

Keuze van toevoegmateriaal voor het lassen van Aluminium en Al-legeringen

Ir. Roger Creten, EWE

Gastdocent KUL en Thomas More – Campus Denayer
Lastek Belgium



Soorten aluminiumlegeringen

- Zuiver aluminium (1000 reeks)
- Aluminium met koper (Cu) (2000 reeks)
- Aluminium met mangaan(Mn) (3000 reeks)
- Aluminium met silicium (Si) (4000 reeks)
- Aluminium met magnesium (Mg) (5000 reeks)
- Aluminium met Mg + Si (6000 reeks)
- Aluminium met zink (Zn) (7000 reeks)
- Speciale Al-legeringen (8000 reeks)



Structuurindeling

- Wals- en extrusielegeringen
(**1000** – **3000** – **5000** reeks)
- Gietlegeringen
(**4000** reeks)
- Thermisch hardbare legeringen
(**2000** – **6000** – **7000** reeks)



Thermisch hardbare legeringen

- Reeksen: 2000 (AlCu), 6000 (AlMgSi) en 7000 (AlZnCu)
- Laswarmte vernietigt de versterking van deze legeringen in de warmte beïnvloede zone (WBZ)
- De WBZ is minder sterk
 - Keuze van toevoegmateriaal is belangrijk
 - Lasuitvoering en werkwijze speelt een rol
 - Opnieuw thermisch behandelen na het lassen is een theoretische maar geen praktische mogelijkheid



Keuze toevoegmetaal Al

- Invloedsfactoren
 - Basismetaal
 - Lasbaarheid van Al-legeringen: gedefinieerd als weerstand tegen scheuren
 - Samenstelling
 - Gewenste eigenschappen
 - Mechanische sterkte:
 - » Trek- of afschuifsterkte van de las
 - » Taaiheid van de las
 - Corrosie-eigenschappen
 - Kleurovereenkomst tussen las en basismetaal na anodiseren



Keuze toevoegmetaal Al

- Invloedsfactoren
 - Aanvoergemak van lasdraad
 - Kennis en vaardigheid lasser
 - Beschikbare lasapparatuur
 - Vloeibaarheid van lasmetaal
 - Laspositie
 - Werkstukgrootte en materiaaldikte
 - Frequentie en soort laswerk



Keuze toevoegmetaal Al

- Invloedsfactoren
 - Soorten aluminiumlegeringen
 - Gietlegeringen
 - 4000 reeks (AlSi)
 - Thermisch niet hardbare legeringen
 - Kneedlegeringen: vervormingsversteving
1000 (Al), **3000** (AlMn), **5000** (AlMg) reeksen
 - Thermisch hardbare legeringen
 - Versteving door precipitatie
2000 (AlCu), **6000** (AlMgSi), **7000** (AlZn) reeksen
 - Natuurlijke of thermische veroudering



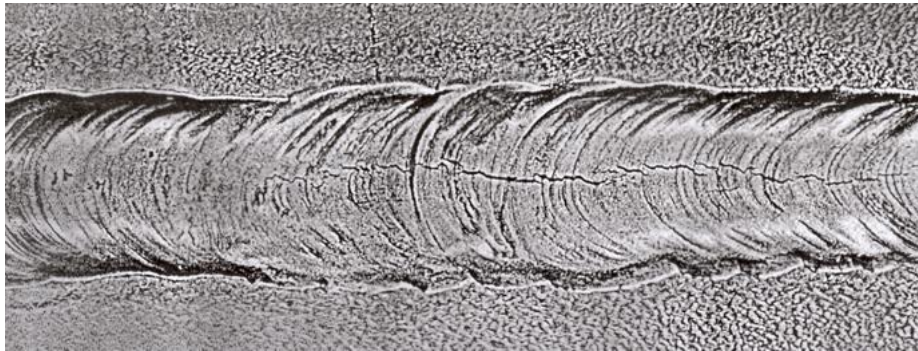
Keuze toevoegmetaal Al

- Invloedsfactoren
 - Lasgemak en vrij zijn van scheuren
 - Afsmelting, bevochtiging, vloeigedrag en lasnaaduitzicht
 - Mechanische eigenschappen na het lassen
 - Trek- of afschuifsterkte van de las
 - Taaiheid van de las
 - Gebruikstemperatuur
 - Corrosieweerstand



Keuze toevoegmetaal Al

Warmzscheuren is een gekend fenomeen bij lassen van aluminiumlegeringen



Keuze toevoegmetaal Al

- Warmscheuren Al-legeringen
 - Stolscheuren: solidification cracks (lasmetaal)
 - Gevolg van een groot smeltinterval in combinatie met hoge uitzettingscoëfficiënt
 - Smeltscheuren: liquation cracks (HAZ)
 - Smelten of vloeibaar worden van laagsmeltende fase (MP° lager dan basismetaal) op de korrelgrenzen
 - Hoge uitzettingscoëfficiënt en grote krimp veroorzaken veel krimpspanningen



Keuze toevoegmetaal Al



**Warmtscheur: stollingscheur
hart van de las**



Voorbeeld van typische kraterscheur

- Kraterscheuren zijn ook stollingscheuren en kunnen vaak vermeden worden door een juiste kratervultechniek toe te passen.



Keuze toevoegmetaal Al

- Warmzscheuren Al-legeringen

- Bepaalde legeringen zijn zeer gevoelig voor stolscheuren

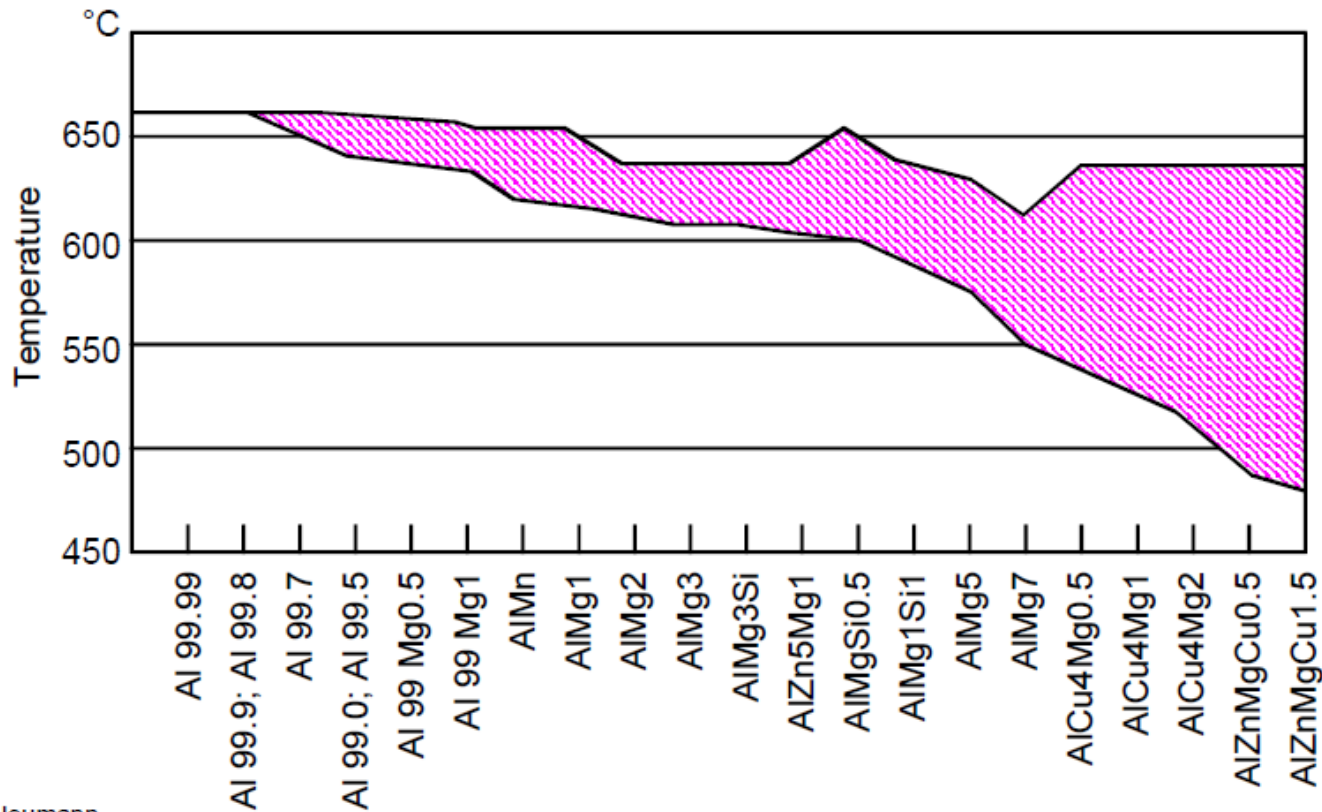
- Dat zijn voornamelijk de volgende Aluminium-legeringen:

- » 2000 reeks Al + Cu
 - » 6000 reeks Al + Mg én Si
 - » 7000 reeks Al + Zn + Mg + Cu

- Bij de 4000 (AlSi) of 5000 (AlMg)-reeks treedt dit slechts in zeer beperkte mate op



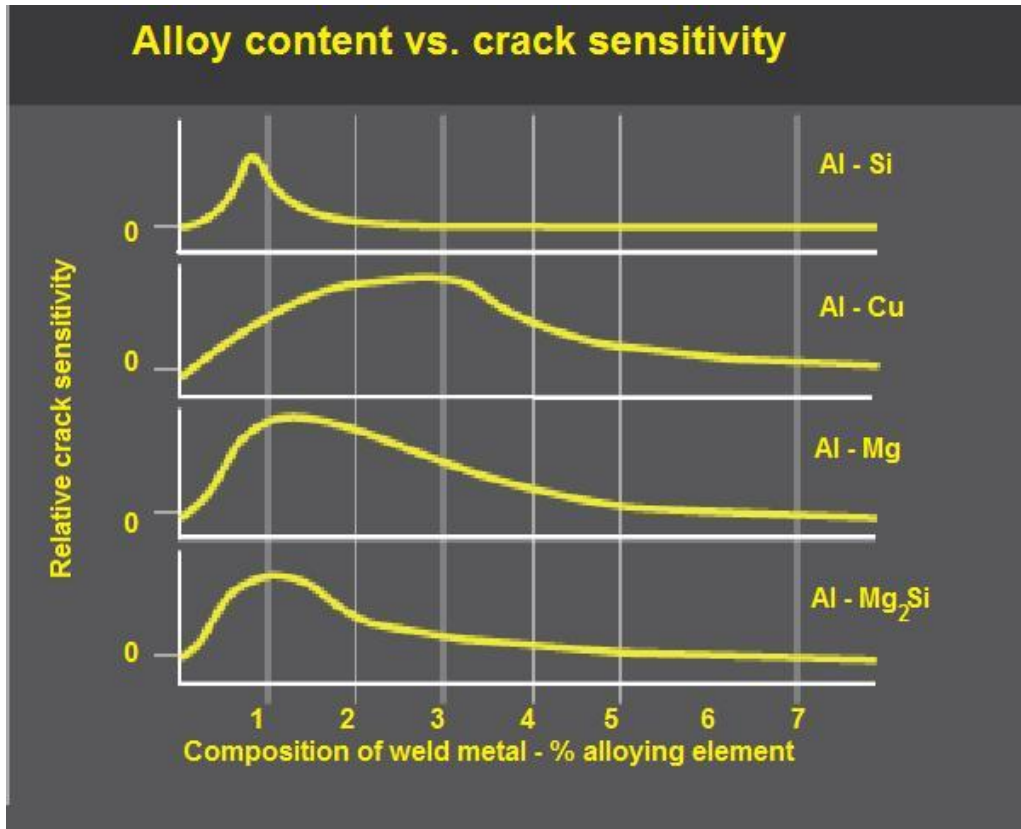
Melting and Solidification Intervals for Wrought Aluminium Alloys



Source: Neumann



Warmzscheuren: Invloed van legeringselementen

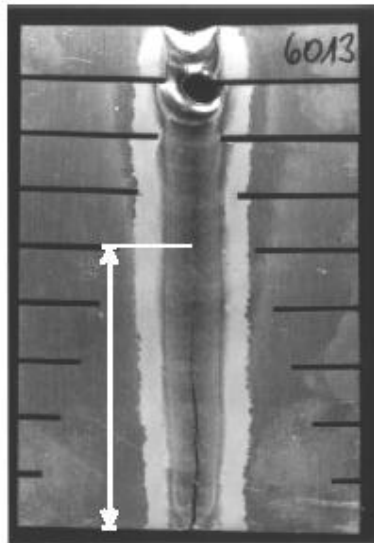


Op de grafiek zien we de relatieve scheurgevoeligheid bij het lassen van de meest gebruikte Al-legeringen, in functie van de verschillende legeringselementen: Si, Cu, Mg, Mg₂Si

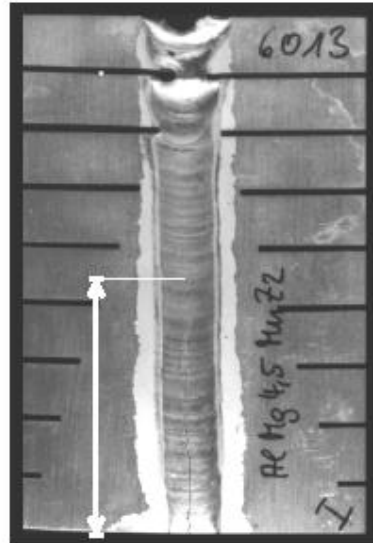


Warmstehurtest Houldcroft

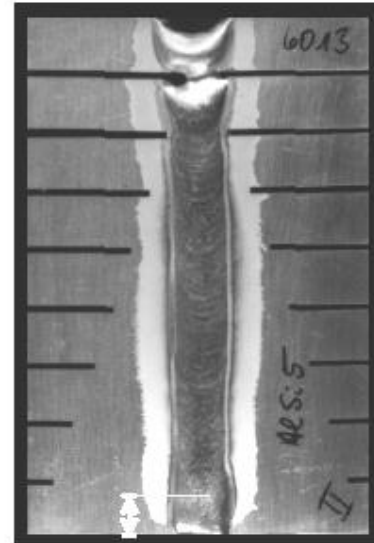
Houldcroft -Test with 6013 T 6 (AlMgSiCu)
2.5 mm Thick



Welding without Filler



Welding with Filler
S-AlMg4.5MnZr



Welding with Filler
S-AISI 5

Source: SLV, Berlin



Houldcroft - Test with Alloy 6013 T6 (AlMgSiCu)

4202.01.04



Keuze toevoegmetaal Al

- Keuze van toevoegmetaal belangrijk voor het vermijden van warmscheuren
 - Voldoende hoog Mg: AlMg5 (5356, 5556 +Mn)
 - Voldoende hoog Si: AlSi5 (4043)
 - Om te zorgen dat de samenstelling van de gevormde las buiten het scheurgevoelige gebied ligt
- **LET OP:** lasmetaal is niet enkel de lasdraad, maar de optelsom van de afgesmolten draad met het gesmolten basismetaal (afh. v.d. opmenging)



Keuze toevoegmetaal Al

- Voorbeeld 1:
 - Lassen van AlMgSi1 (6082)
 - **Zonder** toevoegmetaal:
de samenstelling van de las ligt volledig is het hoogst gevoelige gebied voor warmscheuren
 - **Met AlMg5** (5356): met 25% opmenging 75% van 5%Mg (=3,75) + 25% van 1%Mg(=0,25) dat geeft $\pm 4\%$ Mg wat gunstig is tegen warmscheuren
 - **Met AlSi5** (4043): met dezelfde berekeningswijze levert dat $\pm 4\%$ Si wat gunstig is



Keuze toevoegmetaal Al

- Voorbeeld 2:
 - Lassen van AlMg_{2,5} (5052)
 - **Zonder** toevoegmetaal: de samenstelling van de las ligt op de rand van het warmscheurgebied
 - **Met AlMg₅ (5356)**: met 25% inbranding 75% van 5%Mg (=3,75)+ 25% van 2,5 (=0,625) dat geeft ±4,3% Mg, gunstig tegen warmscheuren
 - **Met zuiver aluminium**: 0% Mg (uit lasdraad) + 25% van 2,5 Mg (=0,625) dat geeft 0,625% Mg, **ongunstig** voor warmscheuren



Keuze toevoegmetaal Al

- Welke lasdraden en lasstaven?
 - Zie normen EN ISO 18273 en AWS A5.10
 - Belangrijke legeringen zijn
 - Zuiver aluminium
99,8% (ER1080), 99,5%Ti (ER1450), 99,7% (ER1070)
 - AlMg3 (ER5654, 5754), AlMg5 (ER5356), AlMg4.5Mn (ER5556, 5183)
 - AlSi5 (ER4043), AlSi12 (ER4047)
 - In kruistabellen voor combinaties van (ongelijksoortige) materialen: AWS A5.10



Alloy symbol		Chemical composition in % (m/m) ^{a b}													
Numerical	Chemical	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ga, V	Ti	Zr	Al _{min}	Be	Other each	Other total
ALUMINIUM-LOW ALLOYED															
Al 1070	Al99,7	0,20	0,25	0,04	0,03	0,03	–	0,04	V 0,05	0,03	–	99,70	0,0003	0,03	–
Al 1080A	Al99,8(A)	0,15	0,15	0,03	0,02	0,02	–	0,06	Ga 0,03	0,02	–	99,80	0,0003	0,02	–
Al 1188	Al 99,88	0,06	0,06	0,005	0,01	0,01	–	0,03	Ga 0,03 V 0,05	0,01	–	99,88	0,0003	0,01	–
Al 1100	Al99,0Cu	Si + Fe 0,95		0,05 – 0,20	0,05	–	–	0,10	–	–	–	99,00	0,0003	0,05	0,15
Al 1200	Al99,0	Si + Fe 1,00		0,05	0,05	–	–	0,10	–	0,05	–	99,00	0,0003	0,05	0,15
Al 1450	Al99,5Ti	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	–	0,07	–	0,10 - 0,20	–	99,50	0,0003	0,03	–
ALUMINIUM-COPPER															
Al 2319	AlCu6MnZrTi	0,20	0,30	5,8 – 6,8	0,20 – 0,40	0,02	–	0,10	V 0,05 – 0,15	0,10 – 0,20	0,10 – 0,25	Rem	0,0003	0,05	0,15
ALUMINIUM-MANGANESE															
Al 3103	AlMn 1	0,50	0,7	0,10	0,9 - 1,5	0,30	0,10	0,20	–	Ti + Zr 0,10		Rem	0,0003	0,05	0,15
ALUMINIUM-SILICIUM															
Al 4009	AlSi5Cu1Mg	4,5 – 5,5	0,20	1,0 – 1,5	0,10	0,45 – 0,6	–	0,10	–	0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4010	AlSi7Mg	6,5 – 7,5	0,20	0,20	0,10	0,30 – 0,45	–	0,10	–	0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4011	AlSi7Mg0,5Ti	6,5 – 7,5	0,20	0,20	0,10	0,45 – 0,7	–	0,10	–	0,04 – 0,20	–	Rem	0,04 – 0,07	0,05	0,15
Al 4018	AlSi7Mg	6,5 - 7,5	0,20	0,05	0,10	0,50 - 0,8	–	0,10	–	0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4043	AlSi5	4,5 - 6,0	0,8	0,30	0,05	0,05	–	0,10	–	0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4043A	AlSi5(A)	4,5 - 6,0	0,6	0,30	0,15	0,20	–	0,10	–	0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4046	AlSi10Mg	9,0 - 11,0	0,50	0,03	0,40	0,20 - 0,50	–	0,10	–	0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4047	AlSi12	11,0 - 13,0	0,8	0,30	0,15	0,10	–	0,20	–	–	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4047A	AlSi12(A)	11,0 - 13,0	0,6	0,30	0,15	0,10	–	0,20	–	0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4145	AlSi10Cu4	9,3 – 10,7	0,8	3,3 – 4,7	0,15	0,15	0,15	0,20	–	–	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 4643	AlSi4Mg	3,6 – 4,6	0,8	0,10	0,05	0,10 – 0,30	–	0,10	–	0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
ALUMINIUM-MAGNESIUM															
Al 5249	AlMg2Mn0,8Zr	0,25	0,40	0,05	0,50 - 1,1	1,6 - 2,5	0,30	0,20	–	0,15	0,10 - 0,20	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5554	AlMg2,7Mn	0,25	0,40	0,10	0,50 – 1,0	2,4 – 3,0	0,05 – 0,20	0,25	–	0,05 – 0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5654	AlMg3,5Ti	Si + Fe 0,45		0,05	0,01	3,1 – 3,9	0,15 – 0,35	0,20	–	0,05 – 0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5654A	AlMg3,5Ti	Si + Fe 0,45		0,05	0,01	3,1 – 3,9	0,15 – 0,35	0,20	–	0,05 – 0,15	–	Rem	0,0005	0,05	0,15
Al 5754 ^c	AlMg3	0,40	0,40	0,10	0,50	2,6 - 3,6	0,30	0,20	–	0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5356	AlMg5Cr(A)	0,25	0,40	0,10	0,05 - 0,20	4,5 - 5,5	0,05 - 0,20	0,10	–	0,06 - 0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15

EN ISO 18273



Alloy symbol		Chemical composition in % (m/m) ^{a b}													
Numerical	Chemical	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ga, V	Ti	Zr	Al _{min}	Be	Other each	Other total
Al 5356A	AlMg5Cr(A)	0,25	0,40	0,10	0,05 - 0,20	4,5 - 5,5	0,05 - 0,20	0,10	–	0,06 - 0,20	–	Rem	0,0005	0,05	0,15
Al 5556	AlMg5Mn1Ti	0,25	0,40	0,10	0,50 – 1,0	4,7 – 5,5	0,05 – 0,20	0,25	–	0,05 – 0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5556C	AlMg5Mn1Ti	0,25	0,40	0,10	0,50 – 1,0	4,7 – 5,5	0,05 – 0,20	0,25	–	0,05 – 0,20	–	Rem	0,0005	0,05	0,15
Al 5556A	AlMg5Mn	0,25	0,40	0,10	0,6 - 1,0	5,0 - 5,5	0,05 - 0,20	0,20	–	0,05 - 0,20	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5556B	AlMg5Mn	0,25	0,40	0,10	0,6 - 1,0	5,0 - 5,5	0,05 - 0,20	0,20	–	0,05 - 0,20	–	Rem	0,0005	0,05	0,15
Al 5183	AlMg4,5Mn0,7(A)	0,40	0,40	0,10	0,50 to 1,0	4,3 - 5,2	0,05 - 0,25	0,25	–	0,15	–	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5183A	AlMg4,5Mn0,7(A)	0,40	0,40	0,10	0,50 to 1,0	4,3 - 5,2	0,05 - 0,25	0,25	–	0,15	–	Rem	0,0005	0,05	0,15
Al 5087	AlMg4,5MnZr	0,25	0,40	0,05	0,7 to 1,1	4,5 - 5,2	0,05 - 0,25	0,25	–	0,15	0,10 - 0,20	Rem	0,0003	0,05	0,15
Al 5187	AlMg4,5MnZr	0,25	0,40	0,05	0,7 to 1,1	4,5 - 5,2	0,05 - 0,25	0,25	–	0,15	0,10 - 0,20	Rem	0,0005	0,05	0,15

a Single values shown in the table are maximum values, except for Al.

b The results shall be rounded to the same number of significant figures as in the specified value using the rules in accordance with annex B, Rule A of ISO 31-0:1992.

c Alloy Al 5754 also limits the sum (Mn + Cr): 0,10 to 0,6.

NOTE Consumables not listed in the Table can be symbolised by Al Z. Chemical symbol established by the manufacturer may be added in brackets.

EN ISO 18273



Keuze toevoegmetaal Al

- Keuze van toevoegmetaal bij ongelijksoortige aluminiumlegeringen
 - Rekening houden met de kritische legeringselementen (%Si, %Mg, %Cu)
 - Keuzetabellen in AWS A5.10



Tabel AWS A5.10: Keuze van toevoegmetaal bij MIG- en TIG-lassen van aluminiumlegeringen

Basismetaal	201.0 206.0 224.0	319.0, 333.0 354.0, 355.0 C355.0	356.0, A356.0 357.0, A357.0 413.0, 443.0, A444.0	511.0, 512.0 513.0, 514.0 535.0	7004, 7005 7039, 710.0 712.0	6009 6010 6070	6005, 6061 6063, 6101 6151, 6201 6351, 6951	5456	5454
1060, 1070, 1080, 1350	4145	4145	4043	5356	5356	4043	4043	5356	4043
1100, 3003, Alc3003	4145	4145	4043	5356	5356	4043	4043	5356	4043
2014, 2036	4145	4145	4145	--	--	4145	4145	--	--
2219	2319	4145	4145	4043	4043	4043	4043	--	4043
3004, Alc3004	--	4043	4043	5356	5356	4043	4043	5356	5356
5005, 5050	--	4043	4043	5356	5356	4043	4043	5356	5356
5052, 5652	--	4043	4043	5356	5356	4043	5356	5356	5356
5083	--	--	5356	5356	5183	--	5356	5183	5356
5086	--	--	5356	5356	5356	--	5356	5356	5356
5154, 5254	--	--	4043	5356	5356	--	5356	5356	5356
5454	--	4043	4043	5356	5356	4043	5356	5356	5554
5456	--	--	5356	5356	5556	--	5356	5556	
6005, 6061, 6063, 6101, 6151, 6201, 6351, 6951	4145	4145	4043	5356	5356	4043	4043		
6009, 6010, 6070	4145	4145	4043	4043	4043	4043			
7004, 7005, 7039 710.0, 712.0	--	4043	4043	5356	5356				
511.0, 512.0, 513.0 514.0, 535.0	--	--	4043	5356					
356.0, A356.0, 357.0 A357.0 413.0, 443.0, A444.0	4145	4145	4043						
319.0, 333.0, 354.0, 355.0, C355.0	4145	4145							
201.0, 206.0, 224.0	2319								

Tabel AWS A5.10(vervolg): Keuze van toevoegmetaal bij MIG- en TIG-lassen van aluminiumlegeringen

Basismetmaal	5154 5254	5086	5083	5052 5652	5005 5050	3004, Alc3004	2219	2014 2036	1100 3003 Alc3003	1060, 1070, 1080, 1350
1060, 1070, 1080, 1350	5356	5356	5356	4043	1100	4043	4145	4145	1100	1188
1100, 3003, Alc3003	5356	5356	5356	4043	1100	4043	4145	4145	1100	
2014, 2036	--	--	--	--	4145	4145	4145	4145		
2219	4043	--	--	4043	4043	4043	2319			
3004, Alc3004	5356	5356	5356	5356	5356	5356				
5005, 5050	5356	5356	5356	5356	5356					
5052, 5652	5356	5356	5356	5654						
5083	5356	5356	5183							
5086	5356	5356								
5154, 5254	5654									



Basismetaleel	7020		6005A, 6060 6063, 6061, 6062		5083		5086		5454		5052 5251		1050A 1200 3103	
1050A, 1200, 3103 (Al/AlMn)	4043	4043	5356	4043	5356	5356	5386	5356	5183	4043	5183	4043	4043	4043
	4043	5183	4043	5356	5356	5356	5356	5356	5654	5654	5654	5654	1100	1100
5052, 5251 AlMg2,5/AlMg2Mn		5183				5183		5183		5183		5183		
	5183	5356	5183		5183	5356	5183	5356	5183	5356	5183	5356		
	5556	5556	5556	4043	5556	5556	5556	5556	5556	5556	5556	5556		
5454 (AlMg2,7Mn)	5183	5183	4043	5183	5183	5183	5183	5183	5654	5654	5654	5654		
	5183	5356	5183		5183	5356	5183	5356	5183	5356				
	5556	5556	5556	4043	5556	5556	5556	5556	5556	5556				
5086 (AlMg4Mn)	5183	5183	5183	5183	5183	5183	5183	5183						
	5183	5356	5356	5183	5183	5356	5183	5356						
	5556	5556	5556	5356	5556	5556	5556	5556						
5083 (AlMg4,5Mn)	5183	8183		4043		5183								
	5183	5356	5183	5183	5183	5356								
	5556	5556	5556	5356	5556	5556								
6005A, 6060 6063, 6061, 6062 (AlMgSi)	5183	8183	5183	5183	5183	5183								
	5183	4043	5183											
	5556	5356	5556	5183										
7020 (AlZn4,5Mn)	5183	5183	4043	5183										
	5183	5356												
	5556	5556												
	5183	5183												

Keuze van toevoegmateriaal in functie van de eisen.

Bij elke combinatie van basismaterialen wordt de keuze als volgt weergegeven:

Optimale sterkte	Goede lasbaarheid
Goede corrosie-eigenschappen	Geschikt voor anodiseren





Dank voor uw aandacht.

Vragen?



www.faccinefb.com

