                       |   |                            |

|  |  |
|--|--|
| A hozaganyag besorolása és elnevezése (Zusatzwerkstoff Einteilung und Markenname): EN ISO 636-A W46 5 W2Si ..... | Hegesztés utáni hőkezelés és/vagy öregítés (Wärmenachbehandlung und/oder Aushärten): ..... |
| Esetleges különleges szárítás (Sondervorschriften für Trocknung): .....  | Idő, hőmérséklet, módszer (Zeit, Temperatur, Verfahren): .....                             |
| Védőgáz vagy fedőpor (Schutzgas/Schweißpulver)   | Felmelegítési és lehűlési sebesség (Erwärmungs- und Abkühlungsrate )*: .....               |
| -Hegfűdővédelem (Schutzgas): EN ISO 14175 1 1 .....  | Egyéb információk (Weitere Informationen)*: .....  |
| -Megtámasztás (Wurzelschutz): .....  | P.1.: Elektrodalengetés (a v.sor szélessége) /z.B.: Pendeln (maximale Raupenbreite): ..... |
| A gáz átáramló mennyisége (Gasdurchflußmenge)  | Ívelőmozgás: amplitúdó, frekvencia, idő (Pendeln: Ampl., Freq., Verweilzeit): .....        |
| -Védőgáz (Schutzgas): 7-8 lit/perc .....   | Az impulzushegesztés adatai (Einzelheiten für das Puls-schweißen): .....                   |
| -Varratfűdő megtámasztás (Wurzelschutz): .....   | Az érintkezőcső távolsága (Kontaktdüsenabstand): .....                                     |
| A wolfrámelektroda típusa és mérete (Wolfrámelektrodenart / Durchmesser): Ø2,4 .....                             | A plazmaheg. adatai (Einzelheiten für das Plasmaschweißen): .....                          |
| A gyök kifiragás részletei (Einzelheiten über Ausfugen / Schweißbadsicherung): .....                             | Az égő dőlésszöge (Brennerstellwinkel): .....  |
| Előmelegítési hőmérséklet (Vorwärmtemperatur): .....   |  |
| Közbenő hőmérséklet (Zwischenlagentemperatur): .....   |  |

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Hersteller                   | Prüfer oder Prüfstelle       |
| .....                        | .....                        |
| Name, Datum und Unterschrift | Name, Datum und Unterschrift |

\* Falls gefordert

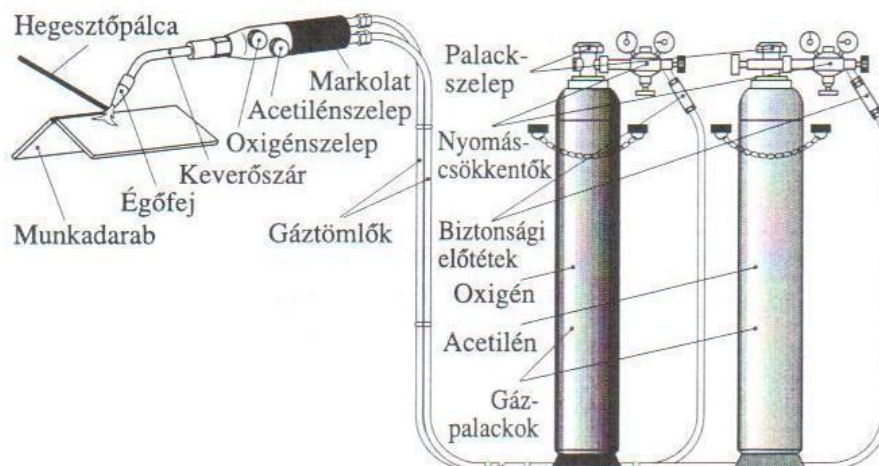
<sup>11</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és Rokon Eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 31.o.

6. ábra: Gyártói hegesztési utasítás (WPS) felépítése acélok ivhegesztésére<sup>12</sup>

## 2.2. Gázhegesztés, lángforrasztás technológiája és berendezései

### 2.2.1. Gázhegesztés fogalma. A gázhegesztés történeti áttekintése az eljárás elvi alapja

A **gázhegesztés** éghetőgáz és oxigén elégetésekor nyert termikus hő általi ömlesztő hegesztés. Az éghetőgáz általában acetilén, mivel az éghetőgázok közül ennek a legnagyobb a lánghőmérséklete, az égési sebessége és a lángteljesítménye. A 7. ábra a gázhegesztés elvét szemlélteti.



7. ábra: A gázhegesztés elve<sup>13</sup>

A mai értelemben alkalmazott gázhegesztés csak 1903-ban vált ismertté, amikor a francia Edmond *Fouché* kifejlesztette és szabadalmaztatta az első acetilén-oxigénnel működő injektoros gázhegesztő pisztolyt. A szabadalom előzménye a XIX. század első felére nyúlik vissza. Az időben a vegyipar gyorsuló fejlődése mind nagyobb mennyiségű kénsav ( $H_2SO_4$ ) előállítását tette szükségessé. A kénsavgyártáshoz szükséges ólomkamrás berendezéseket eleinte önnal lángforrasztották. A francia E. Desbassayns de Richemont 1838-ban kifejlesztett egy hordozható készüléket, melynek alsó tartályában elhelyezett cinkforgácsra egy felső tartályból kénsavat csepegtetett, aminek következtében hidrogén fejlődött. A hidrogén és az odavezetett levegő egyesülésekor meggyújtott láng alkalmas volt ömlesztésre. Az eljárásához nem volt szükség hozaganyagra, ezért azt „soudure autogène” elnevezéssel illette. A soudure szó a latin solidare (egyesíteni, kötni), az autogeneos szó pedig görög-latin szóból (auto = önállóan, önmagától, generale = létesítés) származik. Autogén hegesztés tehát minden olyan kötési eljárás, amelynél fémeket külön hozaganyag nélkül, azok megömlesztésével egyesítenek (így pl. a peremvarratok hozaganyag nélküli AWI hegesztése is autogén hegesztés).

<sup>12</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és Rokon Eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 88.o.

<sup>13</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 39.o.

Acetilént először a német Friedrich Wöhler állított elő 1862-ben. Az acetilén nagyipari módszerrel való előállításához kőszénre és kalcium-karbidra ( $\text{CaC}_2$ ) volt szükség. Az amerikai T.L. Willson 1892-ben elektromos ívkemencében hevített kőszénen és mészkövet, az így keletkezett kalcium-karbid mellett kellemetlen, szúrós szagú telítetlen szénhidrogéngáz, azaz acetilén fejlődött, melyet főként világítógáz céljára használtak. Az első acetilén-fejlesztő berendezést a német Adolf Messer szabadalmaztatta 1897-ben, illetve ugyanebben az évben a francia Claude és Hess felismerte, hogy az acetón jól oldja az acetilént. Az első gázhegesztéssel foglalkozó szakkönyvet Theodor Kautny mérnök írta, melyet 1909-ben Halléban adtak ki „Az autogénhegesztés kézikönyve” címmel. Bár akkor még magyar nyelvű gázhegesztési szakkönyv nem állt rendelkezésre, a budapesti Magyar Királyi Állami Felsőipariskola már 1907-ben indított gázhegesztő tanfolyamot. Az intézmény kémiai technológia tanára, majd 1907-től igazgatója, Petrik Lajos, a budapesti Iparművészeti Múzeum főgondnoka, királyi tanácsos a gázhegesztés ipariskolai alkalmazásának alapelvei kidolgozásában végzett tevékenységével jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy 1907-1913 között a Magyar Királyi Technológiai Iparmúzeum fémipari szakmájában 749 főt (!) képeztek ki 46 tanfolyam során. A tanfolyami hallgatók számára Vittál I. Gyula: Az autogénhegesztés és vágás című, 1912-ben megjelent könyve állt rendelkezésre.

### Hegesztőgázok

**Hegesztőgáz** minden olyan gáz, amit fémek ömlesztő hegesztéshez felhasználnak a kötés kialakításához. A hegesztőgáz lehet *éghető*, ill. *nem éghető gáz*.

### Éghetőgázok

Az **éghetőgázok** oxigén jelenlétében elégnék és szolgáltatják a hegesztéshez szükséges hőt. A gázhegesztéshez alkalmazott éghetőgázok főbb jellemzőit a 6. táblázat foglalja össze.

| Éghető gáz                          | Sűrűség*,<br>$\rho/\text{kg/m}^3$ | Fűtőérték,<br>$\text{kJ/m}^3$ | Max. láng-hőmérséklet oxigénnel,<br>$^{\circ}\text{C}$ | Gyulladási hőmérséklet levegőben,<br>$^{\circ}\text{C}$ | Robbanási határ levegőben,<br>% | Égési sebesség oxigénben,<br>$\text{m/s}$ | Primer lángteljesítmény,<br>$\text{kW/cm}^2$ |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|---|---------------------------------|---|--|
| Acetilén ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) | 1,17                              | 57800                         | 3180   | 335   | 3–82                            | 13,5                                      | 44,8   |
| Hidrogén ( $\text{H}_2$ )           | 0,09                              | 10800                         | 2525   | 585   | 4,0–75                          | 8,9                                       | 14,9   |
| Propán ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )   | 1,83                              | 93000                         | 2850   | 510   | 2,1–9,5                         | 3,7                                       | 10,4   |
| Metán ( $\text{CH}_4$ )             | 0,67                              | 36000                         | 2770   | 645   | 4,0–17                          | 3,3                                       | 13   |

\*a levegő sűrűsége  $\rho = 1,21 \text{ kg/m}^3$

7. táblázat: Gázhegesztéskor alkalmazott éghetőgázok főbb jellemzői<sup>14</sup>

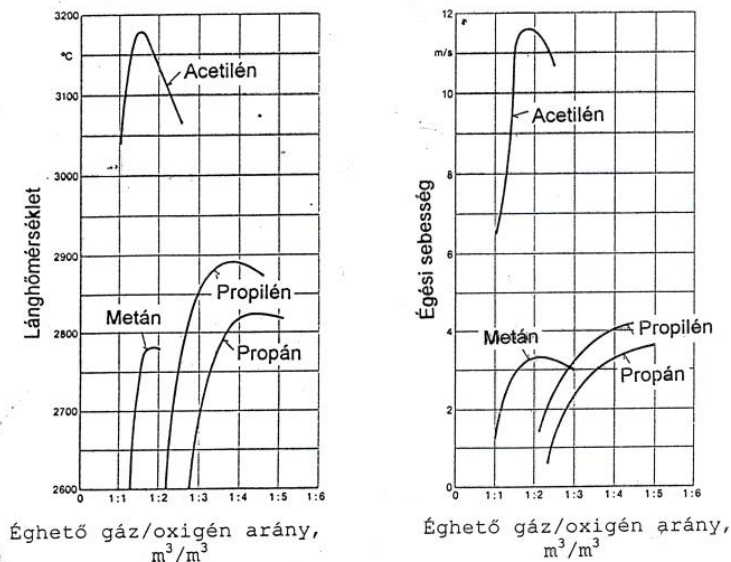
### Acetilén

Az acetilén színtelen, nem mérgező, szennyezői miatt jellegzetes szagú, a levegőnél könnyebb ( $\rho = 1,17 \text{ kg/m}^3$ ) éghető, telítetlen szénhidrogén gáz, szerkezeti képlete  $\text{C}_2\text{H}_2$ . A telített szénhidrogénű etánból ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) 2 hidrogén elvételekor telítetlen etilént ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) nyerhető. További 2 hidrogén elvételével adódik az acetilén, amelynél 2 négy vegyértékű szénatom egymáshoz kapcsolódik, és 2 egy vegyértékű hidrogén pedig a szénhez ( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-$

<sup>14</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 41.o.

H). Mivel az acetilén esetében a telített etánhoz képest hiányzik 4 hidrogén, ezért rendkívül labilis, nagy nyomáson, 300°C fölött 11-szeres térfogat növekedés és hőfejlődés mellett könnyen szétesik alkotóira ( $C_2H_2 \rightarrow 2C + H_2 + h\ddot{o}$ ). Ezért a gáz nyomása a használata során nem haladhatja meg a 0,15 MPa (1,5 bar) értéket. Az acetilén-levegő gázkeverék 3–82 % között, az acetilén-oxigén gázkeverék 2,5 - 93 % között robbanásveszélyes. Az acetilént korábban acetilén fejlesztőkben állították elő kalcium-karbid ( $CaC_2$ ) és víz reakciója során. Mivel a karbidgyártás a nagy energiaigénye miatt igen költséges, ezért ipari méretekben ma már az acetilént metánból ( $CH_4$ ) állítják elő (a  $2 CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3 H_2$  kémiai folyamat szerint).

A semleges lángnál beállított acetilén-oxigén gázkeverék adja a legnagyobb lánghőmérsékletű lángot (3180°C), a legnagyobb égési sebességet (oxigénben 13,5 m/s) és lángteljesítményt (44,8 kW/cm<sup>2</sup>). A 8. ábra néhány éghetőgáz lánghőmérsékletét és égési sebességét mutatja a keverési arány függvényében. Látható, hogy az acetilén-oxigén lánghőmérséklet 200-300°C-kal, az égési sebesség pedig 50 %-kal nagyobb a többi éghetőgáznál.



8. ábra: Főbb éghetőgázok lánghőmérséklete és égési sebessége

A lángteljesítmény egységnyi idő alatt (pl. 1 s alatt), egységnyi felülettel (pl. 1 cm<sup>2</sup>) felülettel közölt hőmennyiség, kW/cm<sup>2</sup>-ben (1 kW/cm<sup>2</sup> = 1 kJ/cm<sup>2</sup>·s). Az acetilénnél az első (primer) égési fokozatban felszabaduló hőenergiával és lángterjedési sebességgel elérhető fajlagos hőmennyiség a primer lángteljesítmény (az éghetőgázok fűtőértéke az autogénteknikában nem mérvadó). A második égési fokozatban felszabaduló hőmennyiség a szórt lángba (seprűbe) kerül és nem hasznosítható.

### Hidrogén

A hidrogén íztelen, nem mérgező, erősen redukáló, a levegőnél könnyebb ( $\rho=0,09 \text{ kg/m}^3$ ), kis primer lángteljesítményű (14,9 kW/cm<sup>2</sup>) éghetőgáz, melyet vízgázból állítanak elő. Ha izzó kokszelegyen vízgőzt fűtatnak át, akkor az izzó koks megbonthatja a vízgőzt, és hidrogénre és szén-monoxidra redukálja a  $C+H_2O \rightarrow H_2 + CO$  egyenlet szerint. A vízgázból a

szén-monoxidot elnyeletik, és az így nyert hidrogént palackba sűritik. Egy 40 literes palackban, 15 MPa (150 bar) nyomáson  $40 \cdot 150 = 6000$  liter, azaz  $6 \text{ m}^3$  hidrogén tárolható. A hidrogén-levegő gyulladási hőmérséklete ( $585^\circ\text{C}$ ) nagyobb az acetilén-oxigén gázkeveréknél. A hidrogén-oxigén gázkeverék égése az acetilénnél kisebb lánghőmérsékletű (max.  $2525^\circ\text{C}$ ) „hideg” lángot képez, ezért a gáz főként kis olvadáspontú, kis hőtéljesítményt igénylő fémek (pl. vékony acéllemez, ólom, alumínium) hegesztésére használható. Keskeny, szűrő lángja azonban alkalmassá teszi 100 mm-nél vastagabb acéllemezek lángvágására is.

### **Propán**

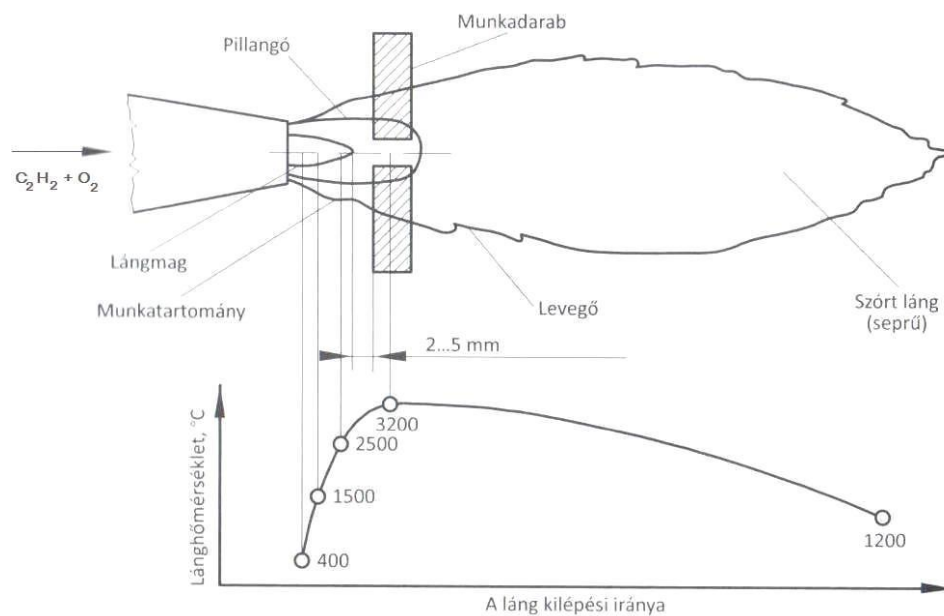
A propán (PB-gáz,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ) nem mérgező, a levegőnél nehezebb ( $\rho = 1,83 \text{ kg/m}^3$ ) éghetőgáz. A nagyobb sűrűségű gáz ellenőrizetlen körülmények között mélyedésekben, talajszinten összegyűlhet, és robbanóképes propán-levegő gázkeverék alakulhat ki, vagy pedig a levegő kiszorítása miatt fulladásveszély állhat elő. A propán levegővel 2,1–9,5%, oxigénnel 1,5–55% között alkot robbanóképes gázkeveréket. A propán fűtőértéke nagyobb, mint az acetiléné, égési sebessége azonban kicsi, emiatt mérsékelt a primer lángteljesítménye ( $10,4 \text{ kW/cm}^2$ ). A propán-levegő gyulladási hőmérséklete ( $510^\circ\text{C}$ ) nagyobb az acetilén-oxigén gázkeveréknél. A propán alkalmas kis olvadáspontú fémek és vékony acéllemezek ( $s \leq 2 \text{ mm}$ ) összekötésére, ill. lángvágáshoz.

### **Oxigén**

Az oxigén színtelen, szagtalan és íztelen, a levegőnél kissé nehezebb ( $\rho = 1,43 \text{ kg/m}^3$ ), nagy reakcióképességű éghetetlen, az égést tápláló gáz. Neve az oxigenium (savképző) szóból származik. Az oxigént iparilag a levegőből, a levegő alkotóinak (21 % oxigén, 78 % nitrogén, kb. 1 % nemesgáz) szétválasztásával, a levegő cseppfolyósítása, majd szakaszos lepárlása útján állítják elő. A megtisztított levegőt kb. 20 MPa (200 bar) nyomásra sűritik, majd ezután lehűtik. A nyomás csökkentésekor keletkező hőelvonás a gázt lehűti és cseppfolyósítja ( $-183^\circ\text{C}$ ), majd a cseppfolyósított levegő oxigén és nitrogén tartalmát szétválasztják. Nagy oxigén felhasználáskor a cseppfolyós oxigént  $10\text{--}25 \text{ m}^3$  űrtartalmú, kettős falú, szigetelt fémedényben szállítják, ill. tárolják. A cseppfolyós oxigén csak elgázosítás után használható, ehhez ún. hidegelgázosítót használnak. Egy liter cseppfolyós oxigén  $15^\circ\text{C}$ -on 0,1 MPa nyomáson 863 l gáznemű oxigénné alakul át hőfelvétel közben.

#### **2.2.2. Hegesztőláng típusok**

Az acetilén-oxigén láng szerkezetét a 9. ábra mutatja. A láng kémiai jellegét és láng hőmérsékletét befolyásolja az acetilén:oxigén aránya. Acetilén-oxigén aránya 1:1 – 1:1,1



9. ábra: A semleges hegesztőláng és szerkezete<sup>15</sup>

Acetilén-oxigén láng esetén a láng lehet (10. ábra):

- semleges,
- redukáló (acetiléndús),
- oxidáló hatású.

**Semleges** a láng, ha a két gáz aránya kb. 1:1. Ekkor a láng három, jól elkülöníthető részből, a lángmagból, a pillangóból és a seprűből áll.

A *lángmag* a hegesztőláng kékes fényű, élesen kirajzolódó kúpos felülettel határolt része. Az égőfejből nagy sebességgel kilépő lángkúp-köpenyben az acetilén felbomlik alkotóira, azaz szénre (C) és hidrogénre (H<sub>2</sub>).

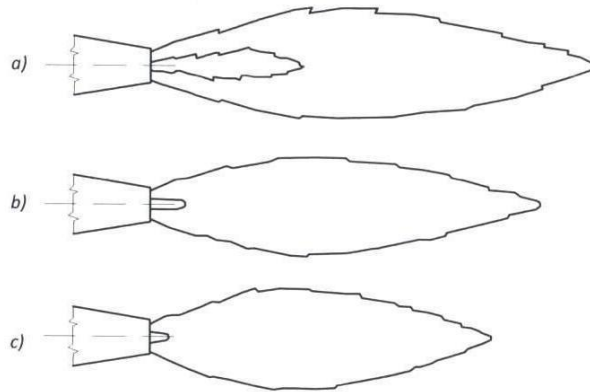
A *pillangóban* a szén és az oxigén szén-monoxiddá egyesül. A tökéletlen égés ( $2C+2H_2+2O_2 \rightarrow 4CO+2H_2$ ) következtében ez az övezet redukáló hatású. A hegesztendő elemek a lángmag végétől 2–5 mm-re legyenek, ekkor kellőképpen védi az ömledéket a CO+H<sub>2</sub> gázkeverék a levegőben lévő oxigén káros hatásától, és itt lesz a lánghőmérséklet a legnagyobb ( $\approx 3200^\circ\text{C}$ ). A lánghőmérséklet csökken, ha az éghetőgáz:oxigén aránya eltér az 1:1 értéktől.

Az acetilén:oxigén tökéletes elégése a *seprűben* (szórt lángban) megy végbe, ekkor a két gáz szén-dioxiddá és vízgőzzé ég el ( $4CO+2H_2+3O_2=4CO_2+2H_2O$ ). 1 m<sup>3</sup> acetilén tökéletes elégéséhez 2,5 m<sup>3</sup> oxigénre van szükség. Semleges láng esetén tehát 1 m<sup>3</sup> acetilén 1 m<sup>3</sup> oxigént a gázpalackból, 1,5 m<sup>3</sup> oxigént a levegőből használ fel. Ez utóbbi megfelel 7,3 m<sup>3</sup> levegő oxigéntartalmának, ezért zárt térben végzett hegesztéskor gondoskodni kell a levegő pótlásáról megfelelő szellőztetés útján.

Semleges lánggal kell hegesztetni

<sup>15</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 58.o.

- az ötvöztelen acélokat
- a gyengén ötvözött acélokat
- az acélöntvényeket,
- a melegszilárd acélokat,
- a vörösrezt.



10. ábra: Lángtípusok  
 a) redukáló (acetilén dús); b) semleges (normál); c) oxidáló (oxigén dús)<sup>16</sup>

*Acetilénfelesleg* esetén (**acetiléndús vagy redukáló láng**) eltűnik a lángmag és szabálytalan körvonalú, lobogó, sárgászöld színű hosszú láng jön létre.

Ilyen lánggal hegeszthetők

- az öntöttvasak,
- a nagy karbontartalmú szerszámacélok.

Ötvöztelen acélok hegesztésére nem ajánlott, mivel az ömledék karbonfelvétele növelheti az edződési veszélyt.

*Oxigénfelesleg* esetén (**oxigéndús láng**) a hegyes és kékes színű, erősen sziszegő hangú lángmag kedvezőtlen hatású, mivel a fémeket oxidálja. Ezt a lángot csak a sárgarézt (réz-cink ötvözet) gázhegesztésekor használják a cink kigőzölgesének csökkentése céljából.

Mindhárom lángnál be lehet állítani *lág*y, illetve *kemény* lángot anélkül, hogy az acetilén:oxigén arányát megváltoztatnánk. Az égőfejből kilépő semleges gázkeverék kiáramlási sebessége 110–130 m/s. Az ennél kisebb sebességgel kilépő lángot *lág*y lángnak, a nagyobb sebességgel kilépőt *kemény* lángnak nevezik. Hegesztéskor tehát a keverősár alsó tartományában dolgozva a láng *lág*y, a felső tartományában a láng *kemény* lesz.

### 2.2.3. Gázhegesztő felszerelés részei, kezelése és tárolása

#### Gázhegesztő berendezés

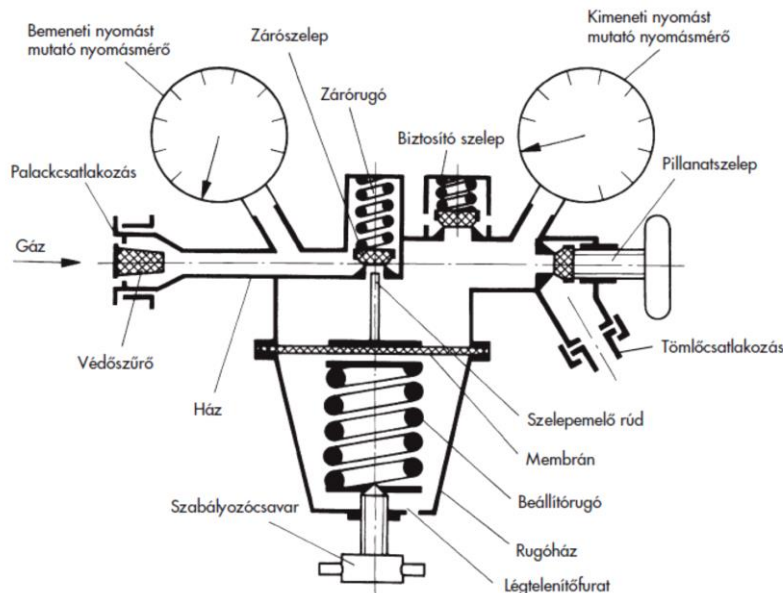
A gázhegesztő berendezés (vagy felszerelés) gázhegesztő készülékből és a gázvezetékéből áll. A készülékek fogalmába tartoznak a berendezés meghatározott funkcióra készült ele-

<sup>16</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 59.o.

mei (gázpalack, nyomáscsökkentő, hegesztőpisztoly, biztonsági eszközök stb.). A gázvezeték a berendezés készülékeit összekötő vezetékek (tömlők és csővezetékek), valamint ezek összekapcsolására alkalmas csatlakozó és toldó elemek.

### Nyomáscsökkentő

A hegesztő nyomáscsökkentő (reduktor) feladata a palackban, ill. csővezetékben lévő nagyobb (bemeneti) nyomás üzemi (kimeneti) nyomásra csökkentése, annak állandó értéken tartása változó gázelvétel esetén is, a folyamatos gázelvétel szavatolása, a palack lángviszszacsapástól vagy nyomásvisszahatástól való védelme. A palackszelepre az acetilén nyomáscsökkentőt kengyellel, az oxigén nyomáscsökkentőt jobbmenetes,  $\frac{3}{4}$ "-os (21,8 mm átmérőjű, 14 menet/1" menetemelkedésű) Whitworth-menetű anyával, a hidrogén és minden más éghetőgázét (az acetilén kivételével) balmenetes, az előzővel megegyező átmérőjű és menetemelkedésű anyával rögzítik. Nagyobb vagy tartós gázelvételkor a nyomáscsökkentő befagyhat, ebben az esetben csak meleg vízzel vagy meleg levegővel szabad a nyomáscsökkentőt felmelegíteni. A nyomáscsökkentő lehet egyfokozatú vagy kétfokozatú. A 11. ábra egyfokozatú nyomáscsökkentő metszetét és főbb elemeit mutatja.



11. ábra: Egyfokozatú hegesztő nyomáscsökkentő<sup>17</sup>

A nyomáscsökkentő tulajdonképpen membránszabályozású szelep. A gázpalack szelepének nyitása után a gáz a nyomáscsökkentő nagynyomású (bemeneti nyomású) terébe áramlik, miközben a beállítórugó feszültségmentes (kicsavart) állapota esetén nincs gázkiáramlás. Ekkor a bemeneti nyomásmérő a palackban lévő gáz nyomását mutatja. Gázelvétel esetén először a szabályozócsavarral be kell állítani a kívánt kimeneti (üzemi) gáz nyomását. Ekkor a rugó a rugalmas membránt – ezen keresztül a zárószelepet megemeli és a gáz a kisnyomású térbe áramlik, és a gáz a kieresztőszelep (pillanatszelep) nyitásakor a tömlőbe, ill. pisztolyba jut.

<sup>17</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 48.o.



A nyomáscsökkentő házán vagy a rugófedélen a következőket kell feltüntetni:

- a gyártó, ill. forgalmazó cég neve vagy jele,
- a nyomáscsökkentő osztályba sorolása,
- az alkalmazható gáz típusa (ill. rövid jele),
- a legnagyobb bemeneti nyomás értéke.

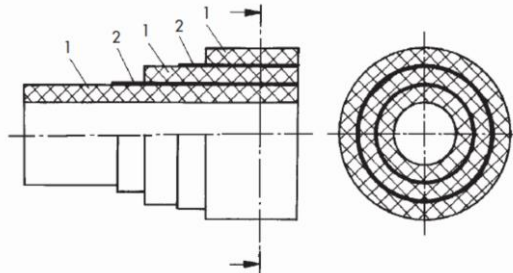
A kétfokozatú nyomáscsökkentőnél két nyomásszabályozó van egybe építve egy közös házban. Az egyik nyomáscsökkentő a gázpalackhoz csatlakozik és adott értékre csökkentett nyomásra van beállítva (pl. oxigénpalacknál 15 bar nyomásra). A másik nyomáscsökkentő ezt a nyomást csökkenti a hegesztéshez (vagy vágáshoz) szükséges értékre. Így az üzemi nyomás hosszú időn át állandó értéken tartható, a nyomás finomabban szabályozható.

A nyomáscsökkentő gázpalackra való felszerelésének sorrendje a következő:

- a gázpalack védőkupakjának eltávolítása, a szelep zárt állapotának ellenőrzése, majd a vakanya eltávolítása,
- a gázpalackszelep kifűtése, annak  $\frac{1}{4}$  fordulattal való óvatos megnyitásával, (a kiömlőnyílástól oldalt elhelyezkedve),
- a csatlakozóanya és a tömítőgyűrű ellenőrzése (száraz fiber gyűrű alkalmazható, bőr, olajos kóc stb. nem),
- a szabályozócsavar kitekert, a pillanatszelep zárt állapotának ellenőrzése,
- a hollandi anya, ill. a kengyeles szorító gázpalackhoz való csatlakoztatása,
- a lángvisszacsapás-gátló nyomáscsökkentőhöz való csatlakoztatása, a gumitömítő és a hegesztőpisztoly felszerelése,
- a palackok szelepeinek óvatos kinyitása, a bemenő nyomású manométeren a palacknyomás, továbbá a csatlakozások tömítettségének ellenőrzése.

#### **Gumitömítők és tömlőcsatlakozók**

A gumitömítő az igénybevétel és a tartósság figyelembe vételével kereszt szövésű szintetikus textilfonattal készül. Az oxigéntömítő három soros, az acetiléntömítő két soros, ez utóbbit mutatja a 12. ábra.



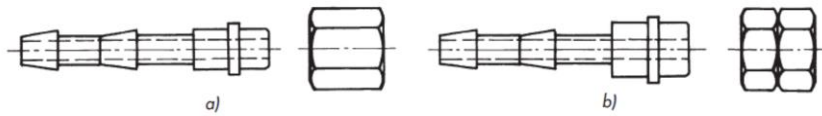
12. ábra: A gumitömítő szerkezete  
1: gumitömítő; 2: vászonbetét<sup>18</sup>

Az oxigénhez 10 m hosszúig  $\varnothing 11 \times 4$  mm, az acetilénhez  $\varnothing 14 \times 6,3$  mm méretű gumitömítőt használnak. A szokásos névleges (belső) átmérők: 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10 mm. Az oxigéntömítő színjelölése kék, az acetiléntömítőé piros.

<sup>18</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 50.o.

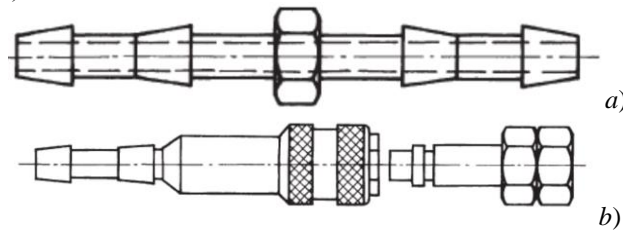
A tömlő külső felületén 1 méterenként tartósan és jól láthatóan a következőket kell feltüntetni:

- az európai szabványra való utalás,
- a legnagyobb üzemi nyomás MPa-ban és zárójelben bar-ban,
- a tömlő névleges (belső) átmérője mm-ben,
- a gyártó és szállító márkaneve,
- a gyártás dátuma.



13. ábra: Egyoldali tömlőcsatlakozó és hollandi anya  
a) oxigénhez; b) acetilénhez<sup>19</sup>

A gumitömlőt a pisztolyhoz csak szabványos tömlőcsatlakozóval szabad csatlakoztatni. Ennek anyaga maximum 70 % rezet tartalmazó sárgaréz (réz-cink ötvözet) lehet. A 13. ábra egyoldali, a 14. ábra kettős, ill. önműködően záró csatlakozótoldatot szemléltet. A tömlőcsatlakozó 3/8"-os balmenetes hollandi anya palástján lévő V alakú bemetszés az acetilén miatt szükséges, elkerülendő az oxigén hollandival való összecserélést (utóbbin nincs bemetszés).



14. ábra: Csatlakozó toldatok  
a) kettős toldat, b) önműködően záró csatlakozótoldat<sup>20</sup>

A tömlők összekötésére, pl. a tömlő meghosszabbításakor vagy javításakor kettős tömlőcsatlakozó toldatot vagy kettős menetes csatlakozót kell alkalmazni. A csatlakozóvégnek igazodnia kell a tömlő méretéhez. A tömlő a csatlakozóvégre megbízhatóan tömlőbilincscsel erősíthető fel, dróttal vagy egyéb más módon tilos rögzíteni!

A tömlők összeköthetők oldható (önműködően záródó) csatlakozó toldattal is. Ezt a tömlők nyomáscsökkentőre vagy hegesztőpisztolyra való felszerelésére, ill. összekötésre használják. Ez az önzáró elem lehetővé teszi a nyomás alatti csatlakoztatást is. A csatlakozótesten a következőket kell feltüntetni:

- a vonatkozó szabvány jele,
- a csatlakozó toldat típusa (pl. O oxigénhez, F éghetőgázokhoz),
- a gyártó neve vagy jele,
- az áramlási irányt mutató nyíl.

<sup>19</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 50.o.

<sup>20</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 51.o.

### ***Kisnyomású injektoros hegesztőpisztoly***

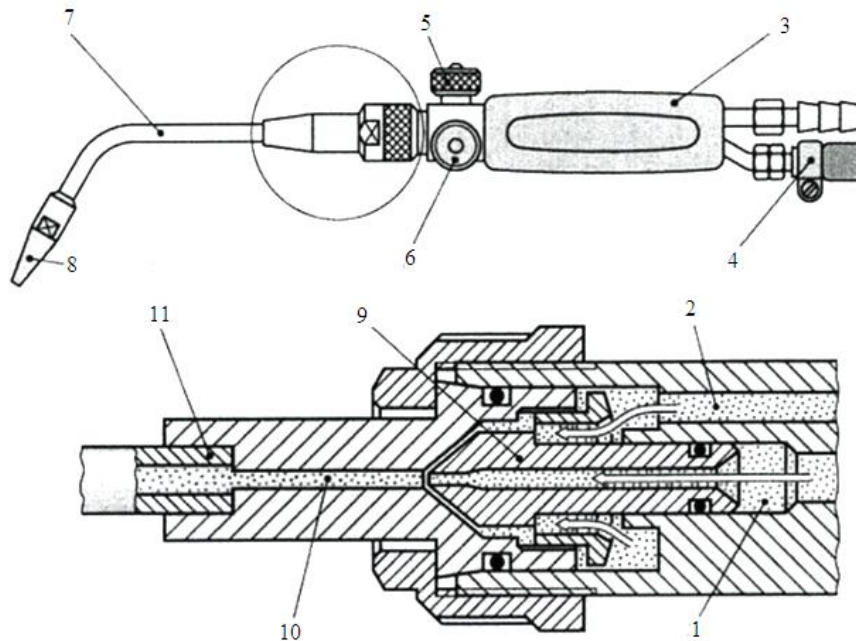
A hegesztőpisztoly feladata az éghetőgáz és az oxigén összekeverése, a gázkeverék égőfejbe való vezetése.

A kisnyomású (szívó vagy injektoros) hegesztőpisztolyba az acetilént a nagyobb nyomású oxigén szívóhatásával kell bejuttatni, ha a gáznyomás nem elég ahhoz, hogy a pisztolyba elegendő gáz jusson. Az égőfej nyílásánál a gázkiáramlás sebességének nagyobbak kell lennie az égési sebességénél, mert különben az égés visszafelé terjed a pisztolyba. Ennek elkerülésére injektoros hegesztőpisztolyt használnak.

A hegesztőpisztoly részei (15. ábra):

- a markolat,
- a keverőszár és
- az égőfej.

A markolaton található a gázszabályozó szelepek, amelyekkel a gázok mennyisége és keverési aránya beállítható. A markolathoz oldható tömlőcsatlakozóval csatlakozik az oxigén és az acetilén.



15. ábra: Kisnyomású injektoros hegesztőpisztoly

1: oxigén; 2: acetilén; 3: fogantyú; 4: csatlakozó bilincs; 5: oxigénszelep; 6: acetilénszelep; 7: szárcső; 8: égőfej; 9: nyomófúvóka, 10: keverőfúvóka; 11: kúpos keverőcső<sup>21</sup>

Az injektoros keverőszárban az éghetőgáz és az oxigén úgy keveredik, hogy a nagyobb nyomású oxigén az injektor keverőfúvókáján átáramolva nyomáscsökkenést hoz létre a kúpos keverőcsőben és beszívja az éghetőgázt. Az áramlás irányában csökkenő keresztmetszetű csőszakaszt konfúzornak, a bővülő csőszakaszt diffúzornak nevezik. A pisztoly

<sup>21</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 52.o.

konfúzor részében a nagyobb nyomású (0,18...0,25 MPa túlnyomású) oxigén felgyorsul és magával ragadja a kisebb nyomású (0,03–0,08 MPa túlnyomású) acetilént. A gázok a diffúzorban összekeverednek és sebességük lelassul. Semleges lángnál a kiáramlási sebesség 110–130 m/s, miközben az égési sebesség acetilén-oxigén gázkeveréknél 13,5 m/s. A gázkiáramlási sebesség a keverőszár cseréjével szabályozható anélkül, hogy az acetilén-oxigén arányát változtatnák. Ha a gázok égőfejből való kiáramlási sebessége túl nagy (túl sok acetilén és oxigén), akkor a láng „elrepül”, ha pedig túl nagy, akkor a láng visszajuthat a keverőszárba (visszaégés). A keverőszár rézből készül, hogy jól vezesse a hőt, gyorsan lehűljön, és ne melegítse fel a benne áramló gázkeveréket a gyulladási hőmérsékletre (acetilén –levegő keverék esetében 335°C). A keverőszár azért készülhet vörösréz-ből, mivel abban nem acetilén, hanem acetilén-oxigén gázkeverék áramlik.

A cserélhető keverőszárakat különböző méretben gyártják és számozással látják el (1–8). A 7. táblázat a keverőszárak számozását és az adott keverőszárral hegeszthető ötvözetlen acéllemez vastagságát, a gázokkal összefüggő adatokat, ill. a tisztítótű méreteit mutatja.

| A keverőszár száma | Acéllemez, vastagság, s, mm | Oxigénnyomás, MPa | Acetilénnyomás, MPa | Acetilénfogyasztás, l/h | Oxigénfogyasztás, l/h | Tű Ø acetilén, mm | Tű Ø oxigén, mm |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 0                  | 0,2–0,5                     | 0,25              | 0,03–0,08           | 35                      | 40±5                  | 0,5               | 0,7             |
| 1                  | 0,5–1                       |                   |                     | 75                      | 80±10                 | 0,7               | 1,0             |
| 2                  | 1–2                         |                   |                     | 150                     | 160±15                | 1,0               | 1,2             |
| 3                  | 2–4                         |                   |                     | 300                     | 315±30                | 1,0               | 1,5             |
| 4                  | 4–6                         |                   |                     | 500                     | 550±50                | 1,5               | 2,0             |
| 5                  | 6–9                         |                   |                     | 750                     | 800±80                | 2,0               | 2,0             |
| 6                  | 9–14                        |                   |                     | 1150                    | 1250±125              | 2,4               | 2,4             |

8. táblázat: Keverőszárak számozása és a javasolt hegesztési adatok<sup>22</sup>

Ha a keverőszár furata eltömődött, akkor azt a furatnak megfelelő átmérőjű (0,5...2,4 mm) lágy tűvel kell tisztítani, ugyanis a szennyeződés a lángmagot szabálytalaná teszi, a láng pontos beállítását nehezíti.

A keverőszáron az alábbiakat kell tartósan feltüntetni:

- a gyártó neve vagy jele □□□□□□,
- a keverőrendszer jele injektoros vagy szívópisztoly (visszaáramlással szembeni biztonság miatt),
- a keverőszár száma,
- az éghetőgáz típusa A (=acetilén),
- a hegeszthető acéllemez vastagság 0,5–1 mm,
- az oxigénnyomás S 2,5 bar.

A keverőszár szívóhatását *szívópróba*val lehet ellenőrizni. Ehhez először az oxigénpalackot kell kinyitni, majd be kell állítani az oxigén nyomását. Az acetilén palackot zárva kell

<sup>22</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 53.o.

tartani, az acetiléntömlőt pedig le kell szerelni a pisztoly markolatáról. A pisztoly az acetilén és az oxigén szelepének nyitásakor a markolat acetilén-csatlakozójánál határozott szívóhatást kell észlelni. Ha ez nem jelentkezik, vagy a gáz visszaáramlik, akkor hibás a hegesztőpisztoly.

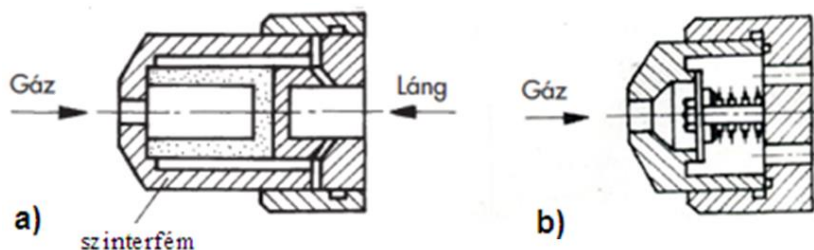
### **Biztonsági eszközök**

A hegesztőpisztoly helytelen használata vagy nem megfelelő karbantartása esetén a láng a pisztolytól a palackig visszajuthat, minek következtében eléghet a nyomáscsökkentő vagy a nyomásmérő, megrepedhet a gumiömlő, megsérülhet a pisztoly vagy felrobbanhat a gázpalack. Miután a táblázat szerinti üzemzavarok nem zárhatók ki teljesen, ezért a hegesztő-berendezéseket megfelelő biztonsági eszközökkel kell felszerelni a Hegesztési Biztonsági Szabályzat (HBSz) szerint. A palackkötegre, palacktelepre és az egyedi palackokra külön előírások is érvényesek.

Az acetilén palackköteg, ill. palacktelep minden egyes gázelvételi helyét fel kell szerelni olyan biztonsági eszközzel, ami megakadályozza

- a láng visszajutását az égőfejből a gázvezetékbe,
- az oxigén visszajutását az acetilén vezetékbe,
- az acetilén utánáramlását lángvisszacsapáskor.

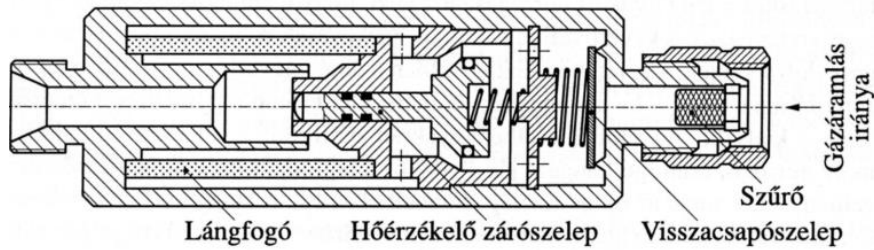
A *lángfogó* zsugorított, porózus fémszűrő (szinterfém), ami megakadályozza a láng továbbterjedését az elhelyezése mögötti vezetékszakaszon (6.10.ábra).



16. ábra: a) Lángfogó, b) Visszacsapó szelep<sup>23</sup>

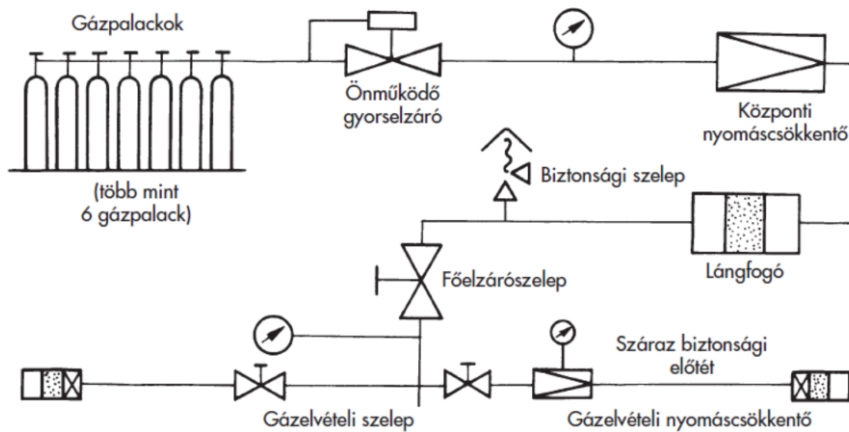
A *visszacsapó szelep* rugóterhelésű membránszelep, ami a hirtelen fellépő gázvisszacsapást akadályozza meg. (16. ábra). A szelepet a gázáram tartja nyitott állapotban. Záródik a szelep, ha a gázáramlási iránnyal ellentétes irányú áramlás jönne létre. Az autogéntechnikában elterjedt biztonsági eszköz a *lángvisszacsapás-gátló patron*, amelyben egybe van építve a lángfogó és a visszacsapó szelep. A 17. ábrán látható patron emellett még tartalmaz egy hőérzékelő zárószelepet is.

<sup>23</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 54.o.



17. ábra: Lángvisszacsapás-gátló patron<sup>24</sup>

A több mint 6 db gázpalackot tartalmazó *palacktelepet*, ill. *palackköteget* kiegészítő biztonsági eszközökkel kell felszerelni (18. ábra) így lángfogót közvetlenül a nyomáscsökkentő mögött, továbbá önműködő gyorselzárót a központi nyomáscsökkentő előtt. A legfeljebb 6 darab palackot tartalmazó palacktelep-rendszer, ahol folyamatos a gázéltétel, kézzel működtethető gyorselzáróval (golyóscsappal) kell felszerelni.

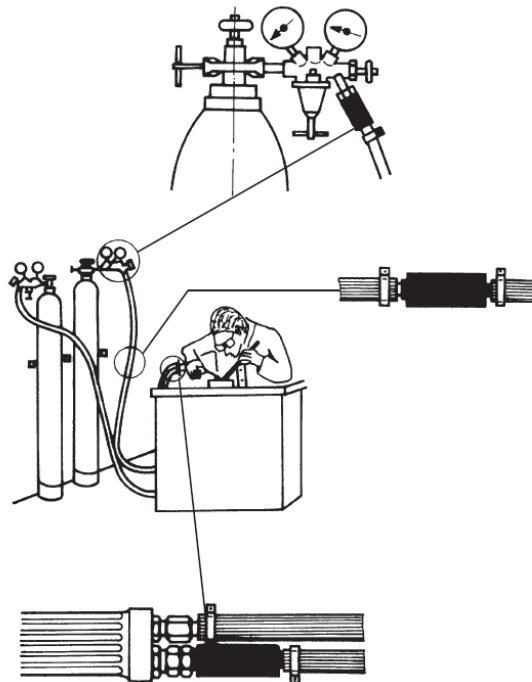


18. ábra: Palacktelep biztonságtechnikai felszerelése<sup>25</sup>

*Egyedi palackvédelemre* akkor van szükség, ha az acetilénpalackról csak egy hegesztőpisztolyt üzemeltetnek. A lángvisszacsapás-gátló patron felszerelhető a pisztoly markolatára, az acetiléntömlőbe, ill. a nyomáscsökkentő előtt a 19. ábra szerint.

<sup>24</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 55.o.

<sup>25</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 55.o.



19. ábra: Egyedi palackvédelmi változatok<sup>26</sup>

A markolatra való felszerelés előnye, hogy a tömlő és a nyomáscsökkentő védett, van idő a gázipalack elzárására, de hátránya, hogy növeli a pisztoly súlyát, és a védelem a hegesztő kezénél megy végbe. A tömlőbe szerelt patron előnye, hogy toldásra is alkalmazható, a tömlő egy része és a nyomáscsökkentő védett. Hátránya, hogy a tömlő az esetleges sérülésnek jobban ki van téve, továbbá nehezebb a tömlő csévézése. A nyomáscsökkentőre felszerelt patron védi a nyomáscsökkentőt, és felszerelhető robusztusabb méretű eszköz is, hátránya, hogy nem védi a tömlőt, és nincs idő a palack gyors elzárására.

#### **Gázipalackok szerkezete, kezelése és tárolása**

A *gázipalack* alulról mélydomború fenékkal ellátott, felül nyakszerűen kialakított fémből készült, henger alakú, elzáró szeleppel ellátott nyomástartó edény, ami sűrített, nyomás alatt cseppfolyósított vagy nyomás alatt oldott gáz tárolására és szállítására szolgál. A sűrített ipari gázok és gázkeverékek, valamint a szén-dioxid számára használt korszerű palackok jó minőségű, általában króm-molibdén ötvöztetésű acélból, vagy különleges alumíniumötvözetből (például nemesített Al-Mg-Si) varratmentes kivitelben készülnek. Az egyes gáztípusokat tartalmazó palackokat egyedi színjelzéssel látják el a gázipalackok megkülönböztetése, ill. a bennük tárolt gáz felismerése céljából. A színjelölést a palack vállán kell elhelyezni. Az ipari oxigén palackja fehér színű. Az acetilén esetében a hagyományos, D3 porozitású töltőmasszát tartalmazó palack gesztenyebarna, a nagyporozitású töltőmasszát tartalmazó acetilénpalack színe sárga, a válla gesztenyebarna.

<sup>26</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 56.o.

A színjelölés általános alapszabálya az elsődleges veszélytényezőt (mérgező, korrozív, éghető, oxidáló, semleges) veszi figyelembe. A szabvány szerinti új színjelölések a legtöbb gáz vagy gázkeverék esetében eltérnek a régitől. A szabvány szerinti színjelölés kizárólag a gázpalack vállrészére vonatkozik, a palackköpeny (hengeres palástrész) színére vonatkozó mindennemű előírás/szabályozás nélkül. A gázpalackokat a nemzetközi szabvány három részből álló jelölérendszerrel kell ellátni:

- gyártói és üzemeltetési bélyegzésekből (keményfém eszközzel való beütéssel, gravírozással, öntéssel vagy más hasonló módszerrel),
- veszélyesség azonosító címkékből a gázpalack és tartalma meghatározásának megkönnyítésére, a legfontosabb veszélyekre való figyelmeztetésre,
- színjelölésből a palack töltetének azonosítására, ha a címke nem olvasható.

Fentiekén kívül még a következő beütött adatok találhatóak a palack vállrészén:

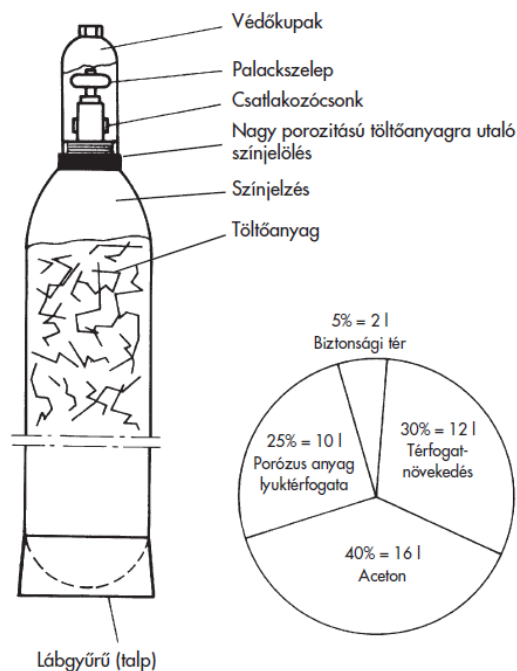
- maximális töltési nyomás (bar),
- tulajdonos neve,
- nyomáspróba-szakértő (kazánbiztos) jele,
- gyártási (első használatbavételi) dátum (év/hónap),
- szilárdsági jellemző (N/mm<sup>2</sup>),
- hőkezelési ismertetőjel,
- geometriai űrtartalom (liter),
- gyártási szám,
- a gyártó jele.

#### **Az acetilén tárolása gázpalackban**

A hegesztéshez szükséges acetilént 10, 14, 20, 27, 40 és 50 literes palackokba töltik, megrendelni a töltet tömege alapján lehetséges. Az acetilént nem lehet úgy palackba sűríteni és tárolni, mint a legtöbb ipari gázt. Az acetilénpalackot porózus anyag (massza) tölti ki. Ebbe a porózus masszába töltik a folyékony acetont (di-metil-ke-ton) vagy di-metil-formamidet, ami szivacszerűen felszívja a folyadékot és csökkenti a robbanásveszélyt 0,15 MPa túlnyomás fölé. Az acetonban oldott, porózus masszában elnyelt acetilént *disz-szugáznak* nevezik (a francia dissous=oldott szó alapján). A hagyományos, úgynevezett D3 típusú, heterogén töltőmassza (faszén, azbeszt, kovaföld, cement) pórus szerkezete következtében alakul ki a szárítási folyamat után a 75 % körüli porozitás. A nagyporozitású (92%) masszák esetében általában a palackokba töltött vizes szilícium-dioxid és kalcium-hidroxid keveréket kb. 12 bar vízgőznyomáson és 180°C hőmérsékleten reagáltatják. Így kristályszerkezeti vizet tartalmazó, szilárd kalcium-szilikát képződik, amelyből a vízmolekulákat hevítéssel eltávolítva, azok helyén mikroméretű pórusok és kapillárisok alakulnak. Előnye a nagyobb porozitás, és így a nagyobb acetilénkapacitás. A szűkebb pórusok miatt viszont a palackból az acetilén nehezebben távozik, így csak kisebb gázérvételi sebességgel dolgozhatunk anélkül, hogy a gáznyomás lecsökkenne. A nagyporozitású masszákban acetont is könnyebben távozhat folyadék alakjában, különösen a külső hőmérséklet emelkedésével, ha a gázérvételt a megengedettnél jobban növelik. Ilyenkor a gázutánpótlás lecsökken, és a felhasználó nyomáscsökkentőjén leesik a nyomás. A reduktorba került folyadék további zavarokat okozhat, nyomásingadozás formájában.

A zavart meg lehet megszüntetni a palackszelep rövid idejű zárásával, és nyitás után az érvételi sebesség maximumérték alá csökkentésével.





20. ábra: Az acetilénpalack szerkezete és térfogataránya 50 l űrtartalmú palackban<sup>27</sup>

Az acetilénnel szabályosan töltött, névleges acetontartalmú disszupalack tömegeloszlását egy 10 kg-os, 50 literes gázpalack (Pd 50) példáján mutatja a 20. ábra. Az acetilénpalackot nem nyomásra, hanem tömre töltik, így a gáztöltet mennyiségét a szén-dioxidhoz hasonlóan csak tömegméréssel lehet megállapítani és kg-ban megadni, de itt az aceton oldószer tömegét is belemérik.

| Palackméret, liter | Masszaporozitás, % | Acetiléntöltet, kg | Külső átmérő, mm | Hosszúság, mm | Taratömeg, kg |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|---------------|---------------|
| Pd 10              | ≥92                | 1,8                | 140              | 980           | 23            |
| Pd 14              | ≥75                | 2,0                | 140              | 1150          | 35            |
| Pd 20              | ≥92                | 4,0                | 204              | 865           | 42            |
| Pd 27              | ≥75                | 4,0                | 204              | 1220          | 55            |
| Pd 40              | ≥75                | 6,0                | 204              | 1630          | 74            |
|                    | ≥92                | 7,5                | 204              | 1630          | 74            |
| Pd 50              | ≥92                | 10,0               | 229              | 1640          | 77            |

9. táblázat: Az acetilénpalackok szokásos adatai és töltési adagjai  
P = Palack, d = disszu, 50 = üres palack űrtartama literben<sup>28</sup>

<sup>27</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 46.o.

<sup>28</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 47.o.

Egy liter vegytiszta aceton 15°C-on, 1,5 bar nyomáson kb. 24 l acetilént képes elnyelni. Ha egy 50 l térfogatú palackba 10 kg acetilént töltenek, az elméletileg 8,5 m<sup>3</sup> acetilénnek felel meg. A szabályosan megtöltött teli acetilénpalackban állapotban, 15°C-on 18±1 bar nyomás mérhető, ami a hőmérséklet változással arányosan nő vagy csökken. 15°C-on 19 bar nyomáson 20 l aceton töltésekor a számítható gázmennyiség  $19 \cdot 20 \cdot 24 = 9120$  liter, azaz 9,12 m<sup>3</sup>.

A gázt a palackból kúpos menetű, palackvállba behajtható *palackszelepen* keresztül lehet kivenni. A palacktest anyaga ipari gázok esetében általában sárgaréz, a tömítőgyűrűk anyaga pedig teflon, vagy olyan minőségű műgumi, ami égéstechnikai tulajdonságai alapján nagynyomású oxigénben is biztonságos. Az acetilénpalack szelepe csak 70%-nál kisebb réztartalmú sárgarézből (réz és cink ötvözetéből) készülhet, mivel az acetilén a színrézrel robbanóképes réz-acetát vegyületet képez, de a szelep anyaga lehet acél is. Az acetilén kivételével a menetes csatlakozások az éghetőgázok esetén balmenetűek, a semleges és oxidáló gázok esetében pedig jobbmenetűek.

#### Az oxigén tárolása gázpalackban

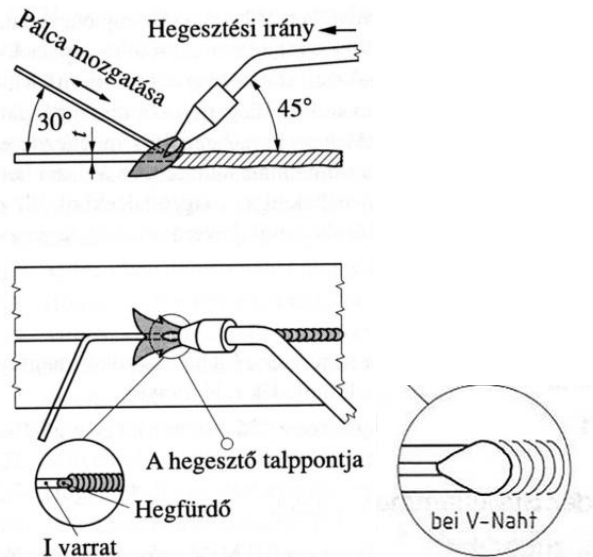
Az ipari célra használatos oxigént 10, 14; 27; 40; és 50 literes palackba töltik. A 40 literesben a töltési nyomás 15 MPa (150 bar), az 50 literesben 20 MPa (200 bar). Eszerint a teli palackba 6000 l (6 m<sup>3</sup>), ill. 10000 l (10 m<sup>3</sup>), gázt sűrítenek.

#### 2.2.4. Hegesztési technikák, jobbra és balra hegesztés

##### A pálca és a pisztoly helyzete, vezetése

A hegesztés végezhető hegesztőpálca nélkül (pl. peremvarrat, I varrat) vagy pálcával. Az ömlesztés szempontjából fontos, hogy adott hegesztési helyzetben milyen szöget zár be a pisztoly és a pálca a hegesztendő elemekkel. Ha a pisztoly (és a láng) a hegesztetlen alapanyag felé mutat, akkor ezt *balra hegesztésnek*, ha az ömledék felé mutat, akkor *jobbra hegesztésnek* hívják.

A 21. ábra: **balra hegesztési** műveletet mutat vízszintes helyzetű lemezhegesztésre.



21. ábra: Lemezek balra hegesztése vízszintes helyzetben<sup>29</sup>

Acélok balra hegesztéskor a pisztoly a varrat síkjához képest 45°-os szöget, a pálca 30°-os szöget zárjon be. Ha a pálcát a hegesztő *mártogató* mozgással adagolja, akkor a pisztoly egyenes vonalú mozgással haladjon előre. Ekkor a hegesztő a pálca végét a láng közelében előmelegített állapotban tartja, addig, amíg a láng az alapanyagot meg nem ömleszti. Ezután a pálcát tengelyirányban elmozdítva a lángmag elé téve megvárja a pálca végének lecsöppenését, majd tengelyirányban kihúzza az alapanyag megömlését. Ezen műveletek folyamatos ismétlésével alakul ki az ömledék, ill. a varrat. Gondot jelenthet a pálca lángból való kihúzása esetén az izzó pálcavég oxidációja, ami a varratban gázporozitást idézhet elő. A mártogató mozgást acélok esetében általában 3 mm vastagságig alkalmazzák.

3 mm vastagság fölött az összekötendő elemeket le kell V alakban, 50...60°-os szögben élezni. 3 mm fölött a pálca és a pisztoly ellentétes irányú *ívelő mozgást* végez. Ekkor a pálca nem árnyékolja le a lángot és ezáltal az élek is tökéletesen összehegeszthetők lesznek. A láng az előtte lévő pálcát állandóan megkerüli, és így az alsó élek felhevítése is megfelelő lesz. A pálcavég lecsöppenése a pálca és a pisztoly találkozásakor következik be. Ez a technika alkalmas 3 mm-nél kisebb anyagvastagságok összehegesztésére is.

*A balra hegesztés előnyei:*

- sima vagy csak enyhén pikkelyes varratfelület,
- kisebb hőbevitel,
- vékony falvastagságok (3 mm alatt) összekötésére alkalmas.

*A balra hegesztés hátrányai:*

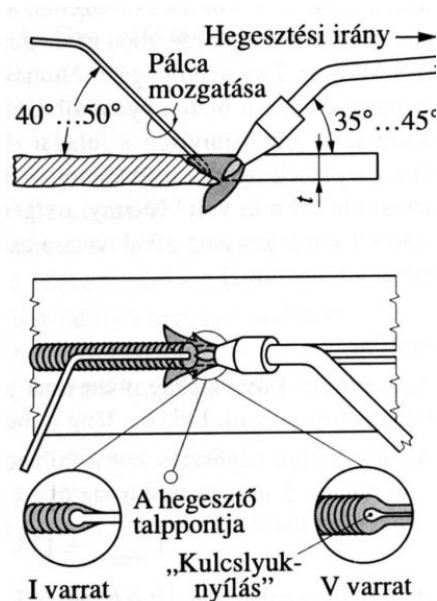
- nagyobb hővesztés,
- enyhén előrefutó hegfürdő,
- nagyobb mértékű deformáció,
- a gyök megfelelő átolvasztása hegesztés közben nem érzékelhető, mivel a láng az alapanyagra irányul,
- a láng nem védi az ömledéket a levegő alkotóitól, így az elkészült varrat porózusabb lehet.

A balra hegesztés alkalmazási területe:  $s \leq 4$  mm vastagságú ötvöztelen vagy gyengén ötvözött acél, acélöntvény, öntöttvas, alumínium és ötvözetek, réz és ötvözetek.

**Jobbra hegesztéskor** a láng a hegfürdő felé irányul, ezáltal melegen tartja az ömledéket (22. ábra). A láng védi az ömledéket a levegőtől, csökkenti az ömledék lehülését és edződésre hajlamos acélok esetén az edződési veszélyt. Acélok jobbra hegesztésekor a pisztoly a varrat síkjához képest bezárt szöge 35–45°-os szöget, a pálca 40–50°-os szöget zárjon be. Alumínium, réz és ötvözetek hegesztésekor a pisztoly szöge 45–90°, a pálca szöge 15–30° legyen.

---

<sup>29</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 62.o.



22. ábra: Lemezek jobbra hegesztése vízszintes helyzetben  $s$  anyagvastagság<sup>30</sup>

Kisebb falvastagságoknál (4–5 mm) a hajlásszög meredekebb, vastagabb elemeknél ( $s > 8$  mm) kisebb (45°). A lángmag vége az anyagvastagság harmadáig nyúljon a varratvályatba, ezáltal az élek nagyobb biztonsággal ömlesztethetők át. Mivel a láng az ömledékre irányul, a túl kemény láng az ömledéket szétfújhatja. Az élek megömlését egy *kulcslyukhoz hasonlító nyílás* mutatja, melynek fenntartása szavatolhatja a gyökhiba mentes varrat elkészítését. A láng fűvőhatása az ömledék egy részét az így kialakult nyílásba fűjja. A pisztoly egyenes vonalú mozgással halad előre, miközben a pálca körkörös mozgást végez. A pálca így állandóan keveri az ömledéket, aminek az az előnye, hogy gázok és a salak az ömledék felszínére kikeverhetők.

*A jobbra hegesztés előnyei:*

- kisebb lehülési sebesség (edződési veszély csökkenése),
- kisebb hőbevitel miatt kisebb mértékű vetemedés,
- a kulcslyuk hatás révén biztosabb gyökátolvasás,
- az ömledéket a láng jobban védi a levegőtől,
- egy lépésben nagyobb keresztmetszet átolvasztása.

*A jobbra hegesztés hátrányai:*

- 3 mm anyagvastagságnál nehézkes az alkalmazása,
- durvább pikkelyes felület.

Az anyagvastagság ismeretében közelítőleg meghatározható az óránkénti acetilén és oxigén fogyasztás a fajlagos lángenergia ismeretében. A *fajlagos lángenergia* az időegység alatt (óra), anyagvastagságonkénti (mm) literben elfogyasztott acetiléngáz mennyiség. Acélok balra hegesztésekor ennek értéke közelítőleg 100 l/(mm·h), jobbra hegesztéskor

<sup>30</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 64.o.

kb. 125 l/(mm·h). Semleges láng esetén az oxigénfogyasztás az acetilénfogyasztás kb. 10 %-kal több mint az acetilénfogyasztás. Vörösréz hegesztésekor a fajlagos lángérintés értéke kb. 200 l/(mm·h) legyen. 10 kg-os töltetű palacknál hosszabb idejű hegesztés esetén a gázelvétel ne haladja meg az 500 l/h, rövid idejű, szakaszos elvétel esetén az 1000 l/h értéket, mivel nagyobb gázelvételkor a gáz az acetont magával ragadhatja.

### 2.2.5. Forrasztás

A **forrasztás** két fém adhéziós és/vagy diffúziós (nem kohéziós) kötése olyan, az alapfém(ek)et nedvesítő hozaganyag (forrasz) által, melynek az olvadáspontja kisebb mint az összeforrasztandó fémeké. A forrasztáshoz szükséges hőenergiát gázégőben éghetőgáz levegővel (oxigénnel vagy sűrítettlevegő-áramban) való elégetésével nyerik. Az éghetőgáz lehet propán, bután, földgáz, hidrogén vagy acetilén. Az eljárás során folyósítószer és/vagy védőatmoszférát (védőgáz vagy vákuum) lehet alkalmazni.

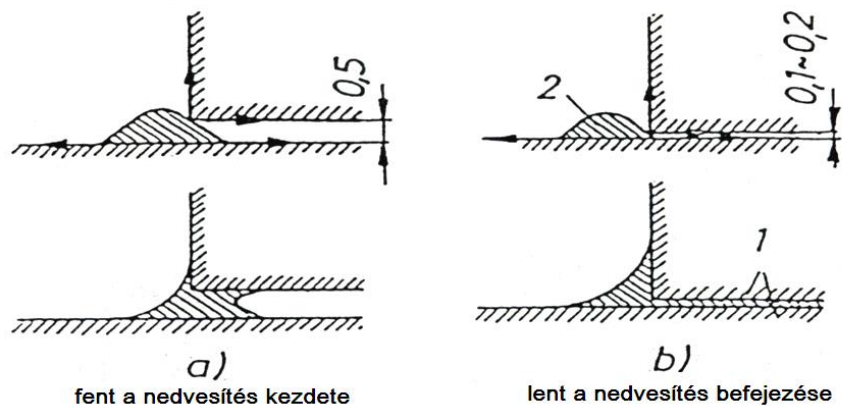
#### Forrasztási eljárások

A forrasztási eljárások (számjele 9) felosztásának leggyakoribb szempontja:

- a forrasztás hőmérséklete,
  - a rés alakja és mérete,
  - a forrasz adagolásának módja,
  - a hevítés módja.
- A **forrasztás hőmérséklete** szerint a forrasztás lehet
    - **lágyszerű forrasztás** (számjele 94), ahol a forraszanyag olvadáspontja kisebb 450 °C-nál,
    - **kemény forrasztás** (számjele 91), ahol a forraszanyag olvadáspontja 450...900 °C között van,
    - **forrasztóhegesztés** (számjele 97), ahol a forraszanyag olvadáspontja nagyobb, mint 900 °C (másképpen nagyhőmérsékletű forrasztás).
  - A **kötés alakja és a rés mérete** szerint megkülönböztetnek
    - **kapilláris forrasztást** és
    - **résforrasztást**.

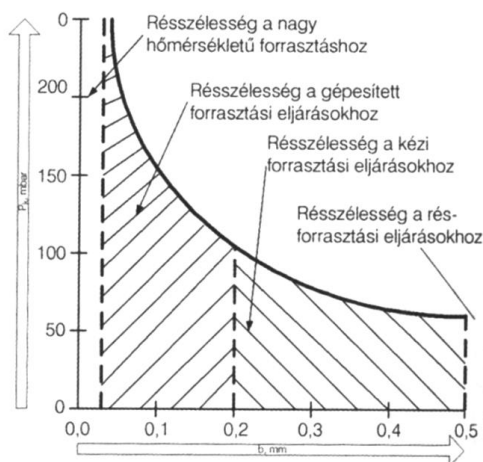
A forrasztás módja, az alkatrész geometriájának megválasztása és a kötés kialakítása kölcsönhatásban áll egymással.

**Kapillárforrasztáskor** az összekötendő felületek távolsága nem haladhatja meg a 0,5 mm-t. A rés alakja, mérete és a nem kellően tiszta felület csökkenti a kapilláris hatást, és a forrasz a forrasztási rést csak részben tölti ki (23.a. ábra). Az összekötendő fémek felületének tisztának kell lennie, ezért a felületek előkészítésére nagy figyelmet kell fordítani! Ez elsősorban mechanikai vagy kémiai úton oldható meg, másrészt a forrasztási folyamat alatt a folyósítószerrel szavatolható.



23. ábra: Kapilláris hatás nagy (a), ill. kis (b) résnél  
1: munkadarabok; 2: forrasztás<sup>31</sup>

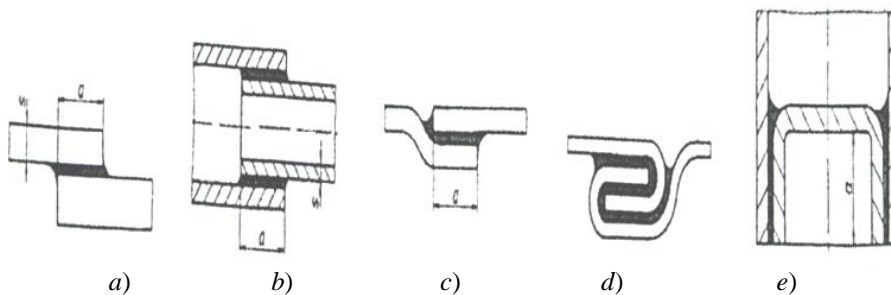
Ha a résszélesség kisebb, mint 0,5 mm, akkor a megolvadt forrasztás a kapilláris nyomás (hajszálcsővésség elv alapján) következtében kitölti a rendelkezésére álló forrasztási rést (23.b ábra). A résszélesség és a kapilláris nyomás (mbar-ban) közötti összefüggést mutatja a 24. ábra.



24. ábra: A kapilláris nyomás és a résszélesség kapcsolata<sup>32</sup>  
A kötés lehet átlapolás, korcolás, egyenes, T kötés stb., mint azt a 25. ábra mutatja. Átlapolás kötésnél az átlapolás mértéke a forrasztandó elemek 5-6-szorosa legyen.

<sup>31</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 114.o.

<sup>32</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 115.o.



25. ábra: Átlapolt kötések forrasztáshoz  
 a) átlapolt kötés,  $a=(3-6)s$ , b) csökötés; c) vékony lemezek átlapolt kötése,  $a \leq 5-6$  mm, d) korcolt kötés; e) tartályfenék beforrasztása<sup>33</sup>

A kisebb réshossz lágyforrasztáskor nem alkalmazandó, keményforrasztáskor lehetséges megfelelő kötést létrehozni. A kötészilárdsága szempontjából fontos, hogy a minél hosszabb felületen érintkezzenek a forrasztandó felületek egymással. Ezt mutatja a 26. ábra, ahol különböző kötéstípus lehetséges változatai mutatja, különösen olyan esetekre, amikor nagyobb szilárdságú kötés elérése a cél.

| forrasztási hely jellege   | kisebb forrasztási rész-hossz | növelt forrasztási rész-hossz | szilárdság járulékos megnövelése |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| egyenes lemezek T-kötése   |                               |                               |                                  |
| kerek rúd kötése sík falba |                               |                               |                                  |
| cső kötése                 |                               |                               |                                  |
| alkalmasság lágyforr.-ra   | nem alkalmazható              | jól alkalmazható              | nagyon jól alkalmazható          |
| alkalmasság keményf.-ra    | lehetséges                    | nagyon jól alkalmazható       | szükségtelen                     |

26. ábra: Forrasztási kötéstípusok és alkalmazhatóságuk<sup>34</sup>

A **résforrasztással** egymástól 0,5 mm-nél nagyobb távolságra lévő felületek köthetők össze, továbbá V és X kötések is elkészíthetők.

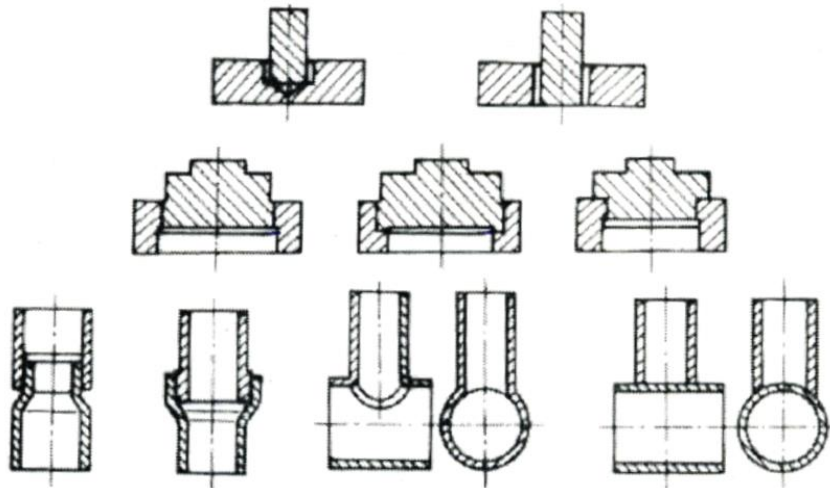
*A résforrasztás előfeltételei:*

<sup>33</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 115.o.

<sup>34</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 116.o.

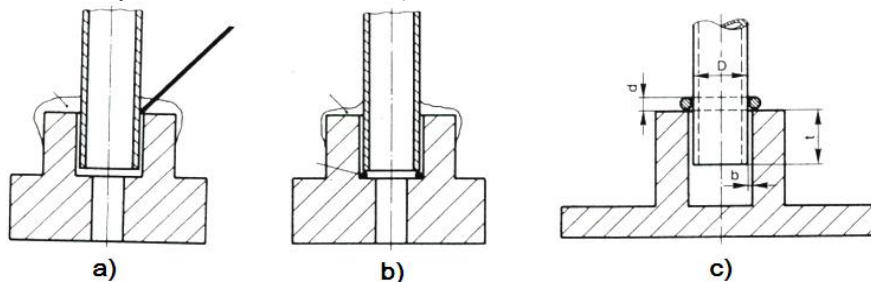
- a rés szélességét a forrasz típusától függően kell megválasztani. A rés a teljes felületen egyenlő szélességű legyen. A rés méretére gyakorlati adatokat általában a forraszanyagokat gyártó cégek adnak saját anyagaikra vonatkozóan.
- kerülni kell a rés hirtelen keresztmetszet-változását, és a nagy forrasztási felületeket.
- lehetővé kell tenni a folyósítószer kijutását a kötésből,
- eltérő összetételű anyagok kötésekor tekintetbe kell venni azok eltérő hőtágulását.

A 27. ábra példákat mutat be résforrasztási kötésekre.



27. ábra: Példák résforrasztásra<sup>35</sup>

- A forrasz adagolásának módja szerint a kötések létrehozhatók a forrasztás közben adagolt forraszsal, vagy a kötés helyére előre elhelyezett (rá-, ill. behelyezett) forraszsal (28. ábra).



28. ábra: A forrasz adagolásának módjai

a) kézzel adagolt; b) behelyezett forraszgyűrű; c) ráhelyezett forraszgyűrű<sup>36</sup>

A forrasztás művelete közben adagolt forrasz esetén először a munkadarabokat hevítik fel, és azután a forraszt a munkadarabhoz érintve olvasztják le. A forrasz

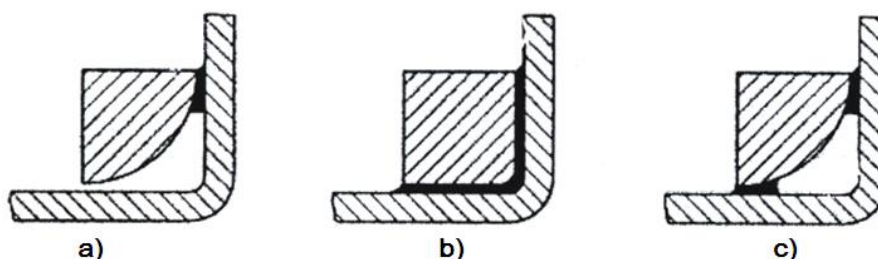
<sup>35</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 117.o.

<sup>36</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 117.o.



megfelelő hőmérsékletre felhevített munkadarabbal érintkezve megolvad, és a kapilláris hatás révén a forrasztási részbe befolyik.

Az *előre elhelyezett* forrasztás alkalmazása esetén a folyósítószer és a kimért forrasztási mennyiséget a részben vagy annak közelében helyezik el, és a munkadarabbal együtt hevítik fel a forrasztási hőmérsékletre (29. ábra). A forrasztás megolvadása után a kapilláris hatás révén kitölti a rést. Alkalmazásának előnye, hogy a forrasztási mennyiséget a művelet megkezdése előtt pontosan meg lehet határozni, a kötés kialakítása nem függ a forrasztást végző ügyességétől, és elmarad az utólagos megmunkálás.



29. ábra: Előre elhelyezett forrasztással végzett forrasztás  
a) hibás; b) és c) helyes megoldás<sup>37</sup>

- A *hevítés módja* szerint megkülönböztetnek közvetlen (direkt), illetve közvetett (indirekt) melegítést. A forrasztás csak egyenesen és megfelelően felhevített munkadarabon nedvesít és köt kifogástalanul. Közvetlen melegítéskor a forrasztás és a munkadarab egyidejűleg hevül fel. A közvetett melegítéskor előnyös, hogy először a munkadarabot hevítik fel, majd a forrasztás hővezetés útján hevül fel. A felhevítés végezhető felhevített szilárd testtel (pl. pákával), felhevített folyadékkal (pl. sófürdőben), gázlánggal, elektromos árammal (pl. kemencében), sugárforrás útján (pl. elektronsugárral, lézersugárral), elektromos ívvel (pl. ívforrasztóhegesztés).

### Forrasztóanyagok

Forrasztáskor tehát az egyesítendő fémek nem ömlenek meg, ezáltal nem következik be a forrasztás és az alapanyagok összeolvadása sem. Az olvadt forrasztásnak az összeillesztett munkadarabok közötti részbe kell behatolnia, amelyet a forrasztáskor általában szükséges *folyósítószer*, valamint a *forrasztás* nedvesítési és szétterülési folyamatai segítenek. A jól terülő forrasztásoknak egyben *nedvesítő* és kapilláris tulajdonságai is vannak. A forrasztás előfeltétele a nedvesítés és a megömlesztett forrasztóanyag felületen való szétterülése.

A forrasztási hőmérsékletet nemcsak a forrasztás olvadási tulajdonságai, hanem a *folyósítószer* összetétele is meghatározza. A folyósítószer fő feladata a felületen levő oxidok oldása és eltávolítása, valamint az újraoxidáció megakadályozása, elősegítve az alapfém nedvesítését és a forrasztás szétterülését. Használatának alapfeltétele, hogy olvadáspontja kisebb legyen mint a vele együtt alkalmazott forrasztásé. A folyósítószer a forrasztási helyre önmagában felhordva, a forrasztóanyag nyílásába helyezve, vagy a forrasztóporral ke-

<sup>37</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 118.o.

verve kerülhet. A folyósítószer lehet folyadék, paszta vagy por állapotú. A forraszt gyakran bevonják a folyósítószerrel, vagy pedig egy cső alakú forrasztanyagban helyezik el. Kémiai hatásukat tekintve lehetnek korrozív vagy nemkorrozív hatásúak.

Folyósítószerként többnyire boraxot ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) használnak, aminek maradékát a munka befejezése után szappanos vagy szódás ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) vízzel le kell mosni, nehogy később a felületeket megtámadja. A bórax különösen azért jó, mert a nagy forrasztási hőmérséklet következtében jelentős mennyiségű oxidot el tud salakosítani, a forrasztási felületeket nem kell olyan "gondosan" megtisztítani, mint lágyforrasztás esetén. Ezek a szerek ugyanis csak meghatározott hőmérséklet-tartományban hatékonyak. A hatékonysági tartomány határait alsó és felső határhőmérsékletnek nevezik. Ezek alsó értékének legalább  $50^\circ\text{C}$ -kal a forrasztás hőmérséklete alatt kell lennie a biztos tisztítási folyamat eléréséhez. A forraszt munkahőmérséklete a munkadarab legkisebb felületi hőmérséklete, amelynél a forraszt nedvesít és megfolyik. A munkahőmérséklet a forraszt pépszerű vagy folyékony tartományába esik. Ez alatt nincs semmiféle kapcsolat az alapanyag és a forraszt között, akkor is, ha a folyósítószer már folyékony állapotú. Ezért a forrasztási helyet és a forraszt is fel kell hevíteni a munkahőmérsékletre. A maximális forrasztási hőmérsékletet nem szabad túllépni sem a forraszt, sem a folyósítószernek, sem pedig a munkadarabnak, mert akkor a kötés károsodik.

#### **Lágyforrasztó anyagok**

A *lágyforrasztók* elsősorban ón (Sn), ólom (Pb), cink (Zn) vagy kadmium (Cd) alapú ötvözetek. A réz, vas, illetve más, nagyobb sűrűségű fémek forrasztására általában ón-ólom (10–65% Pb) ötvözeteket alkalmaznak. Az ötvözetlen ón olvadáspontja  $232^\circ\text{C}$ , az ötvözetlen ólomé  $327^\circ\text{C}$ . 61,9 óntartalmú Sn-Pb ötvözet olvadáspontja a legkisebb ( $183^\circ\text{C}$ ). Még ennél is kisebb olvadáspontú ötvözet ón-ólom-bizmut (Bi), melynek olvadáspontja  $96^\circ\text{C}$ . Nagyobb mechanikai igénybevételnek kitett forrasztáshoz antimonnal (Sb) ötvözött ón-ólom forraszt használják. Ugyancsak kis olvadáspontú a 15% cink -75% ólom -10% kadmium összetételű forraszt (a kadmium ötvözés a cink viszonylag nagy olvadáspontját csökkenti). A cink alapú lágyforrasztokat könnyűfémek forrasztására alkalmazzák.

| A forraszt típusa | Munka-hőmérséklet, $^\circ\text{C}$ | Alkalmazási terület                              |
|-------------------|-------------------------------------|--|
| Sn97Cu3           | 230-250                             | élelmiszeripar, épületgépészet,                  |
| Sn97Ag3           | 220-240                             | hőcserélők, hőcserélők, rézcsövek                |
| Sn95Sb5           | 230-240                             | klíma- és hűtéstechnika $-200^\circ\text{C}$ -ig |

10. táblázat: Lágyforrasztók<sup>38</sup>

A lágyforrasztás **folyósítószer**ei savak vagy olyan anyagok, amelyekből hevítéskor savak szabadulnak fel. Ilyen pl. a sósav vizes, cink-kloridos oldata. Gyakran használt folyósítószer a tejsav, a foszforsav és az olajsav.

A lágyforrasztó paszta alkalmazása (por alakú lágyforraszt és folyósítószer keveréke) egyszerűsíti a folyósítószer helyes adagolását és a paszta színváltozása (szürkétől ezüstig, a forraszt olvadása) jelzi a felhasználónak a helyes üzemi hőmérsékletet. A lágyforrasztó pasztát a folyósítószerhez hasonlóan vékonyan kell felvinni a külső forrasztási végre (és nem az idomba). A hőmérséklet elérése után a pasztához forrasztanyagot

<sup>38</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 119.o.

kell még adagolni azonos összetételben, mint a pasztában lévő forrasztó, annak érdekében, hogy a kapilláris hézagban biztosítani lehessen a megfelelő töltöttséget. A lágyforrasztó paszták por alakú lágyforrasztó összetevőt, folyósítószer, valamint kötőanyagot tartalmaznak, így egy krémszerű paszta keletkezik, ami legalább 60%-ban tartalmaz forrasztóanyagot.

#### ***A lágyforrasztás folyamata***

Lágyforrasztáshoz ritkábban alkalmaznak acetilén-oxigén gázkeverékkel működő és pontszerű szűrő lángot adó készüléket, helyette egy lágyabb, kisebb teljesítményű lángot adó propán, propán-bután éghetőgázzal és a levegőből vett oxigénnel működő eszközt használnak.

A lágyforrasztás munkafázisai a következők:

- a forrasztási hely gondos megtisztítása,
- az előírt forrasztási rés beállítása után a darab rögzítése,
- a folyósítószer forrasztási helyre való felvitele,
- a forrasztási hely munkahőmérsékletre való felhevítése (50-70°C-kal a forrasztó olvadáspontja fölé),
- a forrasztási helyhez vezetése és megolvasztása addig, amíg teljesen kitölti a rést,
- a folyósítószer maradványainak eltávolítása.

A lágyforrasztásos kötéseknel minden esetben folyósítószerrel kell alkalmazni. Kerülni kell a forrasztás során a folyósítószer túlhevítését, mert hatását elveszti. Fontos, hogy a folyósítószer vékonyan kerüljön a cső vagy idom forrasztási felületére annak érdekében, hogy csak a műszakilag elkerülhetetlen mennyiségű hidegvízben oldódó folyósítószer kerüljön a vezeték belsejébe. Legjobb az, ha a folyósítószerrel a cső külső felületére viszik fel, mert a felesleges mennyiséget az idom felhelyezése a csővön kívülre juttatja, melyet öblítéssel el kell távolítani. A külső felületekről a folyósítószer maradványát optikai okokból kell a forrasztás után eltávolítani, a zöld korróziós termékek képződése elkerülésére. Lágyforrasztásos folyósítószer esetén ezt egy puha nedves ronggyal lehet eltávolítani.

#### **Keményforrasztás lánggal**

A keményforrasztás főbb alkalmazási területei: építőipari munkák, járműgyártás, finommechanika, vákuumtechnika, repülőgépgyártás stb. Keményforrasztáskor a forrasztóanyag olvadáspontja 450–900 °C, a munkahőmérséklet 670–730°C között van.

#### **Keményforrasztó anyagok**

A keményforrasztók elsődlegesen réz-, ezüst-, vagy aranyötvözetek. Az aranyforrasztókat főként az ékszeriparban vagy ritkán a műszeripar területén alkalmazzák, rendszerint Au-Ag-Cu ötvözetek formájában. Az ipari gyakorlatban a rézbázisú keményforrasztók széles körben elterjedtek. Legkisebb olvadási hőközű a 42%Cu-58% Zn-tartalmú sárgaréz, de nagy a jelentősége a réz-foszfor ötvözeteknek is. Ez a forrasztó nem használható vas vagy nikkelbázisú ötvözetekhez, mivel rideg foszfid vegyületek képződhetnek. A rézalapú ötvözetek mellett széles körben alkalmazzák az ezüstforrasztókat, melyekben az Ag legalább 12%. A két leggyakoribb ötvözet típus az Ag-Cu-Zn, illetve az Ag-Cu-P. A nagyobb üzemi hőmérsékletre alkalmas forrasztóanyagok nikkel-, mangán-, illetve ezüst alapúak, vagy palládium-, illetve aranytartalmúak. E forrasztókat hőcserélők, gázturbinák, valamint nagynyomású tartályok előállításához alkalmazzák. Keményforrasztáskor legtöbb esetben az

alapananyag és a forrasztóanyag reakciója is létrejön, mely vegyes kristályképződéssel, illetve a szemcsehatár mentén diffúzióval járhat.

A keményforrasztás *folyósítószer*ei általában egyszerű vagy összetett fluoridok, valamint bórvegyületek. Nem szükséges folyósítószer a réz-foszfor ötvözetű (7–8% P) forrasztással végzett forrasztáskor.

| Forrasztó típusa  | Kémiai összetétel, % |         |         |         |         | Olvasási tartomány, °C |
|-------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|------------------------|
|                   | Cu                   | Ag      | Zn      | Sn      | P       |                        |
| CuP6              | maradék              | —       | —       | —       | 5,9-6,5 | 710-890                |
| Ag <sub>2</sub> P | maradék              | 1,5-2,5 | —       | —       | 5,9-6,7 | 645-825                |
| Ag34Sn            | 35-37                | 33-35   | maradék | 2,5-3,5 | —       | 630-730                |
| Ag45Sn            | 26-28                | 44-46   | maradék | 2,5-3,5 | —       | 640-680                |
| Ag44              | 29-31                | 43-45   | maradék | —       | —       | 675-735                |

11. táblázat: Keményforrasztók<sup>39</sup>

Gázvezetékeknel, olajvezetékeknel, 110°C hőmérséklet feletti fűtésnél, vagy felületfűtéseknel csak keményforrasztást szabad végezni. A keményforrasztásos összekötéseket ivóvízes rendszerekben csak 28 mm-nél nagyobb csőméret esetén lehet alkalmazni (nem kötelező).

#### A keményforrasztás folyamata

A gázhegesztéshez hasonlóan a forrasztáshoz szükséges energiát gázégőben levegővel (oxigénnel vagy sűrített levegőben) elégetett hevítőgáz (földgáz, propán, bután, hidrogén vagy acetilén) elégetésével nyerik. A forrasztás folyamata hasonló a 11.3.2. alfejezetben leírtakhoz.

## 2.2. Villamos ívhegesztési eljárások és berendezései

A hegesztési eljárásokat nemzetközi szabvány osztályba sorolta és megkülönböztetésükre kódszámmal jelölte meg. Az ipari gyakorlatban elterjedtebb **ömlasztó hegesztési eljárásokat** a 11. táblázat, a **sajtoló hegesztési eljárásokat** 12. táblázat mutatja.

| Megnevezés  | Számjele |
|---|----------|
| Bevont elektródás ívhegesztés                           | 111      |
| Fedett ívű hegesztés huzalelektrodával                  | 121      |
| Fogyóelektrodás, semleges védőgázás ívhegesztés (MIG)   | 131      |
| Fogyóelektrodás, aktív védőgázás ívhegesztés (MAG)      | 135      |
| Volfrámelektrodás, semleges védőgázás ívhegesztés (TIG) | 141      |
| Plazmaívhegesztés                                       | 15       |
| Oxigén-acetilén hegesztés (gázhegesztés)                | 311      |
| Elektronsugaras hegesztés                               | 51       |
| Lézersugaras hegesztés                                  | 52       |
| Csaphegesztés   | 78       |

<sup>39</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 121.o.

12. táblázat: Ömlesztő hegesztési eljárások és számjelük<sup>40</sup>

| Megnevezés               | Számjele |
|--------------------------|----------|
| Ellenállás-ponthegesztés | 21       |
| Vonalhegesztés           | 22       |
| Dudorhegesztés           | 23       |
| Leolvastó tompahegesztés | 24       |
| Zömítő tompahegesztés    | 25       |
| Dörzshegesztés           | 42       |
| Sajtoló gázhegesztés     | 47       |

13. táblázat: Sajtoló hegesztési eljárások és számjelük<sup>41</sup>

Az ipari gyakorlatban leginkább elterjedt ömlesztő, ill. sajtoló hegesztési eljárások növekvő számjelük alapján kerülnek röviden ismertetésre.

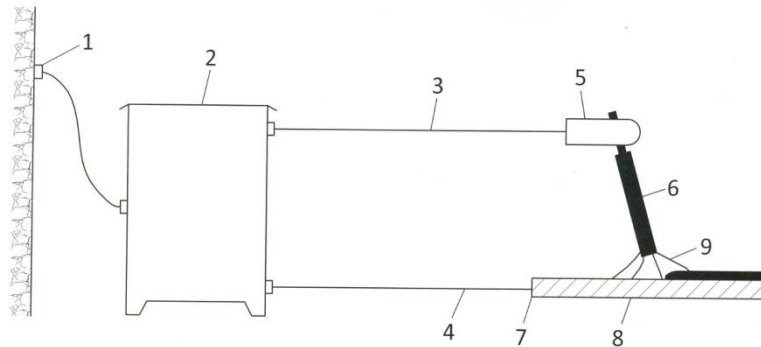
### 2.3.1. Ömlesztő hegesztési eljárások

#### Bevont elektródás ívhegesztés

A *bevont elektródás ívhegesztés* (számjele 111) egy bevont elektróda és a munkadarabok között, egyen- vagy váltakozó áram által keltett villamos ívvel (hegesztőívvel) végzett ömlesztő hegesztési eljárás. Az ív fémek ömlesztő kötésére való alkalmasságát 1881-ben az orosz N.N. Benardosz szabadalmaztatta, mely eljárásnál az ív egy nem leolvadó szén-elektroda és a munkadarab között képződött. 1885-ben az ugyancsak orosz Ny. G. Szlavjanov a csupasz elektródás ívhegesztést szabadalmaztatta, ahol a hozaganyag bevont nélküli, áram által átjárt pálca volt. A svéd Oscar Kjellberg 1907-ben a bevont elektródát szabadalmaztatta hegesztés céljára. 1931-ben alkalmaztak először rutilos (titán-dioxidos), majd 1940-től mészbázikus bevonatú elektródát, melyekre a bevonatot bemártás után vették fel a maghuzalra, szemben a mai korszerű sajtoló eljárással. Hazánkban a bevont elektródás ívhegesztést 1930-tól alkalmazzák. A győri ún. Hosszúhid helyére 1933-34-ben gyártott 53 m fesztávolságú Rába-hidat, ami Európa legnagyobb fesztávolságú hegesztett rácos hídja volt, a Magyar Waggon és Gépgyár Részvénytársaság készítette el a rimamurányi-salgótarjáni Vasmű Részvénytársaság Rimagil elektródáival. Ugyancsak Rimagil elektródákkal hegesztette a Ganz-Danubius Részvénytársaság Hajógyára a 470 tonnás hordképességű „Budapest” névre keresztelt első Duna-tengerjáró hajót, melyet 1934. augusztus 14-én bocsátottak vízre. A 30. ábra a bevont elektródás ívhegesztés elvét mutatja.

<sup>40</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 11.o.

<sup>41</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 11.o.



30. ábra: A bevonat elektródás ívhegesztés elve

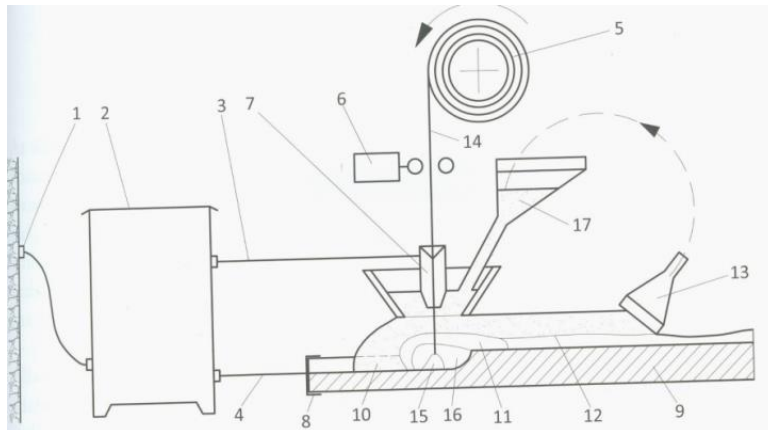
1: hálózati csatlakozó; 2: áramforrás; 3: áram(munka)kábel; 4: áram-visszavezető (test) kábel; 5: elektróda fogó; 6: bevonat elektróda; 7: testkábel-csatlakozó; 8: munkadarab; 9: hegesztőív;<sup>42</sup>

A hegesztéshez szükséges elektromos áramot (50–350 A) egyenirányító vagy transzformátor (illetve elektromos áramtól távoli helyeken generátor) szolgáltatja, miközben az ívfeszültség 15–40 V közötti értékű. A 2–5 mm közötti átmérőjű, 250–450 mm hosszú elektróda és a bevonat az ívben megömlik, illetve gázzá alakul át és ellát olyan folyamatokat, mint az ívstabilitás, védőgázképzés, salakképzés, dezoxidálás, ötvözés. Az ipari gyakorlatban főként a bázikus, a rutilos és a cellulóz bevonatú (ill. ezek kombinációja) elektródák használatosak. A salak többalkotós oxidokból áll, melyek olvadáspontja a vas olvadáspontja (1536°C) alatt van 200...350°C-kal. A hegesztés során – feladattól, anyagvastagságtól, technológiai adatoktól stb. függően – óránként 1–3 kg anyag ömleszhető le. Az eljárást általában 3 mm-nél vastagabb, tetszőleges alakú félkészgyártmányok (lemezek, idomok, csövek stb.) kötőhegesztésére, továbbá javító és felrakó hegesztésre használják minden hegesztési helyzetben. Általánosan alkalmazható fémszerkezetek, csőszerkezetek gyártásakor, csövezeték építések, gépszerkezetek, nyomástartó berendezések készítéséhez. Hegeszthető fémek: acélok, öntöttvasak, könnyű- és színesfémek.

### Fedett ívű hegesztés

A *fedett ívű hegesztés* (számjele 12) leolvadó fém elektróda (huzal- vagy szalagelektroda) és a munkadarabok között egyen- vagy váltakozó árammal keltett, fedőpor védelme alatt égő ívvel végzett ömlesztő hegesztés (31. ábra). Az eljárás teljesen gépesített, mivel a varratirányú haladás is gépesített. A hegesztőfejet kocsi szerelik, de szerelhető konzolra vagy gépállványra is. A hegesztés végezhető egy vagy több huzallal, az áramerősség-tartomány 300-1200 A, az ívfeszültség 25-40 V, az óránként leolvasztható fémmennyiség < 15 kg. Az eljárást főként vastagabb, hosszú tompa- és sarokvarratok készítésére vagy felrakásra használják, ahol a mély beolvadás, a nagy leolvadási sebesség, a szép varratfelület létrehozása a cél. Többnyire vízszintes és vályúhelyzetben, ritkábban haránthelyzetben alkalmazzák ötvözetlen és ötvözött acélok vastagabb szelvényeinek összekötésére különböző iparágakban, mint pl. az acélszerkezet-gyártás, tartály- és készülékgyártás, hajóépítés stb.

<sup>42</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 12.o.

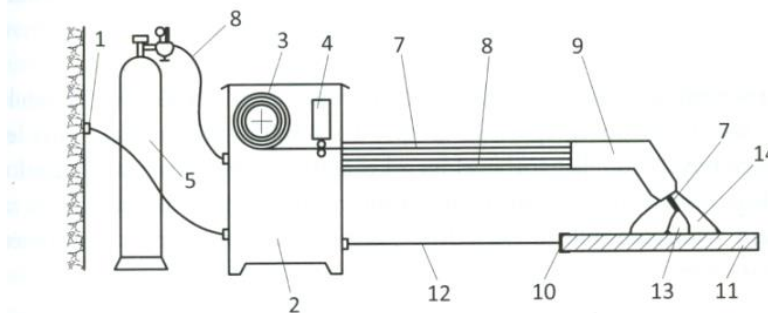


31. ábra: A fedett ív hegesztés elve

1: hálózati csatlakozó; 2: áramforrás; 3: áram(munka)kábel; 4: áram-visszavezető (test) kábel;  
5: huzalelektroda; 6: huzaladagoló; 7: áramátadó; 8: testkábel-csatlakozó; 9: munkadarab;  
10: fedőpor; 11: megömlött salak; 12: megdermedt salak; 13: fedőpor-szívó; 14: hegesztőív<sup>43</sup>

### Fogyóelektrodás, védőgázos ívhegesztés

A *fogyóelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés* először 1948-ban az USA-ban alkalmazták, és **MIG eljárásnak** (angolul **Metal Inert Gas**) rövidítették. 1953-ban a Szovjetunióban a semleges, de drága argon, ill. hélium gáz helyett aktív szén-dioxidot alkalmaztak, az eljárás rövid neve **MAG hegesztés** (angolul **Metal Active Gas**) lett. A fogyóelektrodás, védőgázos ívhegesztés elrendezését a 32. ábra mutatja. A hegesztés egyenárammal (többnyire fordított polaritással) megy végbe, így a hegesztő-áramforrás egyenáramú berendezés. A hozaganyag dobra csévélt, tömör vagy porbeles huzal, melyet egyenáramú huzaladagoló berendezés juttat a hegesztőpisztolyon keresztül egyenes sebességgel a hegesztés helyéhez. Mivel a huzalon - hasonlóan a bevont elektrodához - áram megy át, ezért a leolvadó hozaganyag huzalelektroda.



32. ábra: A fogyóelektrodás, védőgázos ívhegesztés elve:

1: hálózati csatlakozó; 2: áramforrás; 3: huzaldob; 4: huzaladagoló; 5: védőgázpalack nyomás- és gázátfolyás-mérővel; 6: áram(munka)kábel; 7: huzalelektroda; 8: védőgáz tömlő; 9: hegesztőpisztoly; 10: testkábel-csatlakozó; 11: munkadarab; 12: áram-visszavezető (test) kábel; 13: védőgázburok; 14: hegesztőív<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 14.o.

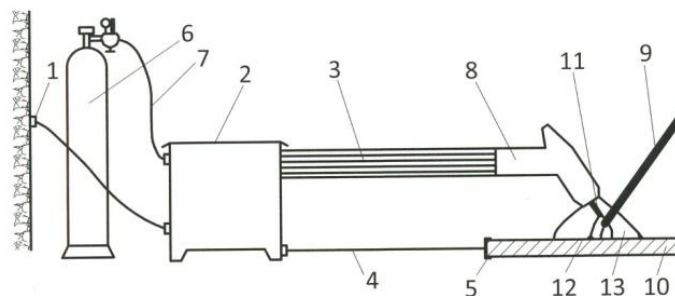
<sup>44</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 15.o.

Ha a védőgáz egyatomos semleges (nemes) gáz, akkor az nem lép reakcióba a folyékony fémmel, és ezért az eljárást **fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztésnek** nevezik. Argon védőgáz esetén az eljárás neve **fogyóelektródás, argon védőgázos ívhegesztés** (röviden **AFI eljárás**, számjele 131). A védőgáz tisztasága, a gázfúvókából kiáramló mennyisége befolyásolja a hegyvarrat minőségét. Ha a védőgáz oxidáló hatású gáz, akkor az eljárást fogyasztóelektródás, aktív védőgázos, szén-dioxid védőgáz esetén **fogyóelektródás, CO<sub>2</sub>-védőgázos ívhegesztésnek** nevezik (számjele 135). A CO-hegesztés hibás elnevezés, mivel a gázpalack nem szén-monoxidot, hanem folyékony szén-dioxidot tartalmaz. A szén-dioxid felbomlik ugyan az ív hőmérsékletén a  $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}_2$  reakció szerint, és a védőgáz a CO lesz (gázhegesztéskor pl. redukáló hatású  $\text{CO} + \text{H}_2$  égéstermék képződik a lángmagban). Gyakran hegesztenek két- vagy három komponensű gázkeverékekkel (pl. 82% Ar+12% CO<sub>2</sub>), kihasználva a keveréket alkotó gázok kedvező hatásait (pl. a szén-dioxid esetén mélyebb beolvadás). A fogyasztóelektródás, védőgázos ívhegesztés a bevont elektródás kézi ívhegesztésnél nagyobb leolvadási teljesítményű, gazdaságosabb ömlesztő hegesztési eljárás. Jól gépesíthető, és emiatt alkalmas gépesített, ill. automatizált eljárásokhoz (pl. robothegesztés). Manuális (kézi) változatában a hegesztő felkészültségétől, szaktudásától függően lehet hibamentes kötést elkészíteni. A hegeszthető anyagvastagság 0,6...40 mm, az áramerősség-tartomány 40-400 A, az ívfeszültség 16-30 V, a huzalelőtölési sebesség 2-20 m/min, a leolvasztható fémmennyiség 2-8 kg/h.

Az eljárás igen széles szelvényvastagság-tartományban, minden hegesztési helyzetben használható. Az oldalszél és a huzat zavarja a védőgázburkot, ezért a hegesztés ilyen környezetben csak óvintézkedések megtétele után végezhető. Az eljárás kiválóan alkalmas töltő- és takarósorok, illetve rétegek készítésére, a nagy előtolási sebességnek köszönhetően nagy leolvadási sebességgel. A *fogyóelektródás, argon védőgázos ívhegesztést* elsősorban könnyű- és színesfémek összekötésére, az argon-oxigén *gázkeveréket* ötvözött acélok hegesztésére, a CO<sub>2</sub>-védőgázos ívhegesztést pedig főként ötvözetlen acélok hegesztésére alkalmazzák. Az eljárást majdnem minden iparágban elterjedt, különösen a gépiparban, járműgyártásban, acélszerkezetek, nyomástartó edények és vegyipari berendezések gyártására, csővezetékek építésére stb.

### Volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés

A *volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés* (számjele 141) szintén az USA-ból indult el 1936-ban argoníves hegesztés néven. Az eljárás Európában az 50-es évek elejétől terjedt el. Az eljárás rövidítése az angolszász országokban **TIG hegesztés** (a Tungsten Inert Gas elnevezés alapján, ahol a tungsten a volfrám angol neve), német nyelvterületen pedig a **WIG hegesztés** (Wolfram Inert Gas rövidítése). A 33. ábra mutatja az eljárás elvét.



33. ábra: A volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés elve  
 1: hálózati csatlakozó; 2: áramforrás; 3: áramkabel (hegesztőkábel); 4: áram-visszavezető (test) kábel; 5: testkábel-csatlakozó; 6: védőgázpalack nyomás- és gázátfolyás-mérővel; 7: védőgáz



tömlő; 8: hegesztőpisztoly; 9: hegesztőpálca; 10: munkadarab; 11: volfrámelektroda; 12: hegesztőív, 13: védőgázburok;<sup>45</sup>

A kötés létesítéséhez szükséges hő nagy olvadáspontú (3360°C), nem leolvadó ötvözetlen vagy gyengén ötvözött (cériummal, lantánnal stb.) volfrámelektroda és a munkadarab között, semleges védőgáz védelme alatt keltett egyen- vagy váltakozó áramú ív adja. Ez a semleges védőgáz lehet argon, hélium vagy ezek keveréke. Semleges a gáz akkor, ha nem lép reakcióba a hegesztés során a folyékony fémmel. Ha a gáz argon, akkor az eljárás neve **volfrámelektrodás, argon védőgáz as ívhegesztés** (magyar rövidítése **AVI hegesztés**, amelyben a W betű a volfrám vegyjelére utal, ugyanis a V betű a vanádium vegyjele). Az argont többnyire 40 literes acélpalackokba 150 vagy 200 bar nyomáson töltik, és így a teli gázpalack 6 vagy 10 köbméter gázt tartalmazhat. Hegesztéskor a gázfogyasztás - a hegesztési feladattól függően - 6-12 l/min. A hegesztés végezhető hozaganyag nélkül vagy hozaganyaggal (pálca, huzal). A hozaganyag nélküli volfrámelektrodás semleges védőgáz as ívhegesztési eljárás (számjele 142) voltaképpen autogén hegesztés, hasonlóan a pálca nélküli gázhegesztéshez. A hegesztőív ilyen esetben vékony lemezek, kis falvastagságú csövek, peremvarratok összeolvasztásával hozza létre a kötést. Vastagabb lemezek, vastagabb falú csövek tompa- vagy sarokvarratos kötéseikhez hozaganyagot kell használni. Ha a hozaganyag pálca, akkor a gázhegesztéshez a hegesztőnek mindkét kezére szükség van, tehát a termelékenység kicsi. Ha használnak hegesztőhuzalt (tömör vagy porbelest), akkor a huzalt a huzaldobról huzagadagoló továbbítja a pisztolyba. Az AVI eljárás szinte valamennyi hegeszthető anyagminőség egyesítésére alkalmas. 3 mm fölött célszerű a munkadarab éleit leélezni. A levegő alkotóival szemben érzékeny fémeknél (pl. titán) a levegő kizárása érdekében kiegészítő gázvédelem alkalmazása indokolt korona- és gyökoldalon egyaránt. Az áramerősség-tartomány 10-400 A, az ívfeszültség 12-18 V, a leolvasztható fémmennyiség 2,5-3,3 kg/h. Vastagabb elemeknél az AVI hegesztést gyakran csak a gyök készítésére alkalmazzák, majd a többi varratréteget nagyobb leolvadási teljesítményű (pl. 131-es) eljárással készítik.

Az eljárást majdnem minden iparág alkalmazza, de különösen az erősen ötvözött acélokat, alumíniumot, rezet, titánt stb. feldolgozó iparágak, mint pl. a vegyipari készülékek, atomenergetikai berendezések, finommechanikai alkatrészek gyártása, repülőgépgyártás stb. Hegeszthető anyagok: acélok, öntöttvasak, könnyű- és színesfémek, nikkel és ötvözetei, titán és ötvözetei stb. Hegeszthető anyagvastagság 0,5 - 4 mm.

### 2.3.2. Sajtoló hegesztési eljárások

A *sajtoló hegesztés* során a kohéziós kötés hő- és erőhatás együttes alkalmazásával jön létre. A kötés létesítéséhez szükséges hő a munkadarabon átvezetett, illetve indukált áramnak az átmeneti ellenálláson, valamint a munkadarabban fejlődött ellenálláshő adja.

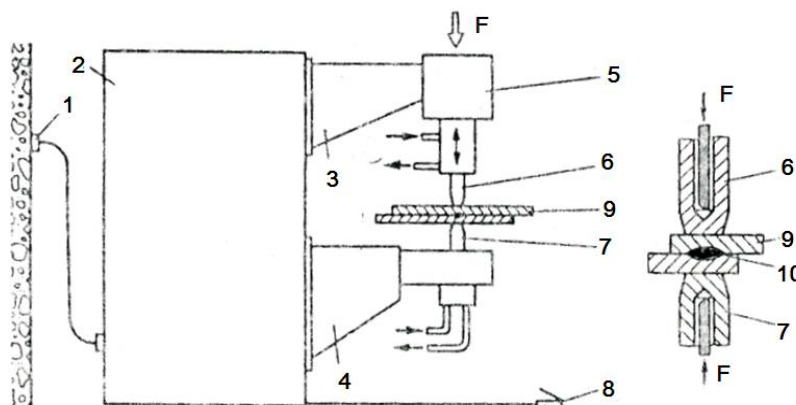
#### Ellenállás-ponthegesztés

Az amerikai Elihu Thomson 1877-ben jött arra rá, hogy két, egymással érintkező két fém áthaladó áram a fémek közötti ellenálláson hő (**ellenálláshőt**, másképpen Joule-hőt) fejleszt, ami képes a két fém pontszerű területen megömlésztetni. Az eljárást 1898 óta alkalmazzák, akkoriban főként konyhai eszközök gyártásához. A **ellenállás-ponthegesztés** (számjele 21) valójában csak 1933-tól terjedt el a kissorozat-gyártásban (elektromos

---

<sup>45</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 16.o.

érintkezők, relék, lámpacsatlakozók), továbbá a karosszéria, a háztartási eszközök gyártásában. Az ellenállás-ponthegesztés elvét a 34. ábra mutatja. Az egyen- vagy váltakozó áramot előállító áramforrás a hálózati áramot 4–60 kA-re növeli, amelyet rézelektrodák vezetnek a hegesztendő munkadarabokhoz. A ponthegesztő berendezések fontos része a jó villamos és hővezetésű, nagyobb hőmérsékleten is megfelelő szilárdságú rézötövezetből készült elektróda, melynek feladata a koncentrált áramátadás és a nyomás közvetítése. Az elektródák mozgatása és a megfelelő nyomóerő (0,6–25 kN) kifejtése a mechanikus elven kívül megvalósulhat pneumatikus, vagy hidropneumatikus úton. A nagy áram rendkívüli rövid idő alatt (3–200 periódus) megömleszti a lemezek közötti érintkezési helyet és kialakul a lencse alakú pontvarrat (50 hertzes váltakozó áramnál az egy periódus a másodperc 50-ed része). A ponthegesztő gépek lehetnek helyhez kötött, illetve hordozható berendezések. A ponthegesztés általában 0,05–6 mm vastagságú, többnyire lemezek átlapolására alkalmas eljárás.



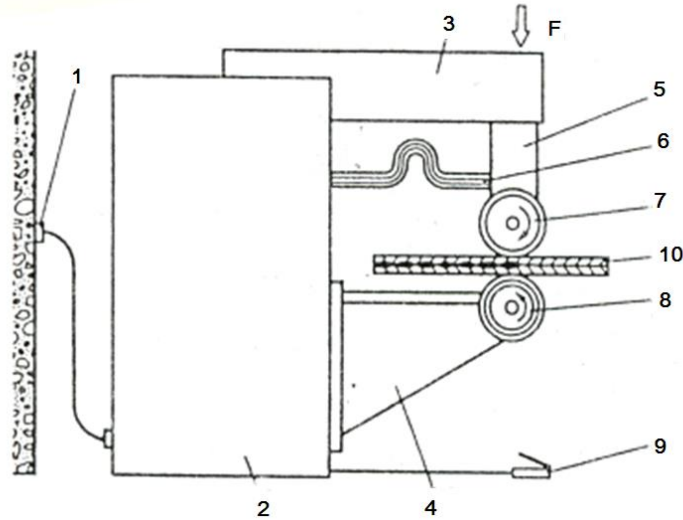
34. ábra: Az ellenállás-ponthegesztés elve  
 1: hálózati csatlakozó; 2: gépállvány az áramforrással; 3: felső kar; 4: alsó kar;  
 5: nyomáskifejtő elem; 6: felső elektróda; 7: alsó elektróda; 8: lábkapcsoló;  
 9: munkadarab; 10: hegpont; 11: hűtővíz; F: nyomóerő<sup>46</sup>

### Vonalhegesztés

Az ellenállás-vonalhegesztés (számjele 22) folyamatosan egymás után lerakott, többnyire átfedő pontokból elkészített pontvarratokból áll (35. ábra). A szekunder áramot forgó tárcsaelektrodák vezetnek át a lemezekre. Az áramimpulzusok időbeni eltolódásától függ, hogy a pontok egymástól távolabb helyezkednek-e el, vagy olyan közel egymáshoz, hogy egymást átfedve folyamatos vonalvarrat jön létre (36. ábra). A vonalhegesztési ciklusok legegyszerűbb változata a ponthegesztéshez hasonló egyedi pontvarratok készítése. Vonallhegesztő gépen azonban gyakrabban készítenek érintkező pontos, illetve légmentesen záró tömítő varratokat. A vonalhegesztés munkarendjét meghatározza az áramerősség értéke és időbeni változása, a hegesztés sebessége, az elektródagörgők kialakítása és a nyomóerő értéke, illetve áramimpulzusos hegesztés esetén az impulzus- és a szünetidő. A vonalhegesztés berendezései általában helyhez kötöttek. A görgők helyzete szerint lehet kereszt- vagy hosszvarrat-hegesztő gép. Az elektródagörgők, illetve tartók cseréjével univerzális berendezések is kialakíthatók. Acélok folyamatos árammal végzett vonalhegesztésekor az áramerősség 8–22 kA, a nyomóerő 2–10 kN, a hegesztési sebesség 1–12 m/min

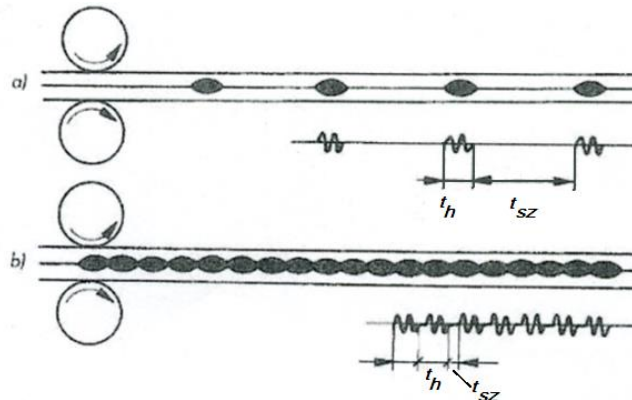
<sup>46</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 18.o.

értékek között változhat. A hegeszthető anyagvastagság acélok esetében 0,5-5 mm. A vonalhegesztés egyik alapvető hátránya, hogy megbízható kötés egyszerű technológiával csak átlapolt vagy peremezett lemezeken készíthető.



35. ábra: A vonalhegesztés elve

1: hálózati csatlakozó; 2: gépállvány az áramforrással; 3: felső kar; 4: alsó kar;  
5: nyomáskifejtő elem; 6: áramvezető; 7: felső tárcsaelektroda; 8: alsó tárcsaelektroda;  
9: lábkapcsoló; 10: munkadarab; F: nyomóerő<sup>47</sup>



36. ábra: Vonallhegesztett varratok

a) egyedi pontok; b) érintkező pontok (vonallvarrat),  $t_h$ : hegesztési (impulzus) idő;

b)  $t_{sz}$ : szünetidő<sup>48</sup>

<sup>47</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 19.o.

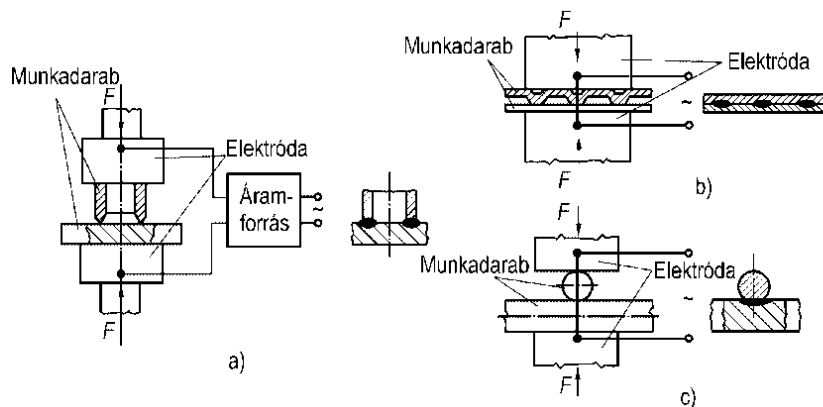
<sup>48</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 20.o.

### Dudorhegesztés

A *dudorhegesztés* (számjele 23) a ponthegesztésből származtatott sajtoló eljárás (37. ábra). Az elektróda feladata az áramátadásra és a nyomóerő kifejtésére korlátozódik. A nyomóerő egy pontra, illetve az egyik munkadarabon kialakított dudor által meghatározott vonalra hat. A dudor lehet természetes vagy mesterséges. *Természetes dudor* jön létre pl. kör keresztmetszetű anyagok egymásra merőleges tengelyű kötéseinek kialakításakor. *Mesterséges* dudorhegesztéshez a dudorokat sajtolással vagy forgácsolással hozzák létre. Megfelelő kötés létesítéséhez az szükséges, hogy

- a dudorok elhelyezése és mechanikai szilárdsága elegendően nagy legyen ahhoz, hogy a velük érintkezésben levő munkadarabon felhevüljenek anélkül, hogy megolvadnának,
- a dudorokat úgy kell megtervezni, hogy elkészítésük egyszerű, alakjuk szabályos legyen,
- a dudorok a hegesztési ciklus során hidegen deformálódjanak.

A pontszerű érintkezésen átfolyó áram (4-15 kA) az érintkezési helyet felhevíti, részben megömleszt. Az elektródanyomás (0,6-7 kN) hatására létrejövő képlékeny alakváltozás a megömlött fém kinyomódásához vezet, a létrejön a kohéziós kötés. A hegesztési idő általában 6-60 periódus.



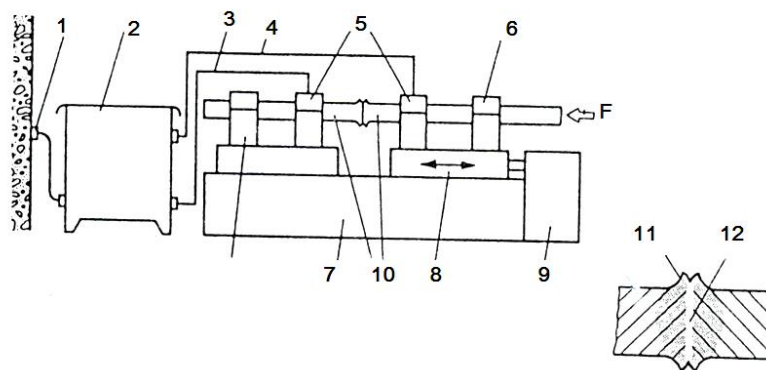
37. ábra: A dudorhegesztés elve  
a) mesterséges, gyűrű alakú dudor; b) mesterséges lemezdudor;  
c) egymásra merőleges két rúd közötti természetes dudor; F: nyomóerő<sup>49</sup>

Dudorhegesztéskor legtöbb esetben elegendő egyszerű hegesztési ciklust beállítani. Edződésre hajlamos acélok hegesztésekor áramimpulzusos, elő- és utóhevítő ciklusos munkarendet kell beállítani.

### Zömítő tompahegesztés

A *zömítő tompahegesztés* (számjele 25) hozaganyag nélküli, nyomás alatt végzett sajtolóhegesztés, ahol a munkadarabok érintkezési helyén a hegesztéshez szükséges hő az áthaladó áram ellenállás hőjéből keletkezik (38. ábra).

<sup>49</sup>Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 21.o.



38. ábra: A zömítő tompahegesztés elve  
 1: hálózati csatlakozó; 2: áramforrás; 3: és 4: áramkabel; 5: áramátadó befogópofa;  
 6: árammentes befogópofa; 7: gépállvány; 8: mozgó szán; 9: zömítő berendezés;  
 10: munkadarab; 11: sorja; 12: nagyhőmérsékletű zóna, F: zömítőerő<sup>50</sup>

A hegesztendő munkadarabokat külön-külön fogják be a szorítópofákba, melyeket az áramforrás szekunder pólusához csatlakoztatják. Így azok közreműködnek az áram és a zömítő erő átadásában. A munkadarab keresztmetszetére vonatkoztatott áramerősség, azaz az áramsűrűség acéloknál  $70-90 \text{ A/mm}^2$  (10-40 kA), a zömítő nyomás  $10-30 \text{ N/mm}^2$ . Miután a befogópofák közül az egyik rögzített, a másik mozgatható, a pofák szorítóereje meggátolja a munkadarabok elmozdulását, elcsúszását. A tompahegesztő gépek vezérlése lehet kézi vagy automatikus. A kézi vezérlésű gépeken a mozgó szán működtethető kézzel vagy gépi elölórással. A kézi működtetést csak kis keresztmetszetű alkatrészek hegesztéséhez alkalmazzák. Az automatikus vezérlésű berendezések vezérlőelemei mechanikus vagy hidraulikus egységek. A tompahegesztés huzalok, csövek, rudak, alakos idomok stb. homlokfelület-menti összehegesztésére alkalmas eljárás. A megfelelő varrat elkészítéséhez szükséges, hogy az összekötendő felületek fémtiszták legyenek, ellenkező esetben a felületi szennyeződések a varratban maradnak.

## 2.4. Az ívhegesztés áramforrásai

### 2.4.1. A bekapcsolási idő fogalma és értelmezése

A bekapcsolási idő ( $X$ ) az áramforrás terhelhetőségének jellemző adata. A bekapcsolási idő ( $b_i$ ) a hegesztési idő és a ciklusidő hányadosa %-ban kifejezve, ahol a ciklusidő a hegesztési időből és a hegesztéssel szorosan összefüggő szünetidőből tevődik össze.

A ciklus idő szabvány szerinti értéke **10 min**. A bekapcsolási idő az a %-ban megadott azt a időtartam, ameddig a hegesztőgép egy 10 perces időtartamon belül a megadott ki-menő teljesítménnyel túlmelegedés nélkül terhelhető.

$$B_i = (\text{hegesztési idő/ciklusidő}) \cdot 100\%$$

A bekapcsolási időt %-os formában adják meg. Pl. 40% - 65% - 100%

Az ipari ívhegesztő áramforrások terhelhetőségének jellemzésére vezették be az **X bekapcsolási idő** fogalmát, amely a hegesztési idő és a ciklusidő hányadosa %-ban kifejezve:

<sup>50</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 21.o.

$$X = \frac{\text{hegesztési idő}}{10 \text{ perces ciklusidő}} * 100$$

Ha pl. egy áramforrás adattábláján az  $X = 60\%$  - hoz 200 van megadva, akkor ez azt jelenti, hogy 10 perc időtartamon belül 6 percig lehet 200 amperrel hegeszteni anélkül, hogy az áramforrást túlterhelnék.

#### **2.4.2. Fogyóelektródás ívhegesztés bevont elektródával**

A bevont elektródás ívhegesztéshez szükséges energiát áramforrás szolgáltatja, amely lehet egyenirányító, transzformátor vagy generátor. A hegesztés végezhető egyenárammal vagy váltakozó árammal. Egyenáramú hegesztéskor az elektróda csatlakozhat az áramforrás negatív pólusához (egyenes polaritás) vagy pozitív pólushoz (fordított polaritás). A hegesztőív bevont elektróda és a munkadarab között ég, megömlesztve a hegesztő alapanyagot és leolvasztva az elektródát. A bevonatból képződött gázok védőhatása alatt az elektródáról leváló fémcseppek képzik megdermedés után a hegyvarratot.

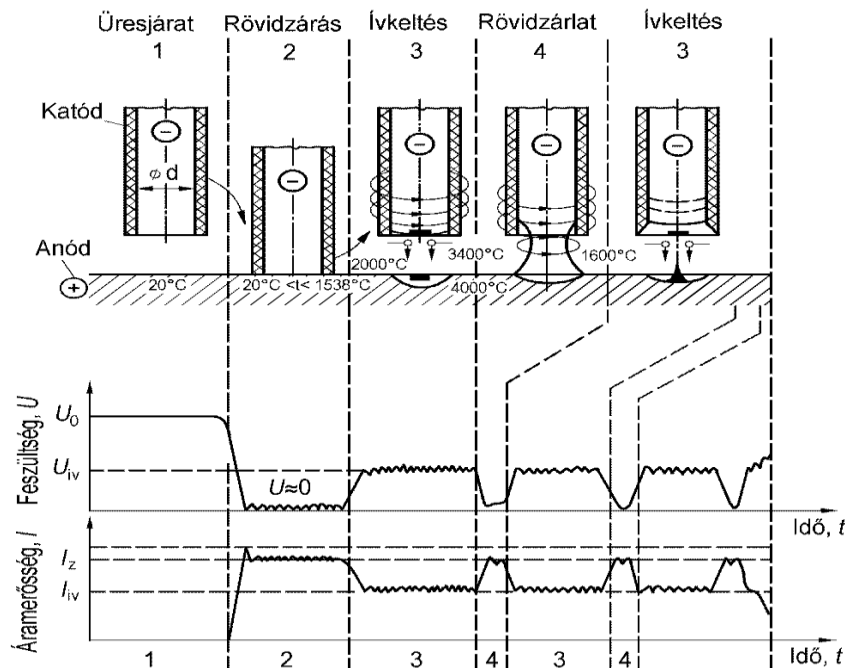
Az eljárás hátrányai:

- az elektródacsere miatt megszakított hegesztés (varratkezdés és befejezés potenciális hibaforrás)
- sok mellékidő (elektródacsere, salakolás, fröcssnyomok eltávolítása)
- egészségre ártalmas gázok fejlődése miatt elszívás szükséges
- a legjobb kötésminőséget adó elektródákat felhasználás előtt szárítani kell
- nehezen gépesíthető

**Alkalmazási területei:** szinte minden acél és nemvasfém hegesztésére alkalmas. Az ötvözetlen és ötvözött szerkezeti acélok, melegszilárd és hidegálló acélok, az erősen ötvözött különleges acélok és néhány, jobb minőségű öntöttvas egyaránt hegeszthető. Nikkel, réz és alumínium ötvözetek is hegeszthetők vele, de az AWI elterjedésével ez a terület viszszaszorult. Jellemző alkalmazási területe a csővezetékek helyszíni varratainak készítése. Falvastagság tekintetében sincs korlátja, kis falvastagságnál nem kifizetődő használni.

#### **A bevont elektródás ívhegesztés ömlesztő folyamata egyenes polaritás esetén**

A bevont elektróda és a munkadarab között létrehozott villamos ív keskeny sávban megolvasztja az összehegesztendő darabokat és az elektródát, létrehozva a hegesztési ömledéket, amely a dermedést követően fémes kapcsolatot létesít a két anyag között.



39. ábra: A bevont elektródás ívhegesztés ömlesztő folyamata egyenes polaritás esetén  
 $U_0$  üresjárási feszültség;  $I_z$  állandósult zárlati áram ;  
 $U_{iv}$  munkafeszültség;  $I_{iv}$  hegesztőáram<sup>51</sup>

Üresjáratban a bekapcsolt hegesztő-áramforrás pólusai között az üresjárat feszültség mérhető, amelynek értéke áramforrásonként változik, általában 45...80 V. Nagyobb üresjárat feszültséggel könnyebb az ív gyújtása. Áraműtés szempontjából veszélyes helyeken (pl. tartály belsejében) csak olyan egyenáramú áramforrás használható, amelynek üresjárat feszültsége legfeljebb 50 V.

Az ívgyújtás két, egymástól jól elkülöníthető szakaszra bontható:

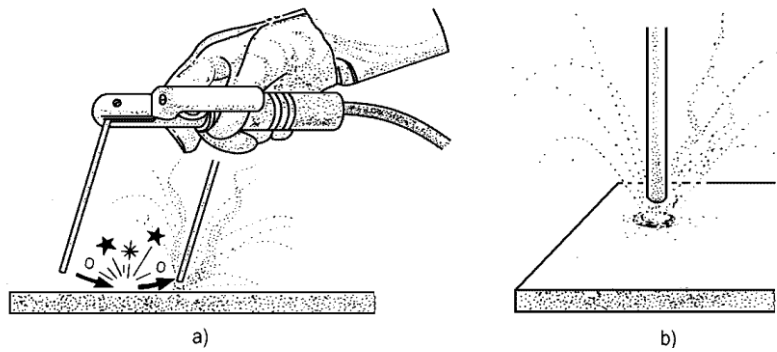
- az elsődleges ívgyújtás a hideg munkadarabokon rövidzárás útján végbemenő gyújtási folyamat;
- a másodlagos ívgyújtás a rövidzárlattal leolvadt csepp leválását követő izzó anyag végzett ívgyújtás, az ívkeltés.

Elsődleges ívgyújtáskor az elektróda végét gyufagyújtásos vagy koppantásos módszerrel (40. ábra) a munkadarab felületéhez érintik, az ív talppontja felizzik, koncentrált hőfejlődés jön létre, s egy kis térfogatú olvadt fémrészen keresztül záródik az áramkör. Az elektróda emelésével ez a fémrész megnyúlik, majd a hőmérséklet növekedésével (és más erőhatások révén) elszakad, s kialakul az ív. Az ív hossza általában megegyezik az elektróda átmérőjével.

**Az ívgyújtás módja:**

- gyufagyújtás,
- koppantásos

<sup>51</sup> Dr. Kovács M., 2008., Hegesztés. Tankönyvmester, Budapest, 60.o.



40. ábra: Az ívgyújtás módja:  
a) gyufagyújtás, b) koppantásos<sup>52</sup>

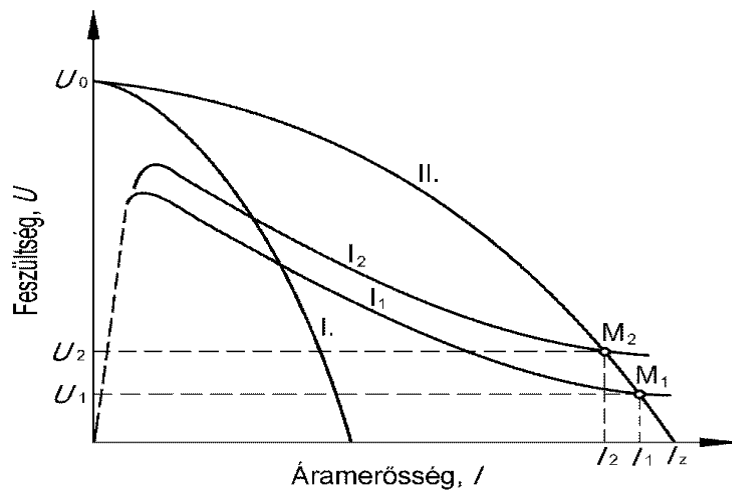
### A bevont elektródás ívhegesztés berendezései és eszközei

A hegesztő-áramforrások az előállított áram neme szerint lehetnek egyen- vagy váltakozó áramúak, ill. mindkettőt egyesítő berendezések. Az egyenáramú berendezések működtethetők villamos hálózatról vagy hálózatot nem igénylő energiaforrással (pl. belső égésű motorral). A hálózatról működő egyen áramot szolgáltató áramforrások az egyenirányítók, ill. az átalakítók (generátorok). Aszerint, hogy az áramforrás hány munkahelyet táplál, lehet egy, ill. több munkahelyes berendezés.

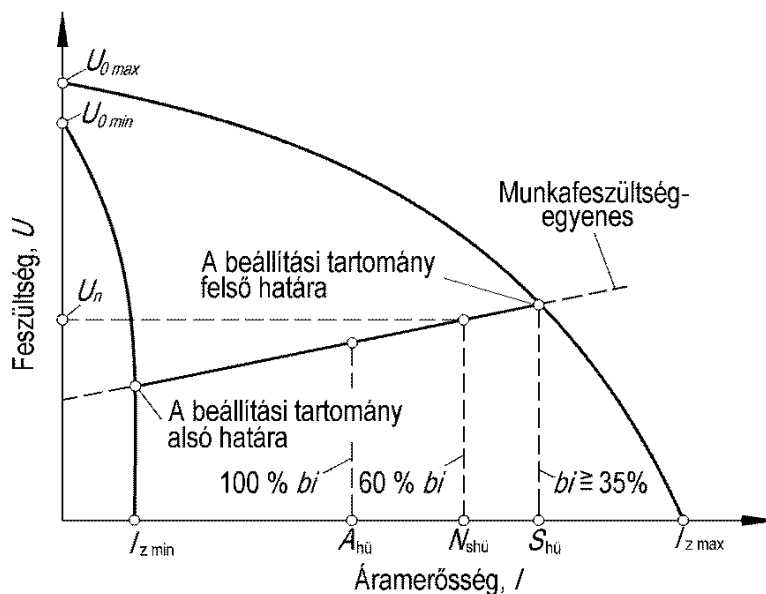
*Az áramforrás tulajdonságát jellemzi a statikus (külső, terhelési) jelleggörbe, amely az áramerősség és a feszültség kapcsolatát írja le. A 41. ábra meredeken eső I. és II. statikus jelleggörbéket szemléltet, feltüntetve a hegesztőív I1, ill. I2 statikus jelleg görbéjét is. A jelleggörbe alakja a berendezés típusától, kialakításától stb. függően változik. A rövidzárlatos fémátvitelű technológiák jelleggörbéje az ábra szerinti, ahol a metszéspont a vízszintes tengellyel az állandósult  $I_Z$  zárlati áram értékét adja meg. Az áramforrás és a hegesztőív statikus jelleggörbéjének metszés pontja a munkapont ( $M_1$  ill.  $M_2$ ). A munkapont az ív hosszának változtatásával az  $M_1$ -ből az  $M_2$  pontba tolódhat el, ill. a jelleg görbe módosítása esetén más értékeket vehet fel. Az ív statikus jelleggörbéjét helyettesítő szabványos munkafeszültség egyenesével ábrázolt áramforrás jelleggörbéje a 42 ábrán látható.*

<sup>52</sup> Dr. Kovács M., 2010, Hegesztési Zsebkönyv. Cokom Mérnökiroda Kft, Miskolc, 138.o.





41. ábra: Az áramforrás és az ív statikus jelleggörbéi<sup>53</sup>  
 $I_1 < I_2$



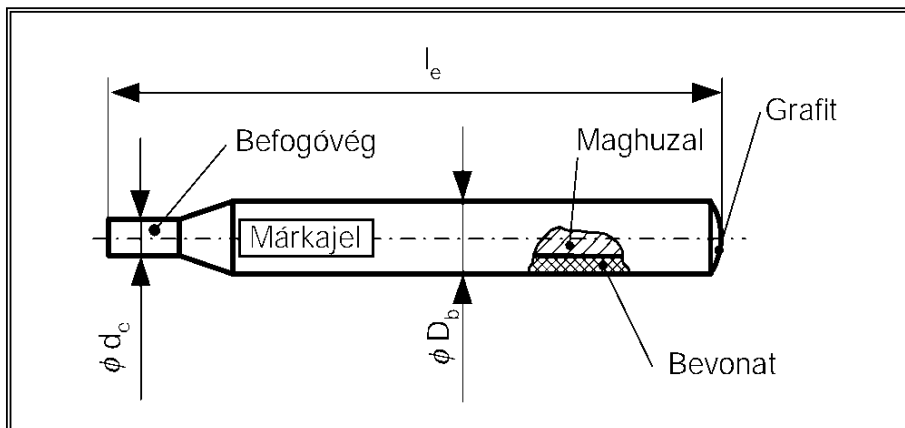
42. ábra: Meredeken eső jelleggörbéjű áramforrás és jellemzői a szabványos munkafeszültség egyenesével<sup>54</sup>

Az áramforrás a hegesztő berendezés központi eleme. Fő funkciója, hogy a megfelelő áramerősséget és feszültséget biztosítson a stabil ív fenntartásához.

#### A bevontelektrodás kézi ívhegesztéshez alkalmazott elektróda bevonatának feladatai és a bevonattal szemben támasztott követelmények

<sup>53</sup> Dr. Kovács M., 2010, Hegesztési Zsebkönyv. Cokom Mérnökiroda Kft, Miskolc, 139.o.

<sup>54</sup> Dr. Kovács M., 2010, Hegesztési Zsebkönyv. Cokom Mérnökiroda Kft, Miskolc, 140.o.



43. ábra: <sup>55</sup>

### Bevont elektródák csoportosítása a bevonat típusa szerint

Bevonattípusok:

- A savas
- B bázikus
- C cellulóz
- R rutilos
  - RR rutil-rutilos (vastag rutilos bevonat)
  - RA rutil-savas
  - RB rutil-bázikus
  - RC rutil-cellulóz

### Bázikus, rutilos és cellulóz elektródák leolvadási jellemzői

#### **Bázikus elektródák:**

A bázikus, vagy másképpen mészbázikus, illetve alacsony hidrogéntartalmú elektródákat a bázikus salakukról nevezték el. A bevonat fő alkotója a mészkő ( $\text{CaCO}_3$ ) és a folyópát ( $\text{CaF}_2$ ). Rutilt ( $\text{TiO}_2$ )-t nem, vagy csak a térbeli hegesztési tulajdonság javítására korlátozott mennyiségben tartalmaznak. A savas  $\text{SiO}_2$  tartalma csak a kötőanyag szorítózik. A bázikus bevonatok csak karbonát gázképzőt tartalmaznak, az alacsony H tartalom ( $LH = \text{Low Hydrogen}$ ) garantálása érdekében cellulózt vagy vizet megkötni képes földpátokat nem, vagy csak néhány százalékban tartalmazhat. A bevonatot alacsony nedvszívóképességű szerkezetével a nedvességfelvétel korlátozható. Metallurgiai célokra a bevonat megfelelő mennyiségű dezoxidant, kén- és foszformegkötő reagenst tartalmaz, de a nitrogén elleni védelme nem megfelelő.

A bázikus elektródákat kiváló mechanikai és átlagos hegesztési tulajdonságok jellemzik. A legfontosabb tulajdonságok felsorolás szerűen a következők:

- megfelelő szárítással a hegőmledék hidrogéntartalma 5 ml/100gfém értékre, vagy ez alá csökkenthető,

- kiváló mechanikai jellemzők (átmeneti hőmérséklet, szívósság, nyúlás, szilárdság, repedésellenállás),
- az ömledék alacsony O, S és P tartalmú, rövid ívvel a N tartalom is megfelelő értéken tartható,
- gázképző reakciók
- rutillal és K vízüveggel térbeli helyzetre is alkalmas, az alapelektroda vályúhelyzetben kiváló, térbeli pozíciókban közepes adottságú,
- rutillal és K vízüveggel AC-re is alkalmas, egyébként a helyes polaritás mindig egyenáram +,
- a folyópát a salakot híg folyóssá teszi, amelyben a salakzárványok (bekevert salak és reakciótermékek) könnyen a felszínre úsznak,
- nagyceppes leolvadás,
- rossz részáthidalóképeség miatt igényes illesztést igényel,
- rövid ívhosszal kell leolvasztani, mivel védelme csak közepes hatékonyságú,
- a hegesztendő felület tisztaságára érzékeny,
- Fe poros változata vályúhelyzetben nagy leolvasztási teljesítményre képes,
- az ömledék szakítószilárdsága Cr-mal vagy Mo-nel 900 MPa-ig növelhető.

### ***Rutilos elektródák***

A rutilos bevonatok névadója a  $\text{TiO}_2$  tartalmú rutil ásvány, amelynek különleges tulajdonsága, hogy mind folyékony, mind szilárd állapotban jól vezeti a villamos áramot.

Az elektródabevonat ebből a komponensből 30...55 %-ot, tartalmaz. A további alkotók: 20%  $\text{SiO}_2$ , 0...10 %  $\text{CaCO}_3$ , 5...10 %  $\text{FeMn}$ , 2...12 % cellulóz és 5...15 % vízüveg.

A rutilos elektródák salakja a sok  $\text{TiO}_2$  és  $\text{SiO}_2$  miatt erősen savas jellegű, ezért a savas szennyezők (S, P) eltávolítása rossz hatásfokú. A varrat hidrogéntartalma 15-25 ml/100g, ez a bevonat (egyébként nem szokásos) kiszáritásával sem mérsékelhető.

Az első anyagcsoporthoz tartozó ötvözetlen vagy gyengén ötvözött acélokhoz gyártott elektródák ömledékének folyáshatára 400...460 MPa, szakítószilárdsága 500...550 MPa, nyúlása legalább 25 %, átmeneti hőmérséklete  $-20^\circ\text{C}$ .

A rutilos elektródák nagyon kedvező hegesztési tulajdonságokkal rendelkeznek.

Egyenáram egyenes polaritás, vagy váltakozó áram egyaránt lehetséges. Az elektróda a bázikusnál finomabb, a savas bevonatú elektródáknál nagyobb cseppekben olvad le, beolvadási mélysége az egyenáram - polaritás miatt kisebb, mint a bázikus bevonatú elektródáké. Az ív könnyen gyullad és a rutil áramvezető képessége miatt az ívragyújtás előtt sem kell salakolni. A sűrű salakú rutilos elektróda részáthidalóképesége kiváló, az élélőkészítésre és az illesztés pontosságára csak közepesen érzékeny. A függőlegesen lefelé (PG- PJ) pozíciót kivéve minden térbeli helyzetben egyaránt jól használható. Salakja a varratfelszínről könnyen eltávolítható. Az elektróda íve nagyon rugalmas, az ívhosszváltozásra kevésbé érzékeny, ezért a gyakorlatlan hegesztők is sikeresen használhatják.

Több fajtájuk kiváló barkácelektroda, mivel az alacsony üresjárási feszültséget adó olcsó transzformátorokkal is jól leolvaszthatók.

A rutilos elektródákkal készült varratok felülete sima, szabályosan pikkelyezett, esztétikus megjelenésű, a sarokvarrat a bázikus elektródára jellemzőnél kevésbé domború, közel síkalakú. A DC- polaritásból adódóan a varrat beolvadási mélysége kisebb, a varratdudor nagyobb. A varratszél és az alapanyag átmenete folytonos (a varratszél hajlásszöge nagy), ami a hegesztett kötésnek az ismételt igénybevételekkel szemben kiváló ellenállást biztosít.

Kedvező hegesztési jellemzői miatt a kombinált bevonatok (rutil-savas, rutil-bázikus, rutil-cellulóz) bázis összetevője. Vastagbevonatú (RR jelű) változata a térbeli hegesztési képesség feladása árán nagy leolvastási teljesítményt (akár 8 kg/h) tesz lehetővé.

#### **Cellulóz elektródák**

Az ötvözetlen cellulóz elektródákat 1935 körül az Egyesült Államokban fejlesztették ki, csőhegesztési célokra. A cellulóz elektródák bevonatának névadó komponense a 10...50 % cellulóz (faliszt, recirkulált papír), amit 20...30 % rutil, 5...10 % ferromangán, 15...30 % szilíciumdioxid (kvarc), 0...15 % karbonát és káli- vagy nátronvízűveg egészít ki. A hegesztési veszteségek kompenzálására az egyenáramú elektródák bevonatába kismennyiségű (5-10 %) vasport is adagolnak.

Az elektródák nátron-vízűveggel egyenáramú hegesztésre (DC+), káli-vízűveggel egyen- és váltakozóáramra (AC) egyaránt alkalmasak. A gyártók az egyenáramú elektródák gyökvarratához gyakran a kisebb beolvadási mélységet eredményező egyenes polaritást (DC-) javasolják. A cellulóz elektródáknál az alacsony hidrogéntartalmú szervesen kötőanyagok (vízűvegek) mellett vagy helyett hidrogénforrásként szereplő természetes és szintetikus kötőanyagok (szénhidrogénszármazékok) is alkalmazhatók (mivel az ömledék hidrogéntartalma nincs korlátozva).

A cellulóz elektródák mechanikai jellemzőiket tekintve a rutilos és bázikus elektródák között helyezkednek el. Az EN 499 szerinti E 38 3 C 2 1 alaptípus 390 MPa-os folyáshatárral, 470!550 MPa szakítószilárdsággal, legalább 22 %-os nyúlással és biztonságosan -20 °C-os átmeneti hőmérséklettel rendelkezik. Ötvözéssel növelt szilárdság és -40 °C-os átmeneti hőmérséklet érhető el. A mechanikai jellemzőket a fő alkalmazási terület igényeit követve a csőszilárdsági osztályokhoz és a környezeti hőmérsékletminimumhoz igazítják. A cellulózbevonatú elektródák varrata nem olyan sima, mint a savas vagy rutilos elektródáké.

A cellulóz elektródák valamennyi hegesztési helyzetben jól alkalmazhatók, de fő jellegzetességük a függőlegesen lefelé irányuló hegesztésre való alkalmasság (PG pozíció). A felülről lefelé való hegesztés előnye, hogy nagyobb hegesztési sebesség érhető el, mint PF pozícióban, vagyis alulról felfelé végzendő hegesztéskor. Ezt az elektróda kistömegű, gyorsan dermedő, könnyen leváló salakja teszi lehetővé. A gyorsan dermedő salak egyben a résáthidalóképességet is javítja, de a felülről lefelé végzett hegesztéshez a gyors haladás miatt pontos illesztés szükséges.

A salaktulajdonságok és a nagyobb hegesztési sebességre való alkalmasság lehetővé teszi, hogy a térbeli helyzetekben a többi bevonathoz képest eggyel nagyobb elektródaátmérőt alkalmazhassunk. A cellulóz elektródák a hidrogén elégésének exoterm reakciója és a sok védőgáz fúvóhatása miatt növelt hegesztési sebességet és nagyobb beolvadási mélységet produkálnak, ezért velük nagy hegesztési teljesítmény érhető el. Cellulózos bevonattal pl. egy-egy körvarrat a rutilos vagy bázikus bevonatú elektródákhoz viszonyítva 15...50 %-kal rövidebb idő alatt készíthető el (a nagyobb szám nagyobb csőátmérőhöz tartozik).

A cellulózbevonatú elektródák fröcskölési vesztesége jelentős, a szétrepülő cseppek ellen szükséges esetekben mechanikus takarással vagy összeolvadást gátló bevonatokkal lehet védekezni.

A védőgáz exoterm oxidációs reakció mellett képződik, ezért az elektróda sok füsttel olvad le.

A sok füst miatt a cellulózbevonatú elektródák elsősorban szabadtéri helyszíneken végzett hegesztésre alkalmasak. Fő alkalmazási területük a szabadtéri csővezetékek és szerelvényeinek hegesztése, ha a szerkezetekkel szembeni követelmények egyébként ezzel a bevonattípussal kielégíthetők.

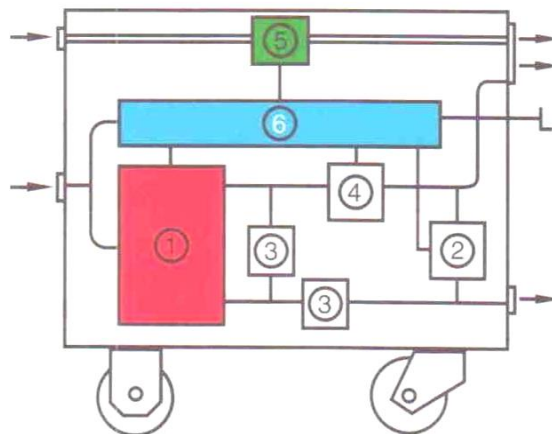
A cellulóz elektródák varratának magasabb hidrogéntartalmából ( $H=30\dots200\text{ml}/100\text{g fém}$ ) származó hátrányokat jól kéntelenítő és foszfortalanító bázikus salakkal és enyhe ötvözéssel törekednek kiegyenlíteni. A szokásos ötvözőelemek a Mo és a Ni.

### 2.4.3. Volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztés

#### A volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztő áramforrással szemben támasztott követelmények

A korszerű áramforrás egyenirányító, vagy inverter típusú. Az áramforrás egyenáramú (DC) és váltóáramú (AC) üzemre egyaránt alkalmas. A csak egyenáramú gépekkel alumínium és hasonlóan stabil oxidokkal borított felületű fémek és ötvözeteik nem hegeszthetők. A korszerű áramforrások fokozat nélküli beállítását és a hegesztési adatok előzetes beprogramozását teszik lehetővé, továbbá alkalmasak az impulzushegesztésre.

#### A védőgázos ívhegesztő áramforrás típusai, főbb technológiai jellemzői, az inverteres áramforrás működési elve



44. ábra: Ívhegesztő transzformátor felépítése<sup>56</sup>

1. **Transzformátor** (egy – vagy háromfázisú): Feladata: a hálózati áram átalakítása hegesztő árammá. A hálózati feszültség csökkentése az üresjárat, illetve a hegesztési feszültségre.
2. **Impulzusegenerátor**: Feladata nagyfrekvenciás, nagyfeszültségű impulzusokat állít elő az érintésmentes ívgyújtáshoz.

<sup>56</sup> Benus F., 2011, Volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 20.o.

- 3 **Védőfojtás és védőkondenzátor:** Feladata védi a transzformátort a nagyfeszültségű impulzusoktól, ami különben a transzformátor tekercseit károsítaná.
- 4 **Szűrőkondenzátor:** Feladata kiegyenlíteni a hegesztéskor keletkező eltolt félhullámokat (egyenirányító hatás)
- 5 **Védőgáz mágnesszelep:** Feladata a védőgáz – hozzávezetés elektromágneses nyitása és zárása
- 6 **Vezérlőberendezés:** Feladata a hegesztőáram be és kikapcsolása. Az áramerősség beállítása. A védőgáz mágnes –szelepének vezérlése elő – és után áramlási idővel. Szűrőkondenzátor beállítása. Egyéb vezérlési feladatok

**Hegesztőgenerátorok:** forgó, egyenáramú áramforrás. A hegesztőáramot váltakozó áramú motor által hajtott egyenáramú generátor (dinamó) szolgáltatja.

*Előnyei:*

- Jók az ívgyújtási és hegesztési tulajdonságai
- Kis áramerősség tartományban jól szabályozható
- Hálózati ingadozásokra kevésbé érzékeny

*Hátrányai:*

- Az üresjáratú teljesítményfelvétele nagy
- A hatásfoka rossz
- Szénkefék gyorsan kopnak
- Zajos, túlterhelésre érzékeny

**Egyenirányítós áramforrás:** áll egy háromfázisú transzformátorból, egy egyenirányító egységből és egy vezérlőegységből.

*Előnyei:*

- Jó a hatásfoka (60-80%)
- Kicsi az üresjáratú teljesítményfelvétele
- Szimmetrikus a hálózatterhelése

*Hátrányai:*

- Porra érzékeny
- Feszültségingadozásra érzékeny
- Nagy karbantartási költség

**Inverteres áramforrás:** működési elve, hogy a váltakozó áramot egyenirányítja és közben simítja a hálózati egyenirányító modul. Az inverter az egyenáramot a hálózatinál lényegesen nagyobb frekvenciájú váltakozó árammá alakítja, amit a transzformátor alakít át a megfelelő szintre. A legkorszerűbb áramforrás.

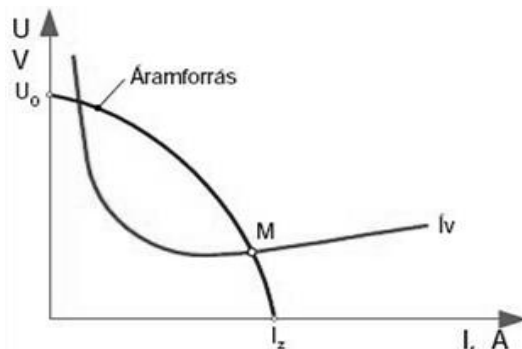
#### **A nagyfrekvenciás ívstabilizátor és a szűrőkondenzátor feladata, működése**

A nagyfrekvenciás ívstabilizátor (NF stabilizátor), ill. impulzusgenerátor az AVI-eljárás-hoz az ívgyújtás megkönnyítésére beépített berendezés. Az *NF stabilizátor* használata esetén költséges zavarászűrő rendszert kell beépíteni a környező tv-, ill. rádióvétel zavarásának kiszűrésére. Ezt a hátrányt küszöböli ki a nagyfrekvenciás *impulzusgenerátor*, ill. gyűjtőberendezés, amely 50 Hz vagy valamivel nagyobb frekvenciájú impulzust állít elő több ezer voltos feszültséggel.

A szűrőkondenzátor feladata kiegyenlíteni a hegesztéskor keletkező eltolt félhullámokat (egyenirányító hatás)

### Az áramforrás eső jelleggörbéjének jellemzői, a munkapont fogalma

A hegesztő áramforrás tulajdonságát jellemzi a statikus jelleggörbe, amely az áramerősség és a feszültség kapcsolatát írja le. Az ábra meredeken eső statikus jelleggörbét szemléltet, feltüntetve a hegesztőív statikus jelleggörbéjét is. Az áramforrás és a hegesztőív statikus jelleggörbéjének metszéspontja a munkapont.



45. ábra: Az AWI áramforrás és az ív karakterisztikája<sup>57</sup>

Az ábrán lévő **M** pont jelenti a munkapontot, ahol az ív és az áramforrás karakterisztikája találkozik. Csak ebben a pontban lehetséges hegesztés.

### Az AVI- hegesztőáramkör jellemzői, a folyamatos ívű AVI- hegesztés áramlefutása

Az AVI hegesztőáramkör egyedi jellemzője, hogy az ív egy nem olvadó volfrámelektrod és a munkadarab között jön létre. Folyamatos ívű hegesztés esetén ismerünk **2 ütemű és 4 ütemű** áramlefutást. A pisztoly kétütemű kapcsológombjának lenyomásával nyit a védőgáz szelep, és a nagyfrekvenciás ívgyújtás a munkadarab érintése nélkül megtörténik. Az ív mindaddig ég, amíg a gomb benyomott állapotban van. A gomb elengedésével az áramellátás megszűnik, a védőgáz megadott érték szerint még után áramlik.

Négyütemű kapcsoláskor a gomb benyomásával nyit a mágnesszelep, és megtörténik nagyfrekvenciás ívgyújtás, elengedéskor folyik az áramforrásra beállított hegesztőáram. A gomb másodszori benyomásával az áram lecsökken a beállított minimális értékre. Az áramlefutás ideje szintén előre beállítható. A gomb másodszori elengedése kikapcsolja az áramot, és a védőgáz a beállított idő értéknek megfelelően utánáramlik.

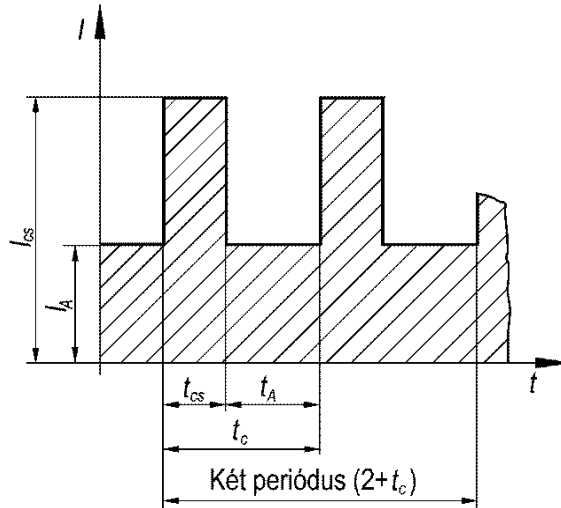
### A lüktetőívű AVI-hegesztés elve, a hőbevitel változása, a hegesztés áramlefutása

Az impulzusos AVI-eljárás alapelve, hogy a hegesztőáram nem állandó, hanem előre beállított, meghatározott frekvenciával lüktet. A hegesztőáram polaritás váltás nélkül egy viszonylag kis alap – és egy nagy impulzusáram között változik szabályos ismétlődéssel. A különbség a frekvenciában van. A lüktetőíves hegesztéskor a frekvencia sokkal kisebb, általában 0,2... 2 Hz.

Az AVI eljárásnál az áram időbeni változásának a célja a hegfürdő szabályozása. Az eljárás előnye, hogy a hegfürdő jobban kezelhető kényszerhelyzetben, és vékony szelvények hegesztéskor könnyebb a hegesztés, a volfrámelektroda az áramimpulzusok ideje alatt job-

<sup>57</sup> Benus F., 2011, Volfrámelektrodás védőgáz ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 18.o.

ban terhelhető, mivel az impulzusok közti szünetben van ideje lehűlni, ezért mélyebb beolvasás érhető el, mint állandó áramú hegesztéskor, továbbá a szövetszerkezet is kedvezőbben alakul.



46. ábra: Áram le- és felfutás négyzetes áramimpulzus esetén<sup>58</sup>

$I_{cs}$  csúcsáram;  $I_A$  alapáram;  $t_{cs}$  csúcsáram idő;  $t_A$  alapáram idő;  $t_e$  a ciklus időtartama;  $I_f$  impulzusfrekvencia;  $f = 1/t_e$

Az impulzusos AVI-eljárás előnye, hogy a hegfürdő jobban kezelhető, kényszerhelyzetben könnyebb a hegesztés, a volfrám elektróda az áramimpulzusok ideje alatt jobban terhelhető, mivel az impulzusok közti szünetben van ideje lehűlni, mélyebb beolvasás érhető el és a szövetszerkezet kedvezőbben alakul.

A **volfrámelektróda** a hegesztőív létrehozásakor anódként, vagy katódként szereplő, bevonat nélküli volfrámpálca, amelyben egyes esetekben oxidadalékok vannak az elektron kibocsátás fokozására.

A volfrámelektródák 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 6,4 és 10 mm átmérővel készülnek. Az elektródák hossza: 50; 70; 150 és 175 mm.

#### A W-elektróda adott feladathoz való kiválasztásának szempontjai

Az elektródát és a megolvadt fémeket semleges védőgáz védi a levegő hatásaitól. Ennél a hegesztési eljárásnál tehát a volfrámelektróda igen fontos szerepet játszik. Ennek kiválasztása nagy jelentőséggel bír, ennek ellenére Magyarországon általában csak három típust preferálnak a hegesztő szakemberek.

Ezek a zöld végű tiszta volfrámelektróda (W), a piros végű thóriumoxiddal ötvözött (1,8-2,2%)(WT20) volfrámelektróda és ritkán az arany végű lantanoxiddal ötvözött (1,2-1,8%)(WL15) volfrámelektróda.

<sup>58</sup> Benus F., 2011, Volfrámelektródás védőgáz as ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 19.o.





A hegesztőpisztoly feladata az ív létrehozásához, fenntartásához szabályozásához és védelméhez szükséges alkatrészek befoglalása és a szükséges elektromos, gáz illetve hűtővízáramlás biztosítása. A pisztolyokat a rajtuk átfolyó áram hevíti, ezért hűtésükről gondoskodni kell, így lehetnek léghűtésesek vagy vízhűtésesek.

### Az AVI hegesztéshez alkalmazott argon védőgáz előállítása, tulajdonságai, szabványos nemzetközi jelölése

A levegő nitrogén és oxigén keveréke (99%). A fennmaradó 1%-ot argon, szén-dioxid és más nemesgázok alkotják. Az oxigént, a nitrogént, az argont, illetve a többi nemesgázt, tehát a neont, xenont, héliumot és kriptont mélyhőmérsékletű levegő szétválasztással nyerjük ki a levegőből.

Az argon a levegőnél nehezebb, színtelen, szagtalan nemesgáz, vegyjele: Ar. (inert). Az argon nem mérgező.

Az argon védőgázokat a tisztaságuk alapján jelöljük pl: 99,995% argon tartalom jele 4.5, azaz 4 db 9-es és egy 5-ös a végén.

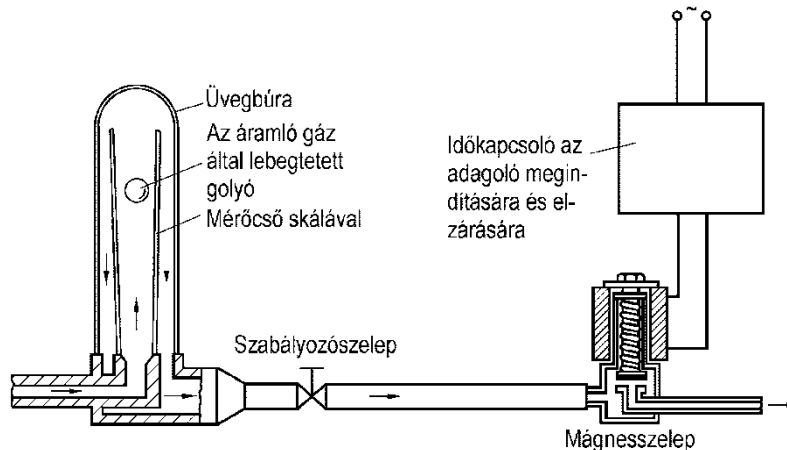
### Nemzetközi jelölése az MSZ EN ISO 14 175 szabvány szerint I 1

**A védőgázpalackban lévő gáz mennyiségének meghatározása:** A meghatározáshoz szükség van a palack térfogatára és nyomására. Például: 40 literes palack 150 bar nyomáson van tárolva akkor  $40 \cdot 150 = 6000$  liter gáz van benne.

### A gázélvétel módja, a nyomáscsökkentő típusai, a rotaméter működése

A gázélvétel a nyomáscsökkentőn (reduktoron) keresztül történik. A nyomáscsökkentő feladata, hogy a palackban, illetve csővezetékben lévő túlnyomást nyomást az üzemi nyomásra csökkentse, azt állandó értéken tartsa, és lehetővé tegye a folyamatos gázélvételt.

A **rotaméter** az a mérőműszer, ami az átáramlott gáz mennyiségét méri, átfolyásmérőnek is nevezik.

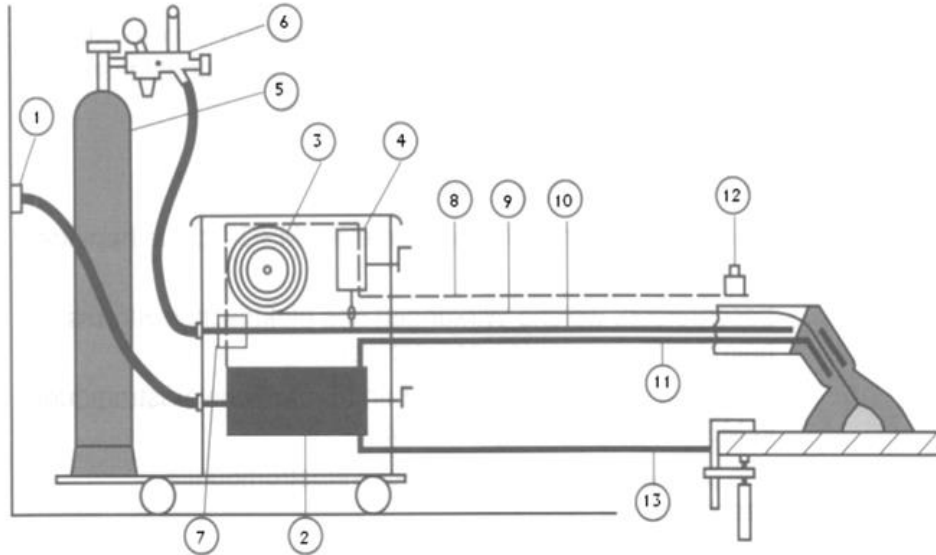


48. ábra: Átfolyás mérő<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Benus F., 2011, Volfrámelektrodás védőgázás ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 10.o.

#### 2.4.4. Fogyóelektródás, védőgázos (MIG/MAG hegesztés)

A védőgázos ívhegesztő berendezés felépítése, szerkezeti részei, működési elve, a hegesztőáramkör jellemzői



49. ábra: A védőgázos ívhegesztő berendezés felépítése<sup>62</sup>

1. Hálózati csatlakozó; 2. Hegesztő egyenirányító;  
Hegesztőhuzal; 3. Huzaldob; 4. Huzalelőtoló berendezés;  
Védőgáz: 5. Védőgázpalack, 6. Nyomáscsökkentő, 7. Védőgáz-mágnesszelep  
Tömlőkötég; 8. Vezérlőkábel, 9. Spirál, 10. Védőgáztömlő, 11. Áramvezető kábel, 12. Hegesztőpisztoly, 13. Test kábel

A védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés nyíltívű hegesztés. Az ív egy gázburokban ég. Ez a gázburok védi meg a hegfürdőt a légkör kedvezőtlen hatásaitól. A hegesztőanyag felsévált hegesztőhuzal, amelynek a beállított sebességű előtolását egy huzalelőtoló egység biztosítja. A huzalt a hegesztőfejjel vezetjük a hegesztés helyére. A huzalt a huzalelőtoló egység csévéli le a huzaltároló dobáról 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 áram-hozzávető kontaktus is. Nagyobb hegesztési teljesítmények esetében a hegesztőfejet vízzel kell hűteni, ezt a hegesztőfejbe vezetett hűtővízzel lehet megoldani, amihez egy külön keringető rendszert alkalmaznak.

A védőgáz a fűvókán keresztül áramlik ki és körülfogja az ívet, valamint a hegfürdőt. Az alkalmazott védőgáz argon, hélium, oxigén és széndioxid keverékéből állhat.

A védőgázos, fogyóelektródás hegesztéseknél általában egyenáramot és fordított polaritást használnak (az elektródahuzal pozitív), mivel ezzel az áram nemmel és polaritással a

<sup>62</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 15.o.

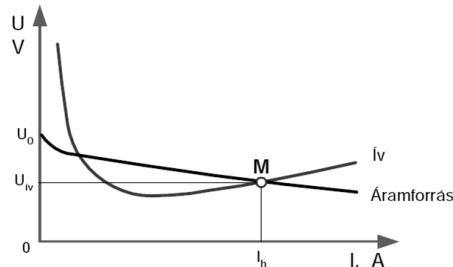
legkisebb a fröcskölés, stabil az ív, és egyenletes az anyagátmenet. A védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés az alkalmazott gáz fajtájától függően lehet:

- semleges védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés,
- aktív védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés,
- keverék védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés.

Aktív védőgázos hegesztésnél a hegfürdő védelmét a széndioxid biztosítja. Az aktív jelző az elnevezésben arra utal, hogy az ív nagy hőmérsékletén a széndioxid elbomlik szénmonoxidra és oxigénre. Az atomos állapotú oxigén az olvadt fémbe oldódik. Az oldott oxigén az acélt ridegíti, ezért azt dezoxidens ötvözőkkel, vegyületek formájában kell megkötni. A varratba bekerült oxigént a hegesztőhuzal ötvözői dezoxidálják, s így az oldott oxigén mangánoxid, szilíciumdioxid, vagy titándioxid formájában már nem jelent veszélyt a hegesztési varrat szilárdságára és ütőmunkájára, azaz a varrat szívós marad.

### Az áramforrás lapos jelleggörbéjének jellemzői, a munkapont beállítása

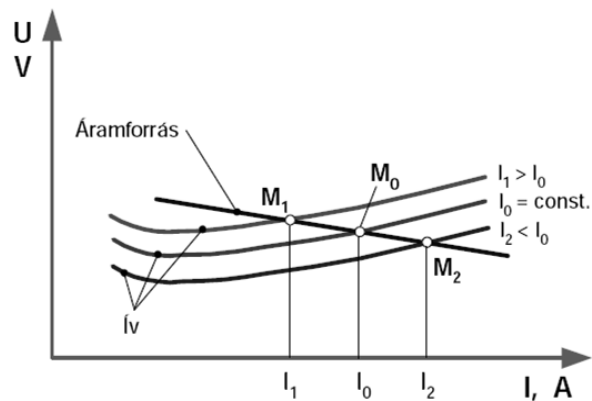
Az áramforrás jelleggörbéje közel vízszintes, azaz feszültségtartó, belső szabályozásra alkalmas feltételeket biztosít.



50. ábra: Az áramforrás és az ív jelleggörbéje<sup>63</sup>

A hegesztés csak az ív jelleggörbe és az áramforrás jelleggörbéjének metszéspontjában jöhet létre, ott is csak akkor, ha megfelelő áramerősség áll rendelkezésre.

### Belső szabályozás



51. ábra: Belső szabályozás<sup>64</sup>

<sup>63</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 16.o.

<sup>64</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 17.o.

A belső szabályozás az ábra segítségével érthető meg. A belső szabályozás állandó sebességű huzalelőtollással működik. A nagyobb ívhosszhoz kisebb munkaponti áram tartozik, tehát amikor az ívhossz véletlen megnövekedése következik be akkor az áramerősség csökkenésével lassul a leolvadás, ezzel az ívhossz csökken tehát az eredeti állapot áll vissza. Az ívhossz véletlen csökkenésekor ellenkező folyamat játszódik le: megnő a munkaponti áramerősség, gyorsul az elektróda leolvadása emiatt az ívhossz megnő, így visszaáll az eredeti állapotba.

### A védőgázos ívhegesztő áramforrás típusai, főbb technológiai jellemzői

#### Felépítés szerint:

- Kompakt, zárt rendszerű, huzalelőtollal egybeépített áramforrás 0,8...1,2 mm átmérőjű huzallal, legfeljebb 3...5 m hosszú hegesztőtömlővel.
- Univerzális, különálló huzalelőtoll berendezéssel szerelt áramforrás 0,8...2,4 mm huzalátmérővel. A huzalelőtoll és az áramforrás között tetszőleges a távolság, a huzalelőtoll és a pisztoly között 3 m.

#### Típusok:

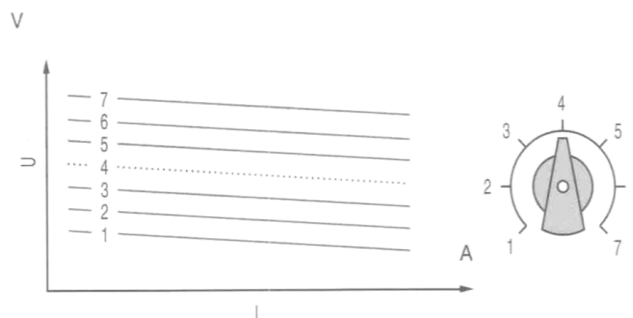
- Egyenirányító (hagyományos kialakítású)
- Átalakítók (inverter, elektronikus szabályozású)

### A villamos ív keletkezésének folyamata, az egyenáramú hegesztőív jellemzői, az ív statikus jelleggörbéje

Az ívhegesztés során a szükséges hőmennyiséget a hegesztőív szolgáltatja. A hegesztőív szilárd vagy cseppfolyós halmazállapotú fémek között, gázközegben végbemenő hosszantartó villamos kisülés.

A gázok normál állapotban nem vezetnek villamos áramot, ionizált állapotban azonban vezetővé válnak, és villamos ív keletkezik. Az ív gyújtása rövidzárlattal történik. Az érintkezési felületek, mint a legnagyobb ellenállási helyek, erősen felmelegednek, a levegő pedig ionizálódik, a semleges atomok negatív töltésű elektronokra és pozitív töltésű ionokra esnek szét.

A felizzott elektróda szintén elektronokat bocsát ki. A negatív elektronok az elektromos erőter hatására felgyorsulva igen nagy sebességgel haladnak a pozitív sarok felé. A lényegesen kisebb sebességű, de anyagi tömeggel rendelkező ionok a negatív sarok felé haladnak.

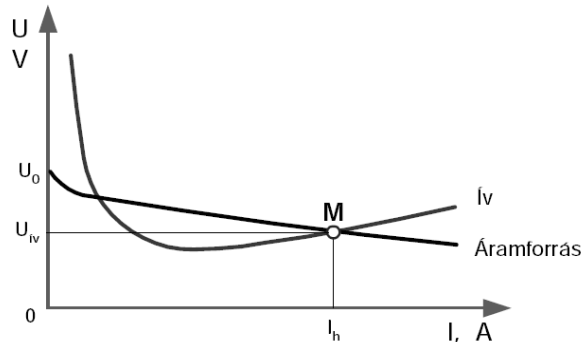


52. ábra: Statikus jelleggörbe<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 23.o.

A statikus jelleggörbe egyenes, amely az áramforrás által előállított, összetartozó feszültség-áramerősség értékeket mutatja. A különböző összetartozó értékek az ábrán látható vonalseregnek felelnek meg.

**A villamos ív statikus jelleggörbéjének és az áramforrás jelleggörbéjének kapcsolata, a munkapont és a polaritás fogalma**



53. ábra: Az áramforrás és az ív jelleggörbéje<sup>66</sup>

A **munkapont** az a pont ahol az ív és az áramforrás találkozik. Ebben a pontban lehetséges csak a hegesztés. A kis áramerősségnél lévő találkozási pont azért nem lehet munkapont, mert az áramerősség túl kevés a hegesztéshez.

**Polaritás:** azt mutatja meg, hogy ez elektróda illetve a munkadarab van e pozitív, illetve a negatív oldalon. Ha az elektróda van a negatív oldalon, akkor egyenes polaritás (DCEN), ha a negatív oldalon, akkor fordított polaritás (DCEP).

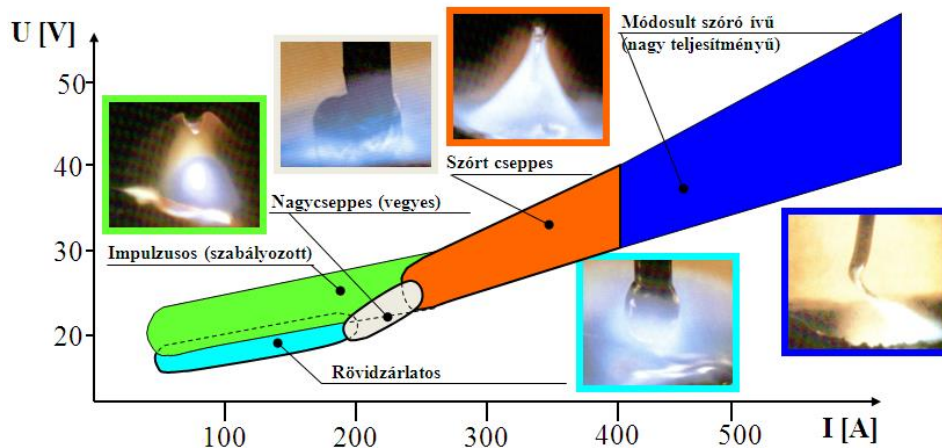
**A fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés ömlesztő folyamata, a varrat kialakulása, cseppátmeneti formák**

Védőgázos ívhegesztéskor egy vagy több, az elektróda és a munkadarab - vagy két elektróda között - égő hegesztőív hatására alakul ki a hegfürdő. A hegesztőívet, a hegfürdőt és az elektródát a levegő káros hatásától védőgáz óvja.

Az anyagátmenet a védőgáztól és a hegesztési jellemzőktől függően többféle lehet.

**Anyagátmenetek**

<sup>66</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 23.o.



54. ábra: Anyagátmenetek<sup>67</sup>

Az impulzus ívű anyagátmeneti tartomány gyakorlatilag a rövidzárlatos és a nagyceppes tartományok helyett nyújt választási lehetőséget.

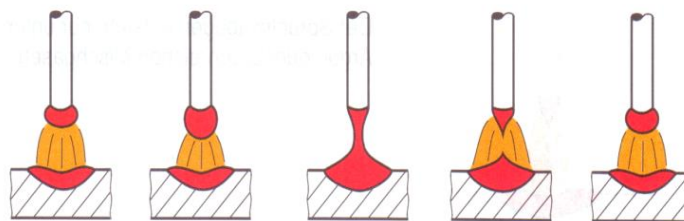
Impulzus hegesztés esetén magasabb feszültség szükséges, mint rövidzárlatos anyagátmenet esetén.

A módosult szóró ívű tartomány két részre osztható: forgó ívű és moderált szóró ívű.

#### Fogyóelektródás ívhegesztésnél alkalmazott ívfajták és cseppátmenetek

##### Rövid ív jellemzői:

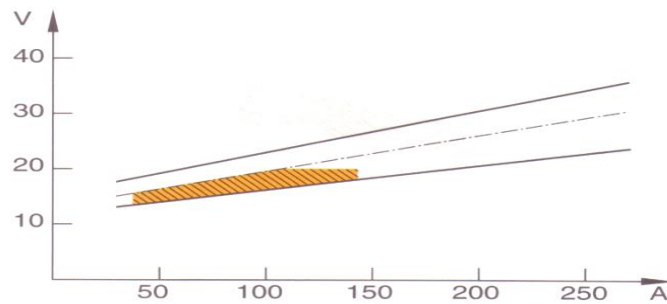
- Rövidzárlatos cseppátmenet
- Sűrűn folyó hegfürdő
- Másodpercenként kb. 70-120 cseppleválás
- Anyagátmenete egyenletesen finomcseppes csak rövidzárlásban.
- Beállítási tartománya kis feszültség-kis áramerősség
- Alkalmazása vékonylemezek gyökvarratok és vízszintestől eltérő helyzetekben PE-PF-PG-PC



55. ábra: Rövidzárlatos cseppátmenet<sup>68</sup>

<sup>67</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 41.o.

<sup>68</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 42.o.

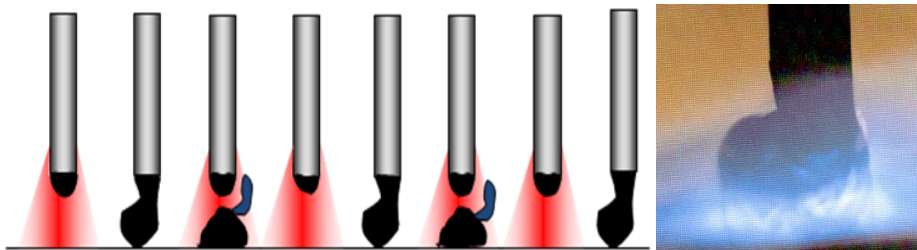


56. ábra: Rövid ív beállítási tartománya<sup>69</sup>

### Nagycseppes anyagátmenet jellemzői

- Nagycseppes anyagátmenetnél a csepp mérete nagyobb, mint a huzal átmérője
- Rövidzárlatok és ívek sorozata váltja egymást
- A nagyszámú és nagy átmérőjű fröcskölés elkerülhetetlen
- Az ívek elegendő hosszúnak kell lennie, hogy biztosítsa a nagyméretű csepp leválását
- Magasabb feszültség mégsem ajánlatos, mert az kötéshibát, elégtelen beolvadást és szélbeégést okozhat

A veszélyek miatt a nagycseppes anyagátmenetet érdemes elkerülni!



57. ábra: Nagycseppes anyagátmenet<sup>70</sup>

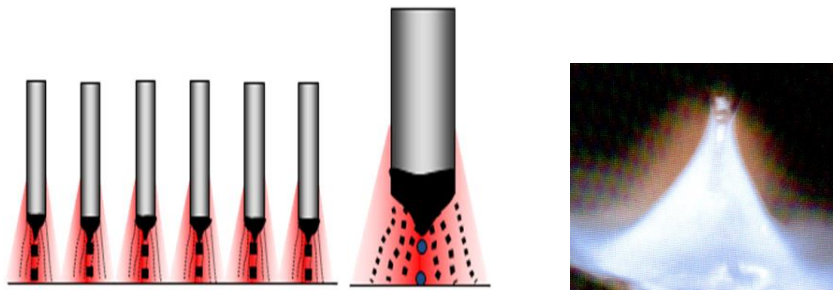
### Szórt cseppes anyagátmenet

- Rövidzárlat nélküli, permetszerű anyagátmenet (másodpercenként cseppek száza)
- Az ív stabil, fröcskölés szegény és termelékeny hegesztést eredményez
- A kritikus áramerősség (áramsűrűség) feletti alakul ki
- Argonbázisú gáz szükséges a kialakulásához
- A nagy áramerősség miatt vékony lemezek esetén nem alkalmazható
- Alumínium esetén jó oxidbontás
- Vályú helyzetű varratok esetén kiváló

<sup>69</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 21.o.

<sup>70</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 41.o.

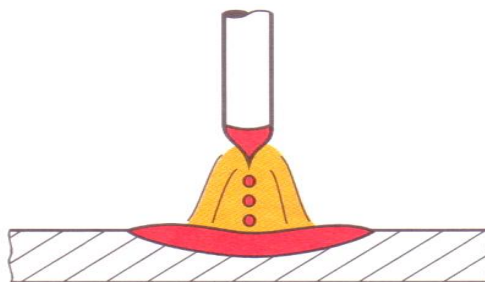




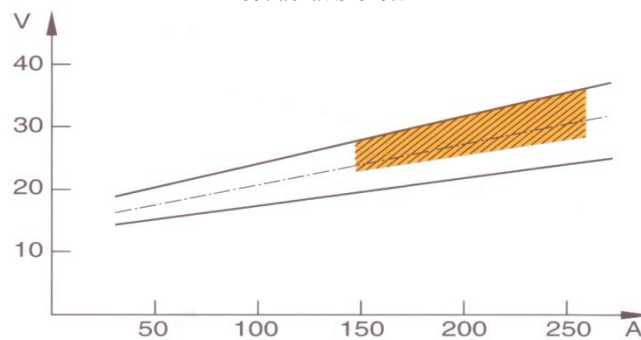
58. ábra: Szórt cseppes anyagátmenet<sup>71</sup>

### Szóróív jellemzői

- Rövidzárlat mentes
- A hegfüldő hígfolyós
- Másodpercenként kb 100-300 cseppleválás
- Szóróív csak argon, vagy argonbázisú keverékgáz esetén alakul ki.
- Nagy feszültség, nagy áramerősség



59. ábra: Szoróív<sup>72</sup>



60. ábra: Szóróív beállítási tartománya<sup>73</sup>

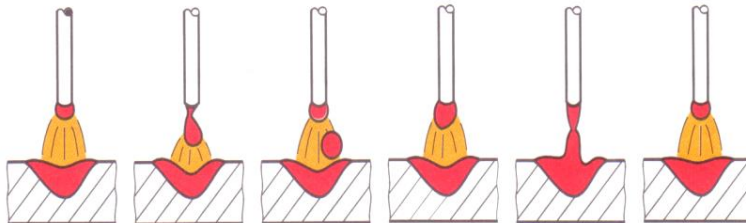
<sup>71</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 42.o.

<sup>72</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 42.o.

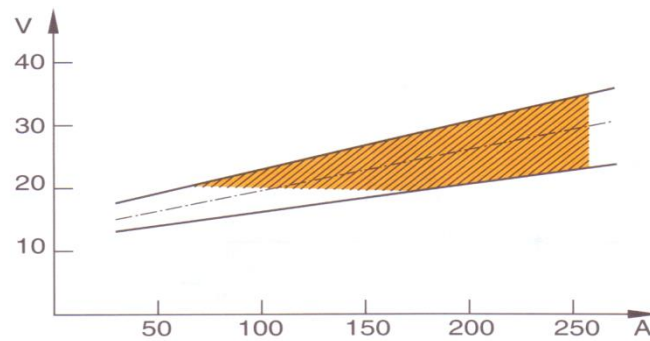
<sup>73</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 42.o.

### Hosszúív jellemzői:

- Cseppátmenet durvacseppes, nem rövidzárlatos
- A hegfürdő hígfolyós
- Másodpercenként kb. 100-150 cseppleválás
- Beállítási tartománya 20 V és 150 A felett



61. ábra: Hosszúív jellemzői<sup>74</sup>

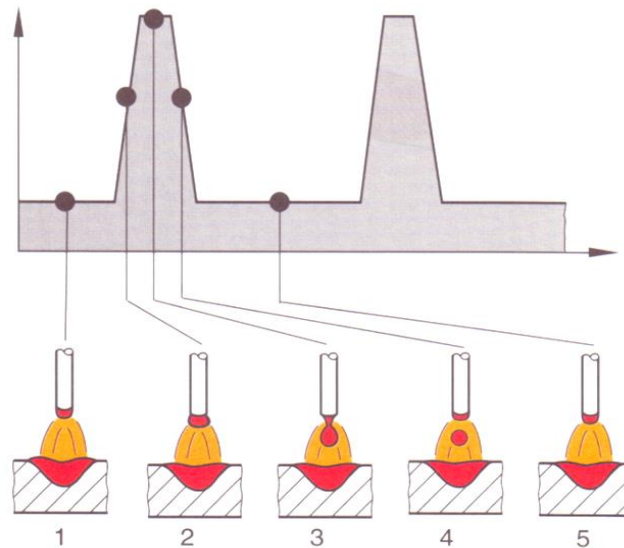


62. ábra: Hosszúív beállítási tartománya<sup>75</sup>

<sup>74</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 42.o.

<sup>75</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 42.o.

### Lüktetőívű hegesztés



63. ábra: Lüktetőívű hegesztés folyamata<sup>76</sup>

Az ív kis alapáramon ég, a huzal megolvad. Az impulzusáram értékére növekvő áram megnöveli a huzal végén lévő cseppet, egyidejűleg növekszik a csepp nyakát beszűkítő, cseppleválást elősegítő hatás (pinch-hatás). A csepp a huzal végétől leválik rövidzárlat nélkül. Az áramerősség lecsökken az alapáram értékére. Az ív alapáramon ég a következő áramimpulzusig, ami a huzal újabb megolvadását indítja el, de nem vezet a csepp leválásához.

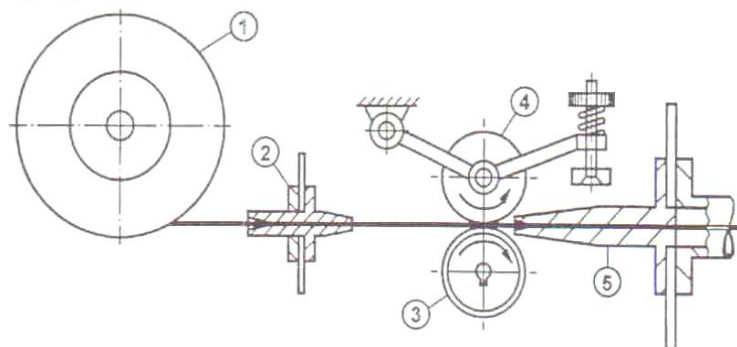
*Impulzusos (lüktető) ívvel az áramimpulzusok periodikusságának beállításával irányított cseppátmenet jön létre. Az alapáram megakadályozza az ömledék és az elektródavég megdermedését, míg erősebb áramimpulzus hatására egy vagy több cseppben megy át az anyag. Helyes munkarendi adatok megválasztása esetén egy csepp-egy impulzus állapot alakul ki. Semleges vagy nagy százalék argont tartalmazó védőgáz szükséges.*

#### **A huzalelőtoló berendezés feladatai**

A huzalelőtoló berendezés feladata az, hogy a huzalt egyenletesen, kihajlás nélkül továbbítsa egy előre beállított sebességgel. A huzal nem csúszhat meg, illetve nem sérülhet meg az előtolás következtében.

<sup>76</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázás ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 43.o.

### Kétegörgős hajtás

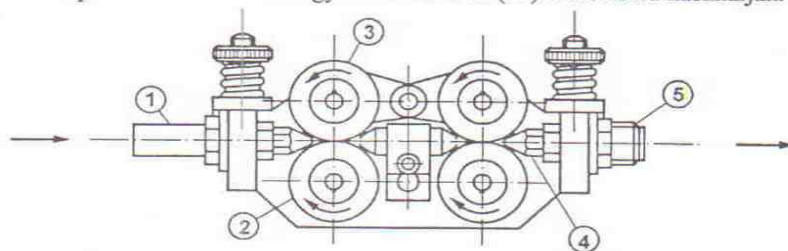


- ① Huzaldob
- ② Huzalbevezető hüvely
- ③ Huzalelőtoló görgő (hajtott)
- ④ Nyomógörgő
- ⑤ Huzaltovábbító hüvely

64. ábra: Kétegörgős hajtású huzalelőtoló<sup>77</sup>

### Négygörgős hajtás

Ezt főként porbeles huzalok és lágy tömörhuzalok (Al) előtolására használják.



- ① Huzalbevezető hüvely
- ② Huzalelőtoló görgő (hajtott)
- ③ Nyomógörgő (hajtott)
- ④ Huzalvezető hüvely
- ⑤ Huzaltovábbító hüvely

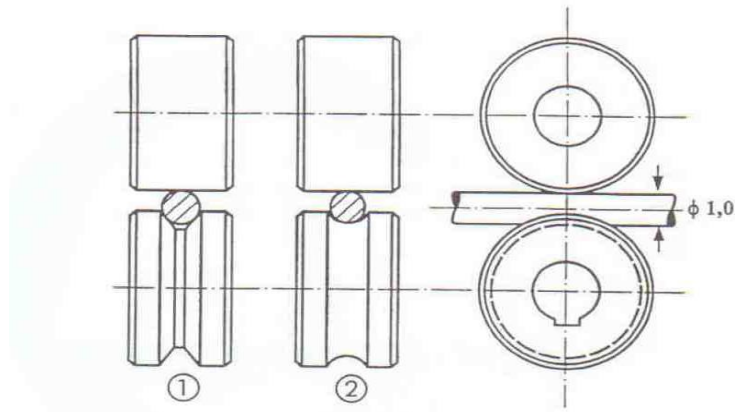
65. ábra: Négygörgős hajtású huzalelőtoló<sup>78</sup>

<sup>77</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 5.o.

<sup>78</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 5.o.

### Előtoló görgők

- ① Ékhornyos görgők acélhuzalok előtolásához
- ② Körhornyos görgők alumínium huzalok előtolásához



66. ábra: Előtoló görgők <sup>79</sup>

### A hegesztőpisztoly feladatai, felépítése, működése, szerelhető alkatrészei

A hegesztőpisztoly feladata a huzal vezetése illetve a védőgáz vezetése a varrathoz. A hegesztőpisztoly lehet léghűtéses és vízhűtéses. A vízhűtéses pisztolyok a kézi vagy a gépi hegesztési eljárás pisztolyai.

*Alkalmazási területük:*

- léghűtéses vagy gázhűtéses pisztoly kb. 250 A-ig,
- vízhűtéses, kézzel vezetett pisztoly kb. 500 A-ig,

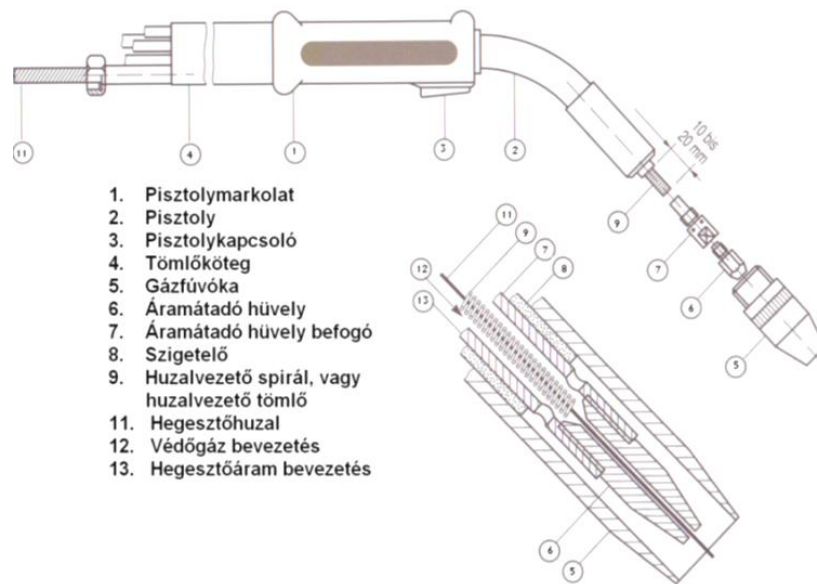
A jó hegesztőpisztolynak a lehető legkönnyebbnek kell lennie. Hosszú varratok hegesztésekor nehéz fizikai munkát jelent a hegesztőpisztoly megfelelő szögben tartása és vezetése.

*A pisztoly kiválasztásának szempontjai:*

- feleljen meg a legnagyobb hegesztőáramnak,
- a védőgáz és a vízhűtés megfelelő szigetelése legyen kifogástalan,
- a gyakran kopó alkatrészek könnyen cserélhetők és olcsók legyenek,
- a hegesztőtömlő legyen hajlékony és könnyű.
- Szerelhető alkatrészei: áramátadó hüvely, gázterelő fűvóka.

<sup>79</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázás ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 5.o.

### A kábelköteg felépítése, csatlakozásai, hibalehetősége



67. ábra: Kábelköteg felépítése <sup>80</sup>

A tömlőkötég tartalmazza az áramvezető sodrott rézkábelt, a hűtővíz tömlőket, a védőgáz tömlőt, a vezérlőkábeleket és a huzalvezető tömlőt. Hibalehetőségek: a köteg szakadása, sérülése.

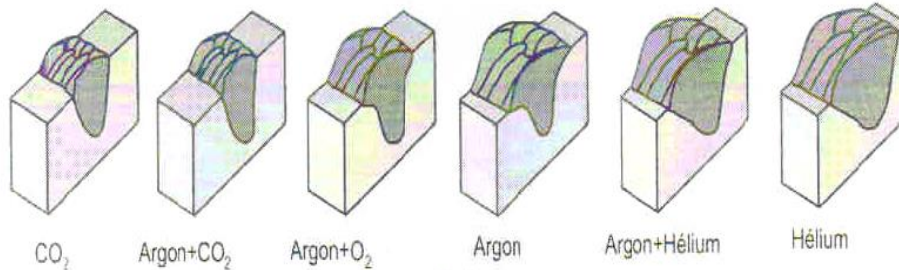
### Az áramerősség, a feszültség, a hegesztési sebesség és a védőgáz hatása a sarokvarrat alakjára fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéskor

Az áramerősség növelésével nő a beolvadás, a feszültség növelésével szélesebb lesz a varrat, míg a hegesztési sebesség növelésével keskenyedik a varrat.

|                      | Védőgáz típusa                                |   |                       |
|----------------------|---|---|-----------------------|
|                      | Ar+ 18% CO <sub>2</sub>                       | Ar+ 8% O <sub>2</sub>                         | 100 % CO <sub>2</sub> |
| Beolvadási mélység   |   |   |                       |
| Varrat felület       | finom rajzolatú                               | igen finom rajzolatú                          | durván pikkelyes      |
| Salakképződés        | csekély                                       | közepes                                       | sok                   |
| Fröcskölés           | csekély                                       | igen csekély                                  | többszörös            |
| Porozitás képződés   | csekély                                       | közepes                                       | igen csekély          |
| Kialakuló ívfajtákra | rövid ív<br>hosszú ív<br>szórtív<br>lüktetőív | rövid ív<br>hosszú ív<br>szórtív<br>lüktetőív | rövidív<br>hosszúív   |

<sup>80</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 32.o.

15. táblázat: A védőgáz hatása a beolvadási mélységre  
 ötvözetlen acélok fagyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztésekor<sup>81</sup>



68. ábra: A védőgáz hatása a beolvadási mélységre<sup>82</sup>

## 2.5. Vágási technológiák és berendezései

A **vágás** olyan anyagszétválasztó eljárás, amellyel meghatározott pontosságú, alakhűségű és felületi minőségű félkész vagy késztermék állítható elő. Termikus minden olyan vágás, amelynek alkalmazása során az anyagot jelentős hőhatás éri és a folyamat anyagszétválasztással jár. A **termikus vágáskor** (számjele 8) végbemenő fizikai jelenségeket és a vágóeljárásokat is három fő csoportba lehet sorolni:

- **égető vágás**, ahol az anyag a vágási résben csaknem teljes vastagságában *elég* és a keletkező égéstermék nagy sebességű oxigénsugár kifűjja,
- **ömlasztó vágás**, ahol az anyag a vágási résben csaknem teljes vastagságában *megömlik* és az ömladék nagy hőmérsékletű és sebességű gázsugár kifűjja;
- **gőzölögtető vágás**, ahol az anyag a vágási résben *elgőzölög* és a fémgőzt gázsugár kifűjja.

### 2.5.1. Lángvágó eljárások

Az **ömlasztó lángvágást**: Stone angol technikus már 1805-ben feltalálta, a szénigázzal és oxigénnel, ill. oxigénfelesleggel működő kezdetleges berendezésével mai értelemben vett vágást nem tudott végezni. Thomas Fletcher angol mérnök 1888-ban kifejlesztett vágópisztolyával akart egy elszánt betörő ömlasztó vágási kísérletet végezni Hannoverben, 1890 karácsony éjjelén, az alsószászországi tartományi bank páncélszekrényén. Az illető a bank fölött szállodai szobájából a födém megbontásával jutott a kettősfalú vasajtóval védett, 7 millió márkát tartalmazó páncélszekrényhez. A vágáshoz megcsapolta a szobai világítógáz vezetékét, oxigént pedig kisebb palackokban, egy bőröndben vitt magával. Pechére a külső vasajtó megolvasztása után elfogyott az oxigén, így vágási kísérlete eredménytelen maradt. Nem úgy 1901-ben Londonban, ahol egy postahivatalban már sikeres vágási műveletet hajtottak végre.

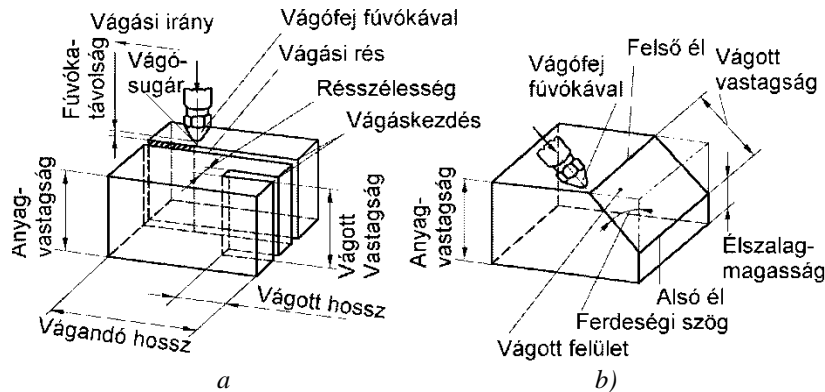
A felhasznált hőforrás alapján a gyakorlatban előforduló fontosabb vágóeljárások a lángvágás, az ívívágás, a plazmavágás és a lézersugaras vágás.

<sup>81</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 56.o.

<sup>82</sup> Benus F., 2013, Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft, Visonta, 56.o.

A lángvágó eljárások közül az acetilén-oxigén gázzal működő égetővágás és a poradagolásos lángvágás kerül ismertetésre.

A lángvágással összefüggő fontosabb fogalmakat a 69. ábra mutatja.



69. ábra: A lángvágással összefüggő fogalmak értelmezése  
a) merőleges vágás; b) ferde vágás (élőkészítés)<sup>83</sup>

**Égető lángvágáskor** (számjele 81) a vágandó fémét éghetőgáz és oxigén keverékével képzett lánggal a gyulladási hőmérsékletre helyileg felmelegítik, majd oxigénsugárban elégetik és az égéstermék a vágási résből kifúvatják. A láng csak a felületet hevíti, a mélyebben fekvő részeket a fém égéshője, kismértékben a salak hője és a hevítőláng melegíti. **Gyulladási hőmérsékletnek** nevezik azt a legkisebb hőmérsékletet, amikor az oxigénnel való egyesülés, azaz az elégés önmagától bekövetkezik. Az **égési hőmérséklet** a gyulladási hőmérsékletnél nagyobb, ezen a hőmérsékleten az elégéskor (kémiai reakció során) fejlődő hő által az oxidáció önmagától tovább folytatódik. A lángvágási fázisoknak egymással összhangban kell lenniük, mert ellenkező esetben a vágás lehetetlen lenne. Így nem lehet vágni, ha az elégés csak a fém olvadt állapotában következne be, vagy ha a keletkező salak a vágási résben szilárd állapotú maradna és így az oxigénsugár nem tudná a salakot a résből kifűjni.

Fémek lángvágásának feltétele, hogy a fém

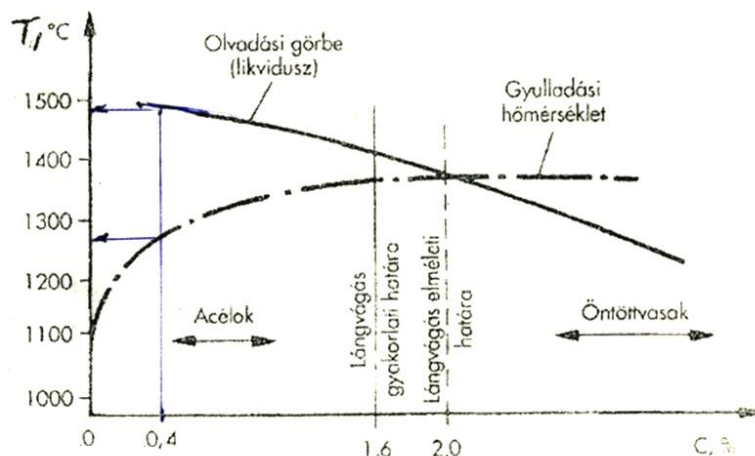
- oxigénben elégethető legyen,
- gyulladási hőmérséklete a fém olvadáspontja alatt legyen,
- oxidjának (oxidjainak) olvadáspontja a fém olvadáspontjánál kisebb legyen,
- a fém reakcióhője (égési melege) lehetőleg nagy, hővezető képessége kicsi legyen,
- az égéstermék hígfolyósak, könnyen eltávolíthatóak legyenek.

A vas-szén ötvözetek közül az ötvözetlen acél (ill. acélöntvény) feltétel nélkül vágható, ha a széntartalma  $< 0,4\%$ -nál. A 70. ábra a Fe-Fe<sub>3</sub>C kétalkotós egyensúlyi diagramjában mutatja az olvadáspont C-tartalom függvényében való csökkenését, ill. a gyulladási hőmérséklet növekedését. 0,25 % C-tartalomig az olvadáspont kb. 1500°C, a gyulladási hőmérséklet 1270°C. Ha a C-tartalom nagyobb, mint 0,4%, akkor – gyors lehűlés esetén – a vágott felület repedési hajlama növekszik, a felület felkeményedhet, ezért a vágandó acélt

<sup>83</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 100.o.



elő kell melegíteni. Az ötvöztelen acélok előmelegítés mellett gyakorlatilag kb.1,6 %C-ig vághatók, de ez függ a munkadarab vastagságától is. A lángvágathóság elméleti hőmérséklet határa az olvadáspont és a gyulladási hőmérséklet metszéspontja, azaz 1375°C.



70. ábra: Ötvöztelen acél, ill. acélöntvény lángvágathósága a széntartalom függvényében<sup>84</sup>

Az acél oxigénben elégethető, ez a kémiai folyamat hőtermeléssel jár. A vágás szempontjából fontos vas-oxidul (FeO) olvadáspontja (1370°C) kisebb, mint a fém olvadáspontja. Az ötvözőelemek is befolyásolják az acél lángvágathóságát. Az ötvöztelen acélokhöz hasonlóan jól vághatók az 1,3 % C- tartalmú acélok 13% Mn-ig, a Si ötvöztetésű acélok 0,2% C-ig és 2,9% Si-ig, a króm-acélok 1,5% Cr-ig, a nikkel-ötvöztetésű acélok 7 % Ni-ig, a volfrám-ötvöztetésű acélok 10% W-ig.

A Voldrich és Harder által meghatározott **karbonegyenérték**

$$C_e = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Ni}}{15} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo} + \text{V}}{4} \%$$

szerint  $C_e > 1,0\%$  esetén a fémötvözet lánggal nem vágható.  $C_e = 0,4 \dots 0,5\%$  között az előmelegítési hőmérséklet max. 100°C (50 mm vastagságig),  $C_e = 0,5 \dots 0,6\%$  között 100...200 °C, 0,6% fölött pedig 200...350 °C legyen. Ezek a feltételek és értékek vonatkoznak acélöntvények vágására is.

Az *öntöttvasak* nagyobb C tartalmuk miatt égető vágással nem vághatók, csak ömlesztő vágással. Hasonlóan nem vágható az *aluminium és ötvözetei*, mivel oxidjának ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) olvadáspontja 2053 °C, az ötvöztelen alumíniumé pedig csak 660 °C. A *vörösréz* szintén nem vágható a fém nagy hővezetési képessége miatt.

### 2.5.2. Lángvágó berendezések

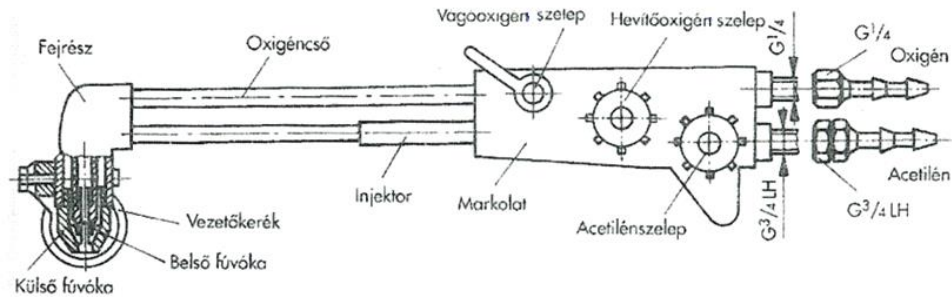
A lángvágás végezhető kézi lángvágó pisztollyal, gépesített vagy automatikus lángvágó berendezéssel.

A kézi lángvágó berendezés (vagy felszerelés) vágókészülékből és a gázvezetékéből áll. A készülékek fogalmába tartoznak a berendezés meghatározott funkcióra készült elemei (gázpalack, nyomáscsökkentő, vágópisztoly, biztonsági eszközök stb.). A gázvezeték a

<sup>84</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 101.o.

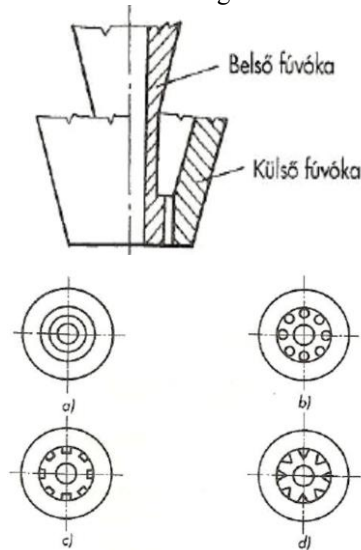
berendezés készülékeit összekötő vezetékek (tömlők és csővezetékek), valamint ezek összekapcsolására szolgáló csatlakozó és toldó elemek.

A **kézi lángvágópisztoly** (71. ábra) kialakítása hasonlít a gázhegesztő pisztolyhoz. A fejrészben van egy *külső* és egy *belső fúvóka*. A belső fúvókában halad a vágóoxigén-sugár, a külsőben a hevítőláng. A vezetőkerek feladata az égőfej egyenletes vezetése a vágandó felületen. A pisztolyra van felszerelve a vágóoxigént nyitó-záró szelep, valamint a hevítőoxigént és az éghetőgázt beállító szelep. A többi pisztolyelem megegyezik a gázhegesztő pisztoly azonos elemeivel.



71. ábra: Kézi lángvágópisztoly<sup>85</sup>

A lángvágó pisztolyok azonos működési elvvel, különböző változatban készülnek. Eltérés a hevítő- és vágóoxigén hozzávezetési módjában, valamint a fúvóka elhelyezésében és kialakításában van (72. ábra). A *gyűrűs fúvóka* középső furatából lép ki a vágóoxigén, a hevítő gázkeverék pedig az ezt körülvevő gyűrű alakú résen. Ezzel a vágófejjel minden irányban, kis görbületi sugár mentén is lehet vágni.



72. ábra: Lángvágó fúvóka kialakítások

a) gyűrűs fúvóka; b) soklyukú (szita) fúvóka; c) hornyolt fúvóka; d) csillag fúvóka<sup>86</sup>

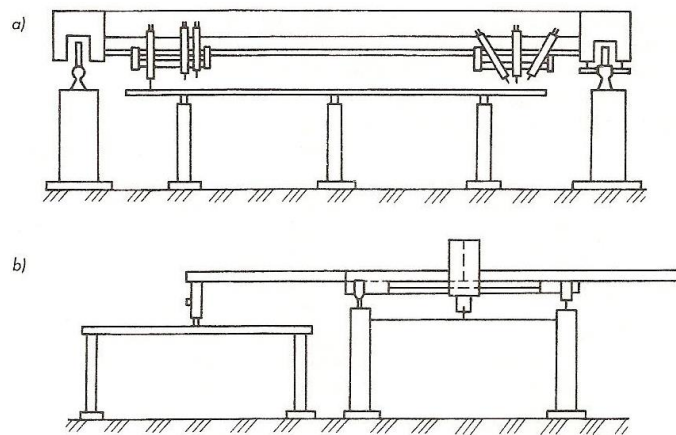
<sup>85</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 103.o.

<sup>86</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 103.o.

A gyűrűs fűvókás vágófej gyártása egyszerű, de a vágás pontossága megköveteli, hogy a hevítő-, és a vágófűvóka koncentrikus legyen, ellenkező esetben az élek elégtelenül olvadnak meg. Hátránya, hogy a pisztoly nem megfelelő tartása esetén a hevítőláng egyoldalú lesz, ami kedvezőtlen a lángvágás folyamatára. Ezen kívül nem is gazdaságos, mivel a tényleges melegítésre a hevítőlágnak csak kb. 1/3-a szükséges, a láng többi része feleslegesen melegíti a vágat környezetét. A jelzett hátrányok kiküszöbölésére fejlesztették ki a soklyukú fűvókás vágófejet. Ennél a központi oxigénfűvóka körüli 6-10 furaton áramlik ki a hevítő gázkeverék. A furatok kis nyílásszögű (5°) kúp alkotói mentén helyezkednek el. A hornyolt fűvókás vágófejnél a vágóoxigén fűvókájának felületén ék alakú hornyokat képeznek ki, amelyek könnyebben tisztíthatók és megmunkálhatók, mint a soklyukú fűvókás vágófejek.

A lángvágás teljesítményének fokozása, a vágott felületek minőségének növelése, a vágás reprodukálhatósága stb. céljából a vágási folyamatot részben, ill. teljesen gépesítették. A lángvágó gép lehet hordozható vagy helyhez kötött. A hordozható lángvágógépek (vágómotorok vagy szekátorok) tömege 6-8 kg, 1-2 vágófejjel működhetnek, egyenes vagy kör alakú tetszőleges síkgörbe kontúrú vágásra alkalmasak. A vágási vonal mentén sablon vagy vezetőél (vezetősín) vezeti a vágófejet görgős tapintással, vagy körzószalagon forog a vágófej. A fokozat nélkül állítható vágósebességet dörzshajtású előtoló villamos motor működteti. A vágófejek beszabályozása és beállítása, indítása és leállítása kézi működtetésű.

A helyhez kötött lángvágógép lehet portál- (egy-, kettő, illetve három portállal), konzolos vagy keresztkocsis elrendezésű (73. ábra).



73. ábra: Lángvágó berendezések  
a) portál lángvágó; b) konzolos lángvágó<sup>87</sup>

A portállángvágó vezérlőegysége különálló egység, a konzolos lángvágóét a legtöbb esetben a berendezésen helyezik el. A lángvágógépek portáljai és konzoljai nagyon merevek, így 3-5 m széles, több vágófejes gépek gyárthatók. A vágóégek hossz- és keresztirányú vezetése igen pontos, a vágási pontosság 0,1 mm. A korszerű vágógépek CNC vezérléssel vagy közvetlen számítógépes vezérléssel irányítják a párhuzamosan egyszerre dolgozó

<sup>87</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 104.o.

vágófejeket. A vágási vonalak pontról pontra,  $x$  és  $y$  koordinátorokkal meghatározott adataival működtetett lángvágógép mozgás-leképezésének pontosságát alapvetően a vezérlés pontossága határozza meg. Ez sablonról működtetett vágás esetén  $\pm 0,2-0,3$  mm, CNC vezérlésnél kisebb, mint  $\pm 0,1$  mm. A vágott felület minősége és alakhelyessége elsősorban a lángvágógép merevségétől, rezgésmentességétől, vezetékeinek pontosságától, illetve a vágófejek minőségétől függ. A helyhez kötött lángvágógép főbb egységei az alaptest, a vágófejeket hordozó keresztkocsik, és a gázellátó rendszer.

### Poradagolósos lángvágás

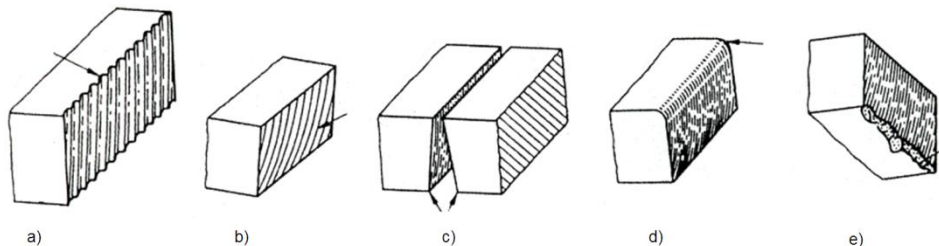
A poradagolósos lángvágás abban különbözik hagyományos lángvágástól, hogy a vágófejen keresztül sűrített levegővel vastartalmú port adagolnak a lángba, ami a lángban elég. Ennek következtében a vágási helyen nagyobb hőfejlődés megy végbe. A nagy hőkoncentráció miatt égető lángvágással nem vágható fémek (pl. korrózióálló acélok, öntöttvasak, nemvasfémek stb.) is vághatók. Korrózióálló acélok vágásakor az egyébként nehezen olvadó salak folyékony lesz, és ezáltal a vágási résből könnyen eltávolítható, mivel a kvarchomok kinetikai energiája a sűrű salakot is ki tudja fújni. A felületen képződő,  $0,3-0,5$  mm vastag salakréteget köszörüléssel el kell távolítani, mivel az csökkenti a korrózióállóságot. Természetesen használható vágáskor nem éghető por is. Korábban ez kvarchomok, márvány, rutil volt, manapság a vágóoxigénbe juttatnak különleges ásványi porkeveréket. Az eljárást főként öntödék, acélművek használják, nagyméretű tömbök darabolására.

### 2.5.3. Fémek lángvágásának minőségi követelményei

A lánggal vágott felület minőségét a munkadarabbal szembeni méretek, méret- és alakhűség, felületi minőséggel stb. határozzák meg. A vágott felület minősége függ:

- a munkadarab felületi tisztaságától,
- a gázok típusától, tisztaságától,
- a gázok nyomásától és mennyiségétől,
- a vágófűvóka méretétől és tisztaságától,
- a hevítőláng beállításától és a vágóoxigén nyomásától,
- a vágási sebességtől,
- a vágópisztoly előtolásának egyenletességétől.

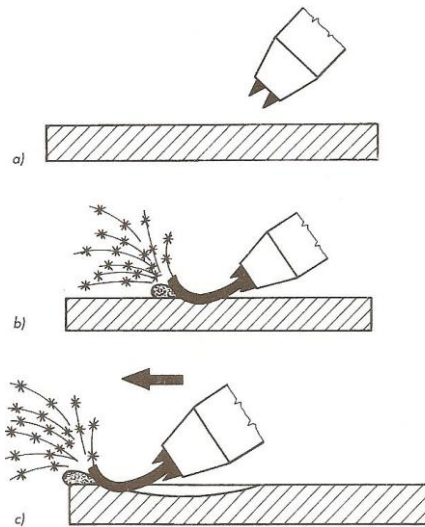
A termikusan vágott felületeket nemzetközi szabvány minőségi osztályba sorolta, ami tartalmazza a vágott felület geometriai követelményeit és minőségi tűréseit. A 74. ábra néhány jellegzetes vágási hibát szemléltet. (a nyíl a hibás felületet mutatja):



74. ábra: Lángvágási hibák

a) durva vágási barázdák; b) vágási barázda elhajlás; c) a vágási rés kiszélesedése; d) a felső él leolvadása; e) az alsó vágási élhez tapadt ömledékcsepp-lánc<sup>88</sup>

A **lánggyalulás** (számjele 86) a lángvágáshoz hasonló művelet. Hegesztési varrathiba kiküszöbölésére (javításkor), hegesztés előtt a gyökoldal kimunkálására, illetve U varratok előkészítésére használják. A lángvágófűvőkával szemben a lánggyalu oxigénfűvőkája nagyobb, ezáltal az oxigénsugár lágyabb, és kisebb szögben dönthető. Ezzel az eljárással a lánggal vágható fémeket lehet gyalulni. A gyalulás kezdetén először a hevítőláng felhevíti a munkadarab felületét a gyulladási hőmérsékletre (75.a. ábra), majd a fém oxigénsugárban elég (75.b. ábra). A lánggyalu előtolásakor vályúalakú rés keletkezik. A hígfolyós salakot az előtolás (gyalulás) irányába lehet kifúvatni (75.c. ábra).



75. ábra: A lánggyalulás folyamata  
a) felhevítés, b) a fém elégetése; c) a salak kifúvása<sup>89</sup>

#### 2.5.4. Plazmaívágás

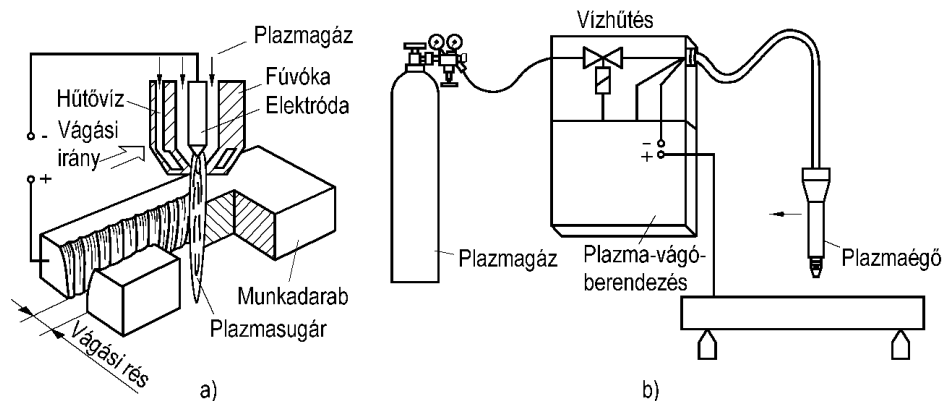
A korrózióálló acélok, az öntöttvasak, a réz, az alumínium és ötvözeteik stb. csak plazmavágással élezhetők le vagy darabolhatók. A plazmavágás során nem megy végbe exoterm folyamat, mivel a vágandó anyag nem ég el oxigénben. A vágandó részben az intenzív és erősen koncentrált plazma a fémot megolvasztja, a gázok kinetikai energiája a megolvasztott fémot a vágási résből eltávolítja (76. ábra).

A plazmavágáshoz használt fontosabb gázkeverékek a következők:

*Argon+hidrogén* kézi vágáshoz 80...67% Ar + 20...33% H<sub>2</sub>;  
gépi vágáshoz 70...60% Ar + 30...40% H<sub>2</sub>.

<sup>88</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 108.o.

<sup>89</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 110.o.



76. ábra: Plazmavágás

a) a plazmavágás elve; b) a plazmavágás berendezése<sup>90</sup>

Valamennyi színesfém vágása lehetővé válik 35...50% H<sub>2</sub> hozzáadásával. Minél nagyobb a H<sub>2</sub> mennyisége, annál nagyobb a vágósebesség, annál szebb a vágott felület. A H<sub>2</sub> növelésével azonban megnő az ív kialakulásának veszélye, és az ív gyújtása is nehezebbé válik. A H<sub>2</sub> - hasonlóan az N<sub>2</sub> is - növeli a plazma hőintenzitását azáltal, hogy hűtőhatása révén leszűkíti a plazmasugár keresztmetszetét, és ezzel növeli annak energiasűrűségét.

**Argon + nitrogén.** A hidrogén erozív hatása kiküszöbölhető N<sub>2</sub> használatával, amelynek termikus hatásfoka kisebb a H<sub>2</sub>-énél, ennek ellenére alkalmas munkagáznak, ha nem lép reakcióba az alapanyaggal. Kézi vágáskor azonban figyelembe kell venni a nitrogénnek, ill. vegyületeinek mérgező hatását.

**Hidrogén + nitrogén.** Gyakran használt gázkeverék, elsősorban Al és ötvözetei, Cu és ötvözetei, ötvözetlen és erősen ötvözött acélok vágásához. Alumíniumhoz 80...50% N<sub>2</sub> + 20...50% H<sub>2</sub> keveréket, szerkezeti acélokhöz 30...90% N<sub>2</sub> + 70...10% H<sub>2</sub> keveréket használunk.

A gáz összetétele befolyásolja az elérhető vágósebességet (76 ábra). Különböző plazmagázokkal végzett vágások közül az Ar + H<sub>2</sub> keverék alkalmazása esetén érhető el a legnagyobb lemezvastagság-tartományban kedvező vágósebesség.

A plazmavágás előnye, hogy a kémiai reakciókkal járó lángvágással ellentétben a vágás sikere nem függ a vágandó anyagtól. Külső ívű plazmavágáskor a plazmasugár a vágórésbe hatolva növekvő mértékben elhasználódik, s egy lefelé szűkülő szakasz alakul ki. A plazmasugár nagy kilépési sebessége következtében az ív mélyen a keletkező résbe nyúlik és talppontja fel-alá oszcillál. Közben az anyag megolvad, részben elpárolog, részben a plazmasugár nagy kinetikai energiája által kisodródik a résből.

Az ív rendkívül nagy energiasűrűsége, továbbá a vágás gyorsasága miatt a hőhatásövezet olyan szűk határok között tartható, hogy az esetek többségében a kötőhegesztés előtt nincs szükség mechanikus ételőkészítésre.

<sup>90</sup> Dr. Gáti J., 2010, Hegesztési Zsebkönyv. Cokom Mérnökiroda Kft, Miskolc, 108.o.

A plazmavágás több változatát fejlesztették ki a vágás minőségének javítására, ill. a költségek csökkentésére (pl. olcsóbb hordozóanyag). A legelterjedtebb, argon-hidrogén keverékkel való vágás nagy előnye, hogy könnyen kezelhető, a berendezések egyszerűek. Kézi és gépi úton is használhatók 10...100 kW-ig, 80 mm vastagságú lemez is vágható.

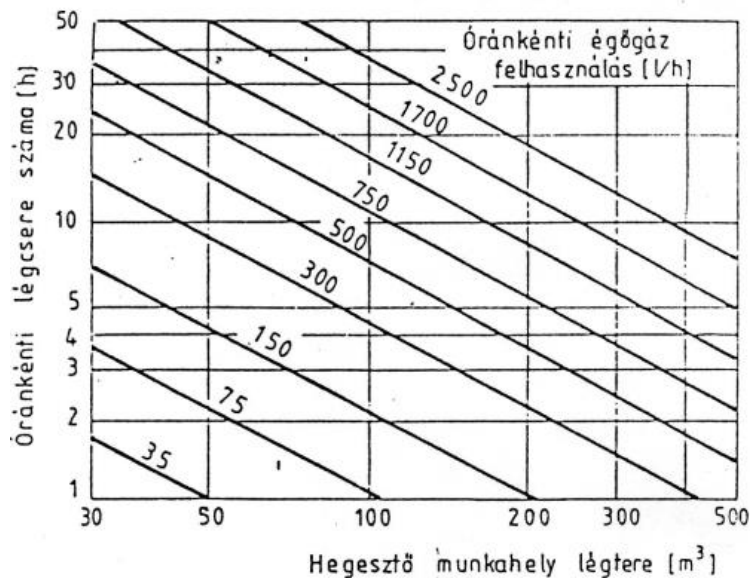
### **2.5.5 Egészségvédelem és biztonságtechnika**

A hegesztő, forrasztó, termikus vágó és szóró munkahelyeken - valamint azok szűkebb és tágabb környezetében is - füstképződéssel, illetve légszennyezéssel is kell számolni. Hegesztéskor és vágáskor az eljárástól függően különböző mennyiségű gázok (formaldehid- és acetaldehid, fenol, CO, nitrózusgázok stb.), gőzök keletkeznek.

Az egészséget károsító füst és a porkoncentráció különösen lángvágáskor nő a lemezvastagság és a vágási sebesség növelésével. A hegesztési füst egyes összetevőinek a dolgozó légzési övezetében mérhető maximális koncentrációját a MAK-értékek (Maximális Munkahelyi Koncentráció) rögzítik. E határok - a mai ismeretek szerint - 8 óra mellett, heti 40 órás munkaidőt feltételezve, nem okoznak megbetegedéseket. A hegesztési füst káros hatása szűk, zárt helyiségben végzett ömlesztő hegesztéskor, illetve lángvágáskor, plazmahegesztéskor és vágáskor, valamint fémszórásakor jelentkezik. A képződő gázok egy része (pl. ózon, foszgén, nitrogén-dioxid) súlyos mérgezéseket okozhat. Ezek következtében légszomj és köhögési inger léphet fel. A mérgezést szenvedett személyt friss levegőre kell vinni, s orvosi ellátásban kell részesíteni.

#### **A munkahelyek szellőztetése**

A dolgozók környezetében keletkező egészségkárosító gázok és szilárd halmazállapotú szennyeződések képződése a gázhegesztési és lángvágási munkák helyes szervezésével és gondos munkavégzéssel csökkenthető. A munkát úgy kell végezni, hogy a képződő káros anyagok elkerüljék a hegesztő légzési övezetét, s ezzel a közvetlen belégzést meg lehessen akadályozni. A hegesztő fokozott védelme elszívással, a friss levegő pótlása szellőztetéssel oldható meg. Olyan mértékű légcseréről kell gondoskodni, hogy ne alakulhasson ki veszélyes mértékű gázkoncentráció. A 77. ábra az óránkénti légcseré számát mutatja a munkahely légtere és az óránkénti éghetőgáz felhasználás függvényében.



77. ábra: Óránkénti légszere száma gázhegesztéskor<sup>91</sup>

Ha a füstkoncentráció - a természetes légszere ellenére - eléri a  $9 \text{ mg/m}^3$ -t, akkor szellőztetésről kell gondoskodni. Legkézenfekvőbb megoldás a helyi elszívás, mely helyhez kötött vagy mozgatható telepítésű lehet. A keletkezés környezetéből az elszívás legnagyobb sebessége csak akkora lehet, hogy a munkafolyamatot (pl. gázvédelem) ne befolyásolja. A munkaterület levegőjét közvetlenül a szabadba lehet vezetni vagy a füstgázokat egy durva- és egy finomszűrőn keresztül vezetve lehet megszűrni, és azután a munkahelyre visszavezetni. Alkalmazásával a pótlevegő felmelegítésének költségei megtakaríthatók. A munkahely mesterséges szellőztetésének elterjedt változata az egész üzem általános szellőztetése. Ehhez nagyteljesítményű, tetőre vagy falba szerelt ventilátorokat alkalmaznak. A műhelybe a friss levegőt vagy alulról fújják be, és felülről szívják el, vagy - helytelenül - ellenáramú szellőztetést végeznek.

### Környezetvédelem

A hegesztés munkabiztonsági kérdéseit tárgyaló előző szakaszok egyértelműen utaltak arra, hogy a hegesztés és vágás mind a szűkebben vett munkakörnyezetre, mind pedig a tágabban értelmezett épített környezetre nézve környezetszennyezés veszélyét, környezeti kockázatot jelent. Ismert például, hogy az **átmeneti korrózióvédelemmel ellátott munkadarabok** hegesztésekor és vágásakor - a bevonat összetételétől függően - nagy mennyiségű füstképződéssel kell számolni. A **termikus vágóeljárásoknál, termikus szórás-kor** a már említett egészségkárosító anyagok mellett fémgőzök is keletkeznek. A szűrőbetétes elszívás mellett több műszaki lehetőség áll rendelkezésre a káros anyag kiszűrésére. Így a gravitációs csapdával kialakított vágóasztalok mellett plazmavágás esetén megoldást jelenthetnek a vízközeget igénybe vevő vágások, melyek azonban együtt járhatnak

<sup>91</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 144.o.



a vágási teljesítmény csökkenésével. Természetesen a környezet védelme érdekében a hegesztő- és vágómunkahelyekről elszívott, illetve leválasztott káros anyagot hordozó közeg (gáz, levegő, víz stb.) tisztítása elengedhetetlen követelmény.

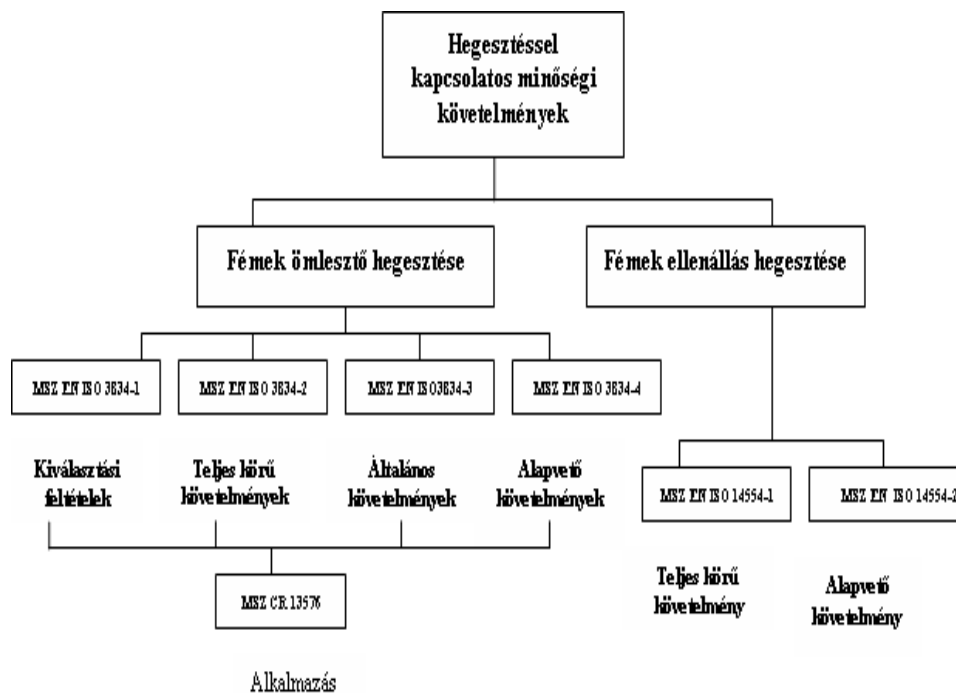
### **3. Gyártás és gyártástervezés**

#### **3.1. Minőségbiztosítás, minőség – ellenőrzés célja**

##### **Fémek ömlesztőhegesztésének minőségi követelményei**

A hegesztés „veszélyes tevékenység” az ömlesztő hegesztési eljárásra nemzetközi előírások vannak érvényben, amelyek meghatározzák a hegesztés szervezeti, jártassági és személyi feltételeit és jelentősen befolyásolják a hegesztett kötással szembeni követelményeket. Az MSZ EN ISO 3834-1-5 a fémek ömlesztő hegesztésének minőségirányítási követelményeit foglalja össze. Ezeket a szabvány három minőségi szintű osztályba sorolja és pedig teljes körű, általános és alapvető követelményekre. A követelmények közé tartoznak a személyzetre (hegesztési felelős, hegesztő, gépkezelő, hegesztőfelügyelő), a hegesztés tárgyi feltételeire (eszközök, berendezések stb.), a hegesztéstechnológiára, a vizsgálatokra és minősítésre vonatkozó előírások. A hegesztési felelős olyan személy, aki felelősséget visel a hegesztéssel végzett gyártás és a hegesztéshez kapcsolódó tevékenységek vonatkozásában. A hegesztési felelősök azért felelnek, hogy a hegesztés szakszemponjtjai mindig az elvárható szinten érvényre jussanak. Az MSZ EN 14731 meghatározza a minőséggel kapcsolatos feladatokat és felelősséget, beleértve a hegesztési műveletek felügyeletét is. Ugyancsak nemzetközi szabványok írják elő a hegesztéstechnológia, a hegesztők, a gépkezelők, az anyagvizsgálatokat végzők minősítését.

Mindig meg kell vizsgálni, hogy milyen követelményeket és előírásokat tartalmaznak egy hegesztett termék tervezésére, gyártására és vizsgálatára vonatkozó nemzetközi termékszabványok (a termék típusától, az alkalmazás körülményeitől, az igénybevételektől stb függően). A szerződések, a gyártási tervek és előírások felülvizsgálata ugyancsak szükséges, mivel a követelményeket kielégítő, jó hegesztett kötések (varratok) elkészítéséhez számos feltételnek kell teljesülnie.



78. ábra: Hegesztéssel kapcsolatos minőségi követelmények<sup>92</sup>

#### Vizsgálat és minőség-ellenőrzés szerepe

- Megfelelő minőségi szint → vizsgálat, ellenőrzés
- Pl. Hegesztett kötés mérése (mérési eredmény összehasonlítása a követelménnyel)
- Ha a követelmények teljesülnek jóváhagyják, ha nem teljesülnek nem hagyják jóvá

**Ellenőrzés:** méréssel, vizsgálat, teszteléssel vagy egyéb más besorolással a termék tulajdonságai, több jellemzője összehasonlítható a beállított követelményekkel és eldönthető, hogy teljesültek-e.

#### Minőség ellenőrzés a gyártás során

- A hegesztési paramétereket (pl. hegesztési áram, ívfeszültség, sebesség)
- Előmelegítési, közbenső hőmérséklet
- A hegesztési varratsorok és rétegek tisztítását és alakját
- Gyökfaragást
- Hegesztési sorrend
- A hozaganyagok megfelelő alkalmazását és kezelését
- A vetemedés ellenőrzését
- Minden közbenső vizsgálatot (pl. méret ellenőrzés)

<sup>92</sup> Dr. Kovács M., 2008, Hegesztés. Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 10.o.

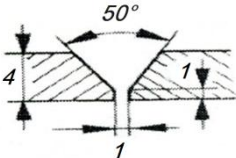

### Vizsgálat és ellenőrzés a hegesztés előtt:

- a hegesztők alkalmassága és képzettségeiket bizonyító okleveleinek érvényességének ellenőrzése
- a hegesztési folyamathoz való megfelelő alkalmasság
- anyagazonosítás
- a hegesztés fogyóeszközeinek azonosítása
- kötési előkészületek (alak és méret)
- illesztés, szorítás, fűzés
- Bármilyen speciális követelmény a hegesztési eljárás részleteire vonatkozóan (pl. torzulás megelőzése)
- A termelési tesztek előkészülete
- A munkafeltételek alkalmassága a hegesztésben, beleértve a környezeti feltételeket is

### 3.2. A pWPS, WPS, WPQR és a hegesztőminősítés EN ISO szabványai

#### A hegesztőkkel és a hegesztési technológia előzetes alkalmazásával kapcsolatos előírások

Különösen fontos egyes veszélyes szerkezetek (pl. nyomástartó berendezések, ipari csővezetékek, járműszerkezetek stb.) esetén a minőségi követelmények betartása és betartatása. Ehhez a terméket gyártó vállalatnak hegesztésre vonatkozó üzemalkalmassági tanúsítványt kell megszereznie. Ennek során vizsgálják az adott hegesztési eljárással összefüggő tevékenységet (gyártási előírások, gyártó- és vizsgálóberendezések, alap-, hozag- és segédanyagok, ellenőrzések és vizsgálatok stb.). A hegesztési feladatokhoz gyártói hegesztési utasítások (WPS = **W**elding **P**rocedure **S**pecification) kell készíteni, amelyeket a gyártás megkezdése előtt a technológiavizsgálat keretében minősíteni. Ilyen pWPS-t mutat gázhegesztésre (MSZ EN ISO 15609) a 79. ábra.

| A hegesztéstechnológia minősítése, hegesztési utasítás (pWPS)                       |  |
|---|--|
| Az üzem helye: <b>xxx</b>   | Az élelőkészítés és – tisztítás módszere:<br><b>forgácsolás, zsírtalanítás</b>       |
| A WPS hivatkozási száma: <b>xxx</b>   | Az alapanyag megnevezése: <b>P235TR1</b>   |
| A WPQR száma: <b>xxx</b>  | Az alapanyagcsoport száma: <b>1.1</b>  |
| Gyártó: <b>xxx</b>  | Anyagvastagság (mm): <b>4</b>  |
| Hegesztési eljárás: <b>311</b>  | Külső átmérő (mm): <b>63,5</b>   |
| Varrattípus: <b>BW</b> (tompavarrat)  | Hegesztési helyzet: <b>PH</b>  |
| Az élelőkészítés részletei (vázlat) <sup>x</sup>                                    |  |
| A kötés kialakítása   | Varratfelépítés  |
|  |  |
| <b>Hegesztéstechnológiai adatok:</b>  |  |

| Varrat-<br>réteg                  | Hegesztési<br>eljárás<br>számjele | Hegesztés<br>módja | Hegesztési adatok               |                                   |                            |                          |                       | Hozaganyag |                  |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|------------------|
|                                   |                                   |                    | Fűvóka<br>mérete,<br>Ø<br>mm    | Éghető-<br>gáz<br>típusa          | Acetilén<br>nyomás,<br>MPa | Oxigén<br>nyomás,<br>MPa | Láng-<br>típus        | Jelölés    | Méret<br>Ø<br>mm |
| <b>1</b>                          | <b>311</b>                        | <b>rw</b>          | <b>3</b>                        | <b>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub></b> | <b>0,05</b>                | <b>0,25</b>              | <b>semle-<br/>ges</b> | <b>OIV</b> | <b>3</b>         |
| Hegesztési utáni hőkezelés:       |                                   |                    | <b>nincs</b>                    |                                   |                            |                          |                       |            |                  |
| Idő, hőmérséklet, módszer:        |                                   |                    | -                               |                                   |                            |                          |                       |            |                  |
| Felhevítési és lehűtési sebesség: |                                   |                    | -                               |                                   |                            |                          |                       |            |                  |
| Megjegyzés:                       |                                   |                    | .....                           |                                   |                            |                          |                       |            |                  |
|                                   |                                   |                    | Gyártó<br>(Név, dátum, aláírás) |                                   |                            |                          |                       |            |                  |

79. ábra: Gyártói hegesztési utasítás technológiai vizsgálathoz (pWPS) acélok gázhegesztésére<sup>93</sup>

### Gyártó Hegesztési Utasítás WPS WPQR

A hegesztett kötet az írásban közölt hegesztési utasítás (WPS) alapján kell végezni. A hegesztési utasítás = WPS : az adott alkalmazáshoz szükséges dokumentum, amely részletesen tartalmazza az ismételhetőséget biztosító paramétereket. A WPS javasolt formáját az MSZ EN 15609-1 és tartalmazza. A WPS – nek előzetesen jóváhagyott hegesztéstechnológián kell alapulnia, a hegesztéstechnológia jóváhagyási jegyzőkönyv (WPQR = Welding Procedure Quality Record ) számát a WPS – en fel kell tüntetni. A WPQR az a jegyzőkönyv, amely egyrészt a próbadarab hegesztéséhez szükséges minden olyan lényeges adatot tartalmaz, ami egy hegesztési utasítás jóváhagyásához szükséges, másrészt tartalmazza a próbahegesztés vizsgálatának összes eredményét. Egy WPQR egyes esetekben több WPS jóváhagyásához is elegendő lehet.

### Fémhegesztők minősítése

A hegesztett szerkezeteket gyártó üzemek alkalmasságát meghatározó tárgyi, személyi és szervezeti feltételek között lényeges a hegesztőszemélyzet (**hegesztők**) felkészültsége és szakismerete. A „minősített hegesztő” kifejezés azt jelenti, hogy a hegesztő képes a technológiai paraméterek betartására, és nem azt, hogy az általa választott hegesztési paraméterekkel megfelelő minőségű varratot tud készíteni.

Az acélhegesztők minősítését az **MSZ EN 287-1**, az alumíniumhegesztőket pedig az **MSZ EN ISO 9606-2** tartalmazza. A minősítés azt tanúsítja, hogy a hegesztő megfelelő szakmai elméleti és gyakorlati ismeretek birtokában adott hegesztőeljárással, alap- és hozaganyaggal, előírt hegesztéstechnológiával és feltételek mellett a követelményeket kielégítő kötet tud készíteni.

*Hegesztőminősítés jelölése:*

|              | 1   | 2 | 3  | 4    | 5 | 6   | 7   | 8  | 9  | 10    |
|--------------|-----|---|----|------|---|-----|-----|----|----|-------|
| MSZ EN 287-1 | 141 | T | BW | 1.1. | S | t04 | D38 | PH | ss | nb ml |

A minősítésben feltüntetett fogalmakat a 16. táblázat foglalja össze.

<sup>93</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 88.o.

| Hegesztési eljárás szám-jele | Terméktípus | Varrattípus | Anyagcsoport | Hozaganyag | Anyagvastagság, mm | Cső külső átmérő $D$ , mm | Hegesztési helyzet | Hegesztés kivitelezési mód |                                  |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1                            | 2           | 3           | 4            | 5          | 6                  | 7                         | 8                  | 9                          | 10                               |
| 141                          | P<br>T      | BW<br>FW    | 1.1          | nm<br>S    | t...               | D...                      | PH                 | ss<br>bs                   | nb<br>mb<br>sl<br>ml<br>lw<br>rw |

16. táblázat: hegesztők lehetséges minősítése acélokra<sup>94</sup>

### 1 Hegesztési eljárás számjele

- 111 Kézi ívhegesztés bevont elektródával
- 114 Önvédő ívhegesztés porbeles huzalelektrodával
- 121 Fedett ívű hegesztés tömör huzalelektrodával (részben gépesített)
- 125 Fedett ívű hegesztés porbeles huzalelektrodával (részben gépesített)
- 131 Fogóelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG- hegesztés)
- 135 Fogóelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG- hegesztés)
- 136 Fogóelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektrodával
- 138 Fogóelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés fémportöltetű huzalelektrodával
- 141 Volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (TIG- hegesztés)
- 142 Volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés hegesztőanyag nélkül (TIG- hegesztés)
- 143 Volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés porbeles hegesztőanyaggal (TIG- hegesztés)
- 145 Volfrámelektrodás, redukáló gázos ívhegesztés tömör hegesztőanyaggal
- 15 Plazmaívhegesztés
- 311 Oxigén-acetilén hegesztés

### 2 Terméktípus

- P lemez
- T cső

### 3 Varrattípus

- BW tompavarrat
- FW sarokvarrat

### 4 Anyagcsoport

- 1-től 11-ig

### 5 Hozaganyag

<sup>94</sup> Benus F.Dr Márton T 2014 Gázhegesztés és Rokon Eljárások Műszaki Kiadó 89-90

- *nm* hozaganyag nélkül
- *S* tömör huzal/pálca

### 6 Anyagvastagság, *t* mm

### 7 Cső külső átmérője, *D*, mm

### 8 Hegesztési helyzet

- *PA*
- *PB*
- *PC*
- *PD*
- *PE*
- *PF*
- *PH*
- *PG*
- *PJ*
- *H-L045*
- *J-L045*

### 9 Hegesztés kivitelezési mód

- *ss* hegesztés egy oldalról
- *bs* hegesztés két oldalról

### 10 Hegesztés kivitelezési mód

- *nb* hegesztés beolvadó alátét nélküli hegfürdő-megtámasztással
- *mb* hegesztés beolvadó alátétes hegfürdő-megtámasztással
- *sl* egyrétegű
- *ml* többretegű
- *lw* balra hegesztés
- *rw* jobbra hegesztés

## 3.3. Hegesztett szerkezetek gyártása során fellépő hegesztési feszültségek

### A hegesztett szerkezetek gyártása során a hegesztési feszültségre és deformációkra ható főbb tényezők

A hegesztési folyamatban fontos befolyásoló tényező az alapanyag hőtani jellemzői.

A fémek olvadáspontja 660-1536°C, a hővezetési tényezője 20°C-on  $\lambda=20-400$  W/(m·K), a lineáris hőtágulási tényezője (20–100°C között)  $\alpha = 8-20$  mm/(m·K)·10<sup>-6</sup> között változhat. Az egyes értékek eltérnek a hőmérséklet növelésével, azaz változnak a felhevítés során.

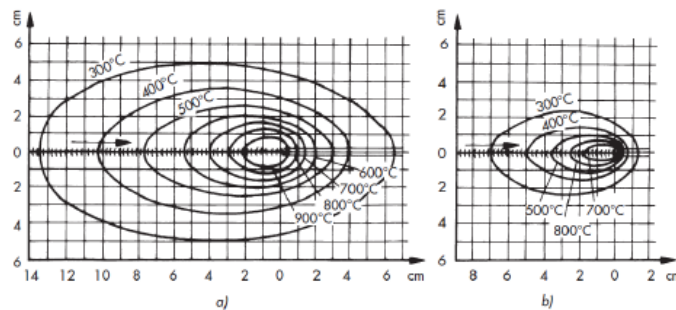
| Tulajdonságok       | Mértékegység | Ötvözetlen acél | Alumínium  |          | Réz        |          |
|---------------------|--------------|-----------------|------------|----------|------------|----------|
|                     |              |                 | ötvözetlen | ötvözött | ötvözetlen | ötvözött |
| Olvadáspont         | °C           | 1536            | 660        | 480–655  | 1083       | 900–1060 |
| Hővezetési tényező, | W/(m·K)      | 80,8            | 214        | 105–176  | 394        | 38–150   |

|  |                             |      |      |           |      |           |
|--|-----------------------------|------|------|-----------|------|-----------|
| $\lambda$ (20 °C-on)                                 |                             |      |      |           |      |           |
| Fajhő, $c_p$ (20–100 °C-on)                          | kJ/(kg·K)                   | 0,46 | 0,89 | 0,7–0,9   | 0,39 | 0,37–0,42 |
| Lineáris hőtágulási tényező, $\alpha$ (20–100 °C-on) | mm/(m·K) · 10 <sup>-6</sup> | 11,8 | 23,9 | 19–24     | 16,8 | 16–21     |
| Sűrűség, $\rho$                                      | kg/dm <sup>3</sup>          | 7,85 | 2,7  | 2,64–2,89 | 8,93 | 7,5–9,2   |

17. táblázat: Néhány fém, ill. fémötvözet hőtani jellemzői<sup>95</sup>

### A hő hatása a szerkezeti elemre

Ömlesztő hegesztéskor a hőforrás hatására az alapanyagok és a hegesztópálca is megömlik és megdermedve képezi a heganyagot. A hő egy része a környezetbe jut, ill. az alapanyagban hővezetés útján továbbterjed, és kialakul a hő által felhevített hőhatásövezet. A hőfolyamat során az alapanyag egyenlőtlen hőmérsékletre hevül fel. A hőeloszlás függ a hőforrás típusától, a bevitt hőenergiától, az alapanyag hőfizikai jellemzőitől. A 80. ábra összehasonlítja a gázhegesztéskor, ill. bevont elektródás ívhegesztéskor kialakuló hőmérséklet-izotermákat (azonos hőmérsékletű pontokat). Látható, hogy gázhegesztéskor az 5 mm vastag acéllemez a varrat középvonalához képest 4 cm-re hevül fel 300°C-ra, addig ívhegesztéskor ez kb. 2,2 cm, tehát közel a fele. A kiterjedtebb hőbevitel előnye, hogy az ömledék lassabban hűl le, ami repedésre érzékeny fémek esetén kedvező. Hátránya, hogy vékony lemezeknél nagyobb mértékű a vetemedés, és a hőhatásövezet durvaszemcsés lehet.



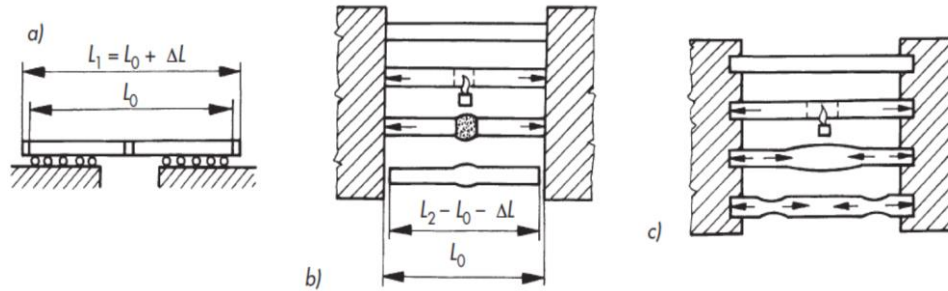
80. ábra: Hőmérsékleti izotermák 5 mm vastag acéllemez esetén  
a) Gázhegesztés; b) Bevont elektródás ívhegesztés<sup>96</sup>

Ha  $l_0$  hosszúságú fém  $T_0$  hőmérsékletéről felhevül  $T_1$ -re, akkor a lineáris (vonalmonti) megnyúlás  $\Delta l = l_1 - l_0 = l_0 \cdot \alpha \cdot (T_1 - T_0)$  lesz, ahol  $\alpha$  az adott fém lineáris hőtágulási együtthatója mm/m·°C-ban. Az ötvöztelen acél hőtágulási együtthatója  $\alpha = 11,8 \cdot 10^{-6}$  mm/m·°C (vagy másképpen 0,0118 %) azaz egy 1000 mm hosszú rúd 1000°C-re való felhevülése során

<sup>95</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 72.o.

<sup>96</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 73.o.

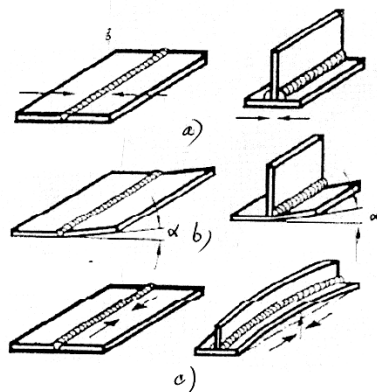
hozzávetőlegesen 11,8 mm-rel nyúl meg. Az ausztenites korrózióálló Cr-Ni acél, vagy a vörösréz esetében a megnyúlás 0,018%, alumíniumnál 0,025% lenne. Hegesztést követően a felhevített elemek lehűlnek, majd ennek során zsugorodnak, ill. vetemednek. Ha a munkadarabok tágulása akadályozott, akkor a kötésben belső (saját) feszültségek ébrednek.



81. ábra: Hőtágulás és zsugorodás befogás nélküli, ill. befogott rúd hevítése és hűtése során<sup>97</sup>

a) szabad tágulás és szabad zsugorodás, b) akadályozott tágulás és szabad zsugorodás;  
c) akadályozott tágulás és akadályozott zsugorodás

A 81. ábra szabadon táguló és szabadon zsugorodó rúd megtartja eredeti hosszát, vékony lemez esetén azonban vetemedik (81.a ábra). Akadályozott tágulás és szabad zsugorodás esetén a rúd megnyúlik, de mivel a hőtágulás gátolt, középen zömül, hossza  $l_2 = l_0 - \Delta l$  lesz, belső feszültségek tehát nem ébrednek (81.b ábra). Akadályozott tágulás és akadályozott zsugorodás esetén nincs hosszváltozás, a rúd középen zömül, és nagyobb belső feszültségek ébrednek (81.c ábra). A 82. ábra lemezek tompavarratos és belső sarokvarratos kötésének alakváltozását mutatja. A lemezek keresztirányban, szög alakban és hosszirányban zsugorodnak.



82. ábra: Lemezkötések zsugorodásai  
a) keresztirányú; b) szögben kialakuló c) hosszirányú;<sup>98</sup>

<sup>97</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 73.o.

<sup>98</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 74.o.



Jobbra hegesztésű gázhegesztéskor a keresztirányú zsugorodás mértéke 2-2,5 mm, a szögzsugorodás  $\alpha = 1-1,5^\circ$ , a hosszirányú zsugorodás 1 m varrathossz esetén 1-1,3 mm. A szögzsugorodás csökkentésének lehetőségeit mutatja a 83. ábra. A koronaoldali varrat elkészítése utáni gyökoldali hegesztés csökkenti a szögelfordulást. Megoldás lehet a lemezek adott méretű alátétre való felfektetése, ekkor a végbemenő szögzsugorodás a lemezfelületet síkba húzza.



83. ábra: A szögzsugorodás csökkentése<sup>99</sup>

### 3.4. Roncsolásos és roncsolás mentes vizsgálatok módszerei, alkalmazásuk

#### A hegesztett szerkezetek gyártásánál alkalmazott roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati módszereinek használata.

##### Roncsolásos vizsgálatok

A roncsolásos vizsgálatok a hegesztett kötések mechanikai tulajdonságairól, egyes mechanikai jellemzők (pl. keménység) eloszlásáról, a kötés minőségéről nyújtanak felvilágosítást. A vizsgálatokhoz a munkadarabot roncsolni kell próbadarabok, próbatestek ki-munkálása útján.

Acélok ömlesztő hegesztéssel készített *tompakötésének keresztirányú szakítóvizsgálata* során azt vizsgálják, hogy a terhelőerő hatására a próbatest hol, illetve mekkora feszültség mellett szakad el. A vizsgálat során meghatározzák a szakítószilárdságot, a szakadás helyét és vizsgálják a törétfelületet. A *varrat* vizsgálatához használt próbatesteket úgy alakítják ki, hogy a szakadás a varratban következzen be, ezért a próbatest a varrat közepén kisebb keresztmetszetű. A pálcá leolvasztásakor kapott hegesztési *ömladék* szakítóvizsgálatakor a próbatestet a heganyagból (varratból) munkálják ki, és így a heganyag mechanikai jellemzőit határozzák meg.

A kötések *hajlító vizsgálata* végezhető keresztirányban (gyökoldalról vagy koronaoldalról), oldal-hajlítással, illetve hosszahajlítással. A hajlítás végezhető megadott szögig, adott méretű repedés megjelenéséig vagy pedig törésig. Acéllemezeken hegesztett kötéseinek technológiai vizsgálatok pl. a hajlító túska vagy a hajlító görgő átmérője a lemezvastagság négyszerese legyen, a hajlítási szög legalább  $120^\circ$ , ha csak az alapanyag vagy hozaganyag kis képlékenysége más határértéket nem tesz szükségessé.

A kötések *keménységvizsgálatának* célja az, hogy meghatározzák a kötésre merőleges keresztmetszetben a keménységet, a keménységeloszlást (általában Vickers-féle keménység-méréssel HV 5 vagy HV 10 módszerrel vagy mikrokeménység vizsgálattal). A hegesztési hőfolyamat miatt a varrat és a hőhatásövezet fémtani szerkezete és ebből adódóan a keménysége is eltérhet az alapanyagétól. Ötvözetlen és finomszemcsés szerkezeti acélok technológiai vizsgálatok a többretegű tompa- és sarokvarratokban megengedett keménység 350 HV, ha a hegesztés után nem végeznek utóhőkezelést (ellenkező esetben 320 HV).

<sup>99</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 74.o.

Lenyomatsorok esetén a lenyomatok száma és a szomszédos lenyomatok távolsága legyen megfelelő a hegesztéskor keményedett vagy kilágyult övezetek meghatározásához. Acélok hőhatásövezetében pl. a lenyomatok középpontja közötti távolság 0,7-1 mm legyen. Ha a hegesztési feladat pl. kopásálló felület felrakása lágy felületre, akkor a felrakott rétegek (sorok) keménységméréséhez célszerű a Rockwell-C féle vizsgálati módszert alkalmazni.

A Charpy-féle *ütővizsgálat* fontos felvilágosítást nyújthat a kötés ridegtörési viselkedéséről. A varrat, illetve a hőhatásövezet alapanyagtól gyakran eltérő szövetszerkezete, szemcsemérete azt is jelenti, hogy adott hőmérsékleten a kötésre merőleges keresztmetszetből kivett V-bemetszésű próbatesteken eltérő ütőmunka értékek adódnak. Ezért az ütőpróba testeket úgy kell a kötésből kivenni, hogy a bemetszés helye az alapanyagtól a hegvarratig terjedjen. A bemetszett felület a próbadarab felületével lehet párhuzamos vagy pedig merőleges. A mérés során meghatározzák az ütőmunkát (Joule-ban), a törés helyét, típusát, és az esetleges hiba típusát és méretét.

A *törésvizsgálat* célja az információszerzés olyan (belső) hibák típusáról, méretéről és elhelyezkedéséről, mint a porozitás, a repedések, az összeolvadási hiány és hiányos átolvadás, valamint a nemfemes zárványok. A törés létrehozható hajlítással vagy húzással, statikus vagy dinamikus terheléssel. A törést elő lehet segíteni a következő módszerek egyikével vagy együttes alkalmazásával: a varratdudor eltávolításával, a varrat mindkét végének bemetszésével, a varratdudor bemetszésével.

A *fárasztóvizsgálatok* elvégzésének egyik célja a kötés méret- és alakeltéréseinek a szerkezeti elem kifáradására gyakorolt hatásának meghatározása többnyire ismétlődő igénybevétel esetén. Gyakran azonban nehéz az üzemeltetés során fellépő - sokszor összetett - igénybevételt modellezni, vagy éppen hibátlan varratot elkészíteni, és ezért a fáradásra való méretezés nagyobb gondosságot igényel, sokszor hosszú időn át kell szerkezetfárasztó vizsgálatokat végezni.

A *metallográfiai vizsgálat* során a próbadarabból kisméretű próbatestet munkálnak ki, melyet csiszolás, polírozás után maratás nélküli vagy maratott, rendszerint keresztirányú metszeten makroszkópi (szabad szemmel vagy kis nagyításban) vagy mikroszkópi úton (50-500-szoros nagyításban) vizsgálnak. A kötések *makroszkópi* vizsgálatához kézi nagyítót vagy fémmikroszkópot használnak. A vizsgálat során meghatározható a varrat (rétegek és/vagy sorok) felépítése, a kötés szerkezete (alapanyag - hőhatásövezet- varrat), a jelenlévő durvább eltérések (felületi, illetve belső folytonossági hiány, porozitás, repedés stb.). A *mikroszkópi* vizsgálatnál a kötés fémteni szerkezetét (fázisok, szövetelemek, szemcse-nagyság, dúsulások stb.), a próbatest hőkezelési, illetve alakítási állapotát stb. lehet elemezni.

### **Roncsolásmentes vizsgálatok**

A roncsolásmentes vizsgálatok során a hegesztett munkadarab nem roncsolódik. A vizsgálatokat csoportosítani lehet aszerint, hogy külső (felületi) eltérések (hibák) vagy belső eltérések (hibák) kimutatására alkalmas. Külső eltéréseket pl. szemrevételezéssel, folyadékbehatolásos, mágnesporos, tömörségi vizsgálattal, a belső eltéréseket (hibákat) radiográfiai, illetve ultrahangos eljárással lehet ellenőrizni.

A kötés (illetve élélőkészítés) legegyszerűbben és legolcsóbban *szemrevételezéssel* ellenőrizhető. A szemrevételezéses vizsgálat legfontosabb vizsgálati segédeszköze a mérőszközökön kívül a jó megvilágítás (legalább 500 lux). A 84. ábra gyakran használatos egyszerű varratmérő eszközöket mutat.



84. ábra: Egyszerű varratmérő eszközök<sup>100</sup>

A hegesztés megkezdése előtt ellenőrizni kell a munkadarab méreteit, az illesztési hézagot, a leélezés szögét, a gyökszalag magasságát, az esetleges éleltolódást stb. A vizsgálat szükséges előfeltétele, hogy a vizsgálandó varratfelület száraz, zsírmentes, fémtisztá és a vizsgálatához megfelelően hozzáférhető legyen. A szemrevételezéssel kimutatható eltérések (hibák): repedések, szemmel látható porozítások, szilárd zárványok, összeolvadási hiány, nem megfelelő átolvadás, alakeltérések (pl. szélkiolvadás, végkráter, gyökátfolyás, illetve túlzott varratdudor), egyéb hiányosságok (felületi fröcskölések, futtatási szín stb.). A kimutatható méret alsó határa: 0,05-0,1 mm. Fentiekén kívül szükség lehet sztereomikroszkóp, nem megfelelő hozzáférhetőség esetén tükör, száloptika vagy kamera alkalmazására.

A *folyadékbehatolásos vizsgálat* viszonylag olcsó és egyszerűen végrehajtható vizsgálati eljárás, amellyel csak a felületre nyitott eltérések (repedések, látható porozítások, összeolvadási hiány, nem megfelelő áthegesztés stb.) határozhatók meg. A vizsgálat elve az, hogy az igen kis méretű eltérés egy behatoló folyadék és egy előhívó kontraszthatása során a felületen jól látható, nagyobb méretű lenyomatot képez.

A *radiográfiai vizsgálat* során egy ellenőrizhető sugárforrásból (röntgensövből vagy radioaktív izotópból) adott minőségű és mennyiségű radioaktív sugárzás halad át a vizsgálandó tárgyon, és az így előállított képinformációt a vizsgálati zóna mögött elhelyezett film érzékeli. Mivel pl. a röntgensugár vonalmentén kiszélesedik, a vevő (film, világitóernyő, videokamera) valamennyi folytonossági hiányt (zárványok, szélkiolvadás stb.) leképezi és rögzíti. A térfogatszerű folytonossági hiányok (porozítások, repedések stb.) általában kisméretűek, és így a sugár intenzitása az ilyen hibákon történő áthaladás után csak kismértékben csökken. A sugárintenzitás - ami a fényképezésben a fényerősségnek felel meg - ezeken a helyeken nagyobb lesz, mint a környezetében, és pl. a röntgenfilm itt erősebben feketedik. Ezáltal a hibáról függőleges leképezés útján közvetlen kép jelenik meg a filmen. 10 mm-nél kisebb anyagvastagság esetén normál vizsgálati körülmények között az 0,1 mm-es hiány függően annak alakjától és elhelyezkedésétől még felismerhető.

### Technológiai vizsgálatok

<sup>100</sup> Benus F. Dr. Márton T., 2014, Gázhegesztés és rokon eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 97.o.

A *technológiai vizsgálatok* célja az előzetesen meghatározott vagy előírt hegesztési technológia alkalmasságának meghatározása. A hegesztéstechnológia minősítéséhez szükséges technológiavizsgálatokat nemzetközi szabványok írják elő, amelyek során lemezek tompa- és sarokvarratos kötését, csövek ferde kötését kell elkészíteni és roncsolásos, illetve roncsolásmentes vizsgálatokkal ellenőrizni.

## Ábrajegyzék

|   |    |
|---|----|
| 1. táblázat: Az acél pozitív kísérőelemei.....  | 6  |
| 2. táblázat: Az acél negatív kísérőelemei.....  | 6  |
| 1. ábra Az acélok jelölési rendszere.....   | 7  |
| 3. táblázat: Az ütőmunka és a vizsgálati hőmérséklet jelölése.....                      | 8  |
| 4. táblázat: Az ötvözőelemek hegesztésre gyakorolt hatása.....                          | 9  |
| 2. ábra Hegesztett kötések alakváltozásai.....  | 11 |
| 3. ábra: Vízszintes helyzetű tompakötés és részei.....                                  | 13 |
| 4. ábra: Kis C tartalmú acél hegesztésekor kialakuló hőhatásövezet.....                 | 14 |
| 5. táblázat: A karbonegyenérték és az előmelegítési hőmérséklet kapcsolata.....         | 15 |
| 5. ábra: Varrattípusok.....   | 16 |
| 6. táblázat: Hegesztett kötések csoportosítása.....                                     | 17 |
| 6. ábra: Gyártói hegesztési utasítás (WPS) felépítése acélok ívhegesztésére.....        | 18 |
| 7. ábra: A gázhegesztés elve.....   | 18 |
| 7. táblázat: Gázhegesztéskor alkalmazott éghetőgázok főbb jellemzői.....                | 19 |
| 8. ábra: Főbb éghetőgázok lánghőmérséklete és égési sebessége.....                      | 20 |
| 9. ábra: A semleges hegesztőláng és szerkezete.....                                     | 22 |
| 10. ábra: Lángtípusok.....  | 23 |
| 11. ábra: Egyfokozatú hegesztő nyomáscsökkentő.....                                     | 24 |
| 12. ábra: A gumitömlő szerkezete.....   | 25 |
| 13. ábra: Egyoldali tömlőcsatlakozó és hollandi anya.....                               | 26 |
| 14. ábra: Csatlakozó toldatok.....  | 26 |
| 15. ábra: Kisnyomású injektoros hegesztőpisztoly.....                                   | 27 |
| 8. táblázat: Keverőszárak számozása és a javasolt hegesztési adatok.....                | 28 |
| 16. ábra: a) Lángfogó, b) Visszacsapó szelep.....                                       | 29 |
| 17. ábra: Lángvisszacsapás-gátló patron.....  | 30 |
| 18. ábra: Palacktelep biztonságtechnikai felszerelése.....                              | 30 |
| 19. ábra: Egyedi palackvédelmi változatok.....  | 31 |
| 20. ábra: Az acetilénpalack szerkezete és térfogataránya 50 l űrtartalmú palackban..... | 33 |
| 9. táblázat: Az acetilénpalackok szokásos adatai és töltési adagjai.....                | 33 |
| 21. ábra: Lemezek balra hegesztése vízszintes helyzetben.....                           | 35 |
| 22. ábra: Lemezek jobbra hegesztése vízszintes helyzetben s anyagvastagság.....         | 36 |
| 23. ábra: Kapilláris hatás nagy (a), ill. kis (b) résnél.....                           | 38 |
| 24. ábra: A kapilláris nyomás és a résszélesség kapcsolata.....                         | 38 |
| 25. ábra: Átlapolt kötések forrasztáshoz.....   | 39 |
| 26. ábra: Forrasztási kötéstípusok és alkalmazhatóságuk.....                            | 39 |
| 27. ábra: Példák résforrasztásra.....   | 40 |
| 28. ábra: A forrasztás adagolásának módjai.....   | 40 |
| 29. ábra: Előre elhelyezett forrasszal végzett forrasztás.....                          | 41 |
| 10. táblázat: Lágyforrasztások.....   | 42 |
| 11. táblázat: Keményforrasztások.....   | 44 |
| 12. táblázat: Ömlesztő hegesztési eljárások és számjelük.....                           | 45 |
| 13. táblázat: Sajtoló hegesztési eljárások és számjelük.....                            | 45 |
| 30. ábra: A bevont elektródás ívhegesztés elve.....                                     | 46 |
| 31. ábra: A fedett ívű hegesztés elve.....  | 47 |
| 32. ábra: A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés elve:.....                           | 47 |
| 33. ábra: A volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés elve.....                 | 48 |
| 34. ábra: Az ellenállás-ponthegesztés elve.....   | 50 |
| 35. ábra: A vonalhegesztés elve.....  | 51 |

|   |    |
|---|----|
| 36. ábra: Vonalhegesztett varratok.....   | 51 |
| 37. ábra: A dudorhegesztés elve .....   | 52 |
| 38. ábra: A zömítő tompahegesztés elve .....  | 53 |
| 39. ábra: A bevont elektródás ívhegesztés ömlesztő folyamata egyenes polaritás esetén                                       | 55 |
| 40. ábra: Az ívgyújtás módja: .....   | 56 |
| 41. ábra: Az áramforrás és az ív statikus jelleggörbéi.....   | 57 |
| 42. ábra: Meredeken eső jelleggörbéjű áramforrás és jellemzői a szabványos munkafeszültség egyenesével .....                | 57 |
| 43. ábra: .....   | 58 |
| 44. ábra: Ívhegesztő transzformátor felépítése.....   | 61 |
| 46. ábra: Áram le- és felfutás négyszögletes áramimpulzus esetén .....  | 64 |
| 47. ábra: Volfrámelektrodák színjelölése.....   | 65 |
| 14. táblázat: Volfrámelektrodák színjelölése és felhasználhatósága .....  | 65 |
| 48. ábra: Átfolyás mérő.....  | 66 |
| 49. ábra: A védőgáz ívhegesztő berendezés felépítése .....  | 67 |
| 50. ábra: Az áramforrás és az ív jelleggörbéje .....  | 68 |
| 51. ábra: Belső szabályozás .....   | 68 |
| 52. ábra: Statikus jelleggörbe.....   | 69 |
| 53. ábra: Az áramforrás és az ív jelleggörbéje .....  | 70 |
| 54. ábra: Anyagátmenetek.....   | 71 |
| 55. ábra: Rövidzárt cseppátmenet.....   | 71 |
| 56. ábra: Rövid ív beállítási tartománya .....  | 72 |
| 57. ábra: Nagycseppes anyagátmenet .....  | 72 |
| 58. ábra: Szórt cseppes anyagátmenet.....   | 73 |
| 59. ábra: Szoróív .....   | 73 |
| 60. ábra: Szoróív beállítási tartománya .....   | 73 |
| 61. ábra: Hosszúív jellemzői .....  | 74 |
| 62. ábra: Hosszúív beállítási tartománya .....  | 74 |
| 63. ábra: Lükettőív hegesztés folyamata .....   | 75 |
| 64. ábra: Kétgörgős hajtású huzalelőtoló .....  | 76 |
| 65. ábra: Négygörgős hajtású huzalelőtoló .....   | 76 |
| 66. ábra: Előtoló görgők .....  | 77 |
| 67. ábra: Kábelköteg felépítése .....   | 78 |
| 15. táblázat: A védőgáz hatása a beolvadási mélységre ötvöztelen acélok fogyóelektrodás, aktív védőgáz ívhegesztésekor..... | 79 |
| 68. ábra: A védőgáz hatása a beolvadási mélységre .....   | 79 |
| 69. ábra: A lángvágással összefüggő fogalmak értelmezése.....   | 80 |
| 70. ábra: Ötvöztelen acél, ill. acélöntvény lángvágthatósága a szénttartalom függvényében .....                             | 81 |
| 71. ábra: Kézi lángvágópisztoly.....  | 82 |
| 72. ábra: Lángvágó fúvóka kialakítások .....  | 82 |
| 73. ábra: Lángvágó berendezések .....   | 83 |
| 74. ábra: Lángvágási hibák .....  | 84 |
| 75. ábra: A lánggyalulás folyamata.....   | 85 |
| 76. ábra: Plazmavágás.....  | 86 |
| 77. ábra: Óránkénti légszere száma gázhegesztéskor.....   | 88 |
| 78. ábra: Hegesztéssel kapcsolatos minőségi követelmények.....  | 90 |
| 79. ábra: Gyártói hegesztési utasítás technológiai vizsgálathoz (pWPS) acélok gázhegesztésére.....                          | 92 |
| 16. táblázat: hegesztők lehetséges minősítése acélokra .....  | 93 |
| 17. táblázat: Néhány fém, ill. fémötvözet hőtani jellemzői.....   | 95 |

|   |    |
|---|----|
| 80. ábra: Hőmérsékleti izotermák 5 mm vastag acéllemez esetén .....                                   | 95 |
| 81. ábra: Hőtágulás és zsugorodás befogás nélküli, ill. befogott rúd hevítése és hűtése<br>során..... | 96 |
| 82. ábra: Lemezkötések zsugorodásai .....   | 96 |
| 83. ábra: A szögzsugorodás csökkentése .....  | 97 |
| 84. ábra: Egyszerű varratmérő eszközök .....  | 99 |

## Irodalomjegyzék

*Benus Ferenc - Dr. Márton Tibor:* Gázhegesztés és rokon eljárások Műszaki kiadó  
Budapest 2014

*Benus Ferenc:* Fogyóelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft.  
2013

*Benus Ferenc:* Volfamelektródás védőgázas ívhegesztés. Mátrai Hegesztéstechnikai Kft.  
2011

*Dr. Kovács Mihály:* Hegesztés. Tankönyvmester Kiadó, 6., átdolgozott kiadás,  
Budapest 2008

*Dr. Gáti József:* Hegesztési zsebkönyv. Cokom Kft. Miskolc, 2010

*Dr. Gremperger Géza:* Hegesztési zsebkönyv. Cokom Kft. Miskolc, 2010