

HEGESZTÉS

A különböző kötéstípusokat az **1. ábra** szerint csoportosíthatjuk. A kötés erősségét tekintve az anyaggal záró kötések a legerősebbek. Ezen belül is a ragasztott kötésekre az adhézió a jellemző, a forrasztott kötéseknel szintén adhézió diffúziós réteggel, míg a hegesztett kötéseknel a kohézió. Tehát a jól kivitelezett hegesztés fog mindközül a legerősebb kötészilárdsággal rendelkezni, hiszen itt elsőrendű fémes kötés fog kialakulni a kötendő darabok között.

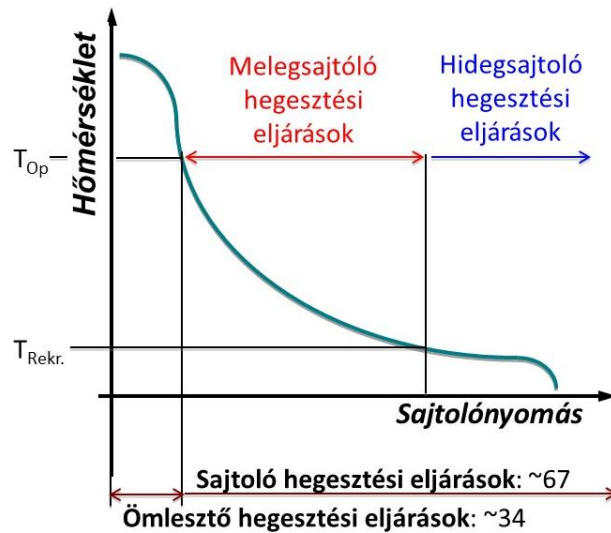


1. ábra. Kötéstípusok csoportosítása

A fémes kötés a vegyértékelektronok kölcsönös elektronfelhőbe történő leadását jelenti, tehát létrehozásához a kötendő felületek rácsparaméter távolságba történő megközelítése szükséges. Egy igen finoman megmunkált felület felületi érdessége még mikrométeres, míg a fémes elemek rácsparamétere nanométeres tartományba esik. Tehát hegesztéskor felületi érdességből adódó közel három nagyságrendnyi különbséget kell áthidalni.

Ha ezt a problémát a felületek megolvasztásával és az új felületek közötti ömledék kristályosodásával oldjuk meg, akkor ömlesztő hegesztésekről, ha pedig a felületek nagymértékű alakváltoztatásával (összesajtolásával) akkor sajtolóhegesztésekről beszélünk (**2. ábra**). Az sajtolóhegesztésekhez a felületek nagy alakváltozása szükséges (150-200%).

A sajtoló hegesztési eljárásokat tovább csoportosíthatjuk még a szerint is, hogy az újrakristályosodási hőmérséklet alatt, vagy felett történik a hegesztés. Értelem szerűen a hőmérséklet növelésével csökken az összesajtoláshoz szükséges erő (**2. ábra**) és azok az anyagok is hegeszthetővé válnak, melyek szobahőmérsékleten nem képesek nagymértékű alakváltozásra.



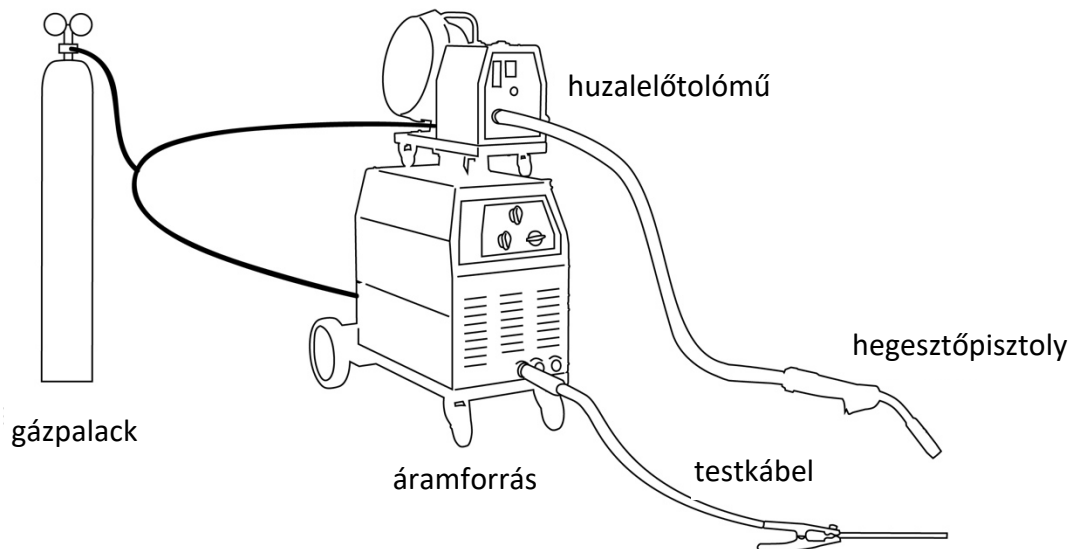
2. ábra. Hegesztési eljárások csoportosítása a hegesztési hőmérséklet és nyomás függvényében

A különböző hegesztési eljárásokat szokás a hőbeviteli forrás, az alkalmazott hozaganyag és varratvédelem szerint megnevezni. A hegesztési eljárások szabványos magyar elnevezéseit és a számjelüket az ISO 4063:2016 szabvány tartalmazza. A hegesztés és rokon eljárások általános magyar kifejezéseit az MSZ ISO/TR 25901-1:2020 előszabvány tartalmazza.

A laborgyakorlatok során mindkét főcsoportba tartozó eljárásokból a legtöbbet használtat és egyben a legszélesebb körben robotizált eljárásokat nyílik lehetőségük a hallgatóknak kipróbálni.

Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés (13)

A 13-as eljáráscsoportba tartozó huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéskor a folyamatosan dobról, vagy hordóból előtolt huzal és a munkadarab között gyújtunk ívet. Az ív megolvasztja a munkadarab felületét és a hegesztőhuzalt, így képezve ömledéket. A varrat védelmére aktív és semleges védőgázok alkalmazhatók. A berendezés elvi felépítését az **3. ábra** szemlélteti.



3. ábra. Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztő-berendezés elvi felépítése

Megjegyzendő, hogy laborjainkban központi gázellátó rendszer működik, **ellenőrizzük hegesztés előtt, hogy a berendezések a kevertgáz** (Corgon – 82% Ar + 18% CO₂) **elvételi pontra vannak csatlakoztatva** (mindig a jobb oldaliak) **és a rotaméteres elvételi ponton az elzáró szerelvény ki van nyitva (4. ábra)**. A gázáram beállításán ne változtassunk, azt bízunk a gyakorlatvezetőkre amennyiben szükséges.

Alkalmazott védőgázok lehetnek (MSZ EN ISO 14175:2008): CO₂ (C1), argon vagy argon és CO₂ (M21) gázkeverékben is ezért az eljárások megnevezései lehetnek:

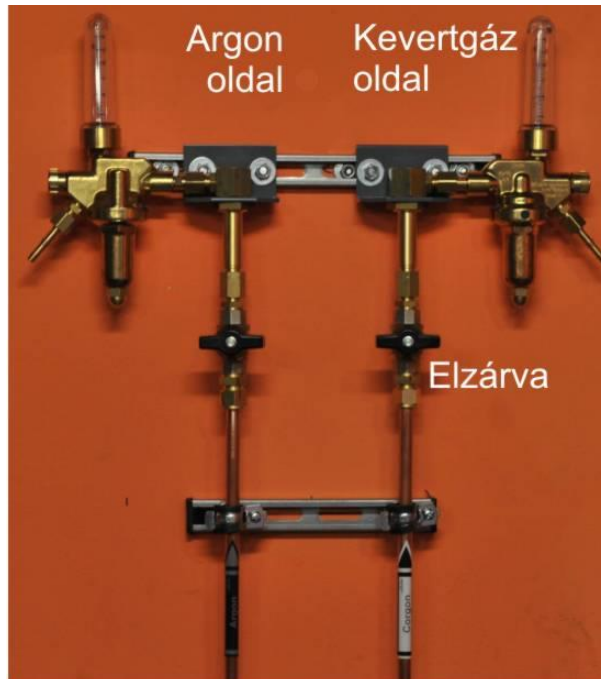
Huzalelektrodás semleges védőgázos ívhegesztés (131-133) (MIG-hegesztés a Metal Inert Gas szavak kezdőbetűiből). Szokásos védőgázok: argon (Ar) esetleg hélium (He).

Huzalelektrodás aktív védőgázos ívhegesztés (135-138) (MAG-hegesztés a Metal Active Gas szavak kezdőbetűiből). Szokásos védőgázok: széndioxid (CO₂) és széndioxid-argon keverékek.

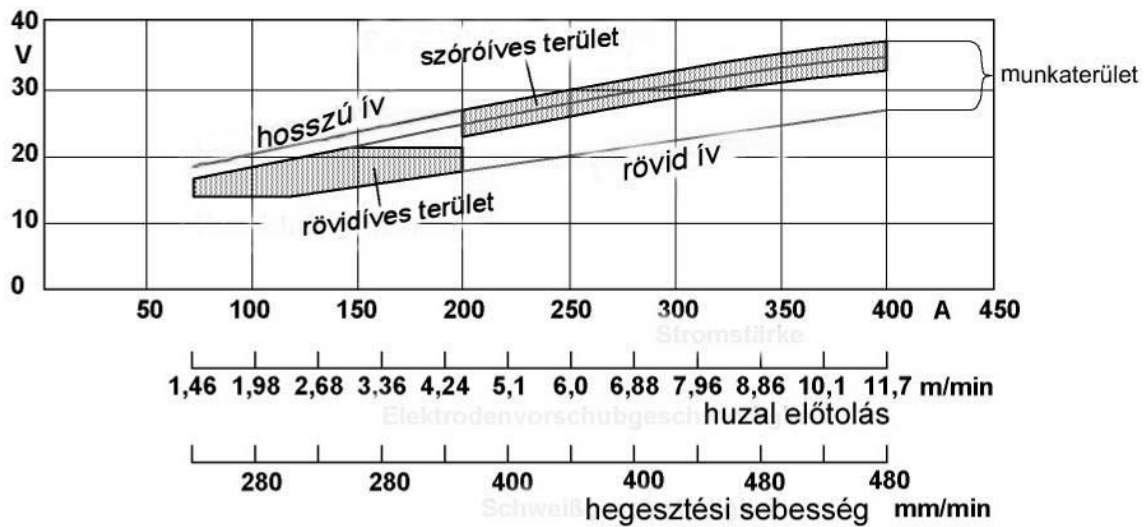
US angol rövidítése (131-138)(GMAW a gas metal arc welding szavak kezdőbetűiből)

Hegesztőanyag: az alapanyaghoz választott, megfelelő kémiai összetételű huzalelektroda, lehet tömör, vagy portöltésű is. Jellemző elektróda-átmérők: 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 mm, felülete lehet csupasz (polimerrel bevont) vagy rézzel, vagy bronzal bevont.

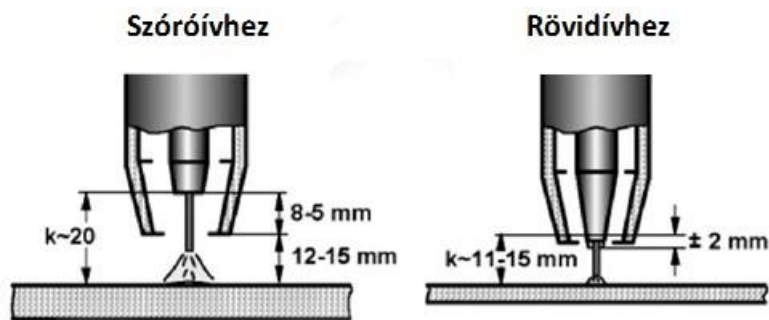
A hegesztési paraméterek úgymint feszültség, huzalelőtolás (áramerősség), hegesztési sebesség, pisztolytávolság és pisztolytartás helyes megválasztásához a 5 – 7. ábrák nyújtanak segítséget.



4. ábra. Rotaméteres elvételi pont tiszta Ar és Ar+Co₂ gázkeverékekhez

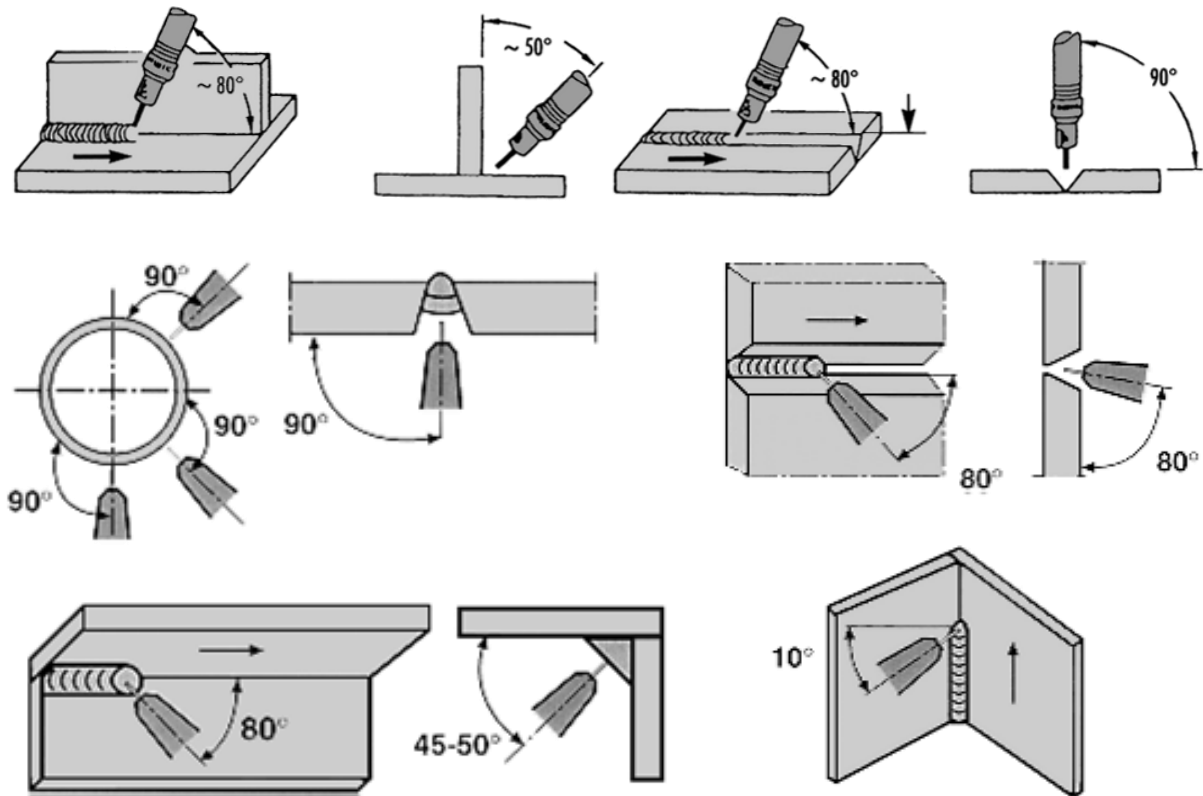


5. ábra Segédlet a hegesztési paraméterek kiválasztásához



k – a munkadarab és az áramátadó közötti távolság

6. ábra Segédlet a helyes munkatávolság kiválasztásához



7. ábra Segédlet a helyes pisztolytartás kiválasztásához különböző varratpozícióknál

Eljárásváltozatok ISO4063:2016 szerint

- 13 Huzalelektrodás, védőgázos ívhegesztés
- 131 Tömör huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG-hegesztés tömör huzalelektrodával)
- 132 Porbeles huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG-hegesztés porbeles huzalelektrodával)
- 133 Fémportöltetű huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG-hegesztés fémportöltetű huzalelektrodával)
- 135 Tömör huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG-hegesztés tömör huzalelektrodával)
- 136 Porbeles huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG-hegesztés porbeles huzalelektrodával)
- 138 Fémportöltetű huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG-hegesztés fémportöltetű huzalelektrodával)

A Hegesztés laborgyakorlat során elvégzendő feladatok:**1. részfeladat:**

Az S235JR 3 mm vastag tesztlemez élével párhuzamos varrathernyó képzés felrakó hegesztésként. A hő hatásának megfigyelése a munkadarab deformációjára. A tesztlemez mindkét oldalán a felrakó hegesztés gyakorlása. A pisztolytartás és pisztolytávolság hatásának megfigyelése az ívstabilitásra és varratképre.

2. részfeladat:

2 db S 235 JR 3 mm vastag lemez összefűzése a sarkaikon, utána belső sarokvarrat készítése. A be, ill. átolvadás megfigyelése. Ezután a meghegesztett darabot fogóval megfordítva a „sátortető” külső élének meghegesztése.

3. részfeladat:

Egyenként, on-line programozási rendszerben a programozópult segítségével a hegesztőrobot mozgatása. A koordináta-rendszer hatásának megfigyelése a mozgatás menetére. Lehetséges nullpont felvétele a sarokvarrat hegesztésének megkezdésére, ügyelve a robotkar szöghelyzetére, és munkadarabtól való távolságára.

4. részfeladat:

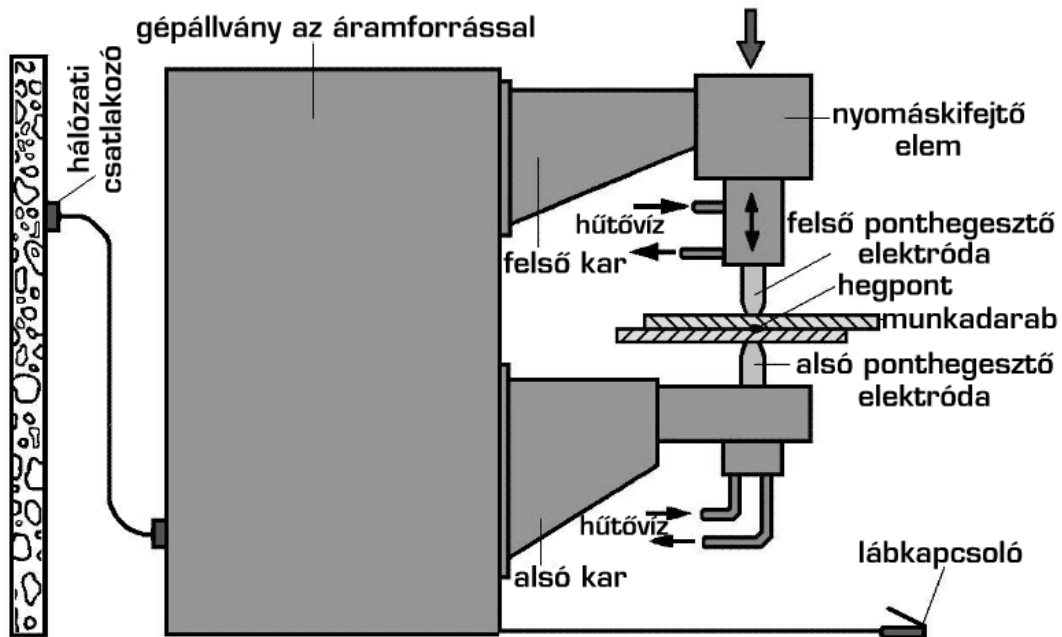
A gyakorlatvezető elindítja az előre beprogramozott hegesztési műveletet a sarokvarrat elkészítésére, előre összefűzött S 235 JR alapanyagú lemezeken. A hegesztés után a laborcsoport a gyakorlatvezetővel megbeszéli a robotos hegesztés előnyeit és hátrányait. Tapasztalatok összehasonlítása a Hegesztés I. labor során, 135-ös eljárással készült varratképzés menetével.

5. részfeladat:

Bemutató jelleggel az ellenállás-ponthegesztés megismerése. A különböző hegesztési paraméterek hatásának megismerése a hegesztési varrat méretére és a heglencse tönkremenetelének jellegére.

Ellenállás-ponthegesztés (21)

Ellenállás-ponthegesztéskor a kohéziós kötés hő- és nyomó erő együttes hatására jön létre. A kötés létesítéséhez szükséges hő a munkadarabon átvezetett, áramnak az átmeneti ellenálláson, valamint a munkadarabban fejlődött Joule hője adja. A berendezés fő egységeit az **8. ábra** szemlélteti.



8. ábra Ellenállás-ponthegesztő gép sematikus ábrája
[\[http://docplayer.hu/docs-images/26/7588120/images/49-0.png\]](http://docplayer.hu/docs-images/26/7588120/images/49-0.png) alapján

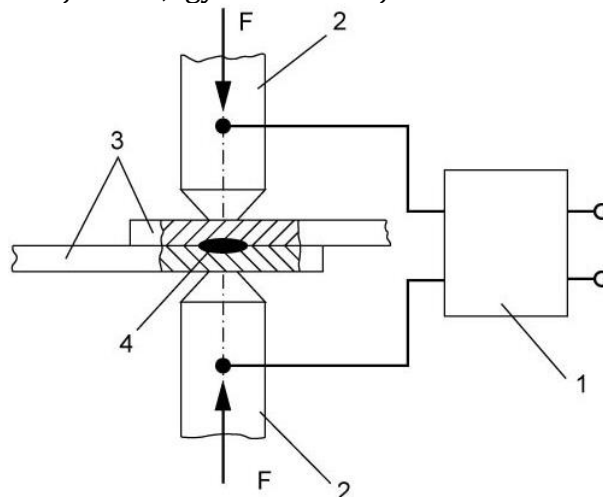
A ponthegesztéssel átlapolt lemezek között lehet kötetést létrehozni, ennek sematikus metszetét a **9. ábra** mutatja be. A Joule-hő mennyisége az **1.1-es** összefüggés alapján számítható,

$$Q = I^2 R \tau \quad (1.1)$$

ahol I az áramerősség (A); R a munkadarab ellenállása (Ω); τ az áram ideje (s). A legnagyobb ellenállások az elektródák és a lemezek érintkezési felületén, a munkadarabokon és a két lemez érintkezésénél keletkeznek. Az elektródák és a lemezek érintkezési ellenállásának nagysága megfelelő felületi minőségű lemezek és elektródák esetében elhanyagolható (az elektródák eleve kis ellenállású Cu vagy W ötvözetek). A munkadarabok saját ellenállása a hegesztési folyamat megkezdésekor a lemezek közötti átmeneti ellenálláshoz viszonyítva nem nagy. Ezért a legintenzívebb hőfejlődés is a két lemez határfelületén fog megindulni. Hegesztés során a hőmérséklet növekedéséből kifolyólag az átmeneti ellenállás csökken, a lemezek saját ellenállása pedig nő.

Az ellenállás-ponthegesztetés menete

Az átlapoltan illesztett lemezek a hegesztés megkezdése előtt az alsó elektródára támaszkodnak. A hegesztési ciklus megkezdésekor a felső elektróda összezár, majd létrehozza a kívánt elektródanyomást, mely után beállított idővel a vezérlés bekapcsolja a hegesztőáramot. Tehát az elektródák feladata a nyomóerő kifejtése mellett az áram koncentrálása is. Az áram bekapcsolásának pillanatában, mint említettük a legnagyobb átmeneti ellenállás a két lemez érintkezési felületén lesz, így először ezen a helyen fog a legtöbb hő fejlődni. Az alapanyagok felmelegedése, valamint a folyamatos nyomóerő hatására a lemezek érintkező felülete nő, ezzel párhuzamosan az átmeneti ellenállásuk pedig csökken (és kb. a hegesztési idő negyed részének eltelte után tulajdonképpen teljesen megszűnik). Ám az anyag melegedése során az anyag ellenállása nőni fog, ami azt eredményezi, hogy az áramkör legnagyobb ellenállása továbbra is a lemezek érintkezési felületei környezetében lesz, így továbbra is itt fejlődik majd a legtöbb hő, így itt kezdődik az érintkező felületek megolvadása és lencse alakú ömledék keletkezik. A hegesztőáram kikapcsolása után az ömledék megdermed és létrejön a pontvarrat. (Amennyiben ömledék keletkezik és a két érintkező felület között marad, és nem fröcsköl ki sorját képezve a lemezek között, akkor akár az ömlesztő hegesztésekhez is sorolhatnánk az eljárást). A dermedés befejeződése után a felső elektróda kinyit, megszűnik a nyomóerő, a hegesztési folyamat befejeződik, így eltávolíthatjuk a munkadarabot.



9. ábra Ponthegesztés sematikus elrendezése, ahol;
1 az áramforrás, 2 elektródák, 3 lemezek, 4 pontvarrat
 [Hegesztési Kézikönyv. Szerk.: Dr. Baránszky-Jób Imre. Bp., 1985.]

Az ellenállás-ponthegesztetés munkarendje

Ponthegesztés során alapvetően két fajta munkarendet szokás megkülönböztetni. Az úgynevezett kemény munkarend alkalmazása esetén nagy áramerősség és rövid hegesztési idő jellemzi a hegesztési folyamatot. Ebben az esetben gyors hőfejlődés miatt kisebb a hőveszteség, az elektródakopás és az elhúzóadás. Jó hővezető és beedződésre nem hajlamos anyagok esetén alkalmazzuk (pl.: alumínium, ötvözetek, rézötvözetek). Lágy munkarend esetén pedig kisebb áramerősséget és hosszabb hegesztési időt alkalmazunk. A hosszabb hegesztési idő eredményeképpen a hőfejlődés lassabban következik be, a pontvarrat hőhatásövezete széles lesz. Ez a tulajdonsága ugyanakkor az edződésre hajlamos anyagok hegesztésére kiválóan alkalmassá teszi, hiszen így a pontvarrat illetve a hőhatásövezetének hűlési sebessége is csökkenni fog (pl. szénacélok).

A laborgyakorlat során használt berendezés kezelése

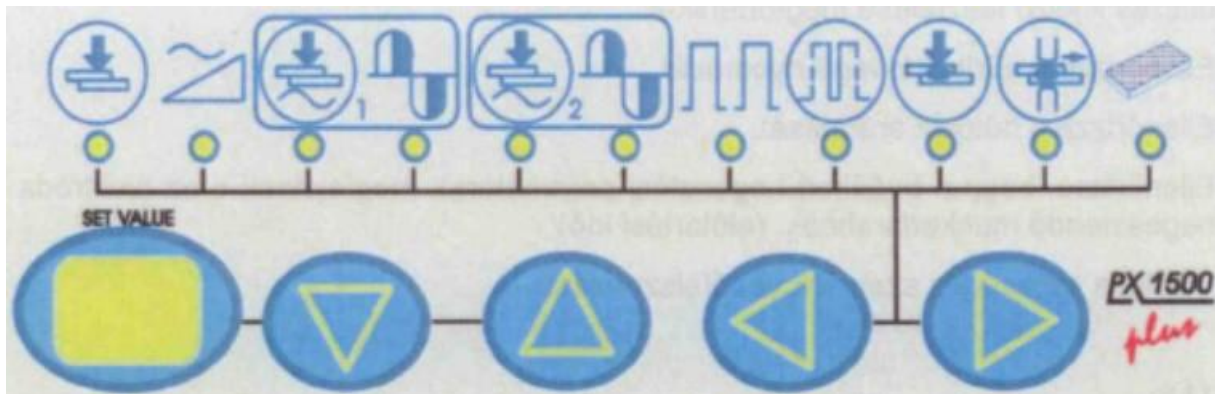
A laborgyakorlat során a hegesztés P.E.I. Point PX1500P plus vezérlőegységgel felszerelt P.E.I. Point PN25 ponthegesztő gépen történik (**10. ábra**).



10. ábra A P.E.I. Point PN25 ellenállás-ponthegesztőgép

A használt berendezés váltóáramú, tehát a *hegesztési időt* periódusban adjuk meg (0-99) amely osztásonként 1/50 s-ot jelent (50 Hz a berendezés üzemi frekvenciája). A hegesztőberendezés kezelőfelülete a **11. ábrán** látható, míg a programozásához szükséges információk a **12-13. ábrán** láthatók.


Az áramerősséget szintén osztásban adjuk meg (0-99), amely tényleges értéke függ a gépkarakterisztikától és a hegesztett anyagok típusától és a lemezvastagságtól. Így a tényleges áramerősség meghatározásához használjuk a **14. ábrát** melyen a ténylegesen kimért áramerősségek láthatók.




11. ábra A P.E.I. Point PN25 ellenállás-ponthegeesztőgép kezelőfelülete

3.7.3. Programozás

Amikor a vezérlés nem végez hegesztési ciklust, akkor lehet a gépet programozni vagy módosítani a hegesztési paramétereiket.

Egyszerűen nyomja meg a  gombot a hegesztési ciklus kívánt paramétereinek kiválasztásához. Amikor a zöld LED világít egy grafikus ábra alatt, akkor az kiválasztásra kerül.

A SET VALUE kijelző mutatja a kiválasztott funkció értékét. A  gombokkal a kijelölt paraméter beállított értéke (SET VALUE) növelhető vagy csökkenthető.


3.7.4. Működtetési utasítások

Amikor a hegesztőgépet bekapcsolja, a hegesztésvezérlés ellenőrzést hajt végre az összes kijelzőfényen. A SET VALUE kijelző mutatja a telepített szoftver verzióját.


Az önellenőrzés után a kijelzők visszatérnek abba az állapotba, amelyben kikapcsoláskor voltak és a START gomb megnyomásával indítható a munkafolyamat.

A hegesztés során a vezérlés kijelzi az összes munkafázisát a LED-ek egymás utáni bekapcsolásával.

3.7.5. A hegesztési program kiválasztása (csak a PX1500P plus esetén)


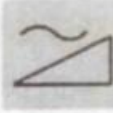








A PX1500P kilenc különböző hegesztési programot tud végrehajtani. A kívánt kiválasztásához nyomja meg a  gombot többször, amíg a kijelző elkezd villogni.

A PX1500P most kijelzi az éppen aktív programot.

Ha egy különböző másik programot kíván előhívni, használja a  gombokat egy 1 – 9 közötti érték kiválasztásához.

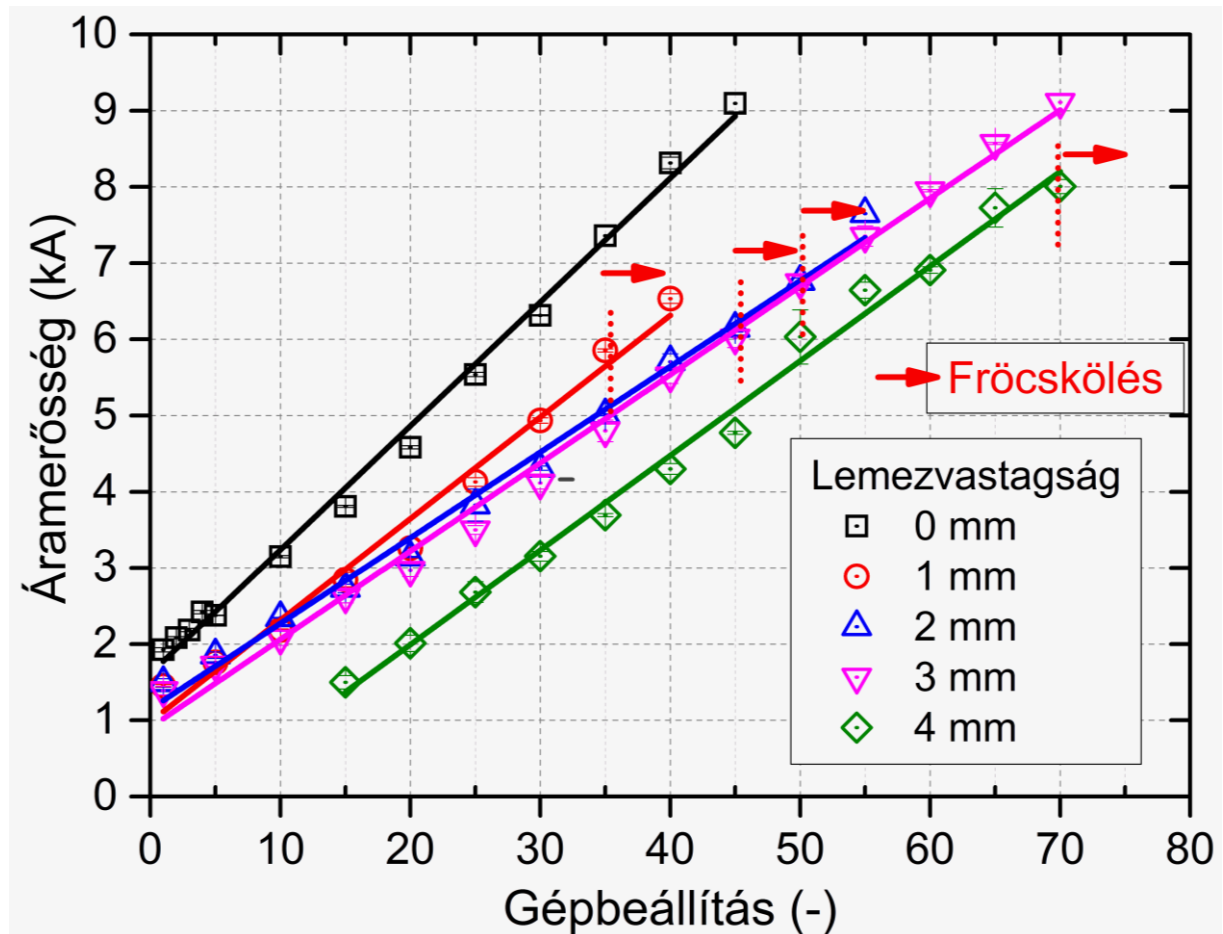
12. ábra A P.E.I. Point PN25 ellenállás-ponthegeesztőgép programozása

A PX1500-PX1500P plus adja az időtartamokat, amelyek vezérik a hegesztési ciklust. A hálózati periódus az időzítő egységideje, amely megfelel a másodperc 1/50-ed részének (50Hz). Ha például az összenyomási idő 50 periódusra van beállítva, akkor az idő 1 másodperc lesz.

	<p>Előtartási idő (0-99 periódus): Ez az az idő amire az elektródáknak szüksége van a hegesztendő darabokkal való érintkezésre és a hegesztési nyomás kifejtésre. A megolvadt anyag fröcsköl, ha ez az idő túl rövid.</p>
	<p>Áram felfutási idő (0-20 periódus): Hegesztési idő növekvő áramértékkel. Ha ez az érték nem 0, akkor a hegesztőáram fokozatosan éri el a kívánt értéket a felfutási idő alatt. Ezt a technikát akkor kell alkalmazni, amikor különösen vastag anyag érintkezése nem kielégítő vagy acélok hegesztése esetén.</p>
	<p>Beállítás 1-2: A hegesztési idő, az áramerősség és az elektróda nyomás a legfontosabb paraméterei a hegesztett pont elkészítésének. Ha a hegesztendő anyag vastagsága más, (legalább) a hegesztő áramot kell módosítani a többi paraméter változatlanul hagyása mellett. Ez az amiért a PX1500-nak két eltérő hegesztési ideje és áramértéke van. Az 1-es vagy 2-es beállítást automatikusan kiválasztja a hegesztés vezérlő egység, ha kiegészítő lábpedál vagy választókapcsoló van bépítve. Ha ilyen nincs, akkor az 1-es beállítást automatikusan kiválasztódik.</p>
	<p>Hegesztési idő (0-99 periódus): Az az idő, amíg a hegesztő áram folyik a hegesztendő darabokon.</p>
	<p>Teljesítmény beállítás (0-99%): A hegesztőáram értékét a teljesítmény százalékértékeként határozza meg.</p>
	<p>Impulzusszám (1-20): A hegesztési idő megismétlődik a karok szétnyitása nélkül a beállított értéknek megfelelően. Figyelem: Ez a funkció nem használható, ha a hegesztési idő hosszabb mint 20 periódus.</p>
	<p>Impulzus-szünet idő (0-99 periódus): A hegesztési impulzusok közötti szabad idő.</p>
	<p>Utótartási idő (0-99 periódus): Az az idő, amíg a az elektródák zárva maradnak a hegesztési idő után.</p>
	<p>Nyugalmi idő (0-99 periódus): Ha ez az érték 0, akkor a gép egy hegesztési ciklust fog elvégezni, még akkor is ha a START jelzés tovább ég. Ha az érték nem 0, akkor a hegesztési ciklus automatikusan ismétlődik. Ilyen esetben a nyugalmi idő fogja meghatározni a ciklusok közötti időtartamot.</p>
	<p>Energia funkció (0-1): Az érték 1-re állításával az "energia kompenzáció" funkció aktivizálódik, amely lehetővé teszi a szennyezett, oxidálódott lemezek hegesztését. A funkció nem aktív 0 állásban.</p>

13. ábra A P.E.I. Point PN25 ellenállás-ponthegesztőgép kezelőfelületének jelmagyarázata

Az adott gépbeállításhoz tartozó tényleges áramértékek S235 szénacél lemez esetén a kimért áramkarakterisztika görbékből meghatározhatók. Vigyázat, a piros szaggatott vonal értékeit elérve erős fröcsköléssel kell számolni!



14. ábra A P.E.I. Point PN25 ellenállás-ponthegesztőgép áramkarakterisztikája különböző lemeztvastságoknál S235 lemez esetén (kimérték Hajas Miklós és Nagy András)

Eljárásváltozatok ISO4063:2016 szerint

- 2 Ellenállás-hegesztés
- 21 Ellenállás-ponthegesztés
- 211 Egyoldali ellenállás-ponthegesztés
- 212 Kétoldali ellenállás-ponthegesztés

Felkészülést segítő kérdések

- Hogyan alakul ki a hegesztett kötés huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés esetén?
- Mi a különbség a MIG és a MAG -hegesztés között?
- Hogyan alakul ki a hegesztett kötés kézi ívhegesztés esetén?
- Mi a különbség a MIG / MAG és a kézi ívhegesztés között?
- Hogyan alakul ki a hegesztett kötés ellenállás-ponthegesztés esetén?
- Mi a különbség a kemény és lágy munkarend között ellenállás-ponthegesztés esetén?

Felhasznált és ajánlott irodalom

- Hegesztés és rokon technológiák. Szunyogh László főszerk. GTE, BP., 2007
- Hegesztési zsebkönyv. Gáti József főszerk. COKOM MÉRNÖKIRODA KFT. Miskolc 2010
- Fémek és kerámiák technológiája. Artinger, Csikós, Krállics, Németh, Palotás Műegyetemi Kiadó BP., 2006
- Hegesztési Kézikönyv. Szerk.: Dr. Baránszky-Jób Imre. Bp., 1985