



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Műszaki mérnökasszisztens gépészet specializáció

Ömlesztő hegesztési eljárások és eszközeik ismertetése, összehasonlító elemzése: előnyök, hátrányok és alkalmazási területek

**OE-RKK
2024.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Szatmári Gergő
T004177/FI12904/R**

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	6
1.1.	Hegesztés történelme.....	6
1.2.	Ömlesztő hegesztés	7
2.	Ömlesztő hegesztési eljárások.....	9
2.1.	Oxigén-acetilén lánghegesztés (311)	9
2.1.1.	Az oxigén-acetilén lánghegesztés elve.....	9
2.1.2.	Oxigén-acetilén lánghegesztéshez használt gázok.....	10
2.1.3.	A lánghegesztés eszközei	10
2.2.	Kézi ívhegesztés (111)	11
2.2.1.	A kézi ívhegesztés elve és technológiája.....	12
2.2.2.	Az ívgyújtás és a hegesztési folyamat.....	12
2.2.3.	Bevonattípusok és a bevonat feladatai	13
2.3.	Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés (131,135).....	14
2.3.1.	A védőgázok kiválasztása.....	15
2.4.	Volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés-TIG hegesztés (141)	16
2.4.1.	A TIG hegesztés gázai.....	17
2.4.2.	A volfrámelektrodák tulajdonságai és jelölésük	18
2.5.	Áramforrások	19
2.5.1.	Áramforrások általános kiválasztási szempontjai	19
3.	Felhasználási területek és az anyagok hegeszthetősége	21
3.1.	Felhasználási területek	21
3.1.1.	A hegesztés alkalmazási területei	21
3.1.2.	A hegesztés feltételei.....	21
3.2.	Anyagok hegeszthetősége.....	22
3.2.1.	A hőbevitel hatásai.....	22
3.2.2.	Hegeszthetőség	23
4.	Összehasonlító elemzés	26
4.1.	Előnyök.....	26
4.2.	Hátrányok	27

4.3. Felhasználási területek	29
5. Összefoglalás.....	31
6. Irodalomjegyzék.....	32

1. Bevezetés

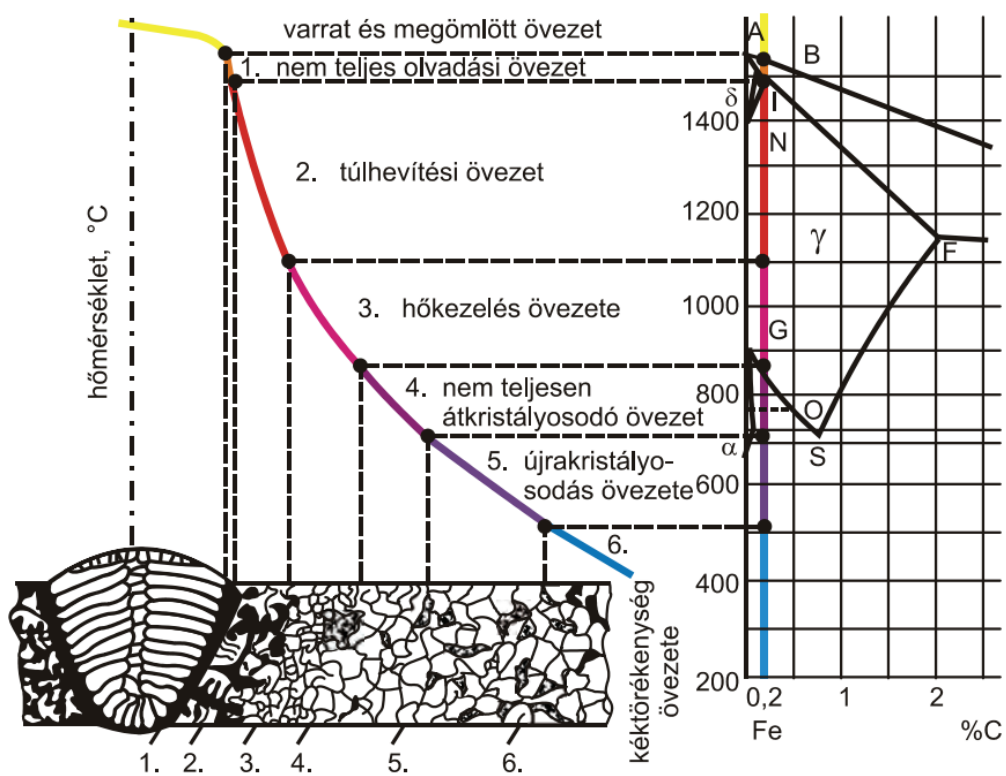
1.1. Hegesztés történelme

A vas feldolgozásának („vaskorszak”) kezdetével szinte együtt született kötési módszer a kovácshegesztés, ami gyakorlatilag a XIX. század közepéig egyeduralkodó 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. [1.] A hegesztés egészen az 1800-as évekig visszanyúlóan fontos szerepet játszik az iparban és annak fejlődésében. Két fő csoportra oszthatjuk: ömlesztő és sajtoló hegesztés. Dolgozatom fő témája az ömlesztő hegesztés négy fő eljárásának bemutatása és összehasonlító elemzése, ahol megvizsgálom az előnyeiket, hátrányaikat és a felhasználási területeiket. Ugyanis a hegesztés során számtalan tényezőt figyelembe kell venni, ami nem elhanyagolható. Az anyagok hegeszthetősége az egyik legfontosabb szempont. Minden anyag más és más tulajdonságokkal rendelkezik. Természetesen a fémek típusa, vastagsága, keménysége és hőállósága is fontos szerepet játszik a megfelelő eljárás kiválasztásában, hogy megfelelő minőségi hegesztés hozhassunk létre. „Az *American Welding Society* (Amerikai Hegesztési Szövetség) szerint a hegesztés legáltalánosabb definíciója a következő: A hegesztés olyan oldhatatlan kötőeljárás, amelynek során fémes vagy nemfémes anyagok elemi részeinek egyesítése megfelelő hőmérsékletre való hevítéssel történik, nyomás alkalmazásával, vagy anélkül, vagy csak nyomás alkalmazásával hevítés nélkül, hozaganyag felhasználásával, vagy anélkül.” [2.] A kohéziós kötés az anyag részecskéi között működő belső hatások következtében jön létre. A megszilárdult fém jellemzője, hogy az atomjai szabályos geometriai formában térrácsot alkotnak. A vas esetében ez a térrács kocka alakú. A hegesztés fogalmából következtetve, kizárólag azok az anyagokat tudjuk összehegeszteni melyeknek a rácsrendszere megegyező és a rácsparaméterük közel azonos. Ebből megállapíthatjuk, hogy az acél az acéllal összehegeszthető, de például az acél az alumíniummal nem, viszont a szénacél a

rozsdamentes acéllal igen. Tehát ez a kohéziós kötés létrejöttének feltétele, hogy a hegesztés során az anyagok rácsparamétereinek és a térrács jellemzői megegyezők, vagy közel azonosak legyen. Magas eltérések során az anyagok nem hegeszthetők össze. [3.]

1.2. Ömlesztő hegesztés

Ömlesztőhegesztés alkalmazásakor a hőközlés hatására, tehát a hőmérséklet olvadáspont fölé emelésével koncentráltan, az összehegesztendő anyagok egy adott pontján homogén halmazállapotú olvadék, vagy úgynevezett varratömledék keletkezik. Az ömledék a hőközlés megszűnés után, vagyis a hőelvezetés, hőátadás vagy hőkisugárzás következtében lehül, megdermed és hegesztési varratot képez. A hegesztéssel megfelelően egyesített anyagok a kristályrácsszerkezetük típusától függően egymáshoz kapcsolódnak az ömledékből létrejött hegvarratban. Az ömlesztő hegesztéssel kialakított kötés struktúrája jellemzően heterogén, továbbá alapvető módon hasonlít az öntött anyagok szerkezetéhez. Azonban ez esetben a kis térfogatú olvadt anyag gyorsan dermed meg és hül le a mellette lévő nagy térfogatú szilárd, ezen kívül hidegebb anyagrészek hűtőhatása miatt. A fémek hegesztési varratának szélén oszlopos kristallitok, amíg közepén poligonális szemcsék alakulnak ki, amelyek kedvezőtlenül koncentrálhatják az oldott szennyező anyagokat. Egyes hegesztési eljárásoknál a keletkező salaktakaró védi, valamint szigeteli a hülő varratzónát, csökkentve az oszlopos kristályok kiterjedését, ezen kívül a szennyezőanyagok dúsulását. A varrat melletti úgynevezett hőhatásövezetben az anyag hőkezelésen esik át, például acélok esetében felhevül egy szilárd oldatos állapotba, melyből gyors lehülés során nem egyensúlyi szerkezet alakul ki (1. ábra). Az acélok esetében megjelenő edződés (martenzitképződés) és az ezzel járó ridegedés, továbbá repedésveszély csökkenthető alacsonyabb széntartalmú anyagok alkalmazásával (ha a $C \geq 0,25\%$ edzhetőségi feltétel nem teljesül) vagy előmelegítéssel (ha a lehülés sebessége nagyobb, mint a kritikus edzhetőségi feltétel). A varrattól bizonyos távolságra a rekristallizációs hőmérséklet feletti hőmérséklet alakul ki, ami az anyag előzetes hidegalakításának nagyságához mérten megváltoztathatja, kedvezőtlen esetben durvábbá teheti a szemcseméretet. [1.]



1. ábra. Acélok ömlesztő hegesztéssel készített kötésének övezetei [1.]

2. Ömlesztő hegesztési eljárások

2.1. Oxigén-acetilén lánghegesztés (311)

2.1.1. Az oxigén-acetilén lánghegesztés elve

Az oxigén-acetilén lánghegesztés az ömlesztőhegesztési eljárások egyike. Hegesztéskor a munkadarabot oxigén és valamilyen éghető gáz keverékének lángját használva olvadáspontig hevítjük. A megolvadt alapanyaghoz hozaganyagot adagolunk, amelyek egy közös hegfürdőben összekeverednek és a megdermedés után hegesztési varratot, kötést képeznek. A láng hőmérséklete az oxigén és az éghető gáz keverékének arányától és fajtájától függően 2000 és 3200°C között változik. Ez az eljárás magasabb hőhatásővezettel jár. Kevésbé koncentrált a hőbevitel, mint az ívhegesztés során. Ez a különböző ötvözők csökkenéséhez vagy szemcsedurvuláshoz vezet. Egyes anyagok esetében a deformáció, vetemedés jelentős mértékű lehet, amely a későbbi munkálatok során gondot okozhat. Ezért a lánghegesztés erősen ötvözött acélok esetében kerülendő.

Az oxigén-acetilén lánghegesztés előnyei:

- nincs szükség áramra;
- nemcsak acél, hanem öntöttvas és nemvasfémek hegesztésére is használható;
- széles körben felhasználható, lángvágásra és előmelegítésre is;
- eszközei és berendezései viszonylag olcsók;
- felszerelések karbantartása egyszerű.

Az oxigén-acetilén lánghegesztés hátrányai:

- robbanásveszélyes gázok alkalmazása;
- magas hőbevitel, ezért megnövekszik a vetemedés aránya;
- időigényes, elavult eljárás;
- nagyobb odafigyelést igényel a nyílt láng felhasználása miatt. [4.]

2.1.2. Oxigén-acetilén lánghegesztéshez használt gázok

Hegesztőgáznak nevezzük azokat a gázokat, melyeket a fémek ömlesztőhegesztéséhez felhasználnak a hegesztési varrat, kötés kialakításához. A gázok szerepe továbbá a hegfürdő levegőtől való védelme.

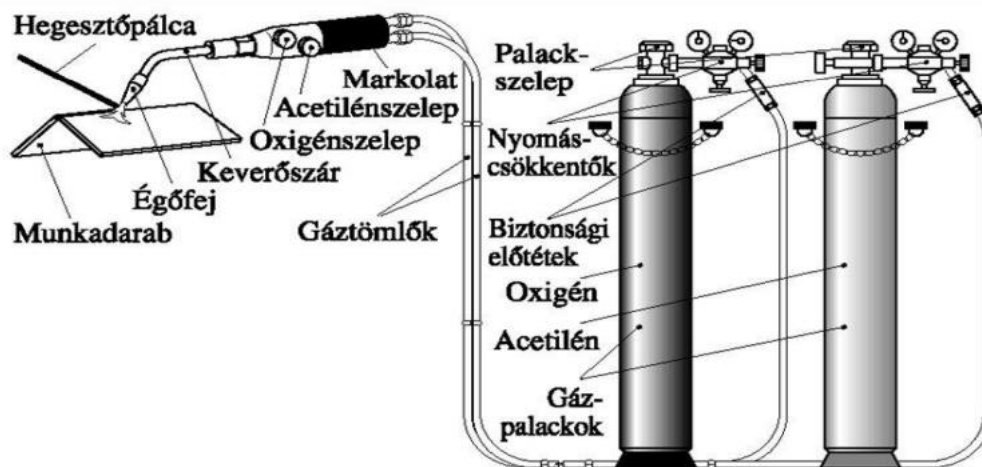
Az éghető gázok az égéshez elengedhetetlen oxigén jelentetében elégnak, és a hegesztéshez megfelelő hőmérsékletet biztosítják. Az oxigén-acetilén lánghegesztéskor alkalmazott gázok jellemzőit 1. táblázat tartalmazza. [4.]

1. táblázat Oxigén-acetilén lánghegesztéskor használható éghető gázok jellemzői [4.]

Éghető gáz	Sűrűség [kg/m ³]	Fűtő- érték [kJ/m ³]	Max. láng- hőmérséklet oxigénnel [°C]	Gyulladási hőmérséklet levegőben [°C]	Robbanási határ levegőben [%]	Égési sebesség oxigénben [m/s]	Primer láng- teljesítmény [kW/cm ²]
Acetilén (C ₂ H ₂)	1,17	57800	3180	335	3–82	13,5	44,8
Hidrogén (H ₂)	0,09	10800	2525	585	4–75	8,9	14,9
Propán (C ₃ H ₈)	1,83	93000	2850	510	2,1–9,5	3,7	10,4
Metán (CH ₄)	0,67	36000	2770	645	4–17	3,3	13

2.1.3. A lánghegesztés eszközei

Az oxigén-acetilén lánghegesztéshez első sorban egy oxigén- és egy éghetőgáz-palack szükséges. A palackokban magasabb a nyomás, mint amire az eljárás során szükség van ezért ezt le kell csökkenteni, ezt a szerepet a reduktorok másnéven nyomáscsökkentők töltik be. Hegesztés során lángvisszaégés következhet be, ezért szükséges visszaégés-gátlót csatlakoztatni. A reduktoroktól tömlőkkel jut el a gáz a lánghegesztő pisztolyokhoz, ahol megtörténik az oxigén és az éghetőgáz keveredése a keverőszárban, onnan pedig az égőfejbe jut, ahol létrejön a hegesztőláng. A berendezése eszközei a 2. ábrán láthatóak. Többféle keverőszár kapható, amit általában a lemezzvastagsághoz, illetve a hegesztendő anyaghoz választanak. Továbbá szükség lehet szikráztatóra, lánghegesztő szemüvegre és a megfelelő munkavédelmi eszközökre is. [5.]



2. ábra. Oxigén-acetilén lánghegesztés során használt eszközök elrendezése [6.]

2.2. Kézi ívhegesztés (111)

Az eljárás korábbi szabvány szerinti megnevezése a bevontelektrodás kézi ívhegesztés. Sokoldalúan alkalmazható eljárás, szinte minden anyag hegesztésére megfelelő. Egyszerűsége és az eszközök alacsony ára miatt otthon is sokan használják. A hegesztés során villamos ív keletkezik és marad fenn az elektróda vége és a munkadarab között. A megolvadt fémcseppek a bevonatos fémelektrodáról a hegesztőíven át jutnak az ömledékbe, miközben azokat a levegő káros hatásaitól a bevonatból létrejött gázok védik meg. Az elektródán lévő bevonatból kialakuló megolvadt salak lebeg a hegesztési ömledék tetején, így a szilárdulási ideje alatt megvédi a hegesztőanyagot a levegő hatásától. A salakot el kell távolítani és a varratot meg kell tisztítani minden varratsor lehegesztése után. [7.] Az eljáráshoz kevés eszköz szükséges, maga az áramforrás tehát hegesztőgép és annak tartozékai, mely a test és munkakábel. Szükséges hozzá még egy salakoló kalapács és egy drótkefe a varrat tisztításához.

Az eljárás előnyei:

- költséghatékony;
- az új modern berendezések könnyen szállíthatóak;
- alacsony eszközigény;
- széles körben alkalmazható.

Az eljárás hátrányai:

- nehéz megkülönböztetni a salakot az ömledéktől;
- utómunkát igényel;
- a megfelelő elektróda kiválasztásához szaktudás szükséges;
- néhány elektródát ki kell szárítani használat előtt. [4.]

2.2.1. A kézi ívhegesztés elve és technológiája



3. ábra. Kézi ívhegesztés hosszmetsete (bal) és a kézi ívhegesztés elvi vázlatá (jobb)

[4.]

Ívgyújtáskor rövidzárlat után a maghuzal és az alapanyag között elektromos ív jön létre. Ekkor megolvasztja a maghuzalt, az alapanyagot és az elektróda bevonatot is. A bevonatból a varrat védelmében védőgáz és salak képződik, amely részt vesz a lejátszódó metallurgiai folyamatokban is. A fémfürdő kristályosodásával létrejön a megszilárdult hegesztési varrat. A folyamatok során képződött gáz a hegesztés teréből kiszorítja a levegőt és annak káros hatásai így elkerülhetők. A kézi ívhegesztés hosszmetsete és elvi vázlatá a 3. ábrán látható. [4.]

2.2.2. Az ívgyújtás és a hegesztési folyamat

A hegesztőív a munkadarab és az elektródacsúcs között, gáznemű közegben létrejött ívkisülés. A hegesztőív kialakulása és változása az ívhossz szerint:

1. Üresjárás. A hegesztés áramköre még nem záródik tehát az elektróda nem érinti a munkadarabot, így villamos áram nincs az áramkörben csak kb. 70-100 V feszültség.

2. Ívgyújtás. Az ívgyújtás folyamata két különböző fázisra osztható, a rövidzárásra és az ívkeltésre:

- *Rövidzárás.* Ha az elektródát a munkadarabhoz érintjük, akkor pillanatnyi rövidzárlat jön létre. A feszültség majdnem nullára esik. Az áramerősség hirtelen megnő, és kis idővel ezután felveszi a tartós zárlati értéket.

- *Ívkeltés.* Az elektróda végének a munkadarabtól való eltávolítását jelenti. A bevonat típusától, a maghuzal vastagságától, áramforrástól stb. függően 80-300 A, valamint 18-30 V közötti érték is lehet.

Egyenes polaritás. Az elektródafogó tehát a munkakábel a hegesztő áramforrás negatív sarkára van kapcsolva. Egyenes polaritásnál az ív stabilabb, könnyebben kezelhető.

Fordított polaritás. Az elektronok az alapanyag felületéről lépnek ki, és az elektróda irányába vándorolnak. Bázikus bevonatú elektróda alkalmazása során használjuk.

3. Leolvadás. Az alkalmazott magas áramerősség (9-30 A/mm²) és koncentrált hő következménye végett az elektróda vége olvadni kezd. [4.]

2.2.3. Bevonattípusok és a bevonat feladatai

A bevonat fontos szerepet tölt be a hegesztés során. Segít az ívstabilizálásban ezáltal a könnyebb ívgyújtásban is. Csökkenti a fröcskölés mértékét, véd a külső szennyeződésekkel szemben, például a kialakult gázok segítenek távoltartani a levegőt és annak alkotóelemeit. A salak továbbá hőszigetelő hatással rendelkezik, így elkerülhető a varrat gyors lehűlése mely martenzit keletkezésével járna, ami rideg szövetelem. Megköti az ömledékben lévő szennyező elemeket. Továbbá hegesztés során bevitt hő miatt kiégett ötvözők pótlására is használható. A bevonatos elektródák hegesztéstechnikai jellemzőit és a varratfém tulajdonságait a bevonat típusa determinálja.

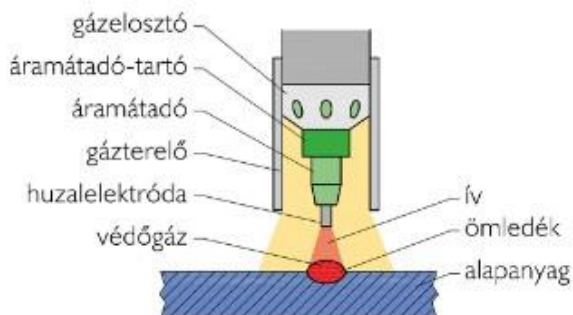
Az alapvető bevonattípusok:

- savas (A);

- rutilos (B);
- rutilos vastag (RR);
- cellulóz (C);
- rutil-cellulóz (R/C, RR/C);
- bázikus (B);
- rutil-bázikus (RB). [4.]

2.3. Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés (131,135)

Ívhegesztéskor az összehegesztendő anyagokat és hozaganyagot, a létrejövő elektromos ívben az áram hőteljesítménye olvasztja meg. A kialakult hegesztési ívet és ömledéket a levegőtől és annak alkotóelemeitől védőgáz védi, tehát védőgázos ívhegesztésről beszélünk. A folyamat elve a 4. ábrán látható. A huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés esetén leggyakrabban CO₂-t alkalmaznak, de egyre sűrűbben használnak kevert gázokat például: Argon-CO₂. A gáz kiválasztása során figyelembe kell venni a hegesztendő anyag típusát, tulajdonságait és a minőségi igényeket is. A huzalelektroda összetétel általában magasabban ötvözött, mint a munkadarabé. Amennyiben az elektromos ív az alapanyag és a huzalelektroda között jön létre, abban az esetben huzalelektrodás védőgázos ívhegesztésről beszélünk. Nemzetközi rövidítése: MIG/MAG. Metal Inert Gas Welding/Metal Activ Gas Welding.



4. ábra. A huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés elve [4.]

A huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés napjainkban nagy népszerűségnek örvend. Ennek oka a magas termelékenység, könnyű automatizálás és a számos felhasználási lehetőség. Az eljárás további előnye, hogy a hegesztő az egyik kezét szabaddá tudja tenni közben, hiszen a hozaganyagot a gép adagolja, így a munkadarabokat jobban tudja igazgatni. Számos cég robothegeosztőket alkalmaz, amihez ez az eljárás ideális, ezáltal megnövekedett termelést és minőségbéli javulást érhetnek el. Alapvetően alacsony eszközigényű hegesztési eljárás. Az áramforrásra csatlakoztatjuk a test és munkakábelt, illetve a védőgázt is egy tömlő segítségével. A palack nyomását reduktorról csökkentjük le a megfelelő értékre. A huzalelektroda általában a gép belsejében helyezkedik el, ami a huzalelőtoló segítségével jut el a munkakábelbe. A kábel végén a hegesztőpisztoly található, melyen előre beállított sebességgel jön ki a huzal, illetve a védőgáz. A pisztolynyakon található a közdarab, áramátadó, illetve a gázterelő. Ezek segítségével jöhet létre a hegesztés.

Az eljárás előnyei:

- jól automatizálható;
- a kézi hegesztés könnyen megtanulható;
- a varrat komolyabb tisztítást nem igényel;
- számos anyaghoz alkalmazható.

Az eljárás hátrányai:

- a munkadarab tisztítást igényelhet a fröcskölés miatt;
- kevésbé hordozható;
- a lágyabb huzalelektroda pl.: alumínium előtolása problémás. [4.]

2.3.1. A védőgázok kiválasztása

Minden olyan gázkeverék, amely már kis mennyiségben tartalmaz pl. CO₂-t (vagy bármilyen aktív gázt), aktív gáznak tekintendő független attól, hogy döntően pl. Ar (semleges gáz) van benne. A CO₂ védőgáz szilárdságnövelő, hűtő hatású, ezért 3 mm-

nél vastagabb anyagok és tartószerkezetek huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztéséhez legalább 8%-ot kell tartalmaznia a gázkeveréknek.

A huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztés legelterjedtebb gázkeveréke még ma is 82% Ar + 18% CO₂-ből áll (M21).

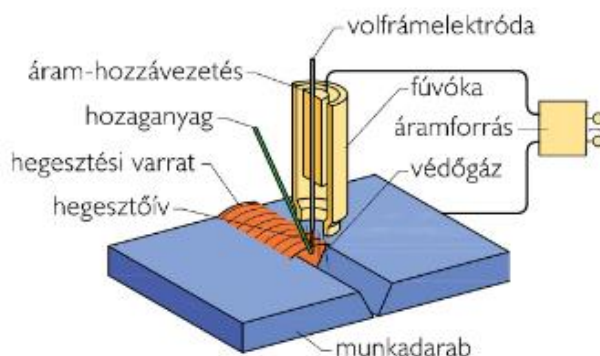
Mely anyagot milyen védőgázzal hegesszünk:

- korrózióálló (ausztenites) acélokhoz kb. 2% CO₂- vagy O₂-tartalmú argonkeverék szükséges, hogy az aktív komponens stabilizálja az ívet;
- alumínium csak tiszta argon védőgázzal hegeszthető;
- rézbázisú anyagokat korábban tiszta argonnal hegesztettek, ma itt is megjelentek a kb. 1% aktív komponenst tartalmazó argonkeverékek. [4.]

2.4. Volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés-TIG hegesztés (141)

Az eljárás korábban ismert neve AWI hegesztés vagy argon védőgázos ívhegesztés. Az elmúlt évtizedben egyre több helyen alkalmazzák az iparban, főként a 311-es vagyis a lánghegesztést kiváltóan. Sikerét a tiszta és kiváló varratminőségnek is köszönheti, ugyanis az eljárás során nem keletkezik salakanyag, nem igényel a varrat utólagos tisztítást. Szinte minden fém kivétel nélkül hegeszthető vele, mivel az Argonnal egyetlen fémömlék sem lép reakcióba. Akár a finomabb vékony anyagoktól a vastagabb lemezekhez vagy csövekhez is felhasználható. Az ív táplálására egyen és váltakozó áramú meredeken eső jellegű áramforrás alkalmas. Mind kézi, mind pedig automatizált felhasználásra is megfelelő. A hegesztéshez hozaganyagot használhatunk igény szerint, de bizonyos esetekben elég a munkadarab saját anyagának a megolvasztása. A volfrámelektroda és az alapanyag között létesített ívet, a volfrámelektroda végét és a hegfürdőt a levegő káros hatásaitól nemesgáz vagy gázkeverék védi. A gázburkolat hatásossága több dologtól is függ, köztük a reduktoron beállított nyomástól, a hegesztés sebességétől, a pisztoly tartásától vagy éppen a kerámia méretétől. A hőenergiát a hegfürdő megolvasztásához a hegesztőív szolgáltatja, mely a kiválasztott volfrámelektroda és a munkadarab közt jön létre. A TIG hegesztés elvi vázlata az 5. ábrán látható. Az impulzusteknika alkalmazásával csökkenthető a

hőbevitel, amely hasznos lehet a vékonyabb vagy éppen az erősen ötvözött acélok esetében. Az eljárás során egyenáramot használunk az ötvöztelen és ötvözött acélok, illetve a réz és a nikkel ötvözetek esetében. Váltakozó áramot használunk az alumínium, magnézium az ezek ötvözetének hegesztésére.



5. ábra. A TIG hegesztés elvi vázlatát [4.]

Az eljárás során használt eszközök, elsősorban a hegesztő áramforrás, ehhez csatlakoztatjuk a test és munkakábelt, illetve a gáztömlőt, melyen keresztül a reduktorral megfelelő nyomásra csökkentett védőgáz érkezik. A munkakábel végén a hegesztőpisztoly található. A fő alkatrészei közé tartozik a gázterelő kerámia, közdarab, szigetelő gyűrű, wolframszorító patron, zárókupak és a wolframszorító patronház.

Az eljárás előnyei:

- nem szükséges utómunka;
- szinte minden anyag hegeszthető;
- koncentrált hőbevitel;
- kisebb a zárványok lehetősége;
- könnyen automatizálható;
- a varrat jó mechanikai tulajdonságú.

Az eljárás hátrányai:

- a munkadarab megtisztítása időigényes lehet;
- jó kezűgyességet igényel;
- költséges. [4.]

2.4.1. A TIG hegesztés gázai

Az eljáráshoz legelterjedtebb az argon védőgáz. Bizonyos esetekben alkalmazhatunk kevert gázokat is. A fő elem szinte minden esetben az argon, ehhez jöhet még a hélium, hidrogén vagy nitrogén. Az argon (Ar) 1,4-szer nehezebb a levegőnél. Az argon atmoszférában égő ív feszültsége relatív kicsi (10-15 V), mert a gáz könnyen ionizálható, az ív következtetésekként könnyen gyújtható és stabil. A hélium (He) a levegőnél sokkal könnyebb (sűrűsége a levegőének kb. 1/8-a), az argonnál nehezebben ionizálható, emiatt az ívfeszültség is magasabb (20-24 V).

Az argongázban égő ív sok szempontból különbözik a levegőben égő ívtól. Az argon egyatomos gáz, melyben az elektronok mozgékonyasága jóval jelentősebb, mint a kétatomos gázokban. Ezen az alapvető különbségen kívül egy másik jellegzetes különbség az, hogy az ív egy igen magas olvadáspontú volfrámelektroda és egy viszonylag alacsony olvadáspontú fém között ég. Különösen nagy a két olvadáspont közötti eltérés pl. alumínium hegesztésekor. A hegesztéshez alkalmazott argon tisztasága rendkívül fontos. Az hegesztés céljára gyártott argon minimum 99,990%, ún. 4.0-ás tisztaságú vagy annál még tisztább, például 99,9990%, azaz 5.0-ás tisztaságú. Az argonban fellelhető szennyező csak nitrogén lehet, oxigént vagy vízgőzt nem tartalmazhat. Az argon védőgáz magas ívvédelmet és stabil ívtartást minden esetben. Hátránya ezzel szemben, hogy drága. [4.]

2.4.2. A volfrámelektrodák tulajdonságai és jelölésük

A volfrámot a legjobb jellemzőkkel rendelkező elektródaanyagnak tartják számon. A volfrámelektroda bevonat nélküli tiszta, esetenként oxidokkal ötvözött volfrámból áll. Az ötvözők szerepe a nagyobb elektronmennyiség kibocsátása.

A tiszta volfrám olvadáspontja 3360°C.

A megfelelő volfrámelektroda kiválasztásának szempontjai:

- áramerősség, terhelhetőség;
- áramnem;

- alapanyag-vastagság;
- a hegesztendő anyag minősége;
- elektródaátmérő.

Az EN ISO 6848-as szabvány (Ívhegesztés és- vágás. Nem leolvadó volfrámelektródák) tartalmazza az elektródák jelölési rendszerét, paramétereiket és a felhasználási területeiket. [4.]

2.5. Áramforrások

2.5.1. Áramforrások általános kiválasztási szempontjai

Minden hegesztő berendezést található egy adattábla (6. ábra.), melyről a hegesztő áramforrás adatait, paramétereit olvashatjuk le. A táblán többek közt ezen adatok vannak feltüntetve:

- gyártó, típus és gyári szám;
- mely eljárásra alkalmas a gép;
- áramcsatlakozási mód;
- legnagyobb terhelhetőség;

Svejsemaskinfabrikken Migatronik A/S
 DK-9690 Fjerritslev, Denmark
 Tel: +45 96500900
 Telefax: +45 96500901

MIGATRONIC

Type:
 PILOT 151 DK

Serial no.: 06030023

Norm: EN60974 - 1
 EN50199

7A/20.3V - 150A/26V				
	X	30%	60%	100%
U_0 V	150A	120A	100A	
90-100	U_2 26.0V	24.8V	24.0V	

$U_1 = 230V$	$I_{1max} = 33A$	$I_{1eff} = 18A$
--------------	------------------	------------------

50Hz

IP 23

6. ábra. Egy hegesztőberendezés adattáblája [4.]

- a fekete négyzetben található S jelölés, mára szinte minden hegesztő áramforráson megtalálható. Jelentése, hogy a berendezés kettős szigeteléssel van ellátva ezért szűk terekben is alkalmazható;
- bekapcsolási idő (30%, 60%, 100%).

10 perces ciklusidőre van megadva. Tehát, ha $X=100\%$ akkor 10 percen keresztül tudjuk üzemeltetni a gépet 100 A áramerősséggel. Utána szünetet kell tartani, mert az áramforrás túlmelegszik. Ezt kiküszöbölendőnek léteznek már vízhűtéses gépek is. [4.]

3. Felhasználási területek és az anyagok hegeszthetősége

3.1. Felhasználási területek

3.1.1. A hegesztés alkalmazási területei

Az oldhatatlan kötési módok legelterjedtebb fajtáját az ömlesztő hegesztési eljárásokat számos helyen alkalmazzák. Egyedi és tömeggyártásban is, automatizált vagy manuális módon. Megjelenik a hadiparban, orvostechnikai eszközök gyártásában, tartószerkezetek gyártásában vagy akár az otthonunkban is. A hegesztés sokoldalúan felhasználható:

- új alkatrészek egyesítésére;
- törött alkatrészek megjavítására, kopások felrakóhegesztésére;
- tömítőhegesztésként. [8.]

3.1.2. A hegesztés feltételei

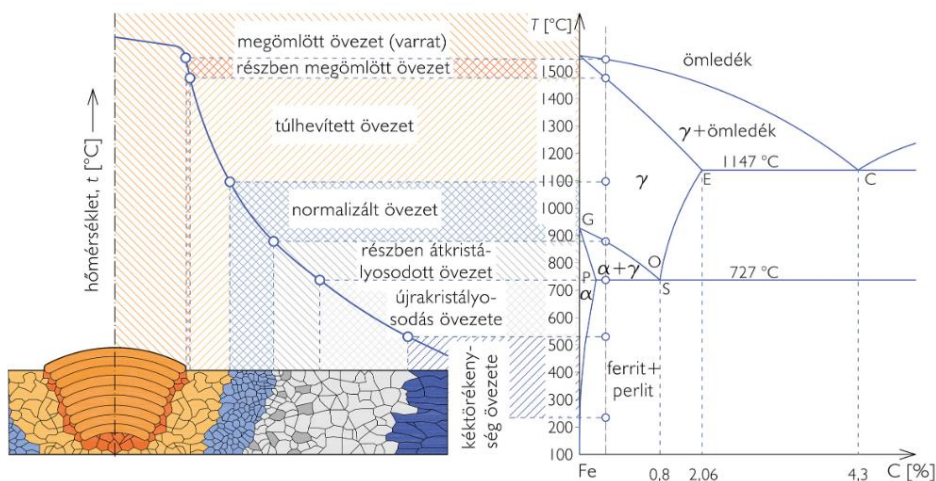
A hegesztési folyamatnál a hegesztést végző szakmunkásnak figyelembe kell vennie a tervezési, gyártási és ellenőrzési előírásokat oly módon, hogy minőségileg és esztétikailag kielégítő hegesztett kötést készítsen. A hegesztett kötés kialakításához szükségesek a személyes feltételek megléte, a megfelelő képzettség és felkészültség. Követni kell a gyártási előírásokat és a hegesztési jelölésekkel ellátott műszaki rajzot. Ezek után a megfelelő minőségű alapanyagokra lesz szükség, melyhez a hegesztési utasításban előírt hegesztési eljárás és hozaganyagot kell előkészíteni. Bizonyos esetekben előírhatják az alapanyagok minőségellenőrzését is. Miután megtörtént a hegesztés, a varratot különböző vizsgálatoknak vethetik alá, ez lehet roncsolásos vagy roncsolásmentes (pl. ütővizsgálat, szemrevételezés, penetrálás stb). [8.]

3.2. Anyagok hegeszthetősége

3.2.1. A hőbevitel hatásai

A hegesztési varrat elkészítése során a magas hőbevitel hatásai nem csak a varratban, hanem az alapanyagban is jelentkeznek. Az anyagok hővezető képessége miatt a hűlés is gyorsan végbemegy. Hatással vannak a varrat és a körülötte lévő anyag kristályszerkezetére, az oldott gázok mennyiségének és összetételének a jelenlétére. Továbbá ezeken a területeken belső feszültségek alakulnak ki, melyek vetemedést okozhatnak. A kialakult hatások mértéke függ az anyag tulajdonságaitól, illetve a hegeszthetőség mértékétől is.

A hegeszthetőséget befolyásolja a hegesztési eljárás is. A kiválasztás során ügyelni kell arra, hogy az adott hegesztési feladathoz a megfelelő eljárást válasszuk ki, mellyel az adott anyag, adott pozícióban és paraméterekkel legjobban hegeszthető. Az 7. ábra egy általános hőhatásövezet-diagramot mutat.



7. ábra. Hőhatásövezet [4.]

A bevitt hő következtében a varrat anyaga túlhevül, vegyi aktivitása a környezeti gázokkal szemben megemelkedik. Az ötvözők ennek hatására kisebb-nagyobb mennyiségben kiégnek, oxidálódnak vagy elpárolognak. A fokozott gázoldó képességnek köszönhetően a hegfürdő oxigént, hidrogént, nitrogént, valamint nem

kívánt szennyezőket is elnyel a környezetéből. A gyors hűlés következtében az oldott nitrogén és hidrogén kiválik, és mikrorepedéseket hoz létre. Továbbá a szilárdulás során bezárt oxidok légbuborékok keletkezését eredményezhetik. Ezek a hatások rontják a varrat és az alapanyag mechanikai tulajdonságait. [4.]

3.2.2. Hegeszthetőség

Ötvöztelen szénacél

A feltétel nélküli hegeszthetők széntartalom alapján:

- vékony anyagok lánghegesztésénél a 0,12%-os;
- ívhegesztésnél kb. 30 mm lemezvastagságig a 0,25%-os acél.

A 0,25%-tól magasabb széntartalommal rendelkező acélok hegesztésénél előmelegítés és utólagos hőkezelés szükséges.

Ötvözött acélok

A gyengén ötvözött acélok 100-400°C-os előmelegítést, ezen kívül többretegű hegesztést igényelnek. Az erőteljesen ötvözött hőálló, ezen kívül nem rozsdásodó, saválló acélok hegeszthetőségét az acél kristályszerkezete determinálja. Az edzhető acélok félferrites és perlites-martenzites szövetszerkezettel feltételesen vagy egyáltalán nem hegeszthetők. A ferrites, illetve ferrites-ausztenites acélok jól hegeszthetők, főképp argon védőgáz használatával. Lánghegesztéskor a lángnak gázdúsnak kell lennie. Ívhegeszthetők, de ehhez számos feltétel teljesülése szükséges. Az ausztenites (korrózióálló) acélok hegesztéséhez nem kell komolyabb előkészület.

Acélöntvény hegesztése

Kémiai összetétel alapján a hengerelt anyagával megegyezik, csak az öntés során kialakult belső feszültség nehezíti a hegesztést. Sok esetben 400-600°C hőfokra történő előmelegítés igényel a hegesztéshez.

Lánghegesztés. Csak vékony falú öntvényeknél, semleges lánggal, hegesztőpor nélkül alkalmazzuk. A varratot kalapáccsal tömöríteni kell.

Ívhegesztés. Amennyiben a munkadarab utólagos hőkezelés nem lehetséges, célszerű vékonyabb elektródával, alacsony áramerősséggel, szakaszolva hegeszteni.

Öntöttvas hegesztése

Az öntöttvas hegesztését az anyag ridegsége nagy mértékben megnehezíti. A hegesztéshez kapcsolódó hőbevitel az anyag hőtágulását okozza, melyet a rideg anyag nem tud kompenzálni, emiatt elreped. Az öntöttvas olvadáspontja kisebb, mint a benne előforduló vas-oxid, szilícium-oxid olvadáspontja.

Ezek az anyagok nyílt láng hatására történő kiégése miatt a hegesztést lehetetlenné teszi.

Az öntöttvasakat három módon hegeszthetjük melegen, félmelegen és hidegen.

Meleg és félmeleg hegesztésnél meg kell előzni a grafit csökkenését, ezért az öntöttvasat elő kell melegíteni, egyenletesen hevítve 600-700°C hőmérsékletűre melegítjük. Az előkészített munkadarabot öntvénypálcával vagy elektródával hegesztjük. Ívhegesztésnél fordított polaritást alkalmazunk. Lánghegesztésnél erősen gázdús lángot használunk. Hegesztés után lassú lehűlést kell biztosítani az anyagnak, ezt például homokágyban tudjuk megtenni.

Hideghegesztéskor csapokat csavarozzunk a munkadarabba, ezek biztosítják majd a kötés megfelelő szilárdságát. Hegesztés során figyelni kell arra, hogy a csapok környékén az anyagot 50-60°C hőmérséklet fölé ne melegítsük.

Könnyűfémek hegesztése

Alumínium és ötvözetei

A hegesztést nehezíti, hogy hegesztés során az alapanyag a bevitt hő hatására nem változtatja a színét. Az ömledék kinézete eltérő az acélokétól, nehezen megkülönböztethető, fényes felületű. Hegesztés során az alapanyag gyorsan felmelegszik a jó hővezető képessége miatt, ezért a haladási sebességet növelni kell. Továbbá a fém felületét oxidréteg borítja, melynek olvadáspontja jóval magasabb a könnyűfém olvadási hőmérsékleténél.

Amennyiben folyasztószert vagy megfelelő adalékanyagú bevontelektrodát használunk hagyományos hegesztési eljárást is alkalmazhatunk, ekkor az oxidréteg hegesztési hőmérsékleten felbomlik. Az adalékanyag erősen korrozív hatású, ezért hegesztés befejeztével azonnal el kell távolítani. Főképp az argon védőgázos hegesztési eljárások elterjedtebbek, mivel a semleges védőgáz a környezet oxigénjét kizárja, így az oxidréteg nem tud újra kialakulni.

Réz és ötvözetek hegesztése

A réz és rézötvözetek hegesztését a jó hővezető képesség, a magas hőfokon jelentkező gázelnyelő képesség és a jelentős szemcsedurvulási készség teszi nehezebbé. Az anyag hegesztéséhez 500-600°C-ra történő előmelegítés szükséges.

Kézi ívhegesztéssel hegeszthető a réz és ötvözetek is. Lánghegesztése lehetséges, de sok elő és utómunkával. [4.]

4. Összehasonlító elemzés

Dolgozatom eddigi részeiben a négy fő ömlesztő hegesztési eljárást ismerttettem. Az oxigén-acetilén lánghegesztést, a kézi ívhegesztést, a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztést és a volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztést. Az eljárások között vannak hasonlóságok, de mégis mindegyik különbözik a másiktól. Az elemzést három fő szempont mentén végzem el, ezek az előnyök, hátrányok és felhasználási területek. Az összehasonlítást a korábbiakban bemutatott, szakirodalmakon alapuló elméleti háttér, valamint a saját szakmai tapasztalatom alapján készítem.

4.1. Előnyök

Minden eljárás más-más előnyökkel rendelkezik. Kezdve az oxigén-acetilén lánghegesztéssel, mely az egyik legnagyobb múlttal rendelkező módszer. Rendkívül sokrétű, az acélon kívül öntöttvas és nemvas fémek hegesztésére is alkalmas. Elsősorban nem csak a hegesztőknek oktatják a számos felhasználási lehetősége miatt, hanem a karosszéria lakatosoknak vagy éppen az épületgépészeknek is. Felhasználható nem csak hegesztésre, hanem a munkadarabok előmelegítésére is, ami néhány anyag esetében szükséges lehet, továbbá egyengetésre, ami sok helyzetben megkönnyítheti a dolgot, például vastagabb anyagoknál. A módszer alkalmazható lángvágásra, illetve lágy és kemény forrasztásra is. Az eljárás berendezései könnyen hordozhatóak, működtetésükre nincs szükség elektromos áramra ezért olyan helyszínen is könnyen tudjuk alkalmazni, ahol nincs a közelben villamos hálózat. Az eljárás eszközei viszonylag egyszerűek, olcsók és könnyű a karbantartásuk. A kézi ívhegesztés is hasonló előnyökkel szolgál. Korábban a nagyméretű áramforrások jellemezték, de az új inverteres gépek már kis, kompakt méretekkkel rendelkeznek. Könnyen hordozható berendezés, alacsony eszközíggénnyel. Mára a helyszíni munkák terén a legelterjedtebb hegesztési módszer emiatt. Nehezebben hozzáférhető helyen is könnyű vele hegesztetni, illetve az anyag tisztaságára is kevésbé érzékeny. A bevonatos elektrodák sokszínűsége miatt számos anyag hegesztéséhez alkalmazható, illetve a megfelelő pálcá

kiválasztásával különböző pozíciókban is jól alkalmazható. A felsorolt előnyök miatt nem csak a szakemberek használják előszeretettel, hanem otthon is szívesen alkalmazzák az emberek, hisz számukra is ez a legelérhetőbb eljárás. A másik ilyen módszer a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés, ami annak ellenére, hogy drágább mégis sokan használják akár magáncélra is, mert ez a legegyszerűbb eljárás, melyhez nem szükségeltetik szakmai tudás. Mély beolvadású, erős varratok jellemzik. A hegesztés folyamatosságát nem kell megtörni, mert a gép folyamatosan adagolja az elektrodát. Ezért is ez az egyik leggyorsabb és leghatékonyabb eljárás. Bizonyos esetekben az is előnyt jelenthet, hogy a hegesztő az egyik kezét szabadon tudja hagyni. Sok fajta gázzal és sok anyagtípushoz használható. Vékonyabb és vastagabb lemezek is könnyedén hegeszthetők vele szinte bármilyen pozícióban. A varrat különösebb tisztítást nem igényel, ami szintén a termelékenységét növeli. Ezen okokból kifolyólag számos cég előszeretettel alkalmazza az eljárást. Előnyei közé tartozik még az, hogy könnyen automatizálható. A negyedik hegesztési eljárás a volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés, ami szintén könnyen automatizálható. A módszer napjainkban egyre nagyobb teret hódít magának. Számos előnnyel rendelkezik. A varrat tiszta és salakmentes, nem igényel különösebb utómunkát. Továbbá szép és igényes végeredményt érhetünk el vele. A beolvadás mélysége is előnyt jelent, ezért előszeretettel alkalmazzák gyökvarratok elkészítésére is. Számos felhasználási módja lehet, a vékony lemezekről a vastagokig. A hegeszthető anyagok skálája is igen széles, egészen az ötvözetlen acéloktól az alumínium ötvözetekig. A rendkívül stabil és koncentrált ív miatt finom, precíz munkák is elvégezhetők vele.

Mind a négy eljárás más előnyökkel rendelkezik, mindegyik hasznos és a saját területén. [4.]

4.2. Hátrányok

Az eljárások előnyeik mellett rendelkeznek néhány hátránnyal is, melyet a megfelelő hegesztési módszer kiválasztása esetében szintén figyelembe kell venni. Az oxigén-acetilén lánghegesztésnél igaz, hogy a berendezései könnyen hordozhatóak viszont magát az eljárás fő eszközeit a gázpalackokat már viszonylag nehezebb mozgatni,

persze léteznek kisebb méretben is, de szinte minden esetben kis kocsikkal érdemes őket szállítani. A palackok cseréje időigényes lehet és mellette fennáll a magas robbanásveszély is, hiszen az éghető gázok fokozottan veszélyesek is. Mellette az oxigén, ami bár önmagában nem éghető gáz, de az égést táplálja. Ezért ezeknek a kezelésénél a szállításánál és a felhasználásánál is fokozott figyelemmel kell eljárni. A hegesztés során a kevésbé koncentrált gázláng egy nagyobb területet melegít. A fokozott hőbevitel miatt magas a vetemedés aránya, illetve az ötvözők kiegészése az alapanyagból a varrat képzésének helyén és annak környékén is. Ezzel szemben a kézi ívhegesztés során más hátrányokba ütközünk. Az eljáráshoz nehéz kiválasztani a megfelelő típusú elektródát. Rövid hosszuk miatt egy-egy varrat elkészítéséhez akár többször is meg kell állni pálcát cserélni. Az ív gyenge stabilitása miatt nem minden esetben lehet szép precíz hegesztést készíteni vele. Néhány bevonat esetében hegesztés előtt az elektróda szárítása szükséges, különben nehezebb az ívgyújtás és maga a folyamat is. A legnagyobb hátránya mégis a sok utómunkában rejlik. A salak leverése és a varrat tisztítása időigényes folyamat lehet, továbbá a zárványok keletkezése is ennél az eljárásnál a legmagasabb.

A huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés esetében az egyik fő problémát maga a berendezés ára okozza. Ezek az áramforrások drágábbak, hiszen sokkal több részből állnak össze. Meghibásodás esetén az alkatrészek beszerzése régebbi típusú vagy még nem forgalmazott gépek esetében nehézkes, vagy nem lehetséges. Hegesztés közben a pisztoly kopóalkatrészei cserére szorulhatnak, hogy megőrizzük a varrat minőségét. Ebben az esetben nem az ár a probléma, hanem a folyamatos készlet fenntartása. A hegesztés berendezései nehezen szállíthatóak, nagy méretük és súlyuk miatt. A gázpalackokból szinte minden anyaghoz más típust kell használni, ami növelheti a költséget és a cserélgetésük időigényes lehet. A módszer alkalmazásánál figyelembe kell venni, hogy szeles huzatos helyen nem lehet alkalmazni. Tehát kültéri használatra kevésbé alkalmas. Ez az állítás igaz a volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztésre is, melyet inkább műhelyben vagy zártabb terekben szokás alkalmazni emiatt. Ennek az eljárásnak is az egyik nagy hátránya a magasabb árral rendelkező berendezések, illetve eszközök. Az argon védőgáz mely a módszer alapját képezi, az egyik legdrágább gáz a piacon. Az egyik legnehezebben elsajátítható hegesztési eljárás. Nagyon jó kezűgyességet és sok gyakorlást igényel. Nem könnyű jó szakembert találni, aki

ügyesen tudja alkalmazni. A munkadarab előkészítésére is több időt kell fordítani, mint a többi eljárás esetében, hiszen nagyon érzékeny az anyag tisztaságára. Amennyiben a sok hátrányt egybevetjük láthatjuk, hogy itt inkább az anyagi vonzata a magas. Tehát figyelembe kell venni, hogy jelentősebb költségekkel járhat az eljárás alkalmazása. [4.]

4.3. Felhasználási területek

A hegesztések felhasználási területe sok dologtól függ. Alapvetően befolyásoló tényező az, hogy milyen alapanyaggal kell dolgozni, a hegesztés jellegétől pl.: felrakó vagy, kötő hegesztés. A helyszín, ahol el kell végezni a műveletet, illetve sok esetben az eljárás előnyeit és korlátait is figyelembe kell venni. Az oxigén-acetilén lánghegesztés szinte minden alapanyag hegesztésére alkalmas ezért számos területen lehet alkalmazni. Első sorban csőhálózatok kialakításánál használták, de különböző formáit előszeretettel alkalmazták karosszéria elemek javítására vagy vastagabb lemezek megmunkálására is. Kötő, felrakó, illetve javítóhegesztésre is alkalmas. Ma már kevésbé használják a többi hegesztési módszer elterjedése miatt, de a többi felhasználási módja, mint például a melegítés, lángvágás vagy a különböző forrasztások szinte a mai napig nélkülözhetetlenek. Ezzel szemben a kézi ívhegesztést máig számos területen alkalmazzák, ez főképp a könnyű hordozhatóságából és sokszínű felhasználhatóságából adódik. Ezért helyszíni munkákra is előszeretettel használják különböző területeken, mint például az alpin hegesztés vagy egy speciálisabb helyzetben a víz alatti hegesztéseknél. Csőszerelők is előszeretettel alkalmazzák cellulózos bevonattal, mely jobban ellenáll a gravitációnak, mint a társai. Azonban főképp szerkezetek vagy kisebb munkákhoz használják egyszerűsége miatt.

A huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés a legelterjedtebb eljárás napjainkban. Számos területen alkalmazható. Rengeteg gáz és huzaltípus kapható hozzá, így majdnem minden anyag hegeszthető vele. Automatizálhatósága miatt sok ipari területen használják, például autógyártásban. Mára amelyik cég hegesztéssel foglalkozik, szinte biztosan alkalmazza ezt a technológiát. Alumíniumból vagy rozsdamentes acélból készül füstcsövek, vagy éppen egyszerű gépburkolatoktól a nagy sorolt varratokkal hegesztett kotrógépekig. Vékony és vastag lemezekre is használható egyaránt. Kötő,

felrakó, illetve javító hegesztésre is használható. A másik hasonlóan sok területen felhasználható eljárás a volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés. A védőgáztól függően ötvözött és ötvözetlen acélok, illetve könnyű és színesfémek, valamint különlegesebb fémek például titán és ötvözeik is hegeszthetők vele. Egyszóval ezzel az eljárással is szinte minden anyag hegeszthető, alkalmas kötő, felrakó és ívpont hegesztésre is. A módszer jól automatizálható. Vonalhegesztésre is kitűnő. Manuális felhasználása a legelterjedtebb, bár nem olcsó, de a szép precíz, tiszta varrat és koncentrált hőbevitel miatt nagyon népszerű minden területen. Előszeretettel alkalmazzák csőhálózatok, vagy tartályok hegesztésére is. [3.]

5. Összefoglalás

A dolgozatom témája a négy fő ömlesztőhegesztési eljárás bemutatásáról és összehasonlításáról szólt. Azért tartom fontosnak, mert a műszaki világban szinte minden esetben előkerül a hegesztés főleg a gépészeti területen. Az eljárások, amiket ismertettem, egy hegesztő szakember által is tanult módszerek. A bevezetésben a történelmi háttéréről, arról hogyan alakult ki és hogy fejlődött napjainkig és magáról a hegesztés fogalmáról írtam, mely által egy kicsit jobban betekintést nyerhetünk a működésébe. Az ömlesztő eljárások, amelyek szélesebb körben elterjedtek és még a szakmában kevésbé jártas emberek is találkoztak vele, akár otthon vagy a munkahelyükön. A fogalmak és a módszer alapjainak ismertetése után egyesével tértem ki a kiválasztott eljárások az oxigén-acetilén lánghegesztés, kézi ívhegesztés, huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés és a volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés elvének és technológiájának bemutatására. A hegesztés a fémipar egyik alapköve, számos gyártási folyamatból kihagyhatatlan, illetve felhasználásuk is magas szaktudást igényel, hiszen minden anyag máshogy viselkedik és minden módszer máshogy hat rájuk. Egy munkálat során, ahol az egyik folyamat a hegesztés, több szempont alapján választjuk ki, melyik lesz a számunkra és az előírásoknak is megfelelő eljárás. Az ismertetésük után egy három részből álló rövid összehasonlítást végeztem el, ahol mind a négy módszer előnyeit, hátrányait és felhasználási területét megvizsgáltam. Összességében kijelenthető, hogy nem lehet választani, melyik a legjobb eljárás, mert eltérő esetekben más-más módszer lehet hasznunkra. Függ attól hol, milyen anyagra alkalmazzuk vagy éppen milyen minőségi elvárást kell teljesíteni. Azonban vannak eljárások, amik kezdenek elavultak lenni és felváltják őket az újabb modernebb technológiák. Ebből is látszik, hogy az ipar folyamatos fejlődik.

A dolgozatom lényege tehát az általam választott hegesztési eljárások bemutatása volt, előnyeik és hátrányaik feltárása, illetve alkalmazási területeik ismertetése. Ezek az ismeretek, minden gépész számára hasznosak lehetnek és segítheti későbbi munkájukat.

6. Irodalomjegyzék

- [1.] Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: Hegesztéstechnika I. Erdélyi Múzeum-Egyesület. Kolozsvár, 2010.
- [2.] Ujszászi Antal: Volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés anyagai, hegesztőpálcák, védőgázok. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. Budapest (2024.05.08.)
- [3.] Jáger Imre – Pál Vilmos: Hegesztés Tananyag.
<https://www.meghegeszt.hu/tananyag> (2024.05.10.)
- [4.] Szabó Andrea – Heinrich Rezső: Hegesztési eljárások. Szega Books Kft. Pécs, 2021.
- [5.] Palotainé Békési Katalin: Gázhegesztő-berendezések. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. Budapest (2024.05.10.)
- [6.] Révész József: 0245-06 Volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztés szakmai ismeretek-Tanfolyami anyag (2024.05.10)
- [7.] A bevontelektrodás kézi ívhegesztés
<https://www.welding2000.hu/blog/a-bevontelektrodas-kezi-ivhegesztes> (2024.05.11.)
- [8.] Kún Csaba A hegesztés fogalma, fajtái, ábrázolása. A hegesztés gépei, segédeszközei. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. Budapest (2024.05.12.)