

» Izbira pravilnega dodajnega materiala za varjenje aluminija

*Damjan Klobčar
Boris Bell*

Mnogi izdelovalci, ki se ukvarjajo z aluminijem se pogosto sprašujejo, kateri dodajni material je primeren za varjenje določene vrste aluminijeve zlitine. Pravilna izbira zavisi od osnovnega materiala, konkretne aplikacije in značilnosti dodajnega materiala. Z upoštevanjem naslednjih dejavnikov lahko lažje pravilno izberemo dodajni material za varjenje določene aluminijeve zlitine.

1. Občutljivost na razpoke

Pokanje aluminijevih zlitin se navadno vrednoti, kot vroče razpoke, ki se pojavijo ob strjevanju zvara. Strjevanje zvara je kemijsko najpomembnejši dejavnik, pri določanju občutljivosti na razpoke. Kemijsko je določen z lastnostmi osnovnega materiala, dodajnega materiala in mešanja v zvarnem spoju. Zato je ustrezen dodajni material pomemben pri določevanju občutljivosti na razpoke.

2. Končna trdnost zvarnega spoja

Od izbire osnovnega materiala in vrste zvarnega spoja je odvisna tudi trdnost spoja. Pri varjenju aluminijevih zlitin je trdnost zvara redko enaka osnovnemu materialu. Pri sočelnem spoju je trdnost zvara kritična, ker je zvar običajno obremenjen natezno. Pri prekrvnem in kotnem zvaru pa je zvar obremenjen strižno. Različni dodajni materiali imajo različne natezne in strižne trdnosti, zato lahko s primerno izbiro dodajnega materiala trdnost spoja optimiramo.

3. Videz in estetika zvara

Različne aluminijeve zlitine imajo lahko različen videz zvara. Pri nekaterih dodajnih materialih obstaja večja verjetnost, da bodo zvari črni s sajastimi ostanki na površini, medtem ko so drugi bolj tekoči in lažje omočljivi. Aluminijeve zlitine serije 4XXX so znane kot dodajni material silumini ali »AlSi«, ki je odlično tekoč in daje izjemen izgled zvarov, ter dobro odpornost proti pokanju zvara. Ti materiali imajo nizko tališče in se uporabljajo tudi kot spajke ter livne zlitine. Poleg tega so ti materiali manj nagnjeni k poroznosti zvarov, kot so aluminijeve zlitine serije 5XXX.

Pri določanju ustreznega dodajnega materiala za doseg lepega izgleda vara, se varilci dodatno odločijo tudi zaradi eloksiranja aluminija po varjenju. Elokiranje je elektrokemični proces, ki proizvaja sorazmerno debelo prevleko aluminijevega oksida na površino aluminija, ki je zelo trda. Končni rezultat eloksirane prevleke je svetleča barva, a pri nekaterih zlitinah nastanejo po eloksiranju določeni barvni odtenki. Če želimo lahko organsko barvilo naneseemo kasneje, ki zagotavlja dekorativno površino komponent. Dodajni materiali serije 5XXX so najboljši, če bodo zvarni spoji eloksirani, saj bomo s tem dodajnim materialom v zvaru dosegli najboljše barvno ujemanje. Na zvarih izdelanih z do-

dajnimi materiali iz serije 4XXX po eloksiranju na zvaru nastanejo neprivlačne črne barve.

4. Uporaba v morju ali korozivnih okoljih

V večini primerov je osnovni material oz. material varjenca, glavnega pomena za odpornosti izdelka proti različnim korozivnim medijem. Dodajni material za varjenje običajno izberemo tako, da ustreza zahtevam odpornosti proti koroziji v določenem mediju.

5. Uporaba pri povišani temperaturi

Aluminijeve zlitine serije 5XXX vsebujejo več kot 3 % magnezija. Njihove dobro poznane lastnosti so dobro prenašanje obremenitev ob hkratni korozijski odpornosti pri temperaturi nad 65 °C tudi pri daljšem času. Za omenjeno uporabo je bila razvita aluminijeve zlitina 5454, ki ima manj kot 3 % Mg. Priporočen dodajni material za varjenje teh zlitin je zlitina 5554, ki ima okoli 2,5 % Mg in dodatek do 1 % Mn.

6. Obremenitve - Deformacije

Trdnost dodajnega materiala v zvaru je pri uporabi talinih postopkov varjenja običajno dovolj velika. Če zvarne spoje med izdelovalnim procesom deformiramo z valjanjem ali upogibanjem, pa se trdnostne lastnosti zvarnega spoja lahko spremenijo in postanejo pomembne.

Razpoložljivi dodajni materiali zlitin aluminija in njihova pravilna uporaba

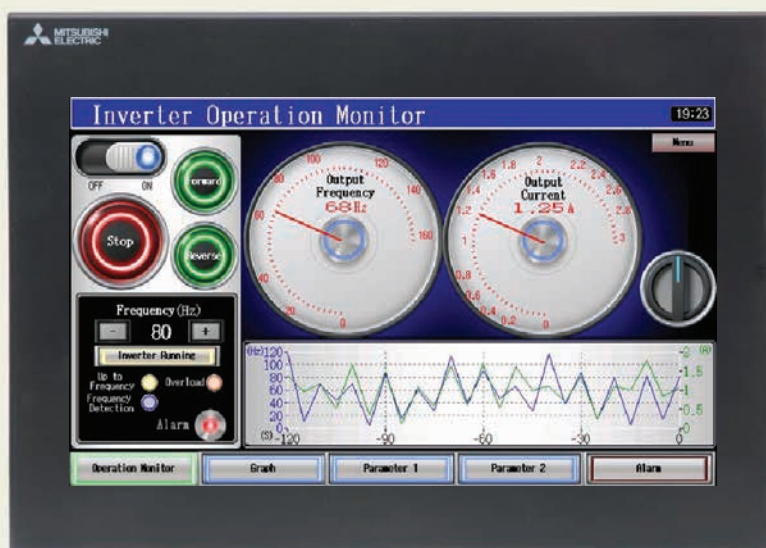
Dodajni materiali so izdelani iz aluminijevih zlitin serije 1XXX, 2XXX, 4XXX in 5XXX. Znotraj teh serij je na voljo različno število zlitin, ki so najbolj uporabne za varjenje različnih materialov. Priporočila za pravilno izbiro dodajnih materialov najdete v katalogih proizvajalcev.

1XXX: Najčistejša zlitina dodajnega materiala iz aluminija

V splošnem so zlitine serije 1XXX zelo »čiste«, kar je dobro oz. primerno kadar želimo odlično električno in toplotno prevodnost. Nobena od zlitin te serije ni občutljiva na pokanje. Ti dodajni materiali so najbolj primerni za varjenje materialov serije 1XXX. Npr. varilec uporabi dodajni material zlitino 1100 za varjenje osnovnega materiala zlitine 1100.

Akcijska ponudba pri INEA RBT **HMI grafični prikazovalnik GOT Simple**

Preprost grafični prikazovalnik z naprednimi funkcijami.



GOT Simple 7"
360 € + DDV

GOT Simple 10"
620 € + DDV

Ob nakupu 10 panelov GOT Simple 7"
po akcijski ceni 360 € + DDV na kos ali
10 panelov GOT Simple 10" po akcijski ceni
620 € + DDV na kos vam nudimo tudi brezplačno
programsko orodje iQ Works in šolanje.

Akcijska ponudba velja do 31.12.2014!

Včasih je težko ali nemogoče najti tako popolno ujemanje. V tem primeru bi lahko varilec uporabil dodajni material, ki je vsaj tako »čist« kot osnovni material. »Čistost« je določena z zadnjima dvema številčkama označbe zlitine. (Npr. 1100 je 99,0 % čista zlitina, 1070 je 99,7 % čista zlitina.)

Varjenje osnovnega materiala, ki ni iz serije 1XXX, z dodajnim materialom serije 1XXX ni dobra izbira, saj uporaba dodajnega materiala drugih serij, ki vsebujejo različne legirne elemente, lahko vodi do razpok.

Dodajni material serije 1XXX je zelo mehak in pri podajanju oz. potiskanju žice po cevnem paketu lahko pride do težav na gorilniku. Še posebej pri daljših cevnih paketih je zato priporočljivo uporabiti gorilnik s »push/pull« podajanjem.

2XXX: Dodajni material zlitine aluminija in bakra

Od serije 2XXX je na voljo kot dodajni material samo aluminijeva zlitina 2319. Ta zlitina je legirana z bakrom (Cu), manganom (Mn) in titanom (Ti). Zasnovana je bila za varjenje aluminijevе zlitine 2219. Precej uspešno se uporablja za varjenje aluminijaste oklepne pločevine zlitine 2519. Ta zlitina se toplotno obdeluje, zato lahko zvaru po varjenju povečamo trdnost.



4XXX: Dodajni material zlitine aluminija in silicija

Silicij (Si) kot glavni legirni element aluminijevih zlitin serije 4XXX ima oznake zlitin 4043 in 4047. Nekatere od zlitin, kot so 4643 in 4010 vsebujejo še manjše količine magnezija (Mg), ki omogoča naknadno toplotno obdelavo zvara. To je posebno pomembno pri varjenih konstrukcijah, ki bodo toplotno obdelane ali podvržene staranju.

Nekatere zlitine serije 4XXX so narejene, da se uporabijo pri varjenju različnih livarskih zlitin (R-A356.0, R-A357.0). Take zlitine dodajnega materiala se uporabljajo za popravilo ulitkov serije 3XX preden so toplotno obdelani, tako da se zvar kemijsko ujema z odlitkom.

Zlitine »AlSi« imajo odlično omočljivost in zelo dobro odpornost na pokanje zvarov, zvari pa so manj nagnjeni k razvoju poroznosti v zvaru, kot je serija 5XXX. Dodajni materiali iz serije 4XXX se pogosto uporabljajo za varjenje serije 6XXX. Med varjenjem serije 6XXX, ki je nagnjena k pokanju, se dodajni materiali iz serije 4XXX razmešajo z osnovnim materialom in zvar nastane odporen proti pokanju.

Ni priporočljivo, da varilci uporabljajo dodajni material serije 4XXX za varjenje serije 5XXX AlMg, (npr. 5083). Visoka vsebnost silicija (Si) v aluminijevih zlitinah serije 4XXX v kombinaciji z osnovnim materialom serije 5XXX, ki vsebuje magnezij (Mg), povzroča nastanek krhke intermetalne spojine magnezija in silicija. Zato ima zvar običajno slabo žilavost in trdnost. Edina izjema je varjenje pločevine 5052 z uporabo dodajnega materiala 4043. To

omogoča varjenje, ker ima 5052 majhno vsebnost magnezija (Mg). Osnovni material 5052 se lahko vari z dodajnim materialom serije 5XXX.

Medtem, ko so dodajni materiali serije 4XXX trdnjši od tistih iz serije 1XXX, so le ti še vedno dovolj mehki, da se pojavijo težave pri potiskanju varilne žice po cevnem paketu. Tako je tudi pri MIG varjenju z dodajnimi materiali serije 4XXX priporočljivo uporabljati »push/pull« sistem.



5XXX: Dodajni material zlitine aluminija in magnezija

Za serijo 5XXX, od katerih je najbolj pogosto uporabljena aluminijeva zlitina 5356, je značilna višja trdnost zvarnih spojev med 170 MPa in 340 MPa, zaradi večje vsebnosti magnezija (Mg). Nekatere zlitine serije 5XXX, ki imajo višjo trdnost (npr.: 5556 in 5183) imajo dodan tudi mangan (Mn), ki še dodatno poveča trdnost zvara. Izgled temena vara ni tako gladek, ker ima serija 5XXX slabšo omočljivost, prisotnost Mg pa včasih pušča za seboj črne ostanke na zvaru, zlasti pri varjenju MIG. Vendar pa so mehanske lastnosti serije 5XXX boljše od serije 4XXX. Šibko področje spoja običajno ne predstavlja zvar ampak toplotno vplivano področje (TVP).

Aluminijevе zlitine serije 5XXX se uporabljajo za tri glavne vrste spajanja. Kot prvo se uporablja za varjenje osnovnih materialov serije 5XXX med seboj. Pri tem spajanju je splošno pravilo uporabiti dodajni material z več magnezija (Mg), kot ga ima osnovni material.

- Zlitini 5554 in 5754 se uporabljajo za varjenje zlitin z nizko vsebnostjo Mg, kot so 5020, 5154, 5454.
- Zlitino 5356 se uporablja za varjenje zlitin srednje trdnosti, kot so 5086 in 5083. Včasih lahko za povečanje mehanskih lastnosti izberemo tudi aluminijevō zlitino 5183.
- Zlitine 5183, 5556 in 5087 se uporabljajo za varjenje zlitin serije 5XXX, ki imajo višjo trdnost.

Drugo, enako pomembno vlogo imajo dodajni material serije 5XXX, natančneje zlitina 5356, ki se pogosto uporabljajo za varjenje pločevin serije 6XXX, npr. 6061 in 6063, ter ko so mehanske lastnosti spoja bistvenega pomena.

Zlitino 5356 se uporablja tudi za varjenje osnovnega materiala serije 5XXX in 6XXX, ko se izvaja eloksiranje po varjenju. Če uporabimo serijo 4XXX bodo zvari po eloksiranju neprivačne črne barve.

Dodajni material serije 5XXX se ne sme uporabljati za varjenje livarskih zlitin serije 3XX, kot sta A356 in A319, saj vsebujejo veliko silicija (Si) in se ustvarijo magnezij-silicij oksidi.

Pri izbiri osnovne aluminijevе zlitine in dodajnega materiala za talilno varjenje je poleg omenjenega dobro upoštevati tudi priporočila proizvajalca. Primer takih priporočil najdete tudi na spletnih



straneh proizvajalcev varilnih dodatnih materialov. Slovenski izdelovalec aluminijastih varilnih žic je podjetje Alumat d.o.o. iz Slovenske Bistrice, <http://www.alumat.si/>. V svojem proizvodnem programu imajo varilne žice in palice za varjenje in trdo spajkanje ter žico za metalizacijo. Poleg naštetega pa med drugim proizvajajo žice iz aluminijeve zlitine za vijake, žeblice, kovice, pletilne igle, žico za ograje, ...

Tako lahko na njihovi spletni strani najdete priporočilo za izbiro varilnega postopka za varjenje s posamezno varilno žico. Spodnji primer prikazuje varilno žico 5356, ki je legirana z Mg. Ta varilna žica je primerna za varjenje in metalizacijo, ne pa tudi za spajkanje. To žico se naj bi varilo po postopku MIG ali TIG, pa tudi plazemsko varjenje je še mogoče.

Standard EN 10273	Številka materiala	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Be	Posamezno	Skupno	
5356	AlMg5	3.3556	max. 0,25	max. 0,40	max. 0,10	0,05 do 0,20	4,5 do 5,5	0,05 do 0,20	max. 0,06 do 0,10	0,06 do 0,20	-	0,0003	0,05	0,15
Lastnosti varilnega materiala												Uporabnost		
Področje taljenja [°C]			Natezna trdnost [N/mm ²]			Raztezek L=5d [%]			Namen uporabe			Postopek varjenja		
562 - 633			240 - 300			15 - 25			S	L	M	P	TIG	MIG
<ul style="list-style-type: none"> Namen uporabe varilnega materiala P - plamensko varjenje Priporočena uporaba TIG - varjenje v zaščiti inertnega plina z netaljivo volframovo elektrodo Uporaba je še možna MIG - varjenje v zaščiti inertnega plina z taljivo elektrodo S - varenje L - spajkanje M - metalizacija 														

» Tabela 1: Lastnosti dodatnega materiala 5356 in priporočila uporabe

Na tej isti spletni strani vidimo tudi prikaz priporočenih dodatnih materialov za varjenje različnih aluminijevih zlitin. Ta priporočila povzemamo v spodnjih dveh tabelah. Tabela se uporablja tako, da se iz modrega stolpca in vrstice izbere oba osnovna materiala, ki ju želimo spajati. Ta dva materiala sta lahko enaka ali različna. Nato v presečnem stolpcu izberemo primeren dodatni material, tudi na osnovi zgoraj zapisanih priporočil.

Na tem mestu velja omeniti, da je zlasti v zadnjem času zelo aktualno spajanje s trenjem in mešanjem (angleško Friction Stir Welding). Pri tem postopku ne uporabljamo dodatnih materialov, spajati pa je mogoče skoraj vse vrste aluminijevih zlitin, tudi tiste, ki jih s pretaljevanjem ne moremo ali jih težko varimo.

EN AW Al 99,9 ER AW Al 99,9 EN AW Al 99,7	S-Al 99,8												
EN AW Al 99,5 ER AW Al 99,0	S-Al 99,5 S-Al 99,5Ti	S-Al 99,5 S-Al 99,5Ti											
ER AW AlMn 1 EN AW AlMn 1 Cu	S-Al 99,5Ti	S-Al 99,5Ti											
ER AW AlMg1 (C) EN AW AlMg1,3 EN AW AlMg2 (B) EN AW AlMg2,5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5									
EN AW AlMg3 ER AW AlMg5	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3 S-AlMg2,7Mn								
EN AW AlMg3Mn ER AW AlMg2 EN AW AlMg2Mn0,8	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3 S-AlMg3 S-AlMg2,7Mn	S-AlMg3							
EN AW AlMg4 EN AW AlMg4,5Mn0,7	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3 S-AlMg3 S-AlMg2,7Mn	S-AlMg3							
EN AW AlMgSi ER AW AlSiMg (A) EN AW AlSi1MgFe ER AW AlSiMg1SiCu	S-AlMg3 S-AlSi5	S-AlMg3 S-AlSi5	S-AlMg3 S-AlSi5	S-AlMg3 S-AlSi5	S-AlMg3 S-AlMg3 S-AlMg2,7Mn	S-AlMg3							
AlZn4,5Mg1	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5 S-AlMg3 S-AlMg2,7Mn	S-AlMg5							
Fusion Alloys: • AlSiMg • with Si <7%	S-AlSi5	S-AlSi5	S-AlSi5	S-AlSi5	S-AlSi5	S-AlSi5							
Fusion Alloys: • AlSiMg • with Si >7%	S-AlSi12	S-AlSi12	S-AlSi12	S-AlSi12	S-AlSi12	S-AlSi12							
Fusion Alloys: • AlMg	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5							
Base alloys A	EN AW Al 99,9 ER AW Al 99,8 EN AW Al 99,7	EN AW Al 99,5 EN AW Al 99,0	EN AW AlMn 1 EN AW AlMn 1 Cu	EN AW AlMg1 (C) EN AW AlMg1,3 EN AW AlMg2 (B) EN AW AlMg2,5	EN AW AlMg3 EN AW AlMg5	EN AW AlMg3Mn ER AW AlMg2 EN AW AlMg2Mn0,8							
Base alloys B													

» Tabela 2: Izbira dodatnega materiala pri varjenju aluminija in aluminijevih zlitin za različne kombinacije osnovnih materialov



Meriti na eni, ali na več lokacijah?

Hexagon Metrology predstavlja prenosne merilne roke in laserske sledilce, ki vam omogočajo, da opravite meritve neposredno v proizvodnem okolju. Omogočajo hitro nameščanje, enostavno delovanje in vedno zanesljive 3D meritve. In še vendar ohranijo najvišjo raven natančnosti in pokrivajo doslej največjo merilno površino.

Hexagon Metrology S.p.A.,
Podružnica v Sloveniji
Koroška cesta 14
2390 Ravne na Koroškem
Slovenija
T. +386 2 870 7664
info.si@hexagonmetrology.com

www.hexagonmetrology.eu

