

BAGYINSZKI GYULA • BITAY ENIKŐ

HEGESZTÉSTECHNIKA I. ELJÁRÁSOK ÉS GÉPESÍTÉS

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK



ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET

BAGYINSZKI GYULA – BITAY ENIKŐ
HEGESZTÉSTECHNIKA I.

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

8.

ISSN 2068 – 3081

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

8.

BAGYINSZKI GYULA – BITAY ENIKŐ

HEGESZTÉSTECHNIKA I.

Eljárások és gépesítés



ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET
Kolozsvár
2010

A kutatást támogatta:

**Az MTA–OM, DOMUS HUNGARICA SCIENTIARIUM ET ARTIUM
MTA Határon Túli Magyar Tudományosságért Ösztöndíj Program**

A könyv megjelenését támogatta:

a Szülőföld Alap



Lektor: Dr. Kovács Mihály

© **Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő 2010**

Kiadja: Az Erdélyi Múzeum-Egyesület

Felelős kiadó: Biró Annamária

Sorozatszerkesztő: Bitay Enikő

Olvasószerkesztő: Kerekes György

Borítóterv: Könczey Elemér

Műszaki szerkesztő: Szilágyi Júlia

Nyomdai munkálatok:

F&F International Kft. Kiadó és Nyomda, Gyergyószentmiklós
Tel./Fax: +40-266-364171

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
BAGYINSZKI, GYULA

Hegesztéstechnika / **Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő.**

- Cluj-Napoca : **Societatea Muzeului Ardelean, 2010**

ISBN 978-606-8178-06-6

Vol. 1. : Eljárások és gépesítés. - **2010. - Bibliogr. -**
ISBN 978-606-8178-04-2

I. Bitay, Enikő

621.791

Tartalom

Előszó	7
Bevezetés	9
1. Hegesztés és rokon eljárások	11
1.1. Sajtoló és ömlesztő hegesztési eljárások.....	15
1.1.1. Hideg- és melegsajtoló hegesztés	18
1.1.2. Polimerhegesztés.....	46
1.1.3. Ömlesztő hegesztés.....	51
1.1.4. Hegesztési hozag- és segédanyagok	86
1.2. Termikus és egyéb vágóeljárások.....	115
1.2.1. Termikus vágás és gyalulás.....	115
1.2.2. Eróziós vágás.....	124
1.2.3. Forgácsoló vágás.....	129
1.2.4. Nyíró vágás	131
1.3. Forrasztás és egyéb kötő eljárások.....	136
1.3.1. Lág- és keményforrasztás	136
1.3.2. Forrasztóhegesztés.....	147
1.3.3. Hideg- és melegragasztás	149
1.3.4. Mechanikus kötés	157
1.4. Felületbevonó és egyéb felületkezelő eljárások.....	168
1.4.1. Felületbevonó eljárások	170
1.4.2. Összetétel módosító felületkezelések.....	177
1.4.3. Szerkezetmódosító felületkezelések.....	181
1.4.4. Olvasztásos felületkezelések.....	183
2. A hegesztés gépesítése	191
2.1. Technológiák gépesítettségi szintjei.....	191
2.1.1. A gépesítés fogalmköre	191
2.1.2. Gépesítés hatásai	193
2.1.3. Ív- és ellenállás-hegesztés gépesítettségi szintjei	195
2.1.4. Hegesztő célgépek jellemzői.....	197
2.2. Hegesztőrobotok	200
2.2.1. Ipari robotok fogalma, jellemzői	201
2.2.2. Robotkarrendszerek és szabadságfokok.....	203
2.2.3. Robot irányítástechnika.....	212
2.2.4. Robot biztonságtechnika.....	223

Tartalom

2.3. Hegesztőkészülékek.....	227
2.3.1. Hegesztőkészülékekkel szembeni követelmények.....	228
2.3.2. Készülékelemek, egyszerű hegesztőkészülékek.....	229
2.3.3. Összetett hegesztőkészülékek, segédberendezések.....	243
2.3.4. Segédberendezésekből épített célberendezések.....	251
2.4. Hegesztés automatizálása	255
2.4.1. Gyártócella	258
2.4.2. Gyártósor.....	259
2.4.3. Rugalmas gyártórendszer	259
2.4.4. Logisztikai háttér	261
Irodalom	267
Welding techniques (Summary)	275
Contents.....	277
Schweißtechnik (Zusammenfassung)	279
Inhalt	281
Tehnologii de sudură (Rezumat)	283
Cuprins.....	285

Előszó

A vas feldolgozásának („vaskorszak”) kezdetével szinte együtt született kötési módszer a kovácshegesztés, ami gyakorlatilag a XIX. század közepéig egyeduralgó eljárásnak számított. Az anyagtechnológiák, köztük a hegesztés gyors, látványos fejlődése a XIX–XX. század időszakára esik, aminek magyarázata az elektromosság elveinek, eszközeinek felfedezésében, illetve az elektromos hőtechnikának ekkor bekövetkezett nagyarányú térhódításában keresendő.

1827-ben Georg Simon Ohm felismerte az elektromosság áramlását, az áramerősség és a feszültség közötti kapcsolatot, illetve definiálta az elektromos ellenállás fogalmát. Az elektromos áram hatására létrejövő hőfejlődés törvényét 1841-ben James Prescott Joule fogalmazta meg. Werner Siemens – André Marie Ampère nyomdokán – 1866-ban felfedezte az elektrodinamikai elvet és a dinamógépet, így lehetővé vált tetszőleges feszültségű és erősségű elektromos áram előállítása.

Az ellenállásfűtésnek különleges módját fedezte fel 1866-ban Elihu Thomson, aki két fémrudat erősen összeszorított, és igen nagy áramot vezetett át rajtuk. A viszonylag nagy elektromos ellenállású érintkezési felület ekkor olyan mértékben felmelegedett, hogy a két fémdarab összehegedt. Így született meg az azóta sokféle változatban alkalmazott ellenálláshegesztés.

Humphry Davy 1820-ban felfedezte az elektromos ívet, de az első ívhegesztő eljárás (1885) Nyikolaj Nyikolajevics Benardosz és anyagi támogatója, Stanislav Olsevszkij báró nevéhez fűződik. Szénelektrodák és két érintkező fémdarab között elektromos ívet hoztak létre, hogy az így képződő olvadék megdermedve a fémdarabokat összekösse. Nyikolaj Gavrilovics Szlavjanovtól származik a ma is használatos leolvadó fémelektrodás ívhegesztő eljárás kifejlesztése (1891), melyhez Oscar Kjellberg 1905-ben szabadalmaztatta a bevonatos hegesztőelektrodát.

Talán ez a kis technikatörténeti visszapillantás is jelzi, milyen fontossá vált a hegesztési eljárások fejlesztése és alkalmazása az ipar széles területén. Az igen nagy számú eljárásváltozat megjelenése, a hozzájuk kifejlesztett hegesztőanyagok széles köre, a gépesítésük lehetősége olyan hegesztéstechnikai bázist jelent, amelyre egyaránt építhet konstruktor, technológus és menedzser.

Ahhoz, hogy ez az „építkezés” megalapozott lehessen, ez a könyv is hozzá kíván járulni a felsorolt témaegységek rendszerező szemléletű áttekintésével. Célja olyan elméleti és gyakorlati ismeretek összefoglalása, amelyek alátámaszt(hat)ják, illetve bővít(het)ik a hegesztéssel kapcsolatba kerülők háttérismereteit. Tömör, lényegre törekvő formában, enciklopédikusan igyekszik információkat nyújtani olvasóinak a hegesztés azon részterületeiről – a hegesztési és rokon eljárásokról, illetve a gépesítés lehetőségeiről – amelyeket egyszerűen technikai háttérnek is nevezhetünk.

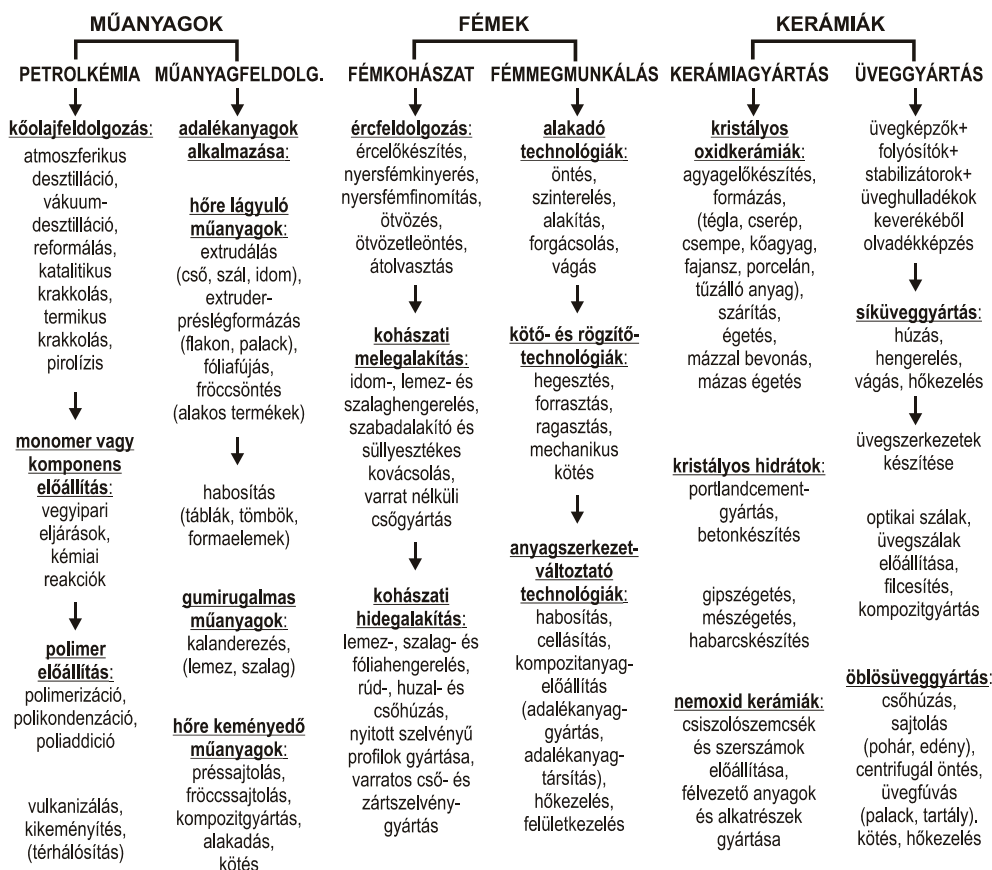
Abban a reményben, hogy ez a célkitűzés akárcsak részben is megvalósul, sok tanulmányi és munkabeli sikert kívánnak

A szerzők

Bevezetés

Az **1. ábra** a szerkezeti és szerszámanyagok legfontosabb csoportjainak iparszerű előállítási (és feldolgozási) folyamatait tekinti át. Ezekben belül vannak:

- elsődleges (primer) eljárások, melyeknek célja alapanyagok és félkész vagy előgyártmányok létrehozása nyersanyagokból;
- másodlagos (szekunder) eljárások, melyeknek célja az elsődleges eljárásokkal gyártott alapanyagok és félgyártmányok külső alakjának, belső szerkezetének, felületi jellemzőinek célszerű megváltoztatása.



1. ábra
Szerkezeti anyagok előállító és megmunkáló technológiái

Az előállított alapanyagokból, illetve félkész vagy előgyártmányokból (pl. rúd [kör, négyzög, hatszög stb. keresztmetszetű], drót, huzal, vékony és vastag lemez, szalag, fólia, cső, nyitott profil, zárt szelvény, tömb, formázott öntvény, alakos kovácsdarab, fém- és kerámiaporok) további megmunkálásokkal gyárthatók a különféle rendeltetésű késztermékek. Az anyagtechnológiák felosztása sokféleképpen lehetséges. Az egyik jellemző szempont szerint megkülönböztetünk forgácsoló és forgács nélküli (nem forgácsoló) technológiákat. Más megközelítésben alakadó, kötő és anyagszerkezet-változtató technológiákról beszélünk (2. ábra):

- az alakadó technológiák (öntés, szinterelés, alakítás, forgácsolás, vágás) alkatrészek alapanyagokból vagy félkész termékekből kiinduló előállítására, illetve megmunkálására;
- a kötő technológiák (hegesztés, forrasztás, ragasztás, mechanikus kötés) alkatrészek egyesítésére, illetve szerelésére;
- a szerkezetváltoztató technológiák (hőkezelés, felületkezelés, cellásítás, kompozitkészítés) – az előző technológiák valamely szakaszán – az alkatrész anyaga szerkezetének és ezáltal tulajdonságainak módosítására irányulnak.

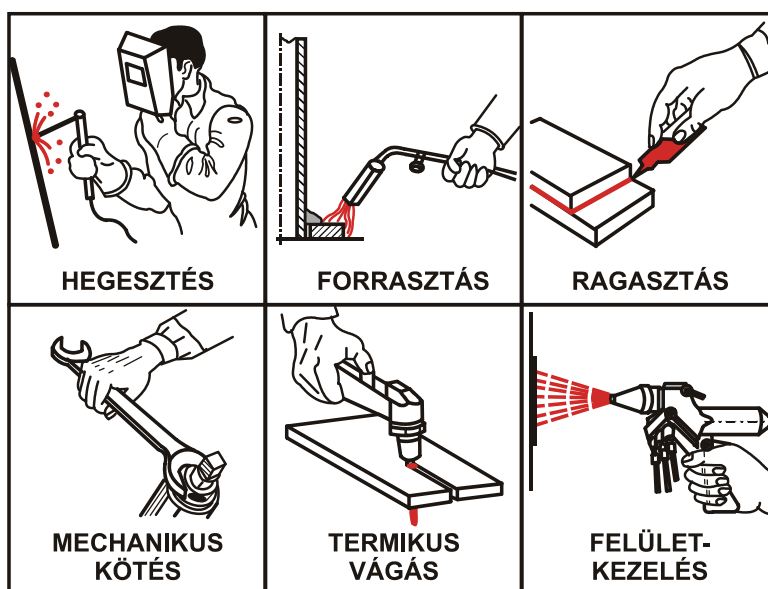
ANYAG-TECHNOLÓGIÁK	ALAKADÓ TECHNOLÓGIÁK	KÖTŐ TECHNOLÓGIÁK	SZERKEZET-VÁLTOZTATÓ TECHNOLÓGIÁK
FORGÁCS NÉLKÜLI (NEM FORGÁCSOLÓ) TECHNOLÓGIÁK	ÖNTÉS: - elvesző formába - tartós formába	HEGESZTÉS: - sajtoló - ömlesztő	HŐKEZELÉS: - egyensúlytól eltérítő - egyensúlyra irányuló
	SZINTERELÉS: - porkohászat - porkeramizálás	FORRASZTÁS: - lágy - kemény	FELÜLETKEZELÉS: - anyagvitel nélküli - anyagvitellel járó
	ALAKÍTÁS: - térfogatalakítás - lemezalakítás	RAGASZTÁS: - hideg - meleg	CELLÁSÍTÁS: - habosítás - filcesítés
	VÁGÁS: - alakító vágás - termikus vágás - eróziós vágás - forgácsoló vágás	MECHANIKUS KÖTÉS: - kötőelem nélküli - kötőelemes	KOMPOZITKÉSZÍTÉS: - szemcseadalékolás - szálerősítés - laminálás
FORGÁCSOLÓ TECHNOLÓGIÁK	FORGÁCSOLÁS: - szabályos szerszámélekkel - szabálytalan szerszámélekkel		

2. ábra
Anyagtechnológiák felosztása

1. Hegesztés és rokon eljárások

A kötőtechnológia (hegesztés, forrasztás, ragasztás, mechanikus kötés) rokontechnológiáinak (1.1. ábra):

- a munkadarab-előkészítést (pl. darabolást, leélezést) segítő termikus vágást mint alakadó technológiát
- és gyakran a kötést követő felületkezelést, mint anyagszerkezet-változtató és ezáltal tulajdonságmódosító technológiát tekinthetjük.



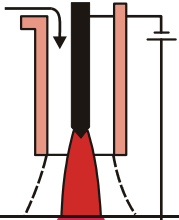
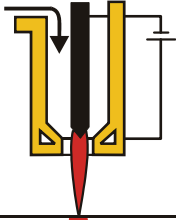
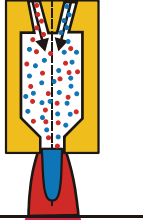
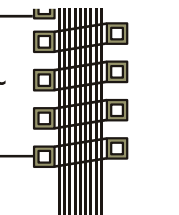
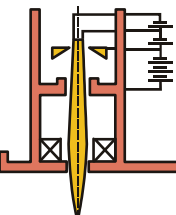
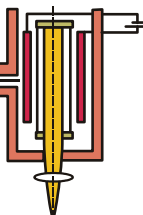
1.1. ábra

Kötőtechnológiák és rokontechnológiák

Az alkalmazható fontosabb energiaforrások (1.2. ábra) más területeken való előfordulását keresve is eljut(hat)unk a rokon eljárások köréhez (1.3. ábra). Hat olyan jellegzetes energia- vagy hőforrás emelhető ki a hegesztésnél előfordulók közül, amelyek más technológiáknál is jól alkalmazhatók. Ezek egy részének van saját hőmérséklete, azaz a bennük fejlődő hőt kell közölni a megmunkálandó anyaggal. Ide tartozik növekvő hőmérséklet sorrendjében a (gáz)láng, a (normál)ív és a plazmaív. A hőforrások másik részének – induktornak, elektronsugárnak, lézernek – nincs saját nagy a hőmérséklete, hanem intenzív hőfejlődést a megmunkálandó anyagban idéznek elő, amikor kölcsönhatásba kerülnek vele. Míg

1. Hegesztés és rokon eljárások

az ívhevíítés és az indukciós hevítés csak elektromosan vezető anyagokhoz alkalmazható, addig a többi hőforrás elektromosan nem vezető anyagokhoz is.

HEVÍTŐ HŐFORRÁS	elektromosan vezető anyagokhoz	elektromosan nem vezető anyagokhoz is	
van saját hőmérséklet ↓ hőfejlődés a hőforrásban	ívhevíítés (4000–5000°C) 	plazmahevíítés (10 000–20 000°C) 	lánghevíítés (3000–3200°C) 
nincs saját hőmérséklet ↓ hőfejlődés a munkadarabban	indukciós hevítés 	elektronsugaras hevítés 	lézeres hevítés 

1.2. ábra

Kötőeljárásokra és rokon eljárásaikra jellemző fontosabb hőforrások

Szilárd anyagok illeszkedő felületük mentén külső (fizikai eredetű) vagy belső (kémiai eredetű) erővel köthetők össze. Külső erőnek az anyagok darabjait összefogó, összeszorító fizikai – elsősorban mechanikai – hatásokat tekintjük, amelyek meghatározzák a kölcsönös helyzetet is. Belső erőkön az anyagok atomjai, ionjai, molekulái között ható (kötő)erőket, kémiai kölcsönhatásokat értjük, amelyek „összetartják” a részecskéket.

Külső erővel valósul meg a mechanikus kötés, mely kötőelemekkel (pl. rugalmas deformációjú csavarokkal) vagy azok nélkül (pl. összekötendő alkatrészek képlékeny deformációjával) létesíthető. Ide sorolható a ragasztás is, amelyre az adhézión tapadás (illetve a ragasztóanyagnak az összekötendő darabok felületi egyenetlenségeibe való mechanikus „belekapaszkodása”) jellemző.

Kohéziós és diffúziós a kötés, ha anyag(darab)okat illeszkedő felületük mentén belső erők révén kapcsolunk össze. Hegesztéssel kohéziós kötés hozható létre, miáltal az egyes anyagok illeszkedő felületének atomjai (illetve molekulái) úgy

1. Hegesztés és rokon eljárások

kapcsolódnak össze, mint az anyagok belsejében lévők. Forrasztáskor a kölcsönös diffúzió révén alakul ki a kapcsolat, melynek feltétele, hogy a forrasztóanyag és az egyesítendő anyagok szilárd állapotban oldják egymást. Ha nem teljesül a kölcsönös oldódás feltétele, akkor a megolvasztott forrasztóanyag a ragasztáshoz hasonló adhéziós jellegű kötést hoz létre a felhevített, de mindvégig szilárd állapotban maradó anyagok közötti részbe, illetve „érdességvölgyekbe” behatolva és ott megdermedve.

HŐFORRÁSOK ALKALMAZÁSAI		ALAKADÁS	KÖTÉS	ANYAGSZER- KEZET VÁLT.
		VÁGÁS	HEGESZTÉS, FORRASZTÁS	FELÜLET- KEZELÉS
Hagyományos hevítés	lánghevítés	lángvágás	lángforrasztás, és -hegesztés	lángedzés, lángszórás
	ívhevítés	ívvágás	ív- (forrasztó-) hegesztés	ívszórás
	indukciós hevítés		indukciós hegesztés és forrasztás	indukciós edzés
Nagy energia- sűrűségű hevítés	plazma- hevítés	plazma- vágás	plazmahegesztés	plazmaszórás
	elektron- sugaras hevítés		elektronsugaras hegesztés	elektronsugaras átolvasztás és felületötvözés
	lézeres hevítés	lézeres vágás	lézeres hegesztés	lézerszórás

1.3. ábra

Fontosabb hőforrások alkalmazása kötő eljárásoknál és rokon eljárásaiknál

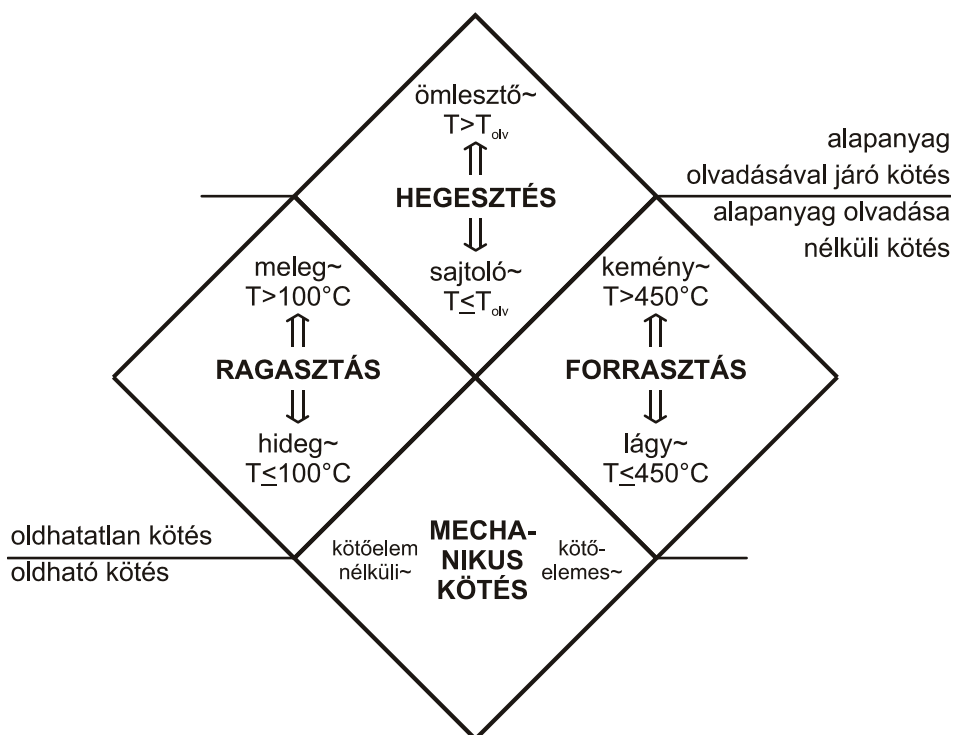
A mechanikus kötés és a forrasztás nagyrészt a szerelő kötésekhez, a ragasztás és a hegesztés főként az egyesítő kötésekhez sorolható (1.4. ábra). A szerelő kötés sokszor rögzítést és szükség esetén viszonylag egyszerű alkatrészcserét tesz lehetővé (pl. elektronikai alkatrészek áramköri panelbe ültetése forrasztással). Az egyesítő kötés véglegesnek, azaz nem megbontandónak szánt kapcsolatot hoz létre (pl. nyomástartó edény [tartály] elemeinek egyesítése hegesztéssel).

A hegesztés az oldhatatlan kötésmódok közé tartozik a forrasztással, ragasztással és a mechanikus kötési eljárások egy részével együtt, ugyanis a kötés, illetve azt alkotó anyagok deformálása, roncsolása (sőt esetenként tönkremenése) nélkül nem választhatók szét egymástól az összekötött darabok. Az oldható mechanikus kötések (pl. csavarkötés, zsugorkötés) a kötőanyag, pontosabban a kötőelem, illetve az egyesített anyagok roncsolása nélkül szétbonthatók és azokkal újra (legalább még egyszer) létrehozhatók (jól rekonstruálhatók).

1. Hegesztés és rokon eljárások

KÖTÉS MÓDJA	külső erővel megvalósuló kötés	belső erővel megvalósuló kötés
szerelő kötés	MECHANIKUS KÖTÉS (vagy deformációs kötés)	FORRASZTÁS (vagy diffúziós kötés)
egyesítő kötés	RAGASZTÁS (vagy adhéziós kötés)	HEGESZTÉS (vagy kohéziós kötés)

1.4. ábra
Szerelő és egyesítő kötések felosztása



1.5. ábra
Kötőeljárások hőmérséklet és oldhatóság szerinti felosztása

Míg a mechanikus kötések fő jellemzője az, hogy kötőelemmel vagy anélkül valósulnak meg, addig a ragasztás, a forrasztás és a hegesztés esetében a kötés részét képező anyagokban kialakuló hőmérséklet a meghatározó. Ugyanis mindhárom esetben kijelölhető egy jellegzetes hőmérséklet határ, ami elkülöníti az eljárás csoportokat (**1.5. ábra**).

Ez hegesztéskor az alapanyaghoz, pontosabban annak olvadáspontjához köthető, vagyis alapanyag olvadásával járó ömlesztő hegesztés és általában alapanyag olvadása nélküli sajtoló hegesztés különböztethető meg. Forrasztáskor a forrasztóanyag mindenképpen olvadék állapotba kell kerülnie, ezért két jól elkülönülő olvadáspontú forrasztóanyag-csoportot választ szét a 450 °C-os hőmérsékletérték. Az ennél kisebb olvadáspontú forrasztókkal ún. lágyforrasztás, míg az ennél nagyobb értékűekkel (kb. max. 900 °C-ig) keményforrasztás végezhető. Ragasztásnál a ragasztóanyag kikeményedési – megfelelő kötési szilárdságot eredményező – hőmérsékletigénye szerint jelölhető ki a kb. 100 °C-os határérték, ami alatt a ragasztás ún. hidegragasztás, felette (kb. max. 200 °C-ig) melegragasztás.

1.1. Sajtoló és ömlesztő hegesztési eljárások

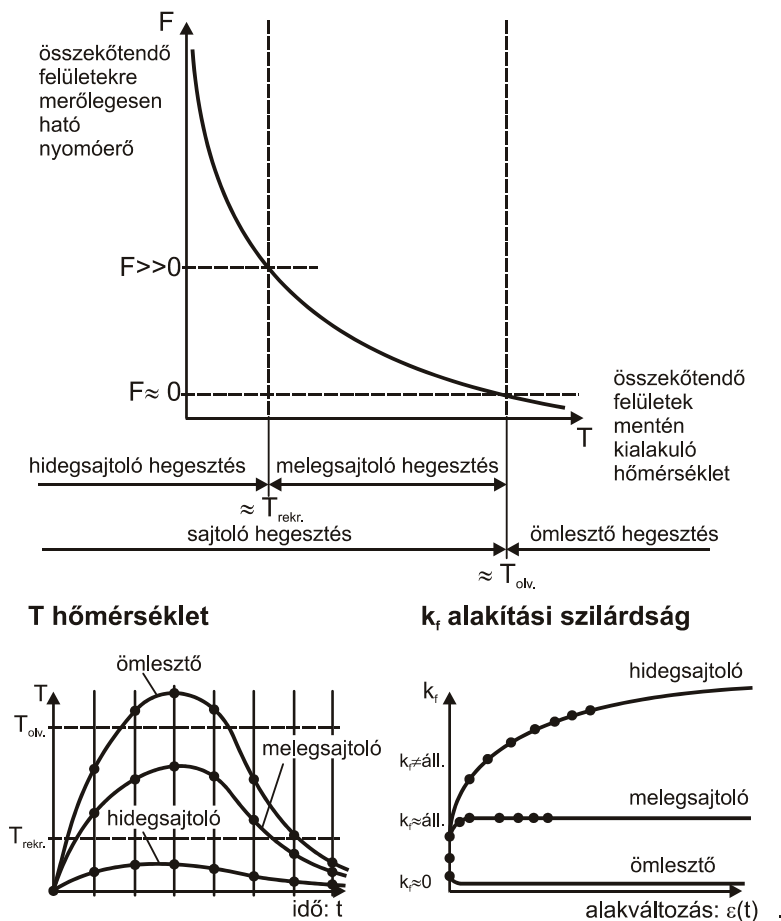
A hegesztés, illetve a hegesztett kötés alkalmazásának célja lehet:

- terhelésátvitel (erő- és nyomatékátadás) megoldása, hermetikus zárás lehetővé tétele, áram- és hőátvezetés biztosítása kötőhegesztéssel;
- felületi és szerszámél-tulajdonságok módosítása, az alapanyagtól eltérő minőségű hozaganyagot alkalmazó felrakó hegesztéssel;
- előállított termékek használhatóságát zavaró, nemkívánatos anyagfolytonossági hiányok (pl. repedések vagy üregek) kitöltése javító kötőhegesztéssel;
- bizonyos ideig üzemeltetett termékeken a lekopott vagy elkorrodált anyagtér fogati hiányok (felületi rétegek) pótlása javító felrakó hegesztéssel.

Az alkalmazható hegesztési eljárások erő- vagy erő- és hő- vagy csak hőhatással hozzák létre a hegesztett kötetet (**1.6. ábra**), azaz vannak nyomóerőt alkalmazó sajtoló (általában szilárd fázisú) és nyomóerő alkalmazása nélküli ömlesztő (olvadék fázisú) hegesztési eljárások. Sajtoló hegesztéskor az összekötendő darabok keresztmetszeti méretétől, anyaguk k_f alakítási szilárdságától függően hőközlésre is szükség lehet. Az összekötendő felületek mentén kialakuló T hőmérsékletnek és az anyag $T_{\text{rekr.}}$ rekristallizációs (vagy kilágylási) hőmérsékletének viszonya szerint megkülönböztetünk hidegsajtoló hegesztést és melegsajtoló hegesztést.

Sajtoló és ömlesztő hegesztési eljárások több szempont szerint csoportosíthatók, de legjellemzőbb az alkalmazott energia, illetve a technikai megvalósítás (elrendezés) szerinti felosztás. Az alkalmazott energia eredete szerint megkülönböztethetők (**1.7. ábra**):

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.6. ábra (I.)
Sajtoló és ömlesztő hegesztés jellemzői

- elektromos ívhő hasznosítók, melyeknél gázközegben nagy hőmérsékletű elektromos kisülés, illetve részben ionizált állapot – normál- vagy plazmaív – hatása érvényesül;
- elektromos ellenálláshő hasznosítók, melyeknél nagy erősségű áram átvezetése (közvetlen betáplálás) vagy nagyfrekvenciás árammal gerjesztett induktor mágneses tere általi örvényáram-indukálás (közvetett betáplálás) a szilárd vagy olvadék állapotú anyagban Joule-hőt fejleszt;
- termokémiai reakcióhő hasznosítók, melyeknél exoterm (hőtermelő) oxidációs vagy redukciós kémiai folyamatok mennek végbe;

1. Hegesztés és rokon eljárások

- termokémiai transzportfolyamatokat aktiválók, melyeknél az anyagokban atomátrendeződéssel (anyagtranszporttal) járó diffúzió vagy oldódás megy végbe;
- mechanikai alakváltozás energiáját hasznosítók, melyeknél jelentős hidegalakítás vagy nagy nyomásimpulzus okozta deformáció mértéke a meghatározó;
- mechanikai súrlódás energiáját hasznosítók, melyeknél az összekötendő anyagfelületek menti mikro- vagy makrosúrlódás okozta dörzshatás érvényesül;
- részecskesugárzás energiáját hasznosítók, melyeknél elektronok vagy ionok alkotta fókuszolt sugár anyagba ütközése és lefékeződése hőt fejleszt;
- elektromágneses sugárzás energiáját hasznosítók, melyeknél fotonok alkotta fókuszolt monokromatikus lézersugárzás vagy polikromatikus fénysugárzás anyagi abszorpciója (elnyelődése) érvényesül.

SAJTOLÓ HEGESZTÉS (SZILÁRD FÁZISÚ KÖTÉS) nyomóerő alkalmazásával		ÖMLESZTŐ HEGESZTÉS (OLVADÉK FÁZISÚ KÖTÉS) nyomóerő alkalmazása nélkül
HIDEG- SAJTOLÓ HEGESZTÉS	MELEG- SAJTOLÓ HEGESZTÉS	
összekötendő felületek mentén kialakuló T hőmérséklet az anyag $T_{\text{rekr.}}$ és $T_{\text{olv.}}$ adataihoz viszonyítva		
$T < T_{\text{rekr.}}$	$T_{\text{rekr.}} < T < T_{\text{olv.}}$	$T_{\text{olv.}} < T$
az anyag k_f alakítási szilárdsága, ami az összekötendő „A” felületekre ható $F=k_f \cdot A$ nyomóerőt meghatározza:		
$k_f \neq \text{áll.} > 0$	$k_f \approx \text{áll.} > 0$	$k_f \approx 0$

1.6. ábra (II.)

Sajtoló és ömlesztő hegesztés jellemzői

Ezen felosztási elvekkel összhangban van a sajtoló és az ömlesztő hegesztési eljárások szabványos jelölési rendszere és osztályozása. Az egyes eljárásokat, illetve eljárásváltozatokat azonosító számjel első tagja általában (a legelterjedtebb, illetve legfontosabb eljárások esetében) az alkalmazott energia forrására, a második a technikai megvalósításra (elrendezésre) utal, míg a harmadik a lehetséges eljárásváltozatok további megkülönböztetését szolgálja. A nemzetközileg elfogadott számjelölés egyfajta „közös nyelv”, amit minden szakmabeli megért(het), nemzetiségi (nyelvismereti) hovatartozástól függetlenül, és egyfajta tömör írásmódot is megtestesít, pl. hivatkozásoknál.

1. Hegesztés és rokon eljárások

Hegesztéskor alkalmazott energia			Hegesztési eljárás megnevezése
jellege	eredete	forrása	
elektromos	ív hő	(normál)ív	ívhegesztés
		plazmaív	plazmaívhegesztés
	ellenállás hő	áramátvezetés	ellenállás-hegesztés
		áramindukálás	indukciós hegesztés
termo-kémiai	reakció hő	oxidáció	gázhegesztés
		redukció	termithegesztés
	transzport-folyamat hője	diffúzió	diffúziós hegesztés
		oldódás	oldóhegesztés
mecha-nikai	alakváltozási energia	hidegalakítás	hidegsajtoló hegesztés
		nyomásimpulzus	nagyenergiájú hegesztés
	súrlódási energia	mikrosúrlódás	ultrahangos hegesztés
		makrosúrlódás	dörzshegesztés
sugár-zásos	részecske-sugárzás	elektronsugár	elektronsugaras hegesztés
		ionsugár	ionsugaras hegesztés
	fotonsugárzás	monokromatikus fény	lézeres hegesztés
		polikromatikus fény	fénysugaras hegesztés

1.7. ábra

Hegesztési eljárások felosztása

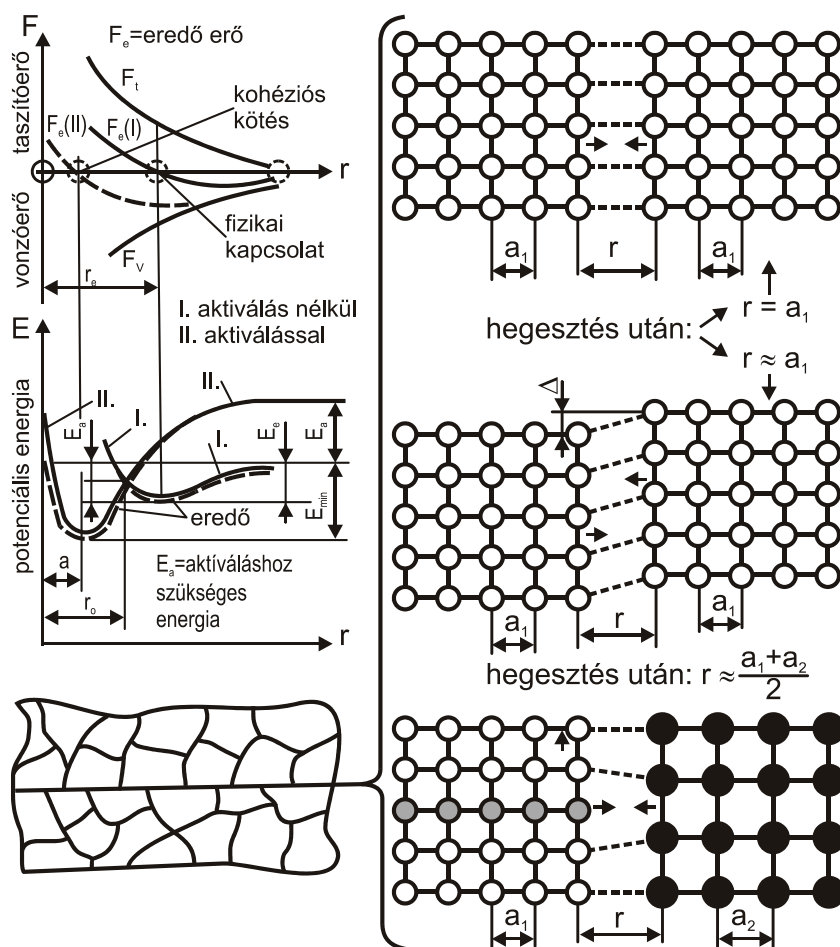
1.1.1. Hideg- és melegsajtoló hegesztés

Sajtoló hegesztés során alapvetően az összekötendő „A” felületekre ható, a hegesztendő anyag k_f alakítási szilárdságától függő $F = A \cdot k_f$ nyomóerő eredményezi a kohéziós kötés létrejöttének feltételeit: az érintkezési felületeken a szennyező-eltávolítást, a szemcsék megfelelő orientálását, a felületi atomok gerjesztett állapotát és rácsparaméternyi távolságra közelítését (**1.8. ábra**). Egyes melegsajtoló eljárásoknál felületi olvadás is bekövetkezhet, de az olvadék általában nem vesz részt a kötésképzésben, hanem utólag eltávolítható sorjába „viszi” a felületi szennyeződések a sajtolónyomás hatása alatt.

Fémes anyagok között szilárd halmazállapotban létrehozandó kötés megfeleléségi feltétele, hogy az érintkezésbe került felületeken lévő atomok közel 70–90%-át gerjesztett állapotba kell hozni, azaz kötésképzésre hajlamos kristályrácspontokat kell képezni. Ennek kétféle gyakorlati lehetősége: a mechanikai és/vagy a termikus úton történő aktiválás. Mechanikai úton végzett atomgerjesztés lehetséges módszerei: a képlékeny alakítás, a felszíni oxid- vagy anyagréteg eltávolítása és új „aktív” réteg „felszínre hozatala”. Termikus úton, azaz hevítés hatására létrejövő diffúzió során szintén keletkeznek aktivált kristályrácspontok a felületeken is. Az összehegesztendő anyagok felülete rendszerint nem tökéletesen tiszta és sík, ezért a felületi szennyeződések

1. Hegesztés és rokon eljárások

eltávolításáról és a tényleges érintkezési felület lehető legnagyobbra (teljes keresztmetszetre) növeléséről gondoskodni kell. Ehhez is kellően nagy képlékeny alakváltozás, illetve megfelelő hőmérséklet (esetleg felszínleolvasztás) és a felületi szennyeződések magával „ragadó”, majd a kötéstől „kisodró” – hegesztés után eltávolítható – sorja képződése szükséges.

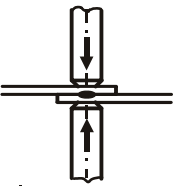
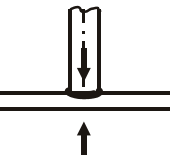
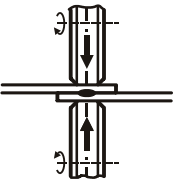
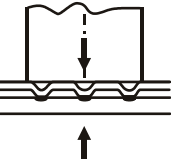


1.8. ábra

Sajtoló hegesztés általi kötés feltételei

A sajtoló hegesztési eljárások technikai megvalósítása, elrendezése, azaz a hegesztendő munkadarabok alakja, illetve kölcsönös helyzete és a képződő kötés kiterjedése szerint megkülönböztethetők (1.9. ábra):

1. Hegesztés és rokon eljárások

SAJTOLÓ HEGESZTÉS elrendezése	átlapoló (palást+palást) illesztéssel	vegyes (palást+homlok) illesztéssel	tompa (homlok+homlok) illesztéssel
pontszerű (foltszerű) kötésképzés	pont- hegesztés 	csap- hegesztés 	tompa- hegesztés 
vonalszerű (sávszerű) kötésképzés	átlapoló vonal- hegesztés 	dudor- hegesztés 	tompa vonal- hegesztés 

1.9. ábra

Sajtoló hegesztési eljárások elrendezése

- ponthegesztési eljárások, amelyek átlapoltan illesztett lemezszerű darabok között hoznak létre a hegesztőszerszám méretéhez igazodó kis kiterjedésű (pontszerű) egyedi varratot;
- átlapoló vonalhegesztési eljárások, amelyek átlapoltan illesztett lemezszerű darabok között hozzák létre a hegesztőszerszám méretéhez igazodó kis kiterjedésű (pontszerű) egyedi varratok rendezett sorozatát (vonalát);
- dudorhegesztési eljárások, amelyek egymásra helyezett darabok között hoznak létre több – valamilyen geometriai alakzat vonalára illeszkedő – kis kiterjedésű egyedi varratot, amelyek számát a darabok természetes alakja által vagy az egyiken mesterségesen kialakított kiemelkedések (dudorok) révén megvalósuló pontszerű érintkezési helyek száma határozza meg;
- csaphegesztési eljárások, amelyek alakos csap palástfelületen felütköztetett homlokfelületének megfelelő – a palástfelülethez képest kicsi – kiterjedésű kötést hoznak létre;
- tompahegesztési eljárások, amelyek homlokfelületük mentén illesztett rúdszerű termékek között hoznak létre az érintkező felületek nagyságának megfelelő – de a különböző felületirányokban azonos – kiterjedésű kötést;

1. Hegesztés és rokon eljárások

- tompa vonal-, illetve csővonalhegesztési eljárások, amelyek lemezszerű termékek – vagy ilyenek képlékeny alakításával létrehozott, de még nyitott csőszerű termékek – tompán illeszkedő élei között, azok egészére kiterjedően hoznak létre kötést (pl. hosszvarratos csövek, négyzet, illetve téglalap alakú zárt szelvények gyártásakor).

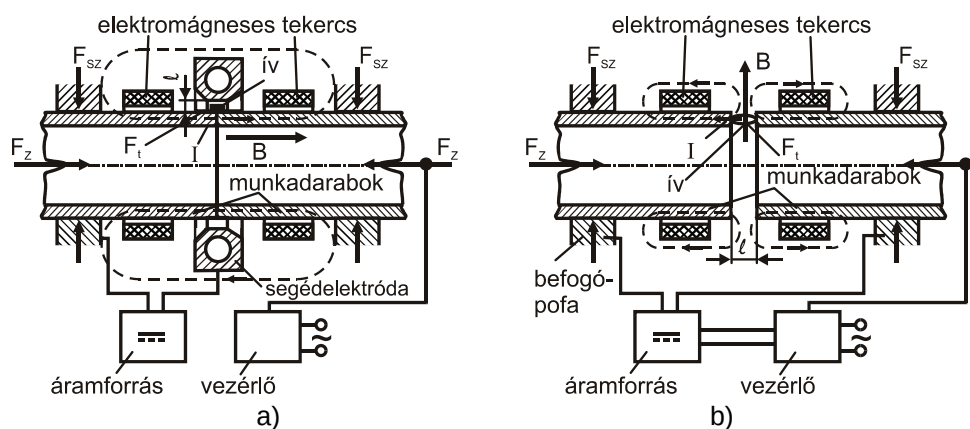
A sajtoló hegesztési eljárások (1.10. ábra) között – az alkalmazott energia eredete alapján – legnagyobb jelentőségűek az ellenálláshegesztések.

energia jellege	energia eredete	energia forrása	SAJTOLÓ HEGESZTÉSI ELJÁRÁSOK	pont-hegesztés	dudor-hegesztés	átlapoló vonalhegesztés	tompa vonalhegesztés	csap-hegesztés	tompa hegesztés
elektromos	ív (gázkisülési és ionizációs) hő	(normál)ív	Sajtoló ívhegesztés					783, 784, 785, 786, 787	185 (forgóíves hegesztés)
		plazmaív							
	ellenállás (Joule) hő	áram-átvezetés	Ellenállás-hegesztés 2	21, 211, 212	23, 231, 232	22, 221, 226	222, 225, 291 (csővon.)	782	24, 241, 242, 25, 29, 291
		áram-indukálás	Indukciós hegesztés 74			742	742		741
termokémiai	reakció (égési vagy bomlási) hő	oxidáció	Sajtoló gázhegesztés 47						47
		redukció	Sajtoló termithegesztés						71
	transzport-folyamat (atomátrendeződés) hője	diffúzió	Diffúziós hegesztés 45						45
		oldódás	Oldóhegesztés						Oldóhegesztés
mechanikai	alakváltozási (deformációs) energia	hidegalakítás	Hidegsajtoló hegesztés 48	48		48			48
		nyomás-impulzus	Hegesztés nagy mechanikai energiával 44			441, 77 (mágnes impulz.)		441	441
	súrlódási (dörzs) energia	mikro-súrlódás	Ultrahangos hegesztés 41	41		41			41 (kör-hegesztés)
		makro-súrlódás	Dörzshegesztés 42				keverő dörzsheg	788	42
sugárzásos	részecske (korpuszkuláris) sugárzás	elektronsugár							
		ionsugár							
	foton (elektromágneses) sugárzás	monokromatikus fény							
		polikromatikus fény							

1.10. ábra
Sajtoló hegesztési eljárások jellemzői és felosztása

1. Hegesztés és rokon eljárások

A **185-ös számjelű** – mágnesesen mozgatott ívvel megvalósuló – **forgóíves sajtoló hegesztések** közül a **hosszmezős forgóíves sajtoló hegesztés (1.11/a. ábra)** során – a homlokfelületükénél érintkező üreges (csőszerű, zárt szelvényű) munkadarabokon záródó – axiális irányú mágneses mezőt (B) hoznak létre elektromágneses tekercsekkel. Egy vörösréz-ből készített, vízűtésű segédelektroda és a darabok érintkezési vonala között létrehozott I áramerősségű elektromos ívre a Lorentz-törvény szerinti – tangenciális (vektoriális szorzattal meghatározható) irányú – mágneses erő hat: $\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$, ami az l hosszúságú ívet mint elektromos vezetőt forgásra kényszeríti. A forgó ív felhevíti az üreges darabok illeszkedő felületeit, és amikor az egyre csökkenő alakítási ellenállás (σ_1) a tengelyirányú nyomás értékére ($p_z = F_z/A$) mérséklődik, képlékeny melegalakítással létrejön a hegesztett kötés. A **keresztmezős forgóíves sajtoló hegesztésnél (1.11/b. ábra)** a darabokat l méretű réssel illesztik, így a rés környezetében radiális irányú mágneses mező alakul ki. A rést áthidaló elektromos ív létrehozása után arra szintén tangenciális irányú erő hat, így forgásba jön. Miután a munkadarabok felülete elérte a melegalakítás hőmérsékletét – esetleg egy vékony rétegben meg is olvadt –, az ívet kikapcsolják, és tengelyirányú zömítéssel (az olvadt részek sorjába nyomásával) kialakítják a hegesztett kötet. Forgóíves hegesztéskor az esetek többségében elegendő, ha csak az egyik darab üreges (vékony falú, csőszerű), a másik lehet tömör (rúdszerű) vagy akár lemez is.



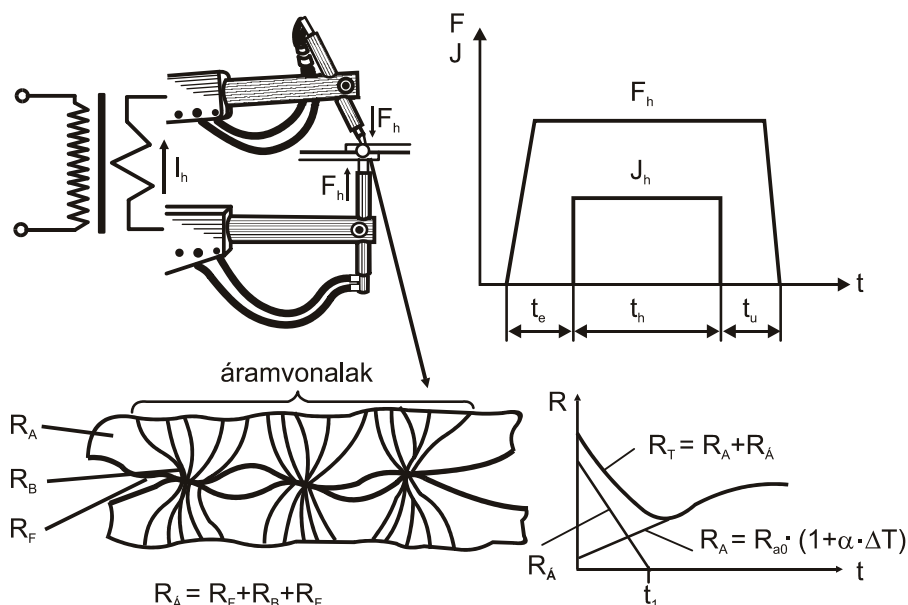
1.11. ábra
Forgóíves sajtoló hegesztés eljárásváltozatai

A **2-es számjelű ellenállás-hegesztési** eljárások közös alapelve (1.12. ábra) a következő. Az összehegesztendő darabokat rézötvözetből készített és hűtött elektródákkal, illetve befogókkal összenyomják (F_h), majd nagy erősségű áramot (I_h) vezetnek rajtuk keresztül. A darabok érintkező felületénél ún. átmeneti ellenállás (R_A) lép fel. Ez az érdességcsúcsok pontszerű érintkezése miatt létrejövő helyi áramsűrűség-növekedésből adódó belső ellenállás (R_B) és a felületek

1. Hegesztés és rokon eljárások

szennyeződéséből létrejövő felületi ellenállás (R_F) összege. Az átvezetett áram az érintkezésnél hőt fejleszt ($Q = I_h^2 \cdot R_A \cdot t$), ami a nyomóerővel (F_h) együtt a felületi egyenetlenség-csúcsokat ellapítja, a felületi szennyeződéseket roncsolja. Ilyen módon a két anyagdarab bizonyos idő (t_1) múlva tökéletes fémes érintkezésbe kerül egymással, és ennek következtében megszűnik az átmeneti ellenállás.

A fejlődött hő az érintkezési zónát ΔT hőmérséklet-különbséggel felhevítve növeli a fémes anyagok ellenállását: $R_A = R_{A0} [1 + \alpha \cdot \Delta T]$, azaz az áramkörnek továbbra is a darabok érintkezésénél lesz a legnagyobb ellenállása, vagyis itt fejlődik a legtöbb hő. A melegalakítás hőmérsékletének elérése – esetenként egy vékony felületi réteg megolvasztása – után az áramot kikapcsolják, miközben a felületeket összeszorító erő biztosítja a megfelelő deformációt és nyomófeszültséget, vagyis a kohéziós kötés kialakulását.

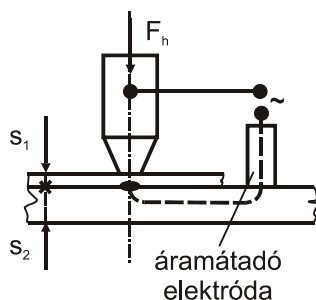


1.12. ábra

Ellenállás-hegesztési eljárások alapelve

A **21-es számjelű ellenállás-ponthegesztések** közül a **211-es számjelű egyoldali** (indirekt) **ellenállás-ponthegesztést** (1.13. ábra) akkor alkalmazzák, ha a munkadarabok kiterjedése és kialakítása nem teszi lehetővé az elektródákkal való kétoldali hozzáférést. Alapvető követelmény, hogy az elektróda felőli lemez vastagsága (s_1) kisebb legyen, mint a másik lemezé (s_2). Ezt az indokolja, hogy az áramkör nagyjából a vastagabb, így kisebb elektromos ellenállású lemezen keresztül záródjon, mivel az áramnak csak ez a része vesz részt hatékonyan a pontvarrat készítésében.

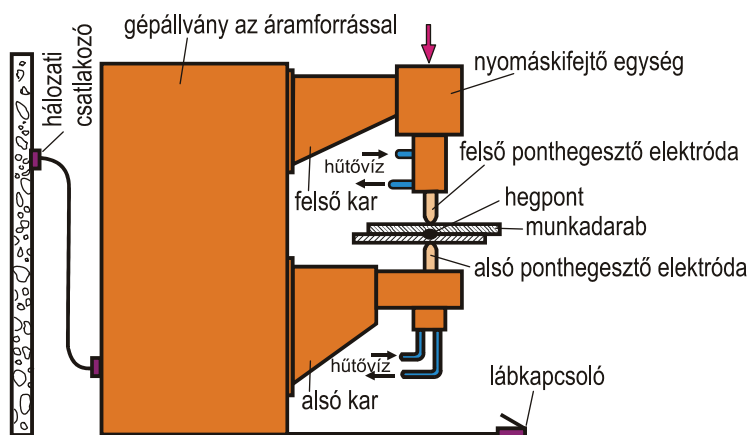
1. Hegesztés és rokon eljárások



1.13. ábra

Egyoldali (indirekt) ellenállás-ponthegesztés

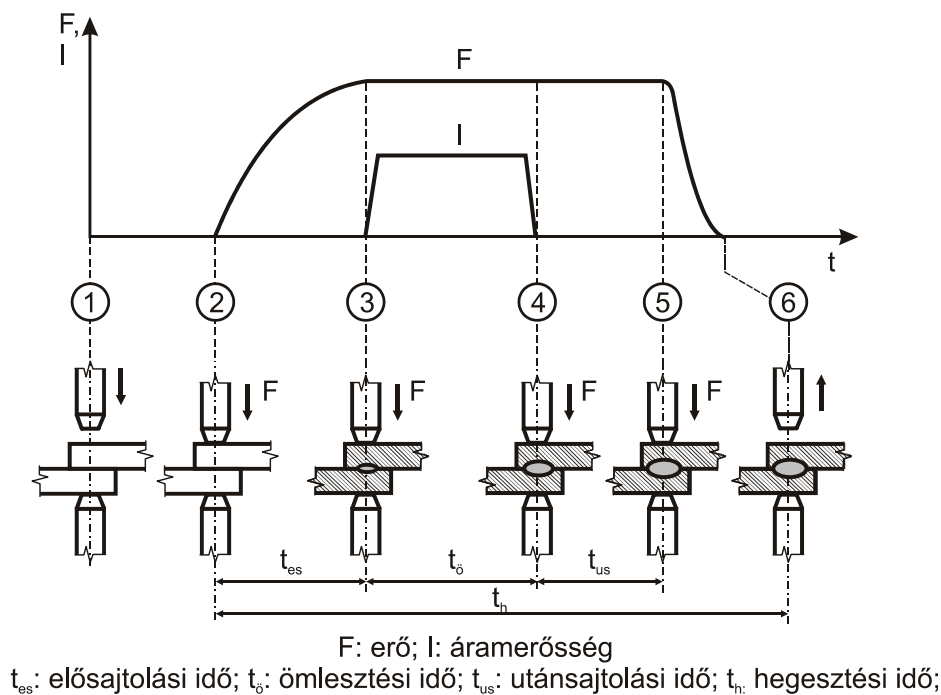
A **212-es számjelű kétoldali (direkt) ellenállás-ponthegesztés (1.14. ábra)** során az összehegesztendő átlapolt lemezeket kúpos vagy gömbvégződésű elektródákkal nyomják össze, illetve kapcsolják az áramkörbe.



1.14. ábra

Kétoldali (direkt) ellenállás-ponthegesztés

A fejlődő hő az érintkező felületekhez képest szimmetrikusan elhelyezkedő, lencse alakú anyagterfogatot olvaszt meg. Az áram kikapcsolása után a megdermedő ömledéklencse pontvarratot alkotva kohéziós kapcsolatot hoz létre a két lemez között (ömlesztve sajtoló hegesztés). A nyomóerőt az áramkikapcsolás után még egy bizonyos ideig fenn kell tartani, hogy az ömledéklencse dermedése nyomófeszültségek hatása alatt menjen végbe (**1.15. ábra**). Ezzel elkerülhető, illetve csökkenthető a szívódási üregek és a repedések keletkezése. Az áramforrás többnyire váltakozó áramú, az áramerősség 10–50 kA között változhat, amivel acél-, alumínium- és rézlemez 6 mm vastagságig hegeszthetők össze.



1.15. ábra

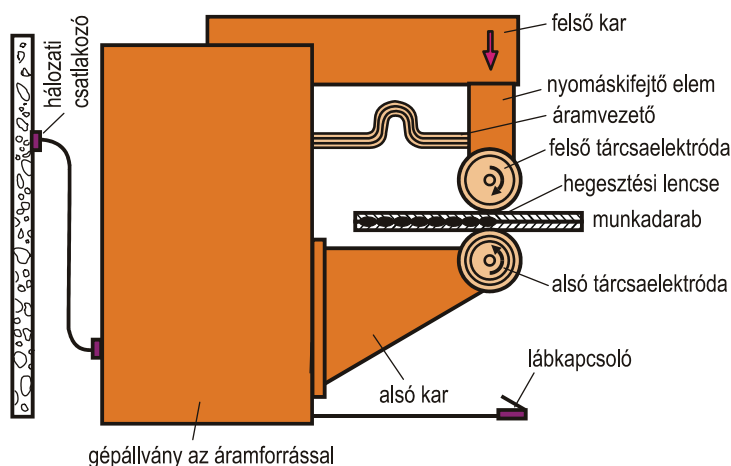
Kétoldali (direkt) ellenállás-ponthegesztés munkarendje

Az ellenállás-ponthegesztés további alváltozatai:

- az **egy- és kétoldali kétpontos ellenállás-ponthegesztés**, ha követelmény, hogy a két pontvarrat egyidejűleg, azonos átfolyó áramerősséggel (árammegosztás elve alapján), azonos mérettel és szilárdsággal készüljön;
- a **direkt többpontos ellenállás-ponthegesztés**, ha az áramforrás teljesítménye viszonylag kicsi, mert ilyenkor egyidejűleg nem az összes elektródapár hegeszt, hanem az egyes elektródapárokat (esetleg elektródapár-csoportokat) egymás után kapcsolja áramkörbe a berendezés vezérlőegysége;
- az **indirekt többpontos ellenállás-ponthegesztés**, mely az előző elven, de egyoldali hozzáférés esetén alkalmazható.

A **22-es számjelű ellenállás-vonalhegesztéskor (1.16. ábra)** a rézötvözetből készült, tárcsa alakú forgó elektródák alkalmazásával folyamatosan készíthetők – az ellenállás ponthegesztés elve alapján – pontvarratok egymás mellé. A tárcsaelektrodák feladata – a ponthegesztő elektródákéhoz hasonlóan – a nyomóerő közvetítése, az áramhozzávetetés, valamint az áramkoncentráció.

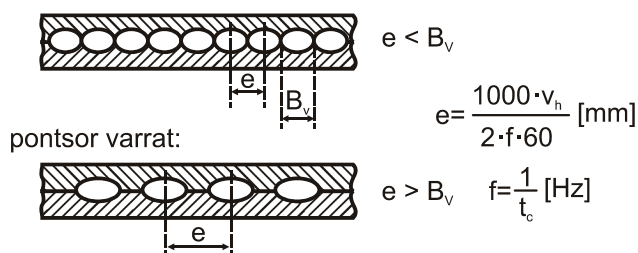
1. Hegesztés és rokon eljárások



1.16. ábra
Ellenállás-vonalhegesztés

A hegesztés (illetve az elektróda kerületi) sebességétől és az áram frekvenciájától függően hermetikusan záró vagy pontsor varrat készíthető (**1.17/a. ábra**). A hegesztés áramprogramja lehet szakaszos vagy folyamatos bekapcsolású (**1.17/b. ábra**). Hermetikusan záró varratot mindkét áramprogrammal, pontsor varratot szakaszos bekapcsolásúval lehet hegeszteni. Folyamatos bekapcsolású áramprogramnál nagy hegesztési sebességet ($v_h > 6 \text{ m/min}$) kell alkalmazni, ezért csak vékony ($s < 1,5 \text{ mm}$) lemezek hegesztésére alkalmazható, mivel egy fél periódus alatt kell egy pontvarratot létrehozni.

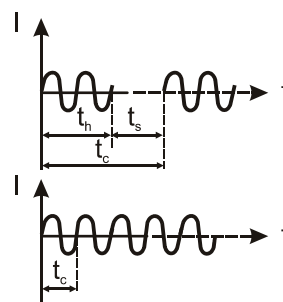
hermetikusan záró varrat:



pontsor varrat:



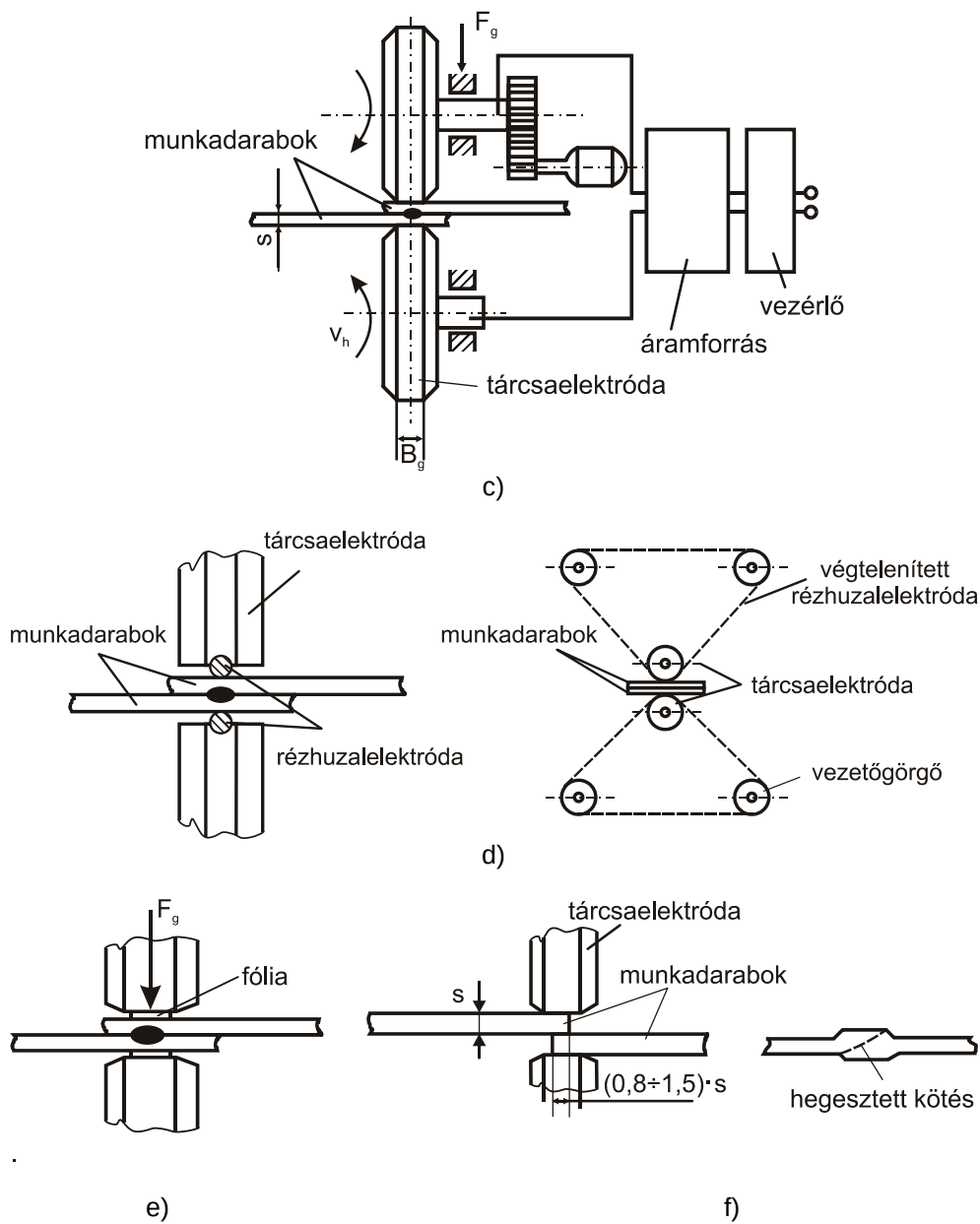
a)



b)

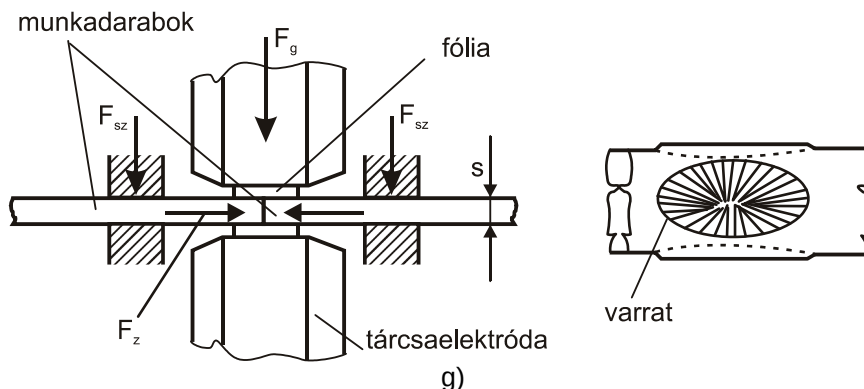
1.17. ábra (I.)
Ellenállás-vonalhegesztés eljárásváltozatai

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.17. ábra (II.)
Ellenállás-vonalhegesztés eljárásváltozatai

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.17. ábra (III.)

Ellenállás-vonalhegesztés eljárásváltozatai

A **221-es számjelű átlapoló ellenállás-vonalhegesztés** megvalósítható:

- a munkadarabokkal közvetlenül érintkező tárcsaelektrodákkal (1.17/c. ábra);
- végtelenített rézhuzal-elektrodával mint **rézhuzal közbetétes ellenállás-vonalhegesztés** (1.17/d. ábra);
- a munkadarabokkal közvetetten (fémfólia közbeiktatásával) érintkező tárcsaelektrodákkal mint **226-os számjelű fóliás átlapoló ellenállás-vonalhegesztés** (1.17/e. ábra).

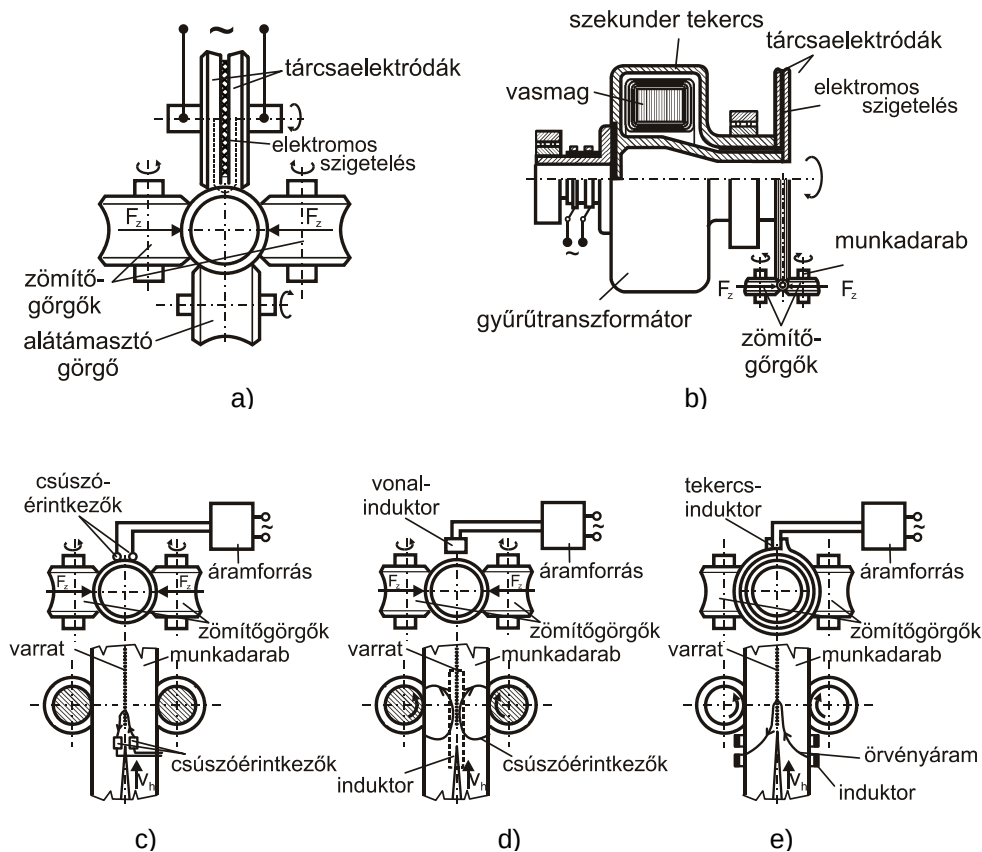
Ez utóbbinál a fémfólia a hegesztőgép tárolódobjáról tekeredik le, célszerűen beállított adagolás mellett. Mivel a tárcsaelektrodák közvetlenül nem érintkeznek a lemezfelületekkel, így az eljárásváltozat jól alkalmazható kisebb olvadáspontú bevonatokkal ellátott lemezek vonalhegesztésére.

Ahol az átlapolva vonalhegesztett kötés esztétikai, illetve (rés)korróziós szempontok miatt nem felel meg, ott a **222-es számjelű tompavarratos ellenállás-vonalhegesztés** (1.17/f. ábra) alkalmazható. Az összehegesztendő lemezeket kismértékű átfedéssel (átlapolással) kell illeszteni, majd a hegesztés során a paraméterek célszerű megválasztásával az átfedésben lévő részek olyan mértékben zömölnek, hogy a kötés kialakulásakor azonos síkba kerülnek.

A **225-ös számjelű fóliás tompavarratos ellenállás-vonalhegesztés** (1.17/g. ábra) szintén lehetővé teszi, hogy az összekötött lemezek azonos síkban maradjanak. Az összehegesztendő felületekre merőleges zömítőerőt a felhevített hegesztési zóna akadályozott hőtágulása okozza, ami a lemezek rögzítésével (leszorításával) biztosítható. Az áramátfolyás során fejlődő hő hatására a lemezek érintkező felületeinek környezete megolvad, így a fóliák teljes szélességükben kohéziós kapcsolatba kerülnek a lemezekkel. A fóliák a tárcsaelektrodák hatására benyomódnak a lemezekbe úgy, hogy kb. 0,1–0,2 mm-rel lesz nagyobb a kötésvastagság a lemezvastagságnál. Az alkalmazható fólia szélessége 4 mm, vastagsága 0,2–0,5 mm, és anyagminősége az összehegesztendő anyagokéhoz igazodik.

1. Hegesztés és rokon eljárások

A **222-es számjelű tompavarratos ellenállás-vonalhegesztések** közé sorolható **normáltranszformátoros tárcsaelektrodás ellenállás cső-vonalhegesztés**kor (1.18/a. ábra) két – egymástól elektromosan elszigetelt – tárcsaelektroda segítségével valósul meg az áramátvezetés a még nyitott cső zömítőgörgőkkel összenyomott homlokfelületein. A nyitott csőprofil vagy a leendő zártszelvény szalagból alakító hengerpár-sorozattal hozható létre. Az eljárás folyamatos hegesztést valósít meg csőszerű termékek hosszvarratainak elkészítésekor, akár csak a **gyűrűtranszformátoros tárcsaelektrodás ellenállás cső-vonalhegesztés** (1.18/b. ábra). A különbség csak annyi, hogy a gyűrűtranszformátor alkalmazása révén lehetőség nyílik az áramfrekvencia jelentős növelésére és ezáltal nagy hegesztési sebességek megvalósítására. Hegesztés után a cső zömítőgörgők okozta sorjátételt eltávolítják, illetve szükség szerint a cső alakját kalibráló görgősoron korrigálják.



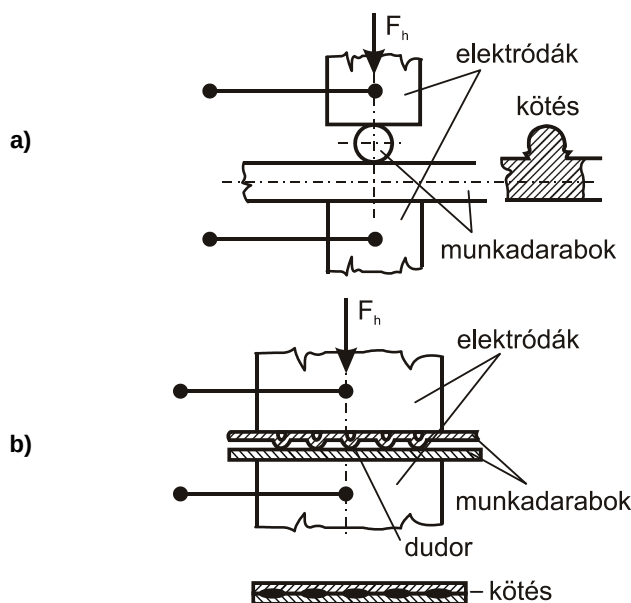
1.18. ábra
Ellenállás-csővonalhegesztés eljárásváltozatai

1. Hegesztés és rokon eljárások

A **29-es számjelű** egyéb ellenállás-hegesztési eljárások fő csoportja a 291-es számjelű **nagyfrekvenciás** (HF = High Frequency) **ellenállás-hegesztések**, amelyek közül a nagyfrekvenciás **csúszóérintkezős ellenállás cső-vonalhegesztés** (1.18/c. ábra) során 200–450 kHz frekvenciájú árammal táplált csúszókontaktust vezetnek az összehegesztendő élek mentén. A már elkészített varraton keresztül záródó áramkörben folyó áram az éleket felhevíti, illetve közvetlenül a hegesztés helye előtt megolvasztja. Az előtolást is végző zömítögörgők által létrehozott képlékeny alakváltozás során – a felületi szennyeződések sorjába nyomásával – alakul ki a hegesztett kötés.

A **74-es számjelű indukciós hegesztések** fő csoportja a **742-es számjelű indukciós vonalhegesztések**, amelyek közül a **vonalinduktoros ellenállás cső-vonalhegesztésnél** (1.18/d. ábra) az összehegesztendő élek mentén örvényáramok jönnek létre, amelyek hatására kialakuló nagy helyi áramsűrűség felhevíti az élek menti keskeny zónát. A zömítögörgőkkel végrehajtott alakítás során jön létre a hegesztett kötés.

A **tekercsinduktoros ellenállás cső-vonalhegesztéskor** (1.18/e. ábra) az indukált örvényáramok a már elkészült varraton záródnak, és az éppen zömítésre kerülő zónát hevítik fel a melegsajtoló hegesztés hőmérsékletére.



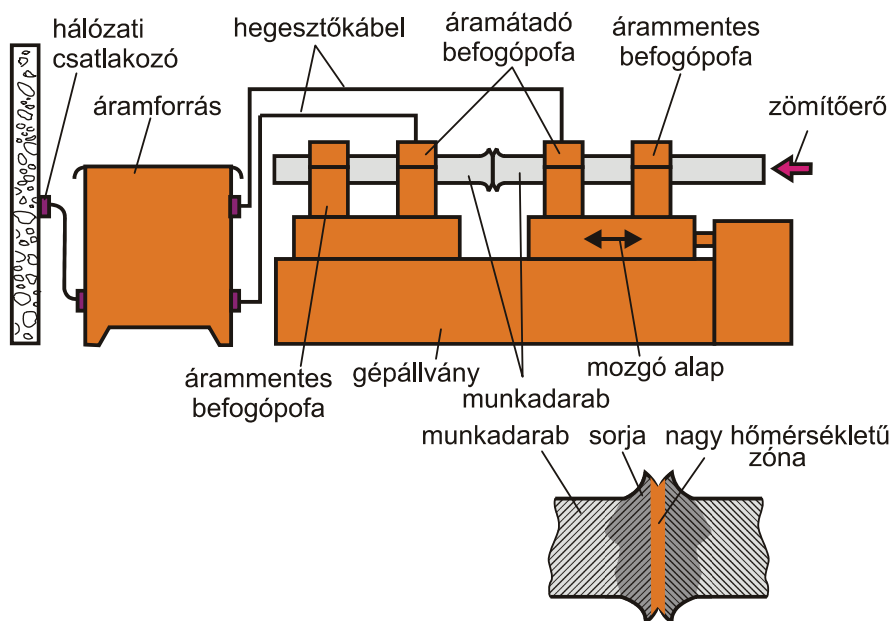
1.19. ábra
Ellenállás-dudorhegesztés

A **23-as számjelű ellenállás-dudorhegesztésnél** – az ellenállás-ponthegesztéstől eltérően – az elektrodáknak csak két feladatot kell ellátni: a nyomóerő közvetítését és az áram hozzávezetését. A harmadik feladatot – az

1. Hegesztés és rokon eljárások

áram koncentrációját – a munkadarabok természetes vagy mesterséges alakja (dudora) teljesíti. **Természetes dudorú ellenállás-dudorhegesztés**re jellemző példa: keresztezett huzalok hegesztése (1.19/a. ábra), kör keresztmetszetű anyagok lemezekhez hegesztése palástfelületük mentén. **Mesterséges dudorú ellenállás-dudorhegesztés** során minden – rendszerint előzetes képlékeny alakítással (alakmélyítéssel) létrehozott – dudornál egy-egy pontvarrat képződik (1.19/b. ábra). Ez tulajdonképpen két elektróda között megvalósuló kétoldali sokpontos ellenállás-ponthegesztés. Megkülönböztetik a **231-es számjelű egyoldali** és a **232-es számjelű kétoldali ellenállás-dudorhegesztést**.

Ellenállás-tompahegesztéseknél (1.20. ábra) a rúd- vagy csőszerű anyagokat érintkezésbe kerülő homlokfelületük mentén – áramátvezetés révén – felhevítik, majd tengelyirányú erőhatással összezőmítik. A felületeken meglévő vagy hevítés során keletkező szennyeződések, oxidok sorjába nyomása érdekében kellően nagy mértékű alakítást kell alkalmazni.



1.20. ábra
Ellenállás-tompahegesztés

A **24-es számjelű leolvasztó ellenállás-tompahegesztések** közül a **241-es számjelű előmelegítéssel leolvasztó ellenállás-tompahegesztés**kor az áramra kapcsolt darabokat összenyomják, majd bizonyos idő elteltével eltávolítják. A következő összeérintésig eltelt idő alatt a fejlődött hő terjedése révén felmelegíti a felülettől távolabbi anyagrészeket is. Ezt a ciklust néhányszor megismétlik, majd a **242-es számjelű folyamatosan leolvasztó ellenállás-tompahegesztés** szerint a

1. Hegesztés és rokon eljárások

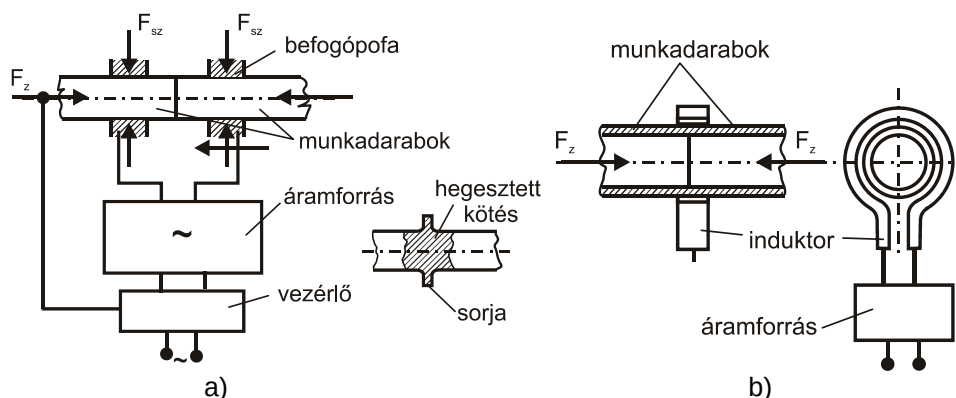
darabokat összehegesztik. Az eljárásváltozatot edződésre hajlamos anyagok hegesztésére, illetve az összehegesztendő keresztmetszetekhez képest kicsi hegesztőgép-teljesítmény esetén alkalmazzák.

A **242-es számjelű előmelegítés nélküli leolvasztó tompahegesztések** közül:

- a **folyamatosan leolvasztó ellenállás-tompahegesztés** során a felhevítést és a szennyezőeltávolítást helyileg képződő elektromos ívek segítik elő, a felületi réteg leolvasztása mellett;
- a **vibrációs leolvasztó ellenállás-tompahegesztés**kor az egyik munkadarabot a rögzítettéhez képest rezgetik (frekvencia = 3–35 Hz; amplitúdó = 0,3–1 mm). A vibráció következtében változik a munkadarabok érintkezési felületének nagysága, illetve ennek hatására az áramerősség is. A felületelőkészítő leolvasztás tehát impulzusszerű áramprogrammal, vékony rétegben nagy felületen is végbemegy, kisebb fajlagos energiafelhasználás mellett.

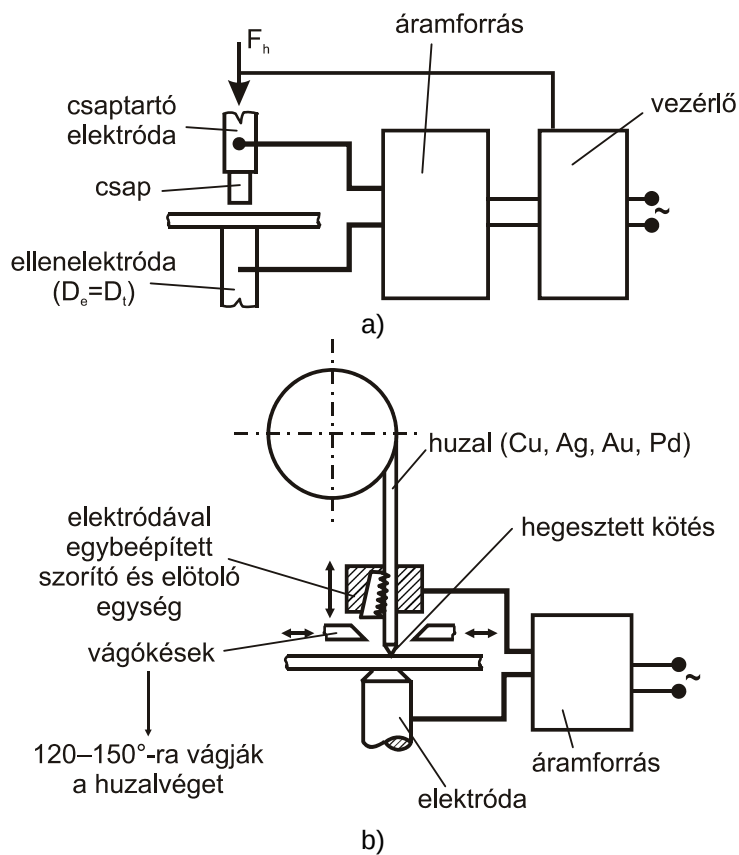
A **25-ös számjelű zömítő ellenállás-tompahegesztés (1.21/a. ábra)** folyamán a munkadarabokat homlokfelületükönél összenyomva, majd rajtuk áramot átvezetve a fejlődő hő és az erőhatás együttesen nagyfokú képlékeny alakítást hoz létre, ami kohéziós kapcsolatot teremt a két anyag között. A felületi szennyeződések sorjába nyomása csak kisebb keresztmetszeteknél lehetséges.

A **74-es számjelű indukciós hegesztések** további változata a **741-es számjelű indukciós tompahegesztés** vagy **tekercsinduktoros ellenállás-tompahegesztés (1.21/b. ábra)**, melynek során az összenyomott munkadarabokban az illesztési felületekhez képest szimmetrikusan elhelyezett, 2–10 kHz frekvenciájú árammal táplált, tekercs alakú induktorral körbevéve örvényáramok gerjeszthetők a hegesztés helyén. Az örvényáramok által létrehozott nagy áramsűrűség felhevíti az érintkező felületek menti keskeny zónát, majd ezen anyagrészek zömítésével kialakul a hegesztett kötés.



1.21. ábra
Ellenállás-tompahegesztés eljárásváltozatai

A **78-as számjelű csaphegesztések** közé sorolható **782-es számjelű ellenállás-csaphegesztés (1.22/a. ábra)** egy olyan különleges dudorhegesztés, melynél az áramkoncentrációt a felhegesztendő csap megfelelően kiképzett homlokfelülete eredményezi. A nyomóerő közvetítését és az áram hozzavezetését a csaptartó, illetve az ellenelektroda teszi lehetővé. A dinamikus igénybevételre szánt csapokat előzetesen kimunkált furatokba hegesztik.

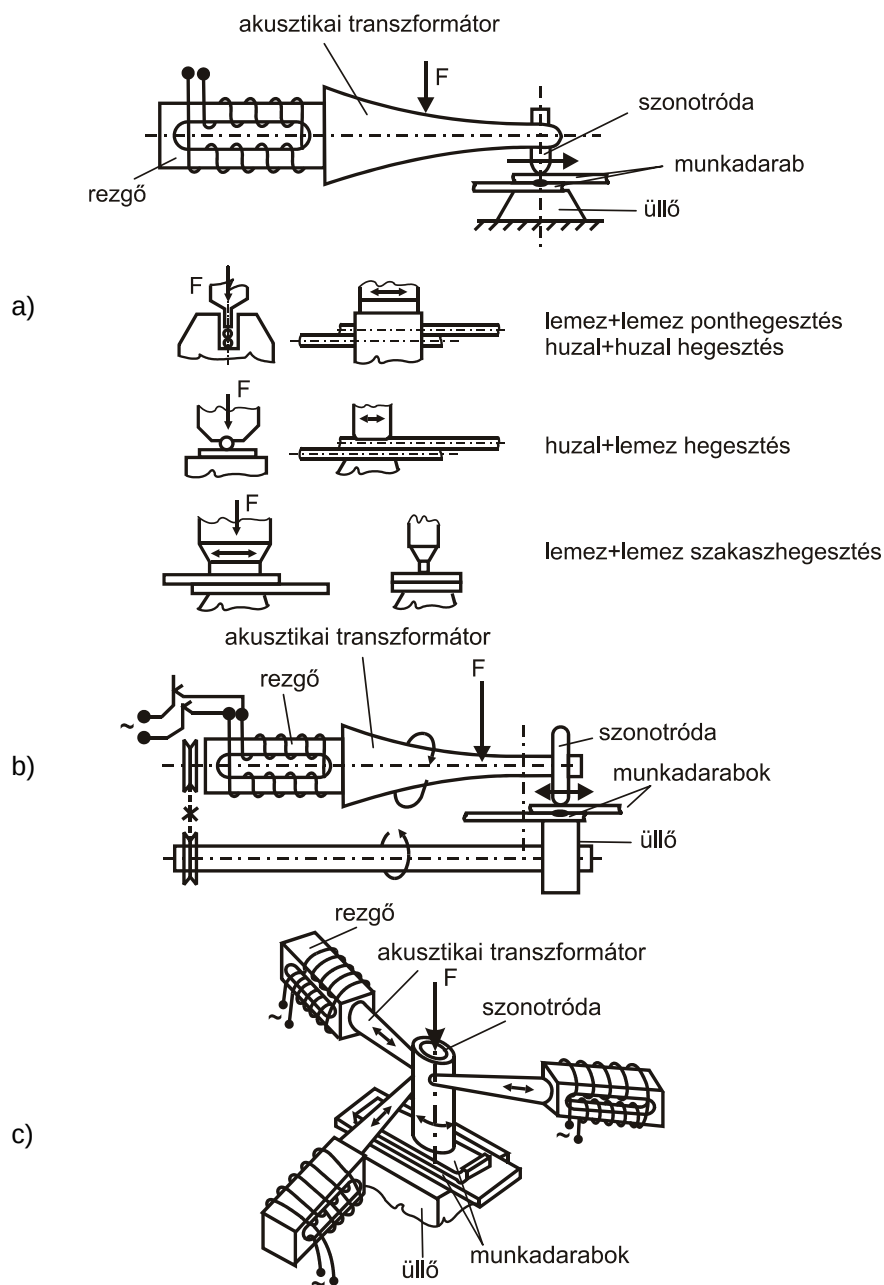


1.22. ábra

Ellenállás-csaphegesztés eljárásváltozatai

Tekercselt huzalból előtoló egység segítségével termelékenyen lehet kontaktusokat felhegesztetni különböző anyagminőségű alaplemezekre az **ellenállás-huzalhegesztéssel (1.22/b. ábra)**.

1. Hegesztés és rokon eljárások

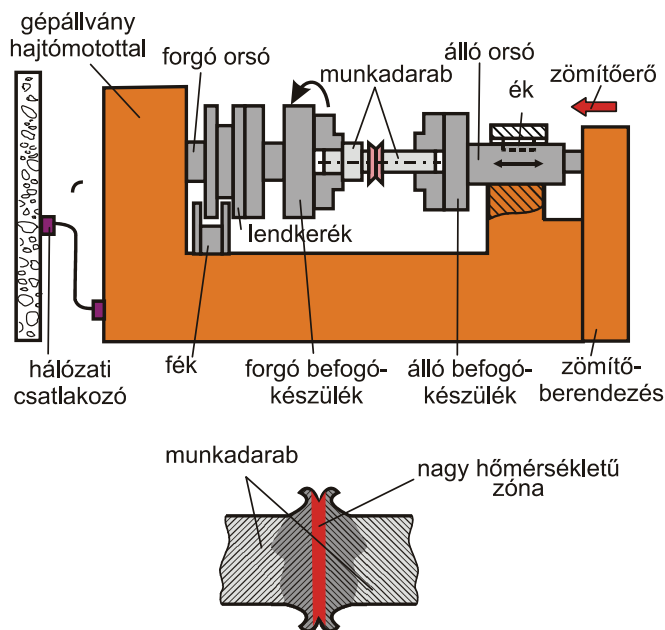


1.23. ábra
Ultraszónikus hegesztés eljárásváltozatai

A **41-es számjelű ultrahangos hegesztések** közé tartozó **ultrahangos ponthegeztés (1.23/a. ábra)** során a magnetostrikciós hatással keltett ultrahang akusztikai transzformátorral megnövelt amplitúdójú ($5\text{--}35\text{ }\mu\text{m}$) rezgőmozgását ($15\text{--}60\text{ kHz}$) szonotródával az átlapoltan illesztett darabok közül a vékonyabbra ($0,005\text{--}3\text{ mm}$) közvetítik. A sajtoló erőt ($2000\text{--}4000\text{ N}$) is közvetítő szonotróda ezzel a darabbal együtt rezegve ($0,1\text{--}3\text{ s}$ -ig) hegesztett kötést hoz létre. Lehetőség van azonos vagy eltérő anyagminőségű lemezek és huzalok ($0,01\text{--}0,5\text{ mm}$ átmérővel) összekötésére.

Az **ultrahangos vonalhegeztés (1.23/b. ábra)** folyamatossá tett ponthegeztés, amelyenél a tárcsakiképzésű, folyamatos forgómozgást végző szonotróda és üllő között áthaladó, átlapolt vékony lemezek között alakul ki a hegesztett kötés.

Ultrahangos körhegeztéskor (1.23/c. ábra) a cső alakú szonotróda tengelye körüli alternáló mozgását három – akusztikai transzformátorral ellátott – rezgő végzi, és így a hegesztés során a szonotróda homlokfelületével közel megegyező méretű és alakú kötési zóna jön létre.



1.24. ábra
Dörzshegesztés

A **42-es számjelű dörzshegesztések** legismertebb változatánál, a **hagyományos dörzshegesztéskor** vagy **dörzs-tompahegesztéskor (1.24. ábra)** a két összekötendő forgásszimmetrikus darabot (rúd, cső) összenyomott állapotban egymáshoz képest elmozdítják. Amikor a felület egészére kiterjedt a tisztítás és a

1. Hegesztés és rokon eljárások

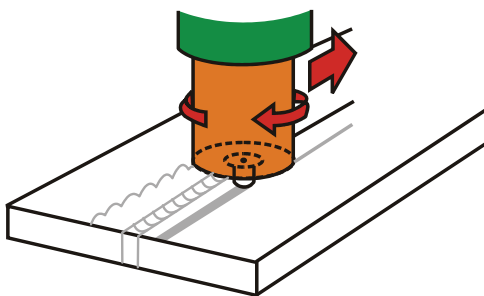
gerjesztés, a forgást gyorsan leállítják és a darabokat összesajtolják, mert csak így készíthető a két anyag között jó minőségű kötés.

Ha az előmelegítés („dörzsölés”) idejét állítják be, akkor **idővezérléses**, ha az előmelegítés során – az összeszorító erő hatására – létrejövő zömölés („rövidülés”) mértékét állítják be, akkor **útvezérléses** dörzshegesztésről van szó. A forgás és a zömölés következtében jellegzetes formájú sorja képződik, ami – ha szükséges – a kötés gyengülése nélkül utólag lemunkálható.

A hagyományos dörzshegesztés két hátrányát – nevezetesen azt, hogy a hajtómotor áramfelvétele nagy, illetve a forgatás gyors leállítása megbízható és erős fékrendszert igényel – a **lendkerékes dörzshegesztés** küszöböli ki. A lendkeréket a szükséges energiát eredményező maximális fordulatszámra felpörgetik, majd ezt követően a hajtómorról lekapcsolják. A lendkerékkel együtt forgó befogott munkadarabot az álló vagy ellentétes irányban megforgatott darabhoz szorítják. Az összenyomáskor keletkező fékezőnyomaték csökkenti a lendkerék fordulatszámát, azaz a munkadarab látja el a fék szerepét. Előfordulhat, hogy a forgás leállásáig az állandóan elnyíródó kötés a kis fordulatszám miatt már nem tud tökéletesen újraképződni, ezért egyes esetekben a kritikusnak tekinthető fordulatszámnál a hagyományos eljáráshoz hasonlóan lefékezik a forgást. Ezek alapján tehát megkülönböztetünk **teljes energiával** vagy **részleges energiával dolgozó lendkerékes dörzshegesztést**.

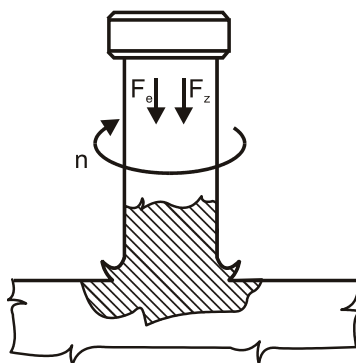
Rezgő dörzshegesztésnél az összekötendő anyagdarabokat állandó összenyomás mellett nagy relatív sebességkülönbséget eredményezően kis amplitúdóval rezgetik. A fejlődő hő, a felületi nyomás és a megfelelő időpontbani fékezés együttes hatására kohéziós kötés jön létre a két anyag között.

A **keverő** (kavaró) **vagy lineáris dörzshegesztés**kor (1.25. ábra) egy forgó, kopásálló anyagból készített alakos (csapszerű) szerszám és a tompán illesztett, szilárd alátétre lefoglott lemezek között képződő súrlódási hőt hasznosítják. A szerszám először lassan, nagy erővel a két lemez kötési övezetébe merül, majd beindul a hosszirányú eltolás. A szerszám az összekötendő anyagokat (könnyű- és színesfémeket) meglágyítja, megkeveri, majd a csap menti válla révén a felületet tömöríti és elsimítja. Ilyen módon az alapanyagok megolvadása nélkül jön létre hegesztett kötés.



1.25. ábra
Keverő vagy lineáris dörzshegesztés

A **788-as számjelű dörzs-csaphegesztés (1.26. ábra)** során a felhegesztendő csapot forgatás közben hozzányomva az alaplemezhez, a súrlódási hő felmelegíti az érintkezési felületekhez közeli anyagrészeket, miközben a felületi szennyeződések is elroncsolódnak, elősegítve a felülettisztulást, illetve a felületaktiválást. A felületközeli anyagrészek közös képlékeny alakváltozása hatására a két darab között részlegesen kohéziós kötés alakul ki, amely azonban a relatív elmozdulás miatt folytonosan elnyíródik. Ez a jelentős energiabefektetést igénylő folyamat számottevő hőfejlődést eredményez, ami felmelegíti a felületközeli anyagrészek nagyobb térfogatát. Amikor a felületek teljes egészére kiterjed a kapcsolat, a relatív elmozdulást (forgást) igen gyorsan leállítják, majd a csapot tengelyirányú zömítéssel rányomják az alaplemezre.



1.26. ábra
Dörzs-csaphegesztés

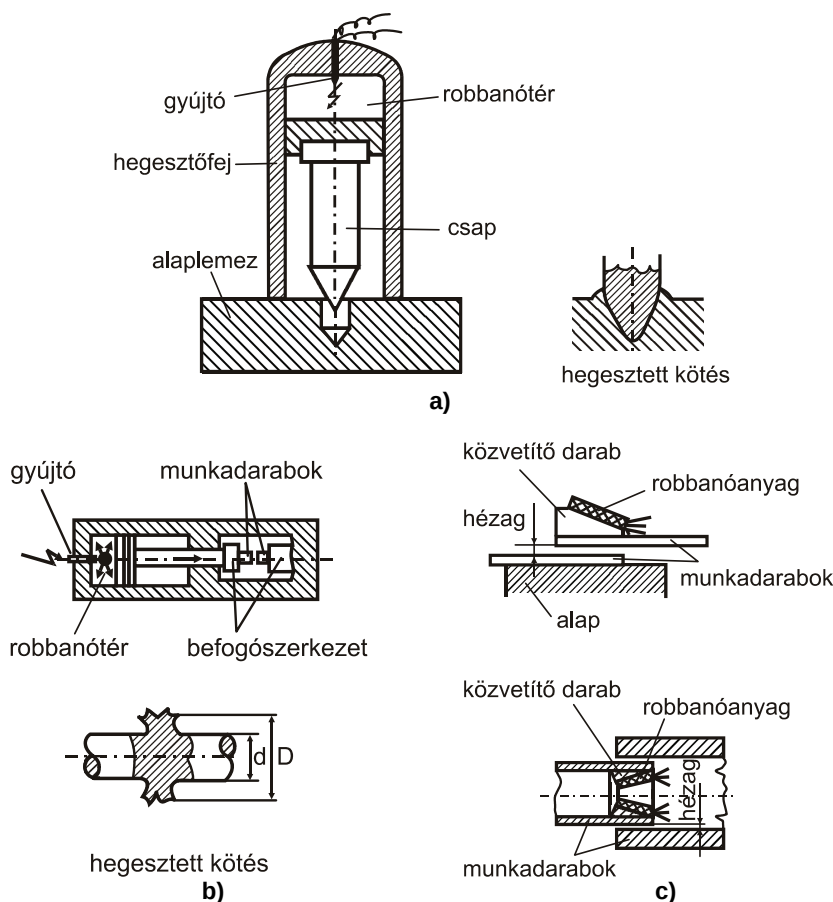
A **44-es számjelű, nagy mechanikai energiával megvalósuló hegesztések** egyik csoportja a **441-es számjelű robbantásos hegesztések**, amelyek közül a **robbantásos csaphegesztés (1.27/a. ábra)** során a felhegesztendő csap és az alaplemez közötti kohéziós kapcsolat kialakulását lehetővé tevő dinamikus erőhatást és megfelelő mértékű képlékeny alakváltozást az alkalmazott robbanóanyag detonációjakor fellépő lökéshullám váltja ki. Jó minőségű kötés létrejöttét a csap homlokfelületének, illetve az alaplemez furatának célszerű kialakításával lehet elősegíteni.

Robbantásos tompahegesztéskor (1.27/b. ábra) a tömör, rúdszerű munkadarabokat homlokfelületükönél – egy robbanótérben előidézett detonáció révén – nagy erőhatással, illetve nagy alakítási sebességgel összenyomják. Az anyagminőségtől és felületállapottól függő mértékű ε alakváltozást létrehozva a két anyagdarab között hegesztett kötés jön létre. Az eljárás alkalmas kör, négyszög, esetleg más keresztmetszetű, rúdszerű munkadarabok összehegesztésére, ha a szükséges mértékű alakítást ($\varepsilon = [(D^2 - d^2)/d^2] \cdot 100 \% > 200\%$) károsodás nélkül elviselik.

Robbantásos átlapoló hegesztésnél (1.27/c. ábra) az egymáshoz viszonyítva hézaggal, illetve átfedéssel illesztett munkadarabokat (lemezeket, csöveket)

1. Hegesztés és rokon eljárások

robbanóanyag alkalmazása révén nagy sebességgel felütköztetik, miközben egyidejűleg felületekre merőleges irányú nyomó- és felületekkel párhuzamos csúsztató feszültségek keletkeznek. A nyomófeszültségek szükségesek ahhoz, hogy a felületi atomok rácsparaméternyi távolságra kerüljenek. A csúsztató feszültségek képlékeny alakítás révén eredményezik az érintkező fémrészek kristályrács-orientációjának megfelelő beállítását, illetve a kohéziós kötés feltételeinek kialakulását.



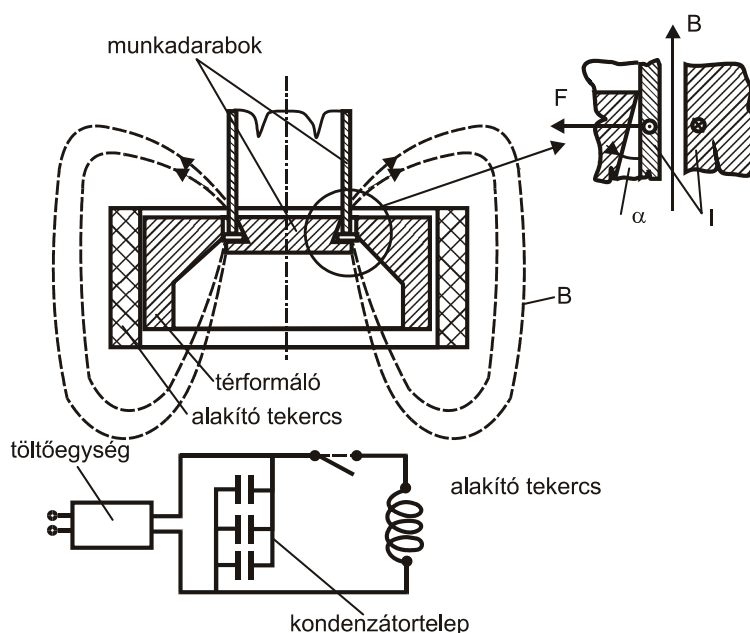
1.27. ábra

Robbantásos hegesztés eljárásváltozatai

A **mágnesimpulzusos hegesztés** (1.28. ábra) folyamán az 1–2 mm átmérőjű rézhuzalból készített alakító tekercseken keresztül egy kondenzátortelepet sütnék ki. A tekercseken átfolyó nagy erősségű áram (I) térformáló hatása a hegesztési helynél igen nagy mágneses indukciót (B) hoz létre. A hegesztendő

1. Hegesztés és rokon eljárások

munkadarabban indukált áram és a mágneses tér egymásra hatása következtében radiális irányú erőhatás (F) jön létre. A kondenzátortelep rendkívül rövid időn belül végbemenő kisüléséből adódó dinamikus erőhatás a munkadarabokat a robbantásos hegesztéshez hasonlóan összeütközteti, és a felület menti anyagrészek képlékeny alakváltozása következtében hegesztett kötés alakul ki.

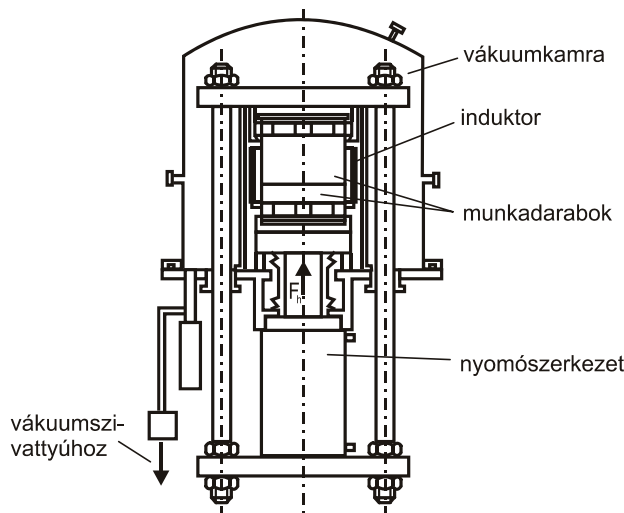


1.28. ábra
Mágnesimpulzusos hegesztés

A **45-ös számjelű diffúziós hegesztés (1.29. ábra)** során az összekötendő anyagokat (különleges fémek, fémkombinációk, fém–kerámia párok) összenyomott állapotban, vákuumban (esetleg védőgáz atmoszférában) felhevítik olvadáspont közelében hőmérsékletre ($T_{\text{heg}} = [0,7-0,8] \cdot T_{\text{olv}}$). A nagy hőmérséklet és nyomás egyidejű hatására – a pontszerűen érintkező felületi anyagrészeknél – tartósfolyás (kúszás) lép fel, amelynek hatására a munkadarabok mind nagyobb felületen érintkeznek egymással. Amikor a felületi atomok – melyek a képlékeny alakváltozás és a hőmérséklet hatására gerjesztett állapotban vannak – a rácsparaméternek megfelelő távolságra kerülnek, a kölcsönös elektroncsere, majd a végbemenő diffúzió (atomcsere) révén hegesztett kötést eredményeznek.

A diffúziós hegesztés különlegessége abban rejlik, hogy alkalmas acélok és nemvas fémek mellett különleges fémes anyagok, fémkombinációk összehegesztésére, sőt fém–kerámia kötés létrehozására is. Közbenső anyagokat alkalmaznak egyes fémkombinációknál, ha a két anyag kölcsönösen nem oldja egymást, vagy ha rideg, illetve korrózióra hajlamos fázis jönne létre.

1. Hegesztés és rokon eljárások



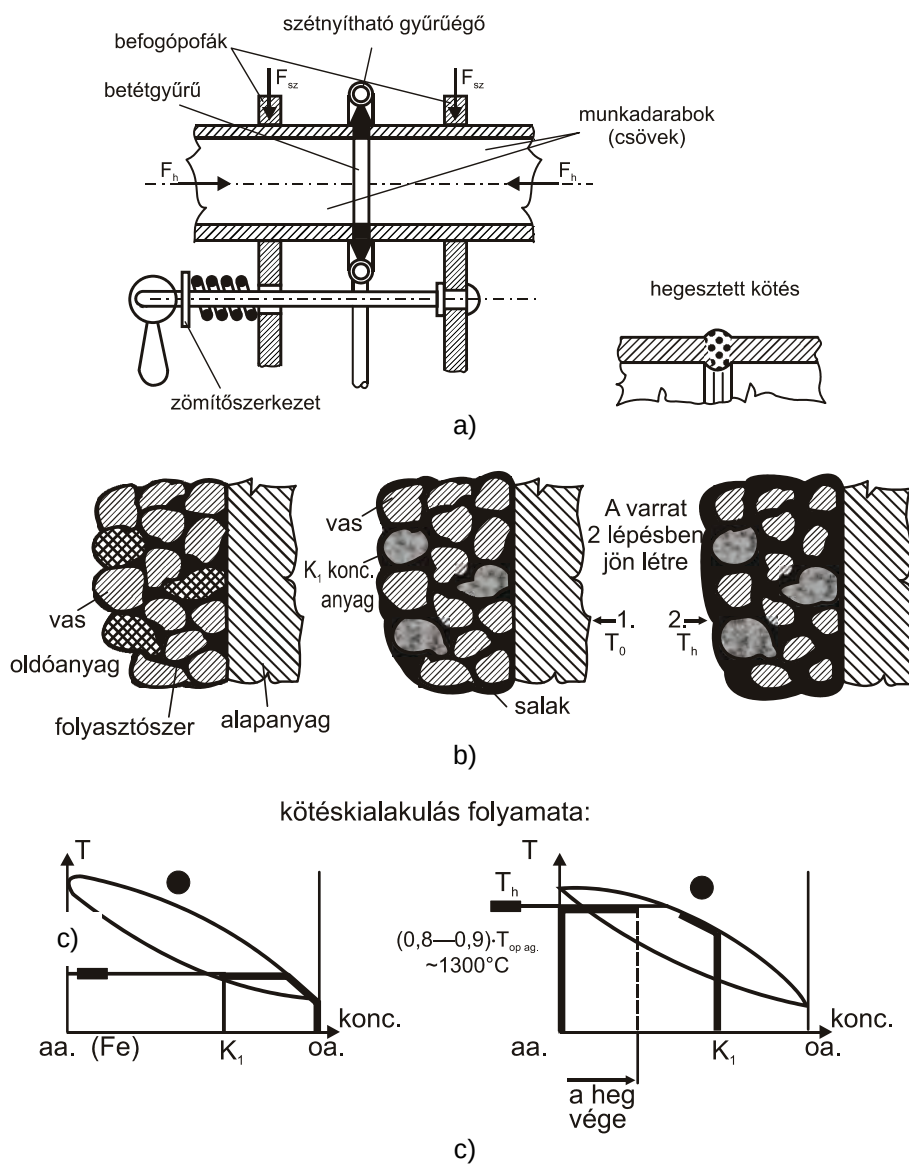
1.29. ábra
Diffúziós hegesztés

Oldóhegesztéskor (1.30. ábra) a hozaganyagként szolgáló betétgyűrűt – ami kb. 92–93% vasporból, Mn-ötvözet oldóanyagból és folyasztószerből álló porkohászati termék – a két összekötendő (vékony falú, kis átmérőjű) cső homlokfelülete közé helyezik. Állandó nyomás mellett, nyitható gyűrűégővel melegítve a hegesztés helyét a kölcsönös oldódás hatására alakul ki a hegesztett kötés, a következő folyamatok révén:

- T_0 hőmérsékleten az oldóanyag (oa.) megolvad, és elkezd vasat (alapanyagot) oldani, majd a K_1 koncentrációnál a hegesztett kötésbe dermed;
- T_h hőmérsékleten az alapanyag (aa.) oldja az oldóanyagot, majd az ötvözet kezd megolvadni, így a teljes megolvadás előtt kell befejezni a hegesztést.

Az oldóhegesztéshez hasonlóan állapotábrák (egyensúlyi diagramok) szerinti folyamatokon alapuló **sajtoló ékhegesztés** során az ék alakúra ($15\text{--}30^\circ$) kiképezett végű, nagyobb olvadáspontú anyagot (pl. Cu) erőhatással belenyomják a kisebb olvadáspontú, felhevített anyagba (pl. Al). A hevítéssel elért hegesztési hőmérséklet mindkét anyag olvadáspontjánál kisebb, de az általuk alkotott eutektikum olvadáspontjánál nagyobb. A két anyag egyre nagyobb felületen fémes érintkezésbe kerül, mivel a felhevített anyag alakítási szilárdsága jelentősen kisebb. A hidegebb anyag ék alakú felszíne felmelegszik, majd kölcsönös diffúzió indul meg, aminek eredményeként eutektikus összetételű ötvözetzóna jön létre. Mivel ennek hőmérséklete nagyobb az olvadáspontjánál, az meg is olvad, de a hidegebb anyag hőelvonása következtében viszonylag gyorsan megdermed, hegesztett kötést eredményezve.

1. Hegesztés és rokon eljárások



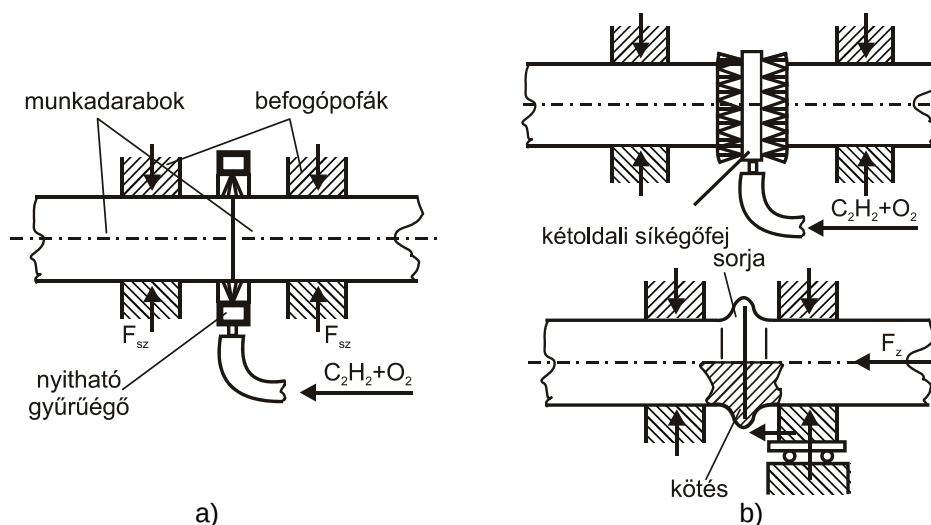
1.30. ábra
Oldóhegesztés

A 47-es számjelű sajtoló gázhegesztések közül a **zárt résű sajtoló gázhegesztés** (1.31/a. ábra) során a rés nélkül illesztett, üreges munkadarabok érintkezési felületeit nyitható gyűrűégővel – acetilén és oxigén gázkeverékből

1. Hegesztés és rokon eljárások

képezett lánggal – felhevítik, majd anyagi minőségtől függő nyomással összezömítik.

Nyitott résű sajtoló gázhegesztéskor (1.31/b. ábra) a tömör munkadarabok közötti résbe helyezett kétoldalas sík égőfejjel az összekötendő felületeket melegalakítási hőmérsékletre felhevítik. Ezután az égőfejet eltávolítják, és megfelelő nyomással a darabokat összesajtolják.



1.31. ábra

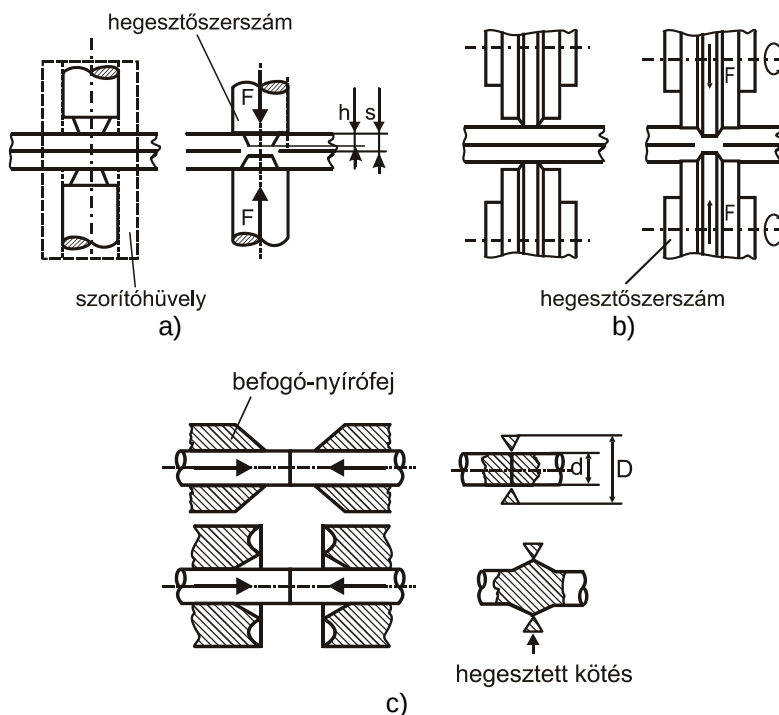
Sajtoló gázhegesztés eljárásváltozatai

A **48-as számjelű hidegsajtoló hegesztések** közül a **hidegsajtoló ponthegeztés (1.32/a. ábra)** során az átlapoltan illesztett lemezszerű munkadarabokat nagymértékű – anyagminőségtől függően $\varepsilon = 35\text{--}90\%$ – koncentrált képlékeny hidegalakítással összesajtolják, miközben jelentős felkeményedés jön létre, aminek szilárdságnövelő hatása bizonyos esetekben kedvező lehet.

Hidegsajtoló hegesztéssel azok az azonos vagy eltérő fémes anyagok hegeszthetők össze, amelyek a szükséges alakítást károsodás nélkül elviselik, miközben a felületi szennyezőrétegük felszakad. Jellemzően nem teherviselő kötések, hanem jó áram- és hővezető kontaktusok létrehozására alkalmazzák.

Hidegsajtoló vonalhegesztéskor (1.32/b. ábra) két tárcsakiképzésű, nagy helyi alakváltozást biztosító forgó hegesztőszerszám között, a hidegsajtoló ponthegeztés körülményeinek megfelelően folyamatos vonalvarrat képződik.

Hidegsajtoló tompahegesztésnél (1.32/c. ábra) tömör, rúdszerű anyagokat homlokfelületük mentén összenyomva és ott az anyagminőségtől, mérettől, illetve felületállapottól függő mértékű ($\varepsilon = [(D^2 - d^2)/d^2] \cdot 100\% = 150\text{--}350\%$) alakváltozást létrehozva alakul ki kohéziós kötés.



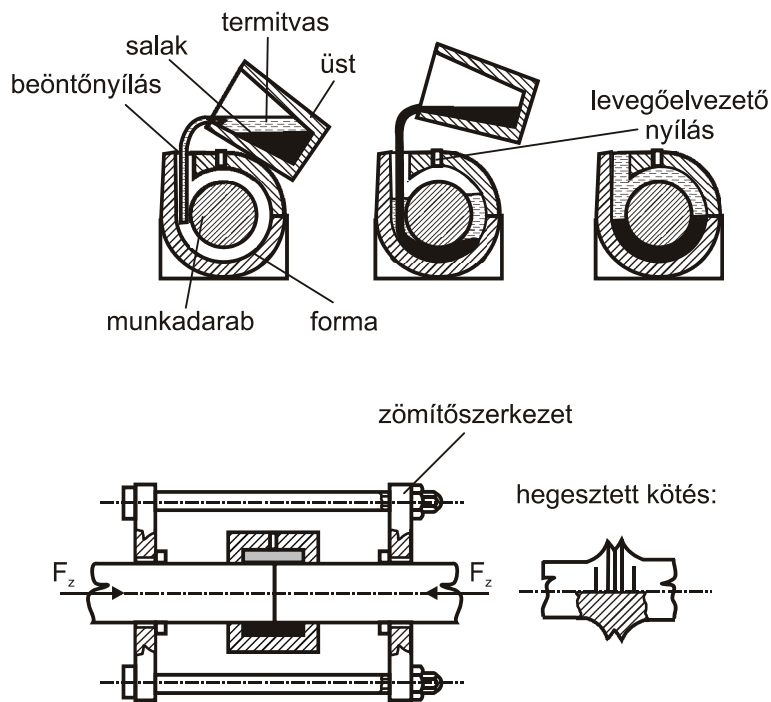
1.32. ábra

Hidegsajtoló hegesztés eljárásváltozatai

A **71-es jelű sajtoló termithegesztés** (1.33. ábra) során a termitporból termitreakcióval ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3 + 759,9 \text{ kJ}$) előállított nagy hőmérsékletű reakciótermékek (2400 °C-os termitvas = 2Fe + folyékony salak = Al_2O_3) hőtartalmával felhevített munkadaraboknak célszerűen kialakított zömítőszerkezettel végrehajtott melegsajtolása eredményeképpen alakul ki a hegesztett kötés.

Az ömlesztő eljárásváltozattal ellentétben itt a reakciótermékeknek csak a hőtartalmát hasznosítják, a termitvas mint hozaganyag nem vesz részt a kötésképzésben. Még akkor sem tekinthető a termitvas hozaganyagnak, ha a munkadarabokhoz hozzákötött, sorjaszerűen elhelyezkedő anyagot utólag nem távolítják el.

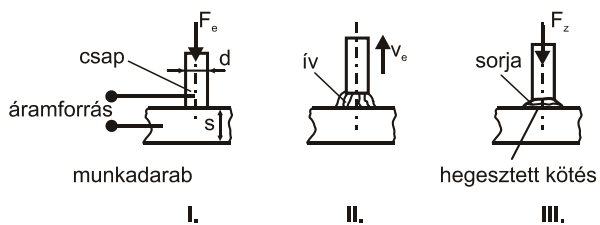
1. Hegesztés és rokon eljárások



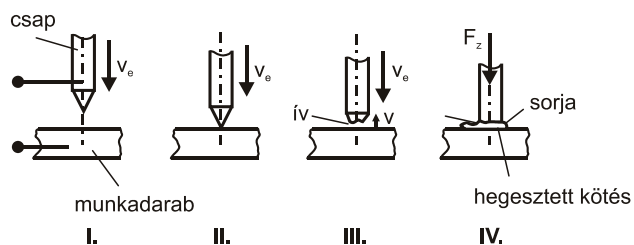
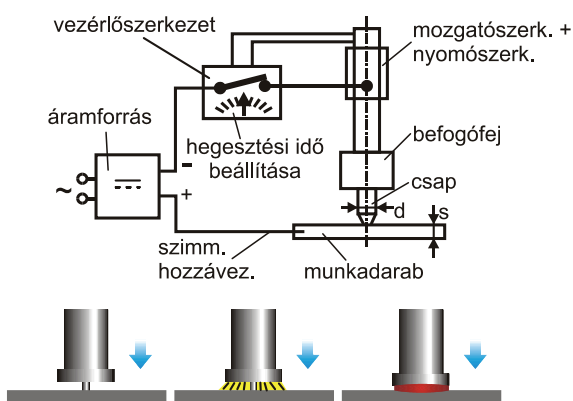
1.33. ábra
Sajtoló termithegesztés

A **sajtoló ív-csaphegesztések** közül a **784-es számjelű rövid ciklusú ívhúzásos csaphegesztések**nél (1.34/a. ábra) a felhegesztendő csapot – arra alkalmas készülékben rögzítve – hozzá kell nyomni a munkadarabhoz, majd ezt követően – közvetlenül vagy kondenzátortelep kisütése (785-ösnél) révén – áramot átvezetve, az érintkező felületek mentén intenzív hőfejlődés indul meg. Bizonyos idejű rövidzárlat után a csapot eltávolítva a munkadarabtól elektromos ív jön létre, aminek hatására a csap homlokfelülete és az alatta lévő munkadarab-felület megolvad. Ezután a csapot a munkadarabhoz nyomják, miközben kikapcsolják az áramot. A zömítés során a megolvadt anyagrész teljesen kinyomódik, és a szilárd halmazállapotú felhevített anyagok lokális képlékeny alakváltozása révén alakul ki a hegesztett kötés.

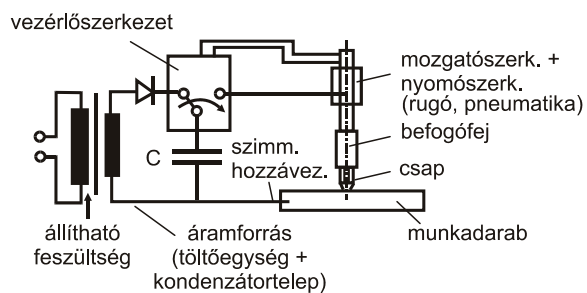
1. Hegesztés és rokon eljárások



a)



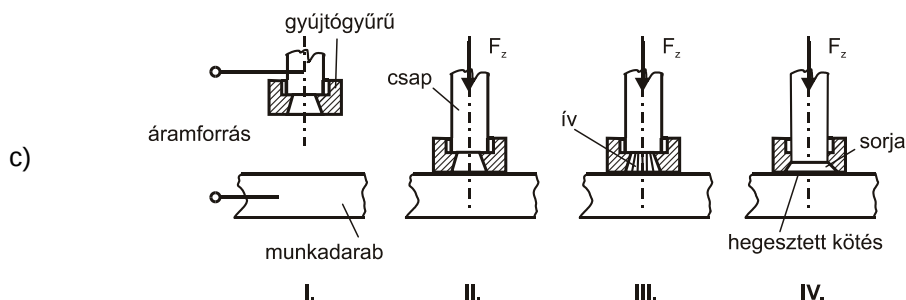
b)



1.34. ábra (I.)

Sajtoló ív-csaphegesztések eljárásváltozatai

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.34. ábra (II.)

Sajtoló ív-csaphegesztések eljárásváltozatai

A **786-os számjelű kondenzátorkisülékes gyújtócsúcsos csaphegesztés (1.34/b. ábra)** során az összehegesztendő anyagokat (csapot, illetve alaplemezt) feszültség alá helyezik, majd a csapot meghatározott sebességgel közelítik az alaplemez felé. A felütközés pillanatában megkezdődik a kondenzátortelepből álló áramforrás kisülése. A fejlődő hő a csap csúcsát megolvasztja, illetve elgőzölögteti. A csap csúcsának leolvadási sebessége nagyobb, mint a közelítési sebessége, ezért ív képződik. A leolvadási sebesség a leolvadó keresztmetszet növekedése miatt egyre csökken. Azt követően, hogy a két sebesség azonossá válik, az ív egyre rövidebb lesz, majd bekövetkezik a zömítés, miközben kikapcsolják az áramot.

A **783-as számjelű kerámia gyújtógyűrűs ívhúzásos csaphegesztéskor (1.34/c. ábra)** a csap végére egy gyújtógyűrűt helyeznek el, majd hozzányomják az alaptesthez, és bekapcsolják az áramot. Az áramátfolyás – amely a gyújtógyűrűn megy végbe – hatására hő fejlődik, és a felhevülő gyújtógyűrű emissziós és ionizációs hatására ív képződik. A hőhatás megolvasztja az összehegesztendő felületeket, és az ív addig ég, amíg a gyűrű csaptámasztó pereme ellen tud állni a csap nyomóhatásának. Amikor a perem megrogyan, a csap az alaptesthez nyomódik – miközben az áramot kikapcsolják – és a végbemenő zömítés hatására létrejön a kötés. Az alkalmazott gyújtógyűrű szinterelt termék, mely létrehozza és stabilizálja az ívet, a megolvasztott anyagrészeket védi a levegőtől, szabályozza a hegesztés idejét, és alakítja a sorját.

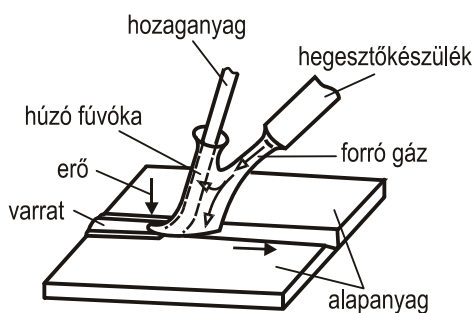
1.1.2. Polimerhegesztés

Polimerek vagy műanyagok hegesztésén hőre lágyuló műanyagok (PE, PP, PVC) kötését értjük hő- és erőhatás alkalmazásával, vagyis a műanyagok egyesítése melegsajtoló hegesztés. Ezért közvetlenül a fémekre jellemző sajtoló hegesztések után célszerű áttekinteni a műanyagok hegesztési eljárásait, lehetőséget adva az összehasonlításra is.

1. Hegesztés és rokon eljárások

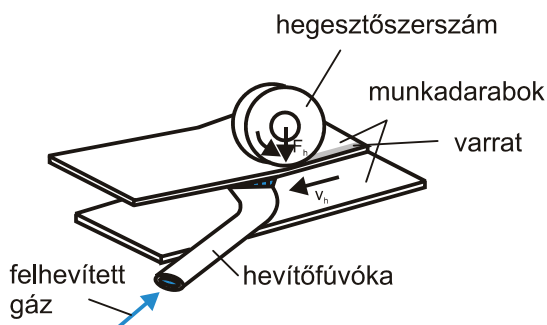
A hegesztés során – ami végezhető hozaganyag felhasználásával vagy anélkül – az összekötendő anyagok kapcsolódó felületeinek közvetlen környezetét hevítéssel lágy állapotba hozzák, majd sajtolóerővel zömítik, miközben az anyagdarabok láncmolekulái összekapcsolódnak. Az egyesítendő műanyagdaraboknak lágy állapotban közel azonos képlékenységgel, illetve viszkozitással kell rendelkezniük a követelményeknek megfelelő minőségű kötés kialakítása érdekében.

Forrógázos hegesztés (1.35. ábra) folyamán az egyesítendő felületeket, illetve a hozaganyagot felhevített gázzal melegítik lágyulási hőmérsékletre, majd kézzel vagy készülék segítségével – varratformáló erőhatással – létrehozzák a kötést.



1.35. ábra
Forrógázos hegesztés

Fóliahegesztéskor (1.36. ábra) a fóliákat átlapolják, a hegvarratot hevített fűtőszállal vagy forró gázzal előmelegített helyen gördülő szerszámmal, nyomás alatt hozzák létre.

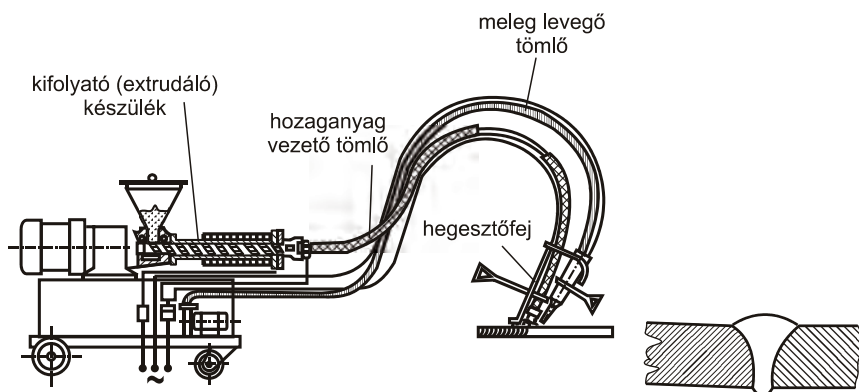


1.36. ábra
Fóliahegesztés

Kifolyató vagy extrúziós hegesztéskor (1.37. ábra) a pépes állapotra melegített granulátumot kifolyató (extrudáló) készülék és tömlő segítségével a

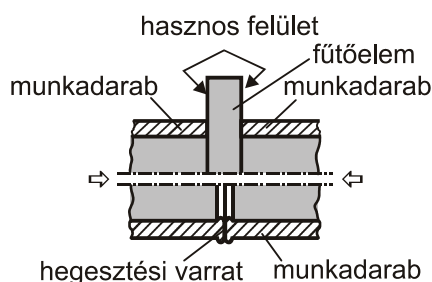
1. Hegesztés és rokon eljárások

hegesztés helyéhez juttatják, majd a meleg levegővel felhevített összehegesztendő élek és egy varratformáló lemez által határolt vájatba folytatják, biztosítva a szükséges nyomás kialakulását.



1.37. ábra
Kifolyató hegesztés

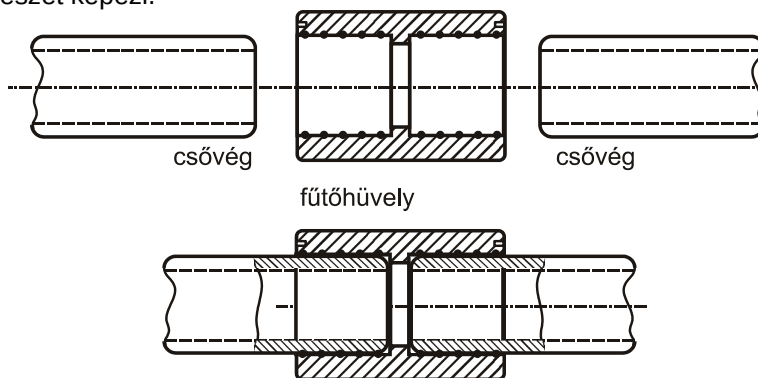
A **fűtőelemes hegesztés** során a hegesztési hőmérsékletre felhevített, az összehegesztendő darabok alakjától függő kialakítású, fém fűtőelemet közvetlenül (direkt) az összekötendő felületekhez nyomják (**1.38. ábra** felső része), vagy azoktól bizonyos távolságra (indirekt) tartják. A hővezetéssel vagy hősugárzással felhevített anyagokat a melegítési folyamat, illetve a fűtőelem eltávolítása után összenyomva és lehűtve létrejön a hegesztett kötés (**1.38. ábra** alsó része).



1.38. ábra
Fűtőelemes hegesztés

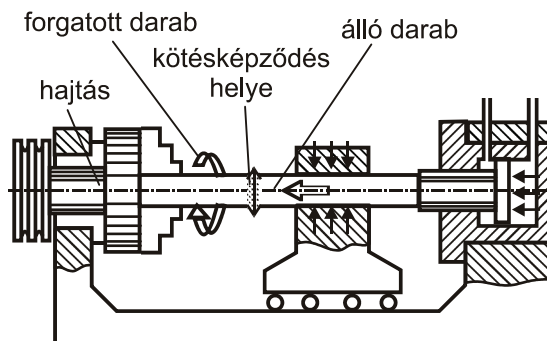
Fűtőhüvelyes vagy elektrofittinges (elektrofúziós) hegesztéskor (**1.39. ábra**) az összeillesztett csövekre egy a csövek anyagával megegyező minőségű hüvelyt (fittinget) helyeznek, melybe elektromos fűtőspirál van beépítve. Az áramkörbe kapcsolt fűtőszál révén megvalósuló felhevítés, majd az akadályozott zsugorodás miatti nyomás hatására hegesztett kötés alakul ki. Ennél az eljárásnál

– mely lényegében a fűtőelemes hegesztés egy speciális változata – a fűtőhüvely a kötés részét képezi.



1.39. ábra
Fűtőhüvelyes hegesztés

Dörzshegesztéskor (1.40. ábra) a két darabot összenyomott állapotban egymáshoz képest elmozdítják, miközben a felületek között fellépő súrlódás hő fejlődik. A hő képlékeny állapotba hozza az érintkező felületekkel határos anyagrészeket, majd megfelelő mértékű képlékeny alakváltozás után – leállítva a relatív mozgást – kialakul a hegesztett kötés.

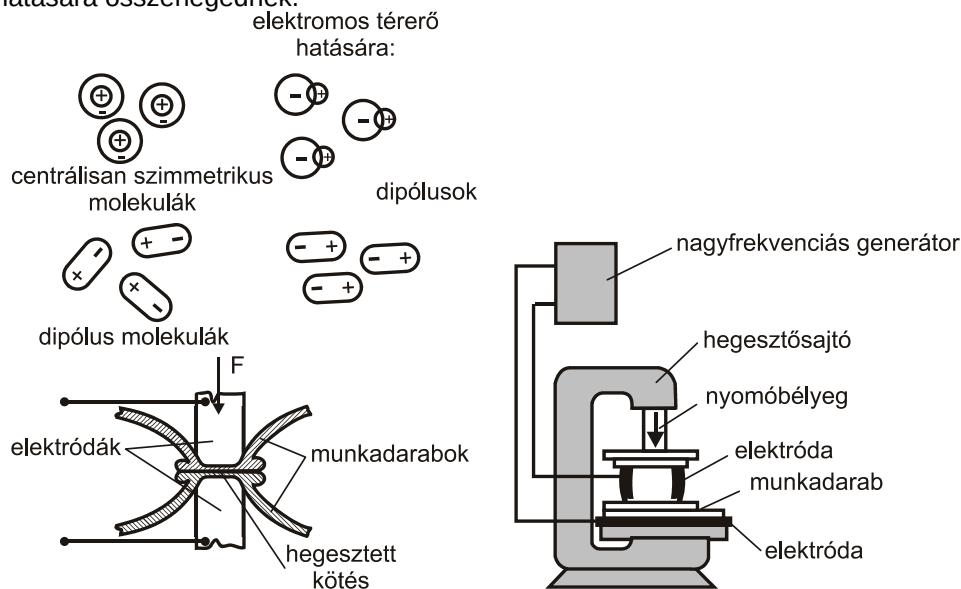


1.40. ábra
Dörzshegesztés

Nagyfrekvenciás hegesztés (1.41. ábra) során az elektromos erőterbe helyezett műanyag (pl. PVC) centrálisan szimmetrikus molekulái dipólusokká válnak és beállnak a térerősség irányába (eltolódási polarizáció), vagy a már eredetileg is dipólus molekulák irányítottsága megváltozik, ún. irányítási polarizáció megy végbe. Az elektromos térerő irányának megváltozása során a dipólusok befordulnak az új irányba, és a befordulás során az akadályozott mozgás – a belső súrlódás – révén energiavesztés jön létre, ami hővé alakul. A térerősség kellően

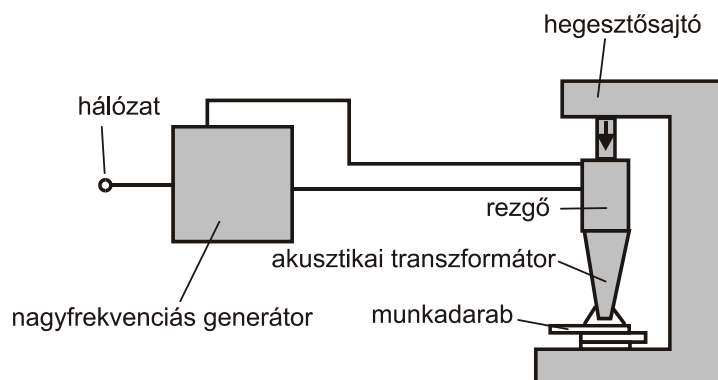
1. Hegesztés és rokon eljárások

nagy frekvenciája esetén a fejlődő hő képlékeny állapotba hozza az anyagokat, melyek az elektródák feladatait is ellátó sajtolószerszámok által kifejtett nyomás hatására összehegednek.



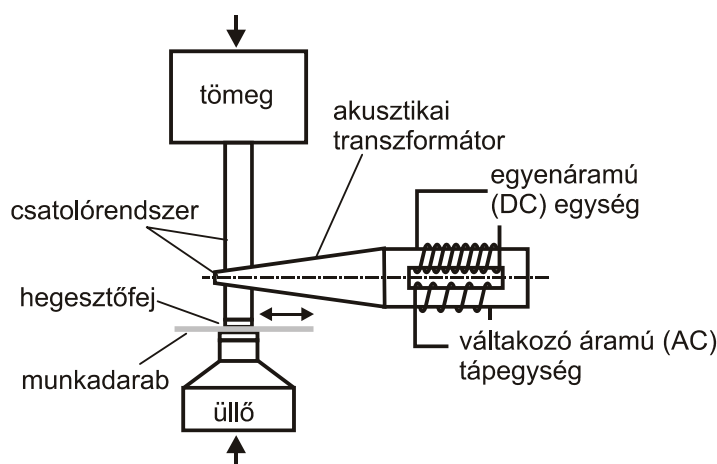
1.41. ábra
Nagyfrekvenciás hegesztés

Kontakt ultrahangos hegesztéskor (1.42. ábra) a nagyfrekvenciás, kis amplitúdójú mechanikai rezgést a hegesztési felületekre merőlegesen vezetik a műanyagba, ahol a belső súrlódás révén hő fejlődik. Az így meglágyuló műanyagok az állandóan ható nyomóerő hatására összehegednek.



1.42. ábra
Kontakt ultrahangos hegesztés

Projekciós ultrahangos hegesztésnél (1.43. ábra) a nagy frekvenciájú, kis amplitúdójú mechanikai rezgést a hegesztési felületekkel párhuzamosan vezetik a műanyagba, ahol a belső sűrűdésen kívül a felületek egymáson való külső sűrűdése is hőt fejleszt. A felületekre merőleges irányban ható nyomóerő révén alakul ki a melegen sajtolt kötés.



1.43. ábra
Projekciós ultrahangos hegesztés

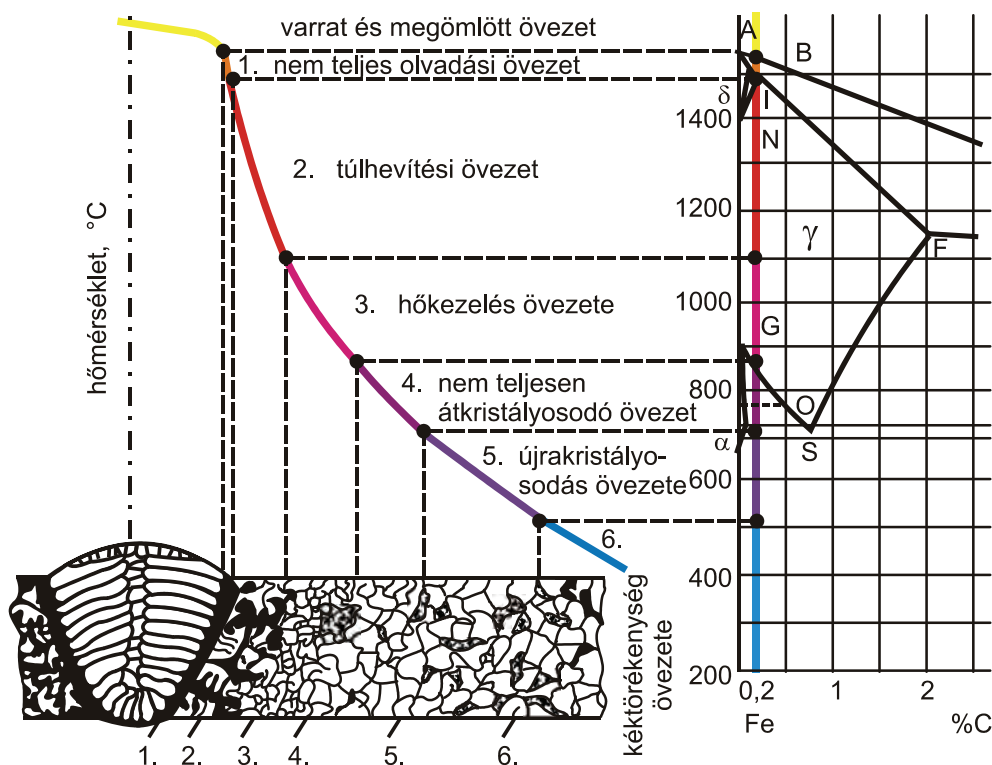
1.1.3. Ömlesztő hegesztés

Sajtolóerő alkalmazása nélküli ömlesztő hegesztés során a hőközlés hatására, vagyis a hőmérsékletnek a likvidusz hőmérséklet (olvadáspont) fölé emelésével helyileg – az összehegesztendő anyagok egy adott határfőzójára kiterjedően – homogén halmazállapotú olvadék (varratömledék) jön létre. A hőközlés megszüntetése után – hőelvezetés, hőátadás és hőkisugárzás hatására – az ömledék megdermed, és hegesztési varratot képez. A jól összehegesztett anyagok az ömledékből képződött varratban kristályrácsszerkezetüknek megfelelően összekapcsolódnak.

Az ömlesztő hegesztéssel kialakított kötés (varrat) szerkezete rendszerint heterogén, lényegében az öntött anyagok szerkezetének felel meg, azzal a különbséggel, hogy a kis térfogatú ömledék igen nagy sebességgel dermed meg, illetve hűl le a szomszédos nagy térfogatú szilárd és hideg(ebb) anyagrészek hűtőhatása (hőelvezetése) következtében. Fémek varratának szélén oszlopos kristallitok, közepén poligonális szemcsék képződnek, lehetőséget teremtve az oldott szennyezők kedvezőtlen dúsulására. Egyes eljárásoknál a hegesztés során képződő salaktakaró védi és szigeteli a lehűlő varratfőzót, így az oszlopos kristályok kiterjedésének, illetve a szennyezők dúsulásának kisebb a lehetősége.

1. Hegesztés és rokon eljárások

A varrat melletti ún. hőhatásövezetben az anyag hőkezelődik, pl. acélok esetében felhevül olyan szilárd oldatos állapotba, amelyből gyorsan lehűlve nem egyensúlyi szerkezetűvé válik (**1.44. ábra**). Az acéloknál jelentkező edződés (martenzitképződés) és az ezzel járó ridegedés, illetve repedésveszély kisebb karbon tartalmú anyagok alkalmazásával ($a_C \geq 0,25\%$ edzhetőségi feltétel nem teljesülésével) vagy előmelegítéssel ($v_{hűlés} > v_{krit}$ edzhetőségi feltétel nem teljesülésével) csökkenthető. A varrattól bizonyos távolságig a rekristallizációs hőmérsékletnél nagyobb hőmérséklet alakul ki, ami az anyag előzetes hidegalakításának mértékétől függően megváltoztathatja (kedvezőtlen esetben eldurvíthatja) a szemcseméretet.



1.44. ábra

Acélok ömlesztő hegesztéssel készített kötéseinek övezetei

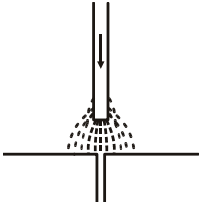
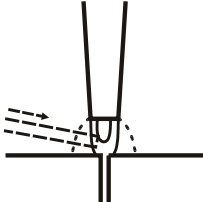
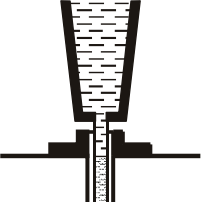
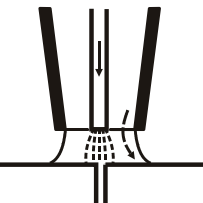
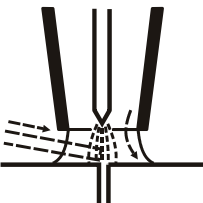
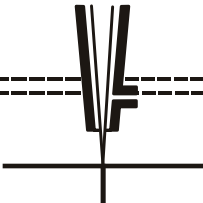
Az ömlesztő hegesztési eljárások technikai megvalósítása, elrendezése, azaz a mozgó hőforrás jellege és az ömledék környezetének védelme szerint megkülönböztethetők (**1.45. ábra**):

- fogyóelektrodás, önvédő eljárások, leolvadó bevont vagy töltött (porbeles) huzalelektrodával, fedőporral együtt adagolt huzal- vagy szalagelektrodával,

1. Hegesztés és rokon eljárások

külön gázvédelem nélkül, mivel a bevonat, portöltet vagy a fedőpor egyes alkotóiból fejlődik az önvédelmet biztosító védőgáz, illetve salak;

- fogyóelektródás, védőgázos eljárások, leolvadó tömör vagy töltött (porbeles) huzalelektródával, hozzávezetett semleges (inert) vagy aktív (oxidáló komponensű) gázvédelemmel;
- nem fogyóelektródás, védőgázos eljárások, nem leolvadó, rendszerint volfrám anyagú elektródával, általában semleges gázvédelemmel, külön (kívülről végzett) hozaganyag-adagolással vagy anélkül;
- gázégőfejes, lángvédelmű eljárások, éghető és égést tápláló gáz keverékét elégető égőfejjel, illetve az abban képződő láng és égéstermékek védelmével;
- sugárforrásos, védőatmoszférás eljárások, elektromágneses vagy részecske sugárforrással, illetve védőgáz vagy vákuum alkotta védőatmoszférával;
- olvadéktartós, formavédelmű eljárások, olvadékot (ömlendéket) létrehozó és adagoló tégellyel, illetve szilárd varrathatároló forma általi védelemmel.

ÖMLESZTŐ HEGESZTÉS elrendezése	fogyó- elektródás	nem fogyó- elektródás	nem elektródás
önvédő (poradalékból, égéstermékekből képződő védőgázzal, illetve salakkal)	fogyóelektródás önvédő hegesztés 	gázégőfejes, lángvédelmű hegesztés 	olvadéktartós, formavédelmű hegesztés 
védőközeges (aktív vagy semleges védőgáz, illetve vákuum alkotta atmoszférával)	fogyóelektródás, védőgázos hegesztés 	volfrámelektródás, védőgázos hegesztés 	sugárforrásos, védőatmoszférás hegesztés 

1.45. ábra

Ömlesztő hegesztési eljárások elrendezése

1. Hegesztés és rokon eljárások

Az ömlesztő hegesztési eljárások (1.46. ábra) között – az alkalmazott energia eredete alapján – legelterjedtebbek az ívhegesztések.

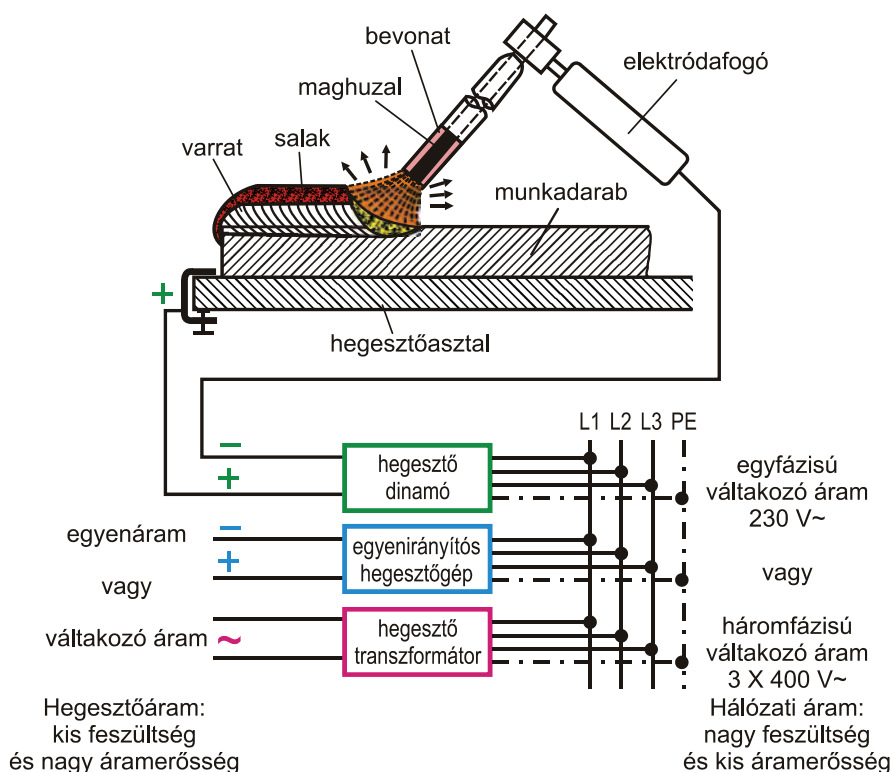
energia jellege	energia eredete	energia forrása	ÖMLESZTŐ HEGESZTÉSI ELJÁRÁSOK	fogyó-elektrodás, önvédő	fogyó-elektrodás, védőgáz	volfrám-elektrodás, védőgáz	gáz-égőfejes, lángvédelmű	olvadéktartós, forma-védelmű	sugárforrásos, védőatmoszférás
elektromos	ív (gázkislési és ionizációs) hő	(normál) ív	ívhegesztés 1	11, 111, 112, 114, 12, 121	13, 131, 135, 136, 137, 73	14, 141			
		plazmaív	plazmaív-hegesztés 15		151	151, 152			
	ellenál-lás (Joule) hő	áram-átvezetés	villamos salakhegesztés 72	72					
		áram-indukálás							
termokémiai	reakció (égési vagy bomlási) hő	oxidáció	gázhegesztés 3				31, 311, 312, 313		
		redukció	termithegesztés 71					71	
	transzport-folyamat (atomátrendeződés) hője	diffúzió							
		oldódás							
mechanikai	alakváltozási (deformációs) energia	hidegalakítás							
		nyomás-impulzus							
	súrlódási (dörzs) energia	mikrosúrlódás							
		makrosúrlódás							
sugárzásos	részecske (korpusz kuláris) sugárzás	elektron-sugár	elektronsugaras hegesztés 51						511, 512
		ionsugár	ionsugaras hegesztés						ionsugaras hegesztés
	foton (elektromágneses) sugárzás	monokromatikus fény	lézeres hegesztés 52						521, 522
		polikromatikus fény	fénysugárzásos hegesztés 75						753

1.46. ábra
Ömlesztő hegesztési eljárások jellemzői és felosztása

1. Hegesztés és rokon eljárások

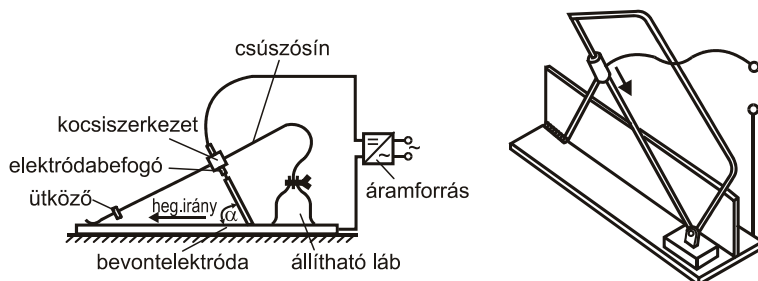
Az **1-es számjelű ívhegesztések** során a szükséges hőmennyiséget elektromos ív szolgáltatja, ami szilárd vagy cseppfolyós halmazállapotú elektromosan vezető anyagok között, gázközegben létrejövő, hosszan tartó elektromos kisülés, illetve részben ionizált plazmaállapot (atomok, ionok és elektronok keveréke), vagyis az áramvezetés egy sajátos formája. Az ív éghet elektróda bevonatából fejlődő gázok, fedőpor, semleges védőgáz (pl. argon), aktív védőgáz (pl. CO₂ vagy keverékgáz) védelme alatt.

A **11-es számjelű fogyóelektródás, gázvédelem nélküli ívhegesztések** közül a **111-es számjelű bevontelektródás** (kézi) ívhegesztésnél (1.47. ábra) az áramforrásra (dinamó, transzformátor vagy egyenirányító) kapcsolt munkadarabok és a keramikus bevonatú huzalelektróda között elektromos ívet húznak. A 3500–5000 °C hőmérsékletű ív megolvasztja az összehegesztendő anyagok széleit és az elektródavéget, aminek közös ömledékfördőjéből dermed meg a varrat. A folyamatos hegesztéshez a leolvadó elektródának előtoló, varratvonal menti és esetenként lengető mozgást kell adni.



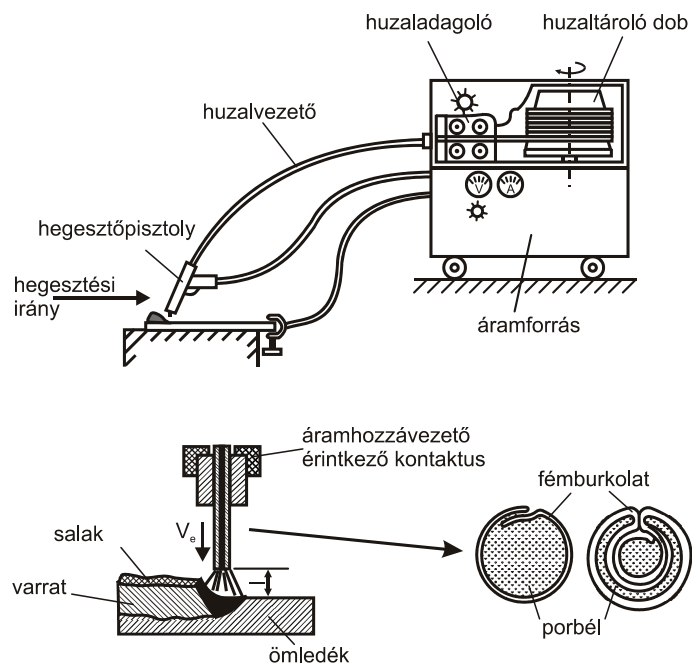
1.47. ábra
Bevontelektródás (kézi) ívhegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.48. ábra
Bevontelektrodás gravitációs ívhegesztés

A 112-es számjelű bevontelektrodás gravitációs ívhegesztés (1.48. ábra) során a munkadarabra feltámasztott bevonatos elektróda önmagától olvad le, pontosabban a gravitációs erőhatás és egy megvezető mechanizmus eredményezi az elektróda előtoló és varratvonal menti mozgását. Az eljárás vízszintes helyzetű, egyenes varratok készítésére alkalmas. Egy betanított munkás kb. öt készülék kiszolgálását (elektródacserét, illetve munkadarab-beállítást) tudja ellátni, amelyek közül négy hegeszthet, mialatt az ötödikben beállítás folyik.



1.49. ábra
Porbeles huzalelektrodás önvédő ívhegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

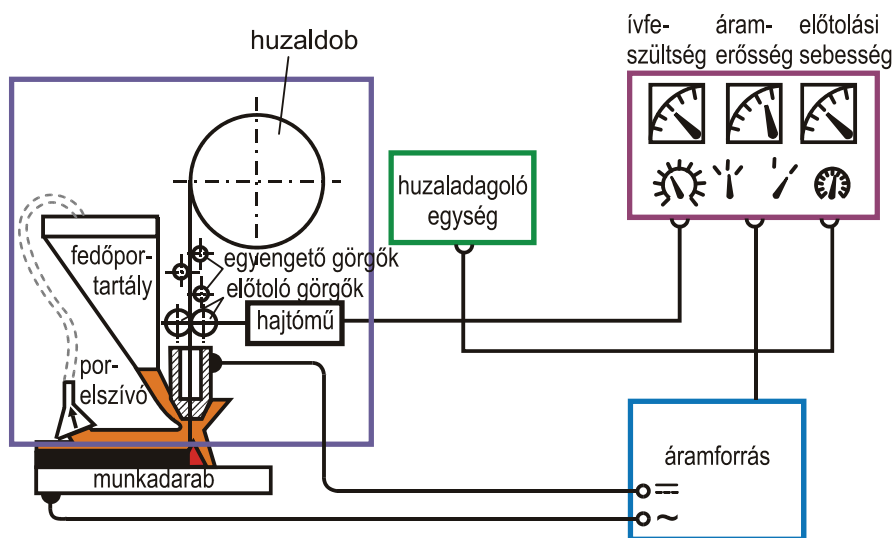
A **114-es számjelű porbeles huzalelektrodás önvédő ívhegesztés (1.49. ábra)** során a tekercselt, gépi úton folyamatosan előtolt elektrodahuzal portöltete látja el az ömledék- és varratvédelem feladatát, azaz nincs szükség bevonatra vagy fedőpor-adagolásra. Az alkalmazott porbeles elektróda fémszalagból kialakított csőszerű termék, „bevonat- vagy fedőpor-funkciójú” portöltettel, lehetővé téve a folyamatos (elektrodacsere nélküli) hegesztést.

A **12-es számjelű fedettívű hegesztéskor (1.50. ábra)** a tekercselt huzal- vagy szalagelektrodát folyamatosan tolja elő a hegesztés helyére a huzaladagoló egység, miközben egy tartályból a már említett elektrodabevonat funkcióját (kivéve a védőgázképzést) ellátó fedőpor kerül az ív köré.

Rendszerint az egész hegesztőegységet önjáró kocsira, ún. traktorra szerelik, így a varratirányú mozgás is gépesített. Mivel az áramhozzávetés az ívhez közel valósul meg, ezért – szemben a bevontelektrodás ívhegesztéssel – nagyobb áramerősségek és leolvadási teljesítmények érhetők el. Elsősorban hosszú egyenes, vízszintes vagy vízszintes helyzetbe forgatható varratszakaszok hegesztésére alkalmas eljárás.

Megkülönböztetik:

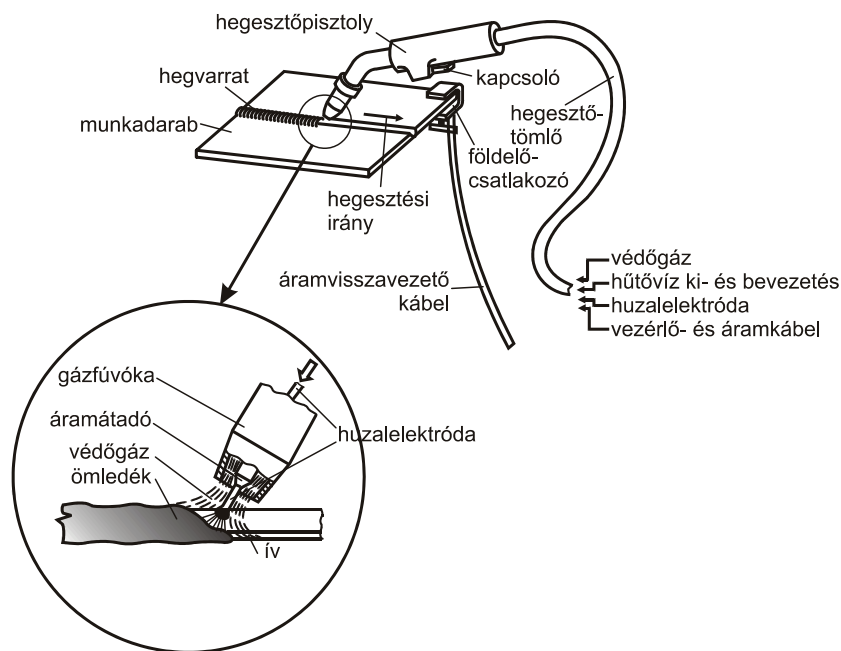
- a **121-es számjelű huzalelektrodás,**
- a **122-es számjelű szalagelektrodás,**
- a **123-as számjelű több huzalelektrodás,**
- a **124-es számjelű fémporadagolásos**
- és a **125-ös számjelű porbeles huzalelektrodás** eljárásváltozatokat.



1.50. ábra
Fedettívű hegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

A **13-as számjelű fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések** közül a **131-es** és a **137-es számjelű fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztésre (MIG- [Metall Inert Gas] hegesztés)** jellemző, hogy a tárolódobra feltekercselt huzalelektrodát (131-esnél tömör, 137-esnél porbeles) – a leolvadással megegyező sebességgel – előtoló berendezés (huzaladagoló) juttatja el a hegesztés helyére. A huzal és az alapanyag között égő elektromos ívben nagy áramsűrűségek is elérhetők, mivel az áramhozzávetetés közel az ívhez történik. A megolvasztott anyagrészt a levegőtől a huzalelektroda körül koncentrikusan elhelyezkedő fúvókán kiáramló semleges (argon, hélium) gázburok védi (**1.52. ábra**). Ez a semleges (inert) gázvédelem kedvezőbb anyagátviteli (cseppleolvadási) és varrat tisztasági feltételeket teremt. A nagyobb védőgázköltségek miatt elsősorban könnyű- és színesfémek, illetve erősen ötvöztött acélok hegesztéséhez célszerű alkalmazni.



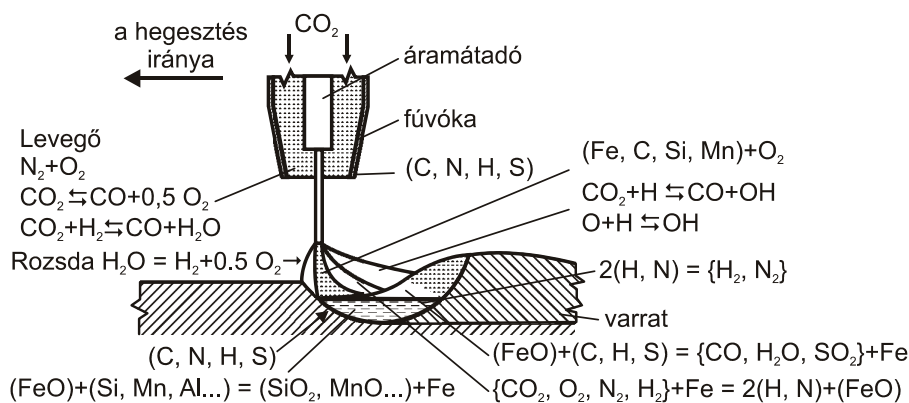
1.52. ábra

Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés

A **135-ös** és a **136-os számjelű fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztések (MAG- [Metall Active Gas] hegesztések)** közül a **CO₂-védőgázos ívhegesztés** elve a MIG-hegesztésével megegyező, de itt a védelmet aktív szén-dioxid gázburok adja, ami hő hatására kémiaiag „aktív” (reakcióképes) szén-monoxidra és oxigénre bomlik az ívben a **1.53. ábra** szerint. A leolvadó huzalelektroda (a 135-ösnél tömör, a 136-osnál porbeles) megolvadt cseppek alakjában jut a varratömladékbe (hegfürdőbe).

1. Hegesztés és rokon eljárások

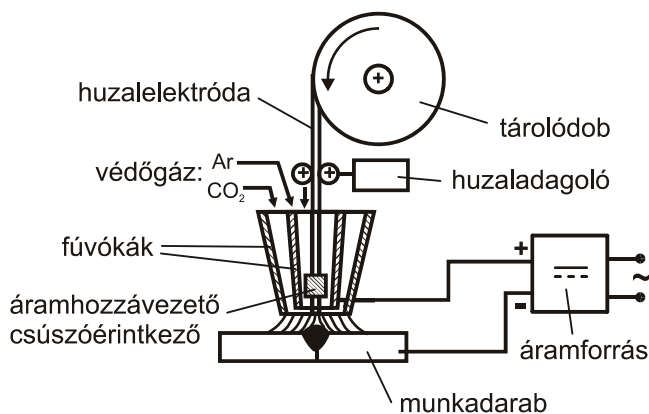
Keverék védőgázos hegesztéskor a hegesztési folyamat lényegileg azonos a CO_2 -védőgázos hegesztésével, de a szén-dioxidhoz kevert argon (pl. 82% Ar + 18% CO_2) hatására javul az ívstabilitás, az anyagátvitel, a varratalak, illetve -felület, a varrat mechanikai tulajdonságai, és csökken a fröcskölés. Héliumot is adagolva a gázkeverékhez (pl. 65% Ar + 8% CO_2 + 0,5% O_2 + 26,5% He), mélyebb beolvadás és nagyobb leolvadási teljesítmény érhető el (*T.I.M.E.*-Process $\equiv$ Transferred Ionised Molten Energy Process).



1.53. ábra

Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés

A **kettős gázfúvókás fogyóelektródás ívhegesztés**kor (1.54. ábra) a külső fúvókán keresztül szén-dioxidot, a belső fúvókán át argont vezetnek az ív köré, kb. 4:1 arányban. Az argon gázburok csak a leolvadó huzalvég környezetében létesít kedvező semleges védőgáz atmoszférát, elősegítve a finomcseppes anyagátvitelt.



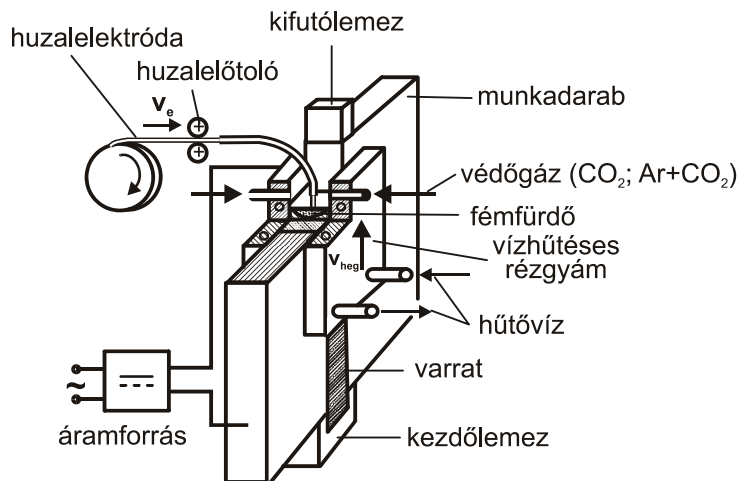
1.54. ábra

Kettős gázfúvókás fogyóelektródás ívhegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

A keverék védőgázos ívhegesztéshez képest fordított a drága Ar és az olcsó CO_2 felhasználásának aránya (kb. 20% Ar + 80% CO_2), ami javítja az eljárás gazdaságossági mutatóit. Védőgázkeverő-berendezés helyett különleges (de kissé nehéz, vaskos) hegesztőfejet igényel ez az eljárás.

A **73-as számjelű elektro-gázhegesztéskor (1.55. ábra)** a függőleges helyzetű, egyszerű leélezéssel illesztett munkadarabok közötti rést kétoldról vízűtéses rézgyámokkal határolják, és ide vezetik be a fogyó huzalelektrodát. Kezdekor az ívet vagy a részbe beillesztett betétlemezen, vagy egy kezdőlemezen gyújtják meg, majd a későbbiek során az ív a varratömléken ég. A levegőnél nehezebb védőgázt (CO_2 , $\text{CO}_2 + \text{Ar}$) a rézgyám felső részén vezetik a hegesztési részbe. A varrat kialakítása során a rézgyámokat – a huzaladagoló egységgel együtt – a rés feltöltődésének megfelelő sebességgel függőlegesen felfelé mozgatni kell.

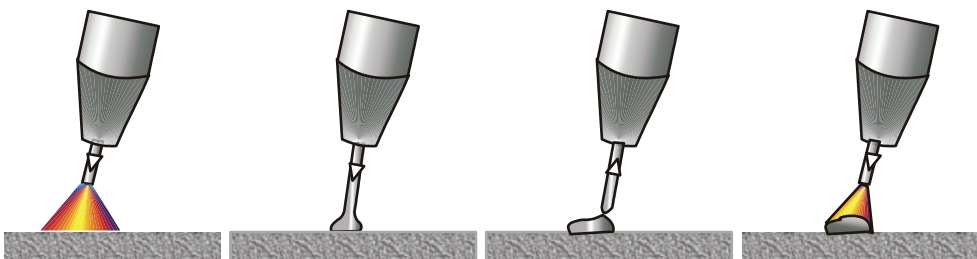


1.55. ábra
Elektro-gázhegesztés

A **CMT (Cold Metal Transfer = Hideg FémÁtvitel) eljárás**változat egy MIG/MAG mártogató-anyagátviteli ívfolyamat, mely rövidzárlatos hegesztés kis hőbevitellel, új elvű cseppleválasztással (**1.56. ábra**):

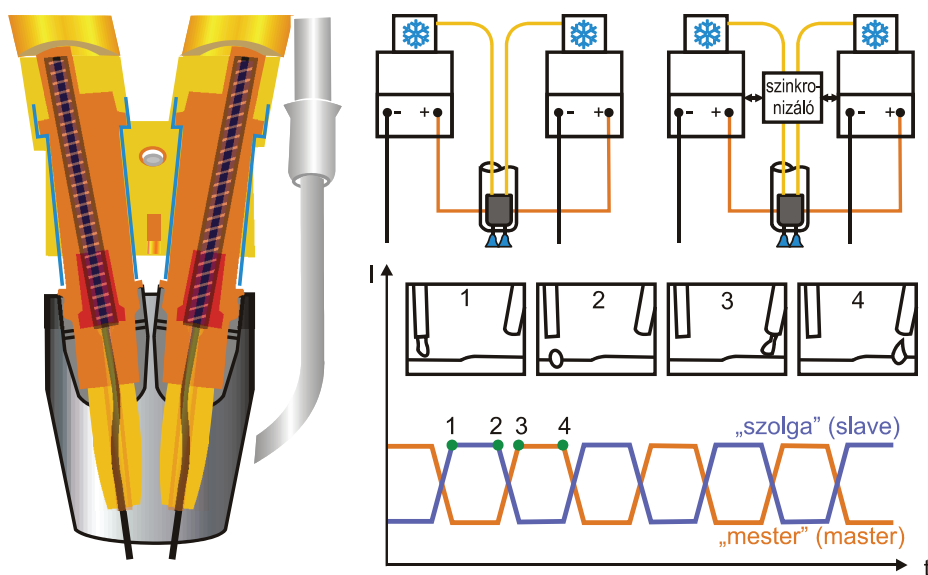
- Az ívégsi periódus folyamán a hozaganyagot előretolják a hegfürdő felé.
- Amikor a hozaganyag bemerül a hegfürdőbe (rövidzárlat lép fel), az ív kialszik, de nagy hegesztőáram nem tud kialakulni, mert a huzalt kezdik visszahúzni.
- A huzal visszahúzása segíti a cseppleválást és a rövidzárlat megszakítását, melynek árama így kis értéken marad.
- Az ívhossz újbóli kialakulásakor a huzalmazgás irányt vált, és a folyamat kezdődik előlről.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.56. ábra
CMT eljárásváltozat

A **kéthuzalos (tandem) MIG/MAG hegesztés** („Time-Twin” eljárás) látható az 1.57. ábrán, melynek jobb felső részén a két áramforrással megvalósuló szinkronizált huzalelőtolás és hegesztőáram-hozzávezetés, alatta a jellemző anyagátmenet és a lüktető ív áramprogramja szerepel.

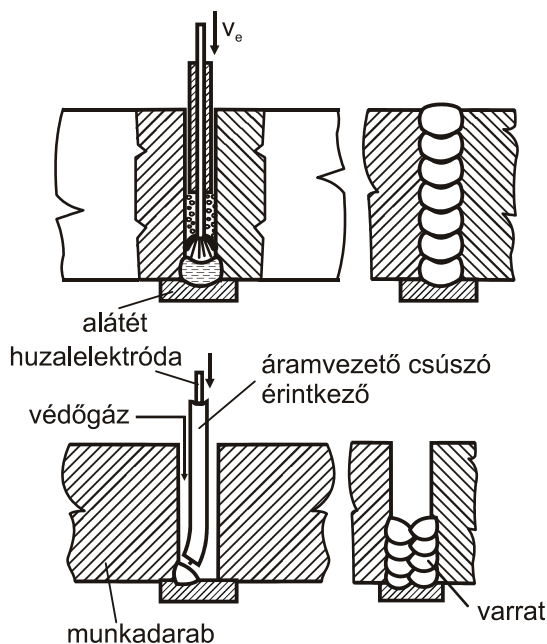


1.57. ábra
Kéthuzalos (tandem) MIG/MAG hegesztés

Védőgázos keskenyrés-hegesztés (1.58. ábra) során az összehegesztendő anyagokat merőleges leélezéssel (tompán) illesztik, így egymástól mért távolságuk vastagságukhoz képest kicsi. Az illesztési rés keresztmetszetének ilyen módon való csökkentésével a varrathoz szükséges huzalhozaganyag mennyisége is

1. Hegesztés és rokon eljárások

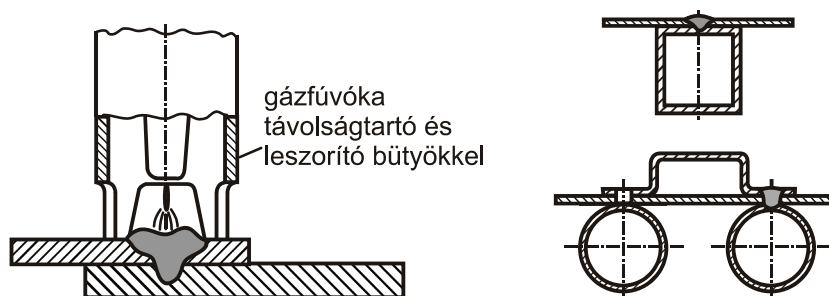
jelentősen mérséklődik. Az ömledék védelmét CO_2 vagy keverék védőgáz eredményezi. Az eljárás egyoldali hegesztést tesz lehetővé vastag lemezek esetében.



1.58. ábra

Védőgázos keskenyrés-hegesztés

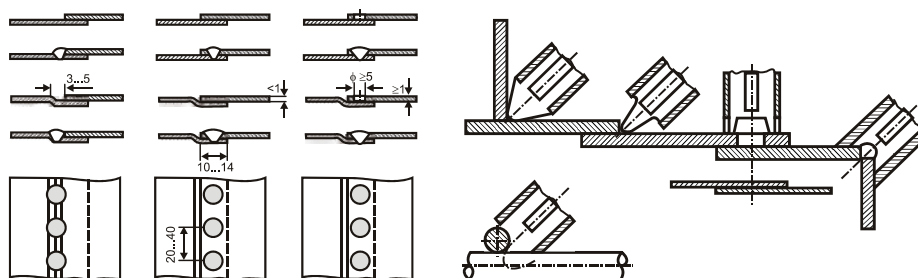
Az 1.59. ábrán látható **fogyóelektrodás védőgázos ívponthegesztés** abban különbözik a hagyományos eljárásváltozattól, hogy a hegesztési sebesség nulla, az ív égési ideje pedig előre beállított érték szerinti.



1.59. ábra (I.)

Fogyóelektrodás védőgázos ívponthegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

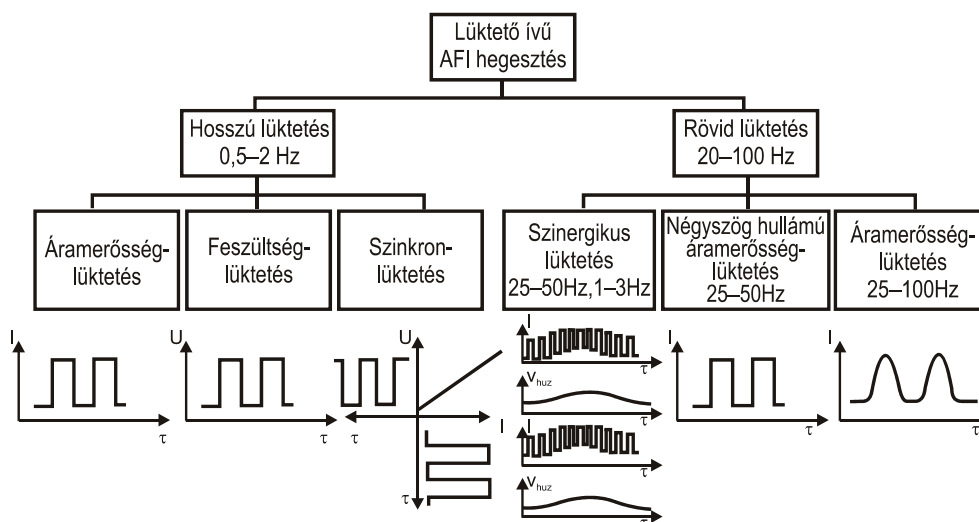


1.59. ábra (II.)

Fogyóelektródás védőgázos ívponthegeztés

Az impulzus (lűktető, pulzáló) ívű fogyóelektródás védőgázos hegesztési eljárásváltozatokat az **1.60. ábra** tekinti át, míg az **1.61. ábra** a vált(ak)ozó áramú hegesztések áramprogramjait szemlélteti (fogyó és nem fogyóelektródásra). Ezek alkalmazásának előnyei:

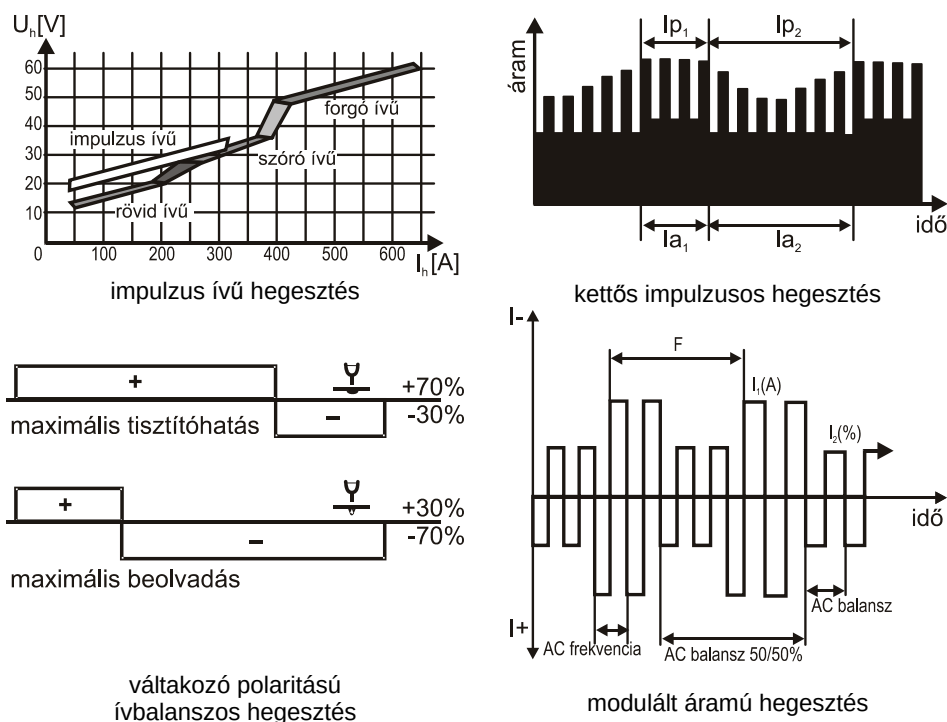
- kevésbé érzékeny az illesztési hézag változásaira (pl. gyöksornál),
- kényszerhelyzetű hegesztésnél a hegfürdő mérete jól kézben tartható,
- a beolvadás mélysége szabályozható,
- kevésbé érzékeny a változó hőelvonásra (csökken a hegfürdő átrokadásának veszélye),
- kisebb méretű (keskenyebb) a hőhatásövezet.



1.60. ábra

Impulzus (lűktető) ívű fogyóelektródás védőgázos hegesztési eljárásváltozatok

1. Hegesztés és rokon eljárások



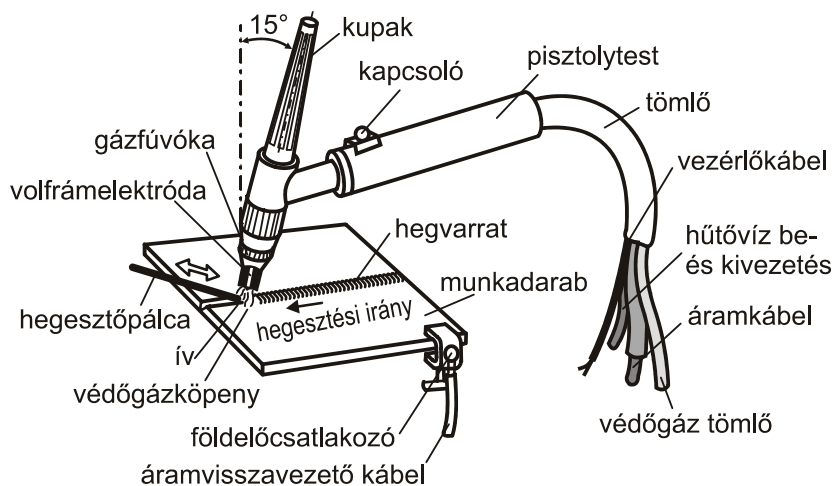
1.61. ábra

Vált(ak)ozó áramú hegesztések

A 14-es számjelű nem fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztésekhez tartozó 141-es számjelű volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztéskor vagy TIG- (Tungsten Inert Gas) hegesztés (1.62. ábra) egy nem leolvadó volfrámelektróda és a hegesztendő anyagok között ég az ív, miközben az ömledéket semleges védőgázburkok védi. Az ív gyújtására egy nagyfrekvenciás, nagyfeszültségű tápegység szolgál, amely szikrakisülés révén ionizálja az ívközt és ezzel lehetővé teszi az ív begyújtását az elektróda és a munkadarab összeérintése (illetve ebből adódható szennyezés) nélkül.

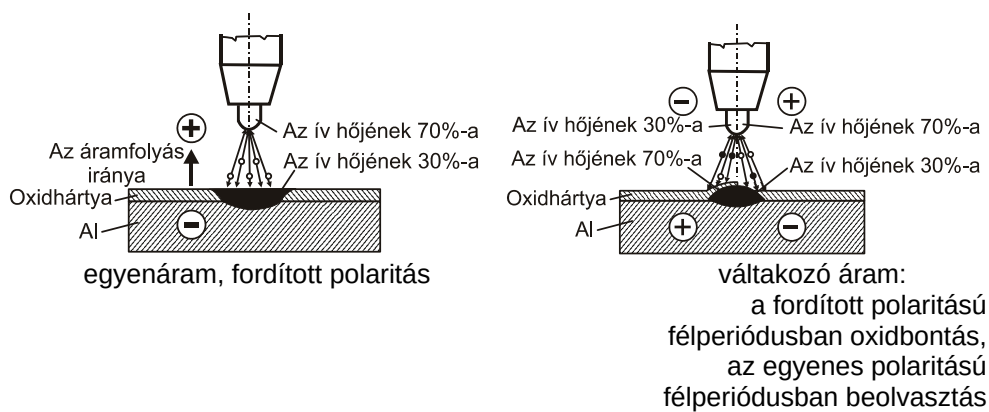
Megfelelő vezérlőelektronikával – szabályozottan kis kezdő áramerősséggel – érintéses ívgyújtás is lehetséges. A szükséges hozaganyagot kézzel vagy huzaladagoló egység segítségével lehet az ívbe vezetni. Az eljárás nagyobb költségű és különleges anyagok hegesztéséhez használatos, különösen az ún. gyökvarratok (varratfelépítés-kezdővarratok) elkészítéséhez. Váltakozó áramú változata lehetővé teszi – a stabil felületi oxidréteg megbontása révén – az alumínium hegesztését (1.63. ábra) is. Lehetőség van továbbá volfrámelektródás, semleges védőgázos ívponthegeztésre is (1.64. ábra).

1. Hegesztés és rokon eljárások



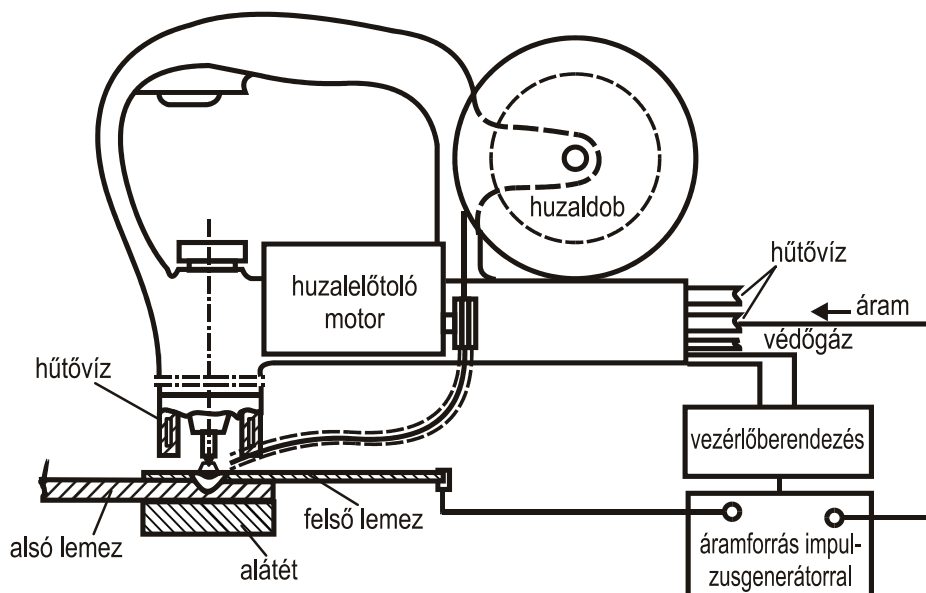
1.62. ábra

Volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés



1.63. ábra

Alumínium TIG-hegesztése



1.64. ábra

Volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívponthegeztés

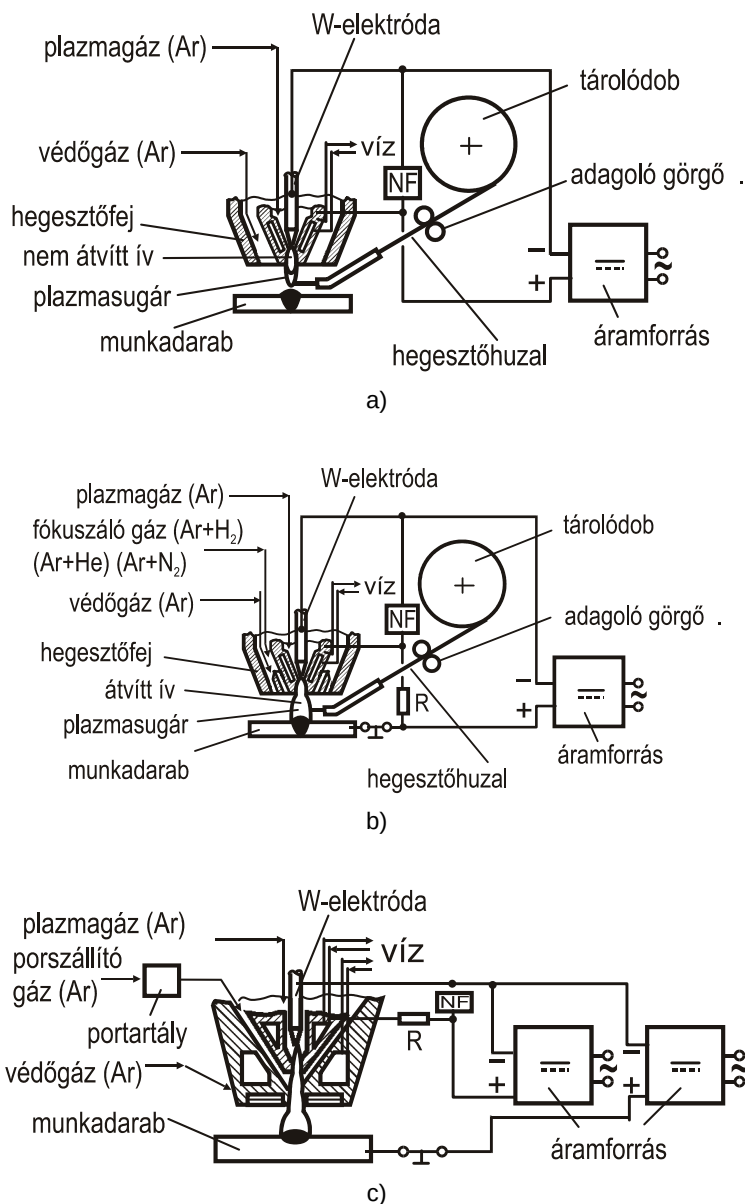
Az ugyancsak nem fogyóelektrodás, védőgázos ívhegesztések csoportjába sorolható **15-ös számjelű plazmahegesztés** során elektromos ív segítségével előállított nagyhőmérsékletű technikai plazmát (ívvvel ionizált gázt) alkalmaznak hőforrásként. Hegesztés közben semleges védőgázburkok védi a varratképződés helyét a környezeti hatásoktól.

A plazmahegesztés eljárásváltozatai:

a) eljárásváltozatok az ívfenntartás helye szerint:

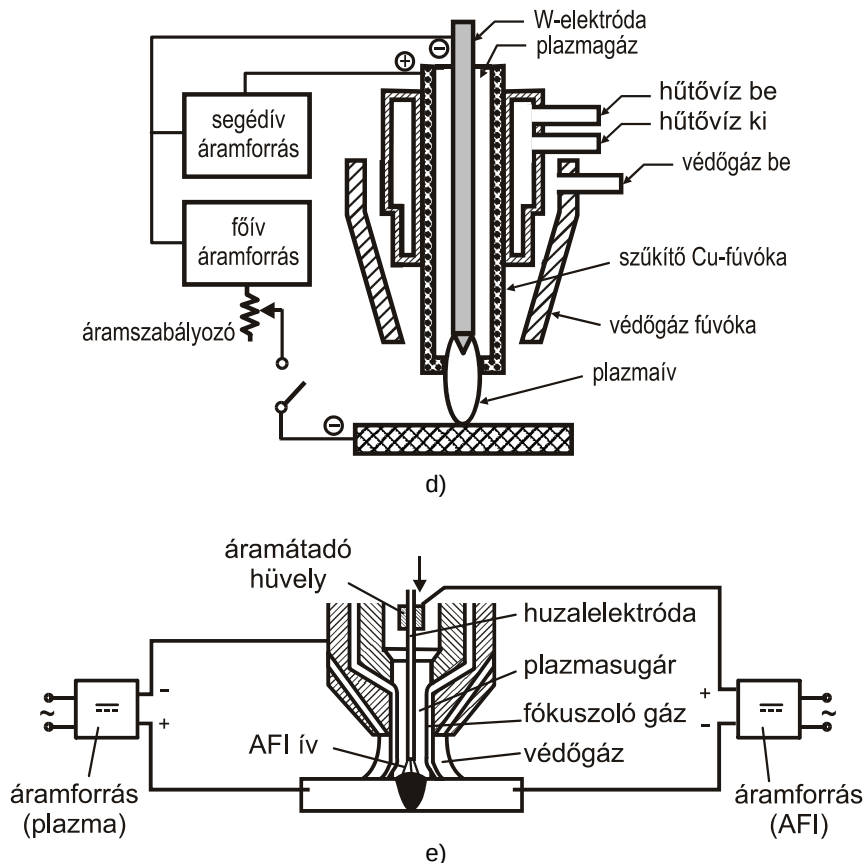
- **plazmasugár-hegesztés** (belsőívű hegesztés): az ív a W-elektroda és a hűtött Cu-fúvóka között ég (**1.65/a. ábra**), így a látható plazmasugárban nem folyik áram, ezért elektromosan nem vezető anyagokhoz is alkalmazható;
- **plazmaívhegesztés** (külsőívű hegesztés): a plazmafúvóka által lesűkített ív az elektróda és a munkadarab között ég (**1.65/b. ábra**), ezért elektromosan vezető – elsősorban fémes – anyagokhoz alkalmazható;
- **kombinált plazmahegesztés** (kettős ívű hegesztés): a plazmasugár- és a plazmaívhegesztés kombinációja (**1.65/c. ábra**), azaz mind a belső, mind a külső ív egyaránt részt vesz a hegesztési (hő)folyamatban.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.65. ábra (I.)
Plazmahegesztés fontosabb eljárásváltozatai

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.65. ábra (II.)

Plazmahegesztés fontosabb eljárásváltozatai

b) Eljárásváltozatok a jellemző áramerősség-tartomány szerint:

- **kisáramú** (0,1–20 A közötti) vagy **mikroplazma-hegesztés** (1.65/d. ábra): tulajdonképpen a vékony anyagok (0,02–1,5 mm) plazmaívhegesztő eljárása, mely az igen kis áramerősségek esetén is stabil ívet eredményez;
- **középáramú** (20–100 A közötti) vagy **beolvasztó**- („melt-in”) technikájú **hegesztés**: elsősorban kézi plazmaívhegesztéshez;
- **nagyáramú** (100 A feletti) vagy **kulcslyuk**- („key-hole”) technikájú **hegesztés**: elsősorban gépesített plazmaívhegesztéshez.

c) Eljárásváltozatok a megvalósuló áramprogram szerint:

- **egyenáramú plazmaívhegesztés** (1.65/d. ábra): jellemzően egyenes polaritással (elektróda a negatív póluson) megvalósuló folyamatos áramú hegesztés;

1. Hegesztés és rokon eljárások

- **impulzus**(technikájú) **plazmaívhegesztés**: mind beolvasztó, mind kulcslyuktechnika esetén akár 10 kHz-cel is végezhető, jól szabályozható beolvadású hegesztés;
- **váltakozó polaritású plazmaívhegesztés**: négyszög hullámformával megvalósuló hegesztés olyan fémek esetében, amelyeknek felületén könnyen (újra)képződik a passzíváló oxidréteg (pl. alumínium és magnézium). A fordított polaritású félhullámra az oxidbontás, az egyenes polaritású félhullámra a beolvasztás jellemző.

d) Eljárásváltozatok hozaganyag-alkalmazás szerint:

- **hozaganyag nélküli plazmaívhegesztés (1.65/d. ábra)**: vékonyabb anyagok kötőhegesztéséhez;
- **huzaladagolásos plazmaívhegesztés (1.65/b. ábra)**: az adagolt hegesztőhuzal bekeveredése jól szabályozható és alacsony mértéken tartható a teljesítmény változtatása révén;
- **poradagolásos plazmaívhegesztés** vagy **152-es számjelű eljárás (1.65/c. ábra)**: a felrakandó por a tárolótartályból egy előkamrába jut, ahonnan argonáram juttatja a hegesztőfejbe. A belső ív hatására megolvadt port a plazmasugár mozgási energiája a külső ív által megolvasztott munkadarab-felületre sodorja.

e) Eljárásváltozatok kiegészítő gáz hozzávezetése szerint:

- **kiegészítő gáz nélküli plazmahegesztés (1.65/a. ábra)**: az egy plazmagázos, védőgázburkos hagyományos plazmahegesztés;
- **két plazmagázos (plazma)hegesztés**: a csőszerű kialakítású volfrámelektrodán keresztül egy másodlagos plazmagázt is hozzávezetnek, mellyel keskenyebb, de mélyebb beolvadás érhető el adott áramerősségnél (fajlagos hőbevitelnél);
- **fókuszológázos plazmahegesztés (1.65/b. ábra)**: megfelelő összetételű és áramlási sebességű fókuszológáz hozzávezetésével végzett hegesztés. A kiegészítő gázt koncentrikusan, a védőgázburkon belül vezetik a plazmafúvókából kilépő plazmaoszlop köré, annak koncentrálása érdekében.

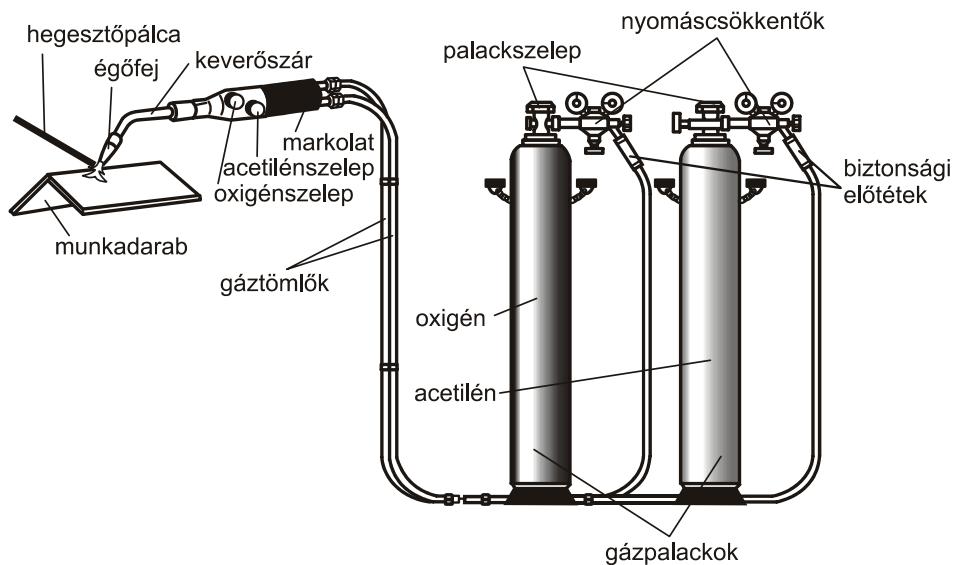
f) Eljárásváltozatok más eljárásokkal való kombinálás szerint:

- **plazma-MIG-hegesztés (151-es számjelű eljárás)** vagy **plazma-AFI-hegesztés (1.65/e. ábra)**: a fogyóelektrodás semleges védőgázos hegesztés ívoszlópa köré stabilizáló plazmaívet vezetve, nagy huzalkinyúlással nagy fajlagos leolvadás érhető el, illetve a hegesztési sebesség is jelentősen megnövelhető;
- **plazma-TIG-hegesztés** vagy **plazma-AWI-hegesztés**: a volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztéssel való kombinálás elsősorban gépesített, illetve automatizált hegesztésekhez a hegesztési sebesség és a varratminőség optimalizálására szolgál;

1. Hegesztés és rokon eljárások

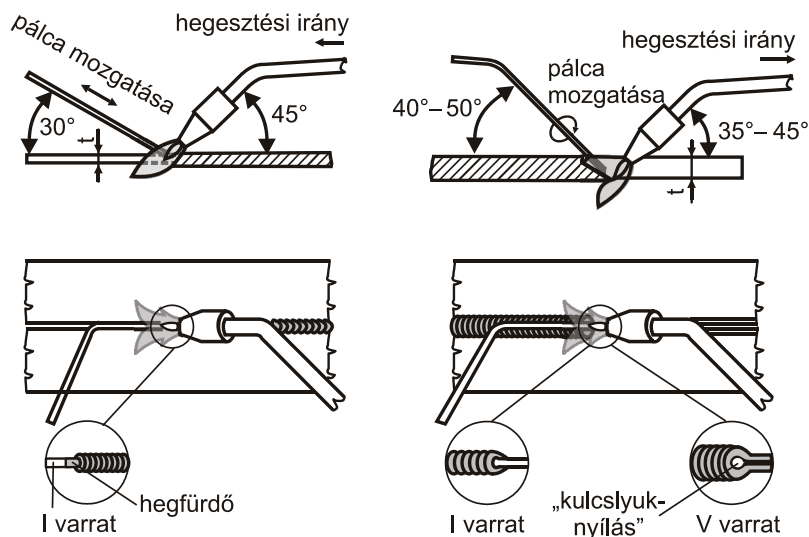
- **plazma-lézer-hegesztés:** az elektronabszorpció és a fotonabszorpció egyesítésével végzett ömlesztő hegesztés, melynek további két alváltozata:
 - elkülönített lézer- és plazmafejjel megvalósuló elrendezés, közös munkafelületre irányítva;
 - közös hatásvonalú elrendezés, melyben a fókuszolt lézersugárzás hozzávezetése a volfrámelektroda kúpos üregén, illetve a plazmaíven keresztül valósul meg (1.76/b. ábra).

A 3-as számjelű gázhegesztéskor, illetve a 31-es számjelű oxigén-éghetőgázzal végzett hegesztéskor vagy lánghegesztéskor (1.66. ábra) nagy lánghőmérsékletet létrehozó éghető gáz – a 311-esnél acetilén, 312-esnél propán, a 313-asnál hidrogén – oxigénben végbemenő elégetésekor keletkező reakcióhővel olvasztják meg a hegesztendő éleket és a „mártogatva” adagolt pálcá végét. A megolvadt anyagrészek közös ömledékfürdőjének megdermedése eredményezi a hegesztett kötést. Nagy olvadáspontú oxidréteggel fedett anyagok (pl. Al) hegesztésekor folyósítószer (pl. bórax) adagolása is szükséges az oxidréteg termokémiai bontásához. Vékonyabb anyagokat balra hegesztéssel, vastagabbakat jobbra hegesztéssel lehet jó minőségben (megfelelő átolvadással) összekötni (1.67. ábra). A hegesztendő anyag minőségétől függően kell a megfelelő lángképet (az oxidálót vagy oxigéntöbbletet sárgarezekhez, a semleget acélokhoz, a redukálót vagy acetiléntöbbletet öntöttvasakhoz) beállítani.



1.66. ábra
Gázhegesztés vagy lánghegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.67. ábra
Balra és jobbra hegesztés

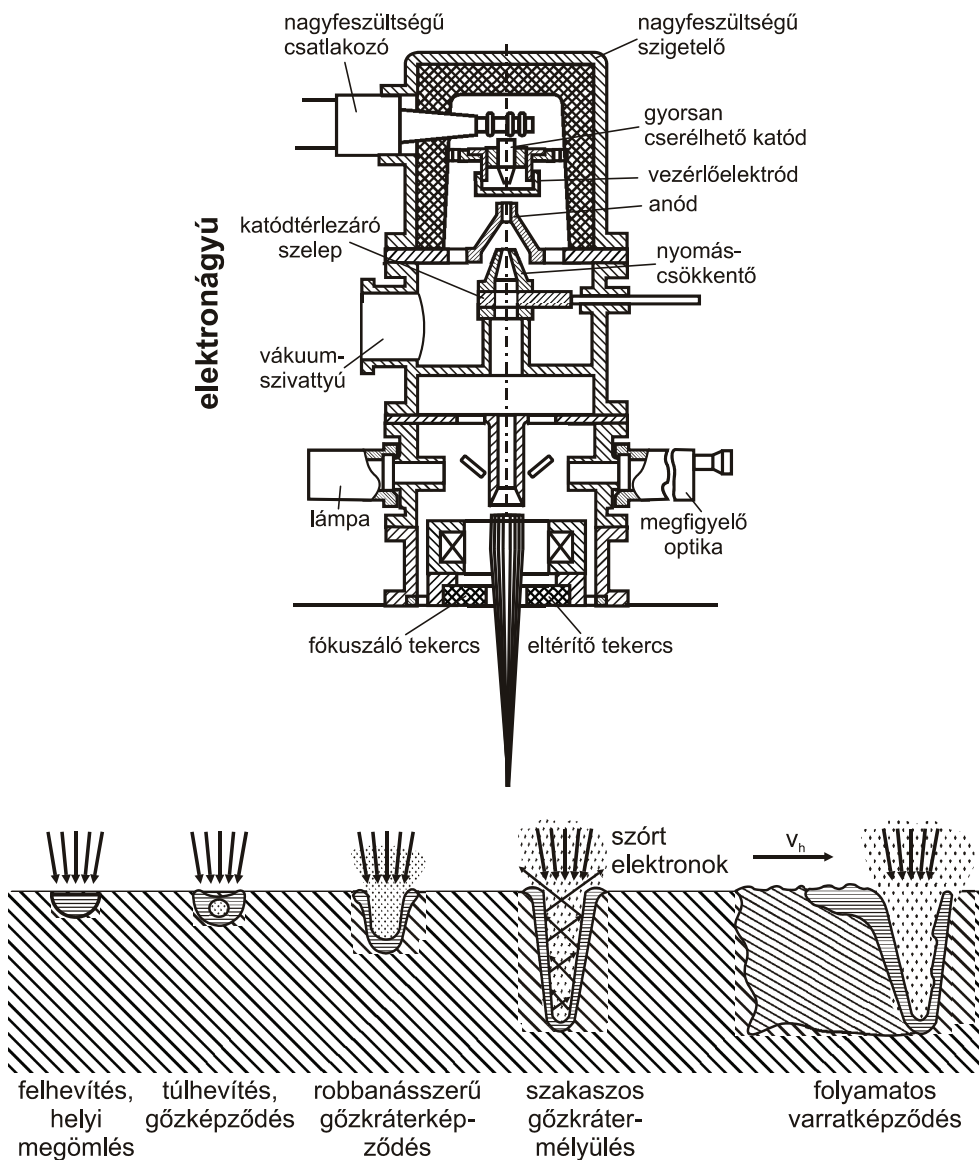
Az **5-ös számjelű sugárhegesztések** a nagy energiasűrűségű hegesztési eljárások csoportjába tartoznak. Nagy energiasűrűségről vagy nagy teljesítménysűrűségről akkor lehet szó, ha a fajlagos teljesítmény- (energia-) bevitel meghaladja a $10^2 \text{ W/mm}^2 = 10^4 \text{ W/cm}^2 = 10^8 \text{ W/m}^2$ -es értéket. Ez a határérték azonban nem különíti el jól és egyértelműen a hagyományos, illetve az általában nagy energiasűrűségüként említett vagy ismert hőforrásokat. Így bevezették az ultra- (vagy extrém) nagy energiasűrűség fogalmát is, mely már ténylegesen csak a plazmás, de főképp az elektronsugaras és a lézeres hőforrásokat jellemezheti, ami számszerűsítve két nagyságrenddel nagyobb, vagyis a $10^4 \text{ W/mm}^2 = 10^6 \text{ W/cm}^2 = 10^{10} \text{ W/m}^2$ -es érték – sugárfókuszolás útján történő – megvalósíthatóságát jelenti. Ezeket a hőforrásokat a hegesztésen kívül az anyagtechnológiák több területén (pl. vágás, felületkezelés) is alkalmazzák.

Az **51-es számjelű elektronsugaras hegesztés** során elektromosan fűtött (volfrám)katódokból kilépő elektronokat vákuumban gyorsítanak fel – magas (10^4 – 10^5 nagyságrendű) feszültséggel létesített elektromos erőter segítségével – rendkívül nagy sebességre (kb. 1/2 fénysebesség érhető el). Ezt az elektronsugarat mágneses vagy elektrosztatikus lencsékkel a hegesztés helyére irányítják, illetve fókuszolják (nagy teljesítménysűrűséget elérve). Az elektronsugár nagy kinetikus energiája a munkadarabba ütközve hővé alakul, igen gyors megolvadást eredményezve. Keskeny és mély, utólagos megmunkálást nem igénylő tompavarratok hozhatók létre (**1.68. ábra**) hozaganyag alkalmazása nélkül.

Az elektronsugaras hegesztőberendezések sugáráselőállító elektronágyúból, vákuum-előállító szivattyúrendszerből és hegesztési környezetet biztosító

1. Hegesztés és rokon eljárások

munkakamrából állnak. Minél nagyobb a vákuum, annál kisebb foltra fókuszálható az elektronsugár, és annál vastagabb anyagok hegeszthetők át, illetve annál szennyezésmentesebb (tisztább) lesz a varrat.



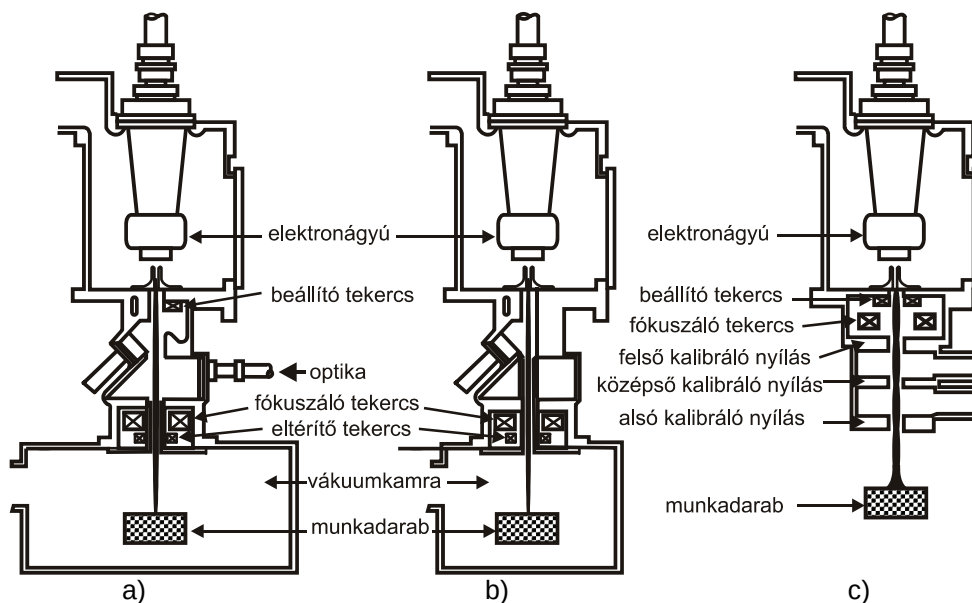
1.68. ábra
Elektronsugaras hegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

Elektronsugaras hegesztés eljárásváltozatai:

a) Eljárásváltozatok a munkadarab-környezet nyomástartománya szerint:

- **nagyvákuumos hegesztés** vagy **511-es számjelű eljárás (1.69/a. ábra)**: klasszikus, nagy tisztaságú környezetet, szennyezés-, oxid- és nitridmentes felületet biztosító eljárás, melynél fő probléma a nagy kamraleszívási (vákuumlétrehozási) időtartam. Az alkalmazások tág körét átfogó nagy kamrák mellett zsilipeléssel osztható kamrás, illetve célorientált kis kamrás megoldások is születtek e hátrány kiküszöbölésére vagy mérséklésére;
- **középvákuumos hegesztés (1.69/b. ábra)**: valójában a tömeggyártásban jól alkalmazható célgépes elektronsugaras hegesztést jelent, melynek egyik irányzata elővákuumozással gyorsított, kis kamrában végrehajtandó, folyamatos adagolású hegesztést tesz lehetővé, míg a másik irányzata rendkívül gyors leszívású, minimalizált kamraméretű célkészülékben valósul meg, egyenkénti adagolással. Mindkét esetben kamraméret-csökkentéssel, illetve kisebb vákuumszinttel javult a kihasználtsági fok, illetve a termelékenység;
- **nemvákuumos hegesztés** vagy **512-es számjelű eljárás (1.69/c. ábra)**: a munkadarab nincs vákuumkamrába zárva, így a méretkorlát és a leszívási idő probléma feloldottá válik, viszont az elérhető beolvadási mélység és varrat tisztaság lecsökken, illetve a röntgensugárveszély megnő. Alkalmas védőgáz és minimális munkadarab-ágyú távolság beállítása javít a helyzeten.



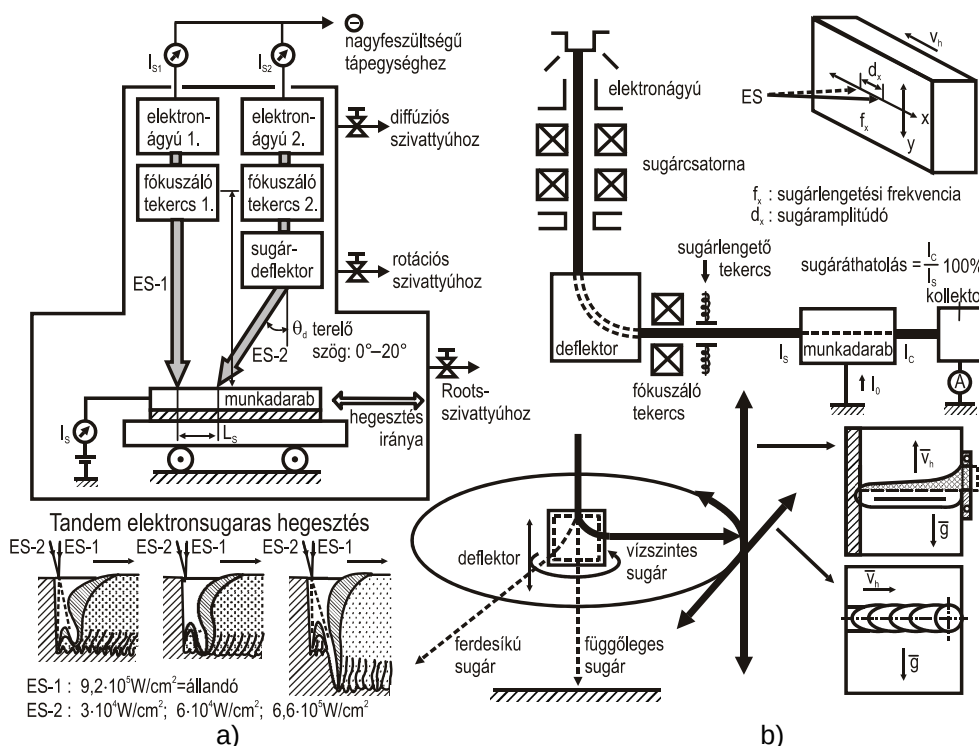
1.69. ábra

Elektronsugaras hegesztés eljárásváltozatai környezeti nyomás szerint

1. Hegesztés és rokon eljárások

b) Eljárásváltozatok az egyidejűleg működtethető elektronágyúk száma szerint:

- **egyágyús elektronsugaras hegesztés (1.69/a. ábra):** hagyományos elrendezésű, munkakamrára szerelt szóló elektronágyúval megvalósuló hegesztés;
- **tandem elektronsugaras hegesztés (1.70/a. ábra):** két külön is beállítható paraméterű elektronágyú ugyanazon kamrához csatlakozva egy időben dolgozik. Az első sugár által készített varrat – nagy energiasűrűség miatt előfordulható – hibáit (túlzott varratdudor, ún. lándzsahatás, gyökporozítás) a másik sugár korrigálja.



1.70. ábra

Elektronsugaras hegesztés eljárásváltozatai sugárbeállítás szerint

c) Eljárásváltozatok a sugárpozicionálás lehetősége szerint:

- **egypozíciós elektronsugaras hegesztés (1.69/a. ábra):** rendszerint függőleges irányultságú, az elektronágyú hossz tengelyébe eső sugárhelyzetű hegesztés;

1. Hegesztés és rokon eljárások

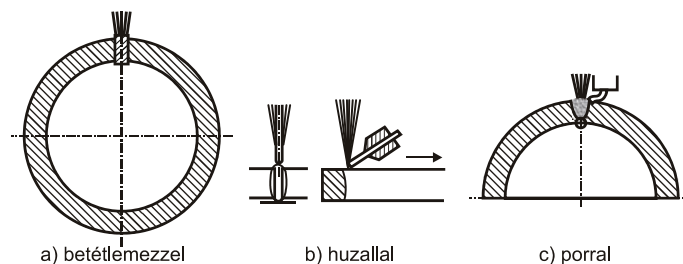
- **vezérelt sugáreltérítésű elektronsugaras hegesztés:** meghatározott pályaalak és irány szerint, külön sugáreltérítés-vezérlő egységgel megvalósított hegesztés;
- **többpozíciós elektronsugaras hegesztés (1.70/b. ábra):** az elektronágyú hossz tengelyéhez képest elfordítható, illetve azzal párhuzamosan mozgatható sugárterelő (deflektor) alkalmazásával megvalósuló hegesztés, amivel lehetővé válik kevesebb munkadarab-manipulációval (egyszerűbb manipulátorral) – egy vákuumleszívás mellett – a munkadarab több oldalának hegesztése.

d) Eljárásváltozatok a megvalósuló üzemmód és sugárintenzitás szerint:

- **folyamatos bekapcsolású elektronsugaras hegesztés:** a varratmélység/varratszélesség viszony módosítása végett defókuszolással (szélesítéssel) vagy anélkül végzett hegesztés;
- **impulzus üzemmódú elektronsugaras hegesztés:** a sugár be- és kikapcsolásával, vagyis elektronikus úton megvalósított szaggatásával végzett hegesztés, melynek célja a hegesztési munkarend keményebbé (kisebb fajlagos hőbevitelűvé) tétele, továbbá a varratszélesség csökkentése;
- **sugár lengetéssel (oszcillálással) megvalósított elektronsugaras hegesztés:** dinamikus (meghatározott pályaalak, irány, frekvencia és amplitúdó szerint) eltérített sugárral végzett hegesztés a hőeloszlás és varratalak módosítása céljából.

e) Eljárásváltozatok hozaganyag-alkalmazás szerint:

- **hozaganyag nélküli elektronsugaras hegesztés:** klasszikus nagy vákuumú, minimális illesztési rés méretű, legelterjedtebben alkalmazott kötőhegesztés;
- **betétlemezes elektronsugaras hegesztés (1.71/a. ábra):** cső- vagy más zárt alakra hajlított lemez alkotó menti hegesztése, amikor a lemez széleinek párhuzamossága nehezen biztosítható;
- **huzalos elektronsugaras hegesztés (1.71/b. ábra):** 12 mm lemezvastagságig, kb. 2 mm-es illesztési hézaggal megvalósuló hegesztés;
- **poranyag elektronsugaras hegesztés (1.71/c. ábra):** vastag szelvények keskenyrés változatú kötőhegesztése, melyhez az illesztési hézag alsó nyílását varrattal vagy alátétlemezzel le kell zárni.



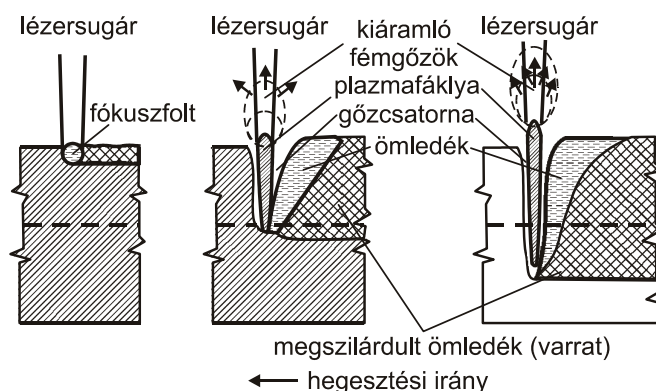
1.71. ábra

Elektronsugaras hegesztés eljárásváltozatai hozaganyag-alkalmazás szerint

1. Hegesztés és rokon eljárások

Az elektronoknál lényegesen nagyobb méretű és lomhább mozgású ionokból álló részecskesugárzás a hegesztés terén nem terjedt el, sokkal inkább a rokon eljárásnak számító felületkezelésben, mint pl. az ionimplantáció (lásd az **1.4.2. alfejezetben**).

Az **52-es számjelű lézersugaras hegesztés**kor a lézerrezonátorból kilépő – az indukált emisszióra „kényszerített” anyag minőségétől függő hullámhosszúságú – monokromatikus, koherens lézersugarat optikai elemek segítségével a hegesztés helyére fókuszolják. A kis átmérőjű fókuszoltban igen nagy teljesítménysűrűség érhető el, s abszorpció révén az elektromágneses sugárzás hővé alakul a hegesztendő anyagokban. A kialakuló hőmérséklet keskeny sávban megolvasztja a rés nélkül illesztett munkadarabok határát, és az elhaladó sugárzás mögött megdermedt szilárd hegesztett varrat képződik (**1.72. ábra**).



1.72. ábra
Lézersugaras hegesztés

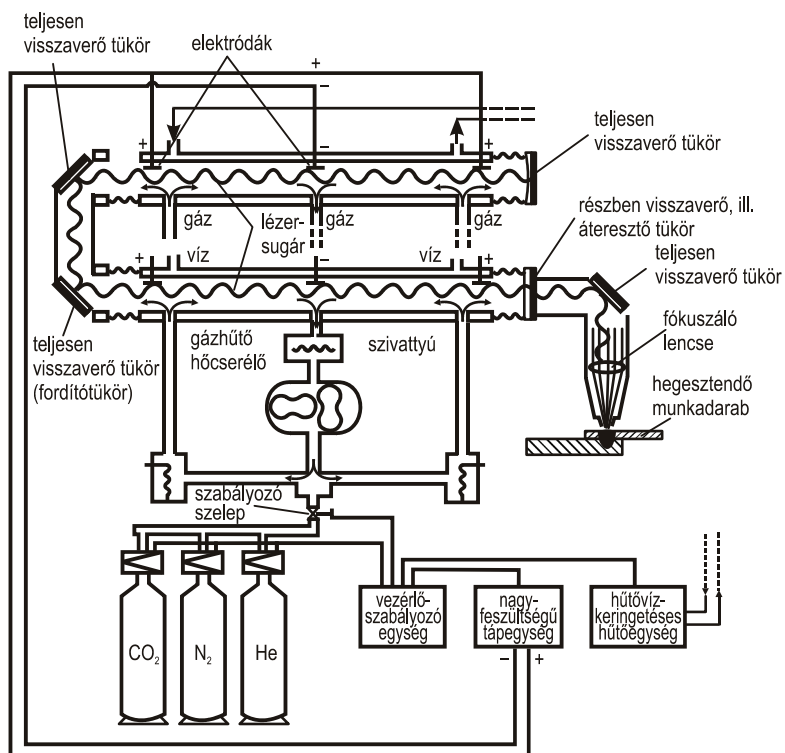
Lézeres (vagy lézersugaras) hegesztés eljárásváltozatai:

a) Eljárásváltozatok a lézersugárzást kibocsájtó anyag, illetve a gerjesztés módja szerint:

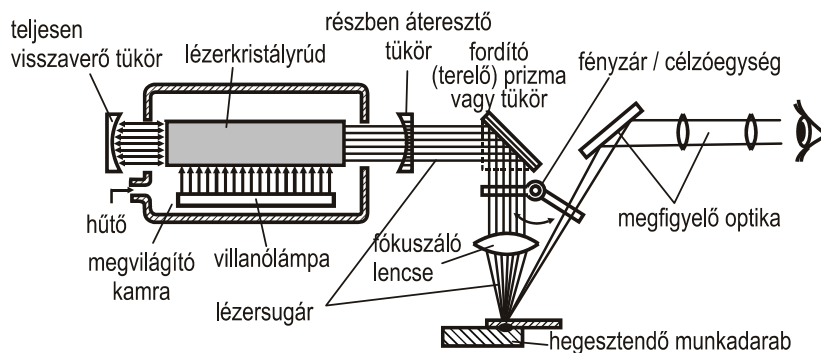
- **gáz-** (pl. 10,6 μm -es hullámhosszúságú sugárzást produkáló CO_2 -, pontosabban $\text{CO}_2+\text{N}_2+\text{He}$ -gázkeverék) **lézeres hegesztés** vagy **522-es számjelű eljárás** (**1.73/a. ábra**) elektromos gázkisülés közben fellépő elektronütközéses gerjesztéssel: üveg-, kvarc-, kerámiacsövekben, kis nyomáson, állandó gázcserélődést biztosító hossz- vagy keresztáramoltatással megvalósuló hegesztés;
- **szilárdtest-** (pl. 1,06 μm -es hullámhosszúságú sugárzást produkáló Nd:YAG-, vagyis $\text{Nd}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ -) **lézeres hegesztés** vagy **521-es számjelű eljárás** (**1.73/b. ábra**) optikai szivattyúzással (fénygerjesztéssel): Xe- vagy Kr-villanólámpákkal, nagynyomású Hg-gőz lámpával, hosszúívű Xe- vagy Kr-kisülési lámpákkal, jód-kvarc lámpával gerjesztett hegesztés;
- **dióda-** (pl. 0,9–1,03 μm -es hullámhosszúságú sugárzást produkáló, közvetlen vagy száloptika csatolású) **lézeres hegesztés** (**1.73/c. ábra**): szennyezett

1. Hegesztés és rokon eljárások

félvezetők pn-átmeneteiben, elektron-lyuk párok előállításával megvalósuló hegesztés.



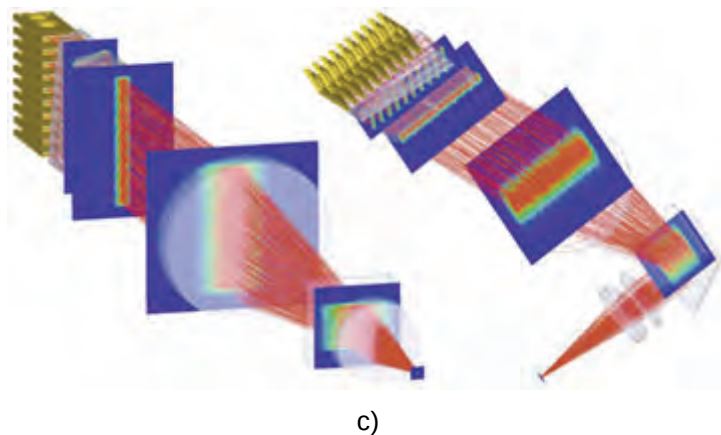
a)



b)

1.73. ábra (I.)

Lézeres hegesztés eljárásváltozatai lézertípus és gerjesztési mód szerint



1.73. ábra (II.)

Lézeres hegesztés eljárásváltozatai lézeranyag és gerjesztési mód szerint

b) Eljárásváltozatok a megvalósuló üzemmód és sugárintenzitás szerint:

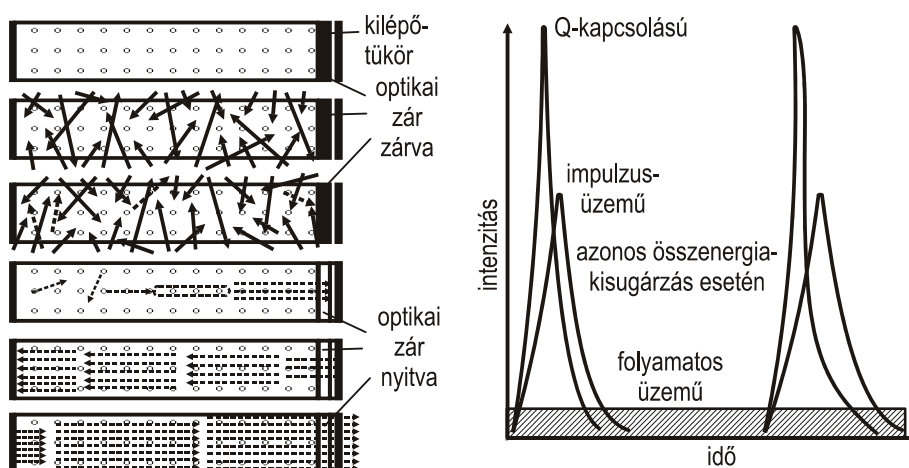
- **folyamatos üzemű lézeres hegesztés:** megfelelő névleges teljesítményű berendezéssel megvalósuló, sugárszagatás nélküli hegesztés. Például a gázlézerek kimenő teljesítménye alapvetően a gerjesztett térfogat függvénye és a folyamatos gázáramlás hatékony hűtéssel nagy teljesítmények elérését teszi lehetővé;
- **impulzus üzemű lézeres hegesztés (1.74. ábra):** olyan berendezéssel megvalósuló hegesztés, amelynél a névleges teljesítmény wattokban fejezhető ki, de mivel az impulzus időtartama rendkívül rövid is lehet, ezért a kimenő teljesítmény a névlegesnél több nagyságrenddel nagyobb lehet (igen kicsi összenergia mellett);
- **Q-kapcsolású lézeres hegesztés (1.74. ábra):** a kilépőtükör és a lézeraktív anyag közé még egy optikai zárat helyeznek el, ami mindaddig meggátolja a gerjesztett atomok indukált sugárzását, amíg a lézeranyagban lehetőleg valamennyi részecskét nem sikerült gerjesztett állapotba hozni. Pumpálás után a zár nyitásával lavinaszerűen épül fel a nagy erejű lézerhatás.

c) Eljárásváltozatok a munkadarab környezetének nyomása szerint:

- **atmoszferikus lézeres hegesztés (1.75/a. ábra):** olyan hegesztés, amelynél védőgáz-hozzávezetéssel mind az ömledék-, illetve varratvédelem, mind a képződő plazma szabályozása megoldható, így nagyobb varrat tisztaság és beolvadási mélység biztosítható;
- **részleges vákuumú lézeres hegesztés (1.75/b. ábra):** olyan hegesztés, amelyet kis kamraméret, közepes vákuum, gyors vákuumkészenléti idő jellemez, és ennek révén a varrat tisztaság javul, a beolvadási mélység is némileg növekszik, viszont a munkadarab és/vagy lézerfej manipulációs szabadsága jelentősen korlátozódik;

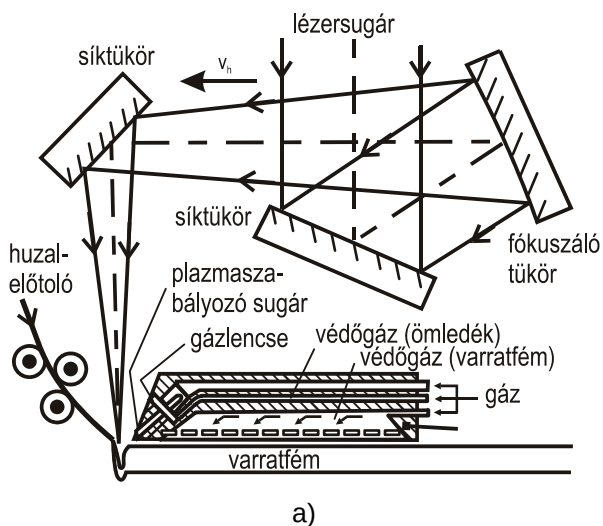
1. Hegesztés és rokon eljárások

- **nagyvákumú lézeres hegesztés (1.75/c. ábra):** olyan hegesztés, amelynél a kis nyomás miatt kevesebb plazma képződik, így a beolvadási mélység a hegesztési sebesség csökkentésével javítható, sőt reaktív anyagok hegesztése is lehetővé válik.



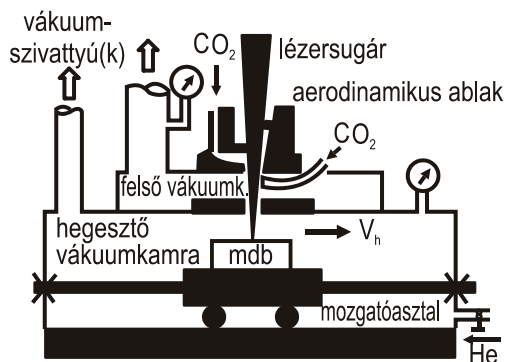
1.74. ábra

Lézeres hegesztés eljárásváltozatai üzemmód és sugárintenzitás szerint

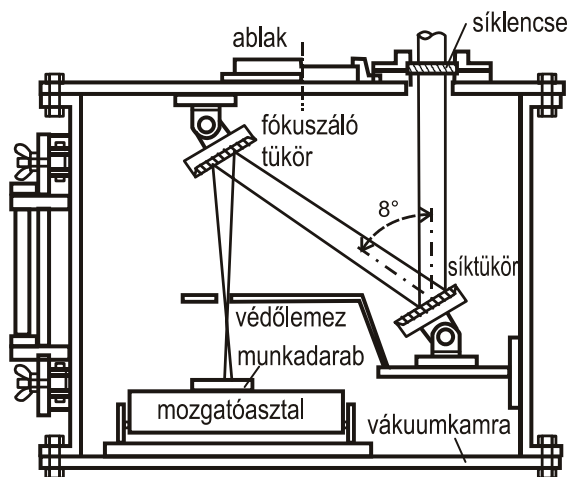


1.75. ábra (I.)

Lézeres hegesztés eljárásváltozatai környezeti nyomás szerint



b)



c)

1.75. ábra (II.)

Lézeres hegesztés eljárásváltozatai környezeti nyomás szerint

d) Eljárásváltozatok hozaganyag-alkalmazás szerint:

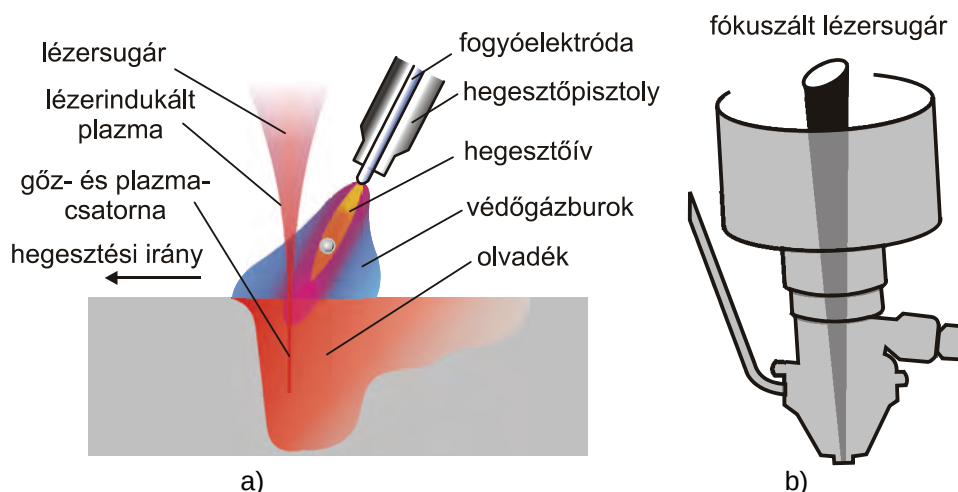
- **hozaganyag adagolás nélküli lézerhegesztés (1.73/a. ábra):** vékonyabb anyagok kötőhegesztése;
- **huzaladagolásos lézerhegesztés (1.75/a. ábra):** olyan hegesztés, amelynél az adagolt hegesztőhuzal bekeveredése jól szabályozható és alacsony mértéken tartható a teljesítmény változtatása révén;

1. Hegesztés és rokon eljárások

- **poradagolásos lézerhegesztés:** olyan hegesztés, amelynél a felrakandó port a tárolótartályból egy adagoló juttatja a fókuszolt lézersugár által érintett munkadarab-felületre.

e) Eljárásváltozatok más eljárásokkal való kombinálás szerint:

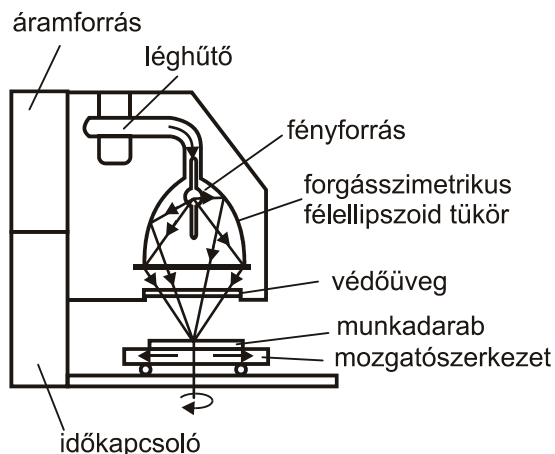
- **MIG/MAG-lézer- (hibrid-)hegesztés (1.76/a. ábra):** a mélyebb beolvadású lézerhegesztés és a jobb résáthidaló-képességű fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés célszerű kombinálása;
- **plazmalézer- (hibrid-)hegesztés:** a plazmaívhegesztés és a lézerhegesztés társításával végzett ömlesztő hegesztés, melynek további két alváltozata:
 - elkülönített lézer- és plazmafejjel megvalósuló elrendezés, közös munkafelületre irányítva;
 - közös hatásvonalú elrendezés, melyben a fókuszolt lézersugárzás hozzávezetése a volfrámelektroda kúpos üregén (1.76/b. ábra), illetve a plazmaíven keresztül valósul meg.



1.76. ábra

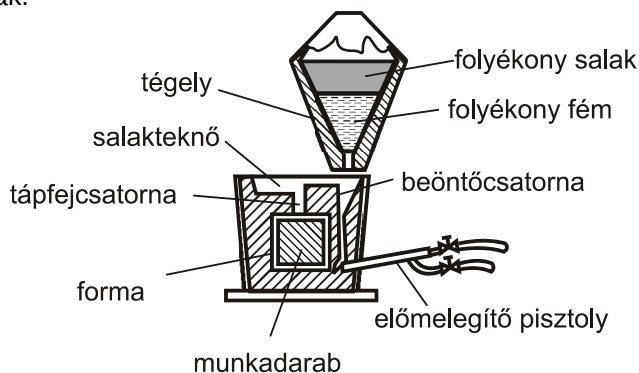
Lézeres hegesztés eljárásváltozatai más eljárásokkal való kombinálás szerint

A **75-ös számjelű fénysugaras hegesztés (1.77. ábra)** esetében gázkisüléssel fényforrás (xenon- vagy higanygőzlámpa) nagy hőmérsékletű (kb. 8000 °C) pontszerű plazmáját forgásszimmetrikus félellipszoid tükör segítségével optikailag kis felületre – a hegesztés helyén – leképezik. A fényforrás az egyik fókuszban helyezkedik el, a tükör a hősugarakat a másik fókuszba gyűjti össze. A hevítés a fénysugárzás abszorpciója révén jön létre.



1.77. ábra
Fénysugaras hegesztés

A **71-es számjelű ömlesztő termithegesztés** vagy **aluminotermikus hegesztés** során termitporból ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al}$) termitreakcióval (a vas-oxidot redukálja az alumínium) létrehozott reakciótermékek ($2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$) hőtartalmát használják az összekötendő anyagrészek megömlesztéséhez. A létrejött olvadékot a hézaggal illesztett és előmelegített formával közrefogott munkadarabvégek közé juttatják (**1.78. ábra**). A szintén előmelegített munkadarab-homlokfelületek megolvadnak, és a hegesztőanyaggal együtt dermedve kohéziós kötést hoznak létre, pl. sínek helyszíni hegesztésekor. Dermedés és lehűlés után a formát lebontják.

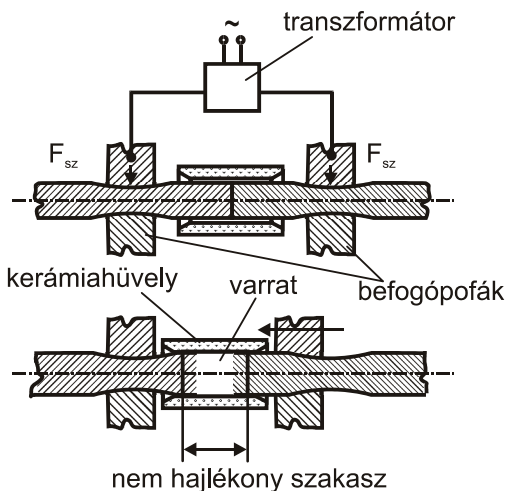


1.78. ábra
Ömlesztő termithegesztés

Sodronyok kötésére szolgáló **kamrás hegesztéskor** (**1.79. ábra**) az összenyomott sodronyokon nagy erősségű áramot vezetnek át, hogy az

1. Hegesztés és rokon eljárások

érintkezési zónát megolvassza. A megolvadt anyag határolására egy kerámiahüvely szolgál. Bizonyos mértékű (tengelyirányú összetolás) – amelynek során a megolvasztott anyagot nem nyomják ki a kötési övezetből – után megdermedő varratfém az elemi szálakra rákristályosodva kohéziós kapcsolatot eredményez.



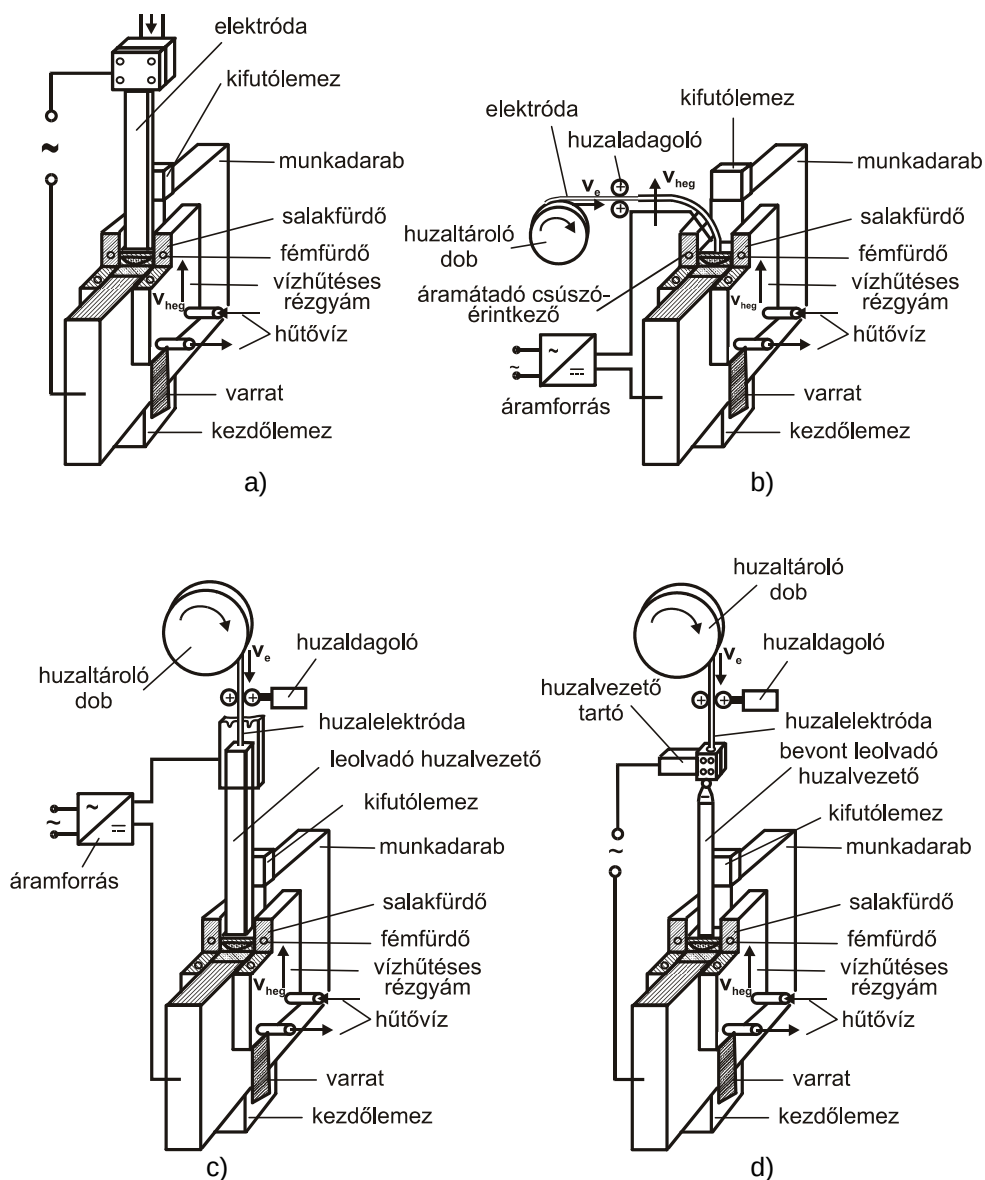
1.79. ábra
Kamrás hegesztés

A **72-es számjelű villamos salakhegesztéskor** vagy **elektrosalakhegesztéskor** a varratömladék védelmét ellátó, fedőporból ívvel képzett folyékony salak – az ívköznél jobb elektromos vezetőképessége révén – az ív kialakása után zárja az áramkört, és benne Joule-hő fejlődik. A kb. 2300 °C-ra felhevülő salak a folyamatosan előtolt elektródát, valamint keskeny sávban a beállított munkadarabokat megolvasztja, majd a dermedés után hegesztett kötés jön létre. Az eljárás nagy vastagságú darabok függőleges irányú (kényszerhelyzetű) egyenes varratainak hegesztésére alkalmas. A viszonylag nagy méretű varratömladék megtartását, illetve dermedését a varratképződéssel szinkronban mozgatott vízhűtési rézgyám teszi lehetővé. Az alkalmazott elektróda kialakítása alapján megkülönböztethető:

- **merevelektrodás villamos salakhegesztés**, melynél a teljes varrat elkészítéséhez elegendő keresztmetszetű, illetve hosszúságú egyenes, nem tekercselhető elektródát, továbbá salakképző fedőport alkalmaznak (**1.80/a. ábra**);
- **huzalelektrodás villamos salakhegesztés**, ahol folyamatosan, hosszkorlátozás nélkül előtolható, tekercselhető elektródahuzalt + fedőport alkalmaznak (**1.80/b. ábra**);
- **leolvadó huzalvezetős villamos salakhegesztés**, amely kombinálja az előző két eljárásváltozatot (**1.80/c. ábra**);

1. Hegesztés és rokon eljárások

- **bevont leolvadó huzalvezetős villamos salakhegesztés**, ahol a huzalvezető leolvadó bevonata eredményezi a salakot, nem kell külön fedőport adagolni (1.80/d. ábra).



1.80. ábra
Villamos salakhegesztés eljárásváltozatai

1. Hegesztés és rokon eljárások

1.1.4. Hegesztési hozag- és segédanyagok

Ezek az anyagok szorosan kötődnek a hegesztési eljárásokhoz, hiszen elvüket és elnevezésüket is meghatározzák. A hozaganyagok általában ömlesztő hegesztéskor megolvadnak, az alapanyag megolvadó részével összekeverednek, és így beépülnek a megdermedő varrat anyagába. Különbséget szokás tenni elektródák és pálcák között. Az elektródák a rajtuk átfolyó áram hatására, míg a pálcák külső hőforrás révén olvadnak meg.

A segédanyagok – elsősorban a védőgázok – nem épülnek be a varrat anyagába, viszont meghatározzák annak képződési körülményeit, metallurgiai folyamatait, és lehetővé teszik a hegesztő hőforrás (pl. az ív), a megolvadó, majd megdermedő anyagrészek védelmét a környezeti atmoszféra nemkívánatos hatásaitól.

A hozaganyag az alapanyaghoz igazodik, hogy kémiai és mechanikai jellemzőivel azonos varratfém-összetételt eredményezzen. Különleges esetekben azonban ettől el lehet térni, és az alapanyag tulajdonságait figyelembe véve – vagy egymástól eltérő alapanyagokhoz – olyan jobb, különleges tulajdonságú hozaganyag választható, amelynek varratfémje az adott sajátos körülményeknek megfelel. Ilyen pl. az ötvözetlen és erősen ötvözött acélok ún. fekete-fehér kötéseéhez a 18 8 (18% Cr + 8% Ni) ötvözettségű elektródák használata.

Az olyan gyártmányokhoz, amelyekkel szemben különleges elvárásokat támasztanak, pl. hajó, nyomástartó edény, daru stb., általában előírják, hogy csak hivatalos minősítésű, ún. approbált hozag-, illetve segédanyagot szabad használni. A katalógusokban erre vonatkozóan hivatkozások vannak, pl. hajóregiszter, illetve a vasút és más minősítők által kiadott jelölések, amelyek a hozaganyag használhatóságának körét behatárolják, pl. az alapanyag, hegesztési helyzet stb. tekintetében is.

A hozaganyagok többféle szempont szerint választhatók:

- az alapanyag szerint: ötvözetlen, gyengén ötvözött, erősen ötvözött acélhoz, nemvasfémhez (Al, Cu, Ni, Ti stb.), alakított termékhez (pl. csőhöz);
- a hegesztési technológia szerint: gépi vagy kézi hegesztéshez, kötő- vagy felrakóhegesztéshez, hegesztési helyzet, hidrogéntartalom stb. szerint;
- a munkadarab (termék) igénybevétele szerint: statikus, dinamikus, fárasztó stb. igénybevételhez.

Az adott hozaganyaggal képzett ömledékből vegyelemzéssel meghatározzák a „járatos” hegesztési jellemzők (munkarend) alkalmazása esetén várható vegyi összetételt. Ezt a felhasználónak a kiválasztáshoz ismernie kell, mert ennek ideális esetben meg kell egyeznie az alapanyag összetételével. Ezeket az értékeket a katalógusok általában tartalmazzák. Ismerni kell a különféle mikroötvözők (stabilizálók) és szennyezők mennyiségét is, továbbá a varratfém diffúzióképes hidrogéntartalmát.

Mechanikai tulajdonságokként a katalógusban az ömledékekből képzett – „tisztá” leolvasztott hozaganyagból készített –, próbatesteken mért eredmények is

1. Hegesztés és rokon eljárások

találhatók. Előfordul, hogy valamilyen alapanyag felhasználásával készített kötések is mérik a szilárdsági jellemzőket, de ezt külön jelölik.

Minden elektródán, illetve hozaganyag-csomagoláson (pl. dobozon, csévéen stb.) a hozaganyagra vonatkozó jelölés található, amelynek egyeznie kell a katalógus jelölésével, illetve a rendelésben megadottal. Általában kétféle jelölés használatos: a nemzetközi szabványokon, ajánlásokon alapuló jelrendszeren kívül a gyártó saját jelrendszert is használ. A kölcsönös megfeleltetés a hozaganyag-katalógusban megtalálható.

A csomagolásnak elsősorban védelmi szerepe van, a felhasználónak viszont gazdaságos, célszerű kezelést tesz lehetővé. Felesleges pl. túl nagy csomagolásban rendelni, ha a felhasználás során napi vagy egy-egy műszakra bonthatóan adagolható csak a hozaganyag (pl. egy tekercs vagy két doboz egy műszakra). Így az anyag jobban megőrzi állapotát.

Az **1. táblázatban** a fontosabb hozaganyagok magyar (MSZ = Magyar Szabvány), európai (EN = EuroNorm), illetve nemzetközi (ISO = International Standard Organisation) szabványaira, a **2. táblázatban** pedig ezen szabványok jelölésrendszerének értelmezésére vonatkozó áttekintés szerepel. Fontos megjegyezni, hogy a szabványok érvényessége, jelölése, tartalma változhat, ezért a következőkben felvonultatott információk elsősorban szemléltető például szolgál(hat)nak, bemutatva a szabványos jelölésrendszerek formai és tartalmi sajátosságait.

1. táblázat. Fontosabb európai hozaganyag-szabványok

eljárás (hozag- anyag)	ötvöztelen és finom- szemcsés acélokhoz	nagy- szilárd- ságú acélokhoz	meleg- szilárd acélokhoz	korrozíó- és hőálló acélokhoz	öntött- vasakhoz	nikkelhez és ötvözetei- hez	titánhoz és ötvözetei- hez
111 (bevont elektróda)	MSZ EN ISO 2560	MSZ EN 757	MSZ EN ISO 3580	MSZ EN 1600	MSZ EN ISO 1071	MSZ EN ISO 14172	MSZ EN ISO 14343
141 (hegesztő- pálca)	MSZ EN ISO 636	EN ISO 16834	MSZ EN ISO 21952	MSZ EN 1600	-	EN ISO 18274	-
131, 135 (huzal- elektróda)	MSZ EN ISO 14341	EN ISO 16834	MSZ EN ISO 21952	MSZ EN ISO 14343	-	MSZ EN ISO 18274	-
136, 137 (porbeles elektróda)	MSZ EN ISO 17632	MSZ EN ISO 18276	MSZ EN ISO 17634	MSZ EN ISO 17633	-	-	-
121 (huzal- elektróda)	MSZ EN 756	MSZ EN ISO 14295	MSZ EN ISO 24598	-	-	-	-
311 (hegesztő- pálca)	MSZ EN ISO 12536	-	MSZ EN ISO 12536	-	-	-	-

1. Hegesztés és rokon eljárások

2. táblázat (I.): Európai hozaganyag-szabványok jelölésrendszere

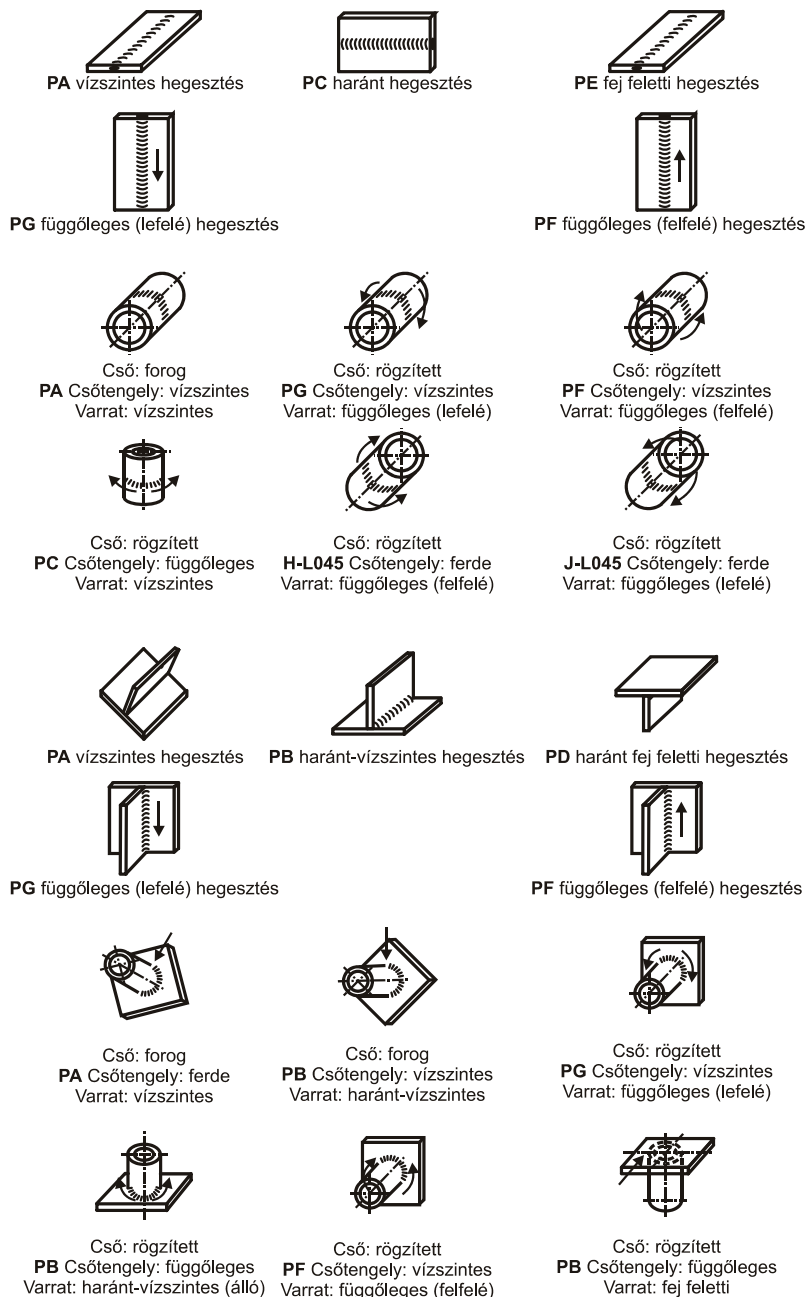
Termék/hegesztési eljárás rövidített jelölése			
Rövidített jelölés	Leírás		
E	Kézi ívhegesztés		
G	Védőgázas hegesztés tömör huzalelektrodákkal		
W	Volfrámelektrodás védőgázas hegesztés		
T	Védőgázas hegesztés porbeles huzalelektrodákkal		
S	Fedőpor alatti hegesztés		
O	Gázhegesztés		
P	Plazmahegesztés		
Hegesztési ömledék szilárdsági és nyúlási tulajdonságainak mutatószáma			
Mutató-szám	alsó folyáshatár: R _{eL min} (N/mm ²)	szakítószilárdság: R _m (N/mm ²)	szakadási nyúlás A _{5 min} (%)
35	355	440–570	22
38	380	470–600	20
42	420	500–640	20
46	460	530–680	20
50	500	560–720	18
55	550	610–780	18
62	620	690–890	18
69	690	760–960	17
79	790	880–1080	16
89	890	980–1180	15
Szilárdsági és nyúlási tulajdonságok mutatószáma gyök- és visszafaragott gyöksornál			
Mutató-szám	Ömledék minimális folyáshatára (N/mm ²)	Ömledék minimális szakítószilárdsága (N/mm ²)	
2T	275	370	
3T	355	470	
4T	420	520	
5T	500	600	
Heganyag ütőmunka-mutatószáma			
Mutatószám	Hőmérséklet (°C), ütőmunka > 47J (1 próbánál kisebb lehet, de > 32J)		
Z	+20		
A	0		
0	–20		
3	–30		
4	–40		
5	–50		
6	–60		
7	–70		
8	–80		

2. táblázat (II.): Európai hozaganyag-szabványok jelölésrendszere

Feszültségcsökkentett állapot rövidített jelölése		
Rövidített jelölés	Leírás	
T	Mechanikai tulajdonságok 260–600 °C/1 óra/kemence/300 °C/levegőhűtés után	
	Mechanikai tulajdonságok hegesztési állapotban	
Kihozatal és áramnem mutatószáma		
Mutató-szám	Kihozatal [%]	Áramnem
1	≤105	váltakozó és egyenáram
2	≤105	egyenáram
3	>105, de ≤125	váltakozó és egyenáram
4	>105, de ≤125	egyenáram
5	>125, de ≤160	váltakozó és egyenáram
6	>125, de ≤160	egyenáram
7	>160	váltakozó és egyenáram
8	>160	egyenáram
Hegesztési helyzetek mutatószáma		
Mutató-szám	Leírás	
1	Minden helyzetben	
2	Minden helyzetben, kivéve PG	
3	Tompá varrat PA helyzetben, sarokvarrat PA és PB helyzetben	
4	Tompá varrat PA helyzetben, sarokvarrat PA helyzetben	
5	PG helyzetben, valamint a 3-as mutatószámnál leírt helyzetekben	
Hegesztési varrat diffúzióképes hidrogéntartalmának jelölése		
Mutató-szám	Maximális hidrogéntartalom (ml/100 g ömledék)	
H5	5	
H10	10	
H15	15	
Védőgáz jelölése		
Mutató-szám	Védőgáz típus	
M	Keverék védőgáz, de hélium nélkül	
C	Szén-dioxid védőgáz	
N	Védőgáz nélkül	

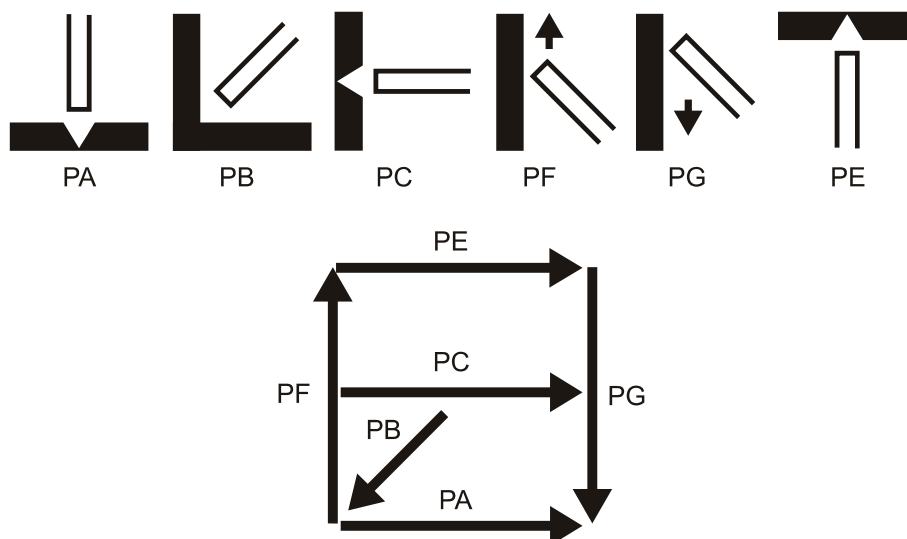
Az **1.81. ábra** az előző táblázatban hivatkozott hegesztési pozíciók értelmezését és jelölési lehetőségeit mutatja be.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.81. ábra (I.)

Tompá- és sarokvarratos kötések hegesztési helyzetei és jelölésük



1.81. ábra (II.)

Elektrodák hegesztési helyzetre való alkalmasságának szimbolikus jelölése

Bevont ívhegesztő elektródák

A bevont elektróda kis karbon tartalmú ötvözetlen vagy ötvözött acélhuzalból és ásványi, valamint szerves anyagokból a maghuzalra sajtolat bevonatból áll. Az elektródák névleges (maghuzal)átmérője növekvő sorrendben 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,25 – 4,0 – 5,0 – 6,0 – 8,0 mm, hossza 200 – 250 – 300 – 350 – 450 mm lehet. A kézi bevont ívhegesztő elektródák bevonata jelentősen befolyásolja a vízszintes, függőleges stb. helyzetben való alkalmazhatóságot vagy a különleges jellemzőket (pl. csőhegesztésre való alkalmasságot), a kihozatali tényezőt (pl. nagy hozamú elektródák), a varrat alakot, az ívgyújtási képességet, a salakképzést, salakleválást, fröcskölési hajlamot stb.

A bevonat alkotói:

- Bázikus salakképzők: méspát, mészkő (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), folyópát (CaF_2), bárium-karbonát (BaCO_3), mangánérc (MnO₂, Mn₂O₃, MnCO₃), vasérc (Fe₂O₃, Fe₃O₄), nátrium-karbonát (Na_2CO_3), hamuszír (K_2CO_3).
- Savas salakképzők: SiO₂-ásványok (kovaföld, kvarcliszt), szilikátok (földpát, azbeszt, csillám, talkum, gránit), titánérc (TiO₂, FeO·TiO₂ vagy FeTiO₃).
- Redukálók és ötvözők: ferromangán, ferroszilícium, ferrotitán, egyéb vasötvözetek (Fe-Cr, Fe-V, Fe-Mo, Fe-W, Fe-Mn-Si stb.), grafit, szénpor, alumínium.
- Köötanyagok és gázképzők: vízüveg (nátrium-szilikát), kaolin, cellulóz stb.

1. Hegesztés és rokon eljárások

A bevonat feladatai:

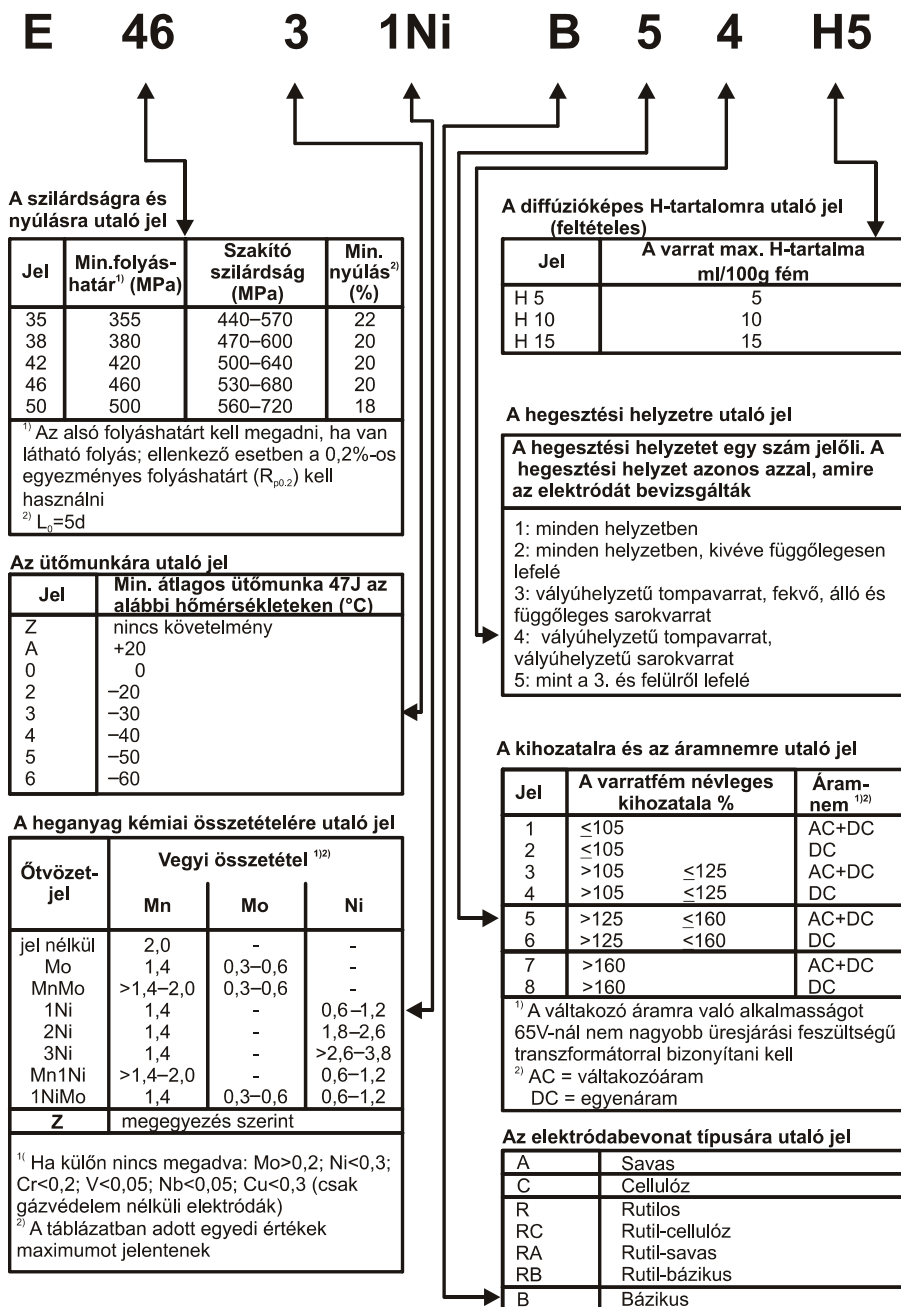
- Az elektróda bevonata elősegíti az ív gyújtását és újragyújtását, az ív stabilitását. Ilyen hatásúak az ív hőmérsékletén elektront könnyen leadó földfémek és alkálifémek, illetve ásványaik, pl. kaolin, dolomit, magnezit stb. A bevonatalkotók a nagy hőmérséklet hatására elgőzölögnek, illetve ionizálódnak és növelik az ív elektromos vezetőképességét, ezáltal stabil és nyugodtan égő ív alakul ki.
- A bevonat alkotói védőgázt képeznek, aminek egyik fontos szerepe a folyékony fémfürdő és a leolvadó csepp levegőtől való védelme, a fémátvitel elősegítése. Gázképző alkotók a földfémek és alkáli fémek karbonátjai, továbbá a grafit, a faszén, a cellulóz és egyéb szerves anyagok, amelyek a hegesztéskor CO₂-ot fejlesztenek.
- A salakképző alkotók közül fontosak a vas- és a mangánérc, a kvarc, a rutil (TiO₂), a mészpát és a dolomit. A salakot kezelhetőnek tekintjük, ha jól elkülönül a folyékony fémtől, az ívvel terelhető, nem folyik az ív elé. A varratfelületen képződő salak lassítja a lehűlést, és véd az oxidáció ellen.
- A bevonat anyaga pótolja a hegesztéskor kiégő ötvözőket (pl. C, Si, Mn), a hegfürdőt dezoxidálja, ötvözi, növeli a fajlagos leolvadást (pl. vasportartalmú bevont elektródák használata esetén).
- A káros szennyezők (S, P), illetve gázok (H, N) eltávolítását, lekötését, ún. raffinálását a bevonatban lévő folyópát, mangán, kalcium, ritkaföldfémek, illetve oxidjaik végzik.

A **3. táblázatban** a bevont elektródák európai jelölésének felépítése látható egy példán keresztül. Az **1.82. ábrán** pedig a legszélesebb körben alkalmazott bevont elektródák osztályba sorolása szerepel.

3. táblázat. Bevont elektróda jelölésének felépítése

Rövidített jelölés	Leírás
Hegesztési eljárás, hegesztőanyag	
E	Termék/hegesztési eljárás rövidített jelölése
Mechanikai tulajdonságok, heganyag összetétel	
55	Heganyag szilárdsági és nyúlási tulajdonságainak mutatószáma
3	Heganyag ütmunka-mutatószáma
MnMo	Heganyag vegyi összetételére vonatkozó jelölés
Hegesztési segédanyagok	
B	Bevonattípus rövidített jelölése
T	Feszültségcsökkentett állapot rövidített jelölése
Nem kötelező rész – Kiegészítő adatok	
4	Kihozatal és áramnem mutatószáma
2	Hegesztési helyzetek mutatószáma
H10	Hegesztési varrat diffúzióképes hidrogéntartalmának jelölése

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.82. ábra

Bevonat nélküli és finomszemcsés acélokhoz

1. Hegesztés és rokon eljárások

A bevonat vastagságát a bevonattényező fejezi ki, ami a bevont elektróda és a maghuzal átmérőjének aránya: ha kisebb, mint 1,2, akkor vékony, ha 1,2 és 1,55 közötti akkor közepesen vastag, ha nagyobb, mint 1,55, akkor vastag a bevonat.

A bevonattípusokat és jellemzőiket a **4. táblázat** foglalja össze.

4. táblázat. Bevonattípusok és jellemzőik

A bevonat		Az elektróda leolvadási jellemzői
betűjele és típusa	fő alkotói	
A savas (vékony és vastag)	Vas-oxid (érccek) Ferromangán	Ha vastag bevonatú, igen finom cseppes, „forró” jellegű, hígfolyós, de melegrepedésre érzékeny
R rutilos (vékony és közepesen vastag)	Rutil (TiO_2)	A leolvadás durvától közepes cseppig; jó kényszerhelyzetű hegesztéshez és vékony lemezekhez
RR rutilos (vastag)	Rutil	Közepestől finom cseppesig; szép varratalak, jó az ív újragyújthatósága, sokoldalúan használható
AR rutil-savas (vastag)	Rutil Vas-oxid	Finomcseppes, hígfolyós, könnyű a salak eltávolítása, egyenletes varratfelület
C cellulóz (közepesen vastag)	Cellulóz (szerves anyagok)	Kényszerhelyzetű hegesztéshez kiváló (csövekhez); forró jellegű, közepes cseppekben olvad le
R(C) rutil-cellulóz (közepesen vastag) RR(C) rutil-cellulóz (vastag)	Rutil, cellulóz Rutil, cellulóz	Középcseppes; jó kényszerhelyzetben, igen egyenletes varratfelület, alkalmas felülről lefelé
RR(B) rutil-bázikus (vastag)	Rutil, mészpát	Közepestől finom cseppesig; kedvező minden helyzetben, jó mechanikai tulajdonságok
B bázikus (vastag)	Alkáliföldfémek karbonátjai (mészkő, folypát stb.)	Hidegelektróda, közepes cseppek; igen kedvező 0°C alatti hőmérsékleten
B(R) bázikus (nem bázikus alkotókkal)	Mészpát, folypát, rutil	Jó ütőmunka, repedésmentes varrat; váltakozó árammal is leolvasztható

Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés hozaganyagai

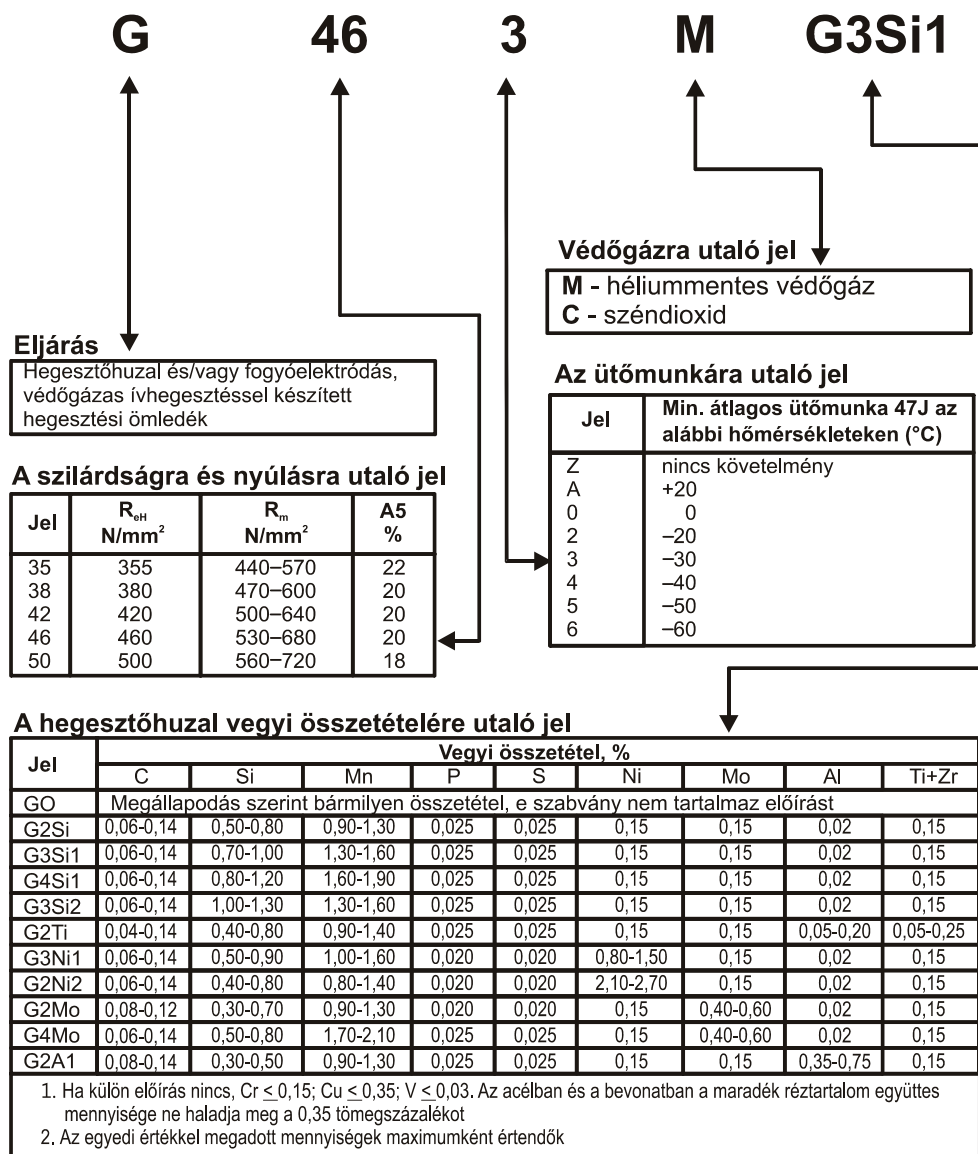
A huzalelektródák jellemző átmérője 0,6 – 0,8 – 1,0 – 1,2 – 1,6 – 2,0 – 2,4 mm lehet, a növekedés irányába csökkenő minimális szakítószilárdsággal: $R_m = 1000, 900, 850, 700, 650, 600$ MPa. A **5. táblázat** huzalelektródák és hegesztőhuzalok jelölésének felépítését szemlélteti.

5. táblázat. Huzalelektródák és hegesztőhuzalok jelölésének felépítése

Termék, eljárás jele	Szilárdsági tulajdonságok jele*	Ütőmunka jele*	Védőgáz jele*	Vegy összetétel jele
1.	2.	3.	4.	5.
Ötvöztelen finomszemcsés acélok				
G	46	3	M	G3Si1
Nagy szilárdságú acélok				
G	62	6	M	Mn4Ni1Mo
W	55	6		Mn4Ni1Mo T
Melegsziárd acélok				
				CrMo1
S				CrMo1
W				CrMo1
Korrózió- és hőálló acélok				
G				19 12 3 L Si
W				20 10 3
1. A szabvány és a termék/eljárás jele 2. A többrétegű hegesztéssel készített ömledék szilárdsági tulajdonságaira és szakadási nyúlására utaló jel* 3. A hegesztési ömledék ütővizsgálatának hőmérsékletére utaló jel* 4. A védőgáz jele* 5. A hegesztési ömledék vegyi összetételére utaló jel				
<i>Megjegyzés:</i> A *-gal jelölt rész a melegsziárd, illetve a korrózió- és hőálló hegyanyagot adó huzalok, illetve pálcák esetében elmarad				

A **1.83. ábrán** a széles körben alkalmazott hegesztőhuzalok osztályba sorolása szerepel.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.83. ábra

Hegesztőhuzalok ötvözetlen és finomszemcsés acélokhoz

1. Hegesztés és rokon eljárások

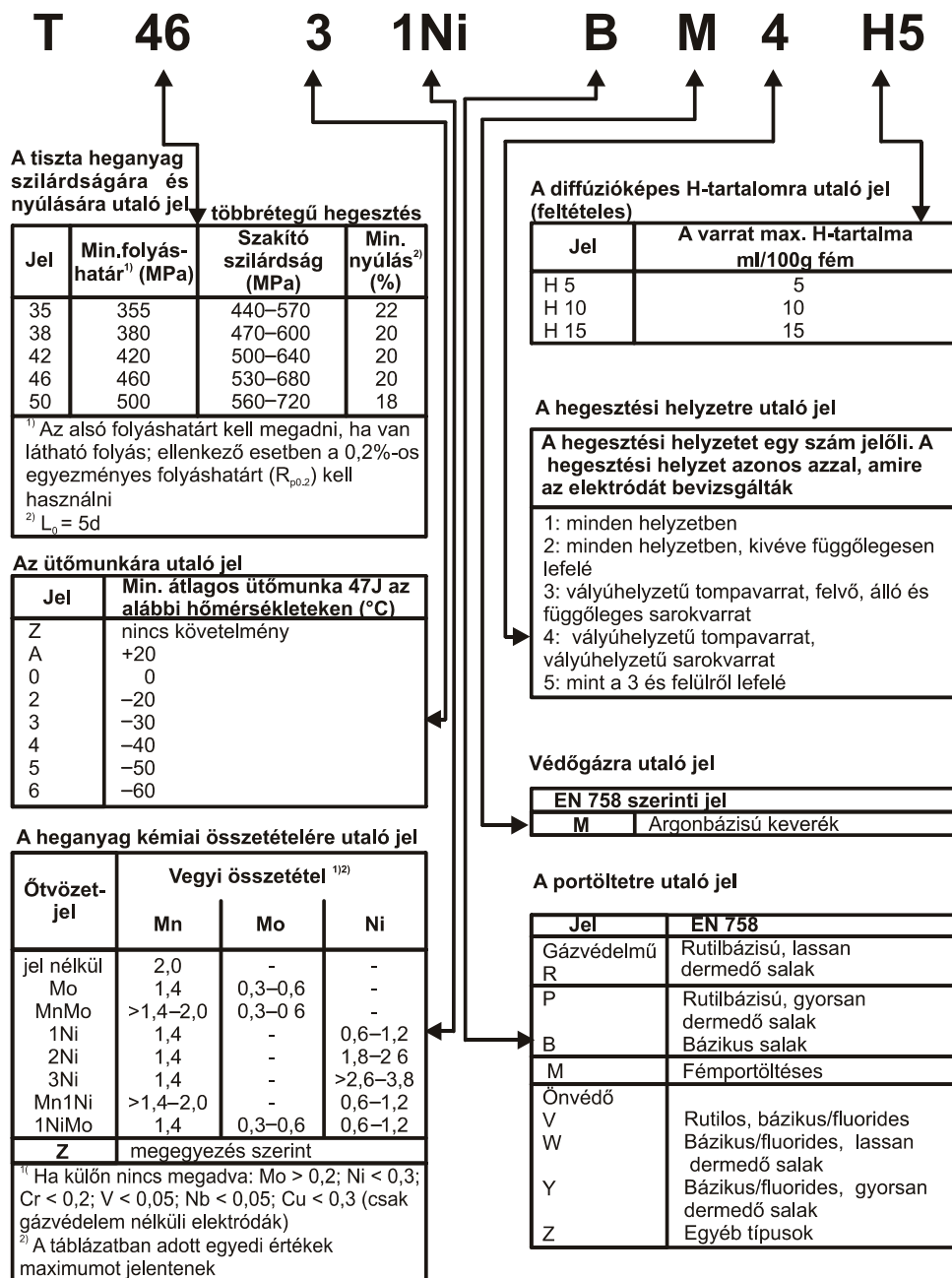
Nagy szilárdságú acélok védőgázos eljárásainál alkalmazott tömör huzalelektrodák, hegesztőhuzalok és -pálcák vegyi összetételére utaló jelöléseket a **6. táblázat** tartalmazza.

6. táblázat. Nagy szilárdságú hegesztőhuzalok vegyi összetételének jelölése

Jel	Vegyi összetétel, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Többi egyéb összesen
Z	Megállapodás szerint bármilyen összetétel, e szabvány nem tartalmaz előírást									
Mn3NiCrMo	0,14	0,60-0,80	1,30-1,80	0,015	0,018	0,40-0,65	0,50-0,65	0,15-0,30	0,30	0,25
Mn3Ni1CrMo	0,12	0,40-0,70	1,30-1,80	0,015	0,018	0,20-0,40	1,20-1,60	0,20-0,30	0,35	0,25 V=0,05-0,13
Mn3Ni1Mo	0,12	0,40-0,80	1,30-1,90	0,015	0,018	0,15	0,80-1,30	0,25-0,65	0,30	0,25
Mn3Ni1,5Mo	0,08	0,20-0,60	1,30-1,80	0,015	0,018	0,15	1,40-2,10	0,25-0,55	0,30	0,25
Mn3Ni1Cu	0,12	0,20-0,60	1,20-1,80	0,015	0,018	0,15	0,80-1,25	0,20	0,30-0,65	0,25
Mn3Ni1MoCu	0,12	0,20-0,60	1,20-1,80	0,015	0,018	0,15	0,80-1,25	0,20-0,55	0,30-0,65	0,25
Mn3Ni2,5CrMo	0,12	0,40-0,70	1,30-1,80	0,015	0,018	0,20-0,60	2,30-2,80	0,30-0,65	0,30	0,25
Mn4Ni1Mo	0,12	0,50-0,80	1,60-2,10	0,015	0,018	0,15	0,80-1,25	0,20-0,55	0,30	0,25
Mn4Ni2Mo	0,12	0,25-0,60	1,60-2,10	0,015	0,018	0,15	2,00-2,60	0,30-0,65	0,30	0,25
Mn4Ni1,5CrMo	0,12	0,50-0,80	1,60-2,10	0,015	0,018	0,15-0,40	1,30-1,90	0,30-0,65	0,30	0,25
Mn4Ni2CrMo	0,12	0,60-0,90	1,60-2,10	0,015	0,018	0,20-0,45	1,80-2,30	0,45-0,70	0,30	0,25
Mn4Ni2,5CrMo	0,13	0,50-0,80	1,60-2,10	0,015	0,018	0,20-0,60	2,30-2,80	0,30-0,65	0,30	0,25

A **1.84. ábrán** a széles körben alkalmazott porbeles huzalok osztályba sorolása látható.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.84. ábra

Porbeles huzalok ötvözetlen és finomszemcsés acélokhoz

Volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztő pálcák

A hegesztőpálcák 1 – 1,2 – 1,6 – 2 – 2,4 – 3 – 3,2 – 4 – 5 mm átmérővel, általában 1000 mm hosszban készülnek. Jelölésük és vegyi összetételük a **7. táblázat**ban található (T = Tungsten = volfrám).

7. táblázat. Volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztő pálcák

Jel	C	Si	Mn	P _{max.}	S _{max}	Mo	Cr
T I	0,06–0,13	0,5–0,8	1,0–1,3	0,025	0,025	0,15	0,15
T II	0,06–0,13	0,7–1,0	1,3–1,6	0,025	0,025	0,15	0,15
T III	0,08–0,12	0,5–0,8	0,9–1,3	0,02	0,02	0,02	0,15
T IV	0,08–0,14	0,5–0,8	0,8–1,2	0,02	0,02	0,4–0,6	1,0–1,3
T V	max. 0,1	0,5–0,8	0,8–1,2	0,02	0,02	0,9–1,2	2,3–3,0

Fedett ívű hegesztés hozag- és segédanyagai

Előállításuk szerint vannak olvasztott, szinterezett és ragasztott fedőporok. A szinterezett porok jelentősége egyre csökken. Ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok hegesztésekor a fedőpor MnO-tartalmának és a hegfürdő Mn-tartalmának van jelentősége, elsősorban a melegrepedési veszélyt fokozó kén megkötése szempontjából. A fedőporok összetételéről a **8. táblázat** tájékoztat.

A fedett ívű hegesztéshez használt huzalokat az egyéb huzaloktól nagyobb tisztaságuk különbözteti meg. A huzal anyaga lehet ötvözetlen, gyengén vagy erősen ötvözött acél, valamint nemvasfém. A huzalt a jobb áramátadás és korrózióállóság végett gyakran réz- vagy bronzbevonattal készítik, és tekercsekben szállítják (egy tekercsen kb. 20–30 kg huzal van).

A huzal kémiai összetétele jelentősen befolyásolja az alapanyag–fedőpor–huzal között végbemenő fémtani folyamatokat. Adott fedőporhoz nem választható tetszőleges minőségű huzal, mert ellenőrizhetetlen kiégések képződnek. Az ötvözetlen, illetve gyengén ötvözött acélok hegesztéséhez 0,1%-nál kisebb széntartalmú, 1–3% mangánnal (gyengén) ötvözött hegesztőhuzal alkalmas. A **1.85. ábra** a fedőpor/huzal kombinációk, míg az **1.86. ábra** a fedőporok jelölésrendszerét mutatja be.

1. Hegesztés és rokon eljárások

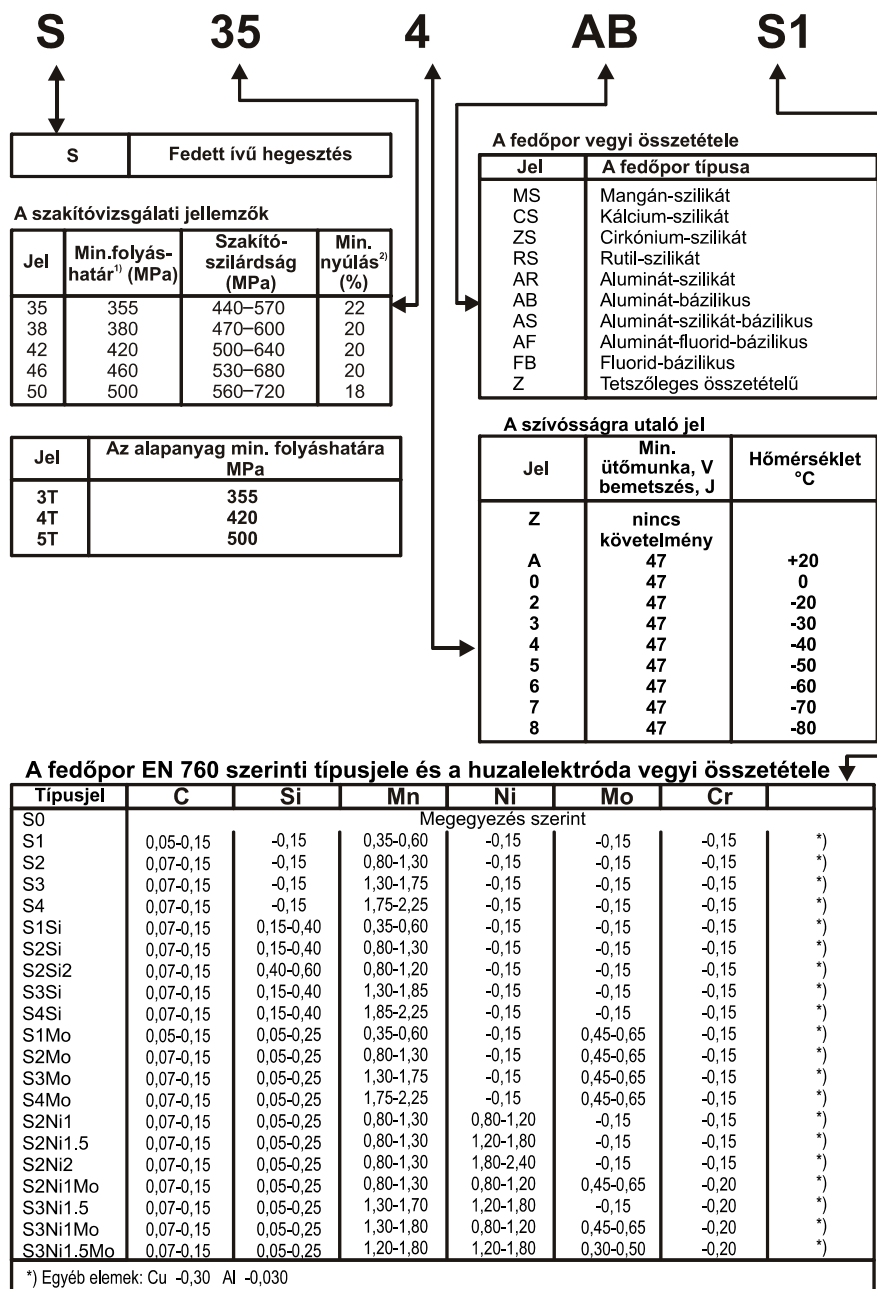
8. táblázat. Fedőporok összetétele

Jelölés	Főbb alkotók		
MS Mangán-szilikát	MnO+SiO ₂ CaO	min. max.	50% 15%
CS Kalcium-szilikát	CaO+MgO+SiO ₂ CaO	min. min.	60% 15%
ZS Cirkónium-szilikát	ZrO ₂ +SiO ₂ +MnO ZrO ₂	min. min.	45% 15%
RS Rutil-szilikát	TiO ₂ +SiO ₂ TiO ₂	min. min.	50% 20%
AR Aluminát-rutilos	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	min.	40%
AB Aluminát-bázikus	Al ₂ O ₃ +CaO+MgO Al ₂ O ₃ CaF ₂	min. min. max.	40% 20% 22%
AS Aluminát-szilikát-bázikus	Al ₂ O ₃ +SiO ₂ +ZrO ₂ CaF ₂ +MgO ZrO ₂	min. min. min.	40% 30% 5%
AF Aluminát-fluorid-bázikus	Al ₂ O ₃ +CaF ₂	min.	70%
FB Fluorid-bázikus	CaO+MgO+MnO+CaF ₂ SiO ₂ CaF ₂	min. max. min.	50% 20% 20%
Z	tetszőleges összetételű		

A hozaganyagok kezelésének, tárolásának néhány szempontja:

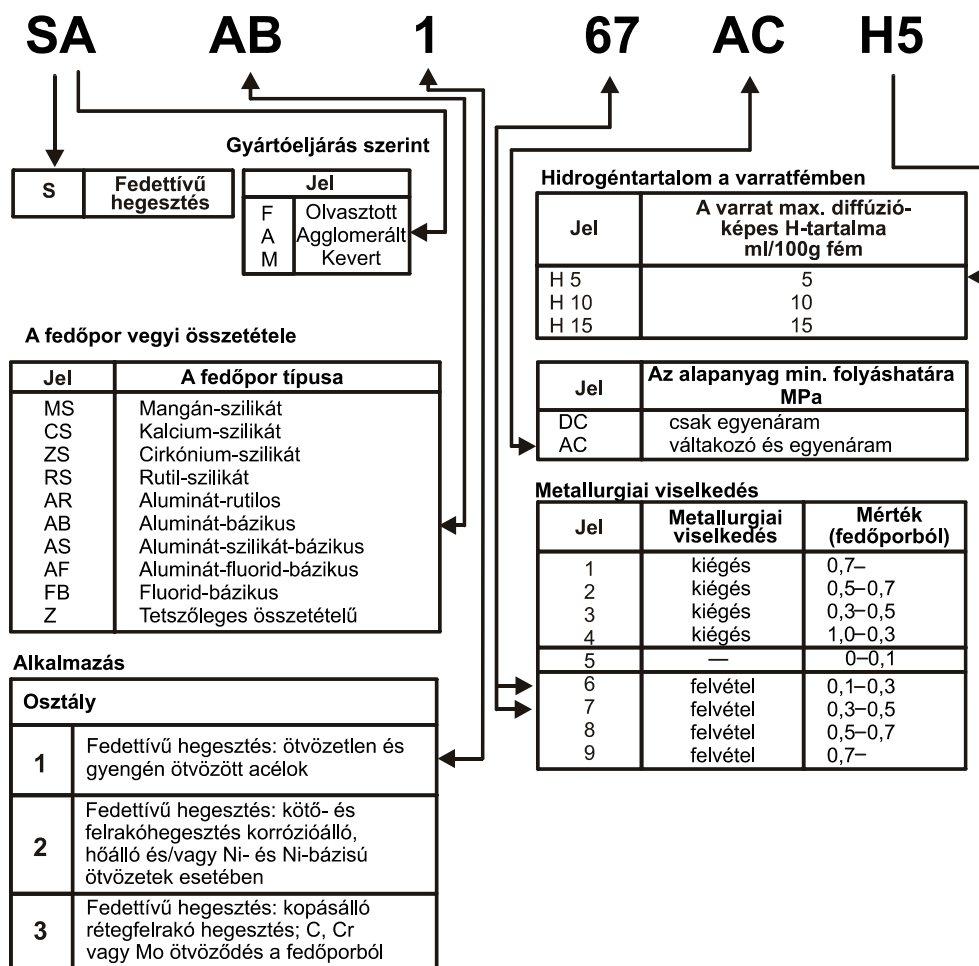
- gyártó előírásainak betartásával;
- időjárás viszonyaitól védett (száraz, lehetőleg fűtött) térben, hőmérséklet (min. 15 °C) és páratartalom (max. 60%) ellenőrzésével, szellőztetési lehetőséggel (a kondenzvíz-lecsapódás elkerülése érdekében);
- polcokra (rakodólapokra) rendezés eredeti csomagolásban, minőség, méret és beérkezés szerint (padlón vagy fal mellett való tárolás nem ajánlott);
- mindig a legrégebbi anyagot kell kiadni, naprakész nyilvántartást vezetve a fogyásról;
- kizárólag akklimatizált huzalokkal végezzék a hegesztést.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.85. ábra
Fedőpor/huzal kombinációk jelölése

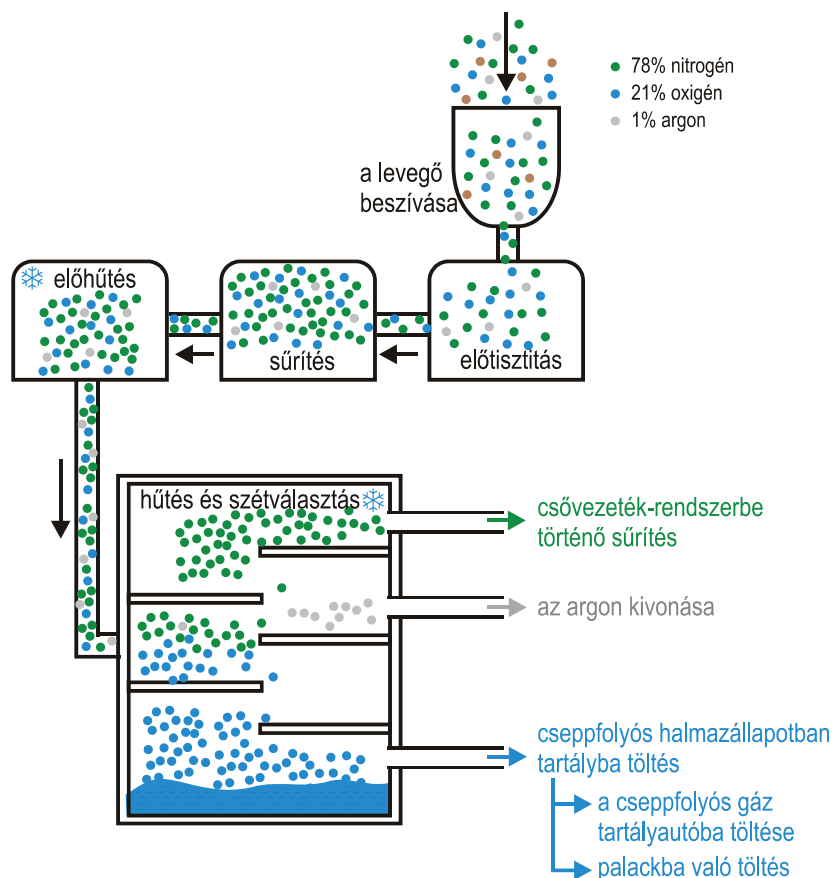
1. Hegesztés és rokon eljárások



1.86. ábra
Fedőporok jelölése

Védőgázok

A védőgáztól függ a beolvadási mélység, a varratalak, a fröcskölés, a hegesztési jellemzők, a hőbevitel, a fémtani hatások (pl. ötvözők kiégése) és a termelékenység. A kötés minősége alapvetően a védőgáz és a hozaganyag kölcsönös megválasztásától, összehangolásától függ. Ezzel kapcsolatban mérlegelni kell, hogy a meglevő eszközök milyen gázellátást tesznek lehetővé, pl. célszerű-e központi gázellátást megvalósítani, vagy megfelel a helyi palackos megoldás egyedi gázkeverőkkel. Meg kell választani a megfelelő keverési arányt az alapanyag, a vastagság, a varrat külalakja, a beolvadási mélység stb. figyelembevételével. A védőgáz-mennyiség beállítására általában elfogadható, hogy a percnkénti átfolyási érték a huzalátmérő 10–12-szerese. A hegesztés szempontjából fontos semleges argongáz előállítását szemlélteti a **1.87. ábra**.



1.87. ábra

Argon védőgáz előállítása a levegő cseppfolyósításával

1. Hegesztés és rokon eljárások

A 9. táblázatban a védőgázok szabványos jelölései és komponenseik láthatók.

9. táblázat. Hegesztési védőgázok újabb szabványos jelölése

Rövidítő jelölések		Komponensek (térf. %)					
csoport	száma	Oxidáló		Semleges		Redukáló	Kismértékű reaktivitású
		CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂	N ₂
I	1			100			
	2				100		
	3			maradék*	0,5≤He≤95		
M1	1	0.5≤CO ₂ ≤5		maradék*		0.5≤H ₂ ≤5	
	2	0.5≤CO ₂ ≤5		maradék*			
	3		0.5≤O ₂ ≤3	maradék*			
	4	0.5≤CO ₂ ≤5	0.5≤O ₂ ≤3	maradék*			
M2	0	5≤CO ₂ ≤15		maradék*			
	1	15≤CO ₂ ≤25		maradék*			
	2		3≤O ₂ ≤10	maradék*			
	3	0.5≤CO ₂ ≤5	3≤O ₂ ≤10	maradék*			
	4	5≤CO ₂ ≤15	0.5≤O ₂ ≤3	maradék*			
	5	5≤CO ₂ ≤15	3≤O ₂ ≤10	maradék*			
	6	15≤CO ₂ ≤25	0.5≤O ₂ ≤3	maradék*			
M3	1	25≤CO ₂ ≤50		maradék*			
	2		10≤O ₂ ≤15	maradék*			
	3	25≤CO ₂ ≤50	2≤O ₂ ≤10	maradék*			
	4	5≤CO ₂ ≤25	10≤O ₂ ≤15	maradék*			
	5	25≤CO ₂ ≤50	10≤O ₂ ≤15	maradék*			
C	1	100					
	2	maradék	0.5≤O ₂ ≤30				
R	1			maradék*		0.5≤H ₂ ≤15	
	2			maradék*		15≤H ₂ ≤50	
N	1						100
	2			maradék*			0.5≤N ₂ ≤5
	3			maradék*			5≤N ₂ ≤50
	4			maradék*		0.5≤H ₂ ≤10	0.5≤N ₂ ≤5
O	1		100			0.5≤H ₂ ≤50	
Z	Gázkeverékek, amelyek alkotói kívül esnek a táblázatban megadott értéktartományokon, vagy a táblázatban nem szereplő komponenseket tartalmaznak**						

* az argon részben vagy egészében helyettesíthető héliummal
 ** két azonos Z csoportú gázkeverék nem cserélhető fel

Pl. a C1 védőgáz esetében egy 40 literes palackba 25 kg cseppfolyós CO₂ kerül 55 bar töltőnyomáson, melyből kilogrammonként 540 liter gáz képződik, így 25x540 = 13 500 liter CO₂ gáz van a palackban. A palackban a gáznyomás

1. Hegesztés és rokon eljárások

mindaddig változatlan, amíg cseppfolyós fázis van jelen, ezért a gázfogyás nyomon követése tömegméréssel lehetséges.

A korábbi és az újabb szabvány szerinti gázbesorolás összehasonlítása a **10. táblázat** alapján lehetséges.

10. táblázat. Korábbi és újabb szabványos gázbesorolás összehasonlítása

korábbi gázbesorolás		újabb gázbesorolás	
csoport	alcsoport	csoport	alcsoport
I	1	I	1
	2		2
	3		3
M1	1	M1	1
	2		2
	3		3
	4		4
M2	1	M2	0
			1
	2		2
	3		3
	4		4
			5
			6
	7		
M3	1	M3	1
	2		2
	3		3
			4
5			
C	1	C	1
	2		2
R	1	R	1
	2		2
F	1	N	1
	nincs ilyen		2
	nincs ilyen		3
	nincs ilyen		4
	2		5
	nincs ilyen	O	1

1. Hegesztés és rokon eljárások

Fogyóelektródás ívhegesztés védőgázai

A **11. táblázat** a különböző alapanyagokhoz javasolt védőgázokat mutatja be. A sötétszürke háttérrel jelöltek az alapgázok, a fehér háttérrel jelöltek a prémium kategóriát jelölik, míg a világosszürke háttérrel jelöltek különleges alkalmazásúak. A **12. táblázat** a védőgázok összetételének hatását mutatja be MAG-hegesztés esetében.

11. táblázat. Különböző alapanyagokhoz javasolt védőgázok

Anyagok	Ar [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	He [%]	H ₂ [%]	N ₂ [%]	NO [ppm]	gázjelölés
Ötvözetlen, illetve gyengén ötvözött szerkezeti acél		100						C1
	82	18						M21
	90	10						M21
	92	8						M21
	91	5	4					M23
	83	13	4					M24
	95		5					M22
	92		8					M22
	82	18					300	S M21
	92	8					300	S M21
	60	10		30				M21 (1)
	50	25		25				M21 (1)
	72		3	25				M22 (1)
Erősen ötvözött acél (korrózió-, saválló stb.)	97,5	2,5						M12
	99		1					M13
	97		3					M13
	78	2		20				M12 (1)
	48	2		50				M12 (2)
	67,95	0,05		30	2			M11 (1)
	84,95	0,05		10		5		S M22 (1)
Alumínium-ötvözetek	100							I1
	100						300	S I1
				100				I2
	10–70			30–90				I3
	69,97		0,03	30				M13 (1)

– ppm értelmezését lásd a 14. táblázatnál!

– A zárójelbe tett szám az argont helyettesítő héliumtartalmat jelzi: (1) 0–33%; (2) 33–66%; (3) 66–95%;

– Az S betűjel különleges (Speciális) komponensre utal

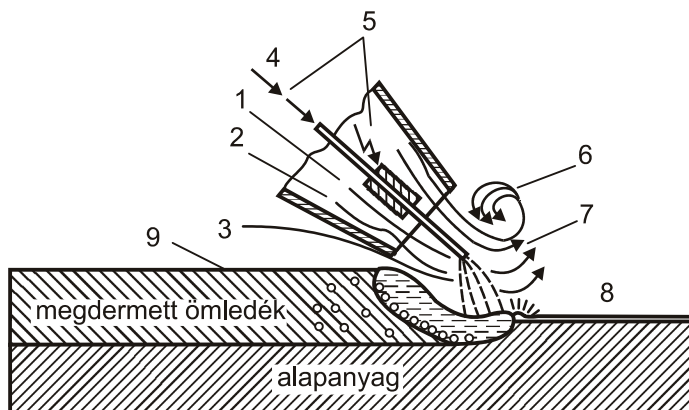
1. Hegesztés és rokon eljárások

12. táblázat. Védőgáz összetételének hatása MAG-hegesztéskor

A keveréktípusa Kritériumok	Ar+CO ₂	Ar+CO ₂ +He	Ar+O ₂	CO ₂
Beolvadás normál-helyzetben	jó	jó	kielégítő, vékony lemezeknél jó	jó
Beolvadás kényszer-helyzetű hegesztésnél	több CO ₂ -vel biztosabb	több CO ₂ -vel biztosabb	kritikus lehet a hegfürdő viszkozitása miatt	nagyon biztos
Összeolvadási hiány elkerülésének esélye	jó	He-aránnyal javul	kielégítő, hegfürdő kis viszkozitása veszélyt jelenthet	kielégítő
Oxidáció mértéke (salakképződés)	kevesebb CO ₂ -tartalommal csökken	kevesebb tartalommal csökken	nagyobb, mint ugyanolyan CO ₂ -tartalom mellett lenne	nagy
Porozitásveszély	növekvő CO ₂ -arány mellett csekélyebb	növekvő CO ₂ -arány mellett csekélyebb	a legérzékenyebb	nagyon csekély
Résáthidaló képesség	csökkenő CO ₂ -arány mellett javul	He-arány növekedésével javul	jó	rossz
Fröcskölésképződés	csökkenő CO ₂ -arány mellett kisebb	csökkenő CO ₂ -arány mellett kisebb	csekély fröcskölés	a legerősebb fröcskölés
Bemetsző hatás a varratkoronánál	csekély	a legcsekélyebb	a lemeztvastagság növekedésével nő	nagy
Hőátadás, hőbevitel	A CO ₂ -arány emelkedésével nő	A CO ₂ - vagy He-arány emelkedésével nő	a legkisebb	nagy
Különösen ajánlott ívtípusok	Rövidzárlatos ív, szórt (permetes) ív, impulzusív (max. 25% CO ₂)	Rövidzárlatos ív, szórt (permetes) ív, impulzusív (nagy-teljesítményű ívtípusok is)	szórt (permetes) ív, impulzus ív	rövidzárlatos ív

A 1.88. ábra a védőgáz ívhegesztések során előfordulható – a védőgáz funkciójának ellátását zavaró – problémákat, illetve az ömledék gázfelvételének lehetséges okait szemlélteti.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1 turbulencia túl sok védőgáz miatt; 2 túl kevés védőgáz; 3 injektorhatás (levegőbeszívódás); 4 gázfelvétel zsiros huzalból; 5 akadozó huzalelőtolás, rossz áramátmenet, helytelen hegesztési jellemzők következtében nyugtalan ív, turbulencia; 6 turbulencia fröcskölés miatt; 7 turbulencia hőfelgyülem miatt; 8 szennyeződés, rozsdás, bevonat, festék miatt gázfelvétel; 9 pórusok, gázzárványok

1.88. ábra

Védőgázos ívhegesztések során előfordulható ömledék-gázfelvétel lehetséges okai

Volfrámelektrodás ívhegesztés védőgázai

A **13. táblázat** a különböző alapanyagokhoz javasolt védőgázokat mutatja be. A sötétszürke háttérrel jelöltek az alapgázok, a fehér háttérrel jelöltek a prémium kategóriát jelölik, míg a világosszürke háttérrel jelöltek különleges alkalmazásúak.

13. táblázat. Különböző alapanyagokhoz javasolt védőgázok

Anyagok	Ar [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	He [%]	H ₂ [%]	N ₂ [%]	NO [ppm]	gázjelölés
Erősen ötvözött acél (korrózió-, saválló stb.)	100							I1
	85–70			15–30				I3
	90–98				2–10			R1
	97–98					2-3		S I3
	97				1	2		S R1
	78			20		2		S I3
Alumínium-ötvözetek	100							I1
	100						300	S I1
				100				I2
	10–70			30–90				I3
	69,97		0,03	30				M13 (1)

1. Hegesztés és rokon eljárások

Gáztisztaság mérőszámai, jelölései

A **14. táblázat** mutatja be a gáztisztaság jelölését. Mint látható, a ponttal elválasztott két szám első tagja a térfogat-százalékos gáztartalom számértékében szereplő 9-esek számát, a pont utáni tagja az utolsó 9-es után írandó számot adja meg. Például a 4.5 jelölés értelmezése: leírunk négy darab kilencet, természetesen az első kettő után tizedesvesszővel, majd a végére még egy 5-ös kerül, vagyis 99,995% gáztartalomról van szó, ami mellett 0,005% = 50 ppm szennyezés (egyéb gáz, pára) lehet. A nagyon kis mennyiségek, koncentrációk kifejezésére alkalmazzák a „part” = rész és a „per” szavak, valamint a szám nevéből származó ppm kifejezést: ppm = parts per million = $100\%/10^6 = 0,0001\%$.

14. táblázat. Gáztisztaság jelölése

	Térfogat %	O ₂ [ppm]	CO ₂ [ppm]	N ₂ [ppm]	HO ₂ [ppm]	Megjegyzés
Argon 4.5	99,995	5	—	40	35	
Argon 4.6	99,996	4	1	10	5	
Argon 4.8	99,998	3	1	5	5	
Argon 5.0	99,9990	2	0,5	5	3	„nagy tisztaságú gáz”
.....						
CO ₂ 2.5	99,5				622 (0,5 g/m ³)	ipari minőség palackban
CO ₂ 2.5	99,5				2488 (2 g/m ³)	élelmiszeripari minőség palackban
CO ₂ 2.5	99,5				124 (0,1 g/m ³)	cseppfolyós állapotban
CO ₂ 2.7	99,7				200	szén-dioxid hegesztési célra
CO ₂ 4.5	99,995	15		30	5	továbbá a CO < 1 ppm
.....						

Gázpalackok jelölése

A felhasználó részére a színjelölés a gáztöltet tulajdonságaira (éghető, oxidáló, semleges, korrodáló, mérgező) vonatkozó általános információkat adja meg (**15. táblázat**).

15. táblázat. Gázpalackok új színjelölése

Tulajdonságok	Váll színe	Példák
Mérgező és/vagy korrodáló	sárga 	ammónia, klór, arzén, fluor, CO, NO, SO ₂
Éghető (gyúlékony)	vörös 	H ₂ , metán, etilén, N ₂ / H ₂ keverék
Oxidáló (gyújtó hatású)	világoskék 	oxigén-, dinitrogén-oxid keverékek (az inhalációs keverékek nélkül)
Semleges	élénkzöld 	kripton, xenon, neon, hegesztési védőgázkeverékek, ipari célú sűrített / szintetikus levegő

1. Hegesztés és rokon eljárások

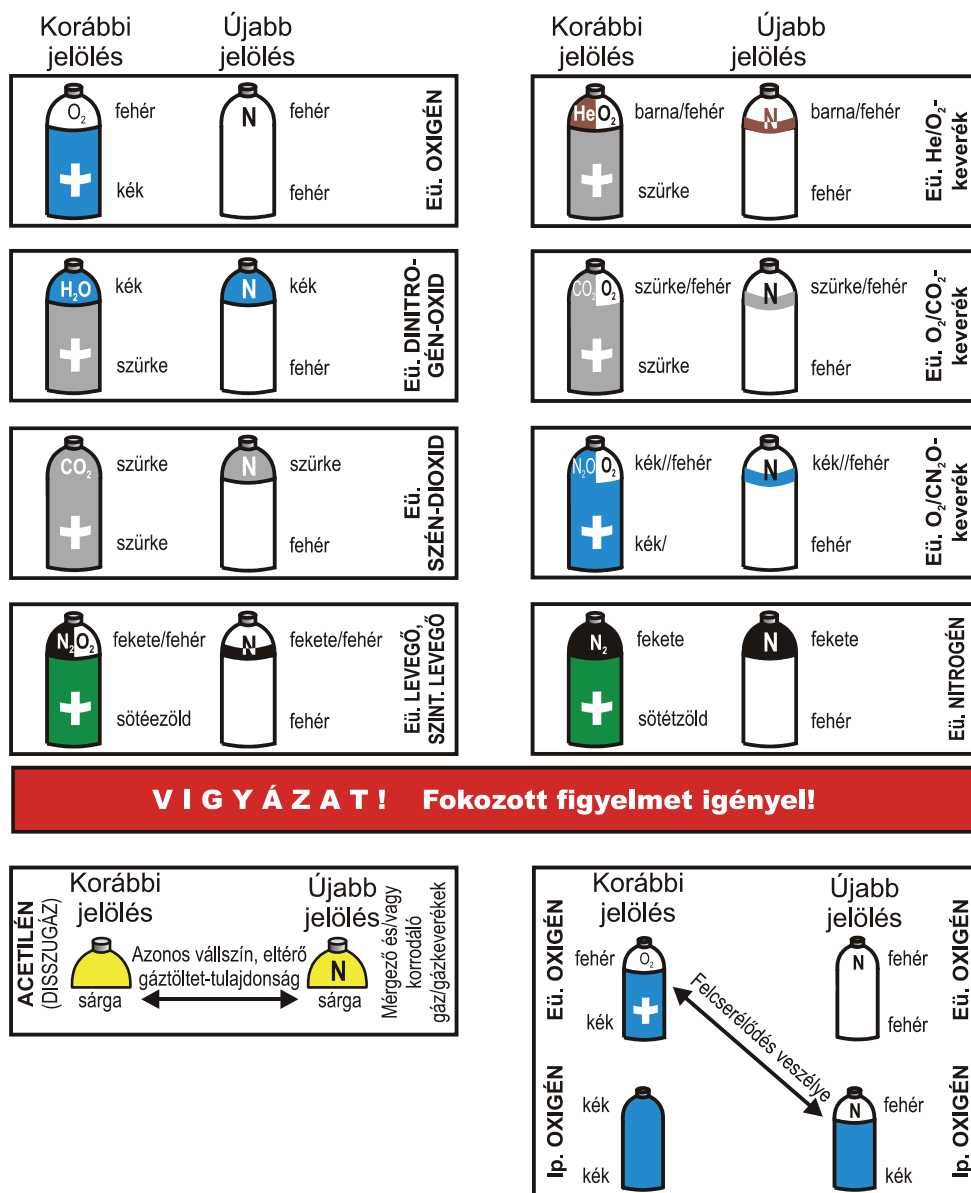
A **1.89. ábra** hasonlítja össze a korábbi és az újabb palackjelölést. Az „N” (New, Neu, Nouveau = Új) betű jelöli, ha a palackváll korábban alkalmazott színjelölése megváltozott.

Korábbi jelölés	Újabb jelölés		Korábbi jelölés	Újabb jelölés	
 kék kék	 fehér kék	ip. OXIGÉN	 szürke szürke	 élénkzöld élénkzöld	XENON, NEON
 sárga sárga	 gesztenye-barna gesztenye-barna	ACETILÉN (DISSZUGÁZ)	 vörös vörös	 vörös vörös	HIDROGÉN
 D3 mész rozsdabarna sárga rozsdabarna	 gesztenye-barna sárga	ACETILÉN (DISSZUGÁZ)	 vörös sötétzöld	 vörös szürke	FORMALÓGÁZ
 szürke szürke	 sötétzöld szürke	ARGON	 szürke szürke	 élénkzöld szürke	Ar/CO ₂ keverék
 szürke fehér fehér	 sötétzöld szürke	ARGON	 lila lila	 élénkzöld lila	SÚRÍTOTT LEVEGŐ
 sötétzöld sötétzöld	 fekete sötétzöld	NITROGÉN	 szürke szürke	 szürke szürke	SZÉN-DIOXID
 sötétzöld fehér fehér	 fekete sötétzöld	NITROGÉN	 szürke szürke	 barna szürke	HÉLIUM
 sötétzöld sötétzöld	 élénkzöld	SZINTETIKUS LEVEGŐ	 barna barna	 sárga barna	KLÓR, AMMÓNIA KÉN-DIOXID

1.89. ábra
A korábbi és az újabb palackjelölés összehasonlítása

1. Hegesztés és rokon eljárások

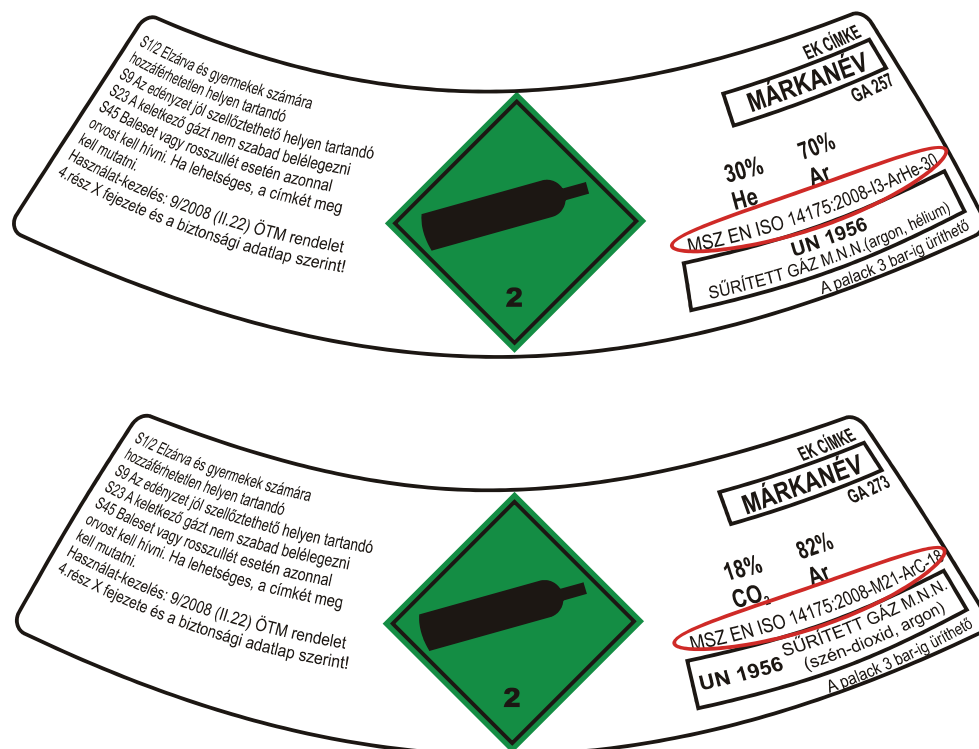
A 1.90. ábra pedig kiemeli a fokozott figyelmet igénylő jelöléseket.



1.90. ábra
Fokozott figyelmet igénylő palackjelölések

1. Hegesztés és rokon eljárások

A gázpalack töltetének elsődleges, egyértelmű, teljes körű azonosítására az általában a palack vállrészére felragasztott címke (matrica) szolgál (**1.91. ábra**).



1.91. ábra
Gázpalack vállrészére felragasztott azonosító címke

Gázhegesztés hozag- és segédanyagai

A hegesztőpálcák kis szénttartalmú ötvözetlen vagy gyengén ötvözött acélból készülnek. A kis C-tartalom az edződés, a kis S- és P-tartalom a varrat meleg-, illetve hidegpedésének elkerüléséhez szükséges. Célszerű a hegesztőpálca Si-tartalmát ugyancsak kis értéken tartani, mert a hegesztés során nagyolvadáspontú SiO₂ képződik, és a Si elégeése fröcskölést okoz. Az ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok gázhegesztőpálcáinak vegyi összetétele a **16. táblázat**ban található.

16. táblázat. Ötvöztelen és gyengén ötvözött acélok gázhegesztő hozaganyagai

Jel	Összetétel, %							
	C	Si	Mn	P _{max.}	S _{max.}	Mo	Ni	Cr
G I	0,03–0,13	0,02–0,2	0,35–0,65	0,03	0,025	max. 0,15	max. 0,15	max. 0,15
G II	0,03–0,2	0,05–0,25	0,5–1,2	0,025	0,025	max. 0,15	max. 0,15	max. 0,15
G III	0,05–0,15	0,05–0,2	0,95–1,25	0,02	0,02	max. 0,15	0,35–0,8	max. 0,15
G IV	0,07–0,15	0,05–0,25	0,8–1,2	0,025	0,025	0,45–0,65	max. 0,15	max. 0,15
G V	0,1–0,16	0,05–0,25	0,8–1,2	0,02	0,02	0,45–0,65	max. 0,15	0,85–1,2
G VI	0,03–0,1	0,05–0,25	0,4–0,7	0,02	0,02	0,90–1,15	max. 0,15	2–2,2
G VII	0,14–0,25	0,1–0,35	0,8–1,2	0,025	0,025	max. 0,15	0,65–0,9	max. 0,15

A hegesztőpálcák 1000 mm-es hosszúságban 1,6–6,3 mm átmérővel készülnek. A hegesztőpálca átmérőjét a lemezvastagságtól függően kell megválasztani. Ha a pálca túl vékony, nagyon gyorsan olvad, túlhevül, és fröcskölve jut a hegfürdőbe. Ha viszont túl vastag, akkor nehezen olvad, és nagy varratdudor keletkezik. Lágyacélok balra hegesztéséhez a hegesztőpálca átmérője $d = s/2 + 1$ mm, ahol s a lemezvastagság; jobbra hegesztéshez, ha $s < 5$ mm, akkor $d = s$ mm; ha $s = 6–12$ mm, akkor $d = 2s/3 - s/2$ mm; ha $s = 13–20$ mm, akkor $d = 2s/5$ mm.

Az acetilén a leggyakrabban használt éghetőgáz. Színtelen, szagtalan, nem mérgező, telítetlen szén-hidrogén-vegyület ($H-C\equiv C-H$), amely könnyen szétesik alkotóira, intenzív hőfejlődés közben. Az acetilén–oxigén keverék 3–93%, az acetilén–levegő keverék 3–82% acetiléntartalomnál robbanékony. Ha az acetilén nyomás alatt van, a robbanás már 0,15 MPa-nál bekövetkezhet, 11-szeres térfogat-növekedéssel. Ipari célokra acetilénfejlesztőben állítják elő, kalcium-karbid és víz reakciója során, amely heves hőfejlődéssel jár, miközben mészszipa keletkezik. Elméletileg 1 kg kalcium-karbidból 347 liter gáz fejleszthető. A gyakorlatban azonban – a karbid szemnagyságától, mennyiségétől, tisztaságától, a fejlesztő típusától stb. függően – 150–300 liter/kg gázmennyiséggel lehet számolni. Az acetilénfejlesztők gazdaságos üzeme megkívánja, hogy a megfelelő szemnagyságú karbidot használjuk. Minél kisebb szemnagyságú a karbid, annál gyengébb a gázfejlesztő képessége, de annál intenzívebb a gázfejlesztés sebessége, ami a karbid meledéséhez vezethet.

1. Hegesztés és rokon eljárások

A hegesztéshez szükséges gázokat általában acélpalackokban forgalmazzák. A palack alulról mélydomború fenekű, felül nyakszerűen kialakított edény. Alsó végén sajtolt lábrész található, hogy a palack ne dőljön el. Az acetilént 10, 20, 40, illetve 50 l térfogatú palackokban tárolják. Az acetilén jól oldódik acetonban, így 0,15 MPa-nál nagyobb nyomáson is tárolható. 15 °C-on 0,1 MPa nyomáson 1 liter vegytiszta aceton kb. 24 liter acetilént képes elnyelni. 15 liter aceton $15 \times 24 = 360$ liter acetilént nyel el. A palackot likacsos anyaggal töltik, ebbe szívatják fel az acetont. Ilyen tárolási mód esetén a nyomás veszély nélkül 1,5–1,9 MPa-ig fokozható. A palackba 16 liter acetont töltenek. 16 liter aceton 15 °C-on és 1,9 MPa nyomáson $16 \times 24 \times 19 = 7296$ liter = $7,3 \text{ m}^3$, azaz legfeljebb 8 kg acetilént képes elnyelni. A gázhegesztésre és lángvágásra szánt acetilént tároló disszugázpalackokat nem nyomásra, hanem tömegre töltik. Egy 40 literes palackba kb. 7,2 kg gázt töltenek, így a tartály nyomása a hőmérséklettől függően több vagy kevesebb is lehet.

Az oxigén színtelen, szagtalan, íztelen, nem mérgező gáz. Nem ég, de az égést táplálja. Iparilag a levegőből állítják elő a levegő cseppfolyósítása (**1.87. ábra**), majd szakaszos lepárlása során. Hegesztés céljára legalább 99,5%-os tisztaságú oxigén kell, amelyet gáz- vagy cseppfolyós halmazállapotban tárolnak és szállítanak. A gázállapotú oxigén különböző űrtartalmú krómötvöztetésű acél- (néha alumínium-) palackban kerül forgalomba. Az oxigénfogyasztás egy palackról legfeljebb 10 000 liter/h lehet. A folyékony állapotú oxigént -183 °C hőmérsékleten 10 000–25 000 liter űrtartalmú, kettős falú, szigetelt fémedényben tárolják és szállítják. Egy liter folyékony oxigén 15 °C-on, 0,1 MPa nyomáson 863 liter gáznemű oxigénné alakul át, hőfelvétel közben. Így az oxigéntartály használata nagyipari üzemekben igen gazdaságos.

A gázpalackokat szelep zárja le. Az oxigén- és a hidrogénpalack szelepe sárgarézből, míg az acetilénpalack szelepe acélból készül, szerkezetük és működésük hasonló. Eltérő azonban a nyomáscsökkentő csatlakozási és tömítési módja, a tömszelence rögzítése, valamint a szelep nyitása. Ügyelni kell a palackszelep jó tömítésére, amely szappanos oldattal végzett ecseteléssel ellenőrizhető. Az oxigénpalack szelepét óvni kell mindenféle zsiradéktól és olajtól, mert ezek az anyagok az oxigéntől meggyulladnak.

Az összecserélés megakadályozására a nyomáscsökkentő palackhoz való csatlakozása szabványos. Az oxigénpalackhoz jobbmenetes, Whitworth-rendszerű, 21,8 mm átmérőjű, 14 menet/1" menetemelkedésű anya csatlakozik. Ugyanez megfelel a CO_2 -t, sűrített levegőt, nitrogént és minden más nem éghető gázt tartalmazó palackhoz is. A hidrogén és minden más égőgáz palackjához – az acetilént kivéve – balmenetes, az előzővel megegyező átmérőjű és menetemelkedésű anyát kell használni.

1.2. Termikus és egyéb vágóeljárások

Vágáskor a szerkezeti anyagok, illetve a belőlük készített „széles” (lemezszerű) vagy „hosszú” (rúdszerű) félkész gyártmányok geometriáját az anyagfolytonosság lokalizált megszüntetésével változtatják meg. Az anyagrészecskék kapcsolódásának helyi megszakítása termikus, eróziós, alakító vagy forgácsoló vágással történhet. Ezek közül az alakító és a forgácsoló vágás szilárd, elmozduló éllel, míg a termikus és az eróziós vágás jellemzően nem szilárd, átáramló közegekkel valósul meg. Ez utóbbi esetben, ha cseppfolyós állapotú a vágóközeg, az tartalmaz(hat) kemény, apró szemcsés szilárd részecskéket is. Az alakító és az eróziós vágás számottevő hőhatás nélkül, míg a forgácsoló- és a termikus vágás jelentős hőhatással – és ezáltal bizonyos mértékű anyagszerkezet-módosulással – megy végbe. Az alakító vágást is kísér(het)i anyagszerkezet-változás a hidegalakítási keményedés következményeként. Valamennyi vágási eljárás alkalmazása során keletkezik anyagvesztés, ami a vágószerszám geometriájától, illetve a vágóközeg hatás-keresztmetszetétől függően darabolási vagy sávmaradék, forgács, termikus folyamat reakcióterméke vagy lekoptatott részecske lehet.

1.2.1. Termikus vágás és gyalulás

Termikus vágás és gyalulás során éghető gáz és oxigén keverék elégetéséből keletkező lángnak, elektromos ívnek, elektromos ív segítségével létrehozott technikai plazmának nagy hőmérsékletét vagy saját hőmérséklettel nem rendelkező fókuszolt lézersugárzás anyagbeli abszorpciójának hevítő hatását használják a vágórés, illetve horony kialakításához. Az említett közegek domináns anyagra való hatása alapján a lángvágást égető (oxidáló), az ív- és plazmavágást ömlesztő (olvasztó), míg a lézervágást gőzölögtető (párologtató) vágásnak is nevezik. Termikus vágáskor a jelentős hőhatás a vágási felület anyagszerkezetét és ezáltal tulajdonságait erősen befolyásol(hat)ja.

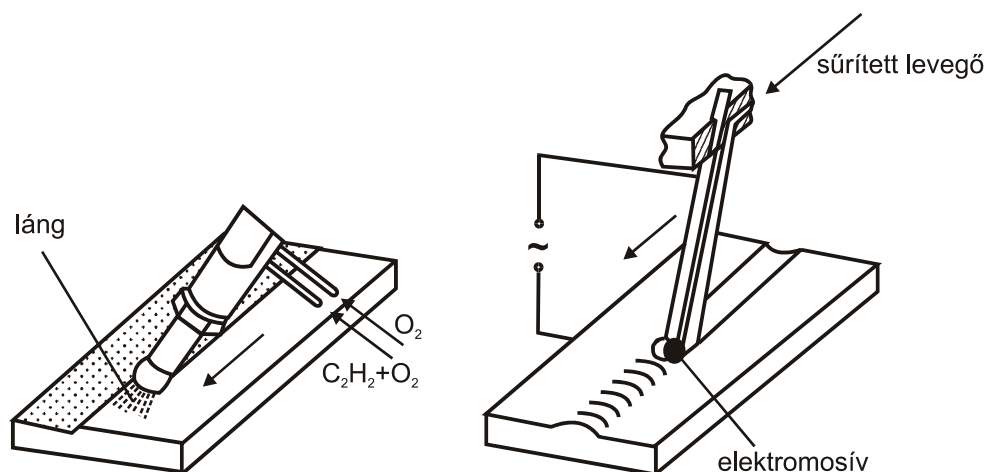
A sajtoló és az ömlesztő hegesztési eljárások szabványos jelölési rendszerének folytatásaként 8-assal kezdődnek a termikus vágás és gyalulás eljárásainak számjellei az **1.92. ábra** szerint. A termikus gyalulás (**1.93. ábra**) többek között alkalmazható:

- revéltlenítésre, rozsdaeltávolításra, szennyezett felületek leégetéses tisztítására;
- öntecsek, bugák, öntvények felületi hibákat tartalmazó rétegének ép fémes anyagig való eltávolítására;
- egy- és kétoldali U-, illetve Y-varratokhoz a lemezek előkészítésére;
- hegesztési varratgyök kimunkálására és fűzővarratok eltávolítására gyökutánhegesztés előtt;
- varrathibás helyek, illetve repedések javító hegesztésre való előkészítésére.

1. Hegesztés és rokon eljárások

TERMIKUS VÁGÁS és GYALULÁS	kisebb pontosságú vágás	nagyobb pontosságú vágás
nem olvasztó (nem ömlesztő) vágás	LÁNGVÁGÁS 81 LÁNGGYALULÁS 86	LÉZERSUGARAS VÁGÁS 84
olvasztó (ömlesztő) vágás	ÍVVÁGÁS 82 -sűrített levegővel 821 -oxigénnel 822 ÍVGYALULÁS 87 -sűrített levegővel 871 -oxigénnel 872	PLAZMAVÁGÁS 83 PLAZMAGYALULÁS 88

1.92. ábra
Termikus vágó eljárások felosztása és számjelölése



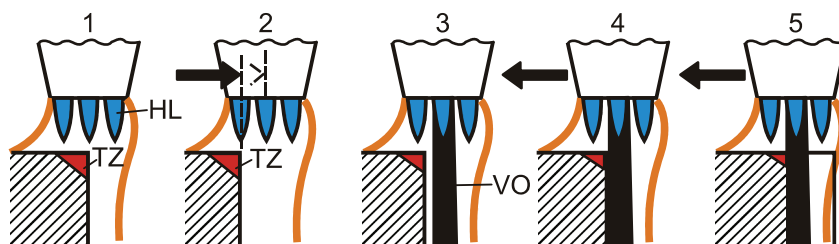
1.93. ábra
Láng- és ívgyalulás

A továbbiakban a vágó eljárásokra koncentrálna tekintjük át a termikus anyageltávolító megmunkálásokat.

A **81-es számjelű lángvágáskor** az éghető gáz + oxigén lángjával lokálisan gyulladási hőmérsékletre felhevített (előmelegített) anyagot oxigénsugárral elégetik (oxidálják), majd a keletkezett és megolvadó égéstermékeket (oxidokat) a kialakuló vágási résből oxigénsugárral kifúvatják (**1.94. ábra**).

Ezek alapján a lángvágás mint égető vágás feltételei:

- az anyag oxigénben elégethető legyen, a gyulladási (oxidációs) hőmérsékleten az égés (oxigénnel való egyesülés) önmagától bekövetkezzék;
- az anyag gyulladási (oxidációs) hőmérséklete az anyag olvadáspontjánál kisebb legyen, hogy e két érték közötti hőmérsékleten – az elégéskor fejlődő hő révén – az oxidáció tovább folytatódjék;
- az anyag képződő oxidjának (égéstermékének) olvadáspontja is kisebb legyen, mint az anyag olvadáspontja, hogy az égéstermékek híg folyós állapotba hozhatók és könnyen eltávolíthatók (kifújhatók) legyenek a keletkező vágórésből;
- az anyag égéshője (az oxidáció reakcióhője) nagy, hővezetési tényezője kicsi legyen, hogy a vágórés gyorsan kialakuljon, és keskeny maradjon.



1. felmelegítés
2. égő csekély visszahúzása
3. vágóoxigén megnyitása
4. vágás kezdete
5. vágás

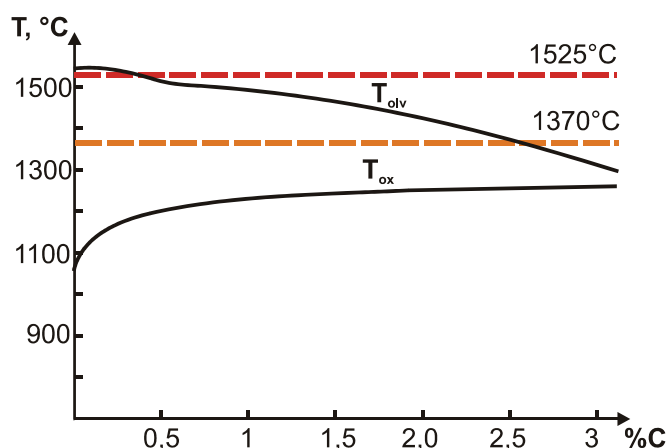
HL hevítőláng
VO vágóoxigén
TZ túlhevülési zóna

1.94. ábra
Lángvágás folyamata

Ezen lángvágathatósági kritériumoknak gyakorlatilag csak az ötvöztelen szerkezeti acélok felelnek meg (**1.95. ábra**), azok közül is a kisebb karbontartalmúak ($C < 0,25\%$). Azonban ez nem szűkíti be túlságosan az alkalmazási lehetőségeket, ugyanis ilyen acélokat igen nagy mennyiségben alkalmaznak hegesztett

1. Hegesztés és rokon eljárások

szerkezetek gyártására, melyekhez a darabolás, a „kiszabás” lángvágással előnyösen végezhető el. Tehát ezek a jól hegeszthető acélok egyben jól lángvághatóak is. Az ötvöztött acélok ötvöztetés hatására megnövelt gyulladási, illetve lecsökkent olvadási hőmérsékletük, továbbá edződési hajlamuk miatt nem vagy csak előmelegítve vághatóak lánggal.



Kémiai reakciók vasalapú anyagok lángvágásakor	Képződő oxidok olvadáspontja
$2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO} + 532 \text{ kJ}$	— 1370°C —
$6\text{FeO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 602 \text{ kJ}$	— 1525°C —
$4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{Fe}_2\text{O}_3 + 434 \text{ kJ}$	1560°C

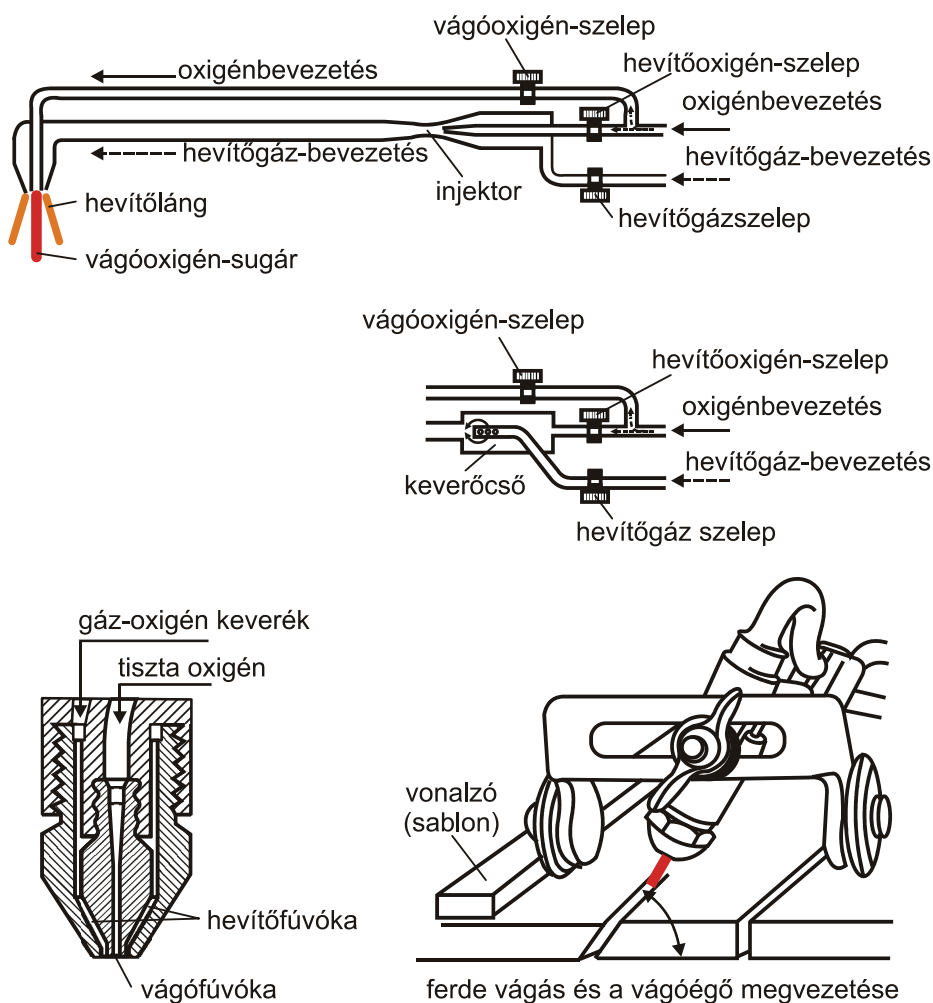
1.95. ábra
Ötvöztetlen acélok lángvágathatósági jellemzői

A lángvágathatóságnál jelentősége van a vágott felületi réteg nem kívánatos keményedésének, esetleges edződésének, illetve edződési repedések keletkezésének. Ezért a 0,3%-nál nagyobb karbontartalmú ötvöztetlen és ötvöztött acélok, továbbá nagy hőtágulási együtthatójú ötvözetek lángvágásakor a zsugorodási feszültségek kiküszöbölésére az anyagot elő kell melegíteni, és gondoskodni kell a vágott felület lassú hűtéséről. Megengedhető a vágott felület rétegének legfeljebb 30%-os martenzittartalma, illetve legfeljebb 300–350 HV-re keményedése.

Az éghető gáz leggyakrabban acetilén (C_2H_2), de alkalmaznak földgázt (túlnyomórészt CH_4), propán-bután gázt (C_3H_8 – C_4H_{10}) és hidrogéngázt (H_2) is, melyek más-más kialakítású égőfejet, illetve fúvókát igényelnek. A vágást lángvágó pisztolyokkal végzik, amelyek közül a kisnyomású változatot kézi, a nagynyomásút

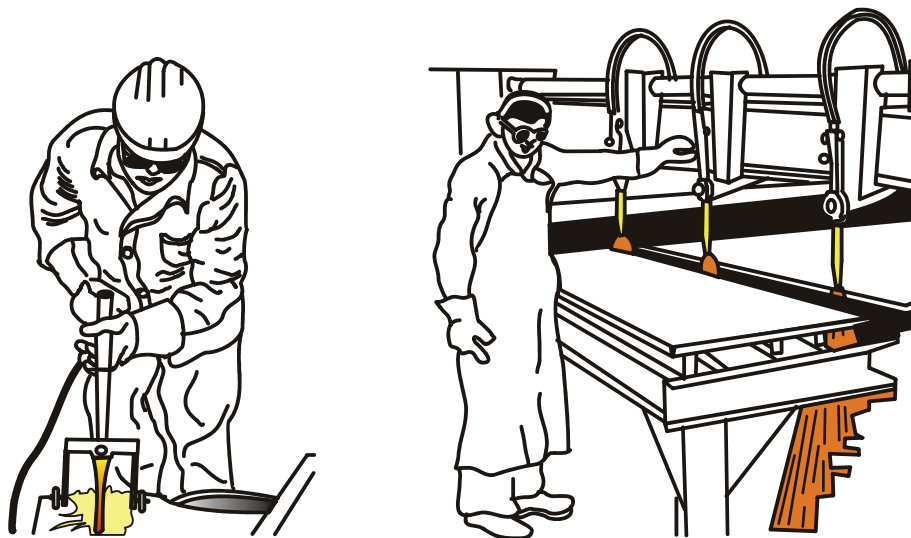
1. Hegesztés és rokon eljárások

elsősorban gépi lángvágásnál alkalmazzák (**1.96. ábra**). A kézi vágás pontossága, teljesítménye nagymértékben függ a munkavégző személyétől, ezért fokozott követelmények csak gépesített lángvágással teljesíthetők (**1.97. ábra**). Vannak mobil és helyhez kötött lángvágó berendezések, amelyek a vágóégőt megfelelő helyzetben tartják és a kívánt pályán pontosan végigvezetik, illetve lehetővé teszik több vágófej együttes működtetését, valamint a vezérelt (NC, CNC) megmunkálást is.



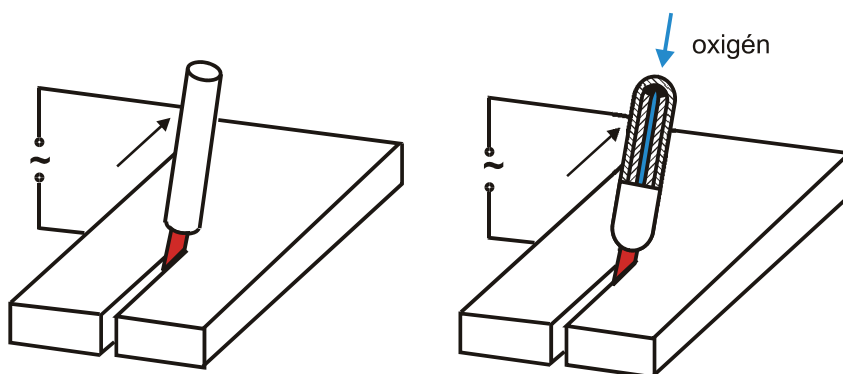
1.96. ábra
Lángvágó pisztolyok

1. Hegesztés és rokon eljárások



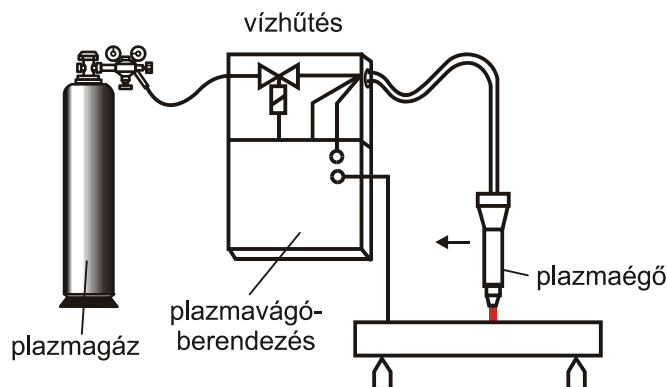
1.97. ábra
Kézi és gépi lángvágás

A **82-es számjelű ívvágás (1.98. ábra)** egyik változata a bevontelektrodás ívvágás, mely történhet tömör vagy csőelektrodával. Az első esetben a munkadarab és a tömör elektróda között létrehozott ív hatására képződő ömledéket az íverők és a gravitációs erő távolítja el a vágási résből. A második esetben az ömlesztő hatáshoz a csőelektrodán át a vágás helyére vezetett oxigén vagy levegő (21% O_2) oxidáló hatása is hozzájárul, és a vágási rést a vágóoxigén, illetve -levegő fúvóhatása alakítja ki. A grafittelektrodás ívvágás az utóbbi eljáráshoz hasonlóan – ömledékképzéssel és annak kifúvásával – valósul meg.



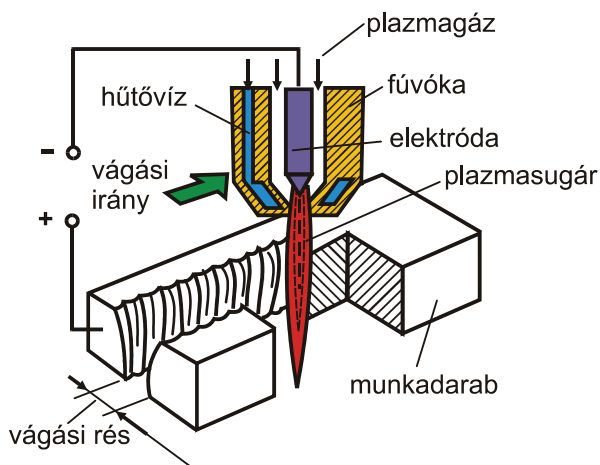
1.98. ábra
Ívvágás

A **83-as számjelű plazmavágás (1.99. ábra)** során a lánggal nem vágható anyagokat (pl. erősen ötvözött acélok, öntöttvasak, alumínium- és rézötvözetek) nagy hőmérsékletű és erősen koncentrált (kis átmérőjű, vízzel erősen hűtött fúvókán átvezetett) technikai plazma segítségével kicsi foltban igen gyorsan meg-, illetve átolvasztják, majd a vágófej folyamatos mozgatásával kialakuló keskeny vágási résből a keletkezett olvadákcseppeket kifúvatják.



1.99. ábra
Plazmavágás

Valamely gáz, illetve gázkeverék technikai (technológiai) plazmává alakításának egyik „eszköze” két elektróda között égő, nagy hőmérsékletű elektromos ív, mely „fújja” a gázt, és közben átadja a szükséges energiát (**1.100. ábra**).

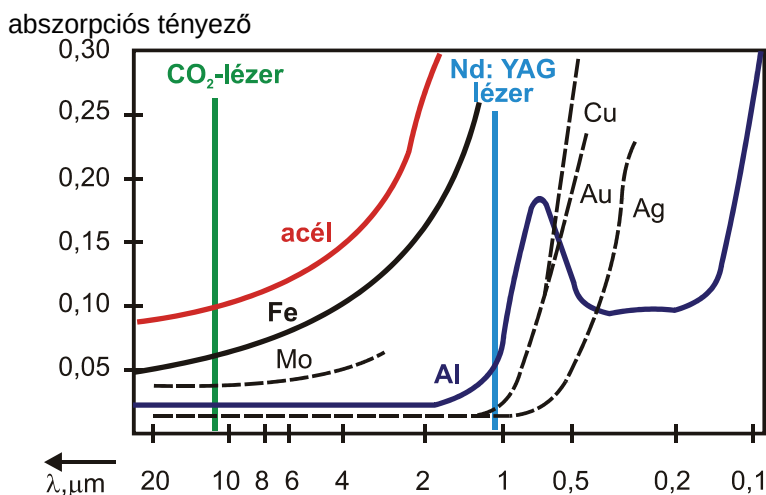


1.100. ábra
Plazmaképzés

1. Hegesztés és rokon eljárások

A plazmát létrehozó ív katódja ThO_2 -ötvöztetésű W-elektroda, anódja pedig egy gyűrűszerű vízűtéses rézfúvóka vagy a megmunkálandó anyag. A plazma hőtartalma a rézfúvóka szűkítésével tovább növelhető. A plazmavágáshoz mint ömlesztő vágáshoz használható fontosabb plazmaképző gázkeverékek: $\text{Ar}+\text{H}_2$; $\text{Ar}+\text{N}_2$; N_2+H_2 ; sűrített levegő $\approx \text{N}_2+\text{O}_2$. A nitrogéntartalmú gázkeverékekből jelentős károsanyag-emisszió (NO_2) keletkezik, ezért hatékony elszívó-, illetve szellőztetőberendezés alkalmazása indokolt. A károsanyag-emisszió és a jelentős zajszint kedvezőtlen hatásai víz alatti plazmavágással mérsékelhetők.

A lángvágás a vágórés anyagának elégetésével felszabaduló exoterm hőt hasznosítja, ezzel szemben a plazmaív összes energiátartalmát kívülről kapja, ezért elvileg minden anyag vágására alkalmazható. A lézersugárral végzett vágás szintén alkalmas minden anyag vágására, ha a koncentrált (fókuszolt) lézernyaláb – mint optikai elektromágneses sugárzás – jó abszorpciója (pl. bevonattal) megvalósul. A **1.101. ábra** a fémek abszorpciós tényezőjének változását mutatja a felületükre beeső optikai sugárzás hullámhosszának függvényében. Előnyös, ha minél jobban megközelíti az 1 (100%-os) értéket.



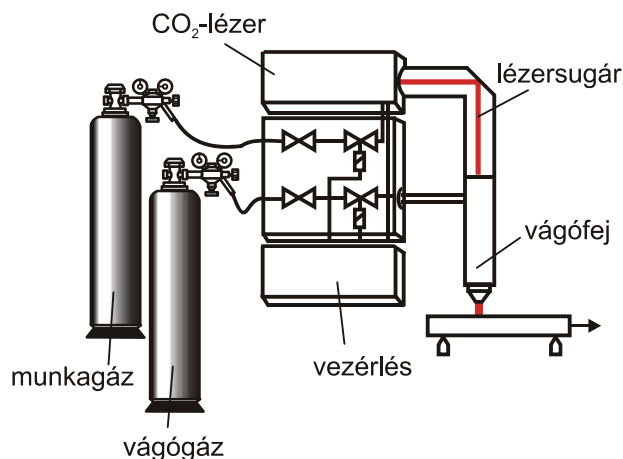
1.101. ábra

Abszorpciós tényező változása a beeső optikai sugárzás hullámhosszának függvényében

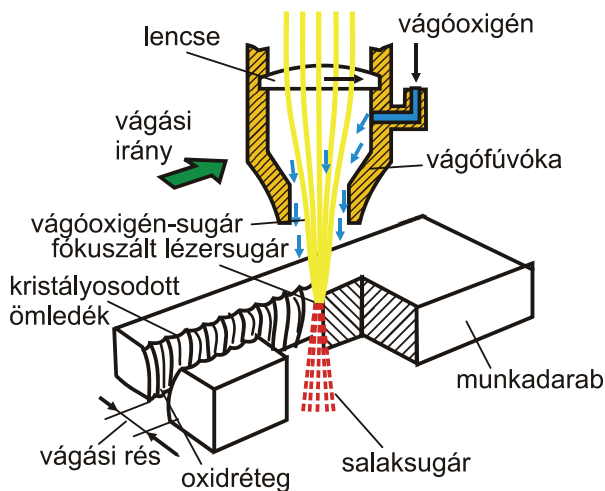
A **84-es számjelű lézervágáskor** (**1.102. ábra**) a fotonokból álló, monokromatikus (egyszínű), kis divergenciájú (közel párhuzamos nyalábú), koherens (állandó fáziskapcsolatú) fotonokból álló lézersugár fókuszolásával olyan nagy teljesítménysűrűséget ($p = P/A$ [W/mm^2]) lehet elérni, melynek hatására az anyag lokálisan megolvad és elgőzölög. Megfelelő gázsugár (pl. vágóoxigén) befúvásával a keletkező keskeny vágórésből az elgőzölögtetett anyag eltávolítható (**1.103. ábra**). A lézersugár és az anyag kölcsönhatásakor a sugárzás egy része

1. Hegesztés és rokon eljárások

visszaverődik, másik része elnyelődik. Az elnyelődés mértéke, azaz az abszorpció tényező értéke a sugárzás hullámhosszától és az anyag minőségétől függ. A rosszabb felületi abszorpciójú anyagokat különleges bevonattal látják el megmunkálás előtt. Gyakorlatilag minden anyag vágható lézerrel, e gyorsan ki-bekapcsolható, automatizálható és bármely optikai úton (mechanikai kontaktus nélkül) elérhető anyagtartomány megmunkálására alkalmas hőforrással.



1.102. ábra
Lézervágás



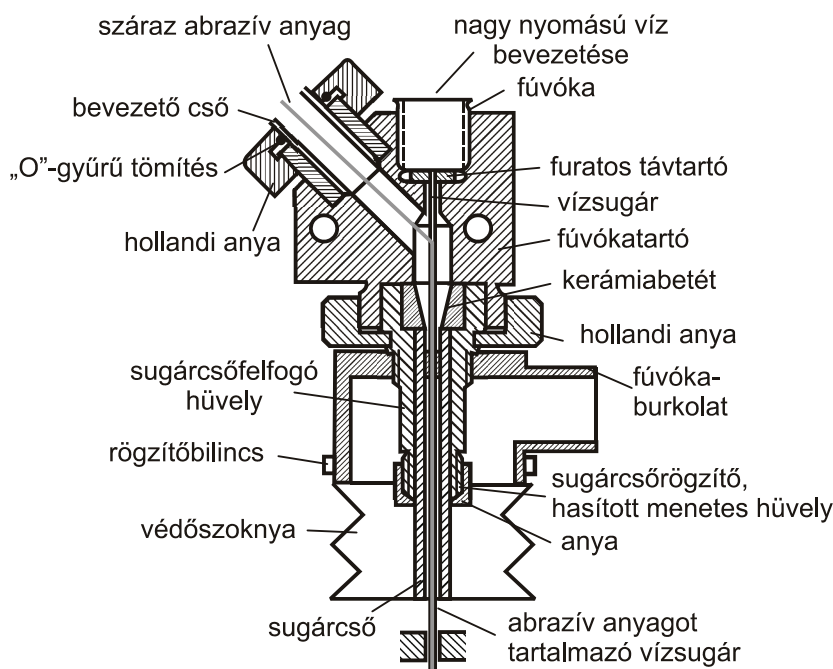
1.103. ábra
Lézersugár és vágóoxigén hatása

1. Hegesztés és rokon eljárások

1.2.2. Eróziós vágás

Az eróziós vágás elnevezés a kopás egyik formájára utal, ami szilárd anyagról fizikai (kölcsön)hatásra bekövetkező részecskelehordást jelent. A vízsugaras vágás igen nagy sebességgel áramló folyadékokkal (esetenként szilárd szemcsék adagolásával); az ultrahangos vágás váltakozó irányban (rezgetve) áramoltatott keverékállapotú (szuszpenzió = folyadék + nagy keménységű szilárd szemcseadalék) közeggel; az elektroeróziós vágás elektromosan szigetelő folyadékban (dielektrikumban) létrejövő szikrakisülésekkel valósítja meg az eróziós koptatóhatást.

Eróziós vágás során a termikus vágáshoz hasonlóan anyagvesztés keletkezik, de a vágási felület tulajdonságai kevésbé módosulnak. Olyan eljárások tartoznak ide, amelyeknél nincsenek jellegzetes mechanikus vágóélek vagy termikus vágófejek, hanem különféle módokon (nagy sebességű vízsugárral, ultrahangos rezgetéssel, elektromos szikrakisülésekkel) előidézett koptató (erodáló) hatás alakítja ki a vágási rést.

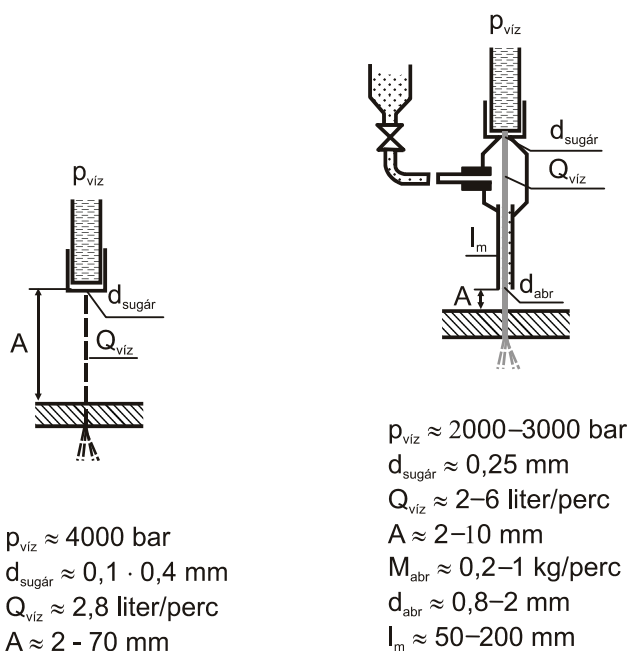


1.104. ábra (I.)
Vízsugaras vágás

A **vízsugaras vágás**nak jellemzője a kis térfogatra koncentrált nagy energia, továbbá az, hogy nincs maradék deformáció, illetve nincs termikus hatás sem, és

1. Hegesztés és rokon eljárások

minimális a környezetterhelés. Vízugaras vágás (1.104. ábra) során a nagy nyomással (≈ 4000 bar), kb. 0,1 mm átmérőjű fúvókán keresztül áramoltatott (kb. 28 liter/óra) víz háromszoros hangsebességgel nekiütközik a vágandó anyagnak, és kinetikus energiája révén eróziós koptatóhatást vált ki. Megkülönböztethetünk vízugaras vágással megvalósuló „waterknife” (az angol water = víz és knife = kés szavakból) vágást, azaz „waterjet cutting”-ot; valamint abrazív anyagos vízugaras vágással megvalósuló „paser” (az angol particle stream erosion = részecskesugár erózió kifejezésből) vágást, azaz „abrasive waterjet cutting”-ot).



1.104. ábra (II.)
Vízugaras vágás

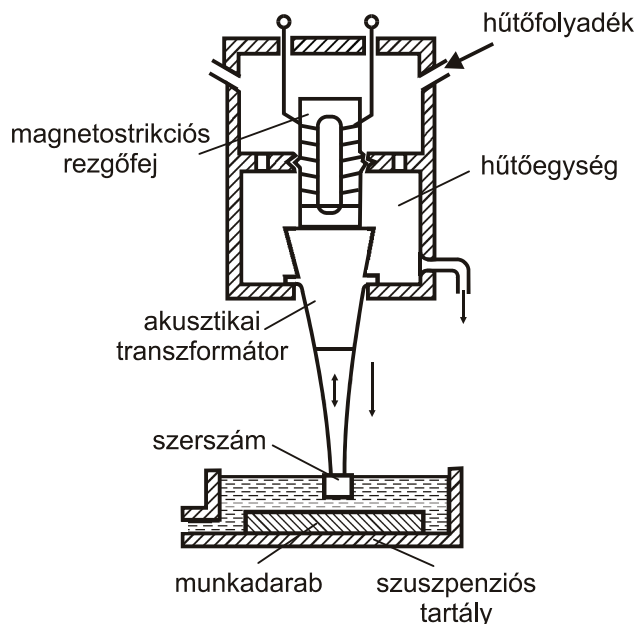
Ultrahangos vágással annál jobban vágható egy anyag, minél ridegebb. Ez a megállapítás hasonló típusú anyagokra érvényes, különbözőknél nem mindig helytálló. A rideg anyagok vághatóságát többek között szerkezetük, szilárdságuk, rugalmassági jellemzőik és – a váltakozó irányú (rezgéses) eróziót fokozó – csiszolóanyaghoz (pl. bór-karbidhoz) viszonyított keménységük határozza meg. Keménységű anyagok és edzett acélok esetében a hibák keletkezési veszélye jelentősen csökkenthető folyamatosan végzett friss csiszolóanyag-adagolással és kopástermék-eltávolítással.

Az ultrahangos vágás elsősorban más eljárásokkal nem vagy nehezen, illetve nem eléggé kicsi érdeklődéssel megmunkálható rideg, elektromosan nem vezető anyagok (műszaki kerámiák, üvegek, félvezetők stb.) vágására használható

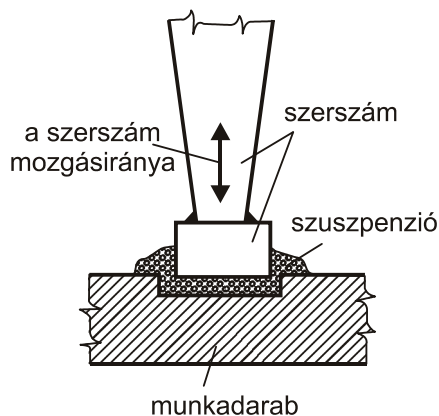
1. Hegesztés és rokon eljárások

technológia. Az alkalmazott berendezések a magnetostrikció elvén alapulnak. A 20–30 kHz frekvenciával – a vágási vonalnak megfelelő irányban – rezgő szerszám és a munkadarab között lévő szuszpenzió lebegő kemény szemcséi ide-oda mozogva, áramolva, erodáló hatás révén elkoptatják az anyagot, kialakítva a szerszámvastagságához igazodó vágórést (**1.105. ábra**).

Szerszámként pl. 0,2 mm vastag permendur (49% Co + 49% Fe + 2% V) lemezt, szemcséként igen finom bór-karbidot (B_4C) használnak vizes szuszpenzióban. A szerszámot a ferromágneses anyagból készült – hossz tengelyével párhuzamos irányú, váltakozó mágneses térbe helyezett – rezgő (rezonátor) után csatlakoztatott akusztikai transzformátorhoz forrasztással erősítik. Az akusztikai transzformátort a rezgő által keltett mechanikai rezgés amplitúdójának megnövelésére alkalmazzák. Hátrány, hogy viszonylag kicsi az átvágható keresztmetszet, az energiahasznosítás hatásfoka sem túl jó (kb. 40%).



1.105. ábra (I.)
Ultraszónikus vágás



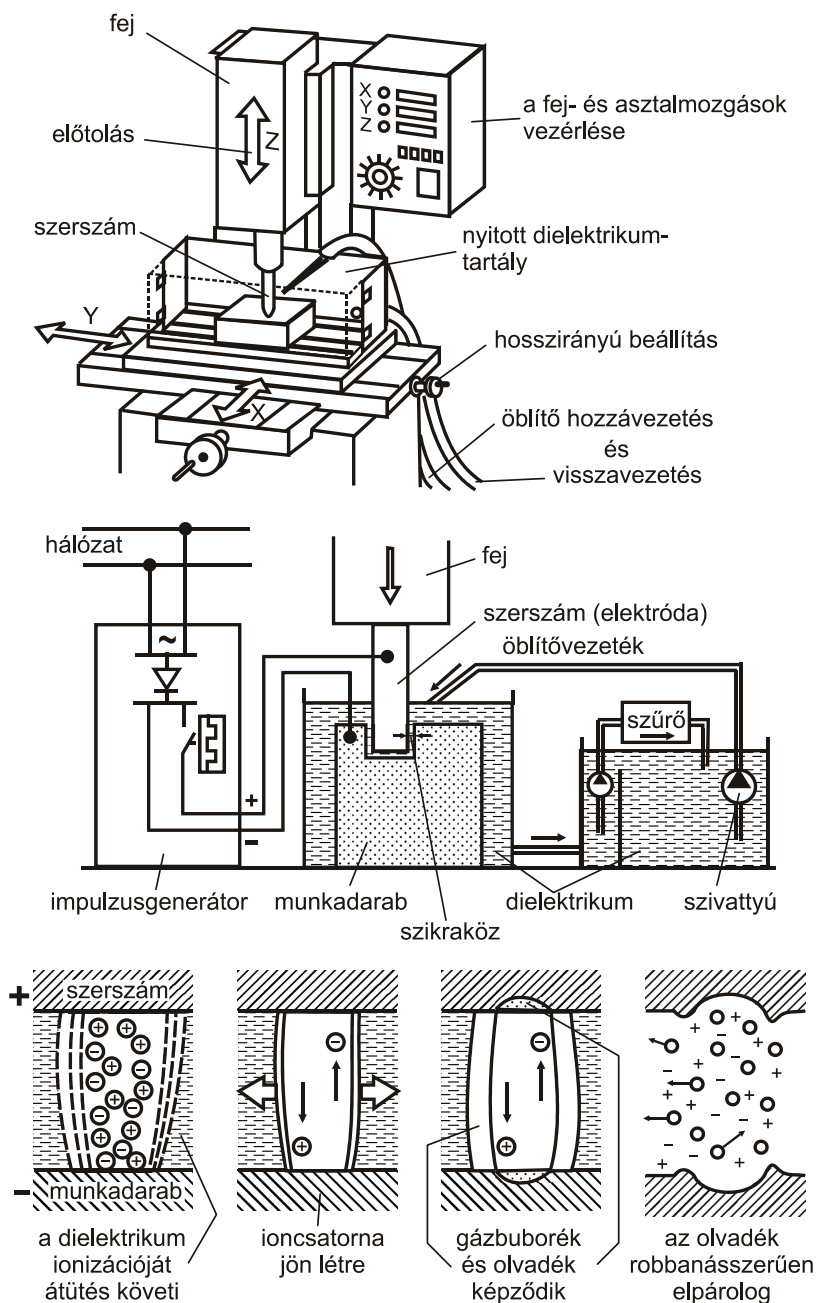
1.105. ábra (II.)
Ultraszónikus vágás

Az **elektroeróziós vágás** a szikrakisülés erodáló hatásán alapul. A szikrakisülés létrejöttének alapvető feltétele, hogy az áram megindulása után röviddel az energia-utánpótlás megszakadjon. A szikrakisülés az egymáshoz közel – szigetelő közegben, azaz dielektrikumban – lévő két elektróda felületét erodálja.

A folyékony dielektrikumba (ionmentesített vízbe, petróleumba vagy transzformátorolajba) merített két elektróda között feltöltött kondenzátort periodikusan kisütve mindkét anyag felületéről apró részecskék olvadnak meg, gőzölögnek el és csapódnak le a környező szigetelőfolyadékba. Mivel a pozitív elektróda (anód) fogyása sokkal intenzívebb, mint a negatívé (katódé), ezért az elektromosan vezető munkadarabot anódként, a megmunkáló szerszámot katódként kapcsolják a kondenzátor fegyverzeteire (**1.106. ábra**). Ezt a hatást a szikra energiája, kisülési ideje, az elektródák és a dielektrikum fizikai jellemzői jelentősen befolyásolják. Az elektroeróziós vágás a szikrakisülések anyagszétválasztó hatását a sűrűn megismételt impulzusok révén hasznosítja.

A termelékenységet a megmunkálandó anyag és az elektróda közötti rés jelentősen befolyásolja. Ha ez a szikraköz kicsi, akkor gyakori, de kis energiájú kisülések keletkeznek. Ha a szikraköz nagy, akkor a kisülés energiája is nagy lesz, de kisebb gyakorisággal következik be. A vágás végezhető egyszerű tömbelektóddal is, azonban a folyamat során az elektróda fogy, geometriája változik, a vágási felület alakhibás lesz. Ez bizonyos mértékig kiküszöbölhető forgó korong-, folyamatosan mozgatott, végtelenített szalag- vagy huzalelektroda szerszámmal. Ekkor a szerszám aktív felülete egyenletesen fogy, a vágási felület alakhibája kisebb lesz. Szerszámelektrodaként leginkább a rezet, illetve egyes ötvözeteket használnak.

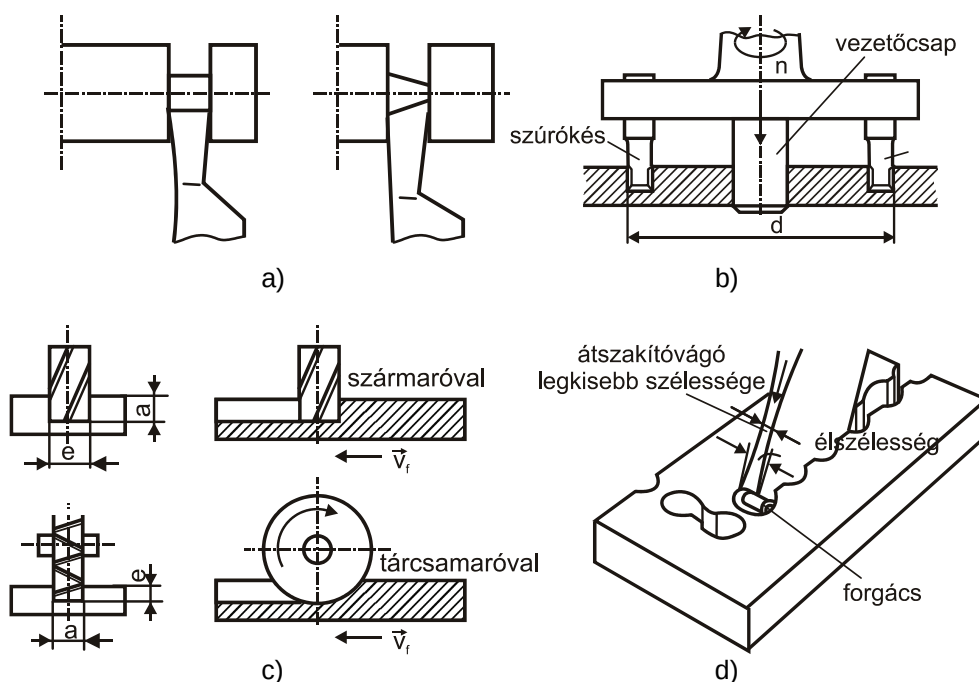
1. Hegesztés és rokon eljárások



1.106. ábra
Elektroeróziós vágás

1.2.3. Forgácsoló vágás

A leszúró esztergálás (1.101/a. ábra), az átmarás (1.107/b–c. ábra), illetve a kifúrás + átszakítás (1.107/d. ábra) mellett a forgácsoló vágás legjellegzetesebb eljárása a fűrészelés (1.108/a. ábra), ami darabolás, illetve leszabás mellett keskeny hornyok és rések kialakítására is alkalmazható. A megfelelő sebességgel haladó vagy forgó fűrészlapp pontos vezetésével és a munkadarab szilárd befogásával sík és kis érdességű, méretpontos vágott felület hozható létre.

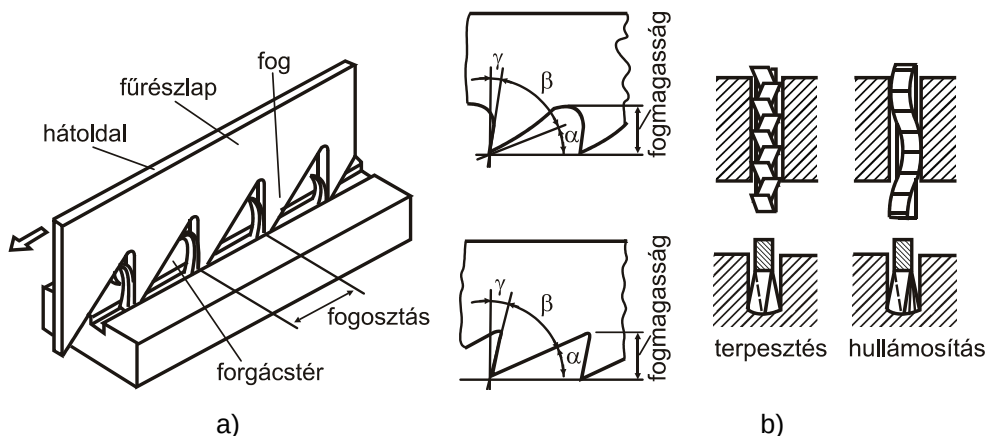


1.107. ábra

Leszúró esztergálás, átmarás, kifúrás + átvágás

A fűrészlapp forgácsolás közbeni beszorulásának elkerülésére és szabadon futásának lehetővé tételére alkalmazott megoldások (1.108/b. ábra): a terpesztés (fogak váltakozva jobbra-balra hajtogatása), a hullámosítás (fogsor hullám alakra hajlítása), zömítés (szélesebb fogél kialakítása), köszörülés (fűrészlapp fokozatos vékonyítása). A szerszámacélból készült fűrészlapp sok apró, egymás mögött kialakított, előtolás irányba mutató fűrészfogára (vágóélére) jellemző a $\beta = 50^\circ$ -os ékszög, az $\alpha = 40^\circ$ -os hátszög és a $\gamma = 0^\circ$ -os homlokszög, de lágyabb anyagokhoz a homlokszög értéke elérheti a 10° -ot a hátszög rovására. A fogcsúcsok távolsága határozza meg a fogárok, illetve a forgácstér nagyságát.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.108. ábra
Fűrészelés

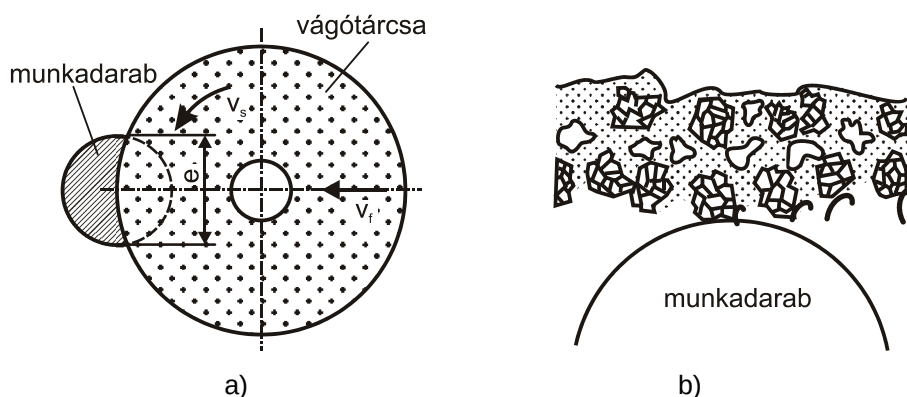
A fűrészlap 25,4 mm-es (1 collos) szakaszán lévő fogak száma a fogosztás, aminek értékét elsősorban a vágandó anyag keménysége és keresztmetszetének vastagsága, illetve jellege (tömör vagy üreges), valamint a vágathossz határozza meg. Kisebb teljesítményű kézi és gépi fűrészeléshez alkalmazandó irányértékek a következők:

- durva fogosztás (14–16 fog) lágy anyagokhoz (könnyűfémötvözetek, polimerek), vastag tömör idomokhoz, hosszabb vágatokhoz;
- közepes fogosztás (18–22 fog) közepes keménységű anyagokhoz (szerkezeti acélok, rézötvözetek), vékony falú szelvényekhez, rövidebb vágatokhoz;
- finom fogosztás (28–32 fog) nagy keménységű anyagokhoz (szerszámacélok), vékony tömör és vékony falú üreges szelvényekhez, rövid vágatokhoz.

Nagyobb teljesítményű gépi fűrészelés lap-, szalag- vagy körfűrészszel végezhető. Az állványos fűrészgépbe befogott fűrészlap előre-hátra (alternáló) mozgását pl. elektromotoros meghajtású forgattyús mechanizmussal valósítják meg. A lökethosszt és a forgácsolóerőt a vágathossznak megfelelően állítják be. A visszatérő löketben (üresjáratban) a fűrészlapot bütyköstárcsával vagy hidraulikahengerrel megemelik. A szalagfűrészgépben egy végtelenített fűrészszalag fut két vagy három tárcsára kifesztve, így nincsen üreslöklet. A gépek vízszintesen vagy függőlegesen futó fűrészlappal dolgoznak, melyek közül az előbbi csak darabolásra, az utóbbit bevágásra is használják. A kör alakú fűrészlap kerülete mentén marással kialakított vagy keményfémből készült (pl. keményforrasztással rögzített) fogak forgácsolnak. Az előtolás a körfűrészgéptől függően vízszintesen oldalról vagy függőlegesen felülről lefelé lehetséges.

A daraboló köszörülés vagy abrazív (gyors)darabolás (**1.109/a. ábra**) mozgásvizonyait, funkcióját és a szerszám alakját tekintve hasonló a körfűrészlappal történő vágáshoz. A forgácsvastagság lényegesen nagyobb, mint

egyéb köszörülési eljárásoknál, így a fajlagos forgácsolóerő kisebb, a szemcsék mechanikai terhelése nagyobb.



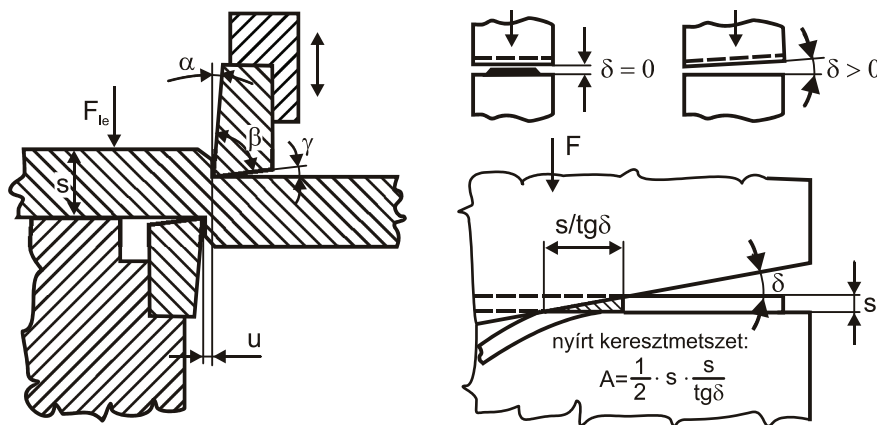
1.109. ábra
Abrazív (gyors)darabolás

Egy köszörűszemcse forgácsolási ideje és az egyidejűleg forgácsoló szemcsék (1.109/b. ábra) száma a munkadarabba hatoláskor növekszik, ami a vágótárcsa termikus terhelését fokozza. A munkadarab és a szerszám érintkezési felülete – mint hőforrás – a kicsi előtolási sebesség miatt lassan változtatja helyét a munkadarabhoz viszonyítva, aminek következtében a vágott anyag helyileg erősen felmelegszik és beég. Az igen hosszú kapcsolódási vonal azt eredményezi, hogy a szemcsék által leválasztott elemi forgácsok befogadásához a vágókorong-szemcsék közötti férőhely kevés, a bakelit vagy gumi kötőanyagú – esetenként szálerősítésű – vágótárcsa eltömődhet.

1.2.4. Nyíró vágás

A nyíró vágási eljárásokra jellemző, hogy az anyagrészek szétválasztása meghatározott vágási vonal mentén, az anyag nyírószilárdságát meghaladó nyíró igénybevétel hatására megy végbe, miközben a vágószerszámélek a vágórésnek megfelelő távolságban egymás mellett elhaladnak (1.110. ábra). A munkadarab anyagvastagságának 1/10–1/20-át kitevő vágórés akadályozza meg, hogy a vágóélek ütközzenek és azáltal egymást károsítsák. Értékét azonban nem szabad túl nagyra beállítani, különben a vágott anyag a vágóélek közé beszorulhat, illetve túl nagy sorja keletkezhet. Az egymás mellett elhaladó vágóélek a munkadarabra forgató- (billentő-)nyomatékokat fejtenek ki, amit egy leszorítóval ellensúlyozni kell.

1. Hegesztés és rokon eljárások



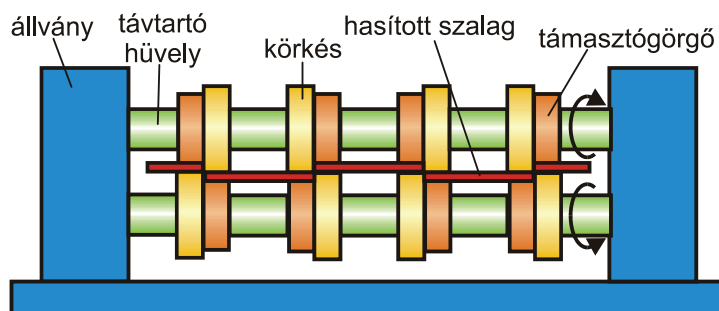
1.110. ábra
Nyíróvágás és szerszámának élgeometriája

A vágószerszám geometriája jelentős hatással van a vágási folyamatra, akárcsak a forgácsolószerszám kialakítása a forgácsolás eredményére:

- az α hátszög biztosítja, hogy a vágószerszám-felületek ne sűrűsödjenek az anyagrészek vágási felületein, és ezáltal ne károsodjanak. Értéke általában $2-3^\circ$;
- a β ékszögnek vagy csúcshozoknak van legnagyobb hatása a nyírás erőszükségletére; általában kisebb ékszög kisebb erőszükségletet, de gyorsabb élkopást jelent, szokásos értéke $75-85^\circ$ (90°) között mozog;
- a γ homlokszög vagy bemetszési szög nullánál nagyobb értéke következtében csökken a bemetszés erőszükséglete, mivel így a bevágás egy vonal és nem egy felület mentén történik;
- a δ az egymással szemben dolgozó vágóélek hajlásszöge, melynek növelésével az egyidejűleg nyírt keresztmetszet csökken, viszont az anyagot a vágóélek közül kitolni „igyekvő” erő növekszik. Értéke függ a vágandó anyag vastagságától, elfogadható irányparaméternek kb. 14° tekinthető. A kisebb szerszámterhelést eredményező ferde vágóél-elrendezésnél a szerszám munkaútja nagyobb, ami a levágott anyagrész alakját jelentősen torzít(hat)ja. Ez a probléma járulékos billenő vagy gördülő mozgással, esetleg a vágandó profilnak megfelelő élkialakítással mérsékelhető.

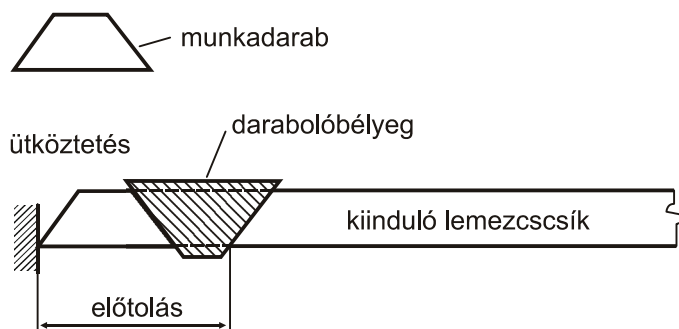
A le szabás (1.110. ábra) egyenes, nyitott vonalú vágás teljes anyag-szétválasztással, az egyenes oldalakkal rendelkező, megfelelő méretű lemez(ek) táblából vagy szalagból történő lenyírására. Lemezek le szabhatók kézi vagy gépi lemezvágó ollókkal. Le szabási műveletnek tekinthető kisebb keresztmetszetű rúd, huzal, cső vagy zártszelvény keresztirányú darabolása is a profiljuknak megfelelő élkialakítású vágószerszámokkal.

A hasítás (**1.111. ábra**) szintén egyenes, nyitott vonalú vágás teljes anyag-szétválasztással. Így hengerelt széles szalagok a felhasználási igényekhez igazodó keskenyebb szalagokká vághatók fel, továbbá a széles szalag hengerléskor kialakult egyenetlen széle pontos méretre, illetve egyenesre vágható. A hasítást $\beta = 90^\circ$ csúcsszögű forgó késekkel ellátott hasítóollókon végzik. A széles szalag behúzását, illetve előtolását – súrlódás révén – a forgó körkések és támasztógumigörgők valósítják meg.



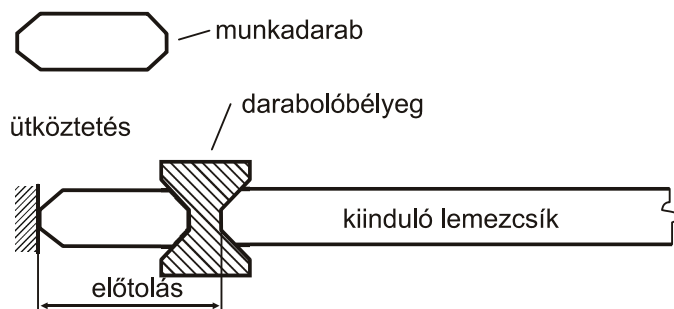
1.111. ábra
Hasítás

A hulladékmentes darabolás egyedi kialakítású vágószerszámmal, szalagból végzett leszabás úgy, hogy a vágás nyomvonala a leválasztandó anyagdarab két szemközti oldalán azonos geometriát követ (**1.112. ábra**). Hulladékos darabolás két szemközti oldalán eltérő vágási geometriájú anyagdarab leválasztása szalagból, arra alkalmas kialakítású szerszámmal. A két oldalon eltérő vágási vonal szükségszerűen darabolási hulladékot eredményez (**1.113. ábra**).



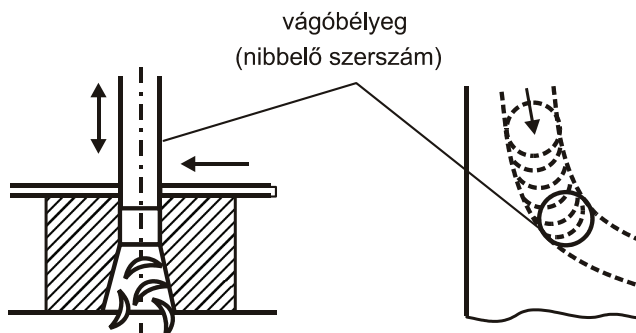
1.112. ábra
Hulladékmentes darabolás

1. Hegesztés és rokon eljárások



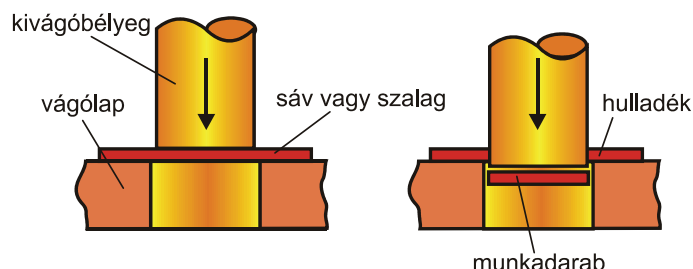
1.113. ábra
Hulladékös darabolás

A nibbelés (**1.114. ábra**) vagy rezgő vágás kicsípések sorozatával, hengeres vagy négyszög szelvényű vágószerszámmal (vágóbélyeggel) hozza létre a munkadarab külső és/vagy belső kontúrját. A nibbelés nagy előnye abban rejlik, hogy az egyszerű geometriájú vágószerszámmal – elsősorban CNC-gépen – tetszőleges alakzat „körbecsíphető”. Hátrány a viszonylag nagy mennyiségű „apró” hulladék.

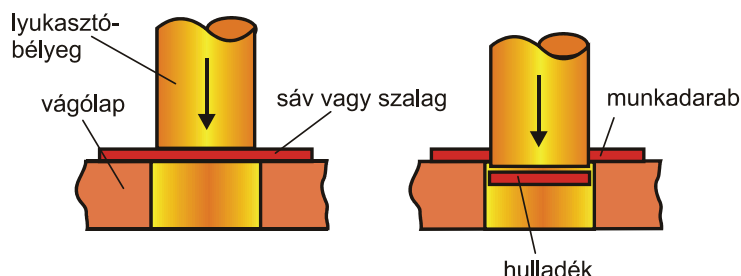


1.114. ábra
Nibbelés

A kivágás teljes anyagszétválasztás önmagában záródó vágási vonalon, a munkadarab külső kontúrjának kialakítására (**1.115. ábra**). Lyukasztáskor a vágás folyamata hasonló, de itt a munkadarab belső kontúrjának kialakítása a cél (**1.116. ábra**). Tehát lyukasztáskor a „kieső” anyagdarab a hulladék és a megmaradó rész a termék, míg kivágáskor a „kieső” anyagdarab a termék, és a megmaradó rész a hulladék.



1.115. ábra
Kivágás



1.116. ábra
Lyukasztás

A kivágást és a lyukasztást lemezsávból vagy szalaganyagból végzik, azt tolják be a szerszám aktív elemei – a vágóbélyeg és a vágólap – közé. A vágólap és a bélyeg között a vágott anyagvastagság 5–10%-át kitevő oldalankénti vágórést kell biztosítani. Vágáskor az anyagok egy része először rugalmasan deformálódik, majd a feszültségcsúcsnak megfelelően a vágóélek mellett – bizonyos mértékű képlékeny alakváltozás után – a terhelés meghaladja a nyírószilárdságot, az anyag beszakad, azaz mindkét felületén repedések keletkeznek.

A vágóbélyeg további behatolása a repedések gyors terjedését eredményezi egymás felé. A repedések találkozása a vágás befejeződését jelenti, a „kieső” anyagdarab egy lefelé enyhén szélesedő kúpfelület mentén szakad ki, illetve a vágóbélyeg ilyen állapotban tolja ki a lemezsávból vagy szalagból. A vágórés mérete tehát akkor optimális, ha a kialakuló repedések közös hatásvonalon terjednek, illetve találkoznak, biztosítva a kedvezőbb vágási felületminőséget, alakpontosságot és a kisebb szerszámkopást.

A gazdaságos anyagfelhasználás érdekében célszerű a lemezsávnak vagy szalagnak és a szerszám aktív elemeinek a vágási művelet során létrejövő – egymáshoz viszonyított – helyzetét tervezni. A sáv vagy szalag legkedvezőbb hasznosítására vonatkozó sávterv alapján számolható az anyagkihozatali tényező (az anyaghasznosítás „hatásfoka”), illetve a hulladék(rész)arány. Kivágással, illetve lyukasztással sorozatban gyártandó termékeknél meg kell oldani a szalag folyamatos gépi adagolását.

1.3. Forrasztás és egyéb kötő eljárások

1.3.1. Lágy- és keményforrasztás

A forrasztást a forrasztandó anyagok olvadáspontjánál kisebb olvadáspontú, olvadék állapotba hozott forrasztanyag alkalmazásával végzik. Mivel a forrasztandó anyagok érintkezési környezete nem kap nagymértékű alakítást, és nem is olvad meg, így a kötést a forrasztanyag megszilárdulása és a forrasztott anyagokkal alkotott adhéziós és/vagy diffúziós (nem kohéziós) kapcsolat valósítja meg.

A forrasztanyagok olvadási hőmérséklete, illetve az ennek megfelelő forrasztási hőmérséklet, továbbá a kötés várható szilárdságának mértéke alapján megkülönböztetnek:

- lágyforrasztást, 450 °C-nál kisebb hőmérsékletekkel és max. 50 MPa kötési szilárdsággal;
- keményforrasztást, 450 °C-nál nagyobb (rendszerint 900 °C-nál kisebb) hőmérsékletekkel és max. 300 MPa kötési szilárdsággal.

Szokás még ún. nagy hőmérsékletű forrasztásról vagy forrasztóhegesztésről is beszélni.

A lágyforrasztás olyan helyeken (pl. finommechanika, elektronika) alkalmazható, ahol a kötésnek nem kell nagy szilárdságúnak lennie, de a megfelelő tömörség és a jó áram- és hővezetőképesség feltétel. A keményforrasztás viszonylag nagy szilárdságot ad, és a kötés nagyobb üzemi hőmérsékleten is alkalmazható.

A forrasztás előnyei:

- a legtöbb gyakorlat szempontjából fontos fém, valamint néhány üveg- és kerámiaféleség is összeköthető;
- jelentősen eltérő vastagságú anyagrészek kapcsolhatók egybe;
- a forrasztási hőmérsékletek lényegesen kisebbek az ömlesztő hegesztésnél kialakulóknál, ezért kisebb elhúzóadások (hődeformációk) és mérsékelt hőfeszültségek jönnek létre (ha követelmény, hogy az alkatrészeknek sem megolvadni, sem egy adott hőmérsékletet túllépni nem szabad, akkor a forrasztás kerül előtérbe);
- tömör, jó áram- és hővezető kötések hozhatók létre.

A forrasztás hátrányai:

- a kialakítható kötés szilárdsága viszonylag kicsi;
- a forrasztási hézag kisebb megengedett tűrése pontosabb munkadarab-előkészítést igényel;
- folyasztószer és/vagy védőgáz (esetleg vákuum) alkalmazására szükség van;
- a forrasztanyag és az alapanyag eltérő elektromos potenciálja kontaktkorróziós érzékenységet okoz(hat) a forrasztás helyén.

1. Hegesztés és rokon eljárások

A sajtoló és az ömlesztő hegesztési, valamint a termikus vágó és gyaluló eljárások szabványos jelölési rendszerének folytatásaként 9-essel kezdődnek a forrasztás eljárásainak számjelei az **1.117. ábra** szerint. A számjel második és harmadik tagja általában az energiaforrásra, illetve a forraszanyag-adagolás módjára utal.

LÁGYFORRASZTÁS 94		KEMÉNYFORRASZTÁS 91	
941		infrasugárral	911
942		lánggal	912
943		kemencében	913
944		bemártásos	914
945		sófürdő	915
946		indukciós	916
947		ultrahangos	917
948		ellenállás	918
949		diffúziós	919
951	hullám- pákával		
952			
953		abráziós/súrlódásos	923
954		vákuumban	924
956	vonszoló- (úsztatásos)		
96		egyéb	93
		FORRASZTÓHEGESZTÉS 97	
		gáz- 971	
		ív- 972	

1.117. ábra

Forrasztó eljárások felosztása és számjelölése

Nagyon fontos a forraszanyag kellő nedvesítőképessége, illetve az összekötendő felületeken való szétterülése, a megfelelő felületminőségű (kellő érdességű, oxid- és szennyezőmentes) alapanyagok illesztési részébe való behatolóképesége (nedves-kapilláris tulajdonsága).

A jó minőségű forrasztás végrehajtásának előfeltételei:

- A forrasztandó munkadarabok között csak szűk forrasztási hézag lehet, és különösen fontos a felületi oxidréteg és a felületen lévő zsír, olaj szennyeződés eltávolítása, mert ezek megakadályozzák a forraszanyag érintkezését az alapfémmel.
- A felmelegítés elősegíti az oxidréteg kialakulását. Az oxidréteg feloldására és az újraképződés megakadályozására folyasztszereket kell alkalmazni, amit a forrasztási hőmérséklethez igazodva kell megválasztani.

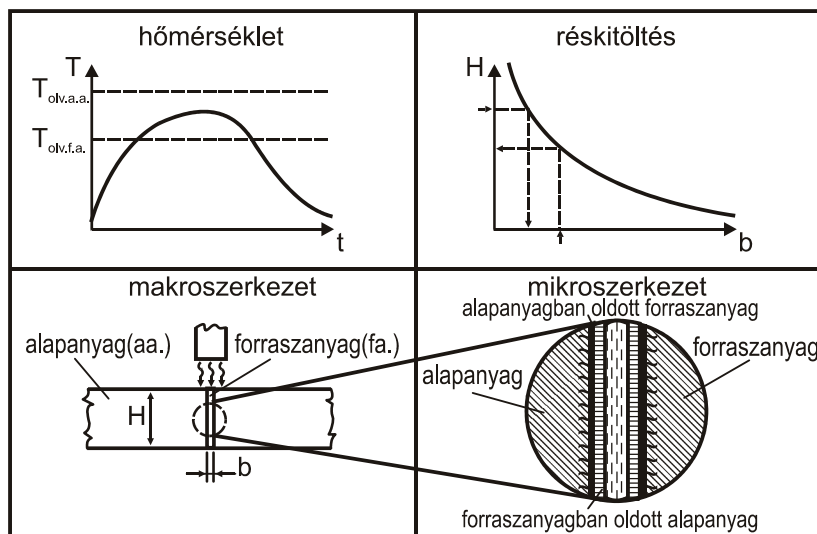
1. Hegesztés és rokon eljárások

- A munkadaraboknak és a forrasztanyagnak a forrasztási helyen megfelelő hőmérsékletűnek kell lenniük. A forrasztási hőmérséklet alsó határa az az érték, amelynél a forrasztanyag már képes behatolni a forrasztási hézagba, valamint bediffundálni az alapfémbe.

A forrasztanyag kiválasztásakor tisztázni kell:

- mekkora kötőszilárdságra van szükség,
- mekkora forrasztási hőmérséklet alkalmazható,
- mekkora az összekötendő felület,
- milyen a lehetséges forrasztanyagnak az összekötendő anyaggal való kompatibilitása,
- milyen forrasztási eljárás, illetve hevítési módszer alkalmazható,
- milyen a kötés várható igénybevétele,
- van-e külön esztétikai követelmény a kötéssel, illetve a munkadarabbal szemben.

Ha a forrasztandó és a forrasztanyag olvadáspont-különbsége elég nagy, akkor a forrasztott kötés termikusan jól bontható (pl. elektronikai áramkörök meghibásodott alkatrészeinek cseréjénél). Ez ún. szerelőforrasztás.

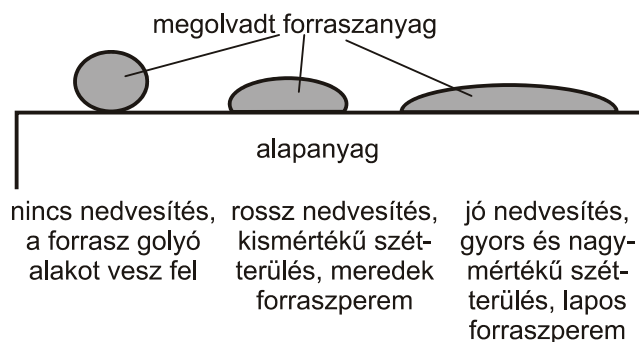


1.118. ábra
Forrasztás jellemzői

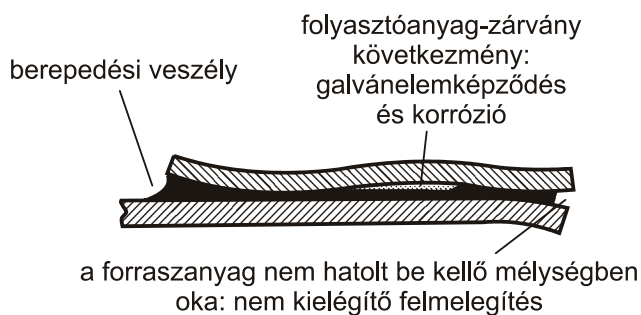
Forrasztáskor tehát a mindvégig szilárd állapotú szerkezeti anyagokat egy náluk kisebb olvadáspontú forrasztanyag alkalmazásával kötik össze (**1.118. ábra**). Megfelelő hőmérsékletre való felmelegítés hatására a megolvasztott forrasztanyag szétterül a felületeken, vagyis nedvesíti azokat, illetve a kapilláris hatás

1. Hegesztés és rokon eljárások

érvényesülése révén behatol az összekötendő felületek közötti illesztési hézagba (**1.119/a. ábra**). A forrasztási hézagnak kellően keskenynek (kb. 0,05–0,2 mm) kell lennie, hogy ez a nedvesítő-kapilláris hatás minél jobban érvényesüljön, azaz a forraszanyag minél beljebb tudjon „kúszni” a rés határfelületein, ugyanis a résméret növelésével csökken a kapilláris hatás és így a forraszanyag réskitöltő- (penetráló-) képessége is.



a)



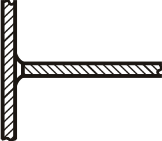
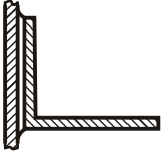
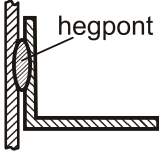
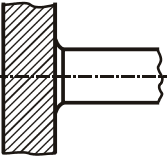
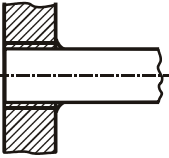
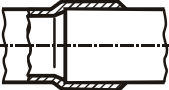
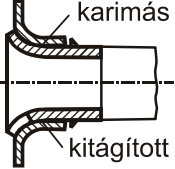
b)

1.119. ábra (I.)

Forrasztott kötés kialakítása

A felületeket nedvesítő forraszanyag és az alapanyag között – az oldhatóság függvényében – kölcsönös diffúzió (atomátrendeződés, atomcsere) megy végbe, továbbá a felületi egyenetlenségeken adhéziós tapadás alakul ki.

1. Hegesztés és rokon eljárások

Forrasztási hely jellege	Kisebb forrasztási réshossz	Növelt forrasztási réshossz	Szilárdság járulékos megnövelése
Egyenes lemezkötés			
Lemezek T-kötése			
Körszelvényű rúd kötése sík falba			
Csőkötés			
Alkalmasság lágyforrasztásra	nem alkalmazható	jól alkalmazható	nagyon jól alkalmazható
Alkalmasság keményforrasztásra	lehetséges	nagyon jól alkalmazható	szükségtelen

c)

1.119. ábra (II.)
Forrasztott kötés kialakítása

1. Hegesztés és rokon eljárások

A forraszanyag megdermedése révén létrejövő diffúziós-adhéziós kötésben a diffúziós réteg szilárdsága rendszerint nagyobb, mint a forraszanyag szilárdsága, így a kialakuló kötés annál nagyobb szilárdságú, minél vékonyabb, de folytonos forraszanyagréteggel (forrasztási hézaggal) valósul meg a forrasztás.

Forrasztáskor szem előtt kell tartani, hogy a forrasztott kötés szilárdsága jelentős mértékben függ az összeforrasztott felületek nagyságától (**119/c. ábra**). Ezért ahol nagyobb szilárdságra van szükség, ott célszerű átlapoltan vagy hevederesen forrasztani.

Nagyon fontos az összekötendő felületek oxid- és zsírmertessége, azaz az előzetes tisztítás (pl. csiszolással, kémiai pácolással), különben a nedvesítés, illetve a kötés nem lesz megfelelő. A forrasztási hőmérsékletre történő felmelegítés elősegíti az oxidréteg kialakulását, ezért feloldására, illetve az újraképződés megakadályozására folyasztószert (folyósítószert) kell alkalmazni.

A folyasztószerek csak adott hőmérséklet határok között hatásosak, vagyis célszerűen a forrasztás hőmérséklet-intervallumában képesek funkciójuk ellátására. A felületre folyadék, paszta vagy por formájában hordhatók fel, a forrasztás hőmérsékletén olvadt állapotba kerülnek (olvadáspontjuk 40–50 °C-kal legyen kisebb a forrasztónál). Lényeges, hogy az oxidokkal híg folyós salakot képezzenek, és kisebb sűrűségük révén az olvadt forraszanyag felületére kijussanak, majd forrasztás után maradványaik kellő gondossággal eltávolíthatók legyenek.

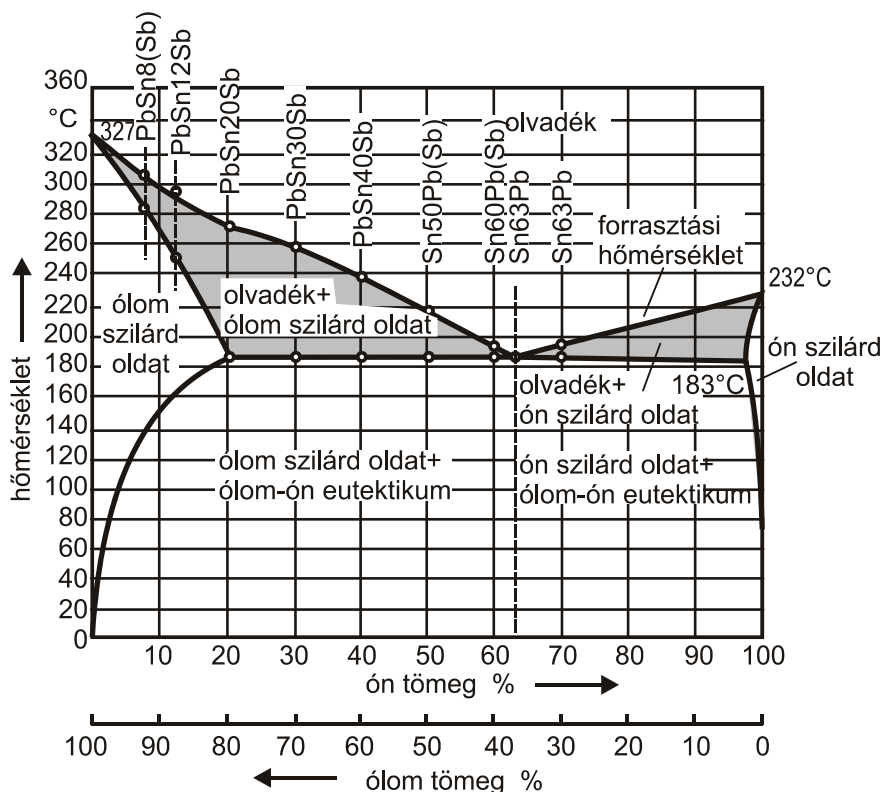
A folyasztószerek vegyileg aktívak és vegyileg passzívak lehetnek. A vegyileg aktívak jól tisztítják a felületet, de maradékuk a forrasztás helyén korrodáló hatást válthat ki (**1.119/b. ábra**). A vegyileg passzívok csak jól védik az előzetesen letisztított részeket a levegő (újra)oxidáló hatásaitól.

Lágyforrasztáshoz leggyakrabban ón-ólom ötvözeteket (**1.120. ábra**) használnak. A 63% ón- és 37% ólomtartalmú ötvözet közel eutektikus összetételű, ami olvadáskor közbelső pépes állapot nélkül dermed szilárd állapotba. Sn-Pb forrasztóanyagokkal (forrasztóónnal, régebbi nevén cinnel) összeköthetők vörösréz, cink- (horgany-), sárgaréz- és acélalkatrészek. A legkisebb olvadáspontú forrasztóötvözet ón-ólom-bizmut hármass eutektikumából készíthető, amely már 96 °C-on megolvad. Az alumíniumot ón-cink-alumínium-kadmium ötvözetekkel (pl. 40% Sn + 35% Zn + 15% Al + 10% Cd) forrasztják, de a fémfelület tisztításával (a nagy olvadáspontú oxidréteg eltávolításával) kapcsolatos problémák miatt nehezebb a végrehajtás.

A forraszanyagok felhasználási formája rúd, huzal (tömör vagy folyasztószerezrel töltött), tömb, szalag, lemez, por, paszta lehet. Sorozatgyártáskor alkalmaznak célszerű alakban gyártott forraszanyag darabokat (forrasztóbetéteket) is, amelyek kialakítása, formája a forrasztási résnek megfelelő, azaz illeszkedik ahhoz. A huzal alakú forraszanyagok egy része gyantát, azaz passzív folyasztószert is tartalmaz, így azt külön nem kell adagolni. Lágyforrasztáshoz használható aktív folyasztószerek a horgany-klorid vagy „forrasztóvíz” és az 1:1 arányban vízzel hígított sósav (HCl), illetve ezek keverékei. A felületeknek tisztáknak kell lenniük, hogy szilárd kötés jöjjön létre, a forraszanyag ne „fusson szét”. Átlapolt kötéseknel

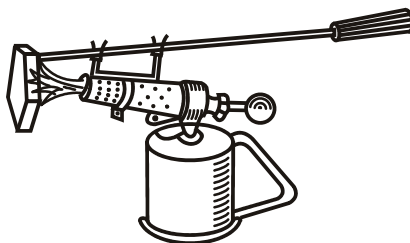
1. Hegesztés és rokon eljárások

célszerű a felületeket előőnozni. Ha olyan tárgyat kell forrasztani, amelyen már vannak lágyforrasztással rögzített alkatrészek, a forrasztási helyet a túlmelegedés elkerülése érdekében egy nagyobb hőelvezető fémdarabbal le kell határolni.



1.120. ábra
Fontosabb lágyforrasztások

A forrasztóanyag és a forrasztandó felületek felhevítéséhez gyakran forrasztópákát alkalmaznak (**1.121. ábra**). Az előmelegített pákával a forrasztóanyagot megolvasztják és a forrasztási helyére viszik. Itt addig tartják, amíg az alapanyag is felhevül a kívánt hőmérsékletre, és a forrasztó a hézagot kitölti. Mivel megfelelő szilárdságú kötés csak úgy érhető el, ha a forrasztóanyag vékony rétegben köti össze a felületeket (azaz a forrasztási hézag kicsi), ezért a forrasztás alatt a munkadarabokat valamilyen szerszámmal vagy a pákával össze kell szorítani.



tűzi páka



elektromos páka

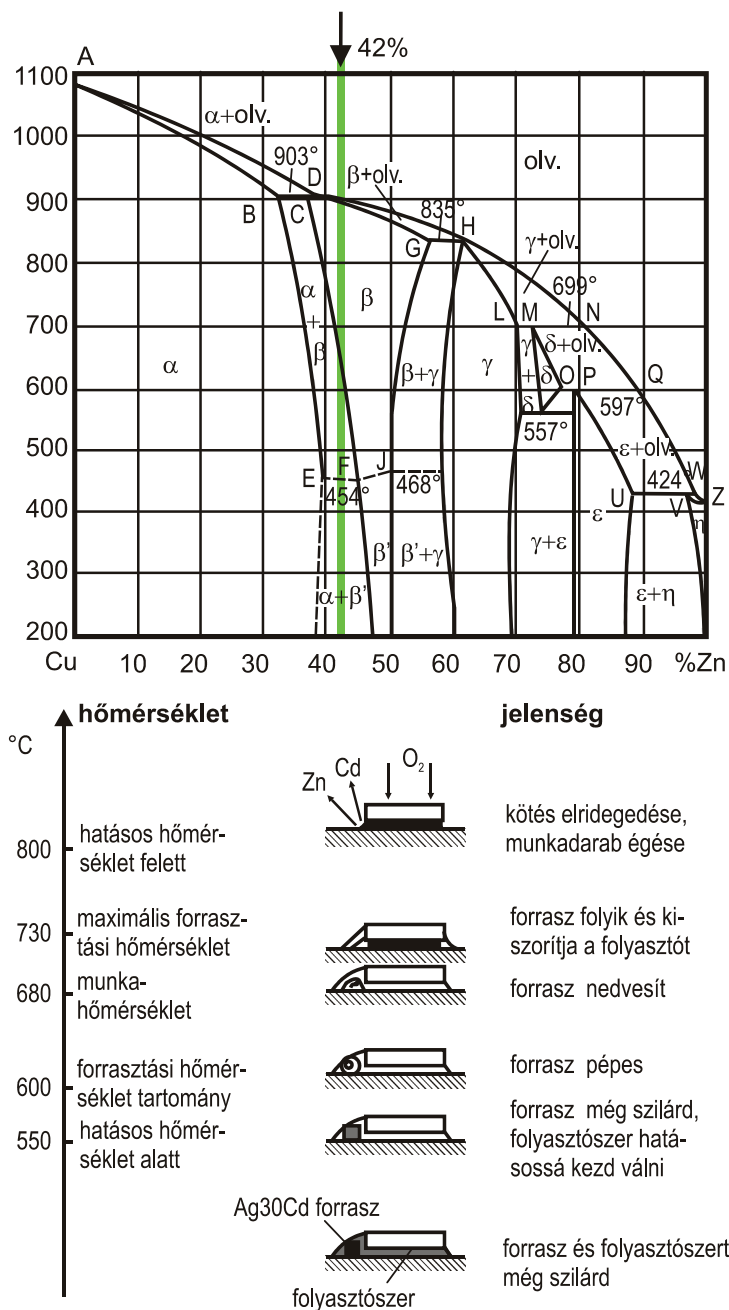
1.121. ábra
Forrasztópákák

Ha a páka hőmérséklete megfelelő, akkor elegendő azt hozzáérinteni a forraszhoz, és az szinte azonnal megolvad. A túlságosan meleg páka egyszerre nagy mennyiségű forraszt olvaszt le, melynek egyenletes eloszlátása körülményessé válik, továbbá a forrasz oxidálódhat is. Túl kicsi hőmérsékletű páka a felületeket nem képes felhevíteni, a forraszanyag kihűl, és így valódi kötés nem jön létre. A forraszanyagok alakja és a forrasztás helyére juttatása szerint – az előzőek értelmében – megkülönböztethető:

- forrasztás forraszbetéttel: a forrasztási helyet az előre behelyezett alakos forraszanyag-betéttel (forrasztási rés vonalához igazított fólia, huzal, szalag) együtt melegítik fel a forrasztási hőmérsékletre;
- forrasztás adagolt forrasszal: a forraszanyagot csak a forrasztási hely felmelegítése után juttatják oda, ahol a hőforrás és/vagy a munkadarab hőjének hatására olvad meg;
- mártóforrasztás forraszfürdőben: a jól illeszkedő forrasztandó alkatrészeket összeállítva (rögzítve) forraszanyag-olvadékba merítik, és addig tartják ott, míg a forraszanyag a forrasztási hézagokat kitölti és „letömíti”.

Keményforrasztást elsősorban jelentős mechanikai igénybevételnek, illetve hőhatásnak kitett munkadaraboknál célszerű alkalmazni. A forraszanyag helyes megválasztása eredményez(het)i a jó kötésminőséget, ezért az olvadáspontja közelítse meg a forrasztandó anyagokét, de azokénál mindenképpen kisebb legyen. A gyakorlatban a rézbázisú keményforraszok terjedtek el leginkább. Legkisebb dermedési hőmérséklet-intervalluma a 58% Cu + 42% Zn tartalmú sárgaréznek van, de jelentős mennyiségben alkalmaznak min. 12% Ag-tartalmú ezüstforraszokat (**1.122. ábra**), pl. Ag-Cd-ötvözeteket is.

1. Hegesztés és rokon eljárások



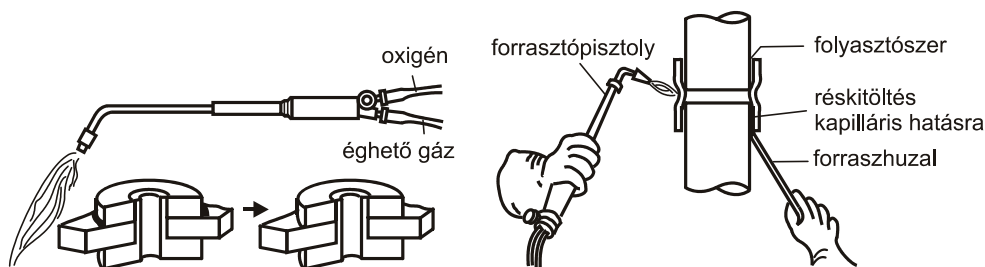
1.122. ábra
Keményforrasztások

1. Hegesztés és rokon eljárások

A sárgarézforrasztók nagyobb hőmérsékleten olvadnak, mint az ezüstforrasztók, viszont ez utóbbiak híg folyósabbak, ezért a hézagokba jobban befolyanak, simább felületet adnak, utánmunkálást rendszerint nem igényelnek. Az ezüstforrasztók további előnyei: a pontosan tartható olvadáspont és forrasztási hőmérséklet, a viszonylag nagy szilárdság, a rövid forrasztási idő, a jó nedvesítőképeség, a kiváló korrózióállóság és a forrasztó jó alakíthatósága. 50%-nál nagyobb ezüstartalmú forrasztókat nemesfémek forrasztásához használnak. Vékony lemezekhez anyagukénál lényegesen kisebb olvadáspontú forrasztóanyagot használva nem kell tartani a munkadarab helyi megolvadásától.

Az összekötendő felületeken tisztító csiszolást célszerű, illetve gyakran szükséges is végezni. Folyasztószerként többnyire bóraxot ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 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 tud elsalakosítani, így a forrasztási felületeket nem kell olyan „gondosan” megtisztítani, mint lágyforrasztás esetében.

A keményforrasztáshoz és a forrasztóhegesztéshez gyakran alkalmazott forrasztópisztolyban a nagy hőmérsékletű láng előállítására propán-bután és oxigén vagy acetilén és oxigén gázkeveréket használnak. Mivel a láng igen nagy hőmérsékletű, ezért a forrasztóanyagot az összekötendő tárgyak melegével olvasztják meg (**1.123. ábra**), ugyanis a közvetlenül túlhevített forrasztóanyag elég lehet, a kötés pedig rideggé és salakossá válhat.



1.123. ábra

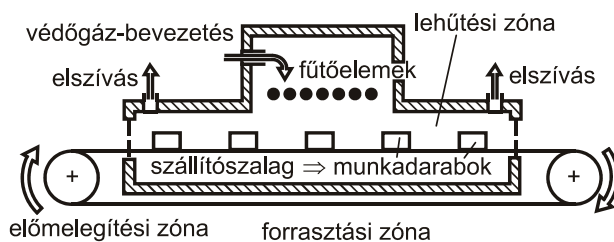
Keményforrasztás forrasztópisztollyal

A páka- és pisztolyforrasztáson kívüli – főként sorozatgyártásban, de lágyforrasztáshoz is alkalmazható – forrasztási módszerek (**1.124. ábra**):

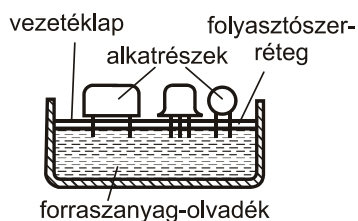
- kemencés forrasztás: a forrasztandó alkatrészeket forrasztóbetéttel összeillesztve, összeszorított állapotban elektromos fűtésű kemencébe helyezik és forrasztási hőmérsékletre hevítik; a forrasztási hely (illetve a munkadarabok) védelmére védőgázt vagy vákuumot alkalmaz(hat)nak;
- forrasztófürdős forrasztás: a beállított forrasztandó alkatrészeket forrasztóanyag-oldadékba merítve melegítik, miközben az kitölti a forrasztási hézagokat;

1. Hegesztés és rokon eljárások

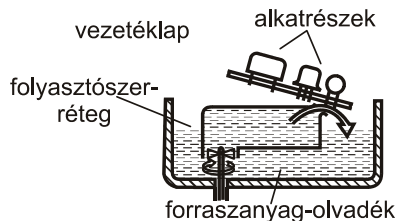
kemencés forrasztás: védőgázos folyamatos üzemű



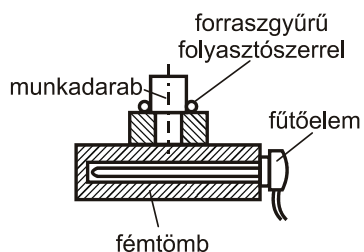
forraszfürdős forrasztás



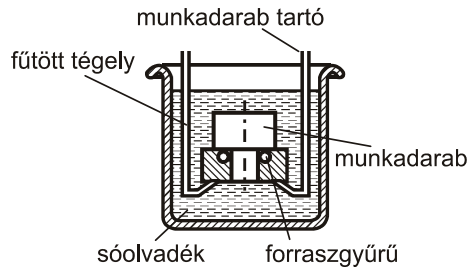
hullámforrasztás



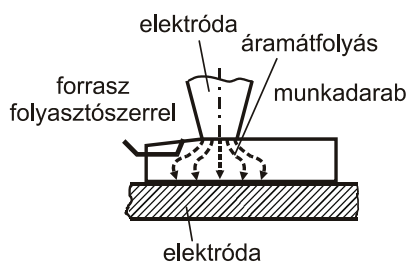
tömbforrasztás



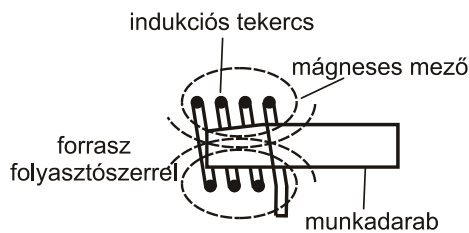
sósfürdős forrasztás



ellenállásforrasztás



indukciós forrasztás



1.124. ábra

Sorozatgyártásban alkalmazható forrasztási módszerek

- hullámforrasztás: célszerűen áramoltatott forraszfürdővel végzik a beállított alkatrészek forrasztóanyaggal való nedvesítését;
- tömbforrasztás: a forrasztandó darabokat – a beállított forraszbetéttel együtt – elektromos fűtésű fűtőtömbre (fűtőlapra) helyezve hevítik fel;
- sófürdős forrasztás: forrasztási hőmérsékletre temperált sófürdőbe merítik a beállított alkatrészeket, illetve forraszbetétet;
- ellenállásforrasztás: a forrasztandó alkatrészeket (a forraszbetéttel együtt) elektródák segítségével, áramátvezetéskor fellépő elektromos ellenálláshő révén hevítik;
- indukciós forrasztás: a forrasztandó alkatrészeket (a forraszbetéttel együtt) az induktortekercs által gerjesztett örvényáramok segítségével melegítik.

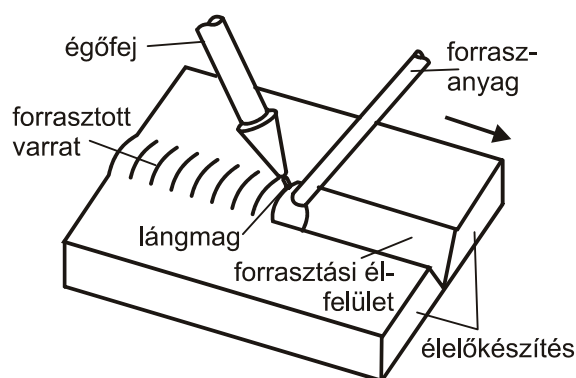
1.3.2. Forrasztóhegesztés

A forrasztóhegesztés olyan keményforrasztási eljárás, amelynek során nyitott kötés állítható elő fokozatosan, a forrasztóanyaggal végzett ömlesztő hegesztési eljáráshoz hasonló technológiával, ahol a forrasz olvadási hőmérséklete kisebb az alapféménél, de nagyobb 450 °C-nál, és nem érvényesül a keményforrasztáskor szokásos kapilláris hatás, sem az alapfém megolvasztása.

Az eljárást elsősorban kapilláris hatással nem kialakítható kötésekhez, valamint hagyományos hegesztési eljárásokkal nem hegeszthető, pl. egymástól eltérő, fémes bevonatú, 1 mm-nél vékonyabb anyagokhoz alkalmazzák.

Láng- vagy gázforrasztóhegesztés (971-es eljárás)

Az eljárás lényegében megegyezik a lánggal végzett keményforrasztással, de a gázhegesztéshez (balra hegesztési technika) hasonlóan végzik (**1.125. ábra**), más munkahőmérsékleten és folyósítószerezrel.



1.125. ábra
Láng-forrasztóhegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

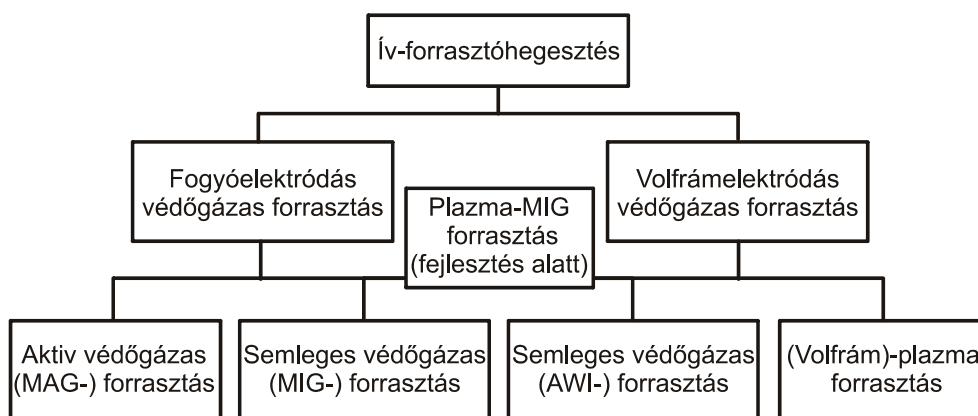
Lehetséges alkalmazási területek egyike a különböző falvastagságú horganyzott acélcsövek forrasztóhegesztése, ugyanis a cink 907 °C-on elgőzölög, így nagy hőmérsékletű ömlesztő hegesztéssel széles sávban leégne. A kötés megfelelősége szempontjából fontos az égőszár helyes megválasztása:

- az optimálisnál kisebb méretű használata esetén fennáll a kötésihiba veszélye;
- túl nagy méretű alkalmazásakor a kötés környezete túlságosan felhevül, a cinkbevonat leég, illetve intenzíven párologni kezd, és a kötés porózussá válik.

A felhordott folyósítószer az előkészített éleket lefedi, védve azt az oxidációtól.

Ív-forrasztóhegesztés (972-es eljárás)

Az **1.126. ábra** mutatja be az ív-forrasztóhegesztések egy lehetséges felosztását.



1.126. ábra
Ív-forrasztóhegesztés

A fémes bevonatú finomlemezekből előállított szerkezeteknél és a vékony acéllemezeknél alkalmazott eljárások forrasztóanyagai rézbázisú ötvözetek (szilícium-, alumínium-, illetve ónbronzo), amelyek olvadáspontja 910–1040 °C közötti. A lehető legkisebb hőbevitellel, rövidzárlatos vagy impulzusívvel (50–150 A), argonbázisú védőgázzal célszerű forrasztóhegeszteni.

A bronz forrasztóanyagok használatának előnye a kis olvadásponton túl, hogy az elkészült varrat nem korrodál, a bevonat leégése csekély, a hőbevitel kicsi, a fröcskölési veszteség nem számottevő, és a varrat utánmunkálása is egyszerű. További előnynek tekinthető a forrasztóanyagból adódóan az alapanyag katódos védelme a forrasztás körül.

A lehető legkisebb hőbevitel érdekében a fogyóelektródás védőgázos forrasztást rövid ívű (rövidzárlatos anyagátmenetet biztosító) tartományban vagy

az impulzusív alsó tartományában kell végrehajtani. A hegesztőpisztolyt tolóhelyzetben kell mozgatni, ami szintén a kis hőbevitelt szolgálja.

1.3.3. Hideg- és melegragasztás

A ragasztás két anyagdarab összekötése alkalmas ragasztóanyag segítségével. A ragasztott kötés tulajdonságait a ragasztandó anyaggár felületállapota, illesztésük módja és résmérete, a ragasztó nedvesítőképessége, illetve felületi feszültsége, a megszilárdult ragasztó egyedi tulajdonságai (pl. szilárdság, hőállóság), a kötési reakciót elősegítő esetleges hőkezelés határozza meg. A ragasztók zöme szerves vegyület, melyek fizikai úton (pl. oldószervesztéssel) vagy kémiai reakció által (pl. polimerizációval) szilárdulnak meg. A kötés adhéziósan vagy esetenként a ragasztandó felület részbeni oldásával jön létre. A hidegragasztók szobahőmérsékleten is kikeményednek, de 100 °C-ig terjedhető hőmérséklet-intervallumban kötésük meggyorsítható. A melegragasztók kikeményítéséhez rendszerint 100 °C-nál nagyobb (de 200 °C-nál kisebb) hőmérséklet szükséges.

A ragasztás alkalmazási előnyei:

- különböző anyagok között a potenciálkülönbségből adód(hat)ó kontaktkorróziót hatástalanítja;
- a kötés kikeményítéséhez elvégzendő (hő)kezelés nem okoz kilágylást;
- a terhelés egyenletesen oszlik el a kötésben, nincsenek feszültséggyűjtő helyek;
- ragasztás után a felület közvetlenül festhető, polírozható, a kifolyt ragasztófelesleg legtöbbször könnyen eltávolítható, és így a kötés „varratdudor”-mentes, sima, aerodinamikailag kedvező felületminőségű;
- a ragasztóréteg sok vegyszernek ellenáll, nem korrodál, rezgéscsillapító, könnyű;
- egyes ragasztófajták, illetve fémgittek repedések, törések, felületi porózusság és egyéb tömítetlenségek javítására is alkalmasak;
- különböző anyagkombinációk is egyesíthetők;
- tetszőleges nagyságú felületek köthetők össze;
- általában nem indokol költséges beruházást és szakképzett munkaerőt.

A ragasztás felmerülő hátrányai:

- gondos felületelőkészítést igényel;
- gyakran rögzítő-, szorító- és hőkezelő-berendezésre van szükség;
- csak a kikeményedési idő (néhány perc–24 óra) eltelte után terhelhető a kötés, az átfutási idő így viszonylag nagy;
- a kötés csak max. 70–150 °C-ig tartja meg a szilárdságát;
- húzó- és lefejtő igénybevétellel szemben kicsi a ragasztóréteg ellenállása;
- egyes ragasztók ütésre érzékenyek, mások tartós statikus terhelés esetén kúszásra hajlamosak, ezért ilyen esetekben – a ragasztott kötések fokozott biztonsága érdekében – valamilyen mechanikus kötési eljárással (pl. szegeccseléssel, csavarozással, karcolással) való kombinálás indokolt lehet.

1. Hegesztés és rokon eljárások

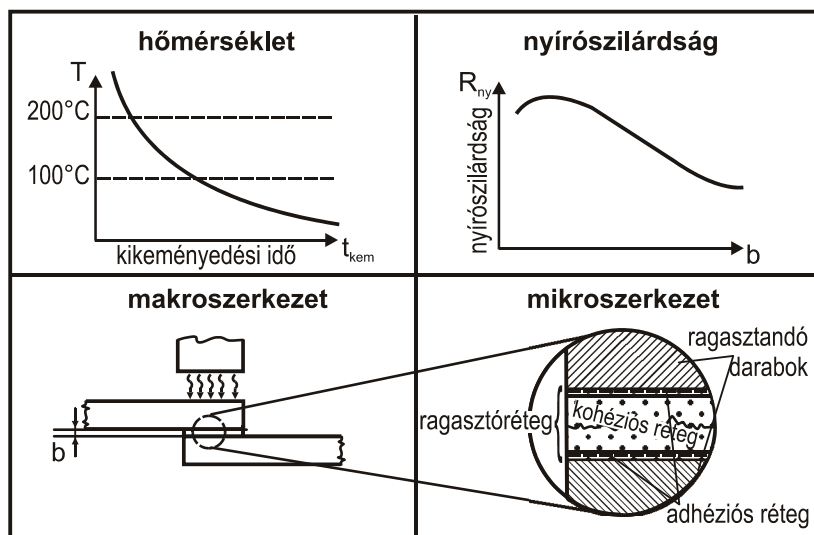
A ragasztáskor nem kiemelkedő szilárdságú, hanem megcélzott teherbírású kötésekre van szükség. Ugyanis egyre terjednek az ún. szerelő-, tehát bontható ragasztások is az oldhatatlanok mellett. Így követelményként felmerülhet a ragasztóanyag adott hőmérsékletű degradálódása, vagyis a kötések alapanyagok károsodása nélküli bonthatósága.

A ragasztóanyagok általában nemfémesek, a szilárd anyagok felületét tapadással (adhézió) és saját szilárdságukkal (kohézió) kötik össze, anélkül hogy az összekötött anyagok szerkezeti felépítése vagy eredeti tulajdonságai lényegesen megváltoznának. A ragasztóanyag és a ragasztó fogalmak egymás szinonimáiként használhatók. Ha az anyagok, anyaghalmazok összekötése ragasztással három dimenzióban valósul meg (pl. falapú kompozitok: farostlemez, forgácslap, OSB-lap), akkor kötőanyagokról van szó. Tágabb értelemben a ragasztók közé sorolhatók az elasztikus tömítőanyagok is, noha ezek elsősorban az egymáshoz illesztett rideg, esetleg törékeny (pl. fém-üveg) anyagok közötti hézagok kitöltésére használhatók, ugyanakkor az anyagokhoz is ragadnak, és rugalmas kötést eredményeznek. A kiték és a tapasztok is ragasztóanyagnak tekinthetők.

A megfelelő ragasztott kötés kialakításához a ragasztott felületeknek az illesztés-szilárdítás valamely fázisában ragadósnak kell lenniük. A ragadósság a ragasztó-, illetve kötőanyag folyadék vagy olvadék állapotának jellemzője, mely adalékanyagokkal befolyásolható. A ragadósság lehet:

- átmeneti, azaz a szilárdítás (kötés) során megszűnő,
- tartós (pl. műanyag ragasztószalagok, védőfóliák esetében),
- előhívható, azaz szilárd állapotban nem, de nedvesítés hatására érvényre jutó (pl. papíralapú ragasztószalagokon).

A ragasztás tehát két vagy több szilárd anyagrész kikeményedő ragasztóanyaggal végzett összekötése. A kialakuló kötés az összeerősítendő – azonos vagy eltérő minőségű – anyagdarabokból és a ragasztórétegből áll **(1.127. ábra)**. A ragasztott kötés szilárdságát a ragasztóréteg és az összekötött anyagok szilárdsága, valamint a ragasztási felületeken ható adhéziós erők határozzák meg. A jó adhéziós tapadás és a ragasztóréteg megfelelő szilárdságának előfeltétele a jól illeszkedő, tiszta és kellőképpen érdesített érintkező felület, illetve a ragasztó megfelelő kikeményedése. A ragasztást alkatrészek összekötésén, rögzítésén kívül tömítésre és egyes mechanikus kötések lazulás elleni védelmére is alkalmazzák.



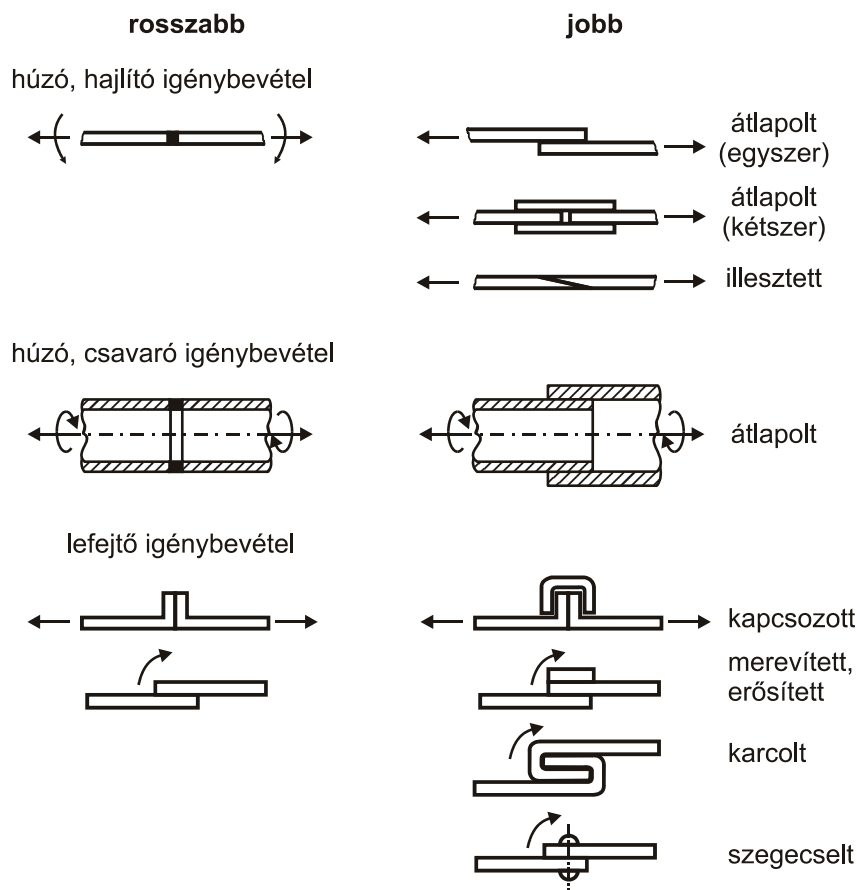
1.127. ábra
Ragasztás jellemzői

Az előkészítés során tervezni kell a ragasztott kötés várható igénybevételét. A húzó igénybevételt kerülni kell, mert a ragasztórétegnek kicsi a szakítószilárdsága, és az adhézión tapadás jellemzői miatt ilyen esetben minimális a terhelhetőség. Még kedvezőtlenebb a lefejtő igénybevétel, ahol a jelentős húzó (tépő) igénybevétel kisebb területre (sávra) koncentrálódik. Törekedni kell tehát olyan kötéskialakításra, ahol a nyíró igénybevétel a meghatározó (**1.128. ábra**), de a nyomó, illetve a csavaró igénybevétel is szóba jöhet.

Természetesen a kötés szilárdsága, igénybevehetősége a ragasztóanyag típusától, rétegvastagságától és a ragasztási felületek nagyságától (átlapolási szélességétől) is függ. A ragasztott kötések szilárdsága az egyenletesen felhordott folytonos ragasztóréteg vastagságának csökkenésével növekszik. Porózus anyagok ragasztásakor figyelembe kell venni, hogy a ragasztó egy része beszívódik, ezért a felületeket újra be kell vonni ragasztóval, hogy a két darab között vékony, ám összefüggő ragasztóhártya alakuljon ki. Ha a beszívódás miatt a réteg már nagyon vékony, csak a felületi kiemelkedések tapadnak össze, a ragasztási felület csökken, a kötés nem lesz tökéletes. Ilyen esetekben különösen fontos a ragasztás alatt álló darabok erős és egyenletes összenyomása.

Ragasztás előtt a ragasztandó felületeket mechanikus vagy kémiai módszerekkel alaposan meg kell tisztítani, szennyeződés- és zsírentessé, majd szárasszá kell tenni. A tapadó felület növelése (adhézió javítása) érdekében célszerű érdesítést (csiszolást, forgácsolást, maratást, pácolást, leoldást) alkalmazni. Az összekötendő részeknek pontosan kell illeszkedniük egymáshoz az ideális ragasztóréteg-vastagság (25–100 μm) elérése céljából.

1. Hegesztés és rokon eljárások



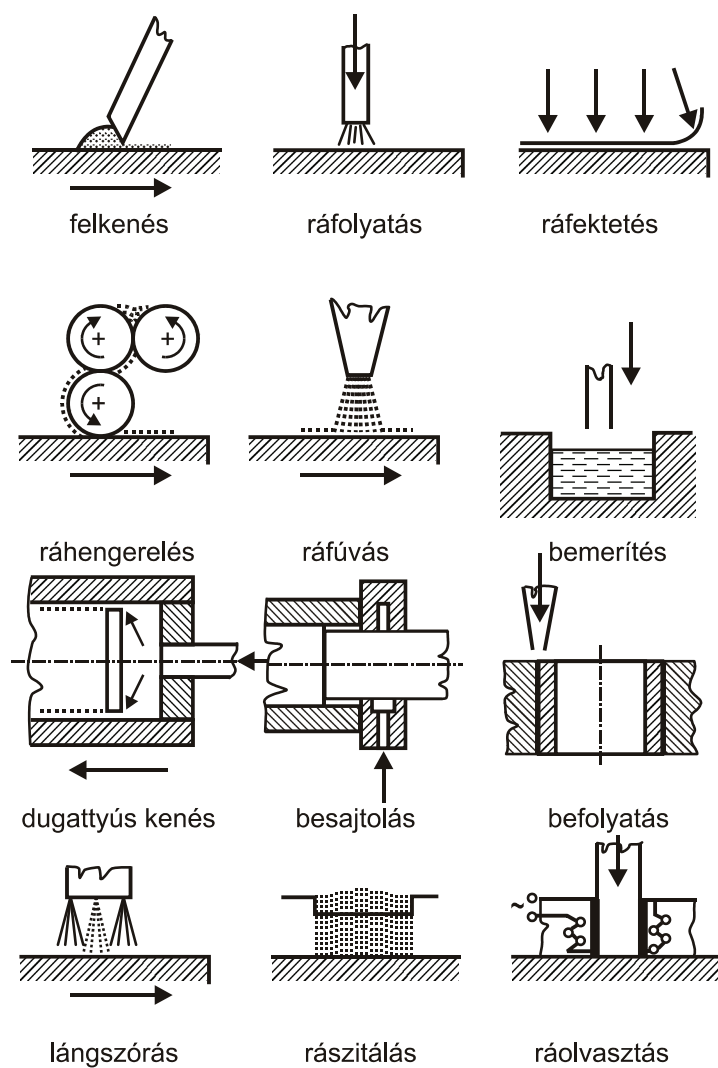
1.128. ábra
Ragasztott kötés igénybevétele

Az egykomponensű ragasztók rendszerint nem igényelnek különösebb előkészületet, viszont a kétkomponensű ragasztók összetevőit csak közvetlenül a felhasználás előtt szabad összekeverni, a gyártó által megadott keverési arány pontos betartásával. A hidegen kezelhető ragasztók üvegrúddal, műanyag edényben keverhetők, a melegen kezelhetőkhöz szabályozható hőmérsékletű, elektromos fűtésű tégely szükséges. Az egyes alkotókat lassan kell összekeverni, mert a keverés gyorsításával fokozódik a buborékképződés. Az esetlegesen előforduló buborékok ragasztáskor enyhe nyomással eltávolíthatók, vagy felhasználás előtt a bekevert ragasztót buborékfelszállás érdekében „pihentetni” kell.

A ragasztóanyagok felviteli módja a halmazállapotuktól és alkalmazási helyüktől függően többféle lehet (**1.129. ábra**). Az összekevert ragasztót érdes felületek

1. Hegesztés és rokon eljárások

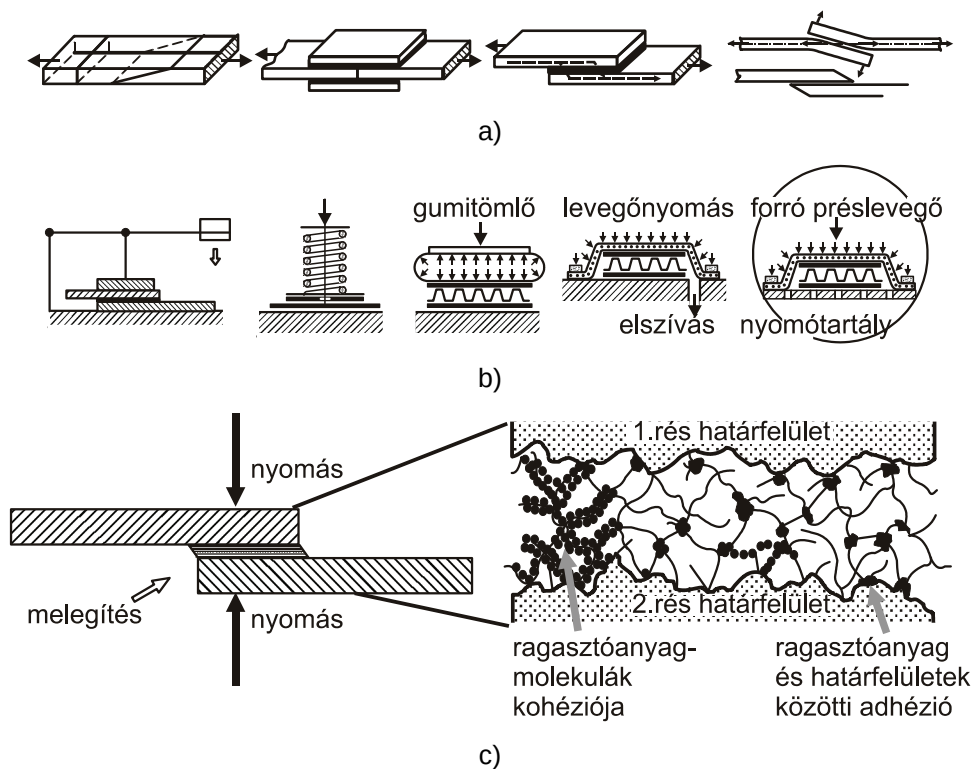
esetén mindkettő, sima felületek esetén csak az egyik oldalra kell felhordani. Legtöbb ragasztónál szükség van kiegészítő nyomás alkalmazására – különösen az összeillesztés pillanatában – a kötés közbeni belső feszültségek káros hatásainak ellensúlyozására. Ragasztás közben ügyelni kell arra, hogy a ragasztóanyag kikeményedéséig egyik alkatrész se mozduljon el.



1.129. ábra
Ragasztóanyagok felviteli módjai

1. Hegesztés és rokon eljárások

Megfelelő mértékű átlapolással (**1.130/a. ábra**) és szorítónyomással (**1.130/b. ábra**) kialakított kötésben a hidegragasztók szobahőmérsékleten is kikeményednek, de 100 °C-ig terjed(het)ő hőmérséklet-intervallumban kötésük meggyorsítható (**1.130/c. ábra**). A melegítés nem csupán a kötési időt rövidíti, hanem a létrejövő kötés szilárdsága és megbízhatósága is nagyobb a szobahőmérsékleten végbemenő keményedéshez képest. Az illesztés és a rögzítés után kezdődő kikeményedési idő 20 °C-os hőmérsékleten max. 24 óra. A végleges szilárdságot többnyire még megnöveli az utókeményedés. A hidegragasztók rendszerint folyékony halmazállapotúak, amelyeket 0,05–0,2 mm egyenletes rétegvastagságban kell a felületre juttatni. A ragasztás nyírőszilárdsága acélanyagok esetén 11–19 MPa, ha az átlapolási arány (az átlapolt hossz és a lemezvastagság hányadosa) legalább 15.



1.130. ábra
Ragasztott kötés kialakítása

A hideg- és a melegragasztók kötési módjuk szerint lehetnek (**1.131. ábra**) :

- kémiai reakció nélkül – fizikai úton – kötő ragasztók:

1. Hegesztés és rokon eljárások

- oldó- vagy diszpergálószer elpárolgásával kikeményedő folyékony ragasztók;
- vízfelvétel hatására kikeményedő gittek;
- megolvasztandó, majd újradermedő szilárd ragasztók;
- kémiai reakcióval kötő ragasztók:
 - polimerizációs ragasztók: monomerek folyamatos „összeadódásával”, katalizátor jelenlétében kötnek, számottevő térfogatcsökkenés nélkül;
 - polikondenzációs ragasztók: kötési reakciójukban melléktermék keletkezik, és mivel a ragasztó kötés közben jelentősen zsugorodik, az adhéziós erők nagyon lecsökken(het)nek, ezért különösen fontos a megfelelő szorító nyomás.

RAGASZTÁS	HIDEG-RAGASZTÁS	MELEG-RAGASZTÁS
fizikai úton kikeményedő ragasztóval	oldószeres diszperziós olvadékos gittes	oldószeres pasztás
kémiai úton kikeményedő ragasztóval	polimerizációs polikondenzációs	

1.131. ábra

Ragasztóanyagok felosztása

Oldószeres ragasztók használatakor nagyon fontos az ún. nyitott (előszáritási) idő gyárilag ajánlott tartamának betartása, amit pormentes körülmények között, az oldószer elillanásának lehetővé tétele végett, összeillesztés előtt kell biztosítani. A ragasztóréteg kikeményedése nagyjából ezen időtartam alatt következik be, ami néhány perctől több óráig terjedhet. A száradási idő jelentős csökkentése a ragasztóréteg illesztés utáni zsugorodását növelheti, rontva a kötés szilárdságát. A diszperziós ragasztók felhordásuk után, illetve a bevont felületek összeillesztése előtt, a diszpergálószer elpárolgása (száradás) folytán keményednek.

A „pillanatragasztók”-ként közismert ciano-akrilát ragasztók kémiaiilag a ciano-akrilsav észterei, melyeknek monomerkeverékeit zárt, légmentes csomagolásban hozzák forgalomba. Ez a monomerkeverék a ragasztandó felületre jutva polimerizálódik, a legtöbb ragasztandó anyag sima, nem savas felületét jól nedvesíti. A polimerizációt gyenge bázisok és pl. a felületen abszorbeált víz iniciálja (indítja be), ami szobahőmérsékleten néhány másodperc alatt lejátszódik, de a végleges kötőszilárdság csak órák múlva alakul ki. A képződő polimer termoplasztikus, ezért a viszonylag vegyszerálló kötés maximális igénybevételi hőmérséklete 70 °C. Nagy légnedvesség esetén – a túlzott iniciátor-koncentráció miatt – a reakció sokszerű, ezért a ragasztórétegben feszültségek keletkeznek. Ciancsoport-tartalmuk ellenére nem mérgezőek, de nagyon balesetveszélyesek,

1. Hegesztés és rokon eljárások

mert az élő szervezetek hám- és kötőszöveteit (pl. bőr) is összeragasztják, és különösen a szemet károsíthatják.

Jellemzően a hidegragasztó (kötő)anyagok közé sorolhatók még:

- a szerves kötőanyagok közül: gipsz (építészet, szobrászat stb.), mészhidroxid (építészet), cement (építészet), káli- vagy nátron-vízüveg (festőipar, kályhaépítés, papíripar), kaolin (porcelánkészítés stb.);
- a szerves kötőanyagok közül: kukorica-, búza-, dextrin-, burgonyakeményítő (papíripar); CMC = karboxi-metil-cellulóz (festőipar, tapétázás); tragant (kalaposipar, gyógyszeripar stb.); szulfitszennylúg (papíripar); csont-, bőrhálerő (asztalosipar, könyvkötészet); zselatin (festékipar, nyomdászat, fényképészet stb.); albumin- és kazein (bútoripar); nyersgumi (gumiipar).

A melegragasztók kikeményítéséhez 100 °C-nál nagyobb hőmérséklet szükséges, azaz kötésük szobahőmérsékleten nem következik be. Melegragasztók esetén nincs mindig szükség arra, hogy a felhordás után azonnal kössenek vagy kikeményedjenek. Mivel a kémiai reakció meghatározott időtartamú növelt hőmérsékletre hevítéskor zajlik le, lehetőség van arra, hogy a ragasztó felhordása után jóval későbbi időpontban illesszék az alkatrészeket és végezzék el a kikeményítést. Az ilyen ragasztók kikeményedési ideje ½ és 12 óra között változhat. A kikeményítés hőmérsékletéről való gyors hűtést kerülni kell, különben a ragasztott kötésben jelentős – kötési szilárdságot rontó – mechanikai feszültségek keletkezhetnek.

A melegragasztók egyrészt folyékony, másrészt szilárd állapotban, por, gyöngy, rúd alakban vagy fóliaként kerülnek forgalomba. A por alakú ragasztót sűrű szöves szitán át szórják a ragasztandó felületre, kb. 0,60–1,40 grammot négyzetdeciméterenként. A 130–150 °C-ra történő felmelegítéskor a felületen a por megolvad. A gondosan egymásra illesztett felületeket összenyomva az összeragadás megkezdődik. Rúd alakú ragasztóanyag alkalmazása esetén az összeragasztandó részeket kb. 130–170 °C-ra kell felmelegíteni, hogy a rúd a meleg felületen való végighúzáskor megolvadjon, és így vékony ragasztóanyagbevonat keletkezzen. A ragasztott kötés nyírószilárdsága 16–22 MPa, acél alapanyagok és legalább 15 értékű átlapolási arány esetén.

A melegragasztók fizikai tulajdonságaik alapján lehetnek:

- folyékony ragasztók, amelyek polimerizálódó vagy polikondenzálódó monomerek, oldószeres oldatok és diszperziók (finom eloszlású ragasztóanyag–víz szuszpenziók);
- szilárd (rúd, film, por) ragasztók, amelyek szobahőmérsékleten amorfszerű szerkezetű túlhűtött olvadékoknak tekinthetők, és általában megolvasztva, majd újradermesztve létesítenek kötést az összeerősített anyagok között;
- ragasztópaszták, amelyek sűrű (nagyviszkózitású), gittszerű anyagok, nagymennyiségű és különleges töltőanyag-tartalommal.

Az olvadékragasztók lehűlésük folyamán keményednek, ezért célszerű az összeillesztést követően még néhány percig az olvadási hőmérsékleten tartani azokat, hogy nedvesítő hatásuk fokozódjék.

1. Hegesztés és rokon eljárások

Míg a szobahőmérsékleten kötő reaktív ragasztók térhálósodása a ragasztóanyag kémiai felépítésétől függően néhány perctől egy napig tarthat, és a térhálósodásuk előrehaladását a viszkozitásuk és a keménységük növekedése jelzi, addig a melegen kötő reaktív ragasztók adott hőmérsékleten, meghatározott kezelési időtartammal és nyomáson térhálósodnak. Erre a célra ellenállásfűtésű kemencék, nagyfrekvenciás indukciós hevítőberendezések, infrasugaras lámpák stb. alkalmazhatók.

1.3.4. Mechanikus kötés

A mechanikus kötési eljárások (1.132. ábra) kötőelemekkel vagy azok alkalmazása nélkül valósítják meg az anyagdarabok összekapcsolását. A kötőelem nélküli mechanikus kötések szokás alakkal záró kötésnek is nevezni, míg a kötőelemes kötések elsősorban anyaggal záró kötések.

MECHANIKUS KÖTÉS	kötőelem nélküli (alakkal záró) mechanikus kötés	kötőelemes (anyaggal záró) mechanikus kötés
oldható kötés	zsugorkötés kúpos kötés bordás kötés barázdafogazatos kötés csapozásos kötés	csavarkötés csapkötés csapszegkötés ékkötés reteszkötés feszítőelemes kötés rugózóelemes kötés
oldhatatlan kötés	korcolás elcsavarás lehajlítás bordázás peremezés kitágítás pontozás	szegecseles szegelés kapcsolás dűbelezés varrás

1.132. ábra
Mechanikus kötések felosztása

Egy kötés létesítése során az alkatrészek között oldható vagy oldhatatlan kapcsolat jön létre. Oldható kötés esetén az alkatrészek roncsolás, károsodás nélkül szétválaszthatók. Az oldhatatlan kapcsolat szétválasztásakor a kapcsolási zóna vagy a kötőelem roncsolódik, tönkremegy, miközben a szerelt alkatrészek is károsodhatnak, tehát ugyanazon anyagokkal, illetve kötőelemekkel a kötés nem rekonstruálható.

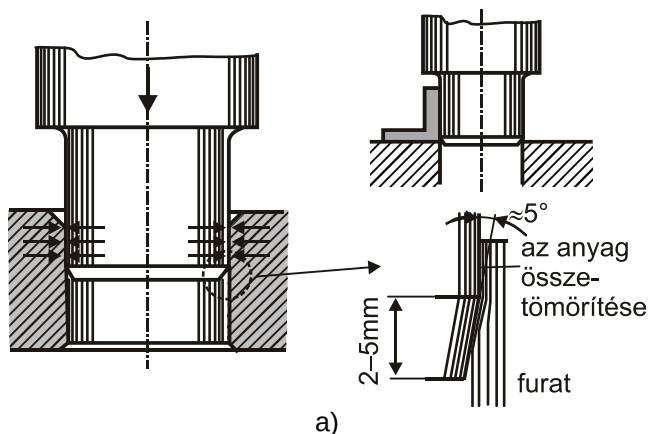
A mechanikus kötés leggyakrabban erő-, illetve nyomatékátvitelre szolgál. A mechanikus kötés elnevezés utal arra, hogy mechanikai folyamatok (rugalmas

1. Hegesztés és rokon eljárások

vagy képlékeny alakváltozás), illetve mechanikai eszközök (kézi és gépi szerszámok) alakítják ki a kapcsolatot. Az **1.132. ábra** rendszerezésében szereplő csapozásos kötés, szegelés, kapcsolás, dübelezés és varrás könnyű- és építőipari anyagokhoz (pl. fa, textil, bőr stb.) rendelhető, így ezekre most nem térünk ki.

A kötőelem nélküli mechanikus kötések közül a zsugorkötés egymásba helyezett alkatrészek (tengelycsap és agyfurat) fedése következtében jön létre. A fedés abból adódik, hogy a szerelőkötés előtt a tengelycsap átmérője egy bizonyos értékkel (átfedéssel, túlfedéssel) nagyobb, mint az agyfuraté. Az érintkező felületek között fellépő igen nagy tapadási súrlódás révén nyomaték is átvihető. Zsugorkötés többféle módon hozható létre:

- szobahőmérsékleten, sajtolással (**1.133/a. ábra**): a csap vagy furat élperemét letompítják, az illesztendő felületeket kenőolajjal bevonják, az alkatrészek helyzetét pontosan beállítják, majd kis sebességgel a csapot a furatba nyomják;
- növelt hőmérsékleten, a furat hőtágításával (**1.133/b. ábra**): a furatot tartalmazó agyrészt felhevítik hőtágulás előidézése céljából, majd az így megnövelt átmérőjű furatba behelyezik a csapot, és az agyrészt lehűtéssel rázsugorítják.
- csökkentett hőmérsékleten, a csap hőzsugorításával (**1.133/c. ábra**): a csapot lehűtik hőzsugorodás előidézése céljából, majd az így lecsökkentett átmérővel helyezik be a furatba, és felmelegítéssel összefeszítik az alkatrészeket;
- kombinált módszerrel, azaz a furat felmelegítésével és a csap lehűtésével, hevítési korlátozások vagy nagy átfedések esetén.

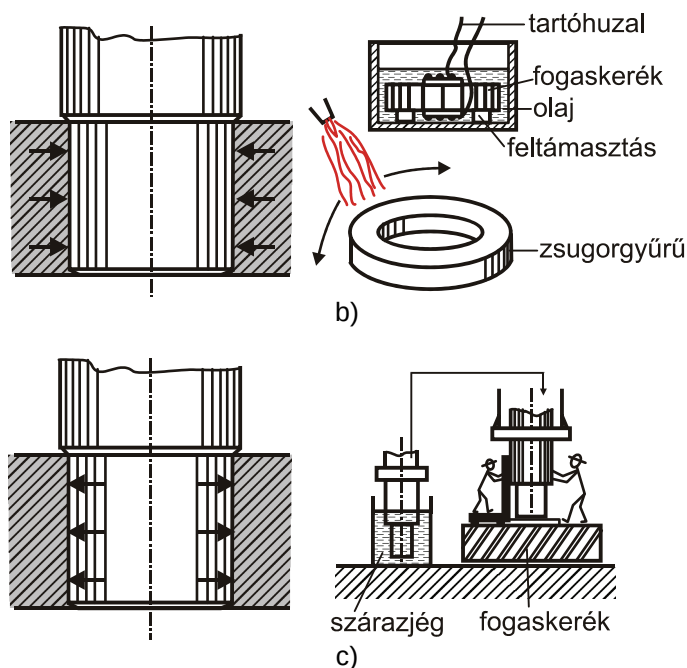


1.133. ábra (I.)
Zsugorkötések

Amennyiben a zsugorkötést előreláthatólag többször oldani kell, úgy a csapban már elkészítésekor olajcsatornákat alakítanak ki. Az oldást az illeszkedő felületek

1. Hegesztés és rokon eljárások

közé juttatott olaj nyomásával végzik. A fokozódó olajnyomás hatására – a megfelelő határérték elérésekor – a kötés hirtelen oldódik.

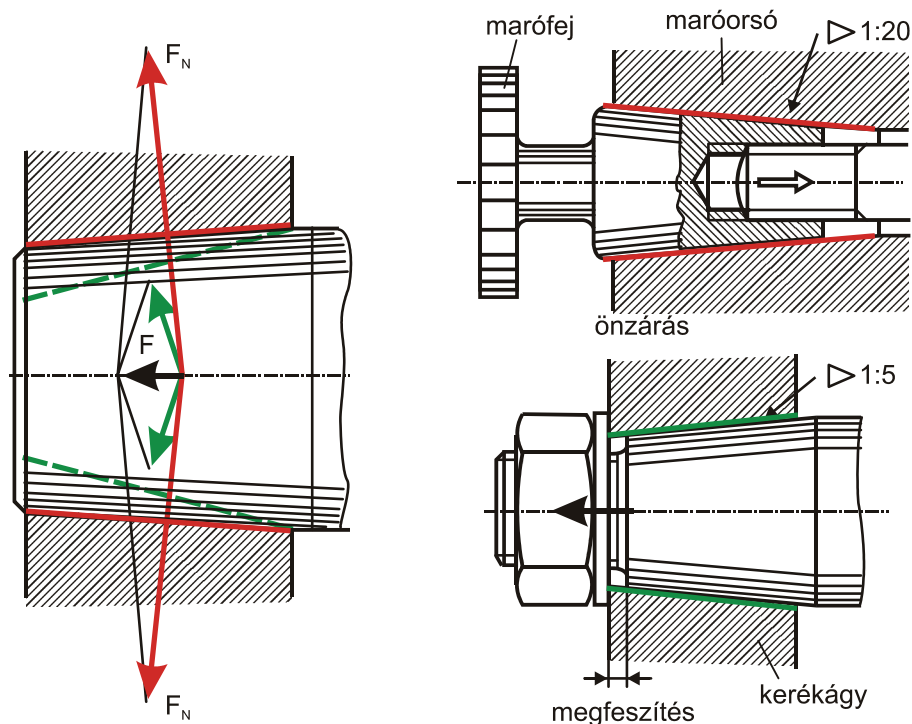


1.133. ábra (II.)
Zsugorkötések

Kúpos kötés során a kúpos csapot F erővel egy kúpos furatba nyomják. A kúp palástjának meredeksége révén – az F tengelyirányú nyomóerő hatására – az illeszkedő felületekre merőlegesen igen nagy F_N erők hatnak. E normálerők következtében a csap és a furat érintkezési felületén súrlódás lép fel, kialakítva a kötés feltételeit. Fontos a megfelelő kúposság, hogy az F_N normálerő és az ebből adódó tapadás kellően nagy legyen. Pl. 1:20 kúposság esetén a kötést kielégítően önzáró, míg az 1:5 kúpviszony csak tengelyirányú feszítés alkalmazásával felel meg (**1.134. ábra**), de könnyebben szét-, illetve összeszerelhető.

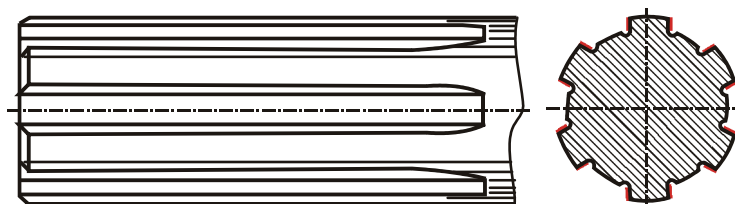
Forgatónyomaték átvitelére alkalmas kötőelem nélküli kötési megoldást jelent a csap, illetve a furat bordás kivitele révén megvalósuló bordás kötés (**1.135/a. ábra**). Az összeszerelendő alkatrészek gyártásakor kialakított 4–20 borda révén az érintő irányú terhelés egyenletes elosztása, illetve a tengelyirányú elmozdulás lehetősége biztosítható.

1. Hegesztés és rokon eljárások



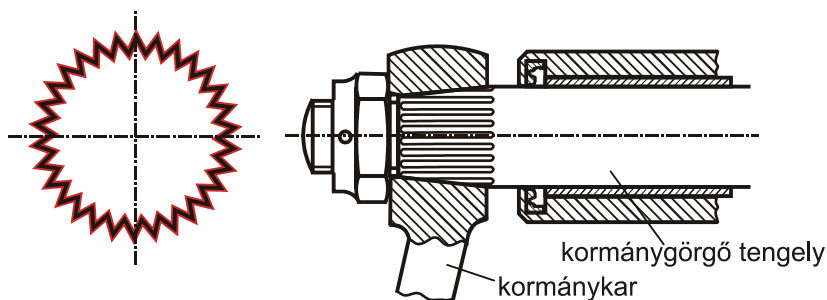
1.134. ábra
Kúpos kötések

Barázdafogazatos kötésben (**1.135/b. ábra**) a terhelés sok apró fog között oszlik meg, így azok magassága kisebb lehet. Ezt elsősorban ritkán oldott kapcsolatoknál alkalmazzák. A tengely és az agy relatív helyzete kis osztásokban, foganként állítható be. Ha a tengelyirányú elmozdulás sem megengedett, akkor a barázdafogazatos és a bordás kötést is külön elemmel kell rögzíteni.



a) Bordás tengely 6 bordával

1.135. ábra (I.)
Bordás és barázdafogazatos kötés

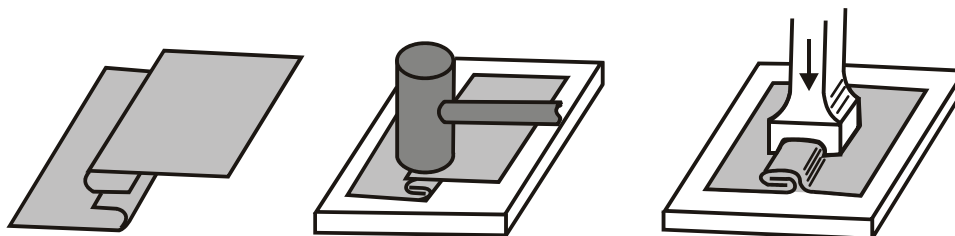


b) Barázdafogazatos kötés

1.135. ábra (II.)

Bordás és barázdafogazatos kötés

A korcolás vagy falcolás (**1.136. ábra**) lemezszélek összekötése képlékeny alakítással, azaz a szélek egymásra hajlításával és összenyomásával. Kis sugarú és 180° -os hajlítással hozható létre a megfelelő kötés, amelyet csak jól alakítható lemezanyag képes elviselni, illetve ebből következően az alkalmazható lemezvastagság is korlátozott (max. 1–1,5 mm). A korckötés sokoldalúan használható, mert hosszú egyenes kötés (hosszkorc), hengeres vagy négyszögletes edények, tartályok palástja (palástkorc) alakítható ki, valamint palást- és homloklemez is egyesíthető így (peremkorc).



1. leélezés

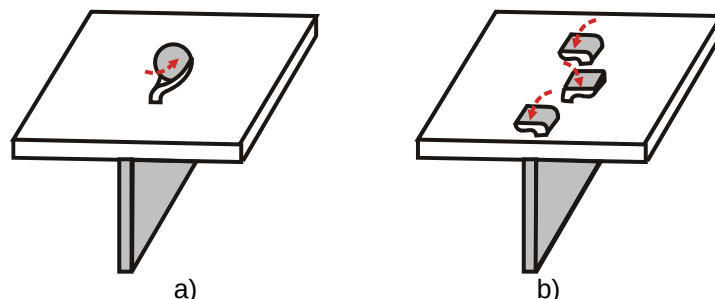
2. összenyomás

3. lelapítás

1.136. ábra
Korcolás

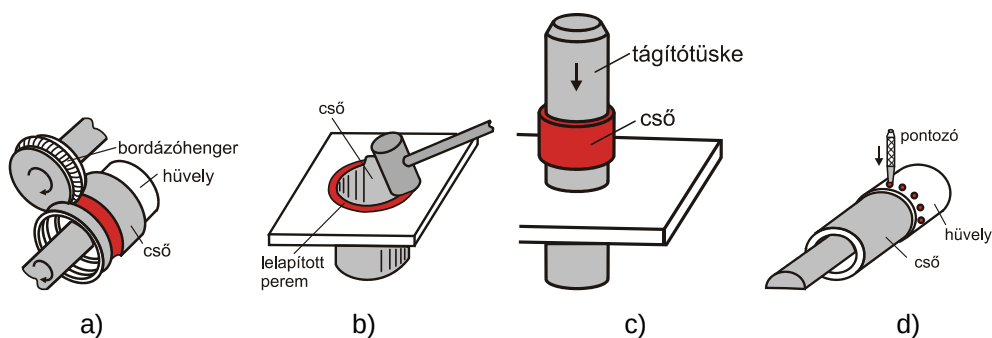
Lemezalkatrészek kapcsolata elcsavarással (**1.137/a. ábra**) is megvalósítható. Az egyik lemezen kialakított rés(ek)en a másik lemez kiképzett csomjait áttolják és elcsavarják. Hasonlóan előkészített lemezek összeköthetők úgy is, hogy a rése(ke)n áttolt nyúlványokat nem elcsavarják, hanem lehajlítással (**1.137/b. ábra**) hozzák elmozdulásmentes állapotba.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.137. ábra
Elcsavarás és lehajlítás

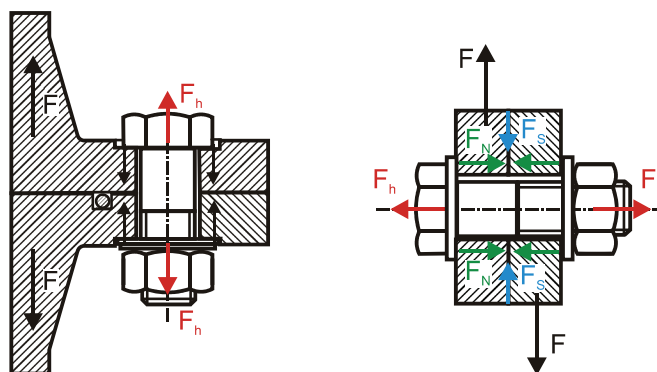
Bordázáskor (**1.138/a. ábra**) a csőszerű vékony falú darabokat összetolt állapotban együtt deformálják. Előfordul, hogy csak a külső darabot látják el bordával, amelybe a belső darabot belenyomják, és az befeszül a bordamélyedésbe. Peremezéskor (**1.138/b. ábra**) a csővéget enyhén feltágítják, illetve lehajlítják, és ezáltal a furat falának feszítik. Kitágításakor (**1.138/c. ábra**) a csőszerű munkadarabot az ellendarabon kialakított furatba, nyílásba helyezik, majd pl. egy tágitótüskével vagy valamilyen nyomást közvetítő közeggel kibővítik. Szintén csőszerű daraboknál alkalmazható a pontozás (**1.138/d. ábra**), amikor is az egyik munkadarab szabad végét rátolják a másik munkadarabra, és az egymást átfedő részeket pl. pontozóval benyomják, elmozdulást gátló helyi „akadályok” létrehozása céljából.



1.138. ábra
Csőkötések: a) bordázás, b) peremezés, c) kitágítás, d) pontozás

A legfontosabb kötőelem a meghatározott átmérőjű és menetemelkedésű, illetve menetprofilú (metrikus, Whitworth), jobb- (vagy bal-) menetű, általában egybekezdésű csavar és csavaranya. Ezen kötőelemek meghúzására alkalmas szerszámok (csavarhúzó, villáskulcs, csillagkulcs, dugókulcs, körmoskulcs, imbuszkulcs, nyomatékkulcs) kialakítása igazodik a csavarfej alakjához. A

szükséges meghúzási nyomaték a csavarkötés várható terheléséből határozható meg. A kötőelemek meghúzásakor a csavarszár húzó-, az összekötött részek nyomófeszültségek alá kerülnek. A húzóterhelés hatására a csavarszár előfeszül (megnyúlik), és benne előfeszítő erő ébred (**1.139. ábra**), mely az összekötött alkatrészeket egymáshoz szorítja és együtt tartja. Az előfeszítő erő által létrehozott feszültség mértéke nem haladhatja meg a csavarszár anyagának folyáshatárát, azaz csak rugalmas alakváltozás megengedett.



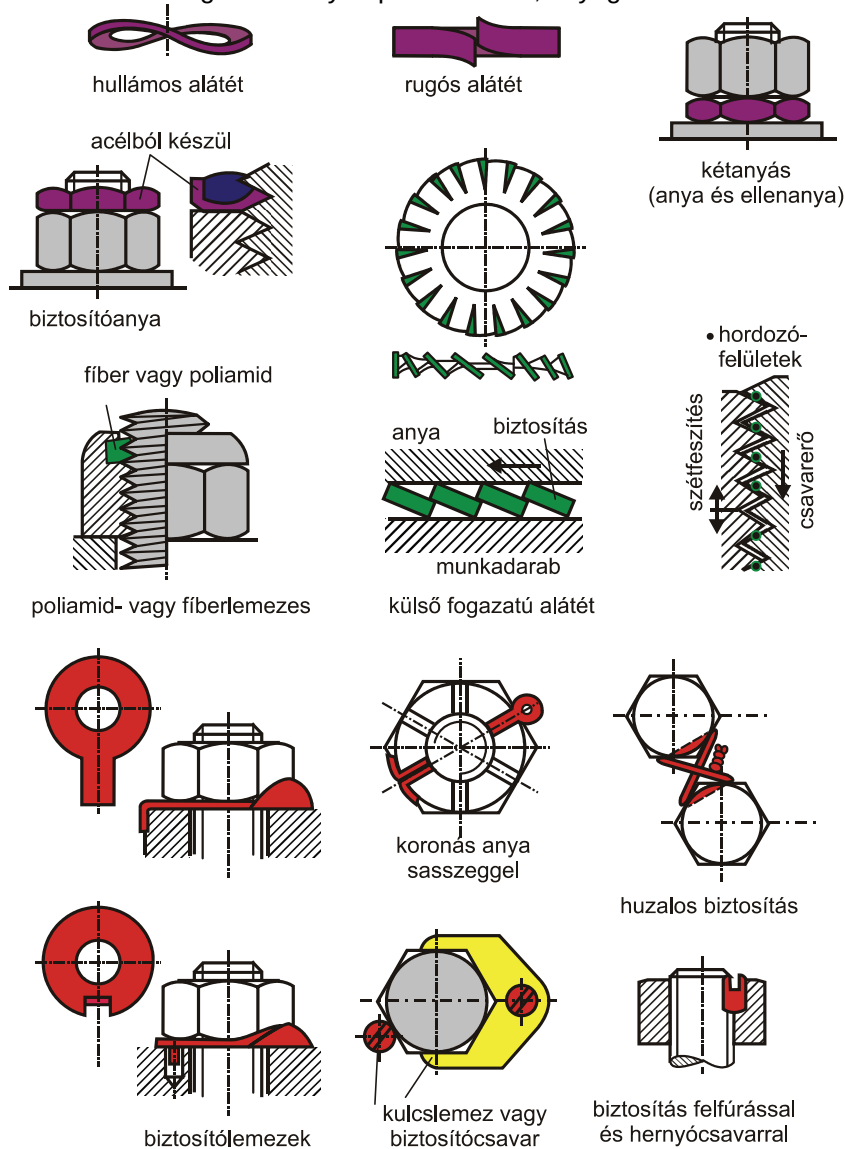
1.139. ábra
Csavarkötés

A minimális szakítószilárdság és folyáshatár értékeit a leggyakrabban alkalmazott acélcsavarok esetében két számmal adják meg, amelyeket egy ponttal választanak el: 3.6, 4.6, 4.8, 5.6, 6.8, 8.8, 10.9, 12.9. Az első szám a minimális szakítószilárdság [MPa] századrésze, az első és a második szám szorzata pedig a minimális folyáshatár [MPa] tizedrésze. Pl. az 5.6 jelölés a csavarfejen 500 MPa szakítószilárdságot és $0,6 \cdot 500 = 300$ MPa folyáshatárt jelent a csavar anyagára vonatkozóan. Jobb anyagminőségű csavar használata esetén ugyanakkora előfeszítő erőhöz kisebb átmérőjű csavar alkalmazható. A nagyszilárdságú csavarok alkalmazásával hely, anyag és költség takarítható meg, még akkor is, ha ezek drágábbak. A csavaranyag anyagminőségét egy szám jellemzi (4, 5, 6, 8, 10, 12), ami a minimális szakítószilárdság [MPa] századrésze. A jól kivitelezett csavarkötést tehát nem nyírásra, hanem húzásra veszik igénybe, betartva szerelésekor az előírt meghúzási nyomaték értékét.

A megfelelő csavarkötéshez hozzátartozik az önzárás kialakulása is. A menetfelületeken fellépő súrlódás egy határértéknél (15° -nál) kisebb menetemelkedési szög esetén megakadályozza, hogy a csavaranya a csavar előfeszített állapotában – az ékhatás következtében – lecsavarodjon. Ennek ellenére az összekötött alkatrészek rezgése, mozgása következtében az anya, illetve a csavar meglazulhat, ami a kötés oldódásához is vezethet. Ezért célszerű – sőt egyes esetekben elengedhetetlenül szükséges – csavarbiztosításokat (**1.140.**

1. Hegesztés és rokon eljárások

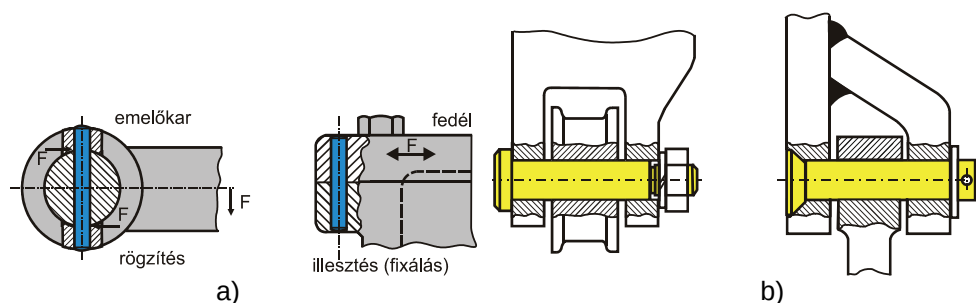
ábra) alkalmazni, melyek összefeszítik a menetes alkatrészeket, vagy kizárják a lecsavarodás lehetőségét valamilyen plusz elemek, anyagok alkalmazásával.



1.140. ábra
Csavarbiztosítások

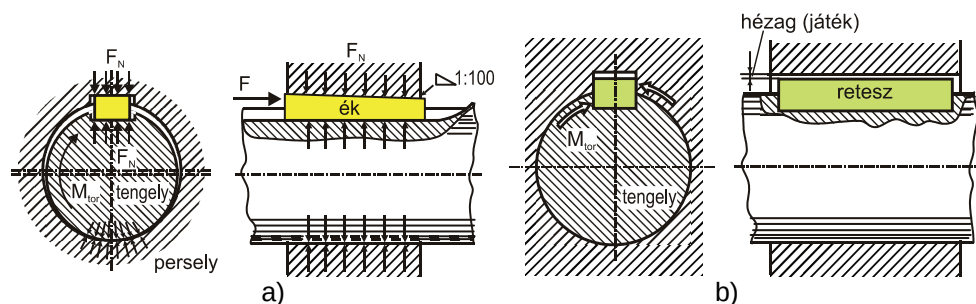
Csapokat általában két feladatra alkalmaznak: rögzítésre, azaz alkatrészek összekötésére és illesztésre, vagyis alkatrészek tájolására (pontos és elmozdulás-

mentes helyzetmeghatározásra). A szorosan illesztett csapok (1.141/a. ábra) jellemző igénybevétele nyírás. Csapszegeket főleg csuklós (mozgó) kötésekben (1.141/b. ábra), laza illesztéssel alkalmaznak. A csapszegnek a villában szilárdan kell illeszkednie, és az általában nagyobb furatú hevedernek kell a csapszeg ellenforognia. A csapszegek jellemző igénybevétele nyírás és hajlítás.



1.141. ábra
Csapkötés és csapszegkötés

Az ék lejtős síkfelülettel kialakított hornyú agyfurat és tengely összekötésére alkalmas alkatrész. Az éket beszorítják az agy és a tengely horonyfelületei közé, amelyek ezután – az ékhatás következtében – egymáshoz feszülnek (1.142/a. ábra). Azoknál az agy–tengely kapcsolatoknál, ahol pontos és ütésmentes együtt forgást kell megvalósítani, nem szabad éket használni, hanem a feszítésmentes reteszkötést (1.142/b. ábra) kell alkalmazni. Az ún. siklóretesz – a bordás kötéshez hasonlóan – lehetővé teszi az agy tengelyirányban való elmozdíthatóságát, pl. valamilyen átállítási, kapcsolási feladat végrehajtása érdekében.

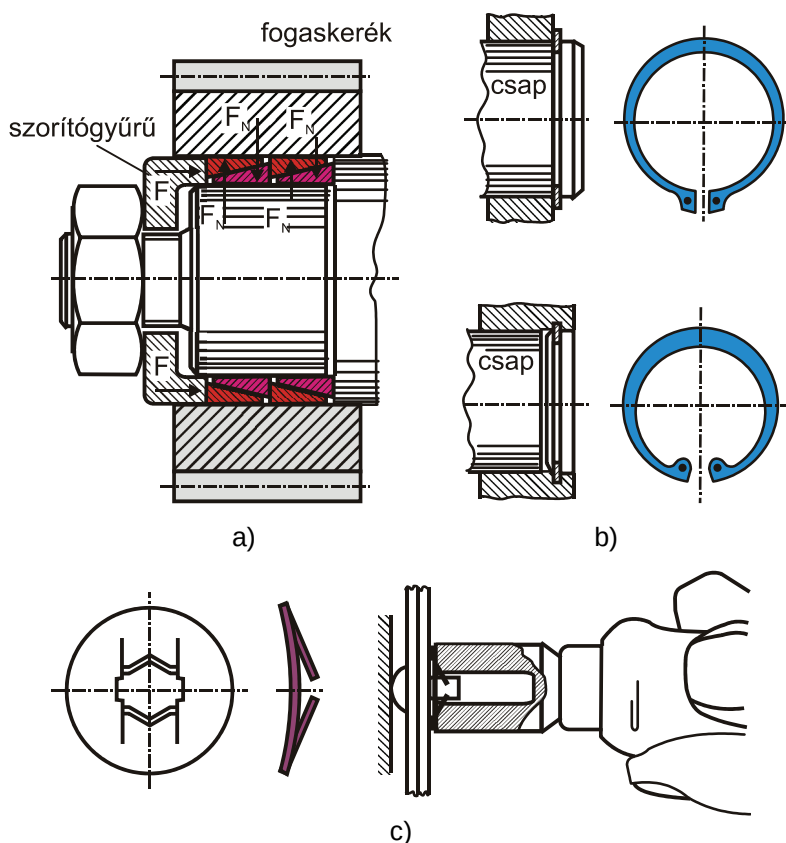


1.142. ábra
Ék- és reteszkötés

Feszítőelemes kötésben (1.143/a. ábra) az egymásba tolt kúpos gyűrűpárok a tengelyirányú feszítőerő hatására kitágulnak, és radiális irányban nekifeszülnek az

1. Hegesztés és rokon eljárások

agyfurat és a tengelycsap palástjának. Az így létrejövő súrlódás viszi át a forgatónyomatékokot. Alkatrészek viszonylagos helyzetének rögzítésére alkalmasak a – külön erre a célra kimunkált hornyokba „bepattintható” – Seeger-gyűrűk, rögzítőtárcsák, rugós rögzítőgyűrűk (**1.143/b. ábra**). Gyors szerelőmunkát, de kis terhelhetőséget eredményeznek a különféle rugózóelemes (**1.143/c. ábra**) kötések.



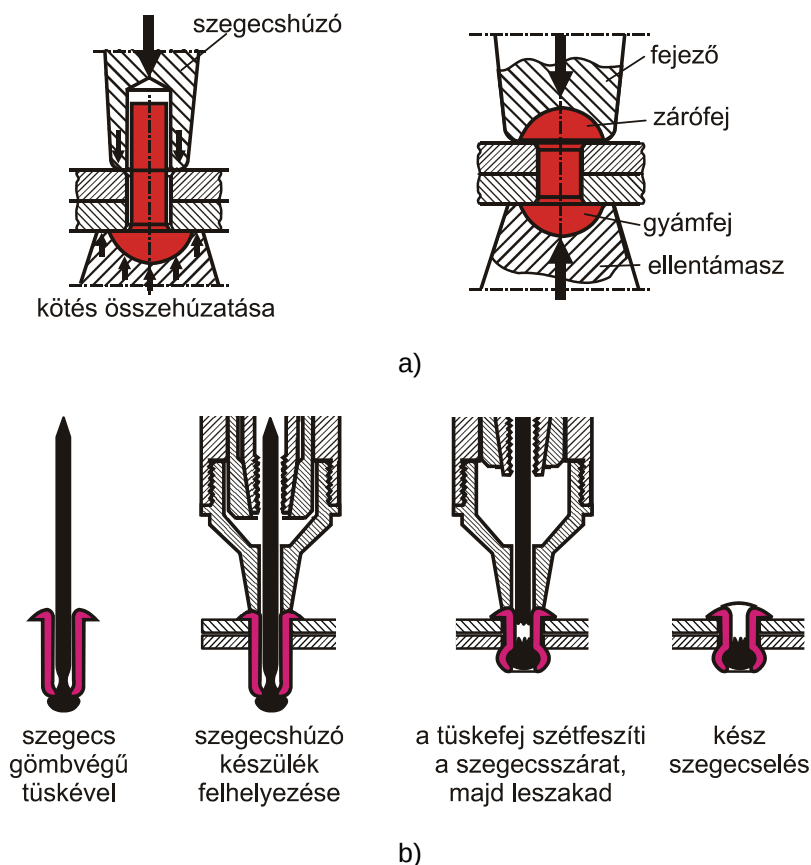
1.143. ábra

Feszítő- és rugózóelemes kötések

Szegecskötésben az összekötendő alkatrészek furatain átfűzött szegecsszár zömítésével és egy zárófej kialakításával jön létre az oldhatatlan kapcsolat (**1.144/a. ábra**). A különböző fejkiképzésű szegecsek szárhosszát úgy kell megválasztani, hogy az összefogandó alkatrészekből kiálló darabjuk a kialakítandó zárófejet és a szár körül lévő furatrést teljesen „kitöltse”. Átlapolt szegecseléskor egymásra helyezett alkatrészeket kötnek össze, hevederkötésben az egymáshoz tompán illesztett lemezeket egy vagy két hevederlemez segítségével kötik össze.

1. Hegesztés és rokon eljárások

Acélszegecseket 10 mm átmérőig hidegen, afelett melegen szegecselnek, a kellő alakváltozó-képesség érdekében. A hidegszegecszek főleg nyíró igénybevételt kapnak, míg a melegszegecszekben – a lehűléskori zsugorodásuk következtében – jelentős húzóigénybevétel is fellép.



1.144. ábra
Szegecselés

Ha a kötési helyhez csak az egyik oldalról lehet hozzáférni, előnyösen alkalmazhatók a vakszegecszek vagy POP-szegecszek (**1.144/b**). Ezek olyan üreges szegecszek, melyeknek egyik végébe kúpban vagy gömbben végződő tuskét helyeznek. Amikor a tuskét a másik végénél fogva áthúzzák a szerelendő alkatrészek furatába helyezett szegecsen, a kúp vagy gömb alakú tuskéfej a nem hozzáférhető oldalon szétnyomja a kiálló szegecsszárat, majd egy bizonyos húzóerő elérése után leszakad. Mivel itt a szegecs anyagának nagy alakváltozó-képességűnek kell lennie, és csak kisebb méretekben használható jól, ezért elsősorban kis terheléssel járó rögzítésre alkalmas.

1. Hegesztés és rokon eljárások

1.4. Felületbevonó és egyéb felületkezelő eljárások

A gépelemek, a fémszerkezetek, de még inkább a szerszámok működő felületeinek igénybevétele jelentősen eltér a belső anyagrészekétől, így a konstrukció egészét általában nem előnyös ugyanazon anyagból, illetve azonos technológiával gyártani, hanem célszerű a fokozott igénybevételű felületi részeken ellenállóbb anyagot alkalmazni és/vagy intenzívebb energiabevittel anyagszerkezet-módosulást kiváltani és ezáltal nagyobb várható élettartamra törekedni. Felületkezeléssel tehát a felülettől a mag (belső anyagrészek) felé változó tulajdonságok hozhatók létre eltérő fázisátalakulások és/vagy különböző kémiai összetétel beállításával. A **1.145. ábra** mutatja be a felületkezelési eljárások egy lehetséges felosztási rendszerét.

FELÜLETBEVONÓ ELJÁRÁSOK védőbevonatolás plattírozás termikus szórás PVD és CVD	ÖSSZETÉTELMÓDOSÍTÓ FELÜLETKEZELÉSEK passziválás ionimplantáció termokémiai kezelés
SZERKEZETMÓDOSÍTÓ FELÜLETKEZELÉSEK felületszilárdítás felületedzés	OLVASZTÁSOS FELÜLETKEZELÉSEK felületi átolvasztás felolvasztó hegesztés felületötvözés felrakó hegesztés

1.145. ábra
Felületkezelési eljárások felosztása

A **1.146. ábra** a hegesztési eljárások felosztásánál megismert energiaforrások felületkezelésekhez való alkalmazhatóságát szemlélteti. A fekete cellák mutatják a hőforrás alkalmazhatóságát az adott felületkezelő eljáráshoz. A szürke cellák a lehetséges, de nem szokásos, míg a fehér cellák a nem alkalmas eseteket mutatják.

1. Hegesztés és rokon eljárások

Energia forrása	FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁS	Összetételmódosítás nélküli felületkezelés		Összetételmódosító felületkezelés					
		Felületolvadás nélküli		Olvasós	Felületolvadás nélküli			Olvasós	
		felület-szilárdítás	felület-edzés	felületi átolv. felolv. heg.	(termikus) szórás	plattírozás	termokémiai kezelés	felületi ráolvasztás	felülettölv. felrakó heg.
normálív	ív								
plazmaív	PLAZMA								
áram-átvezetés	ELLENÁLLÁS								
áram-indukálás	INDUKCIÓS								
oxidáció	LÁNG								
redukció	TERMIT								
diffúzió	DIFFÚZIÓS								
szilárdoldat-képződés	OLDÓ								
hidegsajtolás	HIDEGALAKÍTÁSOS								
nyomás-impulzus	ROBBANTÁSOS								
mikrosúrlódás	ULTRAHANGOS								
makrosúrlódás	DÖRZS								
elektronsugár	ELEKTRONSUGÁRÁS								
ionsugár	IONIMPLANTÁCIÓS								
monokromatikus fény	LÉZERES								
polikromatikus fény	FÉNYSUGÁRZÁSOS								

1.146. ábra
Felületkezelési eljárások energiaforrásai

A felületkezelés sikeressége, a létrehozott felszíni réteg jósága nagymértékben függ a felületelőkészítéstől, illetve annak gondosságától. Az egyik legfontosabb művelet a felülettisztítás, illetve azzal egyidejűleg a kiindulási felületi érdesség beállítása és a felület aktiválása:

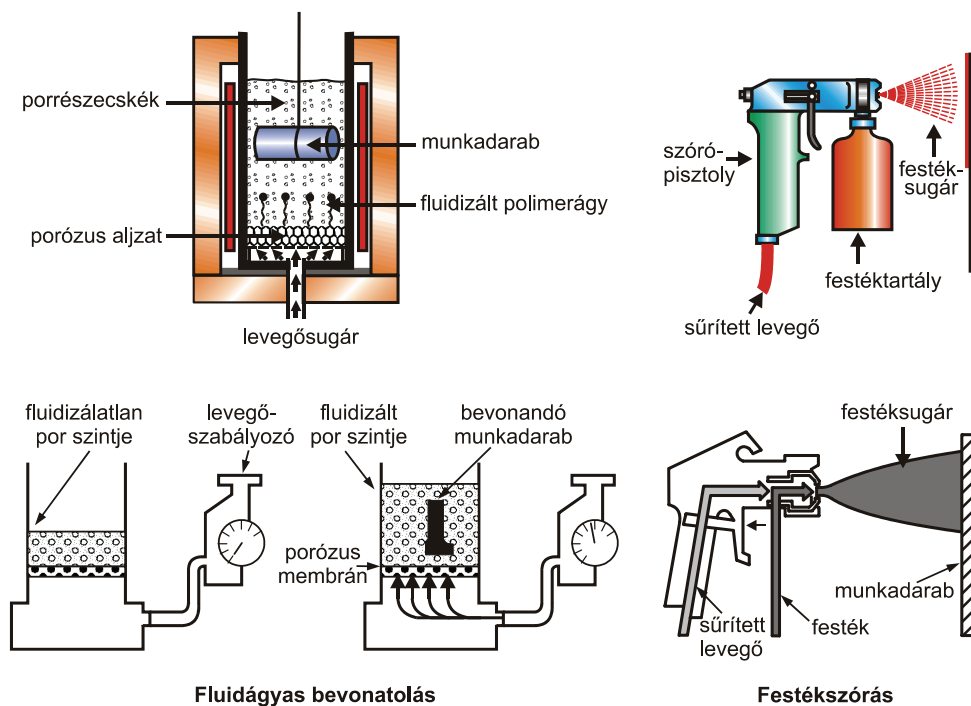
- oxidmentesítés, reveréteg és korróziós nyomok eltávolítása, azaz a szerves szennyezőanyagok eltüntetése:
 - mechanikai módszerekkel: szemcseszórással, szemcsefúvással, forgódobos koptatással, köszörüléssel, csiszolással, kefézéssel, kaparással, polírozással, nagynyomású vízszugárral stb.;
 - kémiai vagy elektrokémiai, illetve termikus módszerekkel: savas vagy lúgos pácolással, sóolvadékos kezeléssel, lánggereblyézéssel stb.
- zsírtalanítás, olajfoltok és festék-, illetve lakkmaradványok eltávolítása, vagyis a szerves szennyezőanyagok eltüntetése:
 - termikus módszerekkel: gázégővel, kemencében stb.;
 - kémiai és fizikai módszerekkel: különleges szerves oldószerekkel, lúgos oldatokkal, gőzsugárral stb.

1. Hegesztés és rokon eljárások

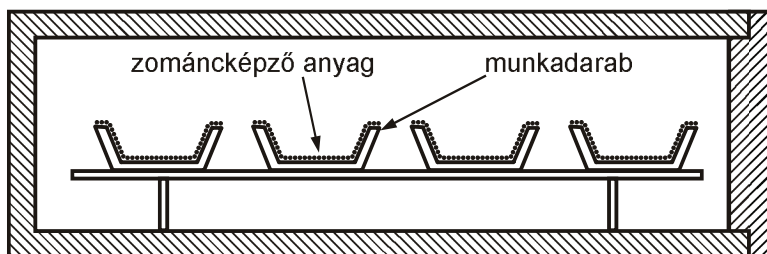
A megtisztított felület roncsolásmentes repedésvizsgálatát is célszerű elvégezni a hibás munkadarabok kiszűrése és ezáltal a felesleges további munka elkerülése céljából. Egyes összetételváltozásos felületkezelési eljárásoknál szükséges lehet a nem kezelendő felületrészek takarása, a szelektív (bizonyos felületrészekre korlátozódó) kezelés lehetővé tétele is, pl. árnyékolódobozzal, műanyag szalaggal, galvanotechnikai védőlakkkal vagy más különleges bevonóanyaggal.

1.4.1. Felületbevonó eljárások

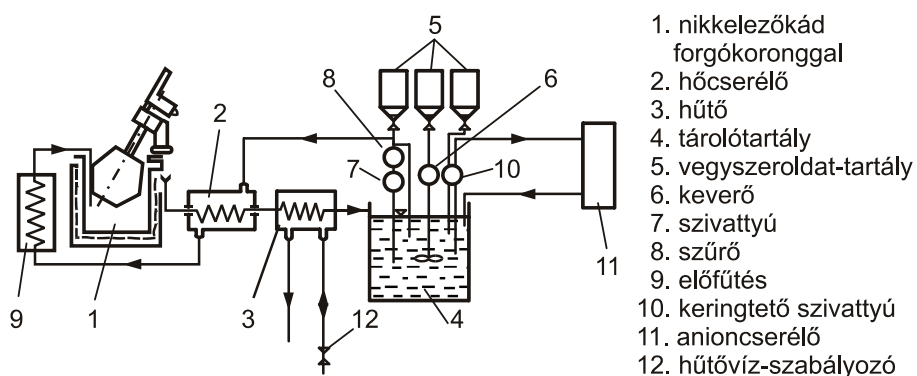
Védőbevonatolás (1.147. ábra) alkalmazása során különféle fémes vagy nemfémes védőbevonatok hozhatók létre a védendő tárgy felületén.



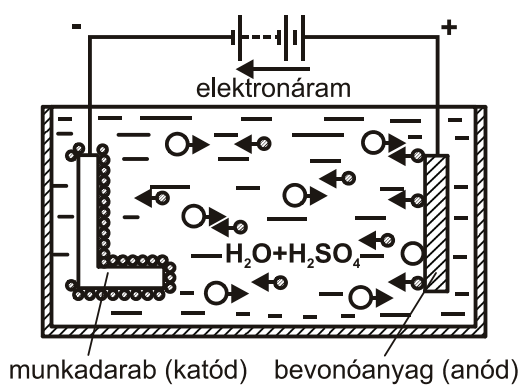
1.147. ábra (I.)
Védőbevonatolás



Tűzi zománcozás



Kémiai fémleválasztás



Galvanizálás

1.147. ábra (II.)
Védőbevonatolás

1. Hegesztés és rokon eljárások

Festés során természetes és/vagy műgyanta kötőanyagú, szobahőmérsékleten száradó vagy növelt hőmérsékleten kikeményedő szerves bevonat(rendszer) alakítható ki szabadtéri vagy erősen igénybe vett beltéri objektumok felületén. A kellő védelmet nyújtó bevonatrendszer kialakításának műveleti sorrendje a következő: felületelőkészítés után tapadásjavító réteg kialakítása → alapozás → tapaszolás → csiszolás → közbülső réteg felvitele → fedőlakk- vagy átvonó zománcréteg létrehozása → szárítás (esetleg beégetés). Az egyes rétegek ecseteléssel, szórással, bemártással vagy más eljárással (pl. elektroforézissel) juttathatók a védendő felületre.

A zománcozás kerámiai módszerekkel létrehozott – a védendő fém hőtágulási együtthatójához „hangolt”, anyagával színezett – zománcüveg, vagyis nem teljesen felolvasztott oxidkerámia-réteggel történik. Főbb műveletei: felületelőkészítést követő savas pácolás → semlegesítés → zománcszap felvitel bemártással, szórással vagy más módszerrel → szárítás ($T < 120\text{ °C}$) → beégetés ($T < 900\text{ °C}$).

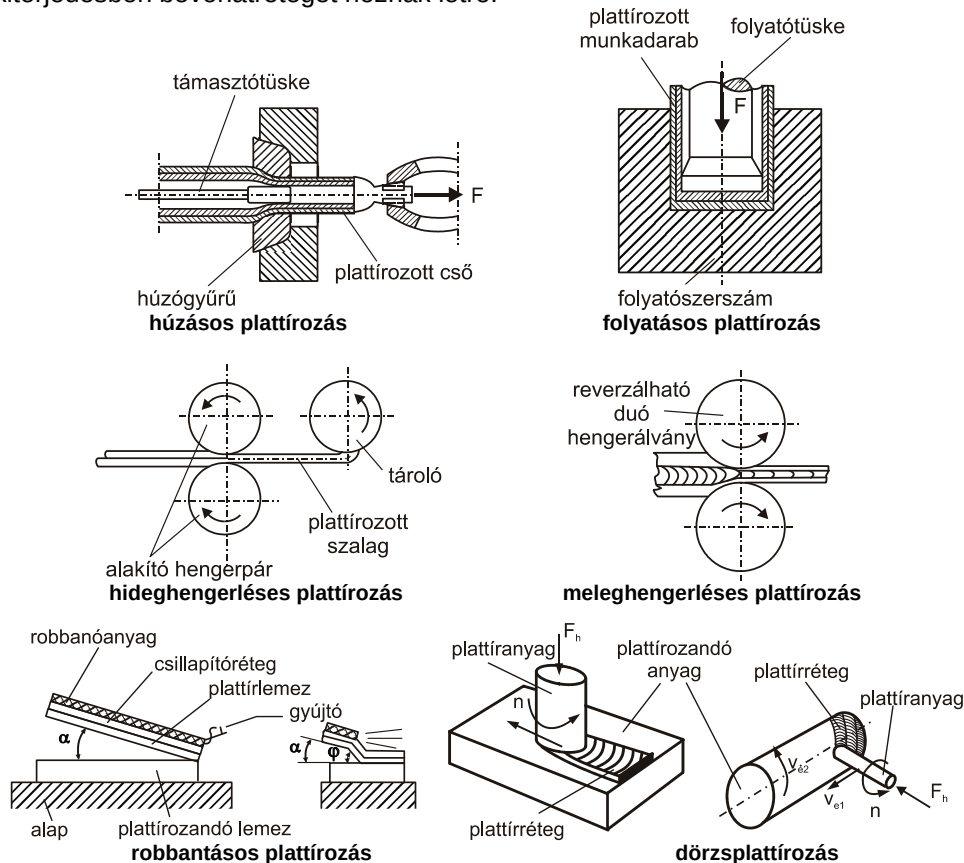
Az áram nélküli kémiai fémleválasztás során az elektronegatívabb (bevonandó) fém az elektropozitívabb (bevonó) fémet erős savakkal képezett sóinak oldatából a felületére leválasztja, miközben kismértékben oldatba megy (pl. $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}$ bevonatú $\text{Fe} + \text{FeSO}_4$).

A galvanizálás során a katódként kapcsolt bevonandó fémtárgyra elektrokémiai úton fémes bevonatot választanak le, elektrolitként ható, fémsókat tartalmazó vizes oldatból. Ilyen módon vörös- vagy sárgarézt; fényes vagy fekete nikkel; fényes, kemény vagy fekete króm; Zn, Cd, Sn, Pb, Fe, Co, Ag, Au, Rh, Pd, Pt, Ru, As, Sb vagy ötvözetbevonatok hozhatók létre acél, réz, cink, nikkel anyagú munkadarabokon. Az alumínium a felületi védőoxidrétegének eltávolítása, illetve tapadásbiztosító alapozóréteg létrehozása után galvanizálható. Műanyagok is galvanizálhatók maratás, érzékenyítés, aktiválás (azaz fémréteggötődést elősegítő kristálymagok létrehozása), illetve kémiai előbevonás után.

A plattírozó (borító) eljárások (**1.148. ábra**) egyik csoportja a bevonatot képező plattírányag és a plattírozandó anyag együttes képlékeny alakításával valósul meg. Az eljárások másik csoportjánál a nagyobb tömegű, fixen alátámasztott plattírozandó darabra robbantás vagy súrlódás (dörzsölés) révén kerül rá a plattírréteg. Húzásos plattírozás során a plattírozandó csövet vagy rudat a ráhúzott plattírányag csővel együtt egy meghatározott alakváltozást biztosító húzógyűrűn húzzák át. Folytatásos plattírozáskor a plattírozandó, illetve a plattírányag együttes hátrafolytatásával hozzák létre a bimetall csövet, amelyben a plattírréteg a külső vagy a belső oldalon is lehet. A hideg- vagy meleghengerlésees plattírozásnál a plattírozandó anyagot és a plattírányagot együttesen hengerlik a méreteiktől (vastagságuktól) és alakítási szilárdságuktól függő hőmérsékleten. A robbantásos plattírozás célszerűen beállított plattírlemezre kerülő robbanóanyag-réteg teljes szélességben történő begyújtásával indul. A kialakuló detonációs nyomáshullám a plattírlemezt nagy sebességgel felütközteti a stabilan rögzített alaplemezre, melynek felületén kialakuló normál- és csúsztatófeszültségek hatására kötődik a plattírréteg. Dörzsplattírozáskor a plattírányag rudat forgatva rányomják a

1. Hegesztés és rokon eljárások

plattírozandó felületre, majd folyamatos relatív elmozdulás mellett a kívánt kiterjedésben bevonatréteget hoznak létre.

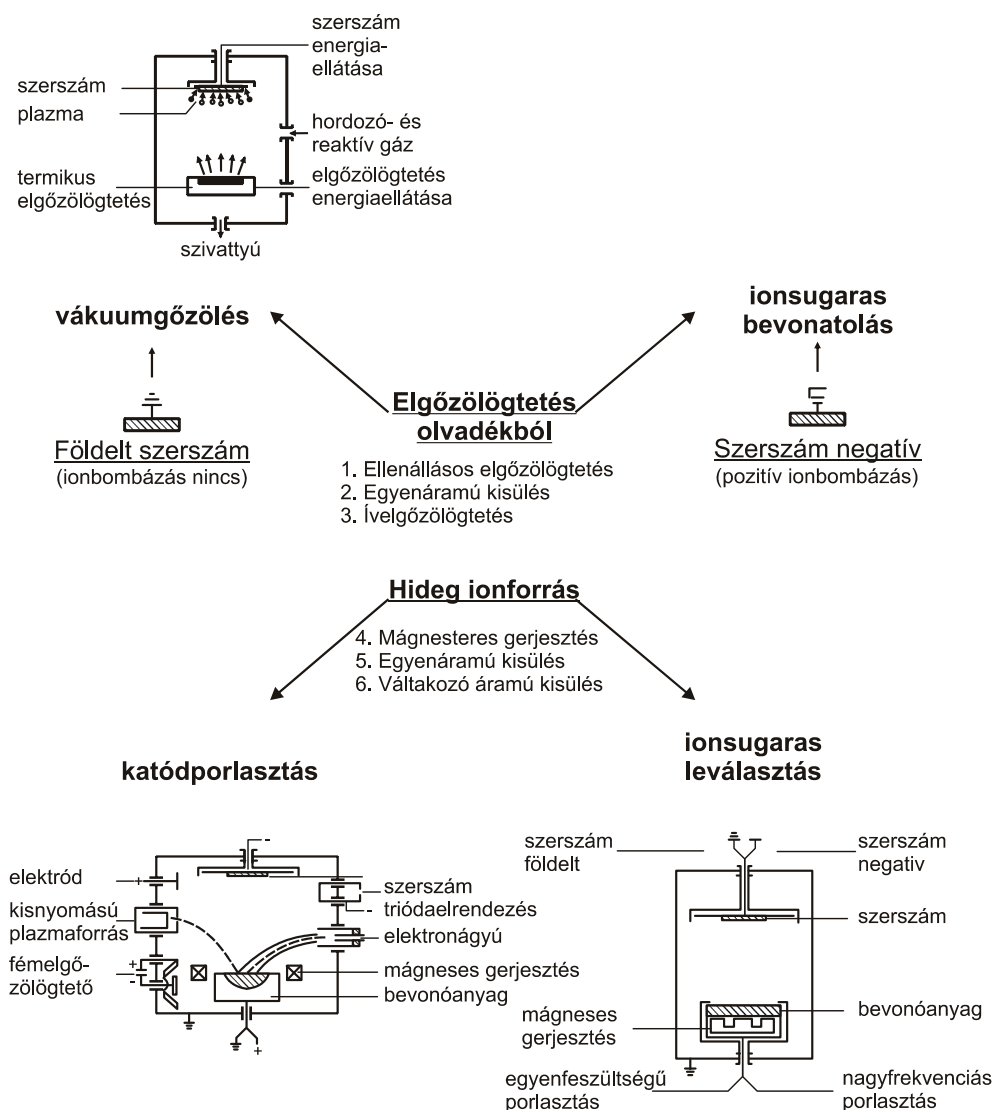


1.148. ábra
Plattírozás

Fizikai gőzfázisú bevonás (Physical Vapour Deposition $\equiv$ PVD) esetében a bevonóanyagot vagy a leendő bevonat komponenseit (melyek átalakítandó vegyületeket nem tartalmaznak) fizikai módszerekkel (párologtatással, porlasztással) szilárd állapotból gőzfázisba viszik, és az így létrejött bevonatalkotórészeket a munkadarab felületére csapattják. A kezelés vákuumban történik, és a munkadarab-felület hőmérséklete nem haladja meg az $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, így előnyös készre forgácsolt, illetve nemesített gyorsacél szerszámok bevonására is, pl. max. $4\text{ }\mu\text{m}$ vastag TiN-réteggel ($2\text{Ti} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{TiN}$), hiszen nem következik be allotróp átalakulás miatti méretváltozás vagy nagyfokú megeresztődés (kilágulás). Az eljárásváltozatok – vákuumgőzölés, katódporlasztás, ionsugaras bevonatolás, illetve leválasztás – megkülönböztetésének alapja az, hogy megolvasztott párologó

1. Hegesztés és rokon eljárások

vagy hideg atomütköztetéssel porlasztott bevonóanyaggal, illetve elektromosan semleges (földelt), vagy negatív potenciálra kapcsolt bevonandó anyaggal működnek-e (1.149. ábra). Az ionsugaras eljárásváltozatoknál a keletkező plazma lehetővé teszi keményebb, tartósabb rétegek képződését a bevonatoló kamrából, vákuumrendszerből, hevítő berendezésből és gázellátó egységből álló célberendezésben.



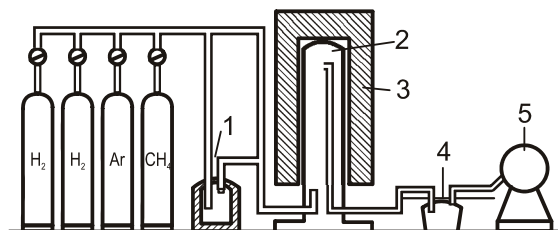
1.149. ábra
Fizikai gőzfázisú bevonás

1. Hegesztés és rokon eljárások

Kémiai gőzfázisú bevonás (Chemical Vapour Deposition $\equiv$ CVD) során két vagy több szabályozott összetételű, gőz-, illetve gázállapotú vegyületet – megfelelő hőközlés mellett – kémiai reakcióba visznek, aminek során a bevonandó tárgy felülete közelében termokémiai bomlás és további reakciók játszódnak le. Az így keletkező gőzfázisú reakciótermék a munkadarab felületére lecsapódva szilárd bevonatréteget képez, és rendszerint gázfázisú melléktermékek is keletkeznek. A kezelést (**1.150. ábra**) a PVD-hez hasonlóan vákuumban végzik, 850–1050 °C-os hőmérséklet-tartományban. Mivel a kezelendő tárgy jelentős hőhatásnak van kitéve, ezért főként keményfémszerszámok felületkezelésére alkalmas, max. 10 μm rétegvastagságban. Az eljárásváltozatok:

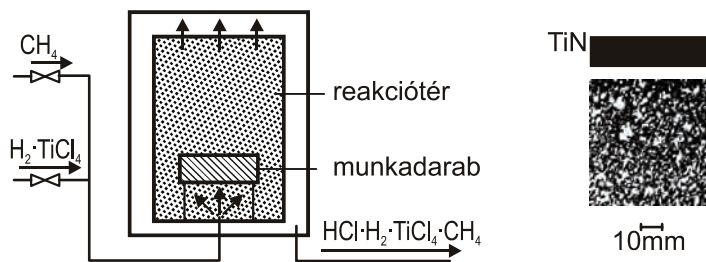
- hagyományos CVD: pl.: $(\text{TiCl}_4) + \{1/2\text{N}_2\} + \{2\text{H}_2\} \rightarrow [\text{TiN}] + \{4\text{HCl}\}$;
- kombinált CVD: $\{\text{CH}_4\} \rightarrow [\text{C}_{\text{gyémánt}}] + \{2\text{H}_2\}$;
- kémiai szórás: pl. $(\text{TiCl}_4) + \{\text{CH}_4\} + [2\text{Fe}] \rightarrow [\text{TiC}] + (2\text{FeCl}_2) + \{2\text{H}_2\}$;
- reaktív kémiai szórás,

aszerint különböztethetők meg, hogy a leendő bevonatkomponens gőz állapotba vitele párologtatással vagy porlasztással történik-e, illetve a reakciókat csak hőközlés (hőkezelés) vagy plazmaaktiválás is segíti-e. A reakcióegyenletekben a () folyékony, a { } gáz és a [] szilárd állapotot jelöl.



CVD bevonatoló berendezés

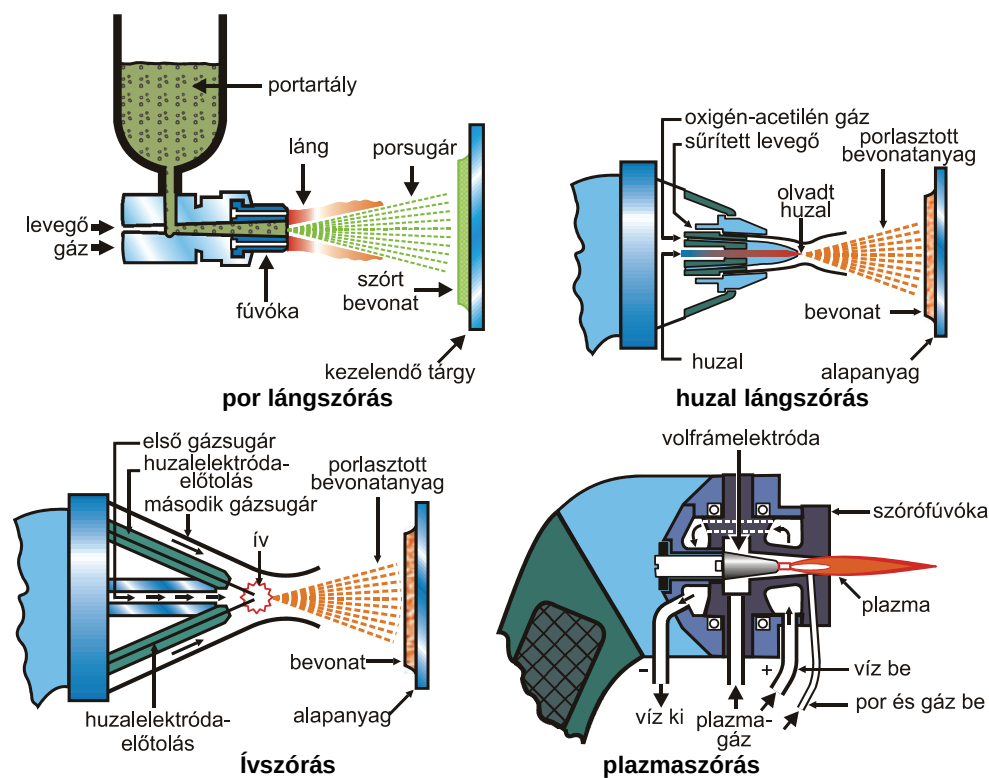
1. TiCl_4 - elgőzöltető, 2. retorta, 3. fűtőharang
4. leválasztó (ciklon), 5. vákuumszivattyú



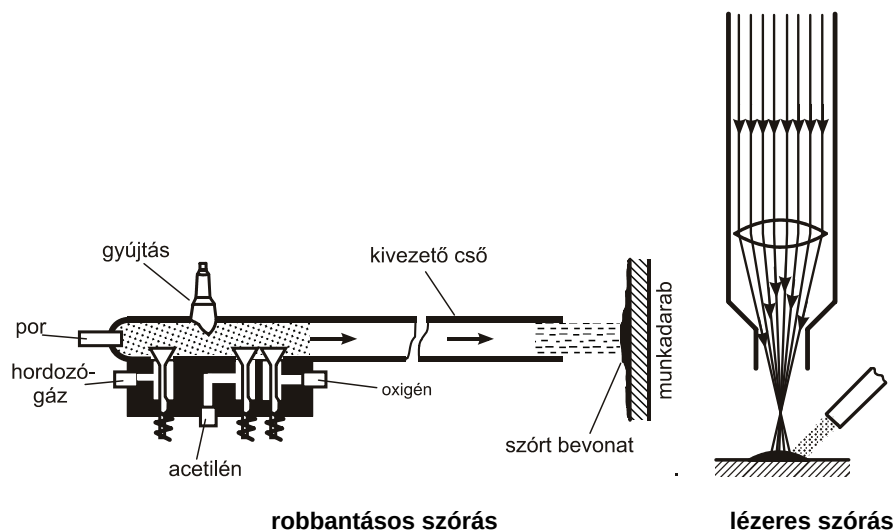
1.150. ábra
Kémiai gőzfázisú bevonás

1. Hegesztés és rokon eljárások

Termikus szórás (1.151. ábra) a por, granulátum, pálcza vagy huzal formájában adagolt hozaganyag részleges vagy teljes megolvasztásával és így folyamatosan képződő nagy hőmérsékletű részecskék kezelendő felületre szórásával, termomechanikai úton jön létre bevonat. A hőforrás lehet láng, elektromos ív, plazma- vagy lézersugár, illetve gázkeverék ciklikus robbanása, míg a felületre szórást sűrített levegő, plazmaáramlás vagy detonációsorozat „végzi”. Fémek, fémötvözetek, fémvegyületek, kerámiák vagy műanyagok alkotta bevonat kötési (tapadási) szilárdsága arányosan növekszik a szórt részecskék mozgási energiájával és hőmérsékletével, a kezelendő felület tisztasági fokával, a felületelőkészítő aktiválás és a szórás között eltelt időtartam rövidítésével, a felületi érdesség megfelelő profilalakjával. A szórt bevonat porozitása elsősorban a részecskebecsapódási sebesség növelésével csökkenthető. Az alkalmazási területek mintegy 60%-át a kopásálló bevonatok jelentik, kb. 15%-ot tesz ki a korrózióvédelem, 10% körüli az elektronikai vékonyrétegek aránya, míg a megmaradó kb. 15% egyéb célokat szolgál.



1.151. ábra (I.)
Termikus szórás



1.151. ábra (II.)
Termikus szórás

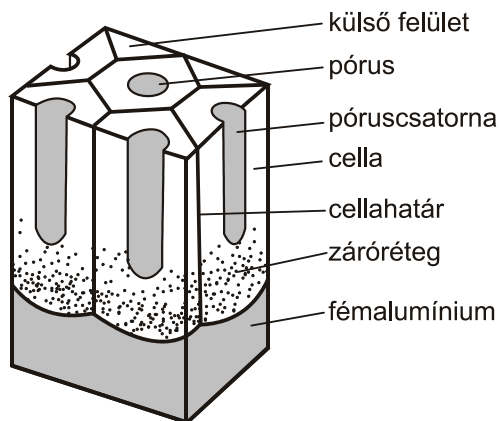
1.4.2. Összetételmodosító felületkezelések

Passziváláskor a kezelendő tárgy felszíni rétege – megfelelő kezelőatmoszférában – kémiai összetételét és szerkezetét tekintve is módosul. A kémiai oxidálás, az anódos oxidálás, a vegyüetréteg-kialakítás célja a termodinamikailag instabil állapotú fém felületén egy kisebb energiaszintű, stabilabb állapotú réteg előállítása a fém azon természetes „törekvésének” kihasználásával, mely összefüggő védőréteg kialakításában nyilvánul meg.

Kémiai oxidálás kisebb védőértékű rétegek előállítását teszi lehetővé sóoldékba mártással, vas- és színesfémek felületén. Az anódos oxidálás színelektrolitokban, áramátvezetéssel (elektrokémiai folyamatként) alumíniumhoz, illetve ötvözeihez alkalmazható (**1.152. ábra**). A vegyüetréteg-kialakítás foszfátózást, kromatózást stb. jelent savban, sóban vagy lúgban végezve. Az ilyen kezelés célja lehet többek között hidegalakítás elősegítése, lakktapadás javítása, megmunkálószerszámok élettartamának növelése.

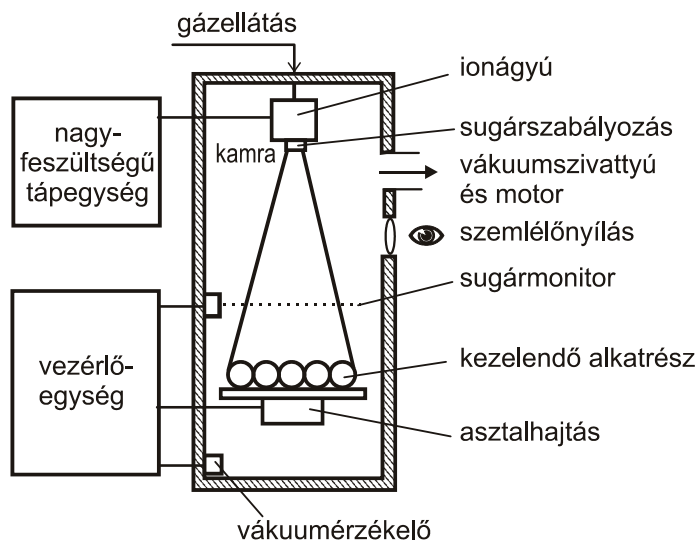
A fémszínezés az anódos oxidálással létrehozott, „kifelé” nyitott pórusokkal rendelkező oxidrétegek további felületkezelése. Ez szerves fémvegyületek (fémsók) vagy szerves színezékanyagok oldatába való bemártással lehetséges, rendszerint elektrolitikus úton. Az anódos oxidrétegbe beépülő színezékszarmazékok mellett még további pórustömítésre is szükség lehet.

1. Hegesztés és rokon eljárások



1.152. ábra
Passziválás

Ionimplantációnál (**1.153. ábra**) kb. 10^{17} ion/cm² mennyiségű, nagy sebességre gyorsított N-, Mo-, Ti-, Co- stb. ion bombázza a vákuumban, illetve hűtött asztalon elhelyezett tárgy felületi rétegét, és max. 1 μ m mélységre behatolva, járulékos nyomófeszültséget hoz létre. A belőtt ionok vegyületet képezhetnek, növelik a rácshibák számát és így a szilárdságot is. Mivel a kezelés irányfüggő, az éppen kezelés alatt álló felületrész normálisának az ionforrás irányába kell mutatnia, azaz a munkadarabot mozgatni (forgatni) kell.



1.153. ábra
Ionimplantáció

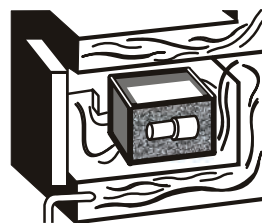
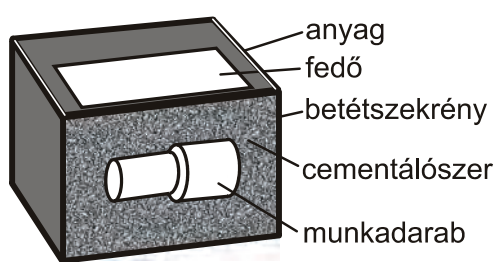
1. Hegesztés és rokon eljárások

Az ötvöződúsítás vagy termokémiai kezelés aktív szabad ötvözőatomokat leadó porközegben, sóolvadékban vagy gázközegben mehet végbe. Az eljárások célja a kezelendő tárgy felületének feldúsítása a tárgy anyagában oldódó fémes vagy nemfémes elemmel (vagy elemekkel), növelt hőmérsékleten, diffúzió révén, megfelelő koncentrációra törekedve. Szükség szerint – eljárástól függően – további hőkezelésekkel együtt érhetők el a kívánt tulajdonságok. Egyes bediffundáló elemfajták esetében szilárd oldat létrejötte mellett vegyületfázisok is képződhetnek.

A termokémiai kezelések fő paraméterei: a felületi ötvözőpotenciál, a hőmérséklet és a diffúziós időtartam, melyek elsődleges meghatározói a kialakuló rétegvastagságnak, illetve a koncentrációeloszlásnak. Fémes elemekkel a kromálás, alitálás, titánozás, vanádiumozás, volframozás stb., nemfémes elemekkel a cementálás, nitridálás, boridálás, szulfidálás, szilikálás stb., több elemmel a nitrocementálás, karbonitridálás, titánnitridálás, oxinitridálás, szulfonitridálás, oxikarbonitridálás, krómalitálás, krómboridálás stb. valósul meg.

Ezek közül széles körű ipari alkalmazást mutat az acélok felületkezelésére alkalmazott cementálás és nitridálás. Az ausztenitesre hevített állapotban (A_3 hőmérséklet felett) végzett cementálás (**1.154. ábra**) során az egyébként nem edzhető, azaz „betétben edzhető” ($C < 0,2\%$) acél vékony felületi kérgét karbonban dúsítják ($C > 0,35\%$). A cementálást követő „magraedzés” során a szívósan maradó magot finomszemcséssé teszik, illetve a „kéregedzéssel” nagy kopásállóságú kemény felületet állítanak elő.

A ferrit-perlites, illetve nemesített állapotban (A_1 alatt) végzett nitridáláskor (**1.155. ábra**) a felületbe jutó atomos nitrogén elsősorban – az ott lévő nitridképző ötvözőkkel (Cr, Al, Mo) végbemenő reakciója révén – nagy keménységű nitridvegyületek létrejöttével eredményezi a jó felületi kopásállóságot. Az így kapott kéreg keményebb és megeresztésállóbb, mint a cementálás + edzés, illetve a felületedzés utáni martenzites kéreg, mely a 180–220 °C-os feszültségcsökkentő megeresztés hőmérsékletéig alkalmazható.



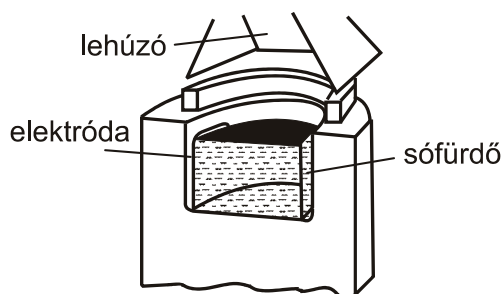
Behelyezés a kemencébe
cementáláshoz

1.154. ábra (I.)
Cementálás és betétedzés

1. Hegesztés és rokon eljárások



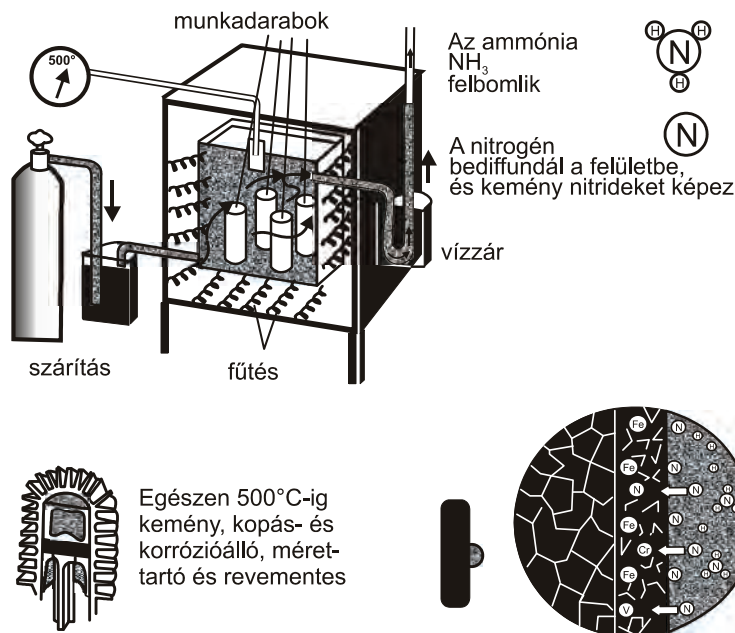
**Gyors hűtés
után**



**Sófürdő az acél edzéséhez,
cementálásához vagy megeresztéséhez**

1.154. ábra (II.)
Cementálás és betétedzés

1. Hegesztés és rokon eljárások



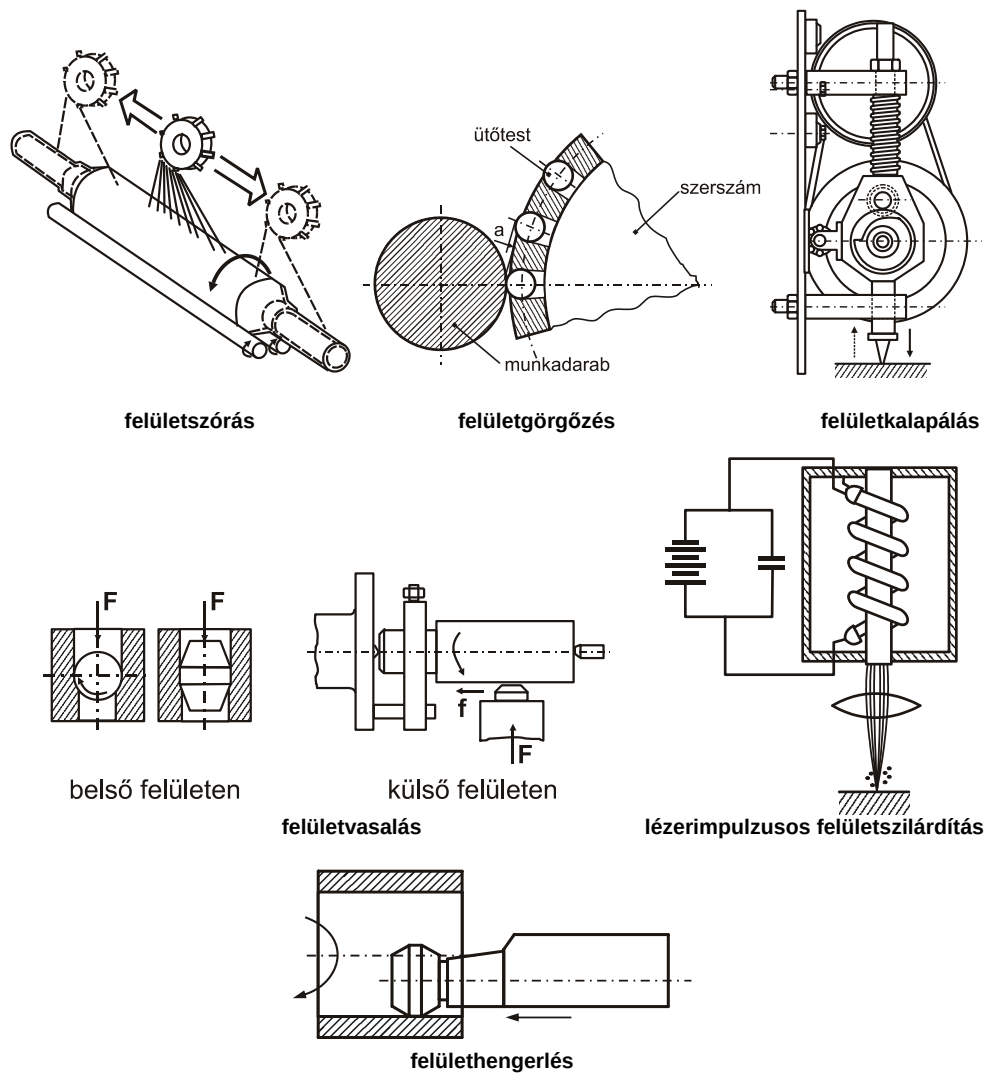
1.155. ábra
Nitridálás

1.4.3. Szerkezetmódosító felületkezelések

Hidegalakítási keményedés és maradó nyomófeszültség bevitele jellemzi a felületszilárdítási eljárásokat (1.156. ábra), amelyek a kifáradási határt, a kopás-állóságot növelik, az érdességet csökkentik. A felületszórás nagy sebességgel becsapódó sörétszemcsék kinetikai energiájával, a felületgörgőzés gyorsan forgó szerszám körülete mentén radiálisan elmozduló – de kirepülésükben megakadályozott – ütőtestek centrifugális ereje által valósul meg. A felületkalapálást mechanikusan vagy pneumatikusan rezgetett gömbvégződésű ütőfejjel végzik. Felülethengerléskor végiggördítik, felületvasaláskor végigcsúsztatják – nagy nyomóerő alkalmazása alatt, egyidejű kenéssel – a nagy keménységű szerszámot a belső vagy a külső felületen.

A robbantásos felületszilárdítás az elmozdulásában megakadályozott munkadarab felületi rétegének alakítása detonáció lökeshullámai nem visszaverődő részének energiájával. Lézerimpulzusos felületszilárdítás szintén lökeshullámokkal történik, amelyeket nagy energiájú lézerimpulzusok anyagra hatásakor képződő gőzök plazmaállapotba kerülése vált ki a fókuszált lézersugár hatáskeresztmetszetében. A kezelés a lézersugár lengetésével terjeszthető ki a teljes kezelendő felületre.

1. Hegesztés és rokon eljárások

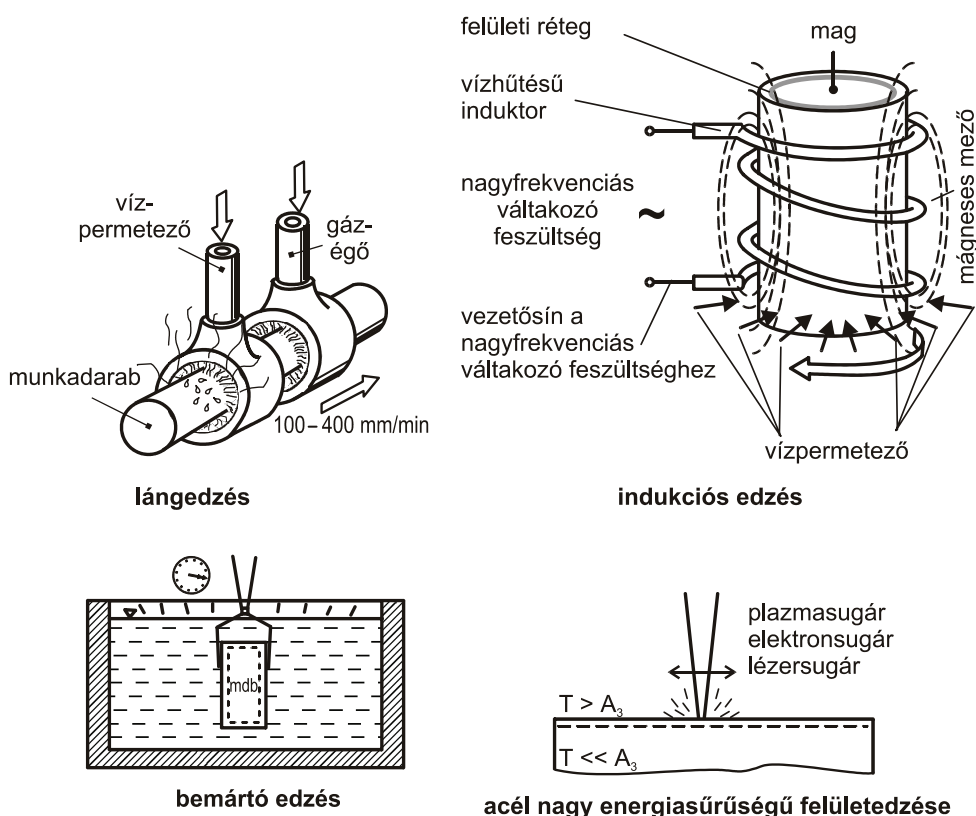


1.156. ábra
Felületzilárdítás

A nem egyensúlyi szövetszerkezetet létrehozó felületedzés (**1.157. ábra**) akkor valósul meg, ha az edzhetőség három kritériuma (az anyag megfelelő intersztíciós ötvözőtartalma, átalakulási hőmérséklet feletti homogenizáló izzítás, majd a kritikusnál nagyobb hűlési sebesség) közül a második csak bizonyos felületi kéregvastagságban teljesül. A teljes térfogatukban nemesített acél munkadarabok felületének gyors felhevítése só- vagy fémolvadékba mártással, éghető gáz

1. Hegesztés és rokon eljárások

lángjával, illetve reakcióhőjével, nagyfrekvenciás induktorkal gerjesztett örvényáram- és mágneses hiszterézisvesztéssel, nagy hőmérsékletű technikai plazmával, elektronsugár kinetikai energiájának átalakulásával vagy lézersugárzás abszorbeálódó fotonáramával mehet végbe. A gyors lehűtést a nagyobb tömegében hidegen maradó munkadarab intenzív hőelvonása és/vagy a ráfűjt vízpermet eredményezi.



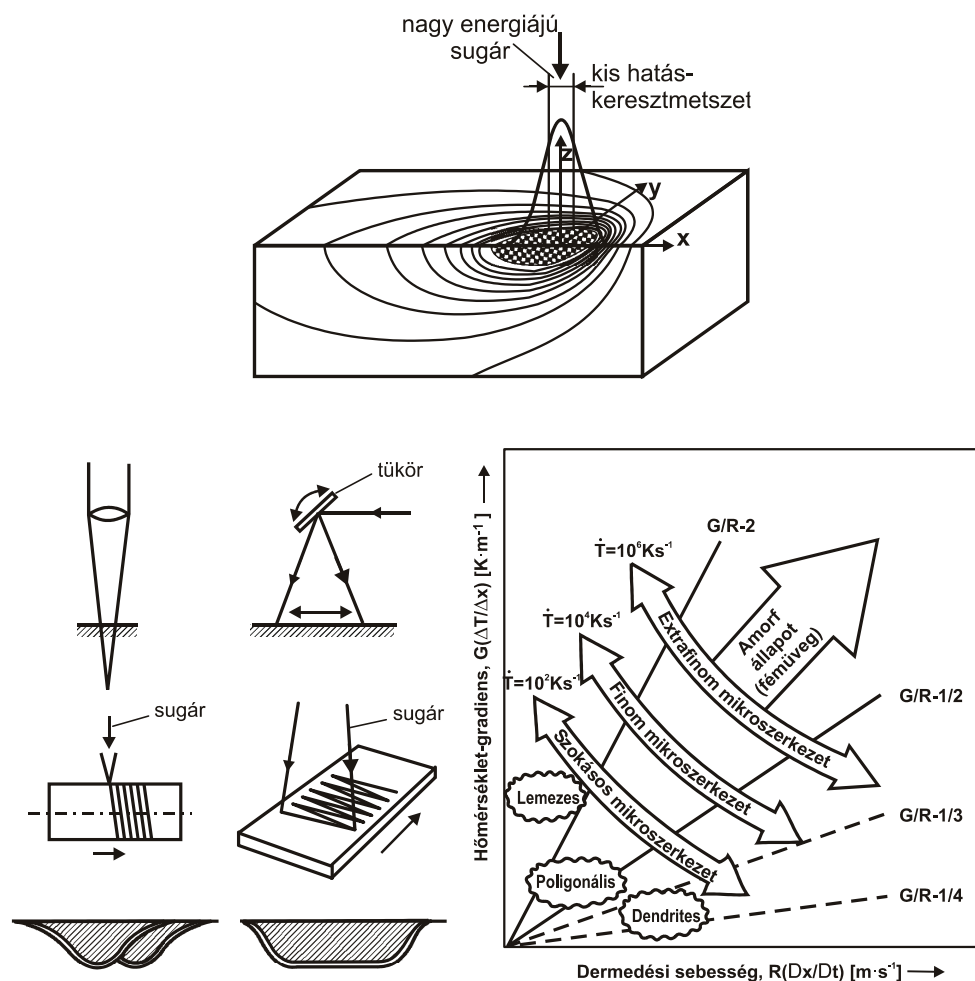
1.157. ábra
Felületedzés

1.4.4. Olvasztásos felületkezelések

A lézer-, az elektron- és a plazmasugár kellően nagy teljesítményének igen kicsi felületre (fókuszfoltra) koncentrálásával a munkadarab vékony felületi rétege megolvasható (1.158. ábra), sőt elgőzölögtethető. Mivel a munkadarab térfogata túlnyomórészt hideg állapotban marad, így annak hőelvonó (hűtő) hatása igen nagy dermedési sebességet idéz elő a megolvadt rétegben. Ezáltal a

1. Hegesztés és rokon eljárások

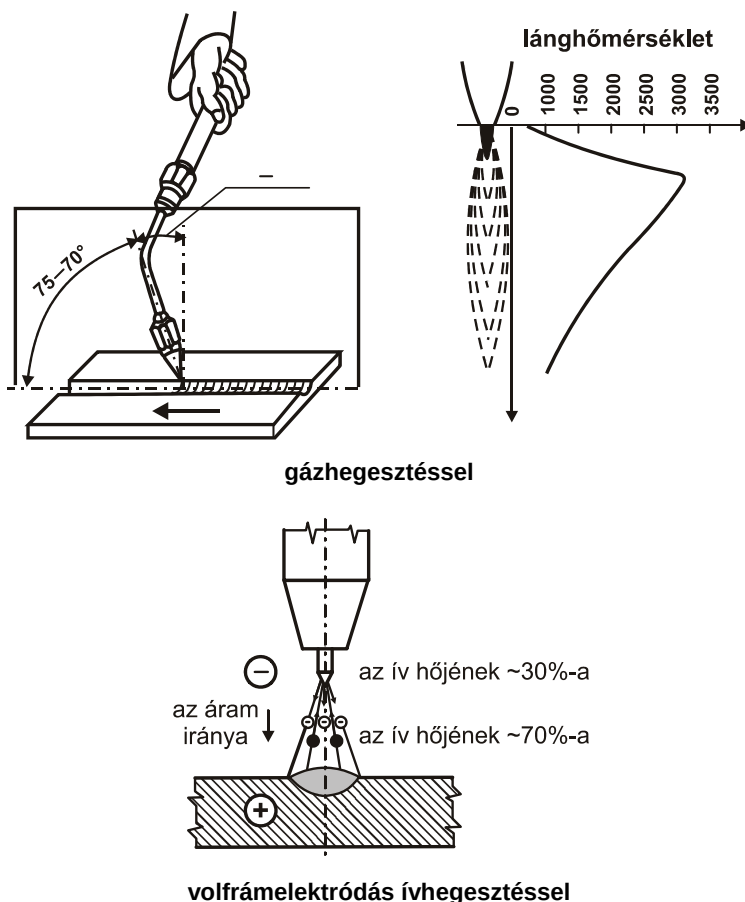
hagyományosan öntött struktúrához képest megnő az oldott ötvöző- és szennyezőtartalom szilárd állapotban, csökken a szemcseméret és a zárványtartalom, megváltozik (finomodik) a kiválások mérete, illetve diszperzebb (egyenletesebb) lesz az eloszlása, homogénebb anyagszerkezet alakul ki, növekszik a diszlokációsűrűség és a pontszerű rácshibák koncentrációja, különleges metastabil fázisok jönnek létre, stb., amelyek szilárdságnövekedést és kopásállóság-javulást eredményeznek.



1.158. ábra
Felületi átolvasztás

1. Hegesztés és rokon eljárások

A felolvasztó hegesztés is tulajdonképpen felületi átolvasztás, de az elérhető energiasűrűség, dermedési sebesség, illetve szerkezetmódosulás „szerényebb”. Olyan ömlesztő hegesztési eljárások jöhetnek itt szóba, amelyek hozaganyagadagolás nélkül is „működnek”. Ezért lánghegesztéssel és volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztéssel (**1.159. ábra**) lehet felolvasztó kezeléseket végezni, pl. öntöttvas termékek felületi rétegében grafit helyett metastabil, kopásállóbb vas-karbid (ledeburit) létrehozásával.

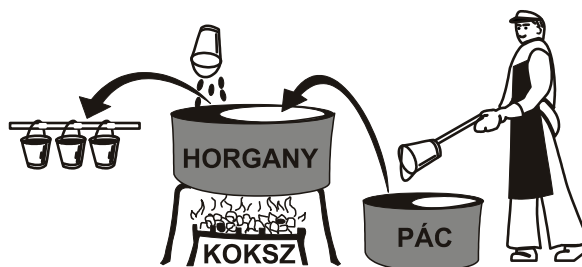


1.159. ábra
Felolvasztó hegesztés

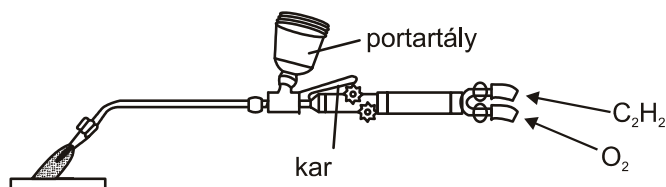
A felületi ráolvasztásra (**1.160. ábra**) jellemző, hogy a felületre előzetesen vagy kezelés közben felvitt bevonatréteg részlegesen vagy teljesen megolvad, de a kezelendő tárgy felülete nem. A fémolvadékba mártással végzett tűzi-mártó fémbevonás (horganyzás, ónozás, ólmozás, alumíniumozás stb.) után a legkülső,

1. Hegesztés és rokon eljárások

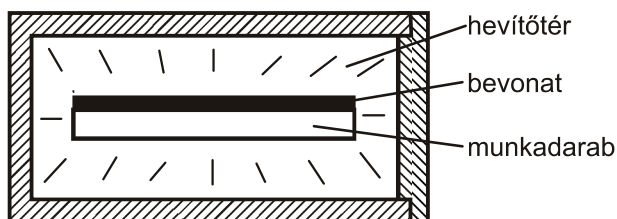
tisztán bevonófémet tartalmazó réteg többszörös átmeneti diffúziós réteggel kötődik a kezelt tárgy felületéhez. Természetesen csak olyan bevonó fémek alkalmazhatók, amelyek a munkadarab anyagának olvadáspontjánál lényegesen kisebb hőmérsékleten olvadnak meg. A hőkezeléssel, lánggal, plazmával, elektronsugárral vagy lézerrel végezhető kezelés egyik fő alkalmazási területe a termikus szórással felvitt adhéziósan tapadó, porózus, inhomogén rétegek utókezelése. Hatására a felszórt réteg tömörödik, homogenizálódik, simább felületűvé válik, illetve a nagy hőmérsékletű diffúziós folyamatok révén növekszik az alapanyaghoz való kötődésének (tapadásának) szilárdsága. További alkalmazást jelent a tűzi-mártó fémbevonással nem létrehozható vastagságú, agresszív korróziós közegek hatásának ellenálló fémrétegek kialakítása a védendő tárgy felületén.



tűzi-mártó horganyozás



felületi ráolvasztás lánggal

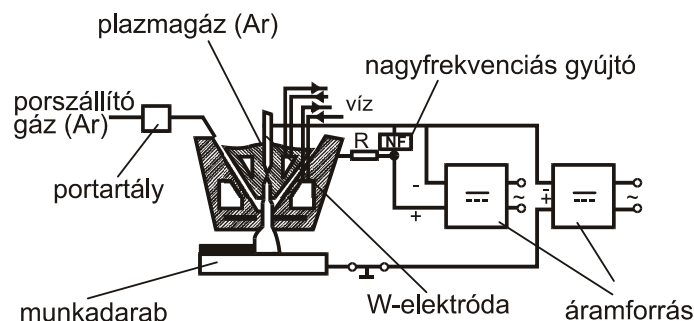


felületi ráolvasztás hőkezeléssel

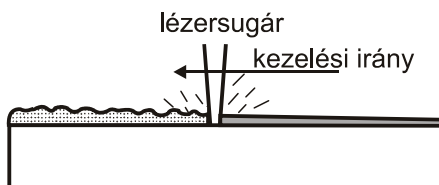
1.160. ábra (I.)
Felületi ráolvasztás

1. Hegesztés és rokon eljárások

Ilyenkor a bevonó fémeket nem olvadékfürdő alakjában használják, hanem a munkadarab megfelelően előkészített felületén hozzák olvadékállapotba. Jellemző példa az acéltartályok belső felületének savállóvá tétele ún. homogén ólmozással. A csíkokra vágott ólomlemezeket felhelyezik az előőnozott vasötvözet felületére, majd nagy hőmérsékletű lánggal ráolvasztják. Az ón párnarétegre azért van szükség, mert a vas és az ólom egymást nem oldják, így közvetlen kötés nem jönne létre. A semleges vagy redukáló atmoszférájú kemencében végzett ráolvasztáskor egyidejűleg megy végbe a hevítés, hőtartás és lehűtés, így a diffúziós folyamatok megfelelően mehetnek végbe, és elkerülhető a belső (saját) feszültségek keletkezési veszélye.



felületi ráolvasztás plazmával



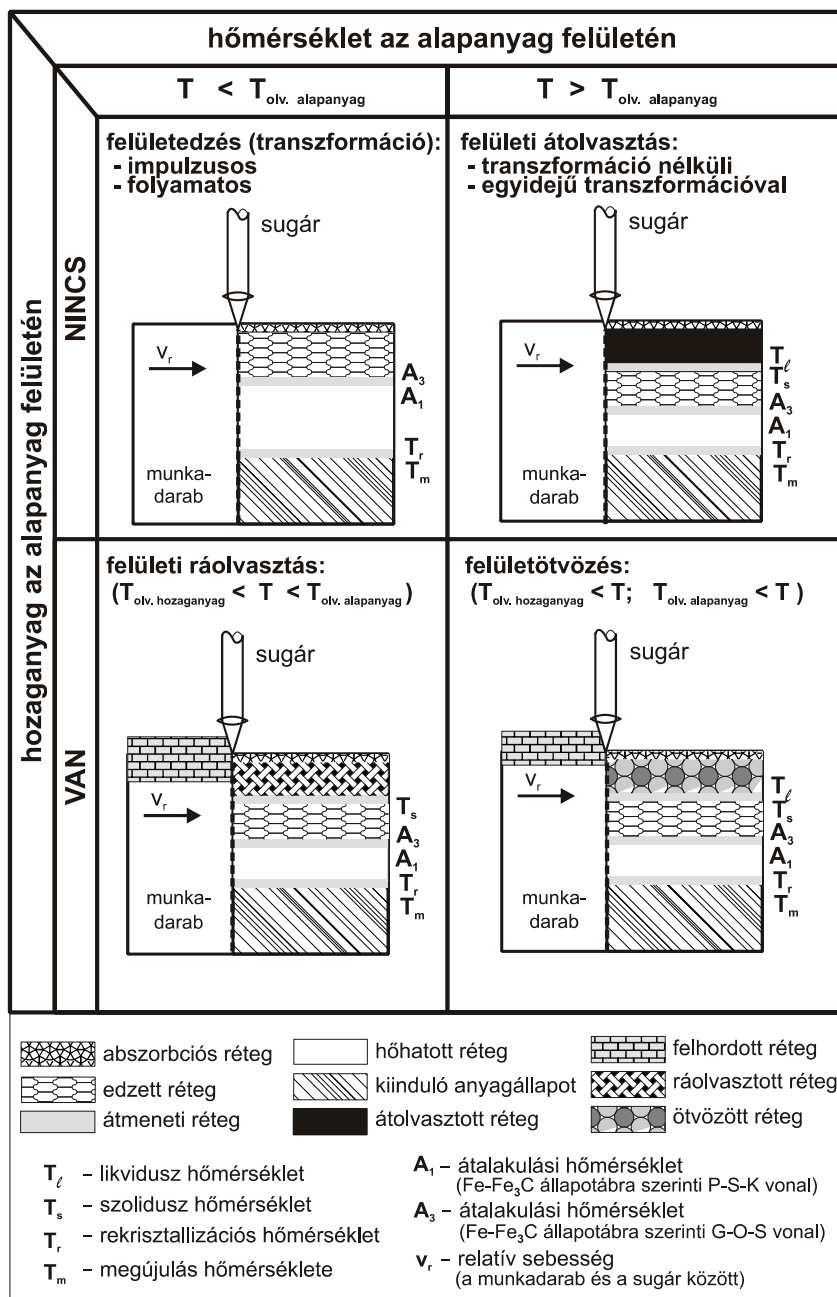
felületi ráolvasztás lézerrel

1.160. ábra (II.)

Felületi ráolvasztás

A felületötvöztetés nagy energiasűrűségű hőforrásokkal (lézer, elektronsugár) végzett felületi átolvasztás, amelynek során az előzetesen vagy a folyamat közben felvitt ötvözőanyag bekeveredik, beolvad, beötvöződik az alapanyag megolvasztott, majd gyorsan megdermedő felületi rétegébe (**1.161. ábra**). A rendszerint por alakú ötvözőanyag felvihető kötőanyaggal vagy anélkül. Kötőanyagként pl. acetonban oldott cellulózt alkalmaznak, míg kötőanyag nélküli felvitelhez a termikus szórás vagy a közvetlen ráfúvás (rászórás) használatos. Némely ötvözőanyag felületre juttatható vékony fóliaként vagy galvanikus úton is. A lézer-, elektron- vagy plazmasugárral végezhető felületötvöztetés célja elsősorban sav-, hő- vagy kopásálló réteg kialakítása.

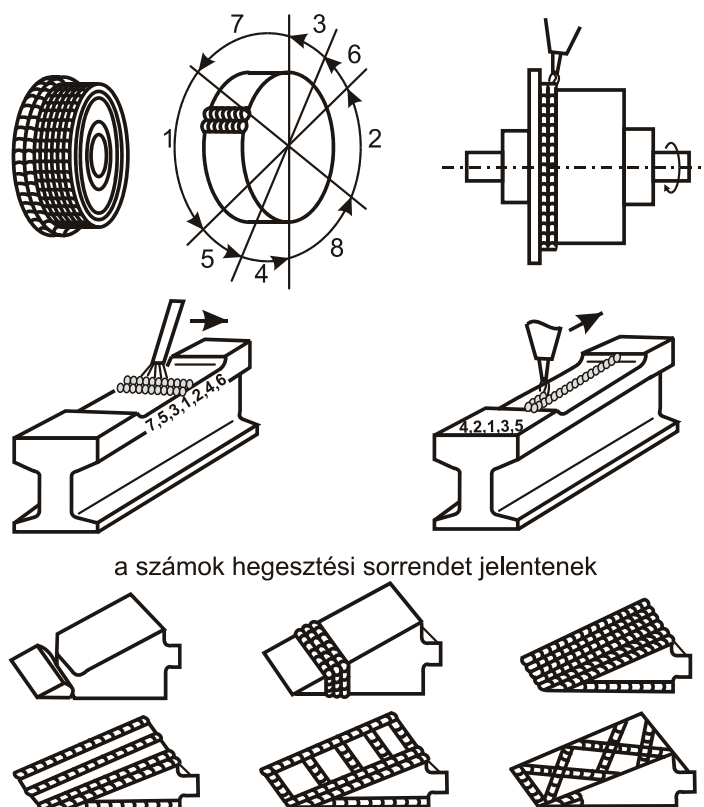
1. Hegesztés és rokon eljárások



1.161. ábra
Felületötvözés a nagy energiasűrűségű felületkezelések között

1. Hegesztés és rokon eljárások

A felületötvözéshez hasonló elvet, de kisebb teljesítménysűrűséget és dermedési sebességet megvalósító felrakóhegesztési eljárások a vastagabb rétegek létrehozásának módszerei. A kötőhegesztés fejezetben megismert ömlesztő eljárások közül elsősorban ívhegesztéssel lehet felrakóhegesztést végezni. A bevonatos elektróda, pálcá, huzal (tömör, porbeles), szalag (tömör, porbeles) hozaganyagból hegeszthető vagy előmelegítéssel (esetleg közbenső réteg felrakásával) hegeszthetővé tett alapanyagokon (gyakran acélokon) akár 15 mm vastag rétegek is kialakíthatók (**1.162. ábra**). A hozaganyagok összetételüket tekintve vasalapúak vagy vasban szegények lehetnek. Míg az előbbieket kis és közepes ötvözőtartalmúak (túlnyomórészt martenzites szövetszerkezetű réteget eredményezők), nagy ötvözőtartalmúak (kopásálló vagy korrózióálló ausztenites szövetszerkezetű réteget eredményezők) vagy szívós anyagrétegbe beágyazódó nagy keménységű fázisokat tartalmazók lehetnek, addig az utóbbiak a Co- vagy Ni-bázisú keményötvözetek, a fémkarbidok vagy a nemvas fémek, illetve ötvözeteik közül kerülnek ki.



a számok hegesztési sorrendet jelentenek

1.162. ábra
Felrakóhegesztés

1. Hegesztés és rokon eljárások

2. A Hegesztés gépesítése

2.1. Technológiák gépesítettségi szintjei

2.1.1. A Gépesítés fogalmköre

A minőség javítása, a szubjektív hibalehetőségek szűkítése, a termelékeny sorozatgyártás ésszerű, de nem mindenáron erőltetett és gazdaságilag is megalapozott gépesítéssel (robotosítással, automatizálással), illetve a számítástechnika hardveres és szoftveres lehetőségeinek mind szélesebb körű kihasználásával elősegíthető.

A technológiai – így a hegesztési – eljárások egy része eleve „alkalmaz” valamilyen gépet, készüléket, segédeszközt, melyek az eljárás alapját képezik, azaz nem helyettesíthetők „emberi erővel” (például a hideg- és melegsajtoló hegesztések megvalósításához szükséges nagy erők, illetve nyomások csakis gépi úton „állíthatók elő”). Ezért a gépesítés fogalmán általában azon technológiai műveletek mechanizálása értendő, amelyek egyébként manuálisan (emberi mozgásokkal és erő kifejtéssel) is elvégezhetők lennének. Így leginkább a szerszámok (pl. hegesztőfej) és/vagy a munkadarabok mozgatása, manipulálása tartozik a gépesítendő és ezáltal gyorsabbá, pontosabbá, reprodukálhatóbbá vagy éppen folyamatosabbá tehető technológiai folyamatok közé.

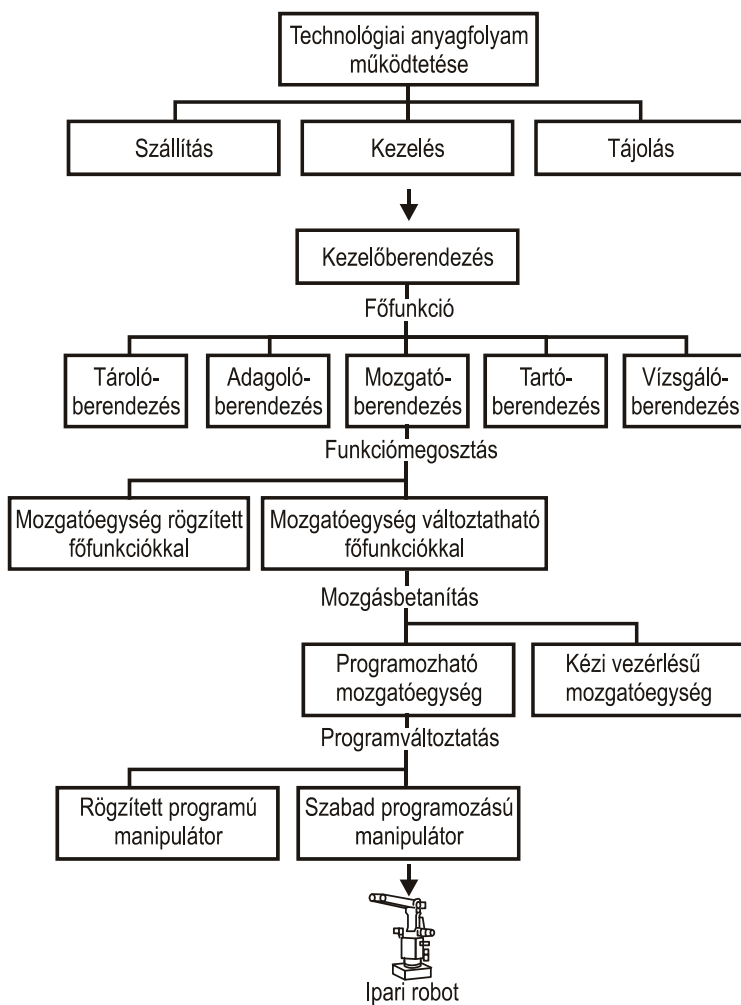
A gépesítés tehát a kézi munka részbeni vagy teljes kiváltása készülékezéssel, a mozg(at)ások gépi működtetésével. Az emberi tevékenység gépi helyettesítése az egyes műveletelektől a teljes gyártási folyamat egészéig terjedhet. Automatizálásra akkor nyílik lehetőség, ha az előzőek mellett a munkadarab adagolását is gép végezheti, s a részfolyamatokat vezérlő-szabályozó elemek működtetésével hangolják össze.

A hegesztés gépesítésének általában feltétele a készülékelemek, valamint az egyszerű és az összetett készülékek, illetve segédberendezések alkalmazása, melyek részben kereskedelmi forgalomban is beszerezhetők, részben egyedileg, az adott feladathoz legyártandók. Ezekkel csökken(het) a hegesztők fizikai igénybevétele, valamint a hegesztési mellékidő. A termelékenységi növelésének, a minőség fokozásának, a hegesztők fizikai terhelésének további csökkentési igénye helyezte előtérbe a célberendezések használatát. Ez utóbbiak gyakran csak egy-egy gyártmány hegesztése gépesítésének kiszolgálói, így termékváltás esetén felhasználásuk korlátozott.

A gépesítés eszköztárából – alkalmazási jellemzői miatt – kitűnnek a manipulátorok, illetve a perifériákkal együttműködő, rugalmasan programozható ipari robotok (**2.1. ábra**). Alkalmazásukkal a termelékenységi növekszik, a gyártás ciklusideje csökken, javul a minőség, a reprodukálhatóság, nő a termelési rendszer

2. A Hegesztés gépesítése

rugalmassága, csökkenteni lehet a monoton és nehéz fizikai munkát, egészségre fokozottan ártalmas helyeken segítségükkel az emberi tevékenység kiváltható.



2.1. ábra
Technológiák gépesítésének eszköztára

Az ipari robotok elterjedésével, a gépesítés tapasztalatainak felhasználásával, a mikroelektronikára épülő csúcstechnológia (high tech) fejlődésével lehetőség nyílt a felügyeletsezegény gyártás eszköztárának kialakítására és alkalmazására. Az automatizálás ezen foka azonban olyan áramforrások kifejlesztését és alkalmazását igényelte, melyek segítségével a hegesztési paraméterek programozhatók, illetve a hegesztési folyamat közben a hegesztőív jellemzői

változtathatók. Ezen eszköztár együttes alkalmazásával jöttek létre az ún. gyártósorok, melyek az emberi beavatkozás nélküli, illetve felügyeletszegény „szellemgyárak” kifejlesztéséhez vezettek.

Az ipari robotok alkalmazásának előnye:

- nő a termelékenység (a kézi műveletekhez képest 50–100%-kal), a munka folyamatossá, gyorsabbá válik, csökken a gyártási – elsősorban a mellék- – idő;
- javul a minőség, csökken az utómunkálatokra fordított idő;
- megkíméli a dolgozót a nehéz fizikai megterheléstől, az egészségre ártalmas munkakörülményektől, nem igényel képzett (minősített) hegesztőt;
- a termékváltás után a robotok 50–80%-a átprogramozható az új termékek gyártására.

2.1.2. Gépesítés hatásai

A hegesztés gyors, látványos fejlődését magával hozó elektromos hőtechnika két fontos alkalmazási területe az ellenállás-hegesztés és az ívhegesztés. Ezek a hegesztési eljárások megjelenésükkel alapjaiban kezdték felforgatni a szerkezetgyártás klasszikus hagyományait, és az iparban egyre fontosabbá váltak, majd az intenzív műszaki fejlődés a gyártási folyamatok gépesítési, automatizálási igényéhez vezetett.

A termelés jellegének viszonylag gyors változása, a sorozatnagyságok csökkenése, az egyre kisebb elavulási idő miatt olyan gyártóeszközök kellettek, amelyekkel megvalósítható az automatizált gyártás is, ugyanakkor megfelelően rugalmasak a gyakori változ(tat)ások iránt. Erre kínál jó megoldást az ipari robotok alkalmazása.

Kezdetben a gépesítéssel a gyártás mennyiségi mutatóit és a gazdaságosságot kívánták növelni. A gyakorlat azonban bebizonyította, hogy a gépesítés, a robotosítás a minőséget is nagymértékben javít(hat)ja. Ezzel az alkalmazás és fejlesztés egy újabb lehetősége bontakozott ki.

Eleinte a robotokat a gépjárműiparban alkalmazták, majd az itt elért sikerek hamar felhívták a figyelmet az új technika által nyújtott lehetőségekre, és ennek köszönhetően kezdték el más területeken is alkalmazni, a tenger alatti kutatásoktól kezdve az űrkutatáson, a mérés technikán keresztül az ipar szinte minden ágazatáig. Más oldalról a munkavállalók egyre növekvő idegenkedése a veszélyes és egészségre ártalmas munkahelyektől is kényszerítően hatott az ipari robotok bevezetésére.

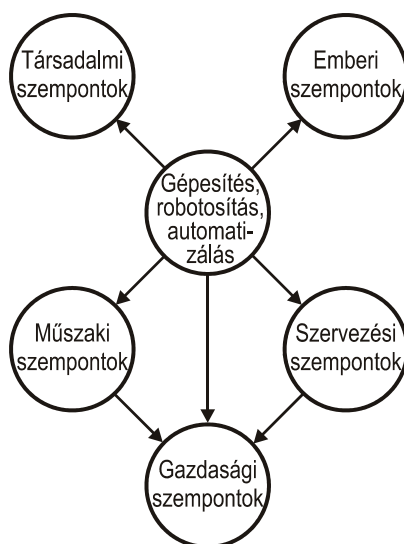
A sokféle alap- és kiegészítő egységgel felszerelt ipari robotok alkalmazásával elérhető gazdaság(ossági) eredmények többek között a következők:

a) Közvetlenül meghatározható eredmények:

- a munkabér és terheiből megtakarítható összeg;
- a robottal előállított nagyobb termékmennyiség járulékos nyeresége;

2. A Hegesztés gépesítése

- a termelékenység növekedése, illetve a gyártási idő, a kieső idő, az átfutási idő csökkenése akár kis vagy közepes sorozatoknál is, a gyors és rugalmas átprogramozhatóság révén.
- b) Közvetlenül meg nem határozható eredmények:
 - nő a műszakszám, és ezzel javul az állóeszközök kihasználtsága, csökken a termeléshez szükséges forgóalap;
 - anyag- és energiamegtakarítás érhető el az optimális tevékenységi sorrend, az előre programozott optimális technológiai jellemzők és a nagyobb pontosság következtében;
 - csökken a munkadarabok ellenőrzésére fordított idő, illetve a selejt is.



2.2. ábra

Technológiák gépesítésének megítélési szempontjai

A gépesítést, robotosítást, automatizálást mint a technológiai, gyártási, termelési folyamatot alapvetően befolyásoló beruházást több szempont együttes értékelésével célszerű megítélni (**2.2. ábra**). A gyakran – egyoldalúan – csak gazdaságossági elemzéseket figyelembe vevő értékelést ki kell terjeszteni a műszaki, a szervezési és a szociális szempontokra is.

- Műszaki szempontból előny a kicsi hibaszázalék, a csökkent minőségi inhomogenitás, a nagyobb termelékenység (megmunkálási teljesítmény), a jobb csereszabotosság, a sorozatgyártás megvalósíthatósága, a gyors átállási lehetőség és a jó rendszerbe integrálhatóság.
- Szervezési szempontból a jobb tervezhetőség (megelőző és követő műveletek, termelés, illetve logisztika ütemezése, gépkarbantartás stb. szempontjából), a megbízhatóság révén pontosabban számolható

normaadatok, a humán (egészségügyi és pszichikai) „problémák” kiküszöbölése említhető pozitívumként.

- Szociális (egyéni, társadalmi) szempontból jellemző, hogy a végrehajtói (fizikai) munka helyett irányítói (szellemi) tevékenység dominál, a költségesebb szakképzés helyett olcsóbb betanításra van szükség; az embert a nehéz, egészségtelen, monoton munkából a gépesítés kiváltja (munkahumanizálás); a gépi munka olcsóbb volta a terméket is olcsóbbá teszi, nagyobb piaci keresletet indukálva.

A technológiák – így a hegesztés – gépesítése, robotosítása tehát többféle megközelítésben is célszerű, előnyös megoldás lehet. Annak érdekében, hogy a lehetőségtől a megvalósításig vezető döntés megalapozott lehessen, fontos feltétel a megfelelő háttérismeretek megléte, a kapcsolódó fogalmak ismerete. A következőkben ezeket tekintjük át.

2.1.3. Ív- és ellenállás-hegesztés gépesítettségi szintjei

A hegesztés területén a legnagyobb arányban alkalmazott ívhegesztés és ellenállás-hegesztés gépesítésének van leginkább jelentősége, illetve hagyománya. Ezeknél a gépesítettségi szintet a kötés kialakító, illetve a kötés pozicionáló mozgások megvalósítási módja alapján lehet megadni (2.3. és 2.4. ábra).

A hegesztés gyakorlatában tehát megkülönböztetünk:

- **kézi hegesztést**, amelynél mind a hegesztési mozgások végrehajtása, mind a munkadarab adagolása emberi erővel történik. A műveleteket a hegesztő végzi, ellenőrzi és irányítja;
- **részben gépesített hegesztést**, amelynél a hegesztési mozgások végrehajtása részben, a munkadarab adagolása teljesen emberi erővel történik;
- **gépesített hegesztést**, amelynél a hegesztési mozgások végrehajtása gépi úton történik, a munkadarab adagolását kézzel végzik;
- **automatizált hegesztést**, amelynél mind a hegesztési mozgások végrehajtása, mind a munkadarab adagolása önműködően, gépesítve történik, közvetlen „humán” beavatkozásra gyakorlatilag nincs szükség.

A gépesítettségi szint növelése a gépesített mozgások számának növelésével érhető el, mellyel egy időben csökken az emberi beavatkozás (a humán irányítás) mértéke. A kézi és részben gépesített hegesztés jellegzetes alkalmazási területe a műhelyben, illetve a hegesztési helyszínen végzett egyedi és kis sorozatú gyártás. A gépesített és automatizált hegesztéseket elsősorban a nagysorozat- és a tömeggyártásban alkalmazzák. A gépesítettségi szint emelésével nő a termelékenység, javul a munkadarabok méretpontossága és csereszabotossága.

2. A Hegesztés gépesítése

kötésalakító mozgások		kötéspozícionáló mozgások	GÉPESÍTETTSÉGI SZINT		ELJÁRÁS-GÉPESÍTÉSI PÉLDA (eljárás szabványos számjelével)	
hozaganyag-adagolás	hegesztőfej-vezetés	munkadarab-adagolás				
szakaszosan vagy folyamatosan	lengetéssel vagy anélkül	készülékkel vagy anélkül				
kézi	kézi	kézi	kézi		111	141 151 152
gépi	kézi	kézi	részben gépesített		114	131 135 136 137
gépi	gépi	kézi	gépesített	célgépes	121 122 123	
				robotos		
gépi	gépi	gépi	automatizált	célgépes	124 125	
				robotos		

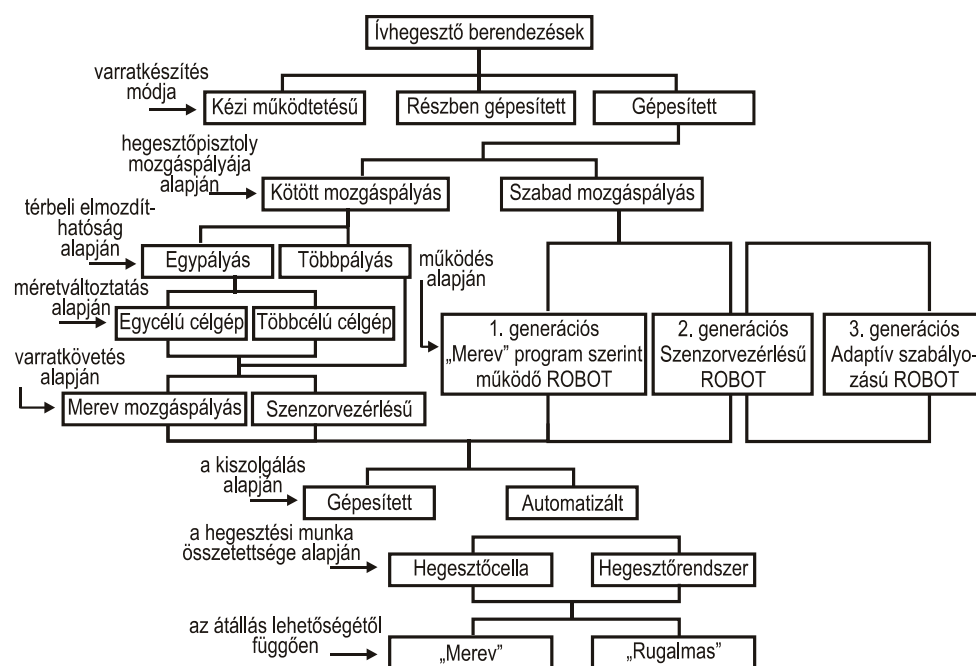
2.3. ábra
Ívhegesztés gépesítettségi szintjei

kötésalakító mozgások	kötéspozícionáló mozgások		GÉPESÍTETTSÉGI SZINT		ELJÁRÁS-GÉPESÍTÉSI PÉLDA (eljárás szabványos számjelével)	
sajtolóerő-közvetítés	helyzetbe állítás	munkadarab-adagolás				
egy vagy két oldalról	szerszám- és/vagy munkadarab-mozgatás	szakaszosan vagy folyamatosan				
kézi	kézi	kézi	kézi			211 212
gépi	kézi	kézi	részben gépesített		231 232 782	
gépi	gépi	kézi	gépesített	célgépes	241 242 25	221 222
				robotos		
gépi	gépi	gépi	automatizált	célgépes	291	225 226
				robotos		

2.4. ábra
Ellenállás-hegesztés gépesítettségi szintjei

2.1.4. Hegesztő célgépek jellemzői

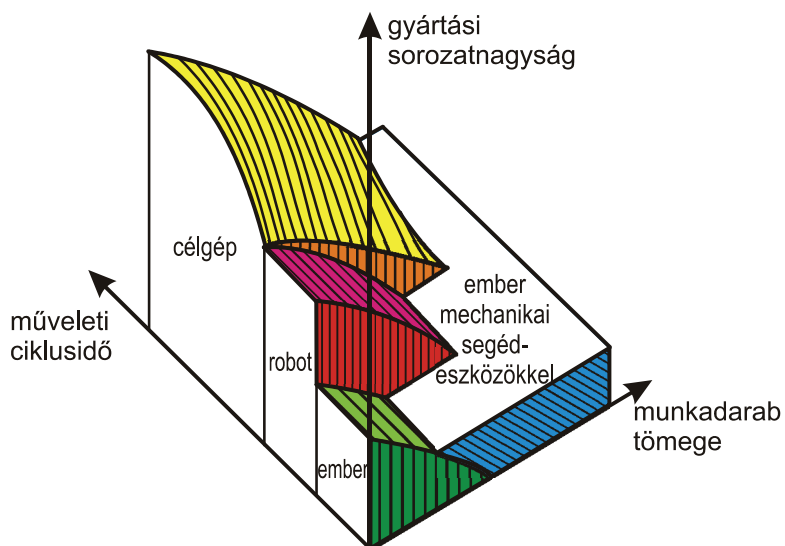
A célgépes és a robotos hegesztés a gépesített vagy az automatizált hegesztés kategóriájába sorolható, a munkadarab adagolási módjától függően. A hegesztőrobotok és -célgépek jellemzőinek rendszerezését a **2.5. ábra** szemlélteti.



2.5. ábra
Hegesztőrobotok és célgépek jellemzői

Elsősorban a tetszőleges mozgáspályán, illetve mozgásirányban való szabad (szoftveres) programozhatóság különbözteti meg a robotot a célgéptől, amely kötött mozgáspályás, illetve mozgásirányú, „hardveresen programozható”, azaz átszereléssel vagy átépítéssel tehető korlátozottan alkalmassá más feladat elvégzésére. A célgépek a tömeggyártás, a robotok a sorozatgyártás fontos gépesítési eszközei. Ez utóbbi esetben jól kihasználható az egyes szériák közötti gyors váltás lehetősége. A **2.6. ábrából** az is kitűnik, hogy kis kapacitáskihasználás vagy túl nagy (a célgép, illetve a robot névleges teherbírását meghaladó) tömegű munkadarabok esetén „hagyományos módszerek” alkalmazása látszik célszerűnek.

2. A Hegesztés gépesítése

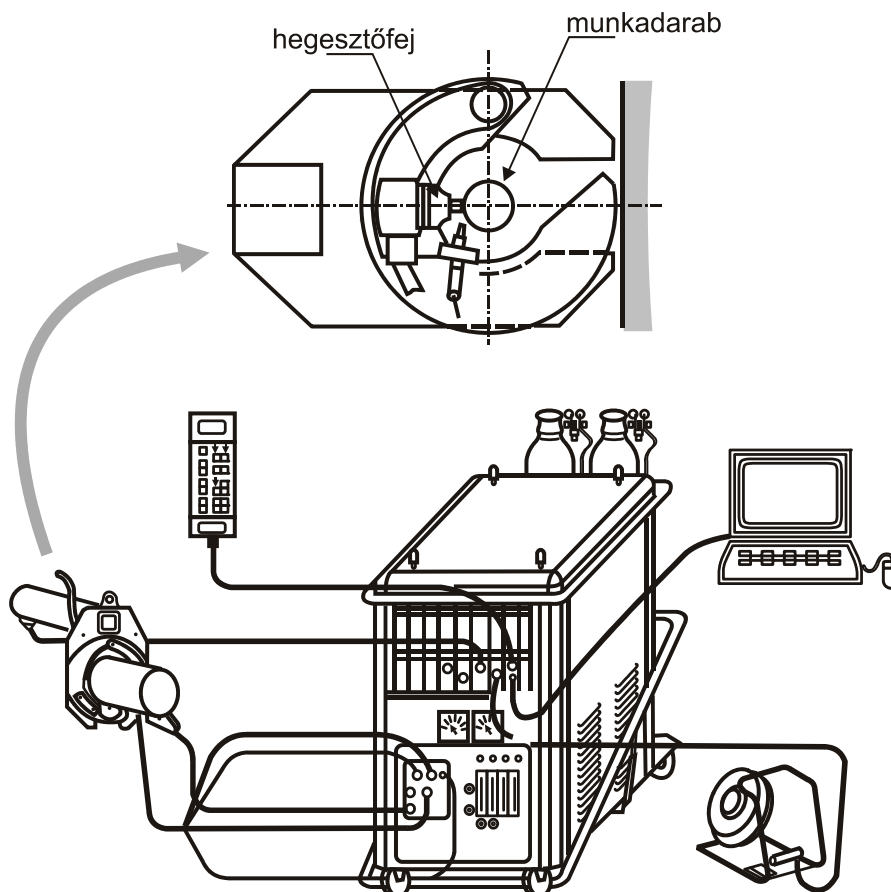


2.6. ábra

Gépesítési eszköz kiválasztásának főbb mérlegelési szempontjai

A hegesztő célgépek egy adott eljárás gépesített változatának különleges berendezései. Pl. a gépi hozaganyag-adagolással és hegesztőfej-vezetéssel működő hegesztőberendezések elsősorban kis átmérőjű, vékony falú, erősen ötvözött acél-, réz- vagy alumínium csövekhez használatosak. A hegesztőfej egyszer kb. 380°-ban fordul körbe a csövön, miközben a pillanatnyi hegesztési helyzetnek megfelelően változik a hegesztőárama.

Az ilyen orbitális csőhegesztő (cél)berendezések (2.7. ábra) elterjedését a programozható áramforrások bevezetése is elősegítette. A hegesztőberendezés vezérlőegységében a mikroprocesszor nem csupán a hegesztési ciklust vezérli, hanem a mozgásokat és a kiegészítő funkciókat is programozhatóvá teszi.

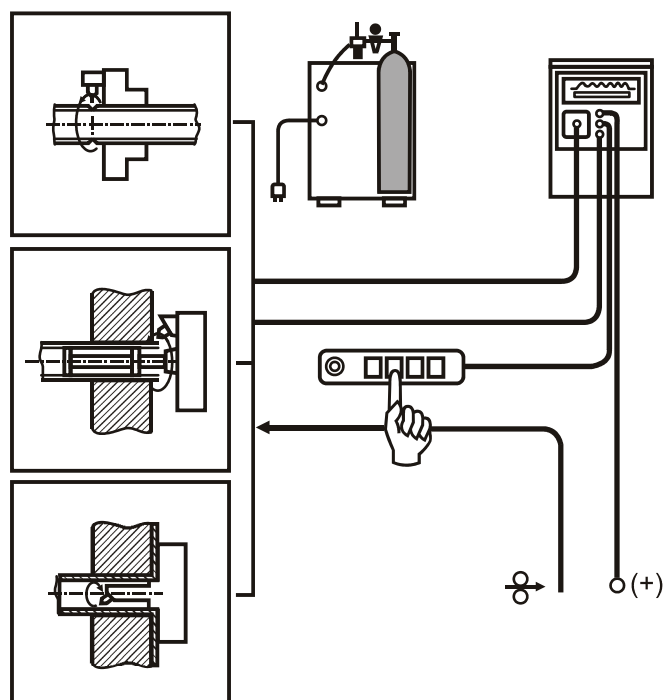


2.7. ábra
Orbitális körvarrathegesztő célgép

Egy másik jellegzetes célgép a csővéghégesztő készülék, melynek elvi vázlatát a **2.8. ábra** mutatja. Ezt elterjedten használják ötvöztelen és ötvözött acél, valamint titán anyagú csőköteges hőcserélők csöveinek végfalba való behegesztése során.

A nagy sorozatú termékek előállítására alkalmas célgépek növelik a termelékenységet, a minőséget állandó szinten tartják, a dolgozók fizikai megterhelését csökkentik, és betanított szakmunkások kezelik őket. Hátrányuk, hogy termékváltás után mintegy 80%-uk hasznavehetetlen. Egyes segédberendezésekből épített célberendezések (lásd a **2.3.4. alfejezetben**) részegységei alkalmasak lehetnek más feladatokra is.

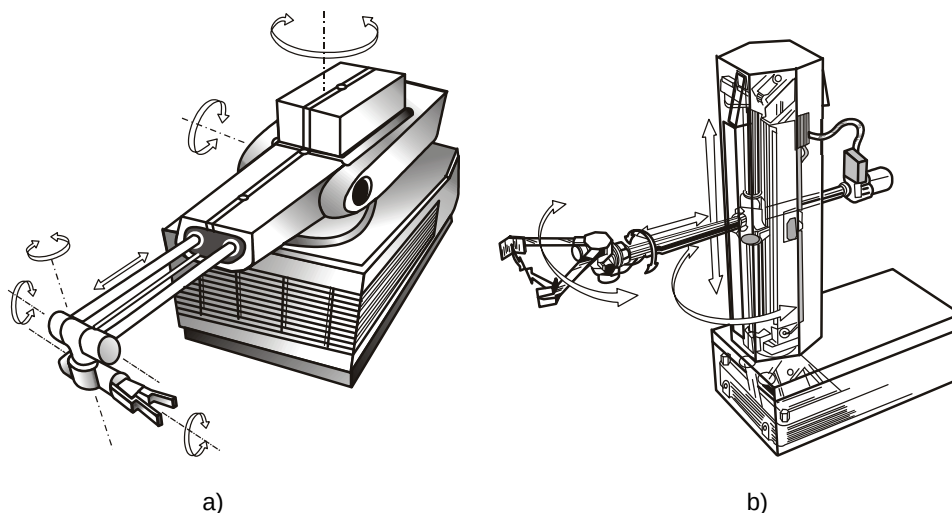
2. A Hegesztés gépesítése



2.8. ábra
Csővégehegesztő célgép

2.2. Hegesztőrobotok

Közel fél évszázad telt el azóta, hogy az első ipari robotok megjelentek, majd önálló tudományterületté fejlődött a robottechnika, a műszaki tudományoknak a társadalmi szükségletek által életre hívott, a termelési folyamatok komplex automatizálását elősegítő, a számítástechnikai eszközök és módszerek sajátos alkalmazásával összefüggő, egyre nagyobb gyakorlati jelentőségű ága. Az ipari robot fogalma 1954-ben, az USA-ban született meg. Az első ipari robot 1962-ben vált ismertté, az Unimation cég UNIMATE nevű modelljeként (**2.9/a. ábra**) és ezzel egy időben az AMF (American Machine and Foundry) VERSATRAN nevű kísérleti berendezése (**2.9/b. ábra**) is napvilágot látott. Egy évvel később már mind a két típus több példányát üzembe is állították. Az ipari robotok szélesebb körű elterjedése 1967–1968 táján kezdődött, több amerikai, japán, majd európai cég erre irányuló fejlesztő- és gyártótevékenységének köszönhetően.



2.9. ábra
Az első ipari robotok

2.2.1. Ipari robotok fogalma, jellemzői

Maga a robot szó a szláv „rabota” szóból származik, amelynek a jelentése: rossz körülmények között végzett nehéz, kényszerű, egyhangú munka. Ez alapján minden olyan távirányítású gép is robotnak tekinthető, amely megkíméli az embert a veszélyes vagy nehéz fizikai munkától. Ez az értelmezés azonban félrevezető és pontatlan, így célszerű korrektebb definíciót megfogalmazni.

A célgépek mellett vagy helyett alkalmazható ipari robot:

- önműködő, azaz saját elektromechanikus (DC vagy AC szervomotoros), hidraulikus vagy pneumatikus hajtásrendszerrel rendelkező,
- szerszám, munkadarab vagy mérőfej megfelelő pontosságú megfogására, illetve mozgatására (pozicionálására), valamint működési paramétereik beállítására alkalmas,
- adott munkatartományon belül több térbeli mozgásirányban, illetve mozgáspályán szabadon, azaz szoftveresen (újra)programozható (programvezérlésű), gyártócellába, illetve gyártósorba integrálható manipulátor.

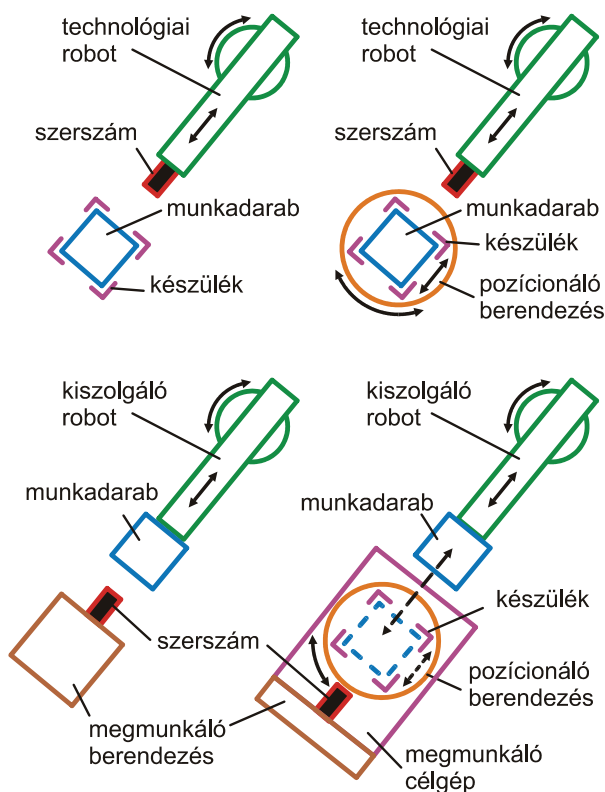
Attól függően, hogy az ipari robotok milyen objektumot (eszközt, tárgyat) manipulálnak, megkülönböztetünk:

- „make” (csinál) funkciójú, azaz szerszámot manipuláló technológiai (pl. ellenállás- és ívhegesztő, lézerrel és vízsugárral vágó, festő, szerelő stb.) robotokat,

2. A Hegesztés gépesítése

- „move” (mozgat) funkciójú, azaz munkadarabot (akár készülékkel is) manipuláló, szerszámgépet vagy sajtológépet kiszolgáló, anyagmozgató (pl. csomagoló, palettázó) robotokat,
- „test” (vizsgál) funkciójú, azaz különleges mérőfejet manipuláló mérő, ellenőrző, tesztelő robotokat.

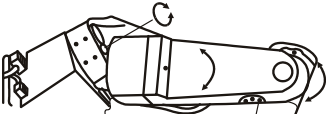
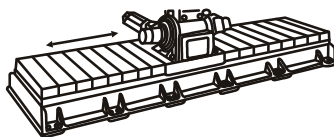
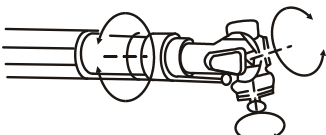
Egy adott gyártási folyamatszakasz esetében a robotosítás technológiai robottal vagy kiszolgáló robottal valósítható meg attól függően, hogy a szerszám vagy a munkadarab mozgatása bonyolultabb feladat. Az **2.10. ábra** a robotosítás négy alapesetét mutatja. Az első két eset technológiai, azaz megmunkáló robottal, a másik két eset kiszolgáló, azaz munkadarab-pozicionáló robottal valósul meg. A kiszolgáló robot bizonyos esetekben – a jobb időkihasználás végett – pl. mérési feladatokat is elláthat a kiszolgált (cél)géppel végzett technológiai művelet időtartama alatt a már előzőleg megmunkált munkadarabokon.



2.10. ábra
Robotosított megmunkálás négy alapesete

2.2.2. Robotkarrendszerek és szabadságfokok

Az ipari robotok által megvalósított mozgások a manipulált objektumot célba juttatják, illetve az elért helyen célszerűen pozícionálják (2.11. ábra). Az áthelyező mozgás juttatja el a mozgatott objektumot a munkatartomány, illetve a programozott pálya meghatározott térbeli pontjaiba. A tájoló mozgás a mozgatott objektumot a végzendő művelet szempontjából legkedvezőbb pozícióba állítja, az áthelyező mozgással elért térbeli pontban. A kiegészítő vagy külső mozgások közül a helyzetváltoztató mozgás a robot munkatartományát bővíti ki a robot elmozdításával. A perifériális mozgásokat a robottal „együtműködő”, munkadarabokat forgató, pozícionáló egységek mozgásai jelentik.

IPARI ROBOTOK ÁLTAL MEGVALÓSÍTOTT MOZGÁSOK	ALAP- (SAJÁT) MOZGÁSOK	KIEGÉSZÍTŐ (KÜLSŐ) MOZGÁSOK
MOZGATOTT OBJEKTUMOT CÉLBA JUTTATÓ MOZGÁSOK	ÁTHELYEZŐ MOZGÁS 	HELYZETVÁLTÓZTATÓ MOZGÁS 
MOZGATOTT OBJEKTUMOT CÉLSZERŰEN POZÍCIONÁLÓ MOZGÁSOK	TÁJOLÓ MOZGÁS 	PERIFÉRIÁLIS MOZGÁS 

2.11. ábra

Ipari robotok által megvalósított mozgások

A robotmozgások két fajtája a Transzlációs (haladó) és Rotációs (forgó) mozgás, amelyeknek a három jellegzetes térbeli koordináta irányban (x, y, z) értelmezett variációi alkotják a robot karrendszerének alapstruktúráját, míg az ezeket megvalósító – egymástól függetlenül vezérelhető – mozgatóegységek (tengelyek) száma a robot szabadságfokainak számát határozza meg.

2. A Hegesztés gépesítése

Az ipari robot leglényegesebb, jellegét, alkalmazási lehetőségeit meghatározó szerkezeti egysége a karrendszer, ami a megmunkáló szerszám, a munkadarabot megfogó szerkezet vagy az ellenőrző mérőfej térbeli mozgatására és pozicionálására alkalmas, karos-csuklós mechanizmus.

Térbeli kiterjedésű munkadarabok esetében ahhoz, hogy egy tetszés szerinti munkatérpontot a manipulált objektum elérjen, legalább három egymástól független mozgásirány, mozgatóegység, szabadságfok szükséges. Mivel sok technológiai műveletnél igen lényeges a szerszám és a munkadarab minél kedvezőbb tájolása, ezért további három mozgáslehetőségre (azaz szabadságfokra) van igény. Ez tehát összesen hat szabadságfokot jelent, aminek ha kevesebb van, akkor az objektum manipulálása korlátozott (lehet).

A karrendszer struktúráját a 3 áthelyező mozgás (vagy főmozgás) lehetséges mozgásvariációi – 2 mozgásfajta (T, R), illetve 3 mozgásirány (x, y, z) szerint – alapvetően meghatározza. Az elvileg lehetséges $2^3 \cdot 3^3 = 8 \cdot 27 = 216$ variáció közül lényegében négy vált elterjedtté a gyakorlatban, melyek közül három a matematikából jól ismert koordináta-rendszerekhez köthető (2.12. ábra).

$2^3 = 8$ alapvariáció	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
1. főmozgás	T	R	T	T	T	R	R	R
2. főmozgás	T	T	R	T	R	T	R	R
3. főmozgás	T	T	T	R	R	R	T	R

X

$3^3 = 27$ al- variáció	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1. koordináta irány	x	x	x	x	x	y	z	y	y	y	y	y	x	z	z	z	z	z	z	x	y	x	x	y	y	z	z
2. koordináta irány	x	x	x	y	z	x	x	y	y	y	x	z	y	y	z	z	z	x	y	z	z	y	z	x	z	x	y
3. koordináta irány	x	y	z	x	x	x	x	y	x	z	y	y	y	y	z	x	y	z	z	z	z	z	y	z	x	y	x

↓

	Koordináta-rendszer, illetve karrendszer			
	derékszögű	henger	gömbi	humanoid
1. főmozgás	T_x	R_z	R_z	R_z
2. főmozgás	T_z	T_z	R_x	R_x
3. főmozgás	T_y	T_y	T_y	R_x
karrendszer vázlat				

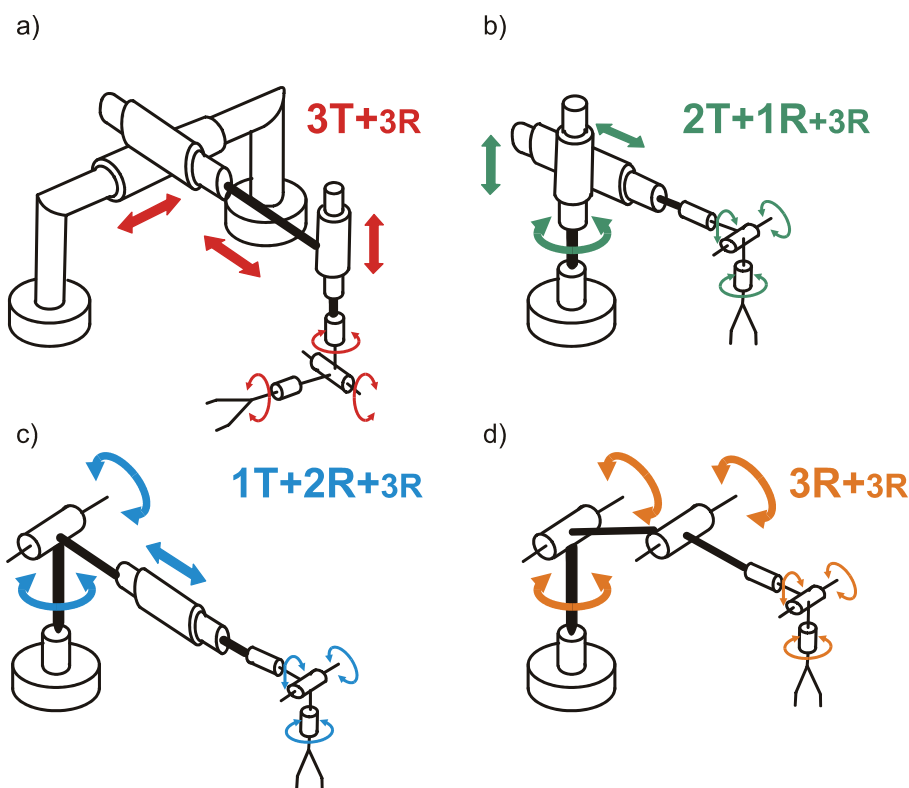
2.12. ábra

Főmozgások legfontosabb variációi és a megvalósuló koordináta-rendszer

Attól függően, hogy a – rendszerint három rotáció (3R) tájoló mozgással (mellékmozgással) kiegészített – három áthelyező mozgás (főmozgás) közül mennyi a translációs (T) és a rotációs (R) mozgás, megkülönböztetnek tehát:

- derékszögű (3T),
- henger (2T+1R),
- gömbi (1T+2R),
- humanoid (3R)

koordináta-rendszerű, illetve karrendszerű robotokat (2.13. ábra).



2.13. ábra

Robotkarrendszerek koordináta-rendszerei
a) derékszögű, b) henger, c) gömbi, d) humanoid

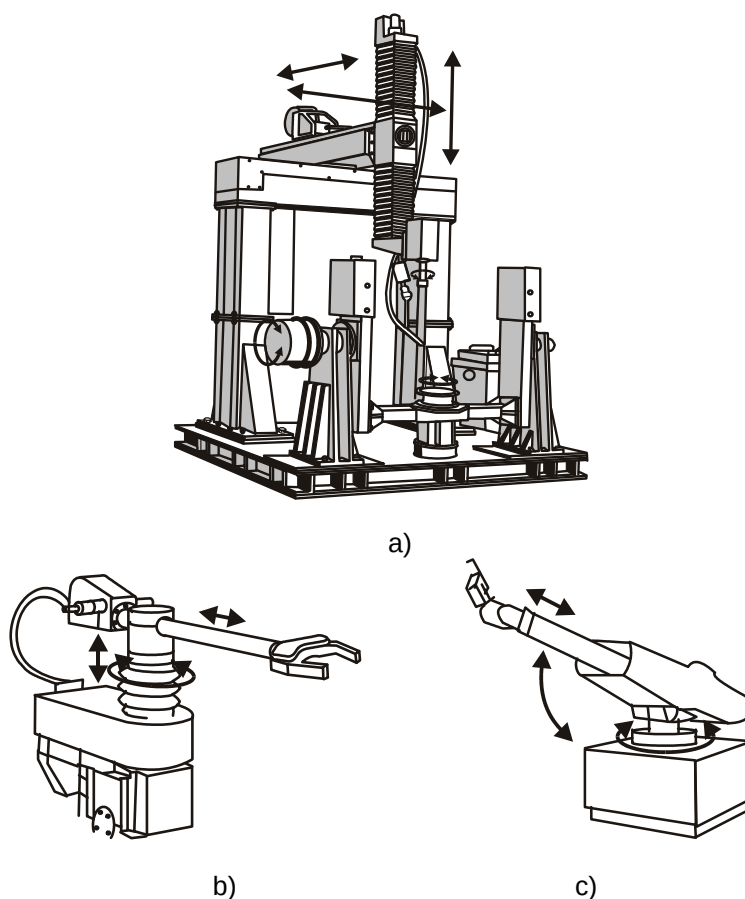
A derékszögű koordináta-rendszerű karrendszer karjai három egymásra merőleges koordinátatengely mentén, egyenes vonalúan mozognak (2.14/a. ábra).

A hengerkoordináta-rendszerű robot főmozgási lehetőségei: függőleges tengely körüli forgás, továbbá a függőleges és az ahhoz csatlakozó vízszintes tengely menti egyenes vonalú elmozdulás (2.14/b. ábra).

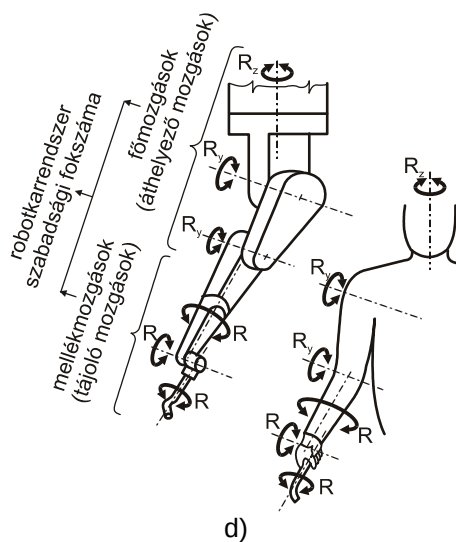
2. A Hegesztés gépesítése

A gömbi koordináta-rendszerű robotnak – a sugárirányú egyenes vonalú mozgás térbeli irányának beállítása céljából – két egymásra merőleges tengely körül forgása van (2.14/c. ábra).

Az emberi (humán) kar mozgási lehetőségeit utánozó (2.14/d. ábra) többcsuklós karrendszer függőleges tengely körüli forgást, további két – egymással párhuzamos, vízszintes tengelyű – csuklójával („vállcsukló” és „könyöksukló”) pedig a függőleges síkban fekvő pontok eléréséhez szükséges forgást teszi lehetővé. Ez utóbbi, a hegesztés területén legelterjedtebb – humanoid („emberszerű”) vagy antropomorf (antropológia = *embertan* és morfológia = *alak* szavak alapján) – csuklós karrendszer általában hat szabadsági fokú, azaz hat egymástól függetlenül vezérelhető rotációs (R) mozgástengelye (hajtásrendszereleme) van.

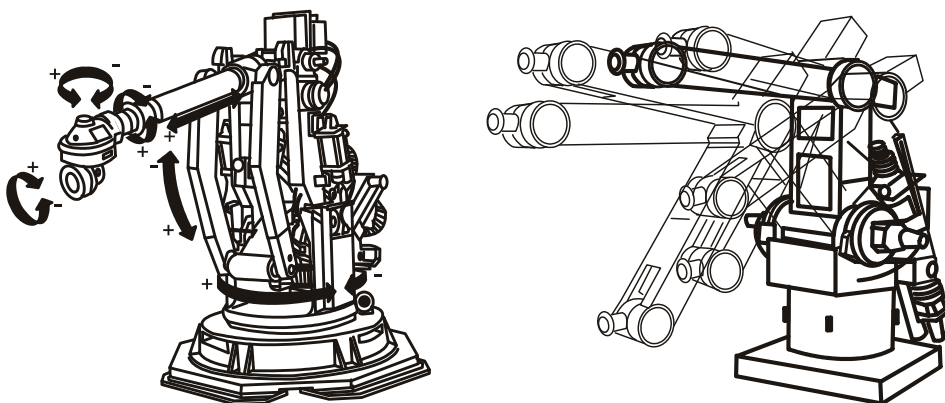


2.14. ábra (I.)
Robotok karrendszerei



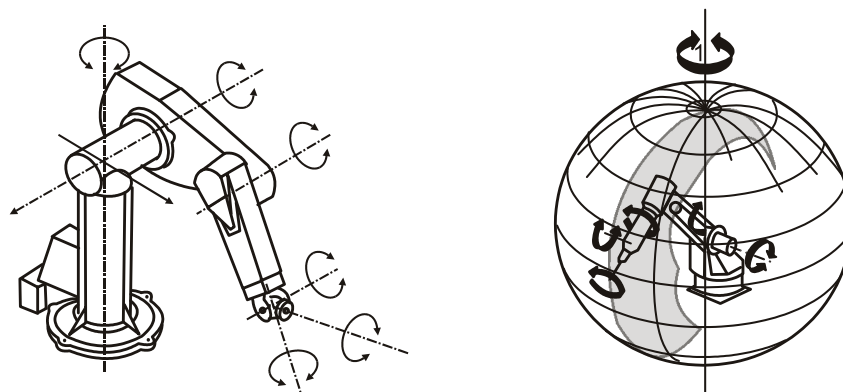
2.14. ábra (II.)
Robotok karrendszerei

A 2.15. ábra néhány humanoid hegesztőrobot karrendszer-konstrukcióját mutatja be. Az ipari robot karrendszerek alkalmazási lehetőségeket meghatározó további jellemzője a karok mozgási tartománya, azaz a főmozgásokkal bejárható munkatere (2.16. ábra), amelyen belül a robot munkavégzésre képes.

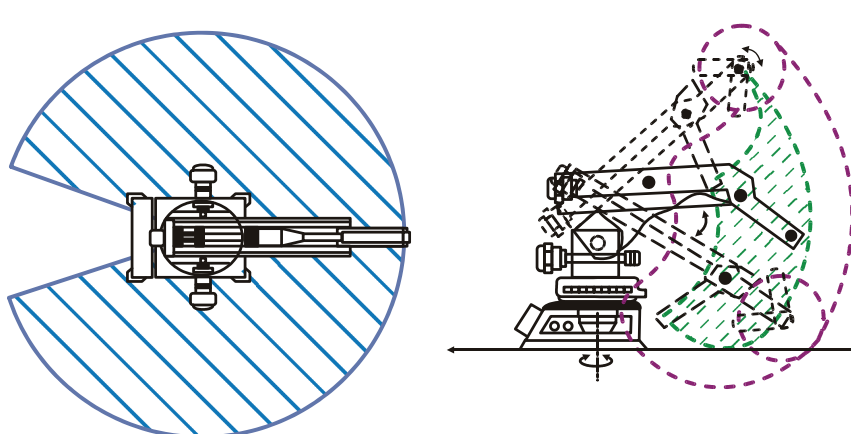


2.15. ábra (I.)
Hegesztőrobot-karrendszerek

2. A Hegesztés gépesítése

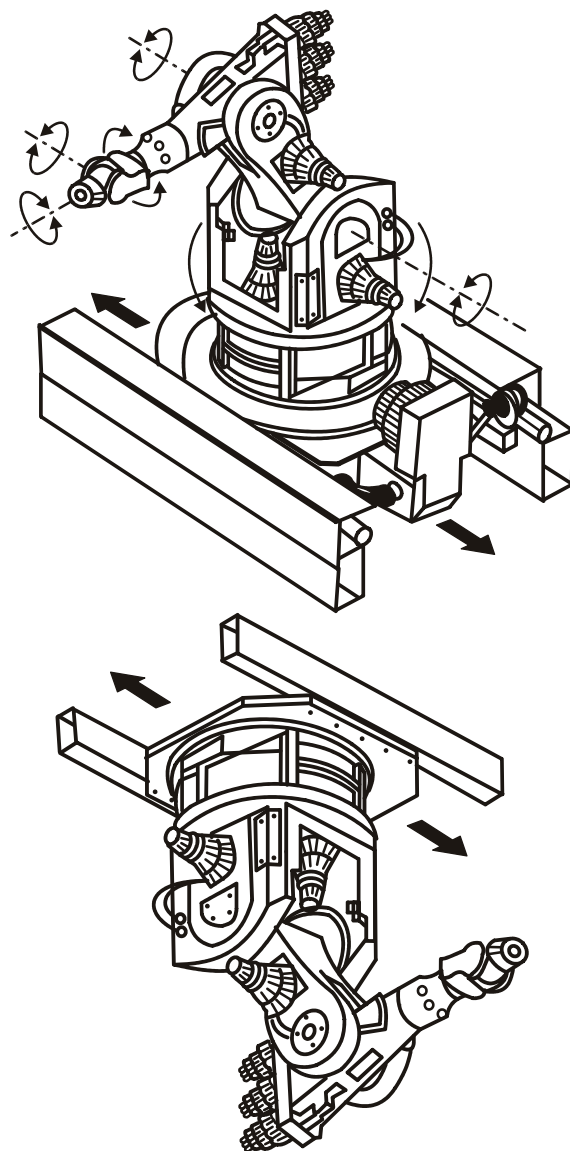


2.15. ábra (II.)
Hegesztőrobot-karrendszerek



2.16. ábra
Ipari robot munkatere

Gyakori megoldás, hogy a munkatér növelése céljából a karrendszert vezérelhető, transzlációs helyzetváltoztató mozgást biztosító és egyben a szabadsági fokok számát növelő egységre – padlózatán elhelyezett sínre vagy állványra épített portálra – szerelik (**2.17. ábra**).

**2.17. ábra**

Ipari robot fektetett sínrel és függesztett portállal megvalósított helyzetváltoztatása

A hegesztőrobot pusztán önmagában nem tudja ellátni a hegesztési feladatot, ezért a hegesztőrobotos munkahely kiegészítő berendezéseinek (**2.18. ábra**) is nagy szerepe van.

2. A Hegesztés gépesítése

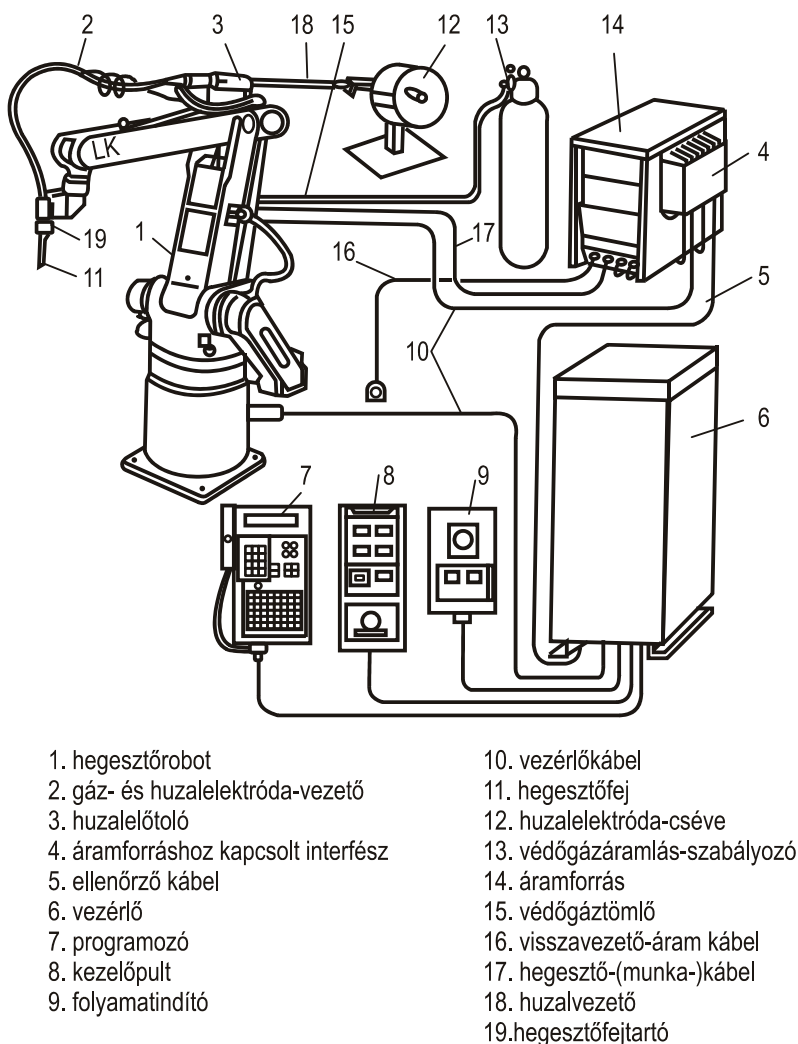


2.18. ábra
Hegesztőrobotos munkahely elemei

A manipulátoron és vezérlésen kívül a robotosított munkahely összetevői – azaz a robotperifériák (**2.19. ábra**) – közé a következő készülékek és berendezések sorolhatók:

- munkadarab- és hegesztőrobot-pozicionáló berendezések,
- munkadarab-rögzítő, illetve -szorító eszközök,
- hegesztő-áramforrás hegesztőfejjel, hozaganyag-adagolással és szükség szerint védőgázellátással,
- hegesztőfej tisztítását végző eszköz,
- varratkövető érzékelő (szenzor),
- anyagmozgató berendezések,
- valamint munka- és balesetvédelmi eszközök.

2. A Hegesztés gépesítése

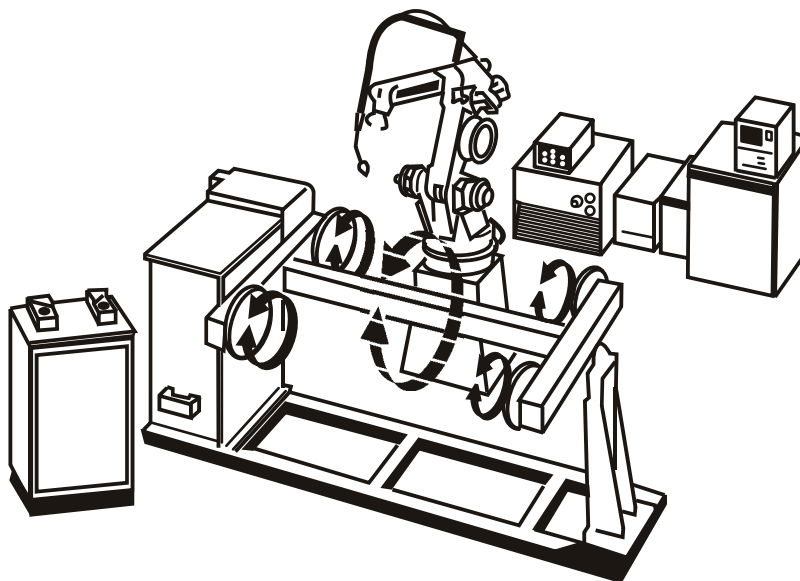


2.19. ábra
Hegesztőrobot és perifériái

Ezek közé tartoznak többek között a munkadarab-pozícionáló egységek, amelyek szintén megnövelik a hegesztőrobot szabadságfokainak számát. Feladatuk a munkadarab legmegfelelőbb helyzetének létrehozása és fenntartása a varrat készítése során. Ezzel lehetővé válik a varratok jó megközelíthetősége, valamint az egyes részfeladatok közötti mellékidők csökkentése. Az ilyen forgató, illetve billentő asztalokat tervezhetik egyedileg a robotállomáshoz, lehetnek előre gyártott, széles választékú modellek különböző terhelhetőséggel és kivitelben, de

2. A Hegesztés gépesítése

előfordulnak komponensekből összeépíthető változatok is. A két munkahelyes megoldásokkal (**2.20. ábra**) pedig megszüntethetők a felesleges állásidők, ugyanis amíg az egyik munkahelyen a robot dolgozik, a másikon az elkészült munkadarab kivétele, majd az új alkatrészek készülékbe rögzítése történhet.



2.20. ábra
Két munkahelyes ívhegesztő robot

2.2.3. Robot irányítástechnika

A robotosított hegesztési munkahely egyik legfontosabb része az összetett vezérlés, amely a roboton kívül a hegesztő-áramforrás, a hozaganyag-adagoló, a hegesztőfej, a segéd- és biztonsági berendezések összehangolt vezérlését biztosítja. Kivitele szerint megoldható központi robotvezérléssel, egymással kapcsolatban lévő egyedi, valamint központi felsőbbrendű vezérléssel.

Az áramforrás-vezérlés feladata: ívgyújtás előtti védőgázáramlás indítása, ívgyújtási huzaleltolás, szabályozható visszaégési idő (a huzalelektroda végén kialakuló gömb elkerülésére), ív kioltása utáni védőgázáramlás megszüntetése.

Az ipari robotoktól sok esetben elvárjuk, hogy a munkakörülmények megváltozásához bizonyos fokú „alkalmazkodóképességgel” rendelkezzenek. Az ilyen igényeknek való megfelelést minősítő intelligenciaszint alapján beszélhetünk:

- első generációs robotokról, amelyek a vezérlő mozgásprogramjukat „mereven” követik, vagyis azt csak ismételni képesek, „nem vesznek tudomást” a munkafeltételek megváltozásáról;

2. A Hegesztés gépesítése

- második generációs robotokról, amelyek rendelkeznek szenzorokkal, miáltal a geometriai eltérések érzékelhetők, illetve a vonatkozó irányítási algoritmusok működtetése révén – az aktuális beállításnak megfelelően – módosítható a vezérlőprogram (pl. pályakezdőpont-keresés vagy pályakövetés megvalósításával);
- harmadik generációs robotokról, amelyek az előzőeken túlmenően technológiai eltéréseket is követni tudnak, illetve képesek (lehetnek) pl. alak- és szituációfelismerésre is, azaz ún. adaptív szabályozással rendelkeznek.

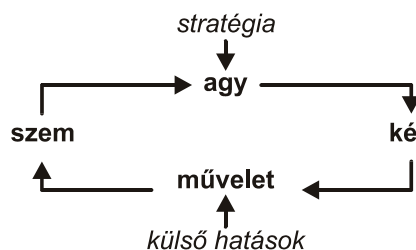
Tehát az első generáció nem rendelkezik olyan számítástechnikai adottságokkal, illetve érzékelővel, mely lehetőséget ad a robotkar előre meghatározott helyzetétől való eltérésének felismerésére és korrekciójára. A második generációsak magas szintű programnyelv segítségével programozható számítástechnikai lehetőséggel rendelkeznek, és az érzékelők visszacsatolt jelei alapján működnek. A harmadik generációs robotok nemcsak arra alkalmasak, hogy a robotkar helyzetéről információt nyújtsanak, hanem arra is, hogy tájékoztatást adjanak a mozgatott alkatrészekről, a megfogó szerkezetről vagy a bonyolultabb befogószerkezetről. Képesek meghatározni erőhatást, hőmérsékletet, nyomást, szint és egyéb környezeti feltételeket vagy azok megváltozását.

Az első generációs robotok olcsóbbak, de a munkadarabok pontos előkészítését, illesztését és tájolását igénylik, ami viszont hosszú távon költségesebb. A második és harmadik generációs robotok az egyszerűbb és olcsóbb előkészítésből eredő pontatlanságokat – programozott működtetésű – szenzorokkal érzékelni képesek, miáltal kiváltják a vezérlő számítógépi programkorrekciót, azaz saját mozgásmeghatározást végeznek. Tehát önmagában attól, hogy szenzor van felszerelve reá a robot, még nem lesz második generációs, hanem csak akkor, ha a szenzor működtetése is programozva van.

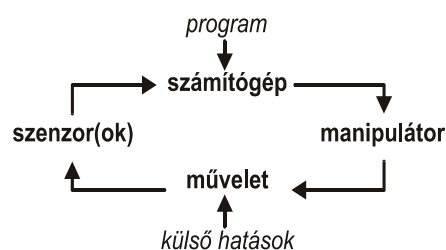
A humán (emberi) irányítást és a szenzorok révén megvalósuló – szintén „emberutánzó” – számítógépes irányítást a **2.21. ábra** vázlatai állítják párhuzamba. Látható, hogy a folyamatról való visszacsatolás és ezáltal programkorrekció az emberi szemet (esetenként fület) helyettesítő szenzor(ok) révén válik lehetővé, így a nyílt hatásláncú vezérlés (mint pl. az NC) helyett zárt hatásláncú szabályozás történik. A korszerű robotok „intelligens agya” nagy teljesítményű számítógépi hardver és „testre szabott” rendszerszoftver, amelyek általában megfelelnek az informatika aktuális fejlettségi szintjének.

2. A Hegesztés gépesítése

humán irányítás:



számítógépes irányítás:



2.21. ábra

Humán és számítógépes irányítás közötti analógia

A szenzorok a technológiai körülmények és paraméterek változásának érzékelésére szolgáló olyan jelátalakító eszközök, amelyeknek bemenete (inputja) valamilyen fizikai jelenség, illetve mért jellemző, a kimenete (outputja) a fizikai jelenség hatáserősségének mértékével arányos (vezérlő)jel.

A szenzorok lehetséges feladatai hegesztéskor:

- a hegesztés kezdőpontjának megkeresése,
- a hegesztési pálya követése,
- a hegesztőfej pozicionálása (pl. oldal- vagy magasságirányban),
- a hegesztési folyamatparaméterek szabályozása vagy állandó értéken tartása,
- a robottevékenység határolása (küszöbérték-kapcsolás),
- a robot mozgásának stabilizálása,
- a robot előrehaladásának (pályájának) figyelése,
- a robot mozgásterének korrigálása, biztonságtechnikai feladatok ellátása.

A szenzorok csoportosításához több szempont vehető alapul: milyen fizikai mérési módszerrel dolgoznak, mi a mérés tárgya, milyen feladatok ellátására képesek, stb. A legáltalánosabb csoportosítási rendszer azt tekinti alapelvnek, hogy mit érzékel a szenzor. A 2.22. ábra jellegzetes példaként az ívhegesztő robotok szenzorait rendszerezi.

A **geometriaérzékelő szenzorok** a hegesztőfej és a munkadarab kölcsönös helyzetét érzékelik. Ez lehetséges a munkadarab érintésével vagy érintése nélkül. Ezen az alapon megkülönböztetünk érintéses (taktil) és érintésmentes (ataktil) szenzorokat. Ezeknek a szenzoroknak közös jellemzője, hogy a hegesztési folyamat (ívégés) fennállása nélkül is működnek. Feladatuk elsősorban varrathelyzet-keresés és hegesztőfej-pozicionálás.

A folyamatérzékelő szenzorok a hegesztési folyamat külső vagy belső paramétereit mérik, amelyek a szabályozás alapját képezik. Ezek a szenzorok csak a hegesztési folyamat fennállása alatt működnek, attól alapvetően függenek, így elsősorban pályakövetésre (varratvonal-úttartásra) alkalmazhatók. A belső paramétereket mérő szenzorok esetében – a folyamatos varratkövetési feladatok megoldása során – nem szükséges külön érzékelő szenzortestet a hegesztőfej

2. A Hegesztés gépesítése

közelébe építeni, így nem romlanak az adott berendezés hozzáférési jellemzői, ami elsősorban az ívhegesztő robotok alkalmazásakor kedvező. Az ebbe a csoportba tartozó szenzorok mindegyikének közös alapelve, hogy a hegesztőfej helyzetváltozásának hatására bekövetkező munkapont-eltolódást mérik, ezért szabályzójelként vagy a hegesztési feszültség, vagy az áramerősség változása szolgál. A külső paramétereket mérő szenzorok az ív által létrehozott fizikai hatások (varratömlédékszélesség, ívhosszúság, ív fénysugárzás, hegesztett anyagok hősugárzása, ív zaja stb.) mértékét, illetve változását mérik.

ÍVHEGESZTŐ ROBOTOK SZENZORAI				
folyamatkezelő			geometriaérzékelő	
belső paramétert mérő		külső paramétert mérő	érintésmentes	érintéses
áramerősség-mérő ívszenzorok		optikai (fénysugárzásmérő) szenzorok	optikai (fény- és lézersugárzásos) szenzorok	mechanikus szenzorok
természetes jellel	mesterséges jellel		induktív szenzorok	
		termikus (hősugárzásmérő) szenzorok	nagyfeszültségű (szikrakisüléses) szenzorok	mechanikus-elektromos szenzorok
feszültségmérő ívszenzorok			kapacitív szenzorok	
természetes jellel	mesterséges jellel	passzív akusztikus szenzorok	aktív akusztikus szenzorok	elektromos szenzorok

2.22. ábra

Ívhegesztő robotok szenzorainak csoportosítása

Az **érintéses geometriaérzékelő szenzorok** közös jellemzője, hogy a varratkövető a munkadarabot érintve szabályozza a hegesztőfej helyzetét.

A **mechanikus szenzorok** érzékelője – amely lehet görgő, tárcsa, golyó, csúszka stb. – merev kapcsolatban van a hegesztőfejjel, így azt közvetlenül mozgatja. Alkalmazási területük az egyenes vagy egyenesbe vezethető tengelyű, többnyire vízszintes varratok hegesztésére alkalmas gépesített eljárások (pl. fedett ívű hegesztés), illetve célgépek a hegesztőfej mozgásának szabályozása.

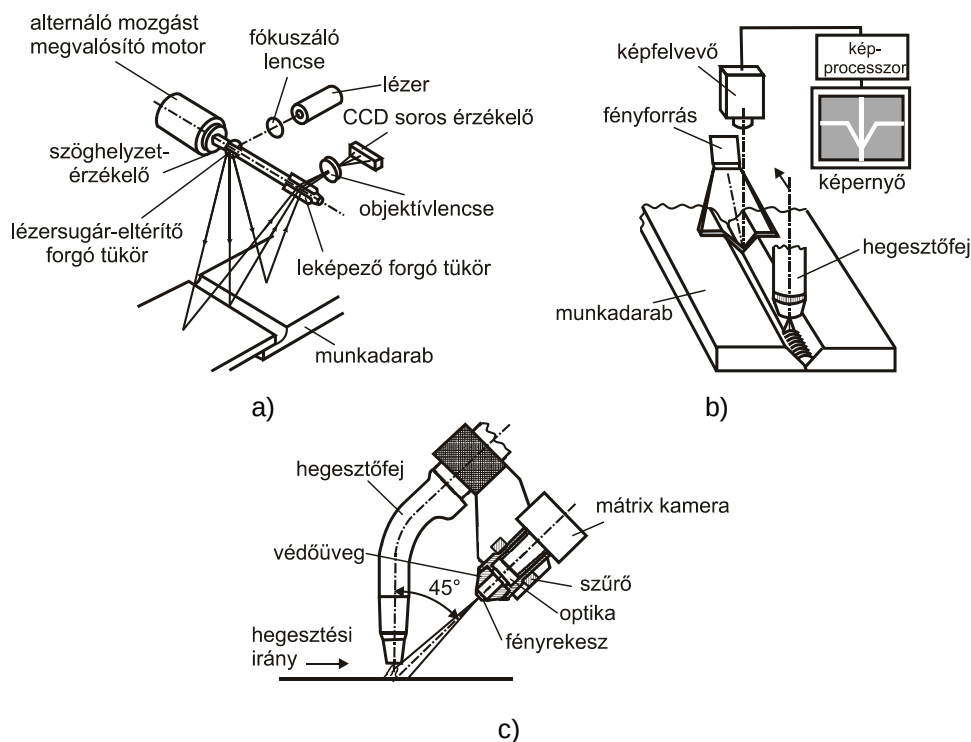
A **mechanikus-elektromos szenzorok**nál a munkadarab letapogatása mechanikusan valósul meg, de tapintófej nem közvetlenül mozgatja a hegesztőfejet, hanem a szenzor a tapintófej elmozdulásával arányos elektromos jelet hoz létre. A berendezést szabályozó elektronika ezt érzékelő jelként

2. A Hegesztés gépesítése

felhasználva korrigálja a hegesztőfej mozgását, rendszerint a hegesztés irányára merőlegesen elhelyezett elektromos hajtású szánszerkezet(ek) útján.

Az **elektromos szenzorokat** általában ívhegesztő robotokhoz használják oly módon, hogy a hegesztőfej elszigetelt gázfúvókája vagy a hegesztőhuzal tölti be az érzékelő szerepét. Ezzel az érzékelővel – a hegesztési program lefuttatása előtt – referenciapontokat érzékel a robot a hegesztendő alkatrész megfelelő felületein. Amennyiben az érzékelt referenciapontok helyzete eltér az előre programozott alaphelyzettől, úgy a számítógép az eltérés függvényében módosítja az ezt követően futtatandó alkatrészprogramot. Ezt a varratkövető megoldást elsősorban a hegesztési varrat kezdőpontjának automatikus megkeresésére használják.

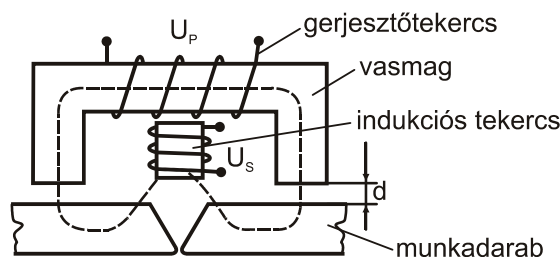
Az **érintésmentes geometriaérzékelő szenzorok** jó része a háromszögelés elve alapján működik, melynek mérési alapja az, hogy ha egy háromszög egy oldala és két szöge ismert, akkor a másik két oldal és a harmadik szög kiszámítható. Ezen az elven működő szenzorok gyakorlati megvalósítására a **2.23/c. ábra** mutat be példát. A **2.23/b. ábrán** látható szenzor alkalmazásának előnye, hogy nem tartalmaz mozgó alkatrészt, a **2.23/a. ábrarészen** bemutatott megoldás viszont a hegesztés zavaró hatásaira (pl. a fröcskölés) kevésbé érzékeny.



2.23. ábra
Geometriaérzékelő szenzorok

Az ívhegesztéskor alkalmazott geometriaérzékelő **optikai szenzorok** alkalmazásánál különösen fontos a megfelelő fényforrás kiválasztása: a keskenyhullámhossz-spektrumú fényforrások a kedvezőek, hiszen ezek használata esetén – keskeny sávú optikai szűrők beépítésével – az ívhegesztés zavaró hatásainak jelentős részét ki lehet szűrni. Legkedvezőbb a lézerdíóda használata, amely monokromatikus sugárzást biztosít viszonylag kis kibocsátási szög mellett. Kis mérete lehetővé teszi a szenzortestbe való beépítését. A lézerdíóda használatakor azonban figyelembe kell venni, hogy a kibocsátott lézersugár hullámhosszának hőmérsékletfüggése miatt megfelelő hőmérséklet-stabilizálásról gondoskodni kell.

Az **indukciós szenzorok** – a fémesen vezető anyagokban létrehozható örvényáramokat és a mágneses indukciót hasznosítva – az érzékelőfej és a munkadarab távolságától függően elektromos érzékelőjelet szolgáltatnak (2.24. ábra).



2.24. ábra
Indukciós szenzor

Az állandó U_p feszültséggel táplált gerjesztőtekerces által létrehozott mágneses tér az indukciós tekercsben a „d” szenzor-munkadarab távolság függvényében U_s feszültséget indukál. Mivel adott munkadarab-anyagminőség és gerjesztés esetén U_s és „d” között egyértelműen kimérhető függvénykapcsolat áll fenn, megfelelő vezérlés és hajtás segítségével a hegesztőfej a munkadarabtól – a szenzor hiszterézisében belül – állandó távolságban tartható. Az indukciós szenzorok hátránya az, hogy meglehetősen kicsi a mérési tartománya (kb. 10 mm), s a munkadarabhoz nagyon közel (3–7 mm) kell a szenzort vezetni varratkövetés közben. Előnyük viszont, hogy – a folyamatos varratkövetésre alkalmas szenzorok közül – a legkedvezőbb az áruk. Helyesen megválasztott szenzorelrendezéssel, illetve jelfeldolgozással számos varrat típus követésére (pl. különféle kialakítású tompavarratok, sarokvarratok) alkalmasak.

A **kapacitív szenzor** elektródája a munkadarabbal – mint ellenelektrodával – sík kondenzátort alkot, amelynek kapacitása többek között függ a két elektróda (kondenzátorfegyverzet) egymástól mért távolságától. Így alkalmazható pl. hegesztőfej–munkadarab távolság szabályozására.

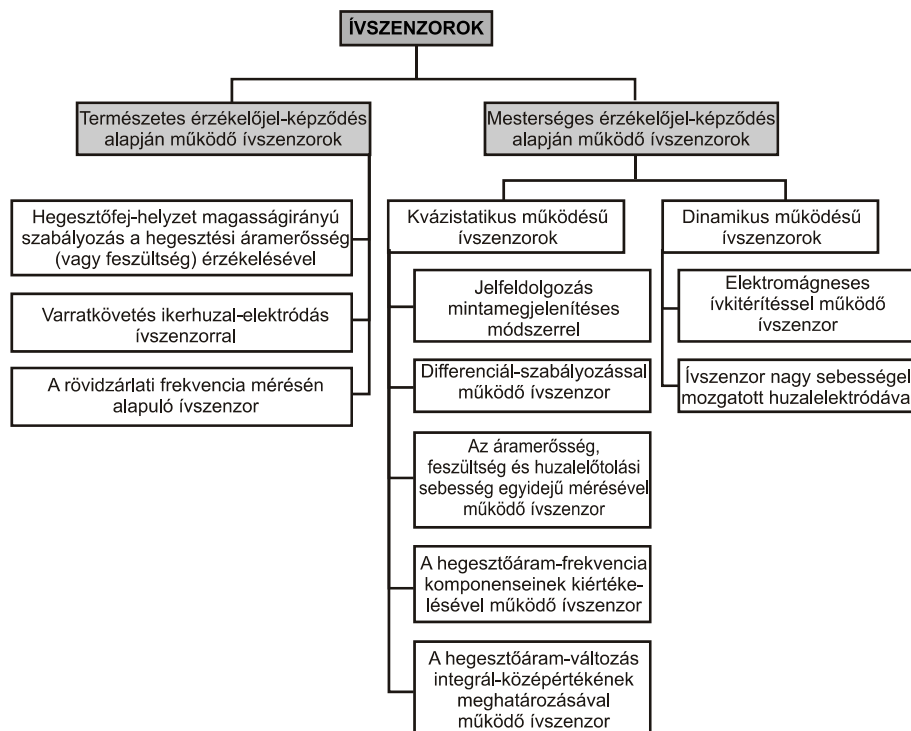
A **nagyfeszültségű** (szikrakisüléses) **szenzorok** is távolságtartás végett alkalmazhatók. A munkadarab és a tapogató (szenzor) elektróda közé állandó nagy feszültséget kapcsolnak. A feszültség nagyságától függő távolságnál a

2. A Hegesztés gépesítése

szenzor elektróda és a munkadarab között szikrakisülés jön létre, amit vezérlés érzékel.

Az **aktív akusztikus szenzorok** ultrahangos szenzorok. Az egyik megoldásnál a hegesztési varratvályú mindkét oldalán – a hegesztőfejhez rögzítve – egy-egy adó-vevő fej helyezkedik el, amelyek ultrahangot bocsátanak a hegesztendő élekre. A visszaverődő ultrahangot felfogva meghatározható a kibocsátás és a detektálás között eltelt idő. A két fej mérési eredményeit összehasonlítva meghatározható a hegesztőfej helyzete, és keresztirányú korrekciót biztosító varratkövetés valósítható meg. A másik megoldásnál a hegesztőfejhez rögzített adó-vevő fej a munkadarab felületére bocsát ultrahangot. A visszaverődő ultrahang segítségével meghatározható, illetve szabályozható a fej és a munkadarab közötti távolság.

Folyamatérzékelő belső paramétereket mérő szenzorok, az ún. **ívszenzorok** jellemzője, hogy a folyamatos varratkövetési, illetve a hegesztési folyamatszabályozási feladatok megoldása során nem szükséges külön érzékelő szenzortestet a hegesztőfej közelébe építeni, ami elsősorban az ívhegesztő robotok alkalmazásakor kedvező. Az ívszenzorok az érzékelőjel képzésének módszere szerinti csoportosítását a **2.25. ábra** szemlélteti.

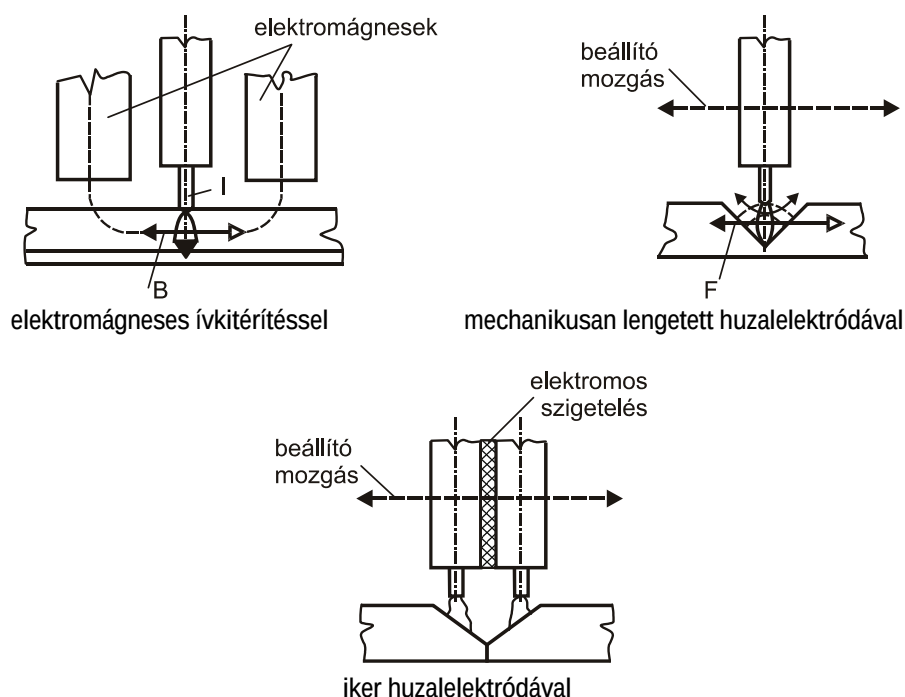


2.25. ábra
Folyamatérzékelő ívszenzorok felosztása

2. A Hegesztés gépesítése

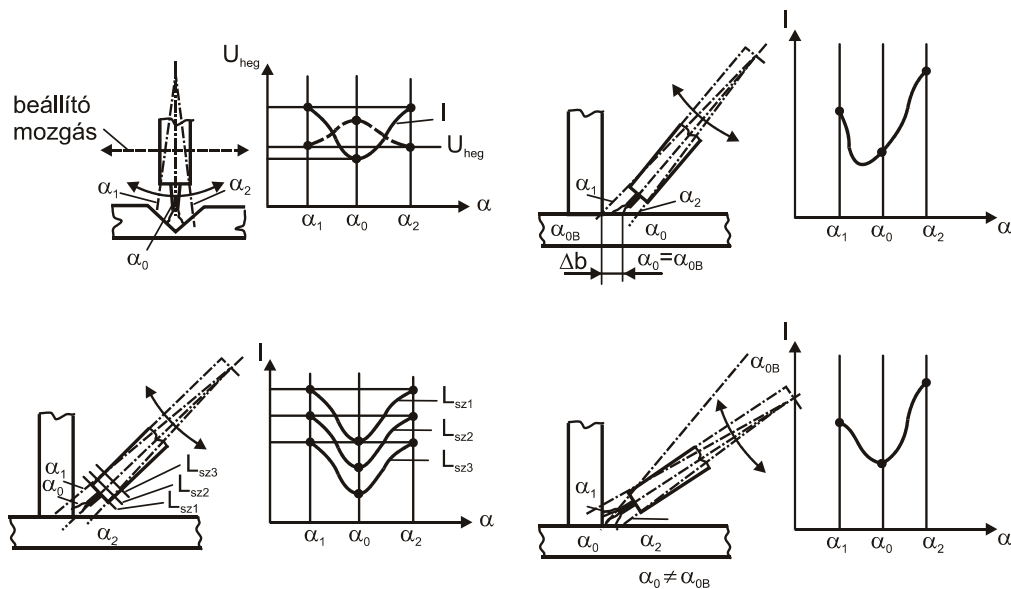
A mesterséges érzékelőjel-képződés alapján működő ívszenzorok a hegesztési folyamatba történő mesterséges beavatkozás útján nyerik az érzékelőjelet, mely a hozaganyag mechanikus vagy a hegesztőív elektromágneses lengetését jelenti. Az érzékelőjel pedig nem más, mint a lengetés hatására a hegesztő áramerősségben vagy hegesztési feszültségben bekövetkezett periodikus változás, mely a hegesztőfej magasságirányú és oldalirányú relatív helyzetére lesz jellemző. Ilyen módon ezek az ívszenzorok csak olyan varratfajták követésére alkalmasak, ahol a lengetés hatására megfelelő érzékelőjel képződik, azaz a hegesztő áramerősség (feszültség) lengetés hatására bekövetkező periodikus változása egyrészt mérhető, másrészt a hegesztőfej–munkadarab kölcsönös helyzetére ténylegesen jellemző.

Az ívszenzor (2.26. ábra) a hegesztőfej pozíciójának érzékeléséhez szükséges információkat tehát magából a hegesztési folyamatból, pontosabban bizonyos hegesztési paraméterek megváltozásából nyeri. Már ebből is következik, hogy a szenzor működését a különböző hegesztési paraméterek jelentősen befolyásolhatják, ezért a technológiai paraméterek megfelelő összhangjának nagyobb jelentősége van, mint bármely más szenzortípusnál. Alkalmazási területük a sarokvarratok, V-varratok, illetve nagyobb keresztmetszetű, többrétegű varratok gyökvarratainak hegesztése.



2.26. ábra (I.)
Ívszenzor működési elve

2. A Hegesztés gépesítése



jel az áramerősség értékében és/vagy függvényének szimmetriájában bekövetkező változás

2.26. ábra (II.)

Ívszenzor működési elve

A folyamatérzékelő **optikai szenzorok** az ívhegesztés során létrejött ömledék alakjának, a hegesztőfej és az ömledék viszonylagos helyzetének megfigyelésével működnek. A folyamatérzékelő optikai szenzorok jellegzetes alkalmazási területe a hegesztés közbeni folyamatos varratvonal-követés és/vagy hegesztési folyamatszabályozás.

A **termikus** (hőszugázmérő) **szenzorok** egyik változatánál a hegesztéssel ellentétes oldalon elhelyezett infravörös-érzékeny fotodiódák a lemezek hőmérséklet-eloszlását határozzák meg, a varratra merőleges irányban. Ha a mért eloszlás nem szimmetrikus az illesztési réshez viszonyítva, akkor a hegesztőfej oldalirányú pozícióját a szükséges irányban és mértékben korrigálják.

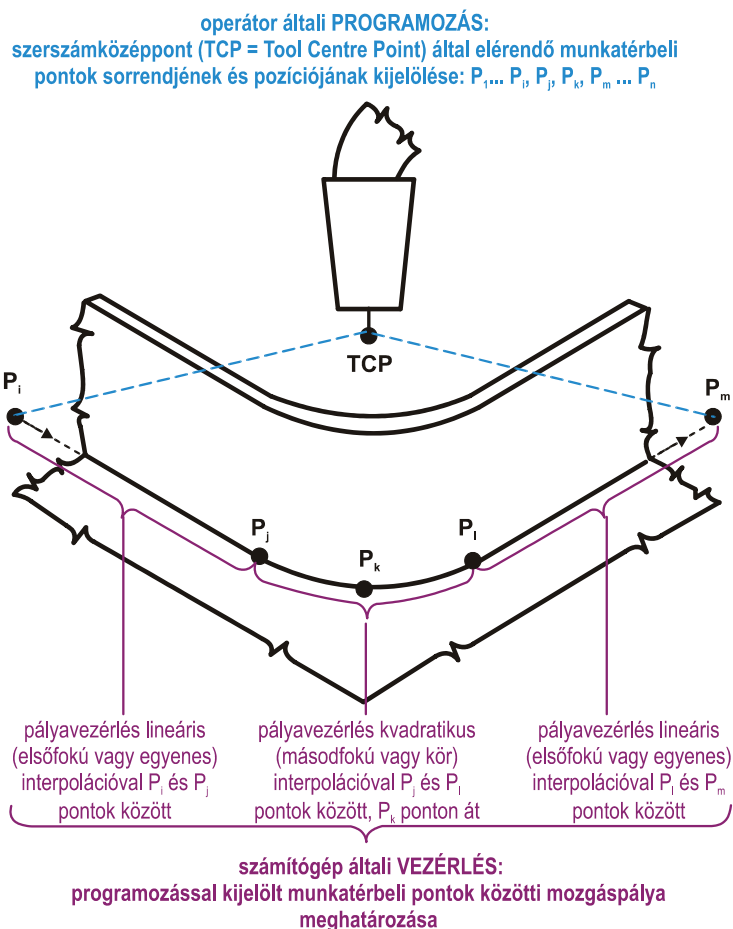
A **passzív akusztikus szenzorok** működésének alapja az, hogy az ívzaj frekvenciája és amplitúdója függ az ívégés körülményeitől (szabad elektródahossz, ívhossz, varratvályúbeli helyzet). Az összehegesztendő anyagokon egy-egy ívzaj- (ívhang-) érzékelő vevőfej helyezkedik el, amelyek a hang csillapodásának mértékéből szolgáltatnak információt a vezérlés számára, lehetővé téve a hegesztőfej helyszabályozását.

A mozgatott objektum (szerszám, munkadarab, mérőfej), pontosabban annak referenciapontja („szerszámközéppont” $\equiv$ TCP $\equiv$ Tool Centre Point, pl. ívhegesztő robotoknál az optimális beállítást huzalvég) által elérendő térpontoknak a kijelölése jelenti a tulajdonképpeni programozás lényegét. Az ipari robotok programozásának két jellegzetes módszere a tanító (online) és az analitikai

2. A Hegesztés gépesítése

(offline) eljárás. Az első a robot saját hajtásrendszerének működtetésével, a második a robot matematikai modelljével, vagyis számítógépes szimulátorával végezhető, így – szemben az online módszerrel – nem kell a robotot a termelésből kivonni a programkészítés idejére.

A programozott pályapontok közötti pályaszakaszok meghatározása számítógépes robotvezérlés által lehetséges (2.27. ábra).

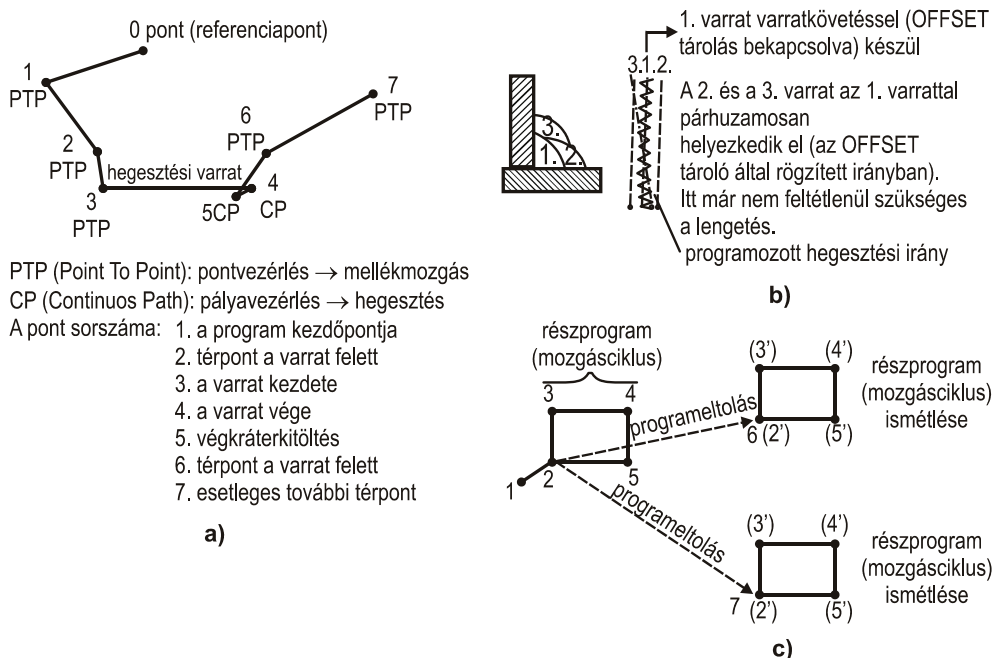


2.27. ábra
Robotprogramozás és -vezérlés

A pontvezérlésnél (PTP $\equiv$ Point To Point) a megadott pontokat sorrendben éri el a robot által mozgatott objektum, de az egyes pontok közötti pályaszakaszok előre nem definiáltak, a karrendszer-elemek pillanatnyi kölcsönös helyzetétől, a lehetséges sebesség- és gyorsulásviszonyoktól függően változhat. Ívhegesztő

2. A Hegesztés gépesítése

robotoknál ez a vezérlési mód nem alkalmazható hegesztés közben, csak a mellékmozgások megvalósításához. A pályavezérlés (CP $\equiv$ Continuous Path) a mozgás tetszőleges alakú, de meghatározott pálya szerinti irányítása. Jellemzője, hogy a különböző tengelyek irányában megtett elmozdulások között meghatározott függvénykapcsolat áll fenn. Pályavezérlésű robot esetén az előírt utat elemi útszakaszok sorozatával közelítik, és ez a közelítés lehet lineáris vagy nemlineáris. Programozáskor a pályát a lehető legkevesebb ponttal igyekeznek jellemezni. A lineáris vagy kör- (kvadrátikus) interpoláció feladata, hogy az ezen támpontok közé eső pályaszakaszok pontjainak koordinátáit a pontossági igényeknek megfelelő sűrűséggel előállítsa.



2.28. ábra
Hegesztőrobotok programozási példái

Az említett tanító (teaching) programozás egyik változata – a „direct teaching” (közvetlen tanító) módszer – amelynek során a kezelő a robot karját végigvezeti a szükséges munkamozdulatokon, és a keletkező villamos jeleket a vezérlés memóriájában rögzítik. A későbbiekben a vezérlés memóriája „visszaemlékezik” mindazokra a pozíciókra, amelyeken keresztül a robotkart végigmozgatták. A másik – hegesztésben leginkább elterjedt – eljárás az „indirect teaching” módszer, amikor is a robotkar végigvezetése a hajtásrendszer segítségével, programozópult funkciógombjainak működtetésével történik. A **2.28. ábrán** a hegesztőrobot programozásának néhány (egyszerűsítésre törekvő) példája látható:

2. A Hegesztés gépesítése

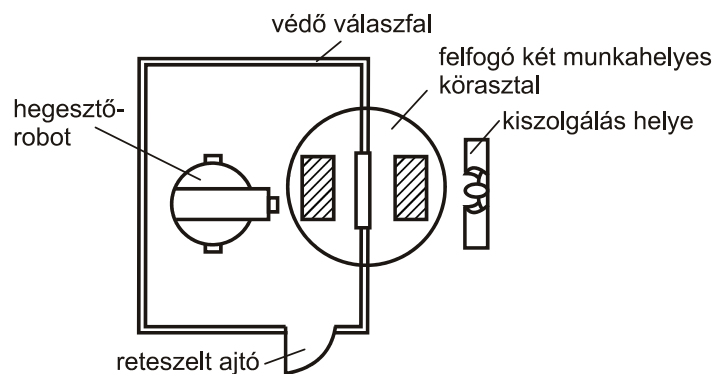
- a) pontvezérlés és pályavezérlés programozásának vegyes alkalmazása (pontvezérlés hegesztési varratok közötti mozgások során, pályavezérlés hegesztési varratok készítésekor);
- b) első varratsor varratkövetéssel bejárt hegesztési pályájának OFFSET tárolása, majd a többbrétegű varrat további varratsorának párhuzamos eltolással megvalósuló hegesztése;
- c) programeltolási utasítás programozása ismétlődő mozgásciklus (részprogram) kezdőpontjainak kijelölésére.

A karrendszer kialakításán, az abból következő szabadsági fokokon és munkatartományon, a perifériákkal és szenzorokkal való ellátottságon kívül a robotokat hajtásrendszerük és hajtóműveik, illetve az ezekkel összefüggő teherbírásuk (pl. 3–400 kg) és visszaállási pontosságuk (pl. $\pm 0,03$ – $\pm 0,50$ mm) jellemzi.

A robotokkal végzett művelet pontosságát nagymértékben befolyásoló visszaállási pontosság a programozáskor kijelölt és a többszöri programismétléskor ténylegesen elért pályapont-koordináták legnagyobb eltérése statikus helyzetben mérve. A pályakövetési pontosságot viszont a mozgáskori sebesség és terhelés kiváltotta dinamikus hatások (lengések, rezgések) is befolyásolják.

2.2.4. Robot biztonságtechnika

A robot közvetlen közelében tartózkodó személyek védelme érdekében megfelelő biztonságtechnikai megoldásokat kell létesíteni. Meg kell teremteni a teljes hegesztő munkahely közvetlen és közvetett védelmét valamennyi veszélyhelyzettel szemben. Az **2.29. ábrán** hegesztőrobot-kiszolgálás biztonságtechnikai megoldásai láthatók.

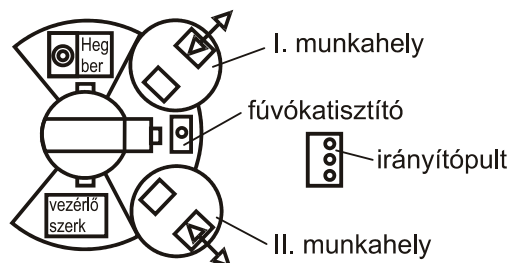


a) közvetlen elhatárolás

2.29. ábra (I.)

Hegesztőrobot kiszolgálásának biztonságtechnikája

2. A Hegesztés gépesítése



a) közvetett elhatárolás

2.29. ábra (II.)

Hegesztőrobot kiszolgálásának biztonságtechnikája

A közvetlen balesetvédelem lehetőségei:

- A robotok elkerítése, ami ugyan jó megoldás, de a munkahely kiszolgálása nehézkessé válhat. Ez elkerülhető, ha a kiszolgálás a robot munkaterébe való bejutás nélkül is lehetséges.
- A robot munkaterének infravörös fénysugarakkal való védelme.
- A hegesztőrobot ívfénye ellen a környezet megfelelő fényvédő függönyökkel való védelme.
- A füstgázelszívás megoldása az egész hegesztő-munkahely felett.

Közvetett balesetvédelmi lehetőségek:

- A munkahelyi rend gondos megtervezése.
- Az anyagfolyam és a kiszolgáló személyzet útjának egyértelmű kijelölése.
- Csökkentett betanítási sebességek alkalmazása (esetleges ütközés energiájának csökkentése végett).
- Távirányításos kiszolgálás.
- A hegesztőrobot „körülbástyázása” perifériáival (vezérlő-, energiaellátó, kiszolgáló egységekkel) a működés akadályozása nélkül.
- Biztonsági feltételek meglétéhez kötött programindítási funkciók alkalmazása.

A hegesztőrobotok munkaterületének biztonságos kialakítása, az ergonómiai, illetve biztonságtechnikai szempontok meghatározása és érvényesítése az üzemeltetés megkezdése előtt igen lényeges feladat.

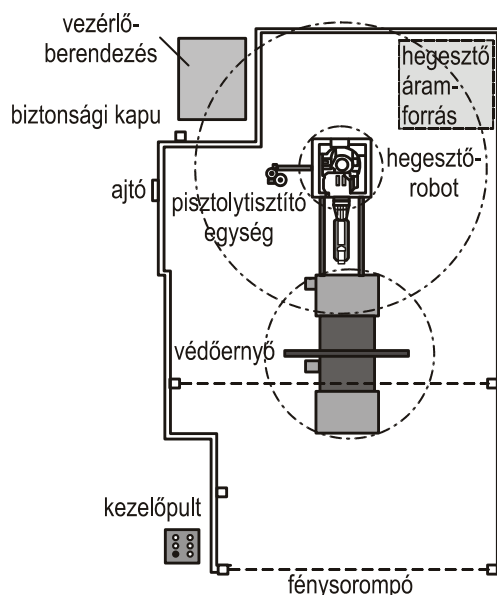
A hegesztőrobotok széles mozgástartományban működhetnek, melyből egy konkrét munkavégzés során a robotkar gyakran csak egy meghatározott pályát jár be. Kézenfekvő, hogy ilyen esetekben szoftver eszközökkel vagy elektromechanikus kapcsolókkal (végálláskapcsoló, bütykös tárcsa stb.) korlátozzák a robot mozgását. Ezen állítható megoldások a legegyszerűbb biztonságtechnikai védelmet jelentik.

A hegesztőrobot perifériákkal (munkaasztal-forgatókészülék stb.) „körülbástyázása” már önmagában is hozzájárul a balesetvédelemhez. A hegesztőrobot mozgástartományát biztonságtechnikai készülékkel határolva

2. A Hegesztés gépesítése

tovább csökkenthető a balesetveszély. Ennek legegyszerűbb megoldása a robotok, robotcellák rácsos elkerítése, mely azonban gátolhatja a munkahely kiszolgálását.

A robotot határoló kerítés zárja be, és munkaterébe az anyagot anyagmozgató rendszer továbbítja. A **2.30. ábrán** bemutatott hegesztőcella rugalmas gyártórendszerbe illetően szemlélteti a teljes biztonságtechnikai védelmet. A védett munkatér ajtóit vészkapcsolókkal vannak biztosítva, hogy nyitásukkor a munkafolyamat leálljon. A programozott működéstől való eltérés, vészhelyzet érzékelése esetén a robot automatikusan visszatér alaphelyzetébe. A robot alaphelyzetébe való visszatérését követően nyílik mód a robotperifériák kikapcsolására, a hiba okának feltárására és megszüntetésére. A zavar elhárítását követően, a védőrács zárása után lehet a startgombbal működésbe hozni a berendezést. A programkapcsolót általában a zárt téren kívül helyezik el, és a kezelők számára külön kapcsolók biztosítják a védett munkatérbe való bejutást. A leírtak alapján egyértelmű, hogy a hegesztőrobotok, robotcellák biztonságos működtetése csak egy komplex biztonsági hálózat segítségével garantálható.



2.30. ábra

Robotos munkatartomány lehatárolása

A robotizálással összefüggő újfajta veszélyek mellett természetesen továbbra is jelen vannak – esetleg némileg módosulva – a technológiai veszélyforrások. A hegesztéskor jelentkező környezeti ártalmak – füst, por, ultrahő sugárzás – emberre gyakorolt hatásai az ipari robotok alkalmazásával csökkentek, mivel a kezelő (hegesztő) az ártalom keletkezési helyétől távolabb tartózkodik. A

2. A Hegesztés gépesítése

védelemről azonban továbbra is gondoskodni kell. A kezelőszemélyzet ívfény elleni védelmét a munkadarab-pozicionálóra szerelt szilárd, átlátszó rugalmas fal biztosíthatja.

Hasonló megoldások szolgálnak a hegesztőrobotok környezetében dolgozó, de más műveleteket ellátók védelmére, valamint a közvetett sugárzás hatásainak korlátozására. Komplex védelmet tesz lehetővé az a megoldás, mely rugalmas átlátszó védőfüggönnyel lezárt térben teszi lehetővé a hegesztési feladat végrehajtását. Feladatként jelentkezik a robotmunkahely központi elszívó rendszerrel való összekötése. A keletkező füstgázok, gőzök helyi elszívásának kézenfekvő lehetőségét nyújtja a hegesztőpisztoly, illetve a robotkar. Ez esetben a karhoz, illetve a pisztolyhoz csatlakozó elszívó közvetlenül a keletkezés helyéről távolítja el a káros anyagokat.

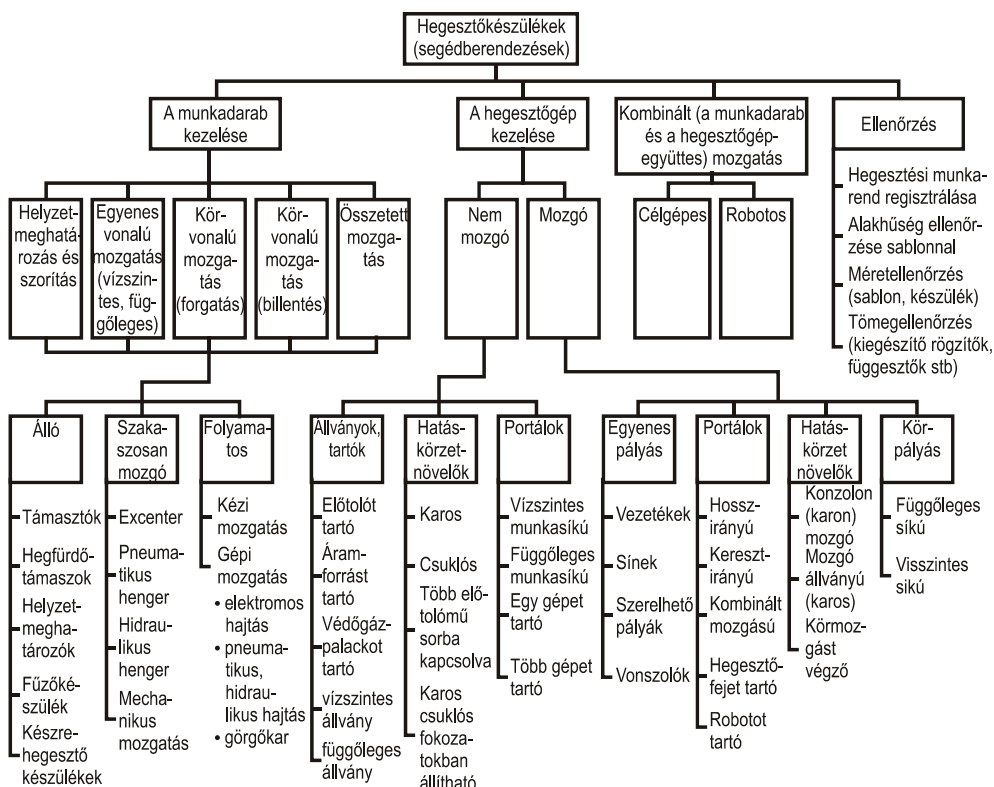
A fentiek figyelembevételével a hegesztőrobotok telepítését végző és azokat üzemeltető szakemberek, valamint a biztonságtechnikai munkatársak tevékenységének tehát a következőkre kell kiterjednie:

- munkahelyek, robotok és automatikus gépcsoportok biztonságos, az ember egészségét nem veszélyeztető üzemének fenntartására;
- annak megvalósítása, hogy a munkaszervezés ne hasson a dolgozók balesetvédelme ellen;
- robotokkal dolgozó különböző beosztású dolgozók tájékoztatására és biztonságtechnikai képzésére;
- körültekintő felügyeletre (a munkahelyi gyakorlatok, a biztonsági és egészségügyi rendszabályok betartásának ellenőrzésére);
- megfelelő védőfelszerelés juttatására a dolgozók részére, ha a veszélyek más módon nem csökkenthetők, illetve küszöbölhetők ki;
- olyan intézkedésekre, amelyek a túlzott fizikai és szellemi fáradtságot kiküszöbölik.

2.3. Hegesztőkészülékek

A hegesztőkészülékek alkalmazása csökkenti a gyártási mellékidőt, lehetővé teszi a hegesztési sebesség növelését, és javítja a munkadarab méret-, illetve alakpontosságát. Alkalmazásuk elengedhetetlen gépesített (célgépes, robotos) hegesztéskor, de gyakran kézi hegesztés esetén is indokolt.

Egyes többrobotos, szinkronvezérlésű rendszereknél azonban az egyik robot tartja a munkadarabot a többi által végzett hegesztési művelethez (jigless application), így a viszonylag drága munkadarab-készülékezés elhagyható. Másrészt a termelékenység két- vagy háromszorosára növelhető, mivel egyidejűleg két vagy három robot dolgozik a darabon;



2.31. ábra
Hegesztőkészülékek csoportosítása

A hegesztőkészülékek a munkadarabok összeállítására, rögzítésére, kedvező helyzetbe állítására, forgatására és mozgatására használatos kézi és gépi

2. A Hegesztés gépesítése

működtetésű eszközök. Családjukba soroljuk még azokat az eszközöket is, melyek a hegesztőfej rögzítésére, beállítására, illetve mozgatására szolgálnak. Ez a megfogalmazás segíti a készülékek osztályozását és rendszerezését (**2.31. ábra**). A hegesztőkészülékeket a feladattól, az alkalmazási tartománytól, a hegesztendő munkadarabtól stb. függően további alcsoportokba lehet sorolni.

A hegesztett kötések minőségét befolyásoló készülékek funkciójuk szerint lehetnek:

- munkadarabot mozgató, beállító,
- hegesztőfejet mozgató,
- fűző- vagy készre hegesztő,
- méréshez, illetve ellenőrzéshez használt készülékek.

2.3.1. Hegesztőkészülékekkel szembeni követelmények

A készülékek kialakítása során figyelembe kell venni az alkalmazott hegesztési eljárás jellemzőit, mint pl. a védőgáz, a hozaganyag, a fedőpor stb. hozzávezetését. Követelmény, hogy fröcskölés, salak vagy a lehulló fedőpor nem gátolhatja sem a hegesztési folyamatot, sem a munkadarab mozgását. A készülék vezetékeit, mozgó részeit óvni kell a külső hatásoktól. A készülékben a munkadarab – vagy maga a készülék – akár hegesztés közben is könnyen utánállítható, szabályozható legyen annak érdekében, hogy ne kelljen a folyamatot megállítani, legyen lehetőség a folyamatos korrekcióra. Ügyelni kell arra, hogy a munkadarab a készülékben a megfelelő helyre kerüljön, megbízható legyen a helyzetmeghatározás.

A megfogás, leszorítás határozott legyen. Ha az alakváltozást meg kell gátolni, akkor a leszorító fejek olyan mértékű erő kifejtésre legyenek alkalmasak, hogy a munkadarab valóban mereven, elmozdulás nélkül legyen lefogva. Általában célszerű több és kisebb erő kifejtésre alkalmas szorítót használni, mint egy nagyméretűt. A szorító- és helyezőelemeket úgy kell elrendezni, hogy a hegesztést, a hegesztőfej mozgását ne akadályozzák, a dolgozó a hegesztőfejhez kényelmesen hozzáférhessen. A hegesztőfej vezetésére használt vezetékek legyenek kellően merevek a „beremegés” megakadályozása érdekében. Ellenkező esetben a varrat külalakja nem lesz megfelelő, a beolvadás hibás lesz.

A hegfürdő-megtámasztó lehet réz (vízzel vagy levegővel hűtve), kerámia stb. A hűtött fürdőmegtámasztóhoz külön elő kell írni a hűtőközeg cirkulációjának bekapcsolási idejét, hiszen ha a hegesztés megkezdése előtt már kering a hűtőközeg, akkor a hegfürdőtámasz felületére pára csapódik le, a varrat porózus lesz. Ezért előbb rövid szakasz behesztésével célszerű az alátétet átmelegíteni, majd a hűtést bekapcsolni. A hegesztés hosszabb idejű megszakításakor a hűtőközeg áramlását meg kell szüntetni. Hasonlóan kell eljárni, ha a varrat gyökét gázzal védjük.

A mozgó, forgó munkadarabok kábele feltekeredve akadályozhatja a mozgást, illetve az áramellátás zavara következtében a kötés minősége romolhat. Előfordulhat, hogy több csatlakozót kell a munkadarabra kapcsolni a megfelelő

áramátadás érdekében. Ilyen esetekben folyamatos áramvezetést kell lehetővé tenni. A mágneses ívfűvást a hegesztés során meg kell akadályozni. Az acél készülékelemeket kb. 30–40 mm-re kell elhelyezni az ívtől. Az ív közelében lévő lezorítók, támaszok ne készüljenek mágnesezhető anyagból. A visszavezető kábelt a munkadarabra kell csatlakoztatni úgy, hogy a kapcsolódási pont a lehető legtávolabb legyen az ívtől. A fedett ívű hegesztés iránya olyan legyen, hogy az a visszavezető kábel csatlakozásától távolodjék, illetve nyílt ív esetén ahhoz közeledjék. A hegesztőfej dőlésszögét úgy célszerű meghatározni, hogy a mágneses fűvás a legkisebb legyen. Hosszú, keskeny kötések hegesztésekor nagyobb az ívfűvás valószínűsége, mint szélesebb munkadarabok esetében.

A készülékek kialakítását alapvetően meghatározza a varratok elhelyezkedése a hegesztett szerkezeten. Először ki kell jelölni a munkadarabok bázisfelületeit, melyek rendszerint az alkatrész hegesztés előtt megmunkált (mart, esztergált stb.) felületei vagy furatai. A bázis kijelölésekor figyelembe kell venni az alkatrész szerkezetben betöltött szerepét (funkcióját) is. A helyzetmeghatározás során az alkatrészek egymáshoz viszonyított helyzetét kell biztosítani. A vízszintes síkban három pont kell a beállításhoz, az egyik függőleges síkban kettő a vezetésre és a harmadikban egy pont az ütköztetésre. A munkadarab súlypontja a vízszintes síkban lévő három alátámasztási ponton belül legyen, mert csak így stabil az egyensúlyi helyzet.

2.3.2. Készülékelemek, egyszerű hegesztőkészülékek

A beállító- vagy szerelőasztalok hegesztett acélszerkezetek vagy öntött kivitelű konstrukciók lehetnek, sima vagy hornyolt változatban. Elsősorban a kisebb tömegű munkadarabok vízszintes (illetve esetenként szög alatti) beállítására valók (**2.32. ábra**), szemben az alátámasztókkal, melyek elsősorban nagyméretű, nehéz gyártmányok összeállítására szolgálnak.

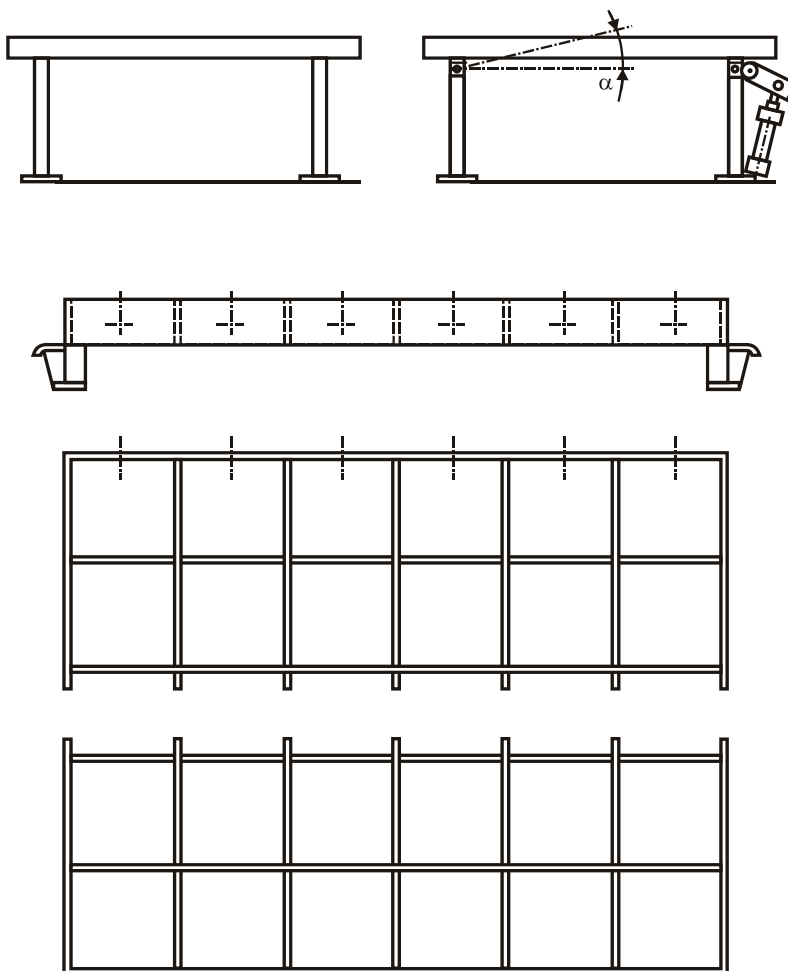
Az alátámasztók különleges változatait képviselik a nem beolvadó hegfürdőtámaszok, melyek leggyakrabban réz- vagy kerámiaelemek, illetve rugalmas (pl. ragasztott porpárnájú) kivitelűek (**2.33. ábra**). A hegfürdőtámaszon létesített hornyok mérete a varratlaktól és mérettől függ.

A helyzetmeghatározás elemei – a beállítócsapok és -csapszegek – lehetnek rögzítettek vagy eltávolíthatók. Feladatuk szerint munkadarabot alátámasztó ülékek, illetve a munkadarab hengeres felületén tájoló beállítócsapok (**2.34. ábra**).

Szolgálhatnak erő felvételére (a munkadarab tömege és a szorítóerő terheli), illetve csak vezetésre (vagy ütköztetésre). Kivitelük szerint lehetnek:

- öntött vagy hegesztett kivitelű ütközősarkok (**2.35/a. ábra**),
- lapos, illetve lépcsős ülékek (**2.35/b. ábra**),
- valamint pontszerű felfekvést lehetővé tevő állítható csavarorsós, illetve golyós ütközők (**2.35/c. ábra**),
- elbillenthető, illetve elfordítható ütközők (**2.35/d. ábra**).

2. A Hegesztés gépesítése

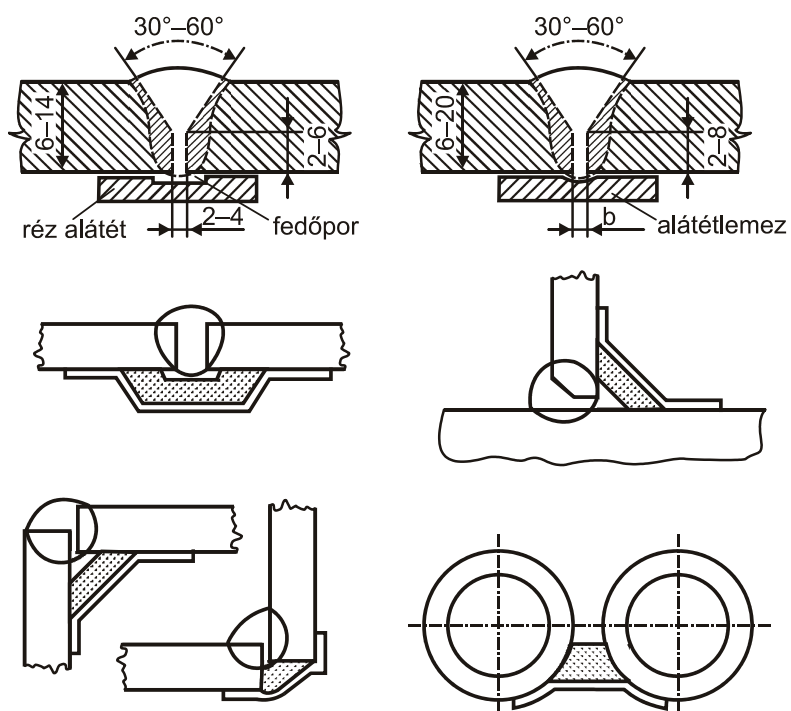


2.32. ábra
Beállítóasztal és alátámasztó

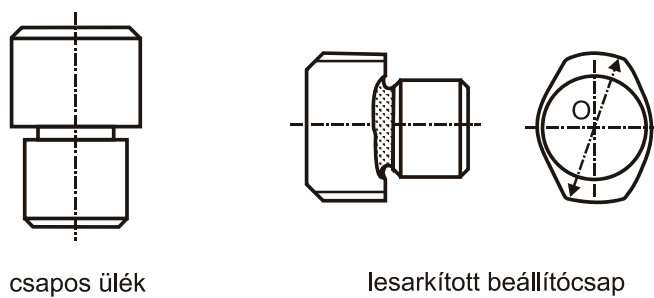


2.33. ábra (I.)
Hegfördőtámaszok

2. A Hegesztés gépesítése

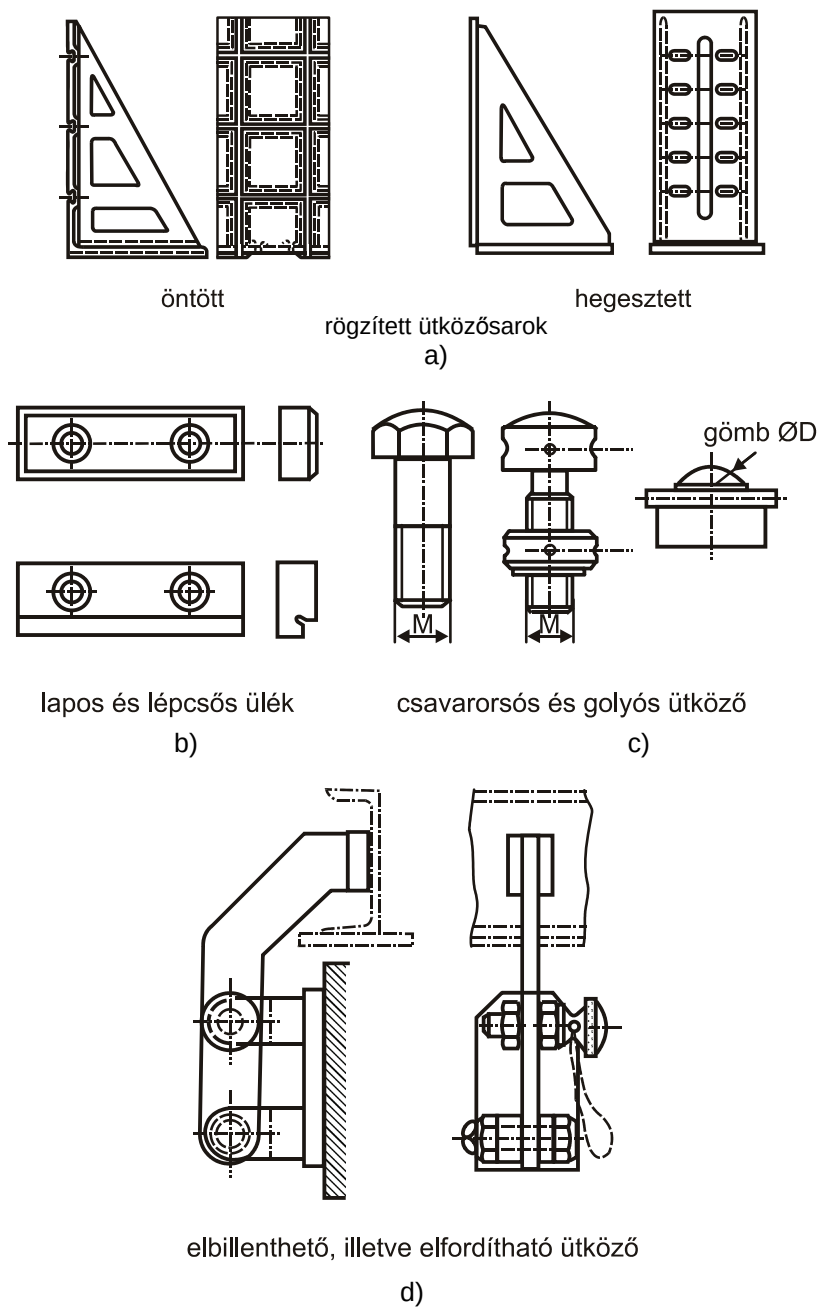


2.33. ábra (II.)
Hegfűrdőtámaszok



2.34. ábra
Ülök és beállítócsap

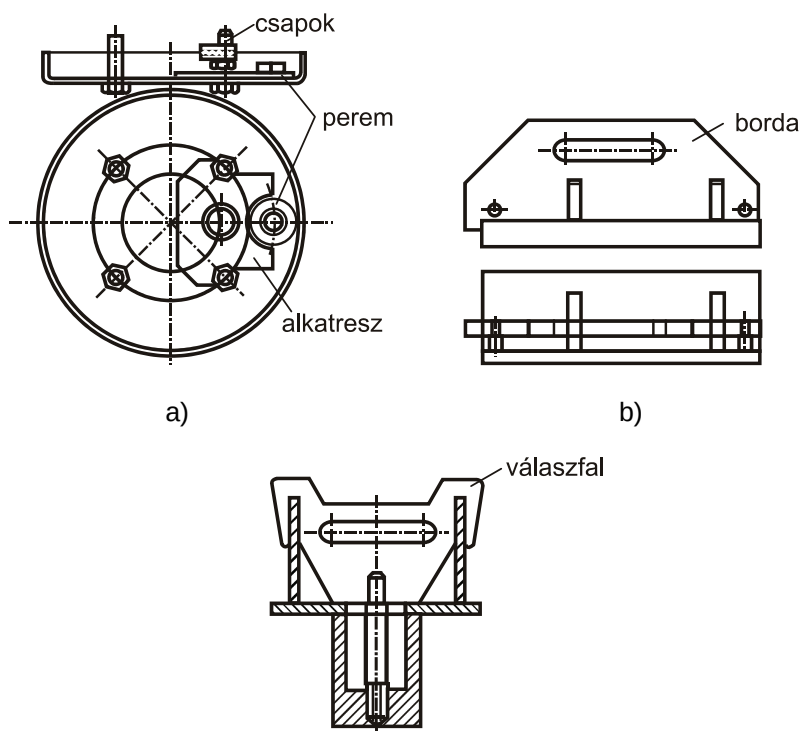
2. A Hegesztés gépesítése



2.35. ábra
Ütközők

2. A Hegesztés gépesítése

A rögzíthető vagy elmozdítható sablonok általában több készüléket egyesítve a gyártmány valamely egységének az egész szerkezethez vagy az egység más részéhez viszonyított helyezésére szolgálnak. A **2.36/a. ábra** szerinti sablont a perem, a két darab csap hengeres felülete szerinti beállítására használják, míg a **2.36/b. ábra** és **2.36/c. ábra** sablonja bordák, válaszfalak beállítására alkalmazható.



2.36 ábra
Sablونok

A kör keresztmetszetű munkadarab középvonalának helyzetbe állítása álló prizma alkalmazásával lehetséges (**2.37. ábra**).

A munkadarabnak az ülékekről való hegesztés közbeni elmozdulását a leszorítás akadályozza meg. A szorítás helyének meghatározása során az alábbi szempontokat kell mérlegelni:

- a készülék–munkadarab rendszer merevségét,
- a munkadarabon a szorítóerő minél kisebb alakváltozást idézzen elő,
- a leszorító erő támadáspontja az alátámasztási pont fölött legyen, és ne okozzon a munkadarabon maradó alakváltozást,

2. A Hegesztés gépesítése

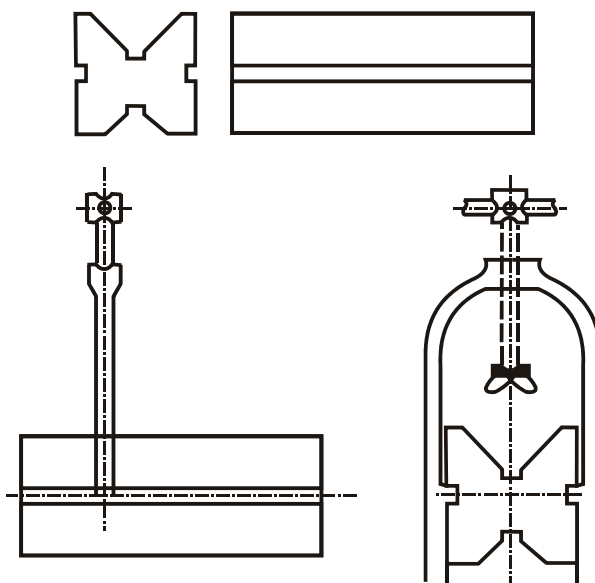
- a leszorító erő hatására – a készüléktest alakváltozása miatt – az erőhatás ne növekedjék, vagyis a hegesztés alatt a munkadarab és a hegesztőfej között előre beállított távolság állandó maradjon,
- a leszorító erőt az ülékek által meghatározott területen belül kell működtetni.

A leszorító erő a munkadarabot állandó helyzetben tartja. A helyező erő a munkadarab készülékben, ülékben való elmozdításához szükséges.

A hegesztőkészülékeknél megvalósuló leszorítás lehet merev, csavar, ék, excenter, éktárcsa stb. alkalmazásával, mely esetben nincs utánszorítás, mivel a szorítás a készülék–munkadarab rendszer kismértékű rugalmas alakváltozását okozza.

A **2.38. ábra** a kengyeles csavarorsós szorítók, illetve a hegesztőkészülék alapjára felszerelt szorítók és az orsóvégek jellegzetes kialakítását szemlélteti.

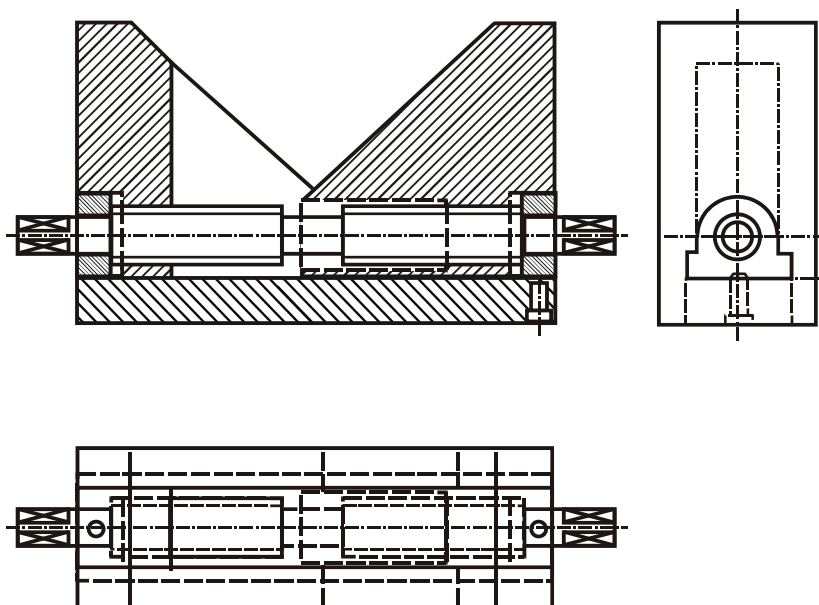
A munkadarab ki- és behelyezését megkönnyítik, a mellékidőt csökkentik az elfordítható, illetve billenthető csavaros rögzítők (**2.39. ábra**).



Állandó nyílású prizma

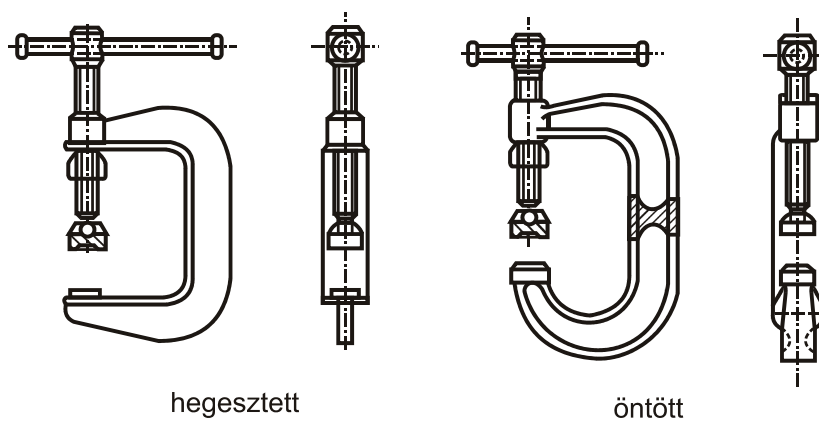
2.37. ábra (I.)
Prizmák

2. A Hegesztés gépesítése



Állítható nyílású prizma

2.37. ábra (II.)
Prizmák

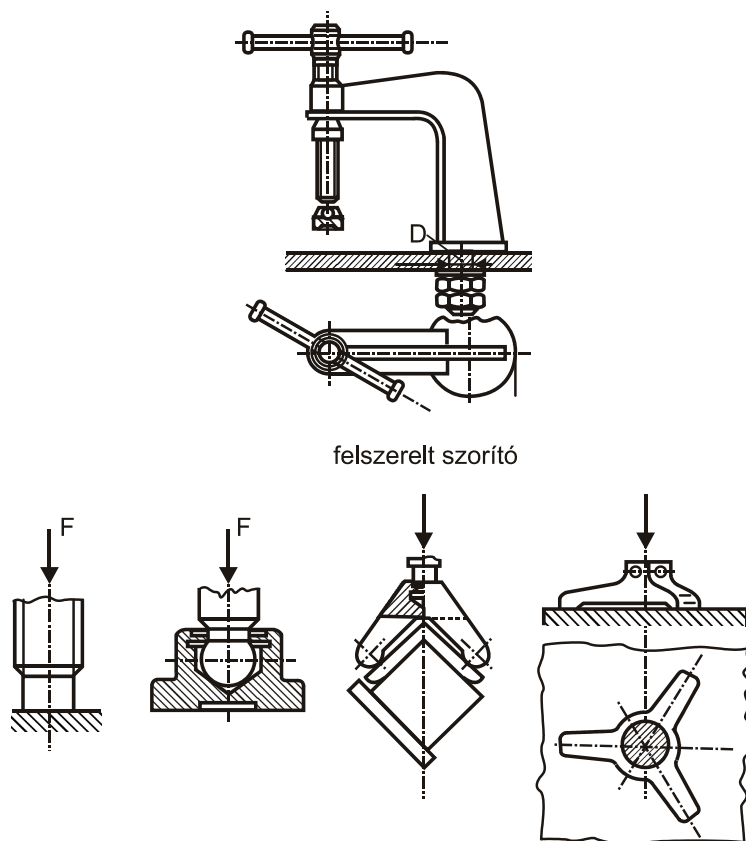


hegesztett

öntött

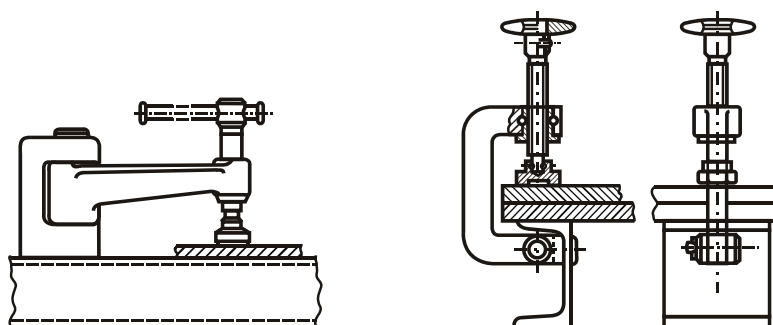
2.38. ábra (I.)
Csavaros szorítók és orsóvégek

2. A Hegesztés gépesítése



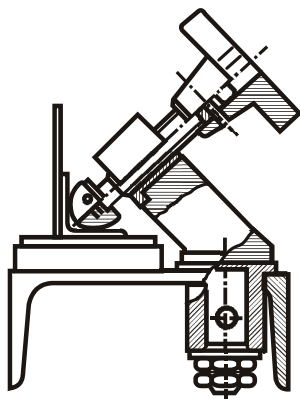
2.38. ábra (II.)

Csavaros szorítók és orsóvégek



2.39. ábra (I.)

Elfordítható és lebillenthető csavaros szorítók

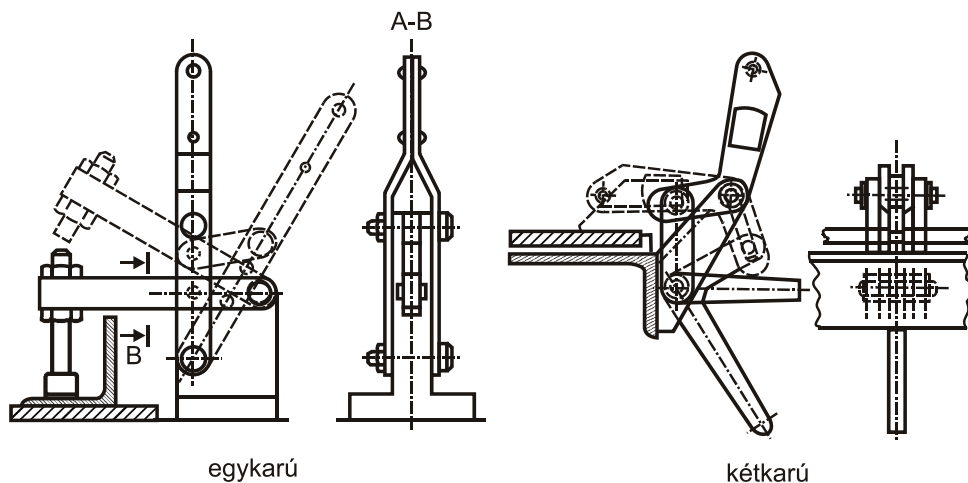


2.39. ábra (II.)

Elfordítható és lebillenthető csavaros szorítók

A rögzítőeszközök között széles körben elterjedtek az egy- és kétkarú emelős, valamint a körhagyós szorítók (2.40. ábra).

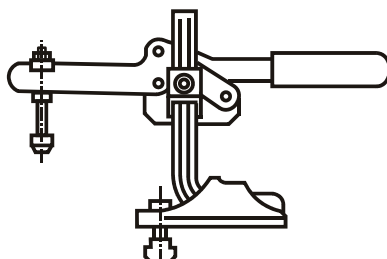
Rugó, hidraulika, pneumatika stb. alkalmazásával a leszorítás rugalmas, a szorítószervezetet működtető közeg állandó nyomása következtében. Ekkor a munkadarab elmozdulását a szorítóelemek rugalmasan követik (utánszorítás). A gyakorlatban elterjedtek a csavar- és lemezszerű szorítók (2.41. ábra), valamint a pneumatikus működtetésű eszközök (2.42. ábra).



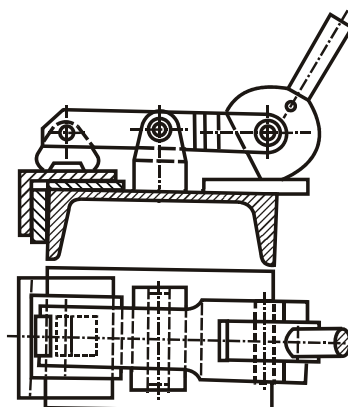
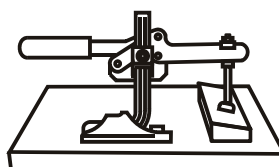
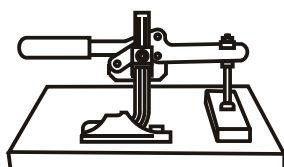
2.40. ábra (I.)

Emelőkaros és körhagyós szorítók

2. A Hegesztés gépesítése

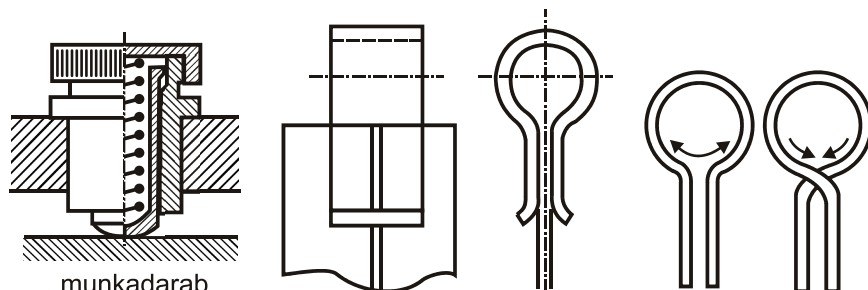


emelőszorító

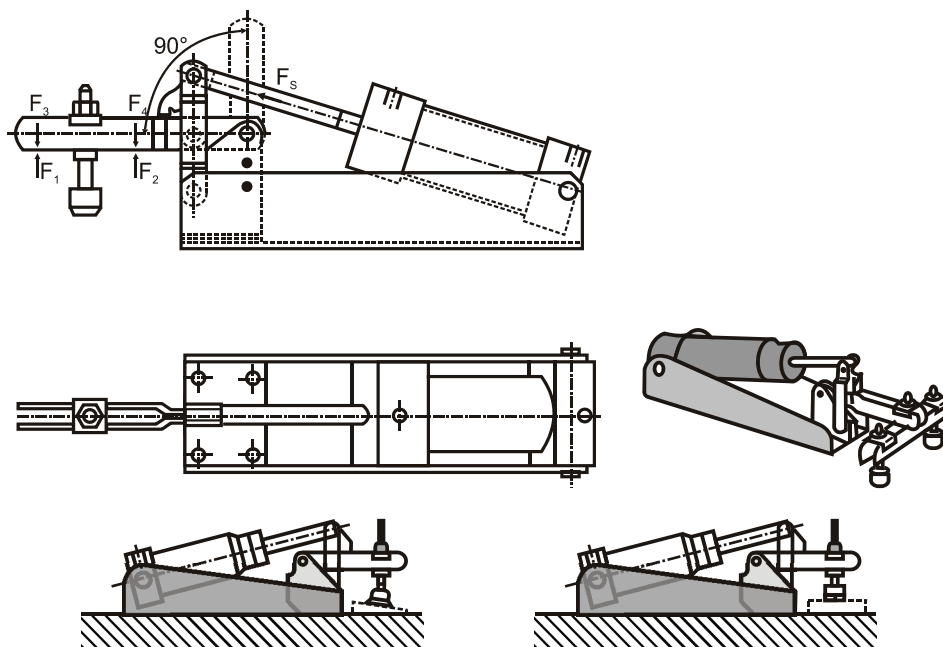


körhagyós szorító

2.40. ábra (II.)
Emelőkaros és körhagyós szorítók



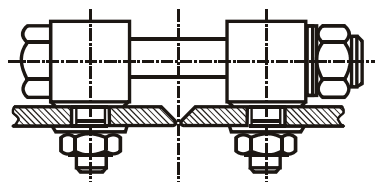
2.41. ábra
Csavar- és lemezugós szorítók



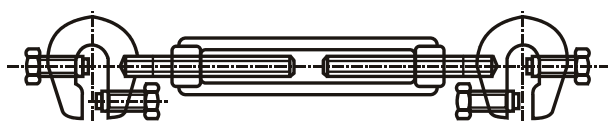
2.42. ábra
Pneumatikus szorítók

Két vagy több szerkezeti elem hegesztést megelőző összehúzására és/vagy hegesztés közbeni rögzítésére használatos eszközök az összehúzó. Lehetnek mechanikus (pl. csavarorsós), pneumatikus, hidraulikus, illetve mágneses működtetésűek (**2.43. ábra**). Rögzítésre, tájolásra, beállításra szolgálnak a feszítőeszközök, központosítók, melyek jellegzetes típusait a (**2.44. ábra**) szemlélteti.

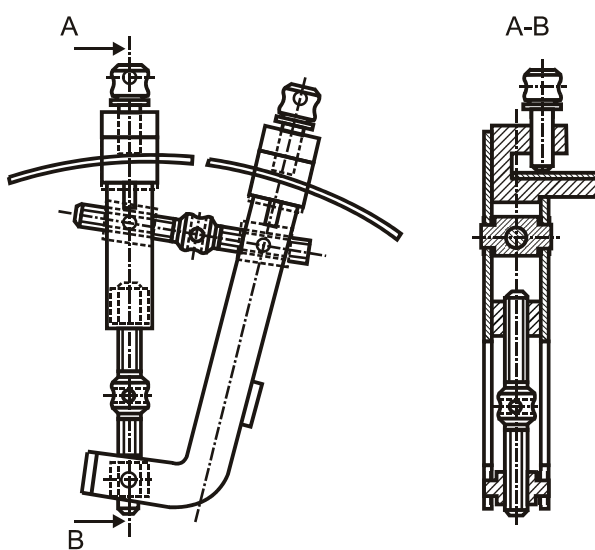
2. A Hegesztés gépesítése



Csavaros összehúzó

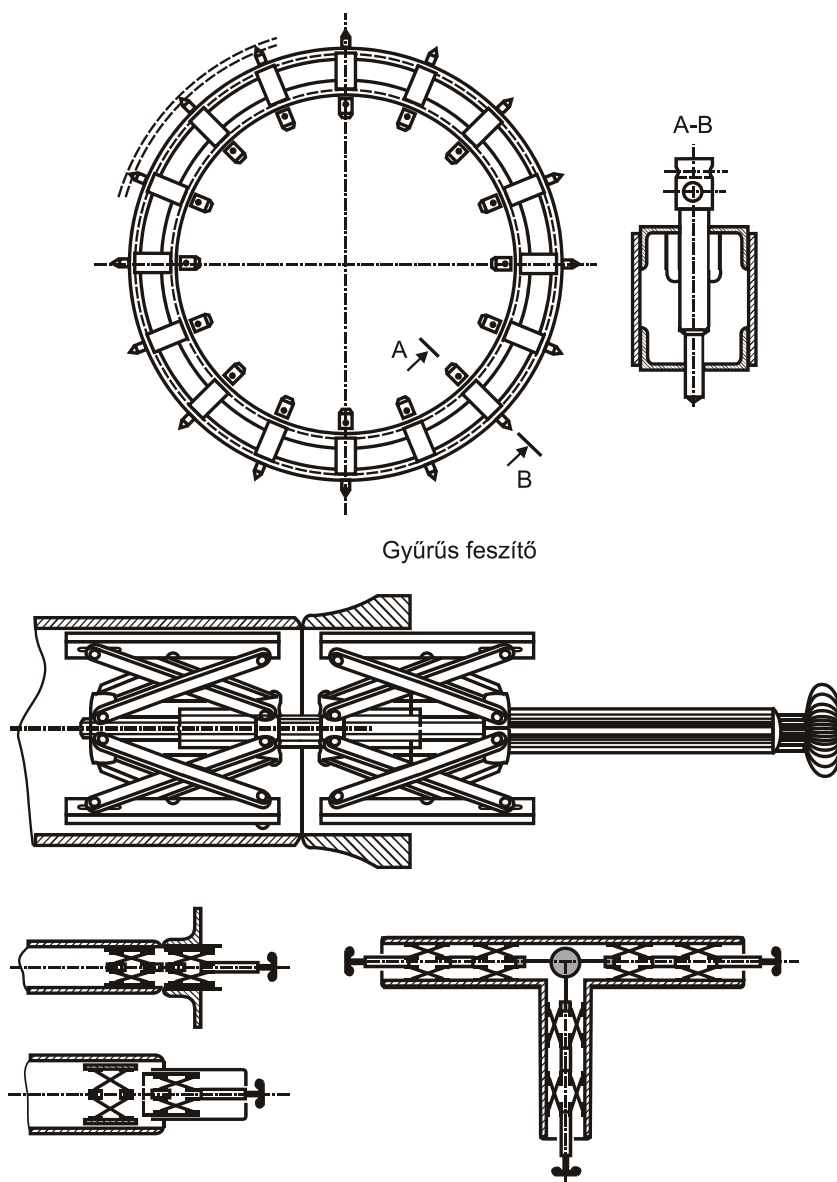


Kengyeles összehúzó



Többorsós összehúzó

2.43. ábra
Összehúzó



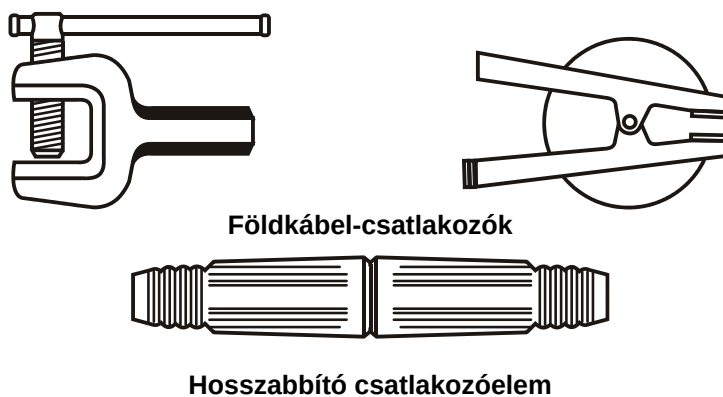
Gyűrűs feszítő

Villás központozó

2.44. ábra
Feszítőeszközök

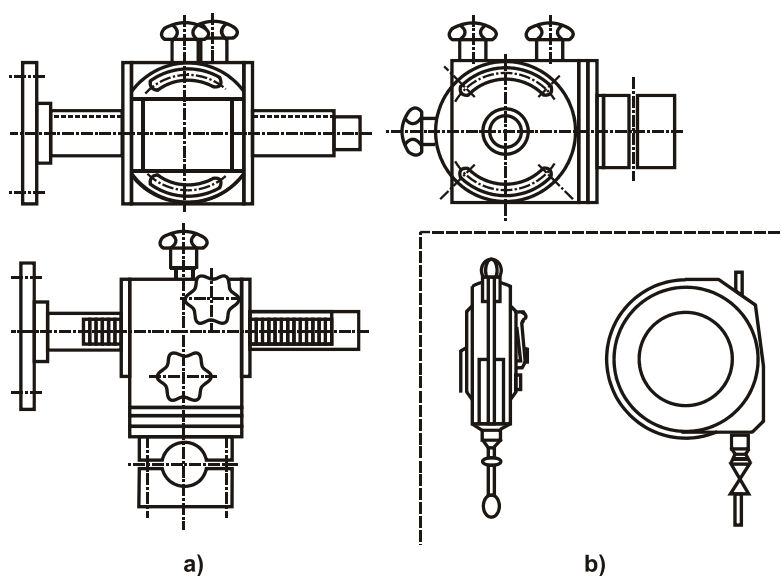
2. A Hegesztés gépesítése

A hegesztő-földkábel rögzítésére kábelcsatlakozót használnak, illetve hosszabbításához bajonettzáras kialakítású csatlakozóelemeket alkalmaznak (2.45. ábra).



2.45. ábra
Kábelcsatlakozók

A hegesztőfej befogására alkalmas hegesztőfej-rögzítő készüléket mutat a **2.46/a. ábra**, míg egy tömegkiegyenlítőt szemléltet a **2.46/b. ábra**. Ezen utóbbi elsősorban nehéz hegesztőfejek (pl. ponthegeztő fogók) tartására szolgál.



2.46. ábra
Hegesztőfej-befogók

2.3.3. Összetett hegesztőkészülékek, segédberendezések

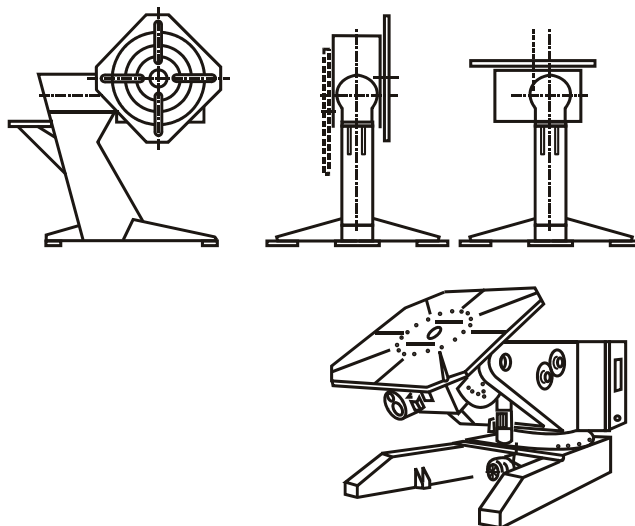
A segédberendezések (pl. forgatók, hatáskörzet-növelők, egyedi tervezésű szerelő-, illesztő- és hegesztőkészülékek), amelyek általában kisebb-nagyobb módosítással egy-egy üzemen belül gyártott valamennyi gyártmányhoz – különböző műszaki és gazdasági eredményességgel – alkalmasak. Ezek a mellékidőket és a hegesztő fizikai megterhelését különböző mértékben csökkentik, de használatuk képzett szakmunkást igényel.

A hegesztő segédberendezések felhasználás szerint két csoportba sorolhatók:

- a munkadarabok fogadását és mozgatását ellátó készülékek, illetve
- a hegesztőfej tartását és vezetését megvalósító eszközök.

Közös jellemzőjük, hogy a hegesztési művelet során mozgást végeznek. Lehetnek helyhez kötött és helyzetváltoztató berendezések.

Az ívhegesztéskor alkalmazott segédberendezések osztályozásában a forgatók a hegesztett munkadarabokkal kapcsolatos manipulációkra szolgáló gépi berendezések csoportjába tartoznak, a tárgy rögzítésére és forgatására szolgálnak. Ezen berendezések feladata a hegesztett tárgy legmegfelelőbb helyzetének létrehozása és fenntartása a varrat készítése során. A forgatókat elsősorban forgástest alakú hegesztett termékek (mint tartályok, palackok, hengerek, csövek, csőcsatlakozások, csőcsonkok stb.) gyártásánál alkalmazzák. A forgatók lehetnek különálló berendezések, melyek a kézi, a részben és egészében gépesített ívhegesztés munkahelyének tartozékai, vagy egységként alkalmazhatók gépesített hegesztési munkahelyeken, illetve különleges szerelési-hegesztési feladatoknál.

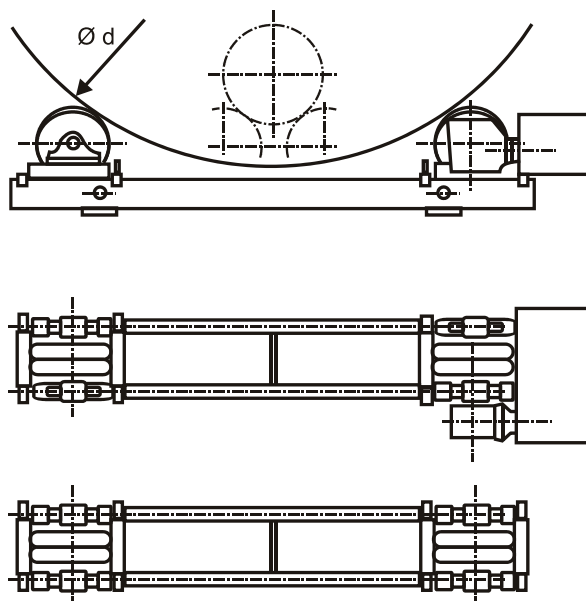


2.47. ábra
Forgatóasztalok

2. A Hegesztés gépesítése

A forgatók jellegzetes típusa a forgatóasztal, melynél a gyártmány a készülék asztalára rögzített, és helyzetét az asztal elforgatásával változtatja. Az asztal tengelye lehet vízszintes, illetve függőlegesen rögzített, valamint elfordítható, billenthető (2.47. ábra). Ez utóbbiak széles választékban, különböző terhelhetőséggel és kivitelkel készülnek.

A görgős forgatók esetében a hegesztendő munkadarab állandó tengely körüli forgómozgása a forgatóállvány görgőin legördülve jön létre. A görgős forgatóállványon nyugvó hegesztett szerkezet legalább négy ponton igényel alátámasztást. A munkadarab méreteinek növekedésével az alátámasztási helyek száma növekszik, ami maga után vonja a forgatóállvány bonyolultabb szerkezetét, nehezíti az egyes görgőkön a termék súlyeloszlásának megállapítását, valamint bonyolítja a hajtás kinematikáját. A leggyakrabban olyan forgatóállványokat alkalmaznak, amelyeknél a termék tömege szimmetrikusan oszlik meg négy alátámasztási pont között. Az ilyenfajta forgatóállványok egytagosként vagy kéttagosként készülnek. Az első esetben a forgatóállvány egy egységet képez egy kereten a támasztó és a hajtó görgőkkel, a második esetben két különálló egységből áll: a hajtó és a támasztó egységből (2.48. ábra).

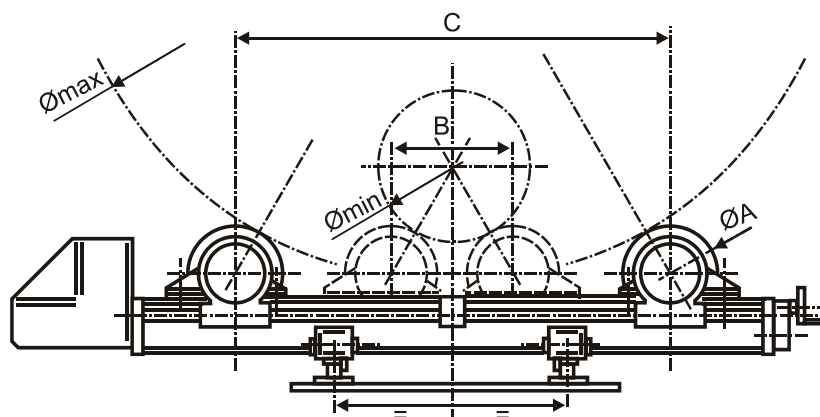


2.48. ábra
Könnyű görgős forgató

Mind az egytagos forgatóállvány kerete, mind a kéttagos forgatóállvány egyes egységei fekdühetnek közvetlenül a csarnok padozatán, vagy mozoghatnak síneken (2.49. ábra). A görgő távolságának állítása lehetséges fokozatosan, illetve fokozatmentesen. A hegesztendő munkadarabbal való csúszásmentes kapcsolat

2. A Hegesztés gépesítése

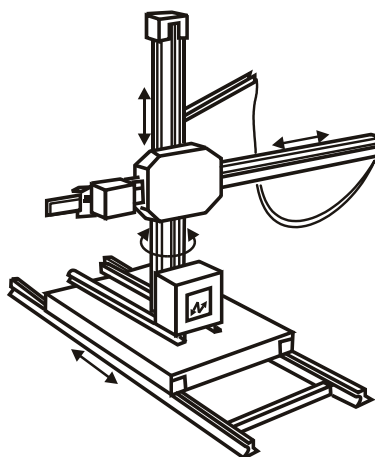
kialakítása érdekében a görgők felületét nagy szilárdságú gumiréteggel vonják be. A készülékben forgó munkadarab kerületi sebessége azonos a hegesztési sebességgel, ezért a fokozat nélküli fordulatszám-beállítás minden esetben elengedhetetlen. A billentőkészülékek kiválasztásakor ügyelni kell arra, hogy a munkadarab tömege ne billenthesse ki a készüléket az egyensúlyi állapotból.



2.49. ábra

Sínen mozgatható forgatóállványtag

Nagyméretű munkadarabok hegesztésekor az előző példákkal ellentétben a hegesztőfej mozgatása célszerű. Ennek egyik megvalósítási lehetősége a konzolos állvány (2.50. ábra), mely elrendezésétől függően a hegesztőfej befogására és mozgatására alkalmazható hossz- és körvarratok hegesztésekor.

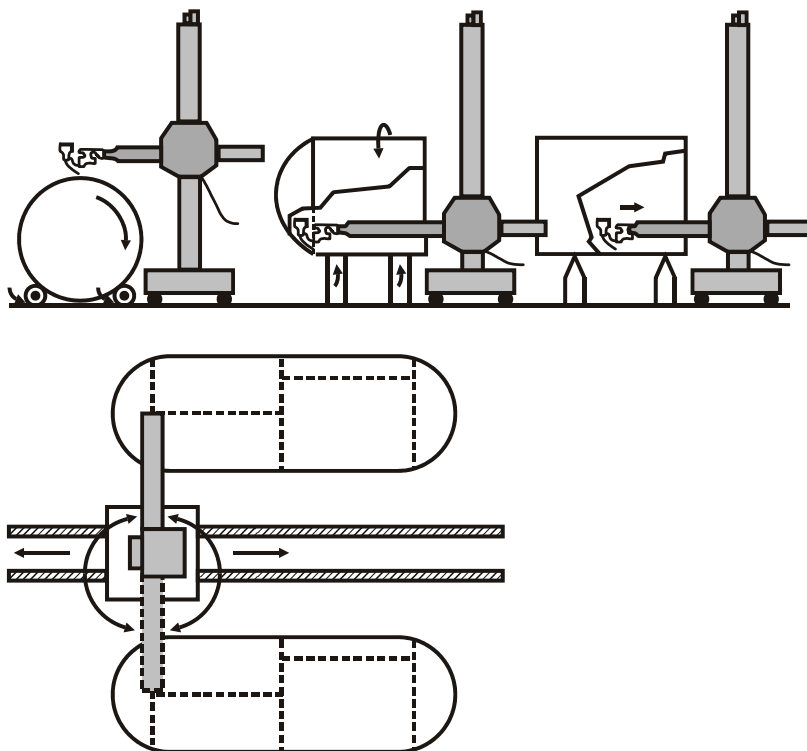


2.50. ábra

Konzolos hegesztőfej-mozgató állvány

2. A Hegesztés gépesítése

A konzolos állvány készülhet helyhez kötött, valamint kereken gördíthető kivitelben (**2.51. ábra**). Különleges gépi mozgatású konzolos állványt jelent a munkadarab-befogóval egybeépített hosszvarrathegesztő készülék.

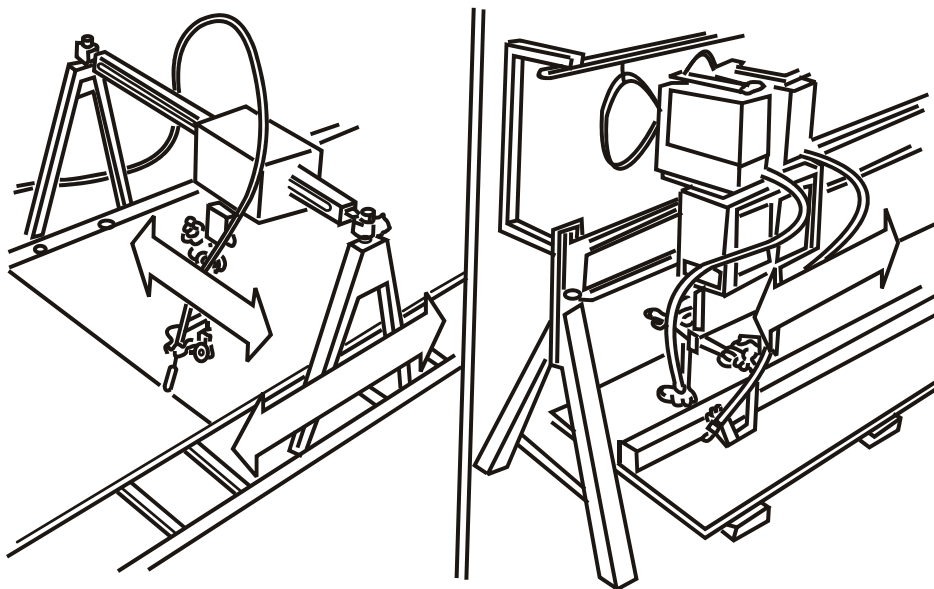


2.51. ábra

Konzolos állvány mozgatási lehetőségei

A stabil megvezetés érdekében, nagyméretű szerkezetek hegesztésekor gyakran alkalmazott hegesztőkészülék a keretes állvány, melynek egy lehetséges kereszt- és hosszirányú változatát szemlélteti a **2.52. ábra**.

Lehetőség van arra is, hogy a költségek csökkentésére előre gyártott készülékelemekből építőkockaelven állítsanak össze az adott feladathoz, illetve munkadarabhoz szükséges készüléket. Az elemekből összeállítható készülékek egyes darabjai rendszerbe foglalva katalógusban megtalálhatók, a szükséges elemek megvásárolhatók és a meglévőkkel együtt egy rendszerré, egy készülékké építhetők össze. Egyes, már meglévő készülékelemek azonban egyedi készülékekhez is használhatók.



2.52. ábra

Kereszt- és hosszirányú keretes állvány

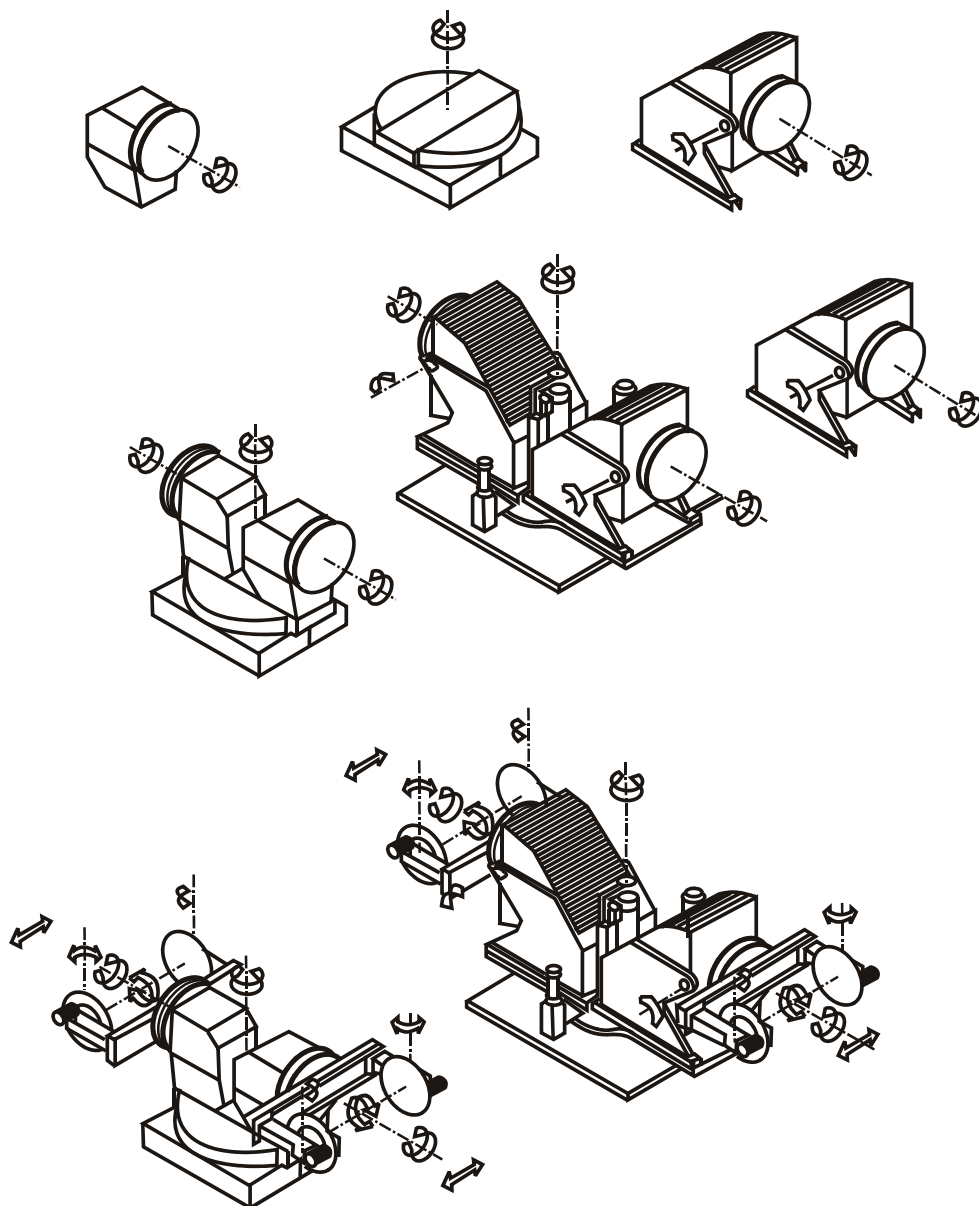
A munkadarab-pozícionáló segédberendezések (2.53. ábra) többnyire a hegesztőrobotos munkaállomás szabadságfokainak számát növelik. Köztük találhatók forgatók, görgős forgatók, hegesztési helyzetbe állítók, hatáskörzet növelők, illetve ezek kombinációi. Világszerte sok olyan cég van, amely körasztalokat, eltoló egységeket, egyéb segédberendezéseket kínál (2.54. ábra).

Ezen segédberendezések alkalmazásával lehetővé válik a hegesztendő szerkezet optimális hegesztési helyzetbe hozása, valamint az egyes hegesztési feladatok közötti mellékidők csökkentése, illetve azok átfedésbe vitele.

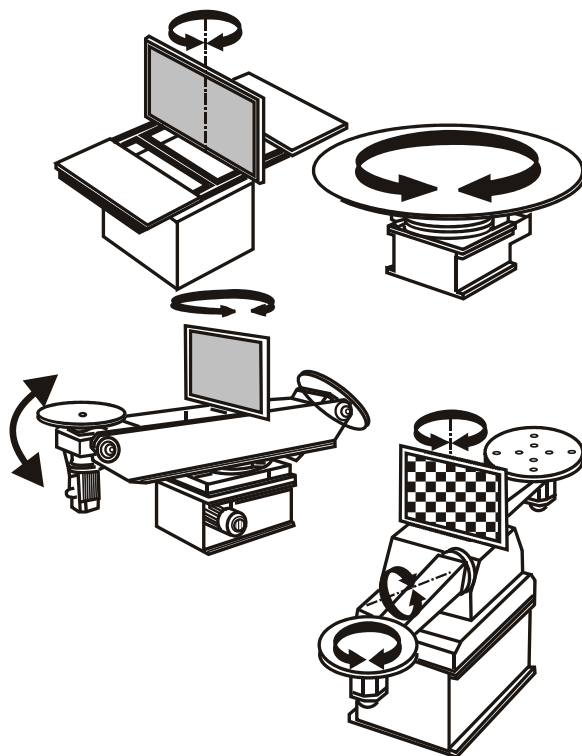
Nagyméretű munkadarabok hegesztése, valamint több munkahelyes hegesztés lehetővé tétele érdekében alkalmazott hegesztőrobot hatáskörzet-növelő berendezés a keretes állvány, illetve a vezeték. A 2.55. ábrán látható kivitel két munkahelyes kialakítású.

A hegesztőberendezés kialakítása során fontos követelmény a hegesztőfej, a huzaladagoló megfelelő elhelyezése és rögzítése, illetve a folyamatos (nagy mennyiségű) huzallal való ellátás (2.56/a. ábra), valamint a védőgáz hegesztőfejhez való rugalmas hozzávezetése. A védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés esetén a hegesztőfej tartós üzemeltetése igényli a gázfúvóka karbantartását. A szilikonos kezelés mellett rendszeresen gondoskodni kell a hegesztési műveletek közé iktatott mechanikus vagy pneumatikus gázfúvókatisztításról. A hegesztési feladat megváltozása következtében egyes esetekben szükséges a hegesztőfej, illetve egyéb megmunkáló fejek automatikus cseréje (2.56/b. ábra).

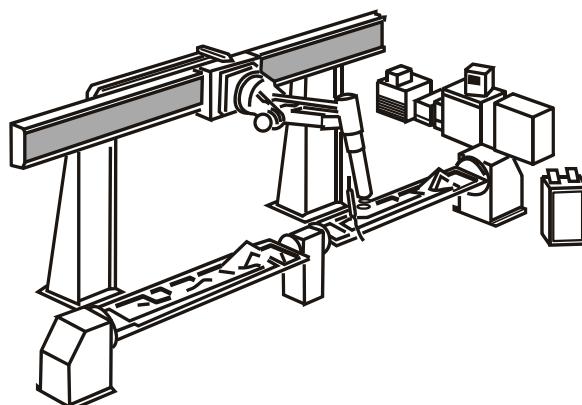
2. A Hegesztés gépesítése



2.53. ábra
Robotosított munkahely moduláris készülékezése

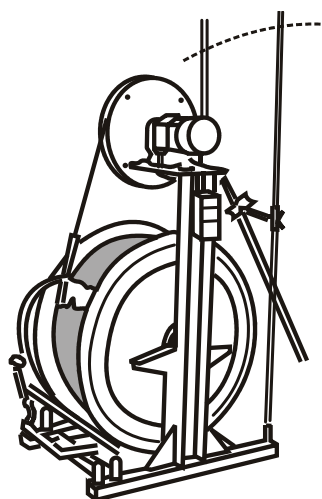


2.54. ábra
Munkadarab-pozícionálók

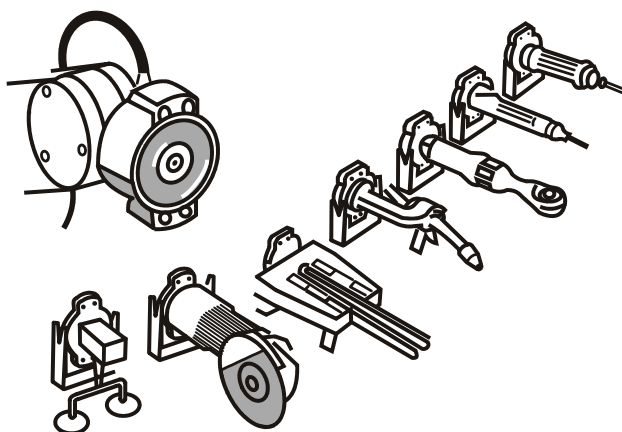


2.55. ábra
Robot munkatartományát bővítő portál két munkahellyel

2. A Hegesztés gépesítése



a)



b)

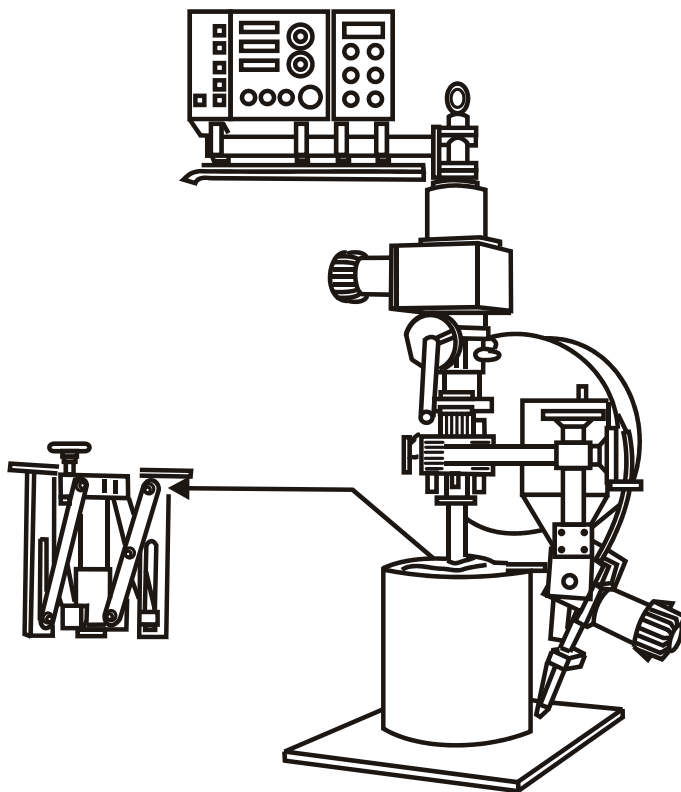
2.56. ábra
Huzaladagoló és cserélhető szerszámfejek

2.3.4. Segédberendezésekből épített célberendezések

A célberendezések olyan gépesített hegesztés megvalósítására alkalmas rendszerek, melyekben a segédberendezések a hegesztőgéppel egyesítve egyetlen egységet képeznek. A célberendezések elsősorban irányítástechnikájukban magasabb rendűek a többi hegesztőkészüléknél. A célberendezések csoportosíthatók a munkahelyek és a hegesztőfejek száma, valamint a hegesztőfejhez és a munkadarabhoz csatlakozó hegesztőkészülék felépítése szerint.

Egy munkahelyes, egyfejes célberendezések

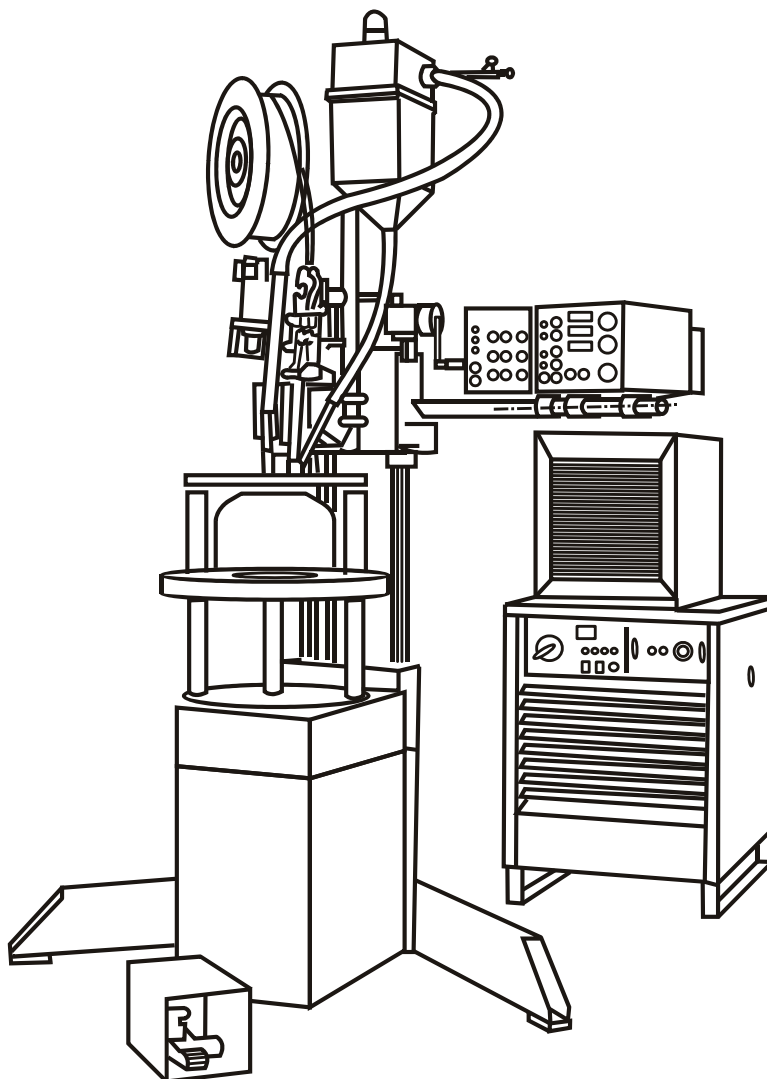
A hegesztőfej vezetője és a munkadarab befogója egyszerű készülék vagy segédberendezés. Egyszerű készüléket alkalmazó célberendezés a **2.57. ábrán** látható sarokvarrat-hegesztő berendezés. A fedett ívű hegesztőberendezés a hengerpalást belső felületén központosítva teszi lehetővé a kötés kialakítását.



2.57. ábra
Egyszerű készüléket alkalmazó célberendezés

2. A Hegesztés gépesítése

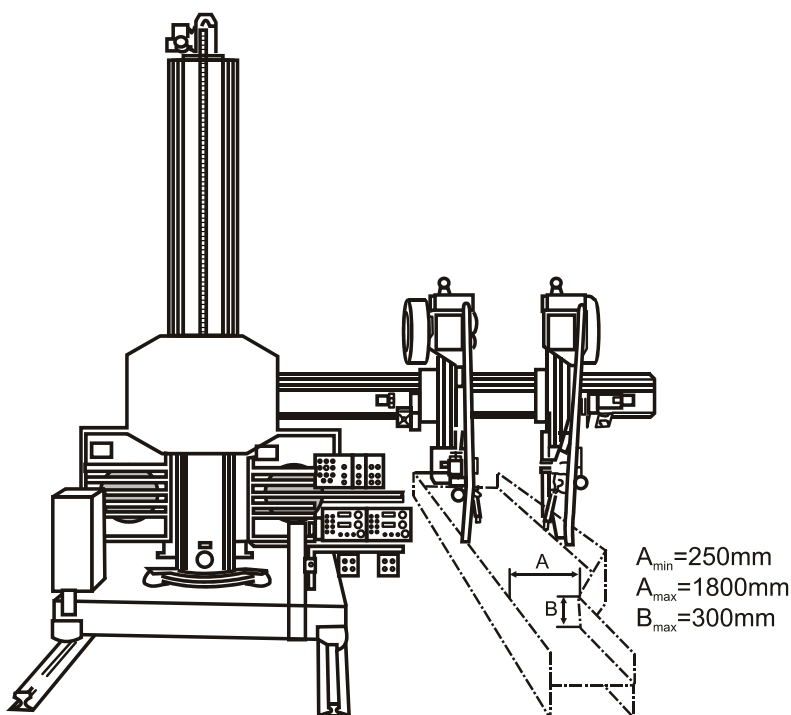
A segédberendezéseket alkalmazó célberendezések lehetnek állványos vagy manipulátoros kivitelűek. Az állványos célberendezések jellemző típusa a **2.58. ábrán** látható körvarrathegesztő berendezés.



2.58. ábra
Állványos célberendezés körvarrathegesztéshez

Egy munkahelyes, többfejes célberendezések

Egy munkahelyes, többfejes célberendezés alkalmazható, ha két vagy több varrat hegesztési ideje fedésbe hozható. Ezzel nő a termelékenység, a hegesztési munka hatékonysága. Egy kétfeges, fedett ívű hegesztést alkalmazó célberendezést szemléltet a **2.59. ábra**, mely egy változó gerincméretű I-tartó sarokvarratainak elkészítéséhez került kialakításra.



2.59. ábra
Kétfeges célberendezés

Több munkahelyes, egyfejes célberendezések

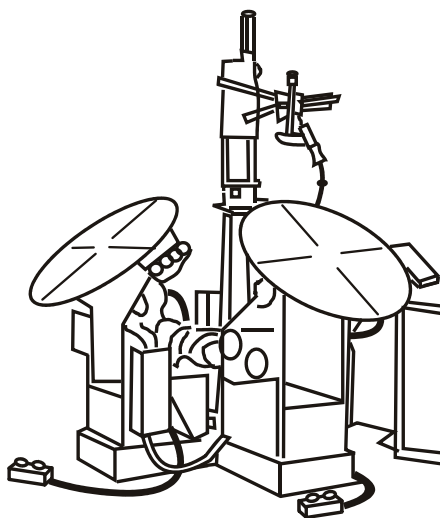
A hegesztési teljesítmény növelését a hegesztési főidő és a mellékidők fedésbe hozásával valósítják meg. A **2.60. ábra** egy körasztalos, két munkahelyes berendezést szemléltet. A munkadarabok adagolását segédszemélyzet végzi.

A több munkahelyes, egyfejes célberendezések a munkadarabok be- és elvitele, valamint azok hegesztés szempontjából kedvező helyzetbe forgatása vagy billentése érdekében többféle kivitelben készülhetnek. Kisebb méretű darabok hegesztésénél a lengető, az alternáló vagy a forgómozgást végző két asztallal és a körbefutó szalaggal megvalósított elrendezés javasolható. Nagyobb darabok hegesztése forgatóberendezéssel kiszolgált két hegesztőhellyel lehetséges.

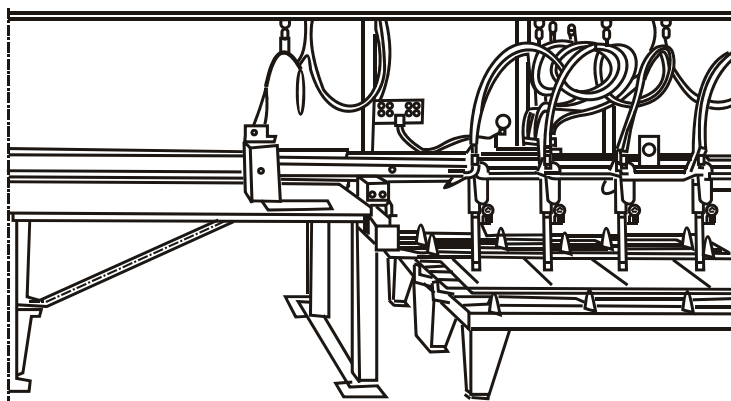
2. A Hegesztés gépesítése

Több munkahelyes, többfejes célberendezések

Több munkahelyes, többfejes célberendezések lehetséges kialakítási módzata a két hegesztőfej forgatóasztallal való kiszolgálása vagy futószalagon elhelyezett munkadarabok kétféjes hegesztése. E csoportba sorolhatók a termikus vágóautomaták, melyeknél a célberendezés a fejeket vezető keretes állványból, a munkadarabot tartó asztalból és a vezérlő (számjegy vagy optikai vezérlésű) egységből áll (2.61. ábra).



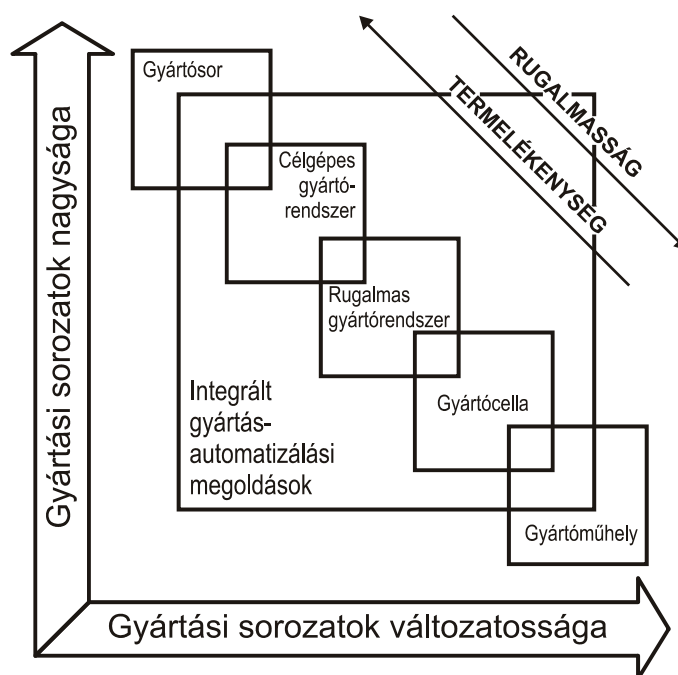
2.60. ábra
Kétmunkahelyes célberendezés



2.61. ábra
Többfejes, több munkahelyes célberendezés

2.4. Hegesztés automatizálása

A gyártási folyamat automatizált, ha minden szerszám- és anyagmozgás gépi úton, emberi közreműködés nélkül megy végbe. Természetesen ilyenkor is szükség van a folyamatfelügyelet számítógépi és operátori rendszerének kiépítésére. A gyártási folyamat(szakasz) automatizált változata célgépet vagy robotot alkalmazó gyártócellában valósulhat meg. A folytonos termelési folyamatok több gyártócellát integráló (tervszerű anyagmozgatással összekötő, logisztikai hálózattal rendelkező) gyártósorban, gyártórendszerben válnak automatizált folyamattá. A 2.62. ábra ezek helyét mutatja gyártásautomatizálási megoldások között.

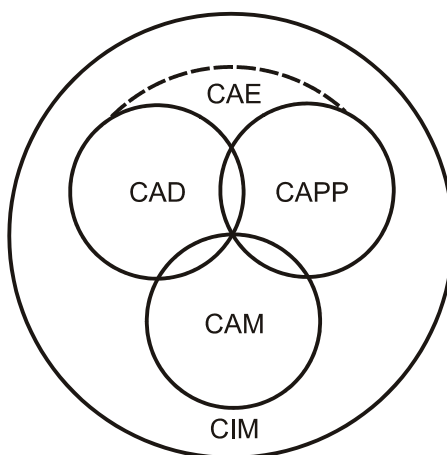


2.62. ábra
Gyártásautomatizálási megoldások jellemzői

A konstrukciós és a technológiai tervezés folyamata a korszerű mérnöki gyakorlatban számítógéppel segített mérnöki eljárások (CAE $\equiv$ Computer Aided Engineering) révén valósul meg. Ezen eljárások két nagy „területe” a számítógéppel segített (konstrukciós) tervezés (CAD $\equiv$ Computer Aided Design) és a számítógéppel segített folyamattervezés (CAPP $\equiv$ Computer Aided Process Planning). A technológiák gépesítését, robotosítását, automatizálását is lehetővé

2. A Hegesztés gépesítése

tevő számítógéppel segített gyártás (CAM $\equiv$ Computer Aided Manufacturing) kapcsolódása a tervezéshez CIM-környezetben valósul(hat) meg (**2.63. ábra**). A számítógéppel integrált gyártás (CIM $\equiv$ Computer Integrated Manufacturing) általános értelemben a tervezés, a marketing, illetve a gyártás logikai kapcsolata, mely számítógép-hálózattal valósul meg, és fő jellemzője az integráltsági fok, vagyis az egyes rendszerelemek közötti közvetlen adatátvitel (file-transfer) megvalósíthatóságának terjedelme. Ez többek között azt is jelenti, hogy a konstrukciós tervezés dokumentációja közvetlenül felhasználható legyen a technológiai tervezésben, és a technológiai terv adatai azonnal átvihetők legyenek a számítógéppel irányított megmunkáló gépekre. Továbbá a gyártás során elvégzett mérések, illetve anyagvizsgálatok adatainak statisztikai feldolgozásából nyert tapasztalati (empirikus) információk egy esetleges konstrukciós vagy technológiai termódosítás alapjául szolgálhatnak, így csökkentve a hiba-, illetve selejtszintet.



2.63. ábra
Számítógéppel integrált gyártás összetevői

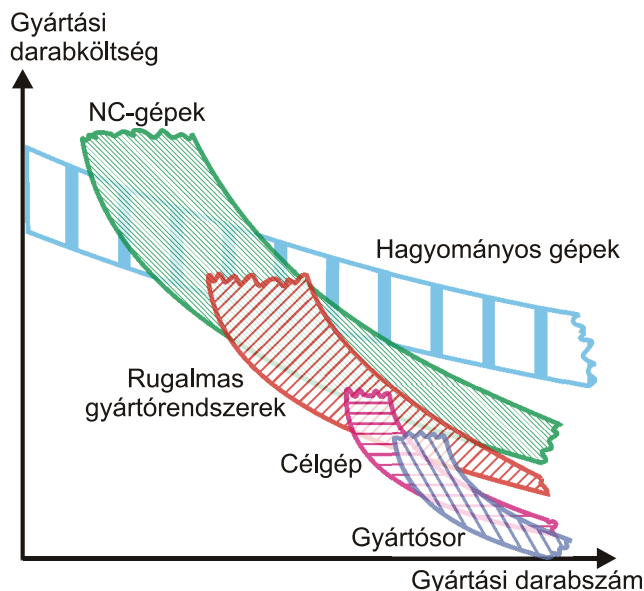
A gyártási folyamatok említett ellenőrzésének feladata az alkalmazott anyagok, technológiai eljárások, gyártóeszközök, munkavégzők, termékek megfelelőségének minősítése, illetve az esetleges hibák feltárása, bár olcsóbb a hibát elkerülni, megelőzni, mint az előidézett hibát keresni, megtalálni, kijavítani és újraellenőrizni. Ezért elsőre jól kell csinálni („do it well the first step”-elv), illetve törekedni kell a nulla-hiba(szing) megközelítésére, a selejtszázalék és a költségek csökkentése érdekében. Korszerű minőségmenedzsment bevezetésével a minőséget folyamatosan kell tudni produkálni, sőt javítani. A minőségjavítás gazdaságélénkítő hatású is lehet. Ugyanis ha javul a minőség, csökkenthetők az

előállítási költségek és ezáltal – pl. a piaci részesedés növelése érdekében – az eladási ár is.

Viszont ha a gyártott termék funkcióját nem vagy nem a megkövetelt biztonsággal vagy nem az elvárható élettartamig képes ellátni, akkor a gazdaság(osság)i megfelelése ellenére a piac elutasítására talál. Természetesen a műszakilag tökéletes termék gyártásának is akkor van értelme, ha előállítási költségét vagy a vele elérhető költségmegtakarítást a piac az árban elismeri, azaz a termék vevőre talál. A **2.64. ábra** a hagyományos és a gépesített gyártási megoldások darabköltségét hasonlítja össze a gyártási darabszám (szérianagyság) függvényében.

A termék előállítási költség két legfontosabb összetevője az anyag (nyersanyag, kitermelés, szállítás stb.) és a gyártási (megmunkálási) technológia költsége. Nem célravezető mindig az anyagköltség minimalizálása, mert sok esetben az olcsóbb alapanyag csekély élettartamot, kis használati biztonságot, sőt nagy ráfordításigényű gyártástechnológiát von(hat) maga után.

Ugyancsak figyelembe kell venni az anyagok külső makroszerkezetének beszerezhető formáit (pl. rúd [kör, négyzet, hatszög stb. keresztmetszetű], drót, huzal, vékony és vastag lemez, szalag, fólia, cső, nyitott profil, zárt szelvény, tömb, formázott öntvény, alakos kovácsdarab), vagyis az előgyártás mértékét is. Ez nemcsak a további megmunkálás idő- és költségigényét határozza meg, de döntően befolyásol(hat)ja az anyag kihasználhatóságát, illetve azon keresztül az anyaggal való takarékoskosságot, az (ön)súlycsökkentés lehetőségét.



2.64. ábra

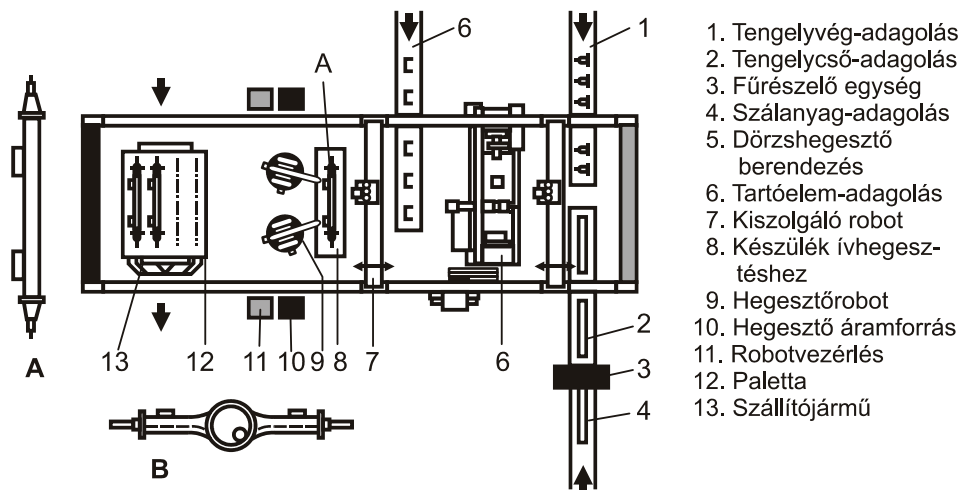
Hagyományos és gépesített gyártási megoldások költségösszehasonlítása

2. A Hegesztés gépesítése

Ezért már a tervezéskor fontos kérdés, hogy mennyire valósul meg az adott gyártmányban a „könnyűszerkezetes” kialakítás, valamint az ehhez választott alapanyagok és félgyártmányok teherviselő keresztmetszeti szelvényalakjának optimális jellege. Például várható hajlító igénybevétel esetén – amikor a hajlítónyomaték hatására kialakuló σ normálfeszültség lineárisan változik a keresztmetszet mentén – a terhelhetőség a keresztmetszet ekvatoriális másodrendű nyomatékával, illetve abból származtatott keresztmetszeti tényezővel arányos, ezért az álló I-, szendvics- vagy zárt téglalap szelvény az optimális (pl. gerendához mint hajlított kéttámaszú tartóhoz).

2.4.1. Gyártócella

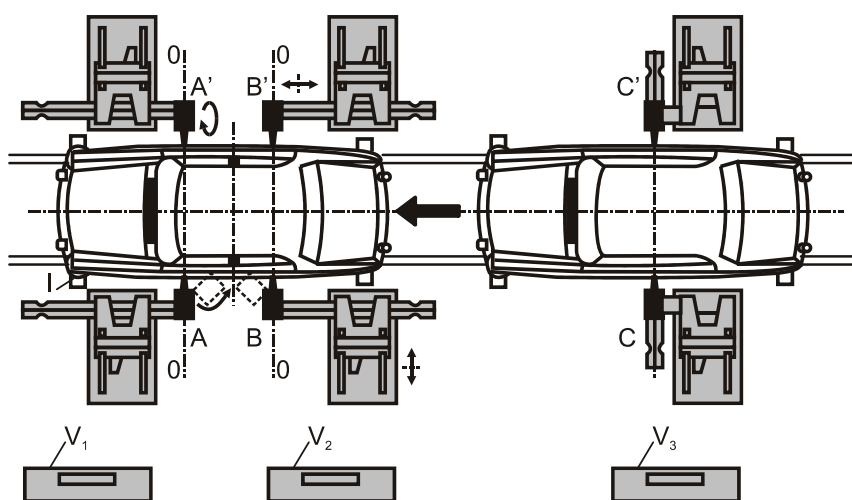
A 2.65. ábrán autóbusz-, illetve haszongépjármű hátsóhíd gyártására kialakított, robotosított fogyóelektródás védőgázas, valamint célgépesített dörzshegesztést, továbbá munkadarabokat adagoló, illetve mozgató egységeket magában foglaló gyártócella felülnézeti vázlata látható. Ilyen hegesztési gyártócella – összetett, több elemből álló munkadarabok elkészítésére alkalmas – gyártórendszerbe integrálható. Az egyes cellák egymástól elkülöníthetők, köztük a munkadarabok mozgatása teljesen vagy részben gépesített.



2.65. ábra
Gyártócella

2.4.2. Gyártósor

A 2.66. ábra személygépkocsi gyártására összeállított gyártósor robotosított ellenállás-ponthegesztési szakaszát szemlélteti.



A, A', B és B' a horizontálisan, C és C' a vertikálisan sorakozó kötési pontokat hegesztő robotok; V₁ az A és A', V₂ a B és B', V₃ a C és C' robotok vezérlőegysége; 0 a robotok kiindulási helyzete; I a karosszéria helyzetét beállító „Index”-elem.

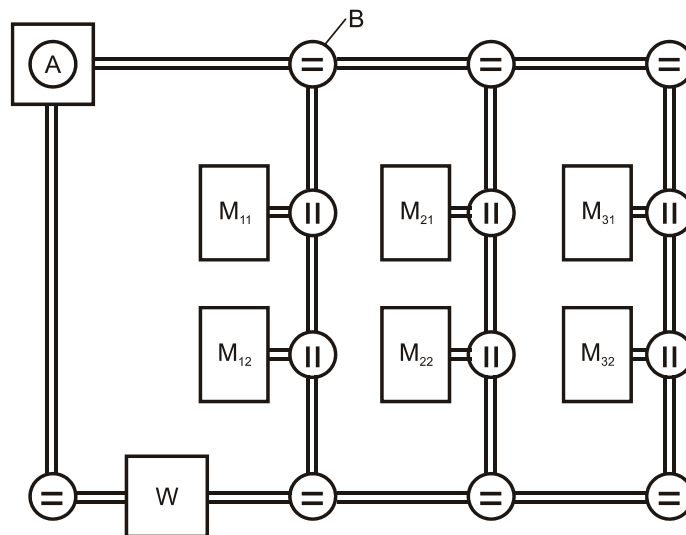
2.66. ábra

Személygépkocsi-karosszéria ponthegeesztése robotokkal, gyártósoron

2.4.3. Rugalmas gyártórendszer

A rugalmas gyártórendszer (angolul: Flexible Manufacturing System, röviden: FMS) megmunkáló (alakító, forgácsoló, hegesztő, hőkezelő, felületkezelő, szerelő stb.) berendezéseket, cellákat kapcsol össze közös számítógépes irányító- és anyagmozgató rendszerrel úgy, hogy a keretein belül egyidejűleg akár többféle munkadarabon, tetszőleges sorrendben, változó darabszámmal lehet műveleteket automatikusan végrehajtani. A rendszerbe integrált anyagmozgató alrendszer, tetszőleges munkadarabok kiemelhetősége és a közbenső helyeken végezhető alkatrésztárolás révén a gyártási folyamat a környezetétől elkülöníthető, izolálható. A 2.67. ábrán egy rugalmas gyártórendszer elvi vázlata látható.

2. A Hegesztés gépesítése

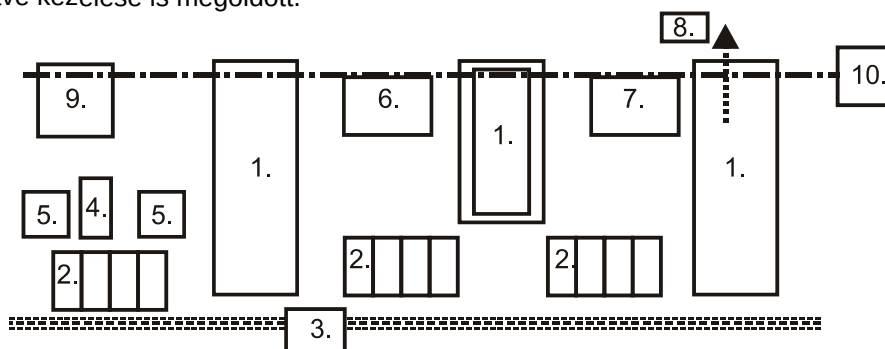


A: palettaszerelő munkahely; B: váltó; M_{nn} megmunkáló gépek; W: mosóberendezés

2.67. ábra

Egy rugalmas gyártórendszer elvi vázlata

A **2.68. ábra** egy olyan rugalmas gyártórendszert szemléltet vázlatosan, amiben a palettás munkadarab-kezelésen kívül a megmunkáló szerszámok, a technológiai segédanyagok (hűtő-, kenő- és védőanyagok) és a keletkező hulladékok tárolása, illetve kezelése is megoldott.

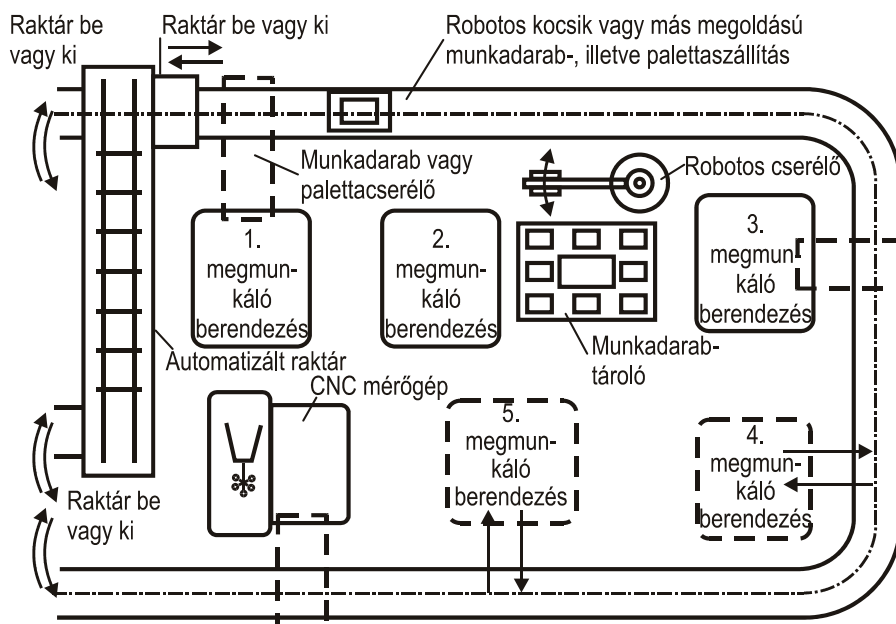


1. megmunkáló (technológiai) berendezések; 2. többszintes palettatárolók; 3. palettaszállító kocsi ($\pm 0,2$ mm beállási pontossággal); 4. palettaszerelő terminál és szállítórendszer vezérlőpultja; 5. két munkahelyes palettaszerelő állomás; 6. hulladékleválasztás; 7. segédanyag-ellátás; 8. hulladékkihordó; 9. megmunkáló szerszám háttértár; 10. felsőpályás szerszámcsereológó manipulátor

2.68. ábra

Munkadarab-, szerszám-, segédanyag- és hulladékkezelő rugalmas gyártórendszer

A **2.69. ábra** pedig robotos munkadarab-kezeléssel, raktárkapcsolattal és integrált mérőgéppel rendelkező rugalmas gyártórendszert vázol fel.



2.69. ábra

Robotos munkadarab-kezelésű, raktárkapcsolatú, mérőgépes rugalmas gyártórendszer

2.4.4. Logisztikai háttér

A logisztika anyagok, energiafajták, információk, személyek rendszereken belüli és közötti áramlásának tervezése, szervezése, irányítása, ellenőrzése. A logisztika nemcsak az anyagáramlások optimalizálása, illetve az ehhez szükséges erőforrások biztosítása, koordinálása, hanem olyan interdiszciplináris tudomány, amely a logisztika területét érintő társtudományok (gazdaságtan, marketing, kontrolling, minőségirányítás, vezetéselmélet, pszichológia, HR (Human Resource = humán erőforrás), informatika, matematika, rendszertechnika, automatizálás, közlekedéstudományok, innovatív műszaki tudományok), szakterületek ismereteit szintetizálja, azokat egy sajátos rendszerbe foglalja, és ezen tudományok és szakmák már meglévő eljárásait, módszereit alkalmazza. Más megközelítésben a logisztika a globalizáció természetéből következő rendszerszemlélet és gyakorlati módszer.

A logisztika célja bonyolult folyamatok hatékonyabbá tétele, a gazdasági folyamatokban a termékegységre jutó költségek csökkentése. A logisztika létrejöttét a gazdasági élet alapvető szűkössége (magas energia- és

2. A Hegesztés gépesítése

nyersanyagárak, hitelfelvételek magas kamatai stb.) és a gazdasági verseny (modern sokszereplős piacok) tette indokolttá. A logisztika tökéletesítése egy vállalkozás egészére nézve elsődleges fontosságú, mivel a logisztikai költségek az összköltségek akár 40%-át is kitehetik. A logisztika céljai között tartják számon a termelés és az értékesítés támogatását, az értéknövelő szolgáltatások biztosítását, illetve a vevőkiszolgálás színvonalának folyamatos javítását. Ezek együttese adja a logisztikai teljesítményt.

A logisztika főbb területei:

- beszerzés, anyagellátás;
- csomagolás;
- elosztási, áruterítési kommunikáció;
- készletgazdálkodás és irányítás;
- raktározás;
- szállítás és forgalom előrejelzés;
- anyagmozgatás;
- rendelésfeldolgozás és -kommunikáció;
- informatikai háttér fenntartása;
- üzem- és raktárelhelyezés;
- visszárukezelés;
- vevőszolgálat;
- selejtezés.

Mint kitűnik, a modern logisztikában bár alapvető jelentőségű a raktár- és készletgazdálkodás, illetve a kapacitáshoz igazított szállítás, de nem egyedüli meghatározó tényező. A modern logisztika nem korlátozódik csak a vállalaton belüli folyamatok megszervezésére és működtetésére. A logisztika alapjain fejlődött ki az ellátási lánc menedzsment (Supply Chain Management – SCM).

A logisztika feladatait általában a 9M-elv (vagy 9M-funkció) mentén szokás meghatározni. Ezek alapján nemcsak a költség-, mennyiség-, és időtényezők kapnak hangsúlyt, hanem a kilenc tényező azonos súllyal esik latba. A 9M-elv tehát a logisztika feladataként azt határozza meg, hogy:

- a megfelelő információ,
- a megfelelő anyag,
- a megfelelő energia,
- a megfelelő személyek jussanak el
- a megfelelő mennyiségben,
- a megfelelő minőségben,
- a megfelelő időpontban,
- a megfelelő helyre,
- a megfelelő költséggel.

Azt, amivel a logisztika egy vállalaton belül általában foglalkozik, a **2.70. ábra** szerinti területekre lehet osztani:

2. A Hegesztés gépesítése

- Beszerzési (vagy ellátási) logisztika áll a gazdasági folyamatok kezdeténél, fenntartja azokat a bemeneti készleteket, amelyek a termelés (vagy tágabb értelmezésben más szolgáltatás) elvégzéséhez szükségesek;
- Termelési (vagy gyártási) logisztika gondoskodik arról, hogy a termelési folyamatban az anyagáramlás zökkenőmentesen valósuljon meg;
- Értékesítési logisztika a termelés után egészen a vevői átvételig tart;
- Hulladékkezelési (gyűjtési, újrahasznosítási stb.) logisztika az értékesítési piactól a beszerzési piac irányába vizsgálja a hulladékok és csomagolóeszközök áramlását, miközben azok minél nagyobb arányú újrahasznosítására törekszik.

BERENDEZÉSI LOGISZTIKA	TERMELÉSI LOGISZTIKA	ÉRTÉKESÍTÉSI LOGISZTIKA	HULLADÉK-HASZNOSÍTÁSI LOGISZTIKA
A szállítási feltételek meghatározása	A termeléssel együtt	A piaci igények felmérése, értékelése, megrendelések lebonyolítása	A gyűjtőhelyek kijelölése, megtervezése
Beszállítók kiválasztása	az	Raktározás	A gyűjtőrendszer megtervezése és irányítása
A beszállít(tat)tás lebonyolítása (megrendelések, határidők, diszpozíciók stb)	és az anyagmozgatási rendszer tervezése	A kisszállít(tat)tás megtervezése, koordinálása, irányítása	Az újrahasznosítási rendszer tervezése, irányítása
Raktározás	A rendszer irányítása és ellenőrzése	Szervizellátás	
Kapcsolattartás a beszállítókkal		Kapcsolattartás a (potenciális) vevőkkel	

2.70. ábra

A logisztika vállalati területei

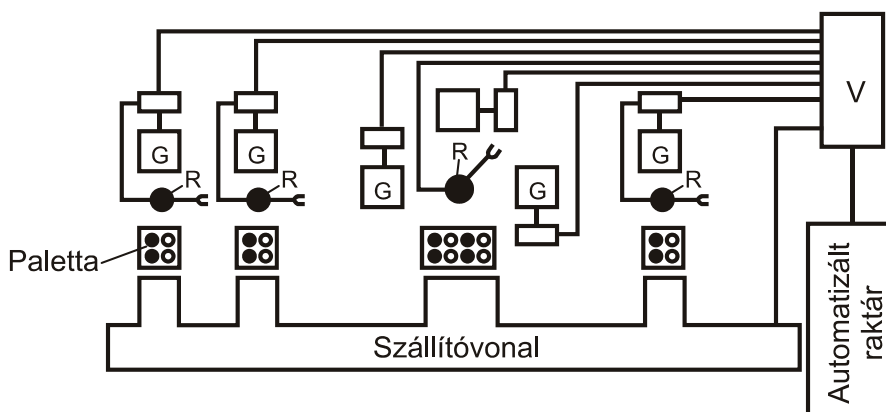
A logisztika egyes területeken a költségek csökkenését, más területeken a költségek növekedését eredményezheti, ami általában a kapacitások túllépéséből adódik. Például ha a szállítási költségeket azzal csökkentik, hogy ritkábban szállítanak, akkor – azonos anyagszükséglet mellett – nagyobb raktárkapacitásra lesz szükség a termelés kiszolgálására, a következő beérkezésig. Így a logisztikában a szükségletek lehető legkisebb költségű kielégítését a lehető legideálisabb kapacitaskihasználással érhetik el.

A logisztikának két fő formája van: az egyik az anyagok optimális és stabil áramlását biztosítja fuvarozási útvonalak és raktározási pontok hálózatának segítségével; a másik koordinálja az erőforrások sorrendjét egy projekt végrehajtásának érdekében. A folyamatos áramlást biztosító rendszerek általában számos szempontból optimalizáltak: igyekeznek elkerülni az objektumok hiányát, minimálisan tartják a fuvarozási költséget, csökkentik az időt, ami egy objektum megszerzéséhez szükséges, vagy alacsony szinten tartják a tárhelyek foglaltságát

2. A Hegesztés gépesítése

(idő és hely szempontjából, hogy csökkentsék a nagy tárolt mennyiségekből eredő veszteségeket).

Gyakran az igényeket az adott raktár fuvarozási kapacitása korlátozza. Ha egy raktár forgalma meghaladja a tárolási vagy bejövő kapacitását, akkor a raktár csak arra használható, hogy a fuvarozási rendszer csúcsterheléses időszakaiban kiegyenlítse az adott idő alatt végzett szállítások számát, ezzel csökkentve a fuvarozási rendszer csúcsidőszaki terhelését. A projekt logisztikaszakértői elemzik a sorrendet, melyben az adott projekt bizonyos erőforrásokat használni fog. Ezen alapulva megszervezik az erőforrások szállítását úgy, hogy azok akkor érkezzenek meg, amikor szükség van rájuk. A **2.71. ábra** egy automatizált raktárhoz vezérelhető anyagmozgató rendszerrel kapcsolt gyártórendszert szemléltet.



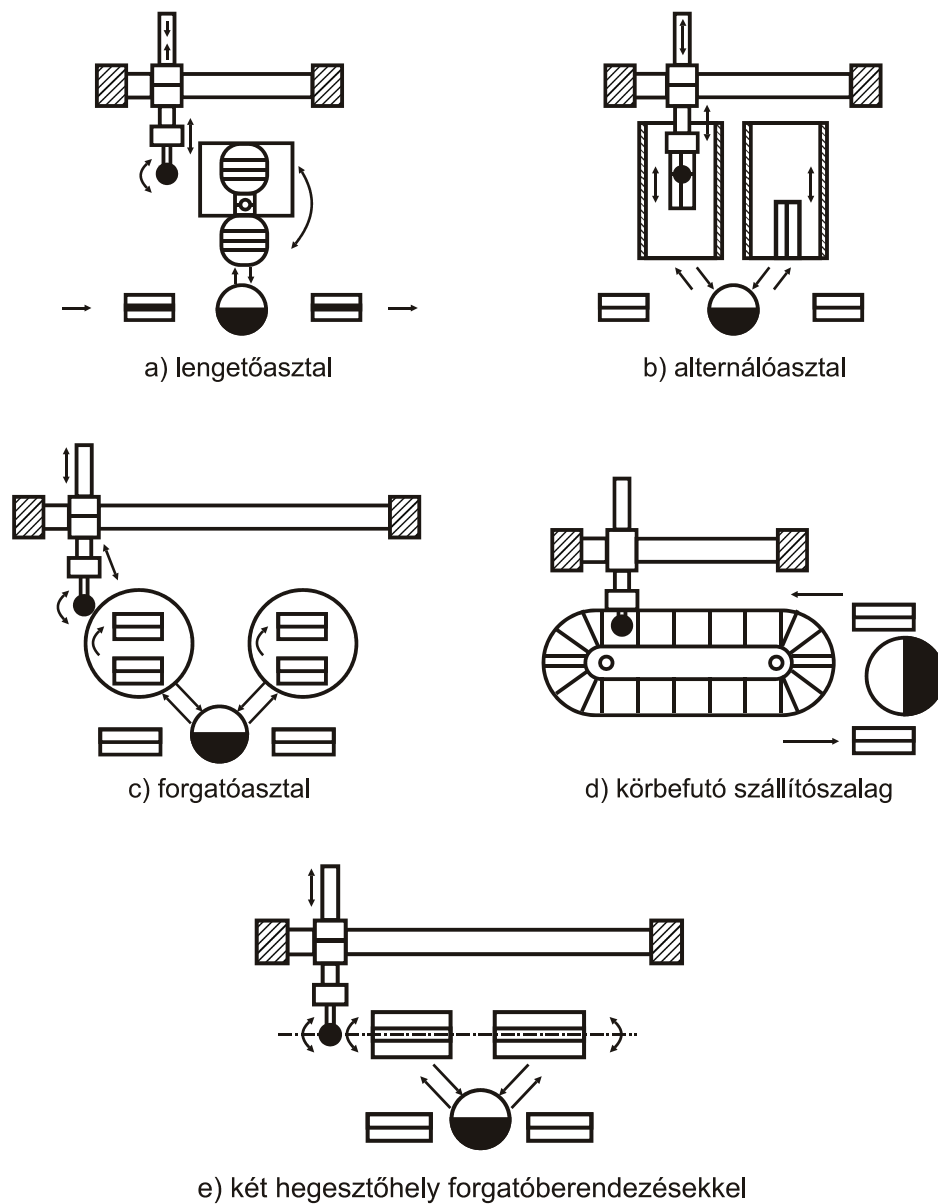
G: Gyártóberendezés; R: robot; V: szinkronizált vezérlés

2.71. ábra

Vezérelhető anyagmozgató és gyártó rendszer automatizált raktárral

Gépesített hegesztés esetében, aszerint, hogy a munkadarabok kedvező helyzetbe hozása mellett hogyan valósul meg azok szállítása, illetve adagolása, számos megoldás alkalmazható. Kisebb méretű termékek hegesztésekor a lengető, az alternáló vagy a forgómozgást végző két asztallal, valamint a körbefutó szalaggal javasolható a munkahely elrendezése (**2.72. ábra**).

2. A Hegesztés gépesítése



2.72. ábra (II.)

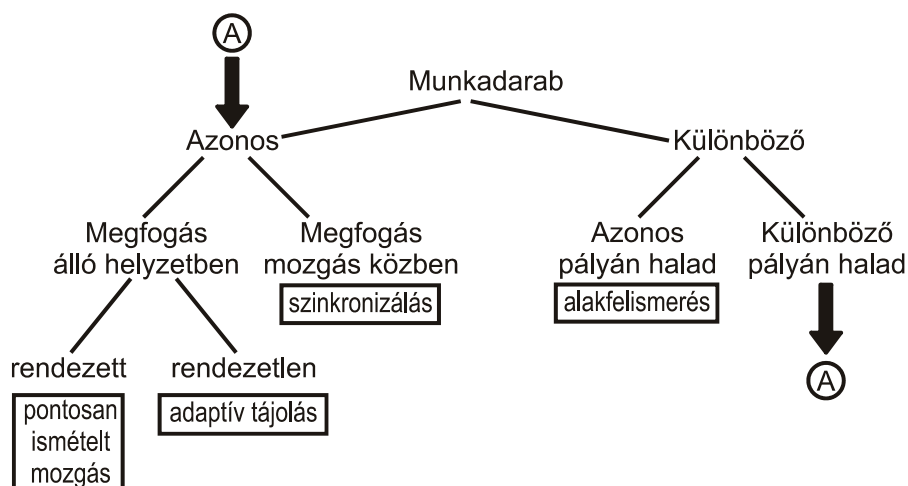
Több munkahelyes gépesített hegesztés munkadarab be-, illetve elvitelének megoldásai

2. A Hegesztés gépesítése

Valamely anyagmozgatási feladat ipari robottal való megoldásakor az alkalmazott ipari robot intelligenciaszintjére, adaptivitására vonatkozó műszaki követelmények (2.73. ábra) függnnek:

- a munkadarabok számától, alakjától, méretétől, anyagától (sűrűségétől);
- a felvétel (megfogás) helyére jellemző mozgási állapotától (áll vagy mozog, azonos vagy különböző pályán);
- rendezettségétől.

Azonos és álló helyzetben rendezett munkadarabok megfogásakor elegendő a robot adaptivitás nélküli, pontosan ismételt mozgása. Ha az első két feltétel teljesül, de a munkadarabok rendezetlenek, a megfogáshoz a robot fogójának adaptív tájolása szükséges. Mozgó munkadarabok ütközésmentes megfogásához a robotkar mozgását a megfogás idejére a munkadarabot szállító berendezéssel (szállítószalag, konvektor) szinkronizálni kell.



2.73. ábra

Anyagmozgató ipari robot adaptivitására vonatkozó követelmények

Ha különböző munkadarabokat kell azonos helyen (pályán) előírt sorrendben felvenni, az automata üzem szükségessé teszi a robot alakfelismerő képességét. A különböző, de eltérő pályán vezetett (helyen tárolt) munkadarabok megfogása – a munkahely megfelelő elrendezésével – visszavezet az azonos munkadarabok esetére.

Irodalom

1. Антосяк, В. Г. – Могорян, Н. В.: *Электрофизические методы обработки материалов*. Кишинев «Штиница» 1987.
2. Artinger István – Csikós Gábor – Krállics György – Németh Árpád – Palotás Béla: *Fémek és kerámiák technológiája*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1999.
3. Artinger István – Kator Lajos – Romvári Pál: *Fémek technológiája*. (Szerkesztő Gillemot László) Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
4. Artz Gusztáv – Lipóth András – Merksz István: *Robotmanipulátorok*. LSI Alkalmazástechnikai Tanácsadó Szolgálat, Budapest, 1988.
5. Ashby, M. F.: *Materials Selection in Mechanical Design*. Pergamon Press, Oxford, 1993.
6. Augustin Frank és kollektívája: *Gépgyártástechnológia – Gyártóeszközök*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
7. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő – Kovács Tünde: *Alakító szerszámacélok károsodásállóságának javítása felületkezeléssel*. XI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2006. 9–14.
8. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Anyagtulajdonság- és technológiai paraméter-meghatározó módszerek értékelése*. XII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2007. 5–10.
9. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007.
10. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületkezelés*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2009.
11. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületkezelési eljárások több szempontú rendszerzése*. XIII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2008. 5–12.
12. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Ívhegesztő robot alkalmazástechnikai jellemzői*. XV. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2010. 9–16.
13. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Kopásálló felületkezelt rétegek minősítése*. XIV. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2009. 13–16.
14. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Lézeres anyagtechnológiák energiasűrűségi jellemzői*. X. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2005. 75–80.
15. Bagyinszki Gyula – Czinege Imre: *Fémek gyártási eljárásai*. Széchenyi István Egyetem, Győr, 2007.

Irodalom

16. Bagyinszki Gyula – Farkas Attila – Gyura László: „Schweißen und Schneiden” ESSEN 1993 – újdonságok és tendenciák a hegesztésben. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1994.
17. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: A hegesztés olimpiája: „Schweißen und Schneiden '97” I–II. rész. Hegesztéstechnika VIII. évfolyam, 1997/4, 51–56. – IX. évfolyam, 1998/1, 24–34.
18. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: Hegesztés a III. évezred küszöbén – „Schweissen und Schneiden 2001 Essen”. Hegesztéstechnika XII. évfolyam, 2001/4. szám, 44–47.
19. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: Merre tart a „hegesztés és vágás”? Gépgyártástechnológia XXXVII. évfolyam, 11. szám, 1997. november, 3–8.
20. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: VII. Hegesztéstechnikai Szakkiállítás a VIII. Mach-Tech-en. Hegesztéstechnika XVIII. évfolyam, 2007. 2. szám, 63–67.
21. Bagyinszki Gyula – Kovács Mihály – Gyura László: Egy kiállítás képei I–II. Hegesztéstechnika XX. évfolyam 2009. 4. szám, 33–37. – XXI. évfolyam, 2010. 1. szám, 87–91.
22. Bagyinszki Gyula – Kovács Mihály: „Kötés és oldás” – avagy „Schweißen und Schneiden” Essen. 2005. szeptember 12–17. Hegesztéstechnika XVI. évfolyam, 2005/4. szám.
23. Bagyinszki Gyula – Kovács Mihály: Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok – Gyártásismeret. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2002.
24. Bagyinszki Gyula: A hegesztés és rokon eljárásai rendszerezése. Hegesztéstechnika XIII. évfolyam, 2002/2. szám, 29–35.
25. Bagyinszki Gyula: A hegesztés robotosításának fogalmi háttere. Hegesztéstechnika XIX. évfolyam, 2008. 1. szám, 19–26.
26. Bagyinszki Gyula: Anyagismeret és minősítés. Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004.
27. Bagyinszki Gyula: Beszámoló az essen „Schweissen und Schneiden 2009” szakkiállításról. BMF-CLOOS Jubileumi Szimpózium, Budapest, 2009. október 26.
28. Bagyinszki Gyula: Elektronsugaras kezelés a szerszámacélok felületötvöztetésére (Electron beam treatment for surface alloying of tool steels). XIV. Kohászati Anyagvizsgáló Napok, Balatonaliga, 1991. május 7–9., Posztterek 7. o. (Posters p. 7.)
29. Bagyinszki Gyula: Felületkezelés a gépészmérnök-képzésben. XV. Hőkezelő Országos Konferencia, Dunaújváros, 1993. október 19–21, 102–105.
30. Bagyinszki Gyula: Gyártásismeret és technológia. Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004.
31. Bagyinszki Gyula: Kötélkorong robotosított hegesztése. (Gépészmérnöki diplomaterv) BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Intézet, 1988.

32. Bagyinszki Gyula: *Lézerek alkalmazásának technológiai és biztonságtechnikai szempontjai*. XI. Nemzetközi és IV. GTE-MHTE-DVS Hegesztési Konferencia, Budapest, 2004. augusztus 23–26, 14–29.
33. Bagyinszki Gyula: *Nagy energiasűrűséggel kezelt felületi rétegek tulajdonságbecslése*. (Kandidátusi értekezés) BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék, 1997.
34. Bagyinszki Gyula: *Nagy energiasűrűségű hegesztési eljárással készített kötések hegeszthetőségének kérdései*. (Hegesztő szakmérnöki diplomatervezet) BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Intézet, 1993.
35. Бадински, Дюла: *Роботизированная сварка в производстве тяжёлых стальных конструкций*. Школа и конкурс с международно участие на млади научни работници и специалисти: „Роботиката – територия на младежкото творчество”, Созопол, 10–14. октябрия 1988.
36. Bakondi Károly – Konczos Géza (szerk.): *Nagy energiasűrűséggel végzett megmunkálási eljárások*. MTA Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 1990.
37. Bali János: *Forgácsolás*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
38. Bánki Tamás (szerk.): *Hegesztés I. Fogalmak, tervezési és kivitelezési előírások*. Szabványkiadó, Budapest, 1984.
39. Baránszky-Jób Imre (szerk.): *Hegesztési kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
40. Bauer Ferenc (szerk.): *Robottechnika (Hegesztőrobotok)*. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnök-továbbképző Intézet, Budapest, 1988.
41. Bauer Ferenc: *Hegesztési eljárások*. Egyetemi jegyzet. Szerkesztette és kiegészítette Bagyinszki Gyula; Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
42. Becker László – Farkas Attila – Gyura László – Bagyinszki Gyula: *Hegesztőrobot alkalmazástechnikai laboratórium a BME Mechanikai Technológia Tanszékén*. VIII. Hegesztési Szeminárium, Sopron, 1990. október 16–18, 170–190.
43. Béres Lajos – Komócsin Mihály: *Acélok, öntöttvasak javító- és felrakóhegesztése*. Monteditio Kft, 1992.
44. Bergmann, Wolfgang: *Werkstofftechnik*. Carl Hanser Verlag, München Wien, 1991.
45. Berke Péter – Győri József – Kiss Gyula: *Szerkezeti anyagok technológiája I*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1999.
46. Berkes Rudolf – Erdődi László: *Megmunkálások III*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
47. Bitay Enikő – Bagyinszki Gyula: *Duplex felületkezelés – plazmanitridálás és lézerezés kombinálása*, XIV. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2009. 45–52.
48. Bitay Enikő – Bagyinszki Gyula: *Nagy energiasűrűségű hegesztési eljárások több szempontú rendszerezése*. XV. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2010. 55–66.

Irodalom

49. Bitay Enikő – Roósz András – Búza Gábor: *CO₂ laser surface-alloying steel by dispersion of carbide-powders*. Solidification and Gravity III, Materials Science Forum, Miskolc–Lillafüred, Hungary, 1999.
50. Bitay Enikő – Roósz András: *Acélfelület keménységének növelése lézeres felületátolvasztással*. III. FMTÜ, EME, Kolozsvár/Cluj, 1998. 253–256.
51. Bitay Enikő – Roósz András: *Lézeres felületátolvasztás folyamatának elemzése*. IX. FMTÜ, EME, Kolozsvár/Cluj, 2004. 275–286.
52. Bitay Enikő – Rowshan Reza: *Lézeres felületkezelés technológiai paramétereinek folyamatos változtatásának szimulációja*. MicroCAD 2005, Nemzetközi Tudományos Konferencia 2005. március 10–11. Miskolci Egyetem, L szekció, 2005. 7–12.
53. Bitay Enikő: *Ceramic Particle Dispersion Analysis in Laser Surface Alloying*. Solidification and Gravity. IV. Materials Science Forum, published by Trans Tech Publications Ltd, CH-8707 Uetikon-Zürich, Switzerland, 2005. 295–300.
54. Bitay Enikő: *Kerámiaszemcsék diszpergálása lézeres felületötvtözésnél*. IV. FMTÜ, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 1999. 169–172.
55. Bitay Enikő: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. Műszaki Tudományos Füzetek. EME, Kolozsvár/Cluj, 2007.
56. Bitay Enikő: *Lézeresen kezelt felületek kopásállóvizsgálata*. VI. FMTÜ, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2001. 111–118.
57. Bitay Enikő: *Tratament superficial cu laser al oțelurilor cu conținut redus de carbon*. Teză de doctorat, IPC-N, Kolozsvár/Cluj, 2002. (Doktori értekezés)
58. Bitay, Enikő – Roósz, András: *Investigation of Phenomenon's Taking Place in Laser Surface Alloying Steel of WC*. Solidification and Gravity IV. Materials Science Forum, published by Trans Tech Publications Ltd, CH-8707 Uetikon-Zürich, Switzerland, 2005. 301–306.
59. Brenner András – Rakoncza László: *Hegesztőkészülékek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
60. Breurer, Hans – Breurer, Rosemarie: *Kémia*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest, 1995.
61. Burik Géza: *A hegesztőrobot kiválasztás főbb szempontjai – A szállítókkal szembeni elvárások*. Hegesztéstechnika XIII. évfolyam, 2002. 2. szám, 61–63.
62. Connor, Leonard P. (ed.): *Welding Handbook Eight Edition – Volume 1. Welding Technology*, American Welding Society, Miami, 1987
63. Czegley, Maximilian – Frischherz, Adolf – Kuttner, Franz – Skop, Paul – Süppel, Franz: *Mechanische Technologie*. Bohmann Verlag, Wien, 1987.
64. Czichos, Horst és társai (szer.): *Hütte: A mérnöki tudományok kézikönyve*. Springer Hungarica Kiadó Kft., Budapest, 1993.
65. Csokán Pál: *Felületnemesítés fémbevonatokkal*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
66. Domokos József: *Korszerű felületvédelmi rendszerek*. BME Mérnökto-vábbképző Intézet, Budapest, 1984.
67. Elizavetin, M. A. – Szatel, E. A.: *Élettartamnövelés technológiai eljárásokkal*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.

68. Farkas Attila: *Szenzoralkalmazás a gépesített ívhegesztésnél*. Hegesztéstechnika V. évfolyam, 1994. 2. szám, 23–33.
69. Farkas Ferenc – Farkas Ferenc József: *A ragasztás kézikönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997.
70. Fóti Ernő: *Elektronotechnológiák*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
71. Frischherz, Adolf – Piegler, Herbert: *Fémtechnológia 2. Szakismeretek*. B + V Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 1994.
72. Frischherz, Adolf – Skop, Paul: *Fémtechnológia 1. Alapismeretek*. B + V Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 1993.
73. Fuerschbach, Phillip W.: *Laser Assisted Plasma Arc Welding*. ICALEO 99, San Diego, CA (US), 11/15/1999-11/18/1999; PBD: 5 Oct. 1999. (Conference Proceedings).
74. Füzes László – Kelemen Andorné: *Műszaki műanyagok zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
75. Gáti József – Horváth László – Kisfaludy Antal – Kovács Mihály – Réger Mihály – Tóth László: *Anyagtechnológia II.* (Szerkesztette Kisfaludy Antal) Bánki Donát Műszaki Főiskola, Budapest, 1994.
76. Gáti József – Kovács Mihály: *Hegesztés*. Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola – Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
77. Gáti József – Kovács Mihály: *Ívhegesztés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2001.
78. Gáti József – Kovács Mihály: *Kötéstechnológia*. Bánki Donát Műszaki Főiskola, Budapest, 1999.
79. Gáti József (szerk.): *Hegesztési zsebkönyv*. COKOM Mérnökiroda Kft, Miskolc, 2003.
80. Gribovski László: *Gépipari megmunkálások*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
81. Григорьянц, А. Г. – Шиганов, И. Н.: *Лазерная сварка металлов*. Издательство «Высшая школа», Москва, 1988.
82. Григорьянц, А. Г. – Соколов, А. А.: *Лазерная обработка неметаллических материалов*. Издательство «Высшая школа», Москва, 1988.
83. Gyenge Balázs (szerk.): *Logisztikai alapismeretek*. Egyetemi jegyzet. SZIE GTK, Gödöllő 2002.
84. Gyura László: *A gázpalackok új színjelölési rendszere*. Hegesztéstechnika XIV. évfolyam, 2003. 1. szám, 40–41.
85. Halász Gábor: *Lézer-hibrid hegesztések*. Hegesztéstechnika XX. évfolyam, 2009. 2. szám, 35–38.
86. Harry, John E.: *Ipari lézerek és alkalmazásuk*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
87. Haskó Ferenc (szerk.): *Fémes anyagok védelme kopás ellen*. Ipari Technológiai Intézet, Budapest, 1988.
88. Helm László: *Ipari robotok*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
89. Hluchý, Miroslav és kollektívája: *Gépgyártástechnológia – Félkészgyártmányok – A megmunkálás alapjai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

Irodalom

90. Kalpakjian, Serope: *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1991.
91. Kegel K. (szerk.): *Villamos hőtechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
92. Koszmacsev, I. G.: *Gépgyártástechnológia*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
93. Kovács László (szerk.): *Gépipari művezetők zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
94. Kovács Mihály: *Hegesztés*. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2002.
95. Kristóf Csaba: *Impulzus ívű hegesztés*. Hegesztéstechnika XIII. évfolyam, 2002. 1. szám, 25–28.
96. Lukács Attila: *Autóipari anyag- és gyártásismeret*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
97. Lukács Pál: *Új anyagok és technológiák az autógyártásban I.* Maróti-Godai Könyvkiadó Kft., Budapest, 1998.
98. Móder Istvánné: *Automatizálás és robottechnológia a hegesztésben*. Műszaki Információs Iroda, Budapest, 1986.
99. Mohácsi Gábor – Gyura László: *Hegesztéshez és termikus vágáshoz használt gázok és szolgáltatások fejlődési irányai*. Hegesztéstechnika XVIII. évfolyam, 2007. 1. szám, 23–27.
100. Nagy Ernő: *A laser*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
101. Niebel, Benjamin W. – Draper, Alan B. – Wysk, Richard A.: *Modern Manufacturing Process Engineering*, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1989,
102. Nippes, Ernest F. (coord.): *Metals Handbook Ninth Edition – Volume 6. Welding. Brazing and Soldering*, American Society for Metals, Ohio, 1983.
103. Nyikolajev, G. A.: *Hegesztés*. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest, 1952.
104. O'Brien, R. L. (ed.): *Welding Handbook Eight Edition – Volume 2. Welding Processes*. American Welding Society, Miami, 1991.
105. Orgován László (főszerk.): *Felületvédelmi kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
106. Orlov, B. D. (szerk.): *Ellenálláshegesztés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
107. Ozorai Péter: *A hegesztés gépesítése I. és II.* Hegesztéstechnika XII. évfolyam, 2001. 4. szám, 37–39. és XIII. évfolyam, 2002. 1. szám, 34–35.
108. Pálmai Zoltán – Dévényi Miklós – Szőnyi Gábor: *Szerszámanyagok*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
109. Prohászka János (szerk.): *Anyagtechnológia*. (Tanszéki Munkaközösség) Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
110. Rábel György (szerk.): *Gépipari technológusok zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

111. Рыкалин, Н. Н. – Углов, А. А. – Зуев, И. В. – Кокора, А. Н.: *Лазерная и электронно лучевая обработка материалов*. Издательство «Машиностроение», Москва, 1985.
112. Russe, J. D. (ed.): *Power Beam Technology*. Woodhead Publishing Ltd, Abington Hall, 1991.
113. Sauter, Rudolf: *NC-szerszámgépek programozása és gazdaságos üzeme*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
114. Schey, John A.: *Introduction to manufacturing processes*. McGraw-Hill Book Company, New York, 1987.
115. Schuöckre, Dieter: *A lézeres hegesztés technikája*. Gép XLII. évfolyam, 1990. 11. szám, November, 401–405.
116. Sebestyén Anita – Nagyné Halász Erzsébet – Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületmódosítási eljárások hatása acélok kopásállóságára*. XII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj, 2007. 161–168.
117. Siegler András: *Robotirányítási modellek*. LSI Alkalmazástechnikai Tanácsadó Szolgálat, Budapest, 1987.
118. Szegedi Zoltán – Prezentszki József: *Logisztikamenedzsment*. Kossuth Kiadó, Budapest, 2003.
119. Szunyogh László (főszerk.): *Hegesztés és rokon technológiák*. Kézikönyv. Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007. (3.2.7. Plazmahegesztés. 204–213. szerző: Bagyinszki Gyula.)
120. Vadász Emil (szerk.): *TMK-zsebkönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
121. Vadász Emil: *Gépalkatrészek gyártása és javítása műanyagbevonattal*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
122. Valasek István (szerk.): *Tribológiai kézikönyv*. Tribotechnik Kft., Budapest, 1996.
123. Varga István: *Az alumínium ragasztása*. Magyar Alumíniumipari Tröszt, Budapest, 1971.
124. Vízkelety Kálmán: *Ívhegesztés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
125. Wihsbeck, Martin: *A robotokon alapuló automatizált hegesztés koncepciói a nehézgépgyártásban*. Hegesztéstechnika XIV. évfolyam, 2003. 2. szám, 7–12.
126. Yoshiaki Arata (ed.): *Plasma. Electron and Laser Beam Technology*. American Society for Metals, Ohio, 1986.
127. *** Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar – Dunaújvárosi Főiskola – Kecskeméti Főiskola – Vision Multimédia Kft.: „Alapanyaggyártó és feldolgozó technológiák multimédiás oktatása” – „Alapanyaggyártó technológiák” interaktív multimédiás oktatómodul. Apertus Közalapítvány, Budapest, 2002.
128. *** Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar – Dunaújvárosi Főiskola – Kecskeméti Főiskola – Vision Multimédia Kft.: „Alapanyaggyártó és feldolgozó technológiák multimédiás oktatása” – „Hegesztéstechnika” interaktív multimédiás oktatómodul. („Hegesztés és

Irodalom

- rokoneljárásai*”, valamint a *„Hegesztés eszközei és berendezései”* témák kidolgozója: Bagyinszki Gyula); Apertus Közalapítvány, Budapest, 2002.
129. *** Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar – Dunaújvárosi Főiskola – Kecskeméti Főiskola – Vision Multimédia Kft.: *„Alapanyaggyártó és feldolgozó technológiák multimédiás oktatása”* – *„Képlékenyalakító technológiák”* interaktív multimédiás oktatómodul. Apertus Közalapítvány, Budapest, 2002.
130. *** *Cambridge Engineering Selector Version 4.5*. Granta Design Limited, Cambridge, 2004.

WELDING TECHNIQUES

Summary

Welding is the most important joining technology, which is well expressed by the appearance of a very large number of process-variations corresponding developed filler and auxiliary materials, and in a wide range of corresponding automation. These are a combination of a welding base upon which the designer, technologist and manager can also build. To make this "construction" well substantiated, the present book intends to contribute by a systematic and concise overview of the units listed. The aim is a theoretical and practical summary which may support and expand the background knowledge of those in contact with welding. It wishes to provide information in a compact and encyclopedic form to the readers of the welding part-area – the welding and allied processes, respectively the possibilities of mechanization – which simply be described as a technical background.

From a substantive point of view this book regards as allied technologies of welding the following:

- brazing and other joining technologies, such as the bonding and mechanical bonding;
- preparation of the workpiece (eg. cutting, chamfering) by thermal and other (erosion, shearing, chipping) form of cutting as a forming technology;
- and often the after bandage surface treatment, as a technology modifying the structure of matter, and thus adjusting quality.

This book presents the standardized marking systems and classification of welding and allied processes. This is the internationally accepted numerical sort of "common language" that all professionals understand independently of their ethnic background, and it represents the solid-script of reference in various fields.

Due to their characteristics of application, flexibly programmable industrial robots cooperating with peripheries are distinguished within the mechanization toolbar. Their use increases productivity, reduces the cycle time of manufacturing, improves quality and reproduction, increases the flexibility of the production system, makes it possible to reduce monotonous and heavy physical work and substitutes human activity in areas harmful to health. The mechanization of welding conditions is usually determined by application of device-parts, as well as simple and complex devices, and auxiliary plants. These may also reduce welders physical wear and the welding side-time. The book also deals with these sub-divisions of welding.

Contents

Preface	7
Introduction	9
1. Welding and allied processes	11
1.1. Pressure and fusion welding processes.....	15
1.1.1. Cold and hot pressure welding.....	18
1.1.2. Welding of polymers.....	46
1.1.3. Fusion welding.....	51
1.1.4. Filler and auxiliary materials of welding.....	86
1.2. Thermal and other cutting processes.....	115
1.2.1. Thermal cutting.....	115
1.2.2. Erosion cutting.....	124
1.2.3. Chipping cutting.....	129
1.2.4. Shearing cutting.....	131
1.3. Brazing and other joining processes.....	136
1.3.1. Soldering and brazing	136
1.3.2. Braze welding	147
1.3.3. Cold and hot adhesive bonding.....	149
1.3.4. Mechanical joining	157
1.4. Surface coating and other surface treatment processes	168
1.4.1. Surface coating processes	170
1.4.2. Composition-modifying surface treatments.....	177
1.4.3. Structure-modifying surface treatments	181
1.4.4. Melting surface treatments	183
2. Welding mechanization.....	191
2.1. Mechanization levels of technologies.....	191
2.1.1. Concept of mechanization.....	191
2.1.2. Effects of mechanization	193
2.1.3. Mechanization levels of arc and resistance welding	195
2.1.4. Characteristics of single-purpose machines	197
2.2. Welding robots	200
2.2.1. Concept and characteristics industrial robots	201
2.2.2. Arm-systems and freedom-degrees of robots.....	203
2.2.3. Control technics of robots.....	212
2.2.4. Safety technics of robots	223

2.3. Welding devices	227
2.3.1. Requirements of welding devices.....	228
2.3.2. Device-parts, simple welding devices	229
2.3.3. Complex welding devices	243
2.3.4. Single-purpose equipments from auxiliary plants	251
2.4. Welding automatization.....	255
2.4.1. Manufacturing cell	258
2.4.2. Manufacturing line	259
2.4.3. Flexible Manufacturing system.....	259
2.4.4. Logistic background	261
Bibliography	267
Welding techniques (Summary).....	275
Contents.....	277
Schweißtechnik (Zusammenfassung).....	279
Inhalt	281
Tehnologii de sudură (Rezumat)	283
Cuprins.....	285

SCHWEISSTECHNIK

Zusammenfassung

Das Schweißen ist das wichtigste Fügeverfahren. Das zeichnet sich durch die hohe Zahl an Verfahrensvariationen, den breiten Umfang von dazu entwickelten Zusatz- und Hilfsstoffen und durch die unterschiedlichen Möglichkeiten der Mechanisierung aus.

Diese Gesamtheit bedeutet eine schweißtechnische Basis, auf die Konstrukteure, Technologen und Manager bauen können. Dieses Buch möchte mit einem systematischen, kompakten Überblick der vorgestellten Themen dazu beitragen. Ziel des Buches ist es, theoretisches und praktisches Wissen, mit denen Schweißer und Manager ihre Kenntnisse vertiefen können, zusammenzufassen.

Das Buch versucht über das Schweißen, die verwandten Verfahren und über die Möglichkeiten der Mechanisierung – zusammen auch technischer Hintergrund genannt – Kenntnisse enzyklopädisch, in kompakter Form zu bieten.

Das Buch versteht unter verwandten Fügeverfahren

- das Lötten und die alternativen Fügeverfahren, wie Kleben und mechanisches Fügen;
- das thermische und alternative Schneiden (Erosion, Scheren, Zerspanen) zur Werkstückvorbereitung (z. B. Zerteilen, Abkanten), als formgebendes Verfahren
- oft das nach dem Schweißen verwendbare Oberflächenbehandlungsverfahren, als ein Verfahren für Werkstoffgefügeveränderung und Veränderung der Werkstoffeigenschaften

Das Buch fasst auch die Normbezeichnung und die Einteilung vom Schweißen und verwandte Verfahren zusammen. Diese internationale Werkstoffnummerierung ist eine „gemeinsame Sprache“, die alle Fachleute, unabhängig von Nationalität verstehen. Sie dient als eine eindeutige Schreibweise zu den Bezugnahmen verschiedener Fachgebiete.

Aus den Mitteln der Mechanisierung – wegen ihrer Anwendungsmerkmale – werden die mit der Peripherie zusammenarbeitenden, flexibel programmierbaren Betriebsroboter herausgehoben. Durch die Anwendung von Robotern erhöht sich die Produktivität, sinkt die Fertigungszykluszeit, verbessern sich die Qualität und die Reproduzierbarkeit und steigt die Flexibilität des Fertigungssystems. Der Einsatz von Robotern ermöglicht die Verminderung der monotonen und schweren physikalischen Arbeit und ersetzt menschliche Arbeitskraft bei besonders gesundheitsschädlichen Schweißaufgaben. Die Anwendungen von Vorrichtungselemen-

ten, einfachen und komplexen Vorrichtungen bzw. Hilfseinheiten sind allgemeine Voraussetzungen für die Mechanisierung des Schweißens. Mit diesen Elementen können die physikalische Belastung von Schweißern und die Schweißnebenzeiten reduziert werden. Das Buch geht auch auf dieses Teilgebiet der Schweißtechnik ein.

Inhalt

Vorwort.....	7
Einführung.....	9
1. Schweißen und verwandten Verfahren.....	11
1.1. Press- und Schmelzschweißverfahren.....	15
1.1.1. Kalt- und Warmpressschweißen	18
1.1.2. Schweißen von Polymeren.....	46
1.1.3. Schmelzschweißen.....	51
1.1.4. Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfswerkstoffe	86
1.2. Thermisches Schneiden und andere Schneidverfahren	115
1.2.1. Thermisches Schneiden und Ausfugen	115
1.2.2. Erosionsschneiden	124
1.2.3. Zerspanungsschneiden	129
1.2.4. Scherschneiden.....	131
1.3. Löten und andere Fügeverfahren.....	136
1.3.1. Weich- und Hartlöten.....	136
1.3.2. Fugenlöten.....	147
1.3.3. Kalt- und Warmkleben	149
1.3.4. Mechanisches Fügen	157
1.4. Oberflächenbeschichtungsverfahren und andere Behandlungsverfahren	168
1.4.1. Oberflächenbeschichtungsverfahren.....	170
1.4.2. Oberflächenbehandlungen mit Veränderung der Zusammensetzung .	177
1.4.3. Oberflächenbehandlungen mit Materialstrukturveränderung	181
1.4.4. Oberflächenbehandlungen mit Umschmelzen	183
2. Mechanisierung des Schweißens	191
2.1. Mechanisierungsstufen der Technologien	191
2.1.1. Begriffe der Mechanisierung	191
2.1.2. Wirkungen der Mechanisierung.....	193
2.1.3. Mechanisierungsstufen von Lichtbogen- und Widerstandsschweißen ...	195
2.1.4. Eigenschaften von Sonderschweißanlagen	197
2.2. Schweißroboter	200
2.2.1. Betriebsroboter; Begriffe und Eigenschaften	201
2.2.2. Robotarsysteme und Freiheitsgrade	203
2.2.3. Steuerungstechnik für Roboter.....	212
2.2.4. Sicherheitstechnik für Roboter	223

2.3. Schweißvorrichtungen.....	227
2.3.1. Anforderungen an Schweißvorrichtungen.....	228
2.3.2. Vorrichtungselemente und einfache Schweißvorrichtungen.....	229
2.3.3. Komplexe Vorrichtungen.....	243
2.3.4. Sonderanlagen aus Hilfseinheiten.....	251
2.4. Automatisierung des Schweißens.....	255
2.4.1. Die Fertigungszelle.....	258
2.4.2. Die Fertigungsstraße.....	259
2.4.3. Das flexible Fertigungssystem.....	259
2.4.4. Logistischer Hintergrund.....	261
Literatur.....	267
Welding techniques (Summary).....	275
Contents.....	277
Schweißtechnik (Zusammenfassung).....	279
Inhalt.....	281
Tehnologii de sudură (Rezumat).....	283
Cuprins.....	285

TEHNOLOGII DE SUDURĂ

Rezumat

Sudarea este cel mai important procedeu tehnologic de asamblare nedemontabilă, care se remarcă printr-o multitudine de variante tehnologice, printr-o gamă largă de materiale de adaos și auxiliare dezvoltate pentru aceste procese și printr-un grad ridicat de mecanizare și automatizare.

Toate acestea constituie o bază de lucru pentru constructori, tehnologi și manageri. Ca argument în acest sens, cartea de față oferă o imagine compactă și sistematică asupra acestui subiect. Scopul cărții este de a îmbina cunoștințele teoretice cu cele practice pentru ca cititorii, sudori și operatori în domeniul sudurii, să-și poată aprofunda cunoștințele.

Am încercat să oferim în această carte, într-o formă compactă și enciclopedică, informații legate de sudură, de procedeele înrudite și informații despre posibilitățile de mecanizare, pe care le-am denumit cadru tehnic.

Cartea de față privește ca procedee de asamblare înrudite

- brazarea și procedeele de îmbinare alternative, cum sunt lipirea și asamblările mecanice;
- pregătirea pieselor (de ex. debitare, șanfrinare) prin procedee termice sau alternative de tăiere (eroziune, decupare, așchiere), ca tehnologie de formare
- și metodele de tratare a suprafețelor aplicate în numeroase cazuri după sudare, ca procedee de modificare a structurii materialului, care să conducă la îmbunătățirea proprietăților acestuia.

Cartea prezintă și sistemul standardizat de marcare și clasificarea procedeelelor de sudură și a procedeelelor înrudite. Această numerotare acceptată la nivel internațional este un fel de „limbă comună” pe care o înțeleg toate persoanele de specialitate, indiferent de naționalitatea lor și reprezintă o bază de referință pentru diferite domenii.

În ceea ce privește mijloacele de mecanizare, datorită aplicabilității lor, sunt amintiți roboții industriali flexibili programabili, care colaborează cu echipamentele periferice. Prin utilizarea roboților se mărește productivitatea și se scurtează ciclul de fabricație, cresc calitatea, reproductibilitatea și flexibilitatea sistemului de producție, făcând posibilă ușurarea muncii fizice grele sau monotone sau înlocuirea activității umane în zonele care prezintă un pericol pentru sănătate. Utilizarea de elemente și dispozitive simple și complexe sunt premise de bază pentru mecanizarea operațiilor de sudare. Cu ajutorul acestor elemente se poate

reduce efortul fizic depus de sudor și timpul de pregătire. Cartea tratează, de asemenea, și aceste domenii subsidiare legate de sudură.

Cuprins

Prefață.....	7
Introducere	9
1. Sudarea și procedee înrudite.....	11
1.1. Sudarea prin presiune și sudarea prin topire	15
1.1.1. Sudarea prin presiune la cald și la rece	18
1.1.2. Sudarea polimerilor	46
1.1.3. Sudarea prin topire	51
1.1.4. Materiale de adaos și materiale auxiliare	86
1.2. Tăierea la cald și alte procedee de tăiere	115
1.2.1. Tăierea la cald și realizarea rostului	115
1.2.2. Tăierea prin eroziune	124
1.2.3. Tăierea prin așchiere	129
1.2.4. Tăiere cu foarfeca	131
1.3. Brazarea și alte procedee de îmbinare	136
1.3.1. Lipirea cu aliaj moale și lipirea cu aliaj dur	136
1.3.2. Brazarea	147
1.3.3. Lipirea la cald și la rece	149
1.3.4. Asamblări mecanice	157
1.4. Procedee de acoperire a suprafețelor și alte metode de tratare a suprafețelor	168
1.4.1. Procedee de acoperire a suprafețelor	170
1.4.2. Tratarea suprafețelor cu modificarea compoziției	177
1.4.3. Tratarea suprafețelor cu modificarea structurii materialului	181
1.4.4. Tratarea suprafețelor prin retopire	183
2. Mecanizarea sudurii.....	191
2.1. Nivelele de mecanizare ale tehnologiilor	191
2.1.1. Noțiuni de mecanizare	191
2.1.2. Efecte ale mecanizării	193
2.1.3. Nivele de mecanizare la sudarea cu arc și la sudarea electrică prin rezistență	195
2.1.4. Caracteristici ale instalațiilor de sudură speciale	197
2.2. Roboți de sudură	200
2.2.1. Roboți industriali; noțiuni și caracteristici	201
2.2.2. Sisteme de roboți cu braț și grade de libertate.....	203
2.2.3. Tehnici de comandă – control a roboților	212
2.2.4. Tehnici de securitate pentru roboți	223

2.3. Dispozitive de sudare	227
2.3.1. Cerințe legate de dispozitivele de sudare	228
2.3.2. Elemente de dispozitive și dispozitive simple pentru sudare	229
2.3.3. Dispozitive complexe	243
2.3.4. Instalații speciale din unități auxiliare	251
2.4. Automatizarea proceselor de sudare	255
2.4.1. Locul de muncă	258
2.4.2. Linia de producție	259
2.4.3. Sistemul de fabricație flexibil	259
2.4.4. Cadrul logistic	261
Bibliografie	267
Welding techniques (Summary).....	275
Contents.....	277
Schweißtechnik (Zusammenfassung).....	279
Inhalt	281
Tehnologii de sudură (Rezumat)	283
Cuprins.....	285

A sorozat eddig megjelent kötetei:

1. Jodál Endre: *Számítástechnika az ezredforduló küszöbén*. 1992. 35 oldal
2. Pálfalvi Attila: *Porkohászat*. 1993. 39 oldal
3. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. 2007. 213 oldal
4. Bitay Enikő: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. 2007. 174 oldal
5. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületkezelés*. 2009. 360 oldal
6. Forgó Zoltán: *Bevezetés a mechatronikába*. 2009. 200 oldal
7. Tolvaly-Roşca Ferenc: *A számítógépes tervezés alapjai. AutoLisp és Autodesk Inventor alapismeretek*. 2009. 200 oldal

Megjelenés előtt álló kötetek:

9. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Hegesztéstechnika II. Berendezések és mérések*.
10. Máté Márton: *Műszaki Mechanika – Kinematika*.

A hegesztés a legfontosabb kötőtechnológia, amit jól kifejez az igen nagy számú eljárásváltozat megjelenése, a hozzájuk kifejlesztett hozag- és segédanyagok széles köre, a gépesítésük többféle lehetősége. Ezek együttese olyan hegesztés-technikai bázist jelent, amelyre egyaránt építhet konstruktőr, technológus és menedzser. Hogy ez az „építkezés” megalapozott lehessen, ahhoz a jelen könyv is hozzá kíván járulni a felsorolt témaegységek rendszerező, tömör szemléletű áttekintésével. Célja olyan elméleti és gyakorlati ismeretek összefoglalása, amelyek alátámaszt(hat)ják, illetve bővit(het)ik a hegesztéssel kapcsolatba kerülők háttérismereteit. Kompakt formában, enciklopédikusan igyekszik információkat nyújtani olvasóinak a hegesztés azon részterületeiről – a hegesztési és rokon eljárásokról, illetve a gépesítés lehetőségeiről – amelyeket egyszerűen technikai háttérnek is nevezhetünk.

ISBN 978-606-8178-04-2



9 786068 178042