

Nemvasfémek hegesztése

Alumínium ötvözetek hegesztése

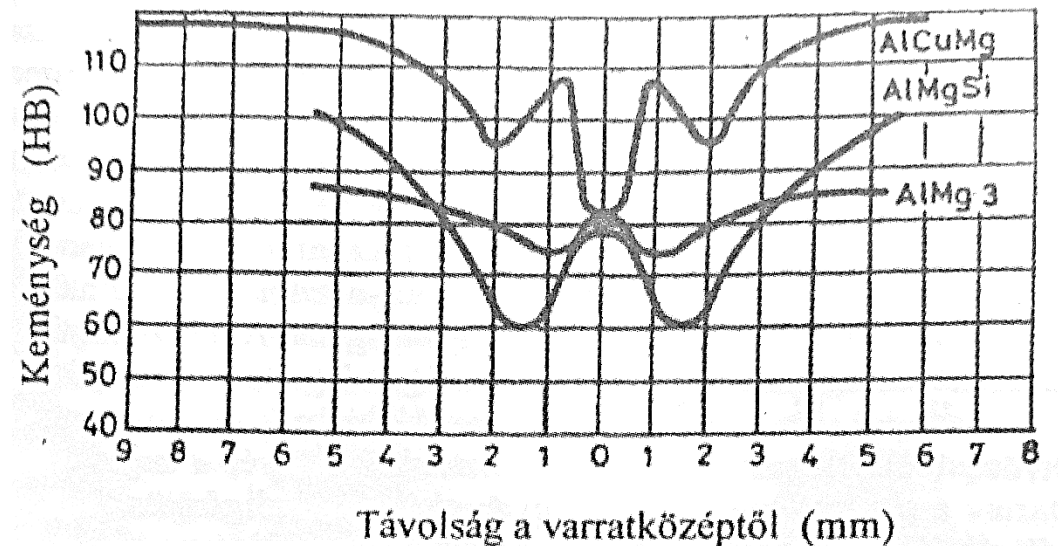
- Alumínium ötvözetek hegeszthetőségi kérdései:
 - Felületi oxidhártya
 - Hőhatásövezet kilágyulása
 - Varrat gázporozitása
 - Ötvözők kiégése a varratból
 - Kötés repedékenysége
 - Hidegkötés a varrat kezdésnél
 - Végkráter repedés a varrat befejezésekor
- Ömlesztő hegesztés során az alapanyag és a varrat tulajdonságai nagymértékben eltérhetnek egymástól.

Alumínium ötvözetek hegesztése

- A kötés tulajdonságait leginkább befolyásoló tényezők:
 - Az alapanyag és a hozaganyag kémiai összetétele gyakorlatilag mindig eltérő
 - Az ötvözők kiégésre, párolgásra hajlamosak
 - Az ömledék gyors dermedése durvaszemcsés dentrites szerkezetet hozhat létre
 - Túlhevítés okozta fázis és szövetelem átalakulások a hőhatásövezetben
 - Hidegalakítással keményített anyag újrakristályosodása
 - Nemesített anyagok részleges oldó hőkezelése a hőhatásövezetben
 - Önnemesedő anyagokban lezajló folyamatok hegesztés után

Alumínium ötvözetek hegesztése

- Ömlesztőhegesztéskor a varratfém mechanikai tulajdonságai mindig elmaradnak az alapfém tulajdonságaitól.
- Szilárdság csökkenése a hőhatásövezetben a legnagyobb.
 - Hegesztési eljárás és a technológia határozza meg.
 - Hőbevitel csökkentésével csökkenthető a kilágyult zóna szélessége
 - Ellenállás hegesztés és sugárhegesztések esetén a legkeskenyebb a kilágyult zóna.



Hegesztett kötés Keménységeloszlása [3]
(AlMg3 hidegalakított, AlMgSi nemesített, AlCuMg nagyszilárdságú nemesített)

Alumínium ötvözetek hegesztése

- Varrat gázporozitása
 - Folyékony és a szilárd fém gázoldó képesség közötti nagy a különbség
 - Oldott gázok kristályosodás közben kiválva porozitást okoznak
 - Gázporozitás okai:
 - Levegő keveredik a védőgázburokba
 - Szennyezés az alapanyag vagy a hozaganyag felületén
 - Szennyeződés a védőgázban
 - Oxidálódott felületű alapanyag, hozaganyag
 - Mesterségesen eloxált felületű alapanyag
 - Legnagyobb veszélyt az oldott hidrogén okozza
 - Az oldóképesség dermedéskor majdnem századrészére csökken
 - Alumínium esetén a varratok jellemzően nem mentesek a gázpórusoktól.
 - Acélokhoz képest nagyobb gázporozitás engedhető meg.

Alumínium ötvözetek hegesztése

- Ötvözők kiégése
 - Erősen függ a hegesztő eljárástól
 - BKI esetén igen nagy mértékű
 - Semleges védőgázzal majdnem teljesen elkerülhető
 - Zn alacsony forráspontja miatt hajlamos az elgőzölgésre
- Repedési hajlam
 - Egyik legfontosabb hegeszthetőségi kritérium
 - Hegesztéskor meleg vagy kristályosodási repedéssel kell számolni
 - Dermedéskor a legkisebb a repedésekkel szembeni ellenállása
 - A nagy hőközben dermedő ötvözetek hajlamosabbak melegrepedésre.
 - Csökkenhető:
 - Túlhevítés elkerülésével
 - Befogás merevségének csökkentésével
 - Hegesztési sorrend helyes megválasztásával
 - Kerülni kell az ismételt felhevítéseket (javítás, rétegszám)

Alumínium ötvözetek hegesztése

- Varrat kezdés és befejezés
 - A varratkezdésnél még koncentrált hőforrás esetén is idő kell az alapanyag megömlesztéséhez.
 - VFI-nél hideg alapanyag esetén a varrat kezdésnél szinte mindig jelen van a hidegkötés.
 - Korábbi varratok előmelegítő hatása segít a hidegkötés elkerülésében.
 - Kriitikus varratokat hátrébb kell sorolni a hegesztési sorrendben.
 - Alkalmazott megoldás VFI-nél az alapanyagon kezdeni 20 mm-re a hegároktól, elérve a varrat vonalát, már megfelelő a beolvadás.
 - AVI esetén a kezdési pont kellően felmelegíthető.
 - Végkrátert mindig fel kell tölteni! Feltöltetlen végkráter szinte minden esetben megreped.
 - Megoldás lehet a VFI-nél a kezdés és befejezés AVI-val való átolvasztása.

Alkalmazható hegesztési eljárások

- Bevont elektródás kézi ívhegesztés
 - Nagy gyakorlatot igényel
 - Leggyakoribb maghuzal: ötvözetlen alumínium vagy 5% Si tartalmú ötvözet
 - Bevonat szerepe:
 - Gázvédelmet biztosít
 - Oxidréteget bontja
 - Salakot képez a fürdő felett
 - Varratporozitás legfőbb oka a bevonat nedvesség tartalma lehet
 - Hegesztést egyenáram, fordított polaritással kell végezni
 - $I_{heg} = 30d_e - 15 [A]$
 - 10 mm lemezvastagság felett 150-200 °C-os előmelegítés szükséges.
 - Hegesztés közben ügyelni kell, hogy a salak ne keveredjen az ömledékbe.
 - Salak erős korrozív hatású, gondosan el kell távolítani.
 - Hegesztéskor a bevonat erősen fröcsköl, a felületről el kell távolítani.

Alkalmazható hegesztési eljárások

- AVI
 - Műszaki szempontból ideális eljárás alumínium szerkezetek hegesztésére.
 - Korlátot a gazdaságossági szempontok jelentenek.
 - Lényegében minden ötvözet, minden lemezvastagság hegeszthető, hegesztőanyaggal vagy anélkül.
 - Általában váltakozó árammal hegesztik, vékony lemez esetén alkalmaznak egyenáram fordított polaritást.
 - Vastag lemez esetén 150-200 °C-os előmelegítés szükséges.
 - Az elektróda lassan fogy, átlagosan 2-3 mm/óra, ezért után kell állítani.
 - Hegesztés közben a hegesztő pálcá hevítt végét nem szabad az argon védőgázból kihúzni.

Alkalmazható hegesztési eljárások

- Védőgázos fogyóelektódás ívhegesztés
 - Termelékeny és széleskörűen alkalmazható.
 - Védőgáz: Ar, He és Ar-He keverék.
 - Egyenáram, fordított polaritással hegesztik az alumíniumot
 - Pisztoly vezetése: balra hegesztés – segíti az oxidbontást, előmelegíti az alapanyagot.
 - Huzalvezetőként teflon csövet alkalmaznak
 - Vékony illetve lágy huzal esetén a pisztolyra szerelt húzómotorra is szükség van (push-pull).
 - Acélhuzalhoz alkalmazott áramátadók nem használhatók
 - Kedvező az impulzus technika alkalmazása – nagyobb átmérőjű huzal használható.
 - Szinte elkerülhetetlen a gázporozitás – ívfeszültség növelésével csökkenthető

Alkalmazható hegesztési eljárások

- Lézersugaras hegesztés
 - Koncentrált hőforrás, kis hőbevitellel lehet hegeszteni.
 - Csökkenthető a hőhatásövezetbeli kilágyulás okozta szilárdságcsökkenés.
 - Az AlZn6Mg2Cu1 önnemesedő ötvözet hegesztése más eljárásokkal szinte lehetetlen.
- Villamos ellenállás-hegesztés
 - Kemény munkarenddel kell hegeszteni

Réz hegesztése

- Réz hegesztésének problémái:
 - Nagy hővezető képesség
 - Ellenállás hegesztésnél a nagy villamos vezetőképesség
 - Ömledék hígfolyóssága
 - Nagy gázoldó képesség
 - Porozitás
 - Hidrogénbetegség
 - Feszültségkoncentráció
 - Oxidálódás
- Oxidálódás problémája
 - Folyékony réz könnyen oxidálódik
 - Cu-Cu₂O eutektikum jön létre - melegrepedés
 - Hidrogénbetegség feltételeit teremti meg
- Oxidálódás elkerülése
 - Dezoxidens ötvözők beötvözése (P, Si)
- Hidronénbetegség
 - $Cu_2O + H_2 \rightarrow H_2O + 2Cu$
- Repedésveszély csökkentése
 - A repedések eutektikum kialakulásának és a szennyeződéseknek köszönhetőek.
 - Fő szennyezők: As, Pb, Bi
 - 550 °C tartományban csökkentik a képlékenységet.

Réz hegesztésére alkalmazható eljárások

- Lánghegesztés
 - Csak kis igénybevételű alkatrészeknél alkalmazzák
 - Folyósítószer szükséges (bórax)
 - Semleges láng
 - Előmelegítés szükséges
 - Nagyobb daraboknál hőszigetelő takarást célszerű alkalmazni
 - Lehetőleg egy sorral, balra kell hegeszteni
 - Hegesztés után melegen végzett kalapálás a szívósságot javítja
 - Hidegkalapálás a keménységet növeli

Réz hegesztésére alkalmazható eljárások

- AVI
 - Előmelegítést kell alkalmazni, előmelegítés nélkül igen nagy hőbevitelre van szükség.
 - Egyenáram, egyenes polaritás szükséges
 - Argon+ hélium a legjobb védelmet adja, N₂ növeli a hőteljesítményt
 - Hegesztőanyag ötvözött legyen (Si, Mn, Sn)
- Védőgázos fogyóelektódás ívhegesztés
 - Vastagabb lemezeknél ajánlott (s>5 mm)
 - Argon végőgázban a N₂ növeli az ívteljesítményt, ívstabilitás romlik
 - Védőgáz gyökoldalról is szükséges
 - Csak ötvözött hegesztőhuzal (Si, Mn, B Ti, Al)
 - Egyenáram, fordított polaritás
 - Szóróívű anyagátmenet célszerű
 - Előmelegítés szükséges
 - Réz alátét alkalmazása szükséges

Réz hegesztésére alkalmazható eljárások

- Ellenállás-hegesztés
 - Jó vilamos vezetőkéesség miatt nehéz feladat
 - $s < 0.5$ mm esetén
 - nagy olvadáspontú fémbetetes (Mo, W) elektródákkal
 - kemény munkarenddel
 - igen nagy áramerősséggel
 - kondenzátor kisülékes hegesztőáramforrással lehetséges
- Sajtoló hegesztési eljárások
 - Hideghegesztés
 - Robbantásos hegesztés
 - Ultrahangos hegesztés
 - Dörzshegesztés
 - Diffúziós hegesztés

Nikkel és ötvözeteinek hegesztése

- Nem tartozik a nehezen hegeszthető fémek közé, de vannak bizonyos sajátosságok, amiket figyelembe kell venni:
 - Gáznyelő képesség
 - NiO magas olvadáspontja
 - Kén iránti érzékenység
 - Szenítődési hajlam
 - Alacsony olvadáspontú anyagok okozta melegrepedés
 - Feszültségi állapot miatt bekövetkező melegrepedés
- Gáznyelő képesség
 - Folyékony állapotban több gázt tud oldatban tartani
 - Dermedő fémből a gáz kiválik és pórusokat okoz
 - Az ívatmoszférába kerülő 0.5% nitrogén már elfogadhatatlan porozitást idéz elő
 - Oxigén olyan módon is porozitást okoz, hogy a C-nel reakcióba lépve CO képez
 - Hidrogén atomos állapotban ugyancsak porozitást okoz

Nikkel és ötvözeteinek hegesztése

- NiO magas olvadáspontja
 - 1440 °C-on olvad
 - Nem oldódik az alapfémben
 - Többrétegű varratok esetén nagy gondolt kell fordítani a salak eltávolításra, mert a nagy olvadáspontú oxidok a fürdőből nem vagy csak részben távolíthatók el.
 - Salakzárványok maradhatnak a varratban
 - Hozaganyaghoz adagolt Ti, Nb, Al, Si segítségével leköthető
- Hegesztés utáni repedések
 - Hőkezelési repedés érzékenység
 - Feszültségi korróziós repedésérzékenység

Nikkel és ötvözeteinek hegesztése

- Kén iránti érzékenység
 - 400 °C felett a kénnel NiS-ot alkot
 - Ni-NiS eutektikum a szemcsehatárok mentén helyezkedik el (637 °C)
 - Hideg eutektikum miatt hideg alakítás közben repedés következik be
 - Magasabb hőmérsékleten, hegesztés közben melegrepedés várható
 - Az ötvözetek valamivel kevésbé érzékenyek a S szennyezésre.
 - S szennyezés okai:
 - Festékmaradvány
 - S tartalmú kenőanyag
 - Kézlenyomat
 - Kénnel szennyezett ipari levegő
- Szenítődési hajlam
 - A Ni nem karbidképző
 - A benne lévő ötvözők képezhetnek karbidokat
 - Karbidok ronthatják és javíthatják a tulajdonságokat
 - MC , M_6C , M_7C_3 , $M_{23}C_6$
 - Különösen az LC minőségű ötvözetek szenítődése veszélyes
 - Forrásai: felületi szennyeződések (olaj, zsír)
- Alacsony olvadáspontú anyagok által okozott melegrepedés
 - Forrasztott lapkás szerszámok forrasztóanyagának felületen való elkenődése okozhatja

Nikkel és ötvözeteinek hegesztése

- Ni hozaganyag rosszabbul terül mint az acél, ezért nagyobb nyílásszöggel kell kialakítani a hegesztési éleket.
- A gyakorlatban alkalmazott eljárások alkalmasak nikkel és ötvözeteik hegesztésére.
- Betartandó szabályok:
 - Nagy tisztaság szükséges (fehér kesztyű a hegesztőnek)
 - Rövid ívvel kell hegeszteni
 - Pontosán kell tartani a paramétereket
 - Előmelegítés nem szükséges
 - Utólagos hőkezelésre általában nincs szükség
 - Hegesztőknek az MSZ EN ISO 9606-3 szerint kell vizsgázniuk

Titán és ötvözeteinek hegesztése

- Titán hegesztésének problémái
 - Gáznyelő képesség
 - Fémes (intermetallikus) vegyület képződés
 - Közbenső fázisok kialakulása
 - Szemcsedurvulás
 - Porozitás
- Gáznyelő képesség
 - 200 °C fölé hevült és megömlött állapotban O, N és H-t vesznek fel
 - Már kis mennyiségű gázfelvétel teljes elridegést okoz
 - Korrózióállóság romlását eredményezi
 - Azonos mennyiség esetén a szívósságot legjobban a N, legkevésbé az O rontja.
- Veszélyességet a diffúziós sebesség ismeretében lehet megítélni
 - N:O:H=1:5:1000
- Elszíneződésből lehet következtetni az O okozta gázzennyeződésre
 - Ha az oxidréteg fémes sötétszürke, fehér-sárga esetleg sárgásbarna az erős szennyeződésre utal
 - Arany, kék, viola szín esetén még elfogadható
- Hidrogén vegyületet képez és titán-hidridként válik ki

Titán és ötvözetek hegesztése

- Intermetallikus vegyületképződési hajlam
 - A legtöbb fémmel tű vagy lap-alakú szövetként jelentkező vegyületet képez
 - Vasban gazdag intermetallikus vegyületek repedések kiindulópontjai lehetnek
 - Kisméretű, szemmel nem látható felületre tapadt acél szemcsék beolvadnak
 - Megfelelő tisztaságú munkahely kialakítása szükséges
- Közbenső fázisok kialakulása
 - Különösen a titán ötvözetek hajlamosak ezek kialakulására
 - Kis hőbevitellel, koncentrált hőforrással elkerülhetők
- Szemcsedurvulás
 - A titán a β – mezőben való huzamosabb tartózkodás esetén hajlamos szemcsedurvulásra
 - Hőbevitel csökkentéssel, impulzus technika alkalmazásával mérsékelhető
- Porozitás
 - Hegesztéskor argont nyelhet el, amely gyors dermedéskor nem tud eltávozni
 - Elkerülhető a védőgáz mennyiségének helyes megválasztásával
 - Levegő is okozhat porozitást
 - Szabadtérben nem szabad hegesztetni titánt
 - Műhelyben való hegesztéskor ablakok, ajtók legyenek csukva
 - Levegő nedvességtartalma nem haladhatja meg a 60%-ot

Titán és ötvözetek hegesztése

- Alkalmazható eljárások
 - AVI a leggyakrabban alkalmazott eljárás
 - BKI
 - VFI
 - Plazma hegesztés
 - Elektronsugaras hegesztés
 - Lézersugaras hegesztés
 - Ellenállás hegesztések
 - Egyéb sajtoló hegesztési eljárások
- Termikus vágásra plazmavágást és a lézersugaras vágást alkalmazzák.

A titán AVI hegesztésének technológiája

- Felület- és élelőkészítés
 - Lemezél kialakítható bármilyen forgácsoló eljárással
 - Lemezollón való darabolás megengedett
- Felületi tisztítás
 - Első művelete az oxid eltávolítás, majd zsírtalanítás következik
 - Oxid eltávolítás
 - Vegyi úton (2-5% HF + 20-30% HNO₃ + desztillált víz)
 - Mechanikus úton korrózióálló drótkoronggal, közvetlenül hegesztés előtt simító gyalulással.
 - A hegesztési él 50 mm-es szélességében el kell végezni, a következő réteg előtt is!
 - Zsírtalanítás
 - Oxid eltávolítás után alkohollal vagy acetonnal a hegesztés környékén is.
 - Klórtartalmú oldószerek használata tilos
 - A megtisztított felületet kézzel érinteni már nem szabad.

A titán AVI hegesztésének technológiája

- Hegesztés végrehajtása
 - Egyenáram, egyenes polaritás
 - A jó kötés feltétele a jó gázvédelem
 - Semleges védőgázt kell alkalmazni (nagy tisztaságú argon min. 99.995%)
 - Nemcsak a varratot, hanem minden olyan részt védeni kell, amely 200 °C fölé hevülhet és fenn kell tartani a védelmet, amíg az 200 °C alá nem hűl.
 - Gázvédelem
 - Tértvédelem – a hegesztést védőgázzal feltöltött kamrában végzik
 - Részleges tértvédelem – a gyártmány egy szakaszát helyezik argon védőgáz alá
 - Pisztolyhoz szerelt utánvédővel
 - Gyökoldal gázvédelméről is gondoskodni kell
 - Páralecsapódás veszélye esetén 100-120 °C előmelegítés propánbután gázzal
 - A hegesztő anyag felhevült végét soha nem szabad kihúzni a védőgázból.
 - Esetlegesen szennyeződött véget le kell vágni.

A titán AVI hegesztésének technológiája

- Hegesztők minősítése az MSZ EN ISO 9606-5 szerint
- Helyes paraméterek esetén az elektróda tökéletesen tiszta marad
- Hegesztési sebesség $v_{\text{heg}}=70-150$ mm/min
- Mechanikailag terhelt varratokat kifutó lemezen kell kezdeni és befejezni
- Minimális fűzővarratot kell alkalmazni, azok védelme azonos
- Hegesztett kötések ellenőrzése
 - Szemrevételezéssel tisztítás előtt ellenőrizni kell a varrat elszíneződését
 - Ezüst, arany bíbor, kék (fémes csillogással) → megfelelő
 - Szürke, sötétszürke fehér, sárgásfehér → selejt
 - Nem megfelelő színű varrat nem javítható