

# ALUMINIUM



Vakblad over aluminium en aluminiumlegeringen

## **Drieluik Lassen van Aluminium en haar legeringen Deel1**

**3**

26e jaargang april 2011

# Lassen van Aluminium en haar legeringen

## Overzicht van in de aanhef genoemde serie publicaties in ALUMINIUM

Door Fred Neessen en Harm Meelker Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen

Aluminium #	Deel #	Omschrijving	Pagina #
Aluminium 3/2011	Deel 1	Aluminium legeringen	pag. 18 - 21
Aluminium 4/2011	Deel 2	Keuze van lastoevoegmaterialen	pag. 14 - 19
Aluminium 7/2011	Deel 3	vervolg "Keuze van lastoevoegmaterialen"	pag. 44 - 47
Aluminium 8/2011	Deel 4	Lasprocessen	pag. 20 - 25
Aluminium 9/2011	Deel 5	Beschermgassen en invloed oppervlakte-gesteldheid lastoevoegmateriaal	pag. 22 - 25
Aluminium 10/2011	Deel 6	Het draadmondstuk, laspistool en liner, de draadaanvoerunit en stroombron	pag. 18 - 21
Aluminium 1/2012	Deel 7 (slot)	Preventieve maatregelen en trouble shooting	pag. 24 - 29



# Lassen van Aluminium en haar legeringen

## Deel 1 - Aluminium legeringen



Zuiver aluminium heeft een relatief lage sterkte maar daarentegen een grote taaiheid zelfs tot zeer lage temperaturen. Door zuiver aluminium koud te vervormen of te legeren kan men de sterkte verhogen, maar ook betere corrosie eigenschappen verkrijgen. Afhankelijk van de legeringselementen kan men een oplossingshardende legering (Mg – Mn – Si) of een precipitatiehardende legering (Cu – Mg in combinatie met Si of Zn) verkrijgen. De precipitatiehardende legeringen dienen altijd aansluitend warmtebehandeld te worden. Door op de hierboven omschreven wijze te legeren zijn vele soorten Aluminium verkrijgbaar.

*Fred Neessen en Harm Meelker Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen*

**De** legeringselementen kan men onderscheiden in primaire- en secundaire legeringselementen. De primaire legeringselementen zijn koper, magnesium, zink, mangaan en silicium. Over het algemeen hebben deze elementen in aluminiumlegeringen de volgende eigenschappen:

- **Koper** geeft een aanzienlijke verhoging van de sterkte.
- **Silicium** maakt de legering dun vloeibaar, dit is vooral van belang bij gietlegeringen en lastoevoegmaterialen.
- **Mangaan** verhoogt enigszins de sterkte en zorgt tevens voor een zeer goede vervormbaarheid.
- **Magnesium** zorgt voor een aanzienlijke verhoging van de sterkte terwijl een goede corrosieweerstand gewaarborgd blijft. Magnesium in combinatie met silicium geeft een legering die de sterkte verhoogt en tegelijkertijd met een betere vervormbaarheid en extrudeerbaarheid.
- **Zink** gecombineerd met koper en magnesium geeft een legering met een aanzienlijk hogere sterkte. Deze groep van legeringen geven een natuurlijk herstel van de, onder invloed van het lassen, zacht geworden warmte beïnvloede zone.

Tot de secundaire legeringselementen horen onder andere chroom, ijzer, zirkoon, vanadium, bismut, nikkel en titaan.

Deze elementen worden toegevoegd om specifieke eigenschappen, gericht op een toepassing, aan de legeringen te geven zoals bijvoorbeeld betere:

- warmtebehandelingseigenschappen;
- specifieke sterkte
- specifieke corrosiebestendigheid
- etc.

De elementen Ti – Zr – Be en B worden vaak toegevoegd als korrelverfijners. De secundaire legeringselementen beïnvloeden de lasbaarheid.

### Aanduiding volgens Aluminium Association

De internationaal erkende AA-codering volgens Aluminium Association maakt de keuze van een aluminium legering voor een bepaalde toepassing eenvoudiger. Deze codering benoemt aluminium en vrijwel al haar legeringen. Er is een codering voor de kneed- en gietlegeringen. We beperken ons hier tot de kneedlegeringen.

Voor de kneedlegeringen geldt:

deel 1: een 4 cijferige code gevolgt door

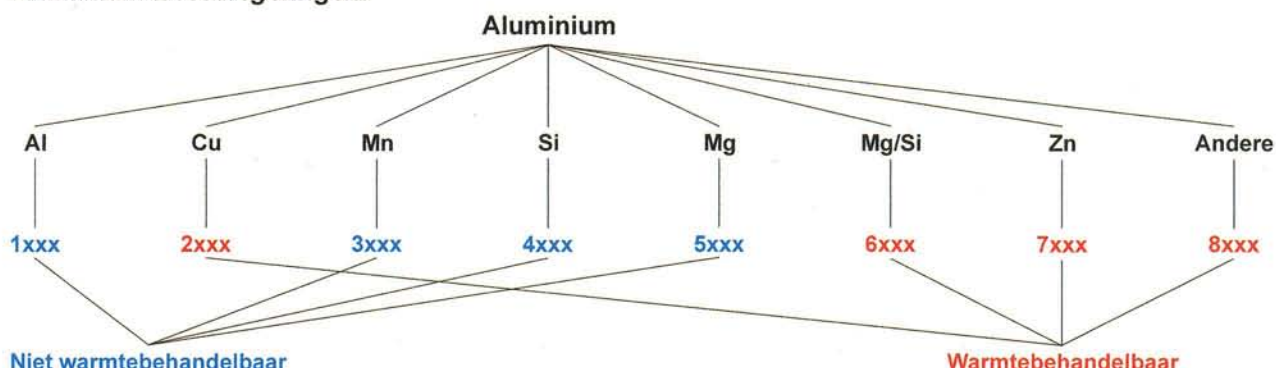
deel 2: een letter, eventueel gevolgt door 1 of meer cijfers die de toestand na een bewerking aangeven.

Bijvoorbeeld:

5 0 2 4 - O 2



### Aluminium kneedlegeringen:



Voor de gietlegeringen geldt, dat er een drie-cijferig getal plus één decimaal wordt gebruikt om iedere legering te onderscheiden. Het eerste cijfer geeft wederom de hoofd-legering aan. Bij de gietlegeringen ontbreekt het modificatiegetal van de kneedlegering. In plaats daarvan worden modificaties hier aangegeven door een prefix (voorvoegsel) in de vorm van een letter. Het tweede en het derde nummer zijn wederom willekeurige getallen die de specifieke legering indiceren.

### Niet-warmtebehandelbare legeringen ten opzichte van de warmtebehandelbare legeringen

#### Niet-warmtebehandelbare legeringen:

Het verhogen van de sterkte van de 1xxx, 3xxx, 4xxx en 5xxx, legeringen is mogelijk door middel van koudvervormen. Het koudvervormen veroorzaakt een wijziging in de metallografische structuur. Deze structuur wijziging verhoogt de sterkte en verlaagt de vervormbaarheid.

Alhoewel de 1xxx serie geen legeringen zijn in de strikte zin des woords, worden deze voor het ge-

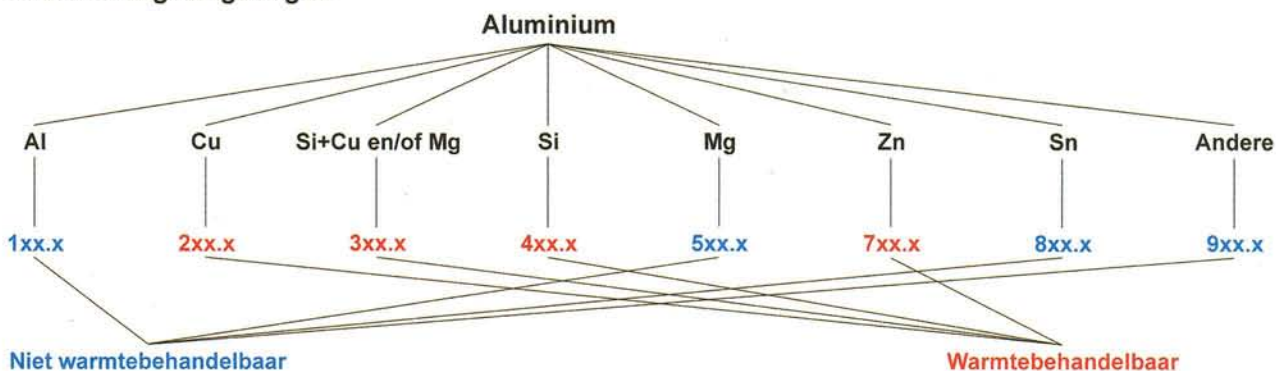
mak toch Al-legeringen genoemd. Ze worden voornamelijk gebruikt voor hun superieure corrosieweerstand in bijvoorbeeld chemische opslagtanks en pijpleidingen. Dankzij de goede elektrische geleidingseigenschappen worden zij ook voor elektrische aansluitgeleiders toegepast. De 3xxx serie met toevoeging van mangaan heeft een hogere sterkte. Deze legeringen zijn goed koud vervormbaar zonder verlies aan corrosieweerstand. Deze groep van legeringen is niet gevoelig voor warm-scheuren. Een typisch toepassingsgebied van de 3xxx serie zijn algemene aluminium constructies.

De 4xxx serie is gelegeerd met silicium. De silicium toevoeging heeft als gevolg dat het smeltpunt van de legering omlaag gaat, hetgeen de vloeibaarheid verbetert en diensgevolge uitermate geschikt is als lastoevoegmateriaal.

De 5xxx serie, AlMg-legering, heeft de hoogste sterkte van de niet warmtebehandelbare legeringen. Hierdoor is deze legering bij uitstek geschikt voor het gebruik in hoger belaste constructies. Deze legeringen hebben een goede lasbaarheid, zijn nauwelijks gevoelig voor warm-scheuren en geven na het lassen geen noemenswaardig sterkteverlies.

Bij het lassen van de niet-warmtebehandelbare le-

### Aluminium gietlegeringen:







ringen ontstaat een warmte beïnvloede zone (WBZ). Elke WBZ doorloopt een temperatuursyclus van smeltpunt tot kamertemperatuur. Er zal zodoende altijd een zone ontstaan die de rekristallisatietemperatuur van ongeveer 345°C overschrijdt. Hierdoor neemt plaatselijk de sterkte af waardoor in de praktijk de ontwerpsterkte aangepast dient te worden.

De hoge sterkte 5xxx serie legeringen (5083, 5086 en 5456) zijn populair in gelaste aluminium constructies. Dit omdat ze minder gevoelig zijn voor sterkteverlies in de WBZ en een uitstekende ductiliteit hebben. Daardoor kan grote deformatie opgenomen worden voordat scheurvorming optreedt.

#### **Warmtebehandelbare legeringen:**

De warmtebehandelbare legeringen, de serie 2xxx, 6xxx en 7xxx bevatten elementen die zowel individueel als in combinatie de sterkte aanzienlijk kunnen verhogen door een optimale warmtebehandeling. Dit wordt veroorzaakt door precipitatieharding. Precipitatieharding is een combinatie van oplosgloeien en een precipitatie gloeiing. Hierdoor ontstaan uitscheidingen (precipitaten) in het basismateriaal die sterkte verhogend werken. Afhankelijk van de legering en de gewenste eigenschappen varieert de gloeibehandeling.

De koper gelegeerde 2xxx serie heeft een aanzienlijk hogere sterkte en wordt als slecht lasbaar beschouwd. Ze zijn zeer warmscheur gevoelig. De legeringen 2014, 2219 en 2519 zijn lasbaar mits men aan bepaalde voorwaarden voldoet.

De combinatie van silicium en magnesium als legeringselementen in de 6xxx serie, geeft magnesium-silicaten, die zorgdragen voor een gemiddelde sterkte na warmtebehandeling. Hoewel deze legeringen gevoelig zijn voor warmscheuren zijn ze redelijk lasbaar bij de juiste keuze van naadvoorbewerking en lastoevoegmateriaal. In de gelaste toestand treedt een aanzienlijk sterkteverlies op. Door een juiste warmtebehandeling na het lassen kan de sterkte hersteld worden.

De aluminium legeringen uit de 7xxx serie geven de hoogste sterkte klasse. De legeringen uit deze groep met een hoog kopergehalte zijn niet lasbaar, bijvoorbeeld legering 7075, door een ontoelaatbaar sterkte verlies. Daarnaast zijn ze ook zeer gevoelig voor warmscheuren.

De lager gelegeerde koperhoudende typen zoals bijvoorbeeld 7004, 7005 en 7039 kunnen wel gelast worden, omdat de WBZ door veroudering zich herstelt na verloop van tijd.

## Aluminium en aluminiumlegeringen

Kneadlegeringen					Gietlegeringen	
Goed lasbaar		Precipitatiehardende legeringen		lasbaarheid	lasbaarheid	
Al	1xxx	Al-Cu-Mg	2xxx	de meeste niet	Al-Si	goed
Al-Mn	3xxx	Al-Mg-Si	6xxx	redelijk	Al-Cu	goed - niet hardbare uitstekend
Al-Mg	5xxx	Al-Zn-Mg	7xxx	redelijk tot niet	Al-Mg	- hardbare, slecht of niet
In sterkte te verhogen door koudvervorming		Niet = zeergevoelig voor warmte-scheuren			Al-Zn	slecht
					Al-Sn	slecht

Bovenstaande tabel geeft een overzicht van de hierboven besproken aluminium leg-eringen in relatie tot haar sterkte en lasbaarheid.

De 8xxx serie is gereserveerd voor aluminium dat met andere elementen is gelegeerd. De meeste van deze legeringen worden doorgaans niet gelast.

Bij de warmtebehandelbare legeringen treedt als gevolg van lassen op de smeltlijn en WBZ een degradatie van materiaaleigenschappen op. Dit wordt veroorzaakt door het oplossen van precipitaten (2xxx serie) of groei van precipitaten (6xxx serie). De keuze van de lasprocedure is bepalend voor de materiaaldegradatie. Hoge warmte-inbreng en voorwarmen veroorzaken sterkteverlies en bepalen de uiteindelijke breedte van de warmte beïnvloede zone. Warmtebehandelingen kunnen deze negatieve effecten min of meer oplossen.

Een ander belangrijk onderdeel in de warmte beïnvloede zone van deze legeringen is de smeltlijnzone. Hier kunnen zeer laagsmeltende fase ontstaan tijdens het lassen en bij voldoende trekspanningen in deze zone treedt scheurvorming op. Hoe hoger de warmte-inbreng hoe gevoeliger deze zone is voor warmte-scheuren. De chemische samenstelling van het lastoevoegmateriaal speelt hierbij een belangrijke rol. Laagsmeltende lastoevoegmaterialen verlagen

de scheurgevoeligheid vanwege de lagere krimpspanning door de lagere temperatuur.

### Samenvatting Al-legeringen

Aluminium en haar legeringen heeft een ongekend pakket aan eigenschappen zoals licht in haar gewicht, sterk en corrosiebestendig. Ze hebben een uitstekend geleidingsvermogen zowel thermisch als elektrisch en een uitstekend reflectievermogen. Ze zijn vonkvrij, decoratief, kneedbaar, gietbaar en verspaanbaar. Aluminium is in overvloed op de aarde aanwezig en is duurzaam door de uitstekende herwinbaarheid. Door al deze eigenschappen is aluminium een metaal met onbegrensde mogelijkheden. Op zichzelf heeft het weinig constructieve waarde. Door toevoeging van andere elementen (legerings-elementen) zijn de toepassingsmogelijkheden welhaast onbegrenst.

*Vervolg in Aluminium uitgaven 4 en 5 van 2011*

*Deel 2, keuze van lastoevoegmaterialen*

*Deel 3, Lassen en trouble shooting*

### Bronvermelding

1. Welding Kaiser Aluminum, Second Edition, Kaiser Aluminum & Chemical sales, Inc. Oakland, California 94643.
2. Welding Handbook, Volume 3, Materials and Applications, Eighth Edition, AWS, 1996.
3. Welding Aluminum: Theory and practice, The Aluminum Association, Third Edition, Nov. 1997.
4. Registration record of Aluminum Association Designations and Chemical Composition limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys. The Aluminum Association, Washington, DC.
5. Specification for Bare Aluminum and Aluminum Alloy welding Electrodes and Rods, ANSI/AWS A5.10 and ISO 18273
6. Mee van der V., A suppliers guide for welding Aluminum.





# Lassen van Aluminium en zijn legeringen

## Deel 2 – Keuze van lastoevoegmaterialen



Aluminium is een ideaal constructiemateriaal voor het maken van lichtgewicht constructies. In deel 1 – Aluminium legeringen is reeds omschreven dat een geringe toevoeging van de elementen Mg, Mn, Zr, Cu, Si, etc. aan aluminium de mechanische eigenschappen verhogen en de weerstand tegen corrosie in een bepaald milieu eveneens doet toenemen.

*Fred Neessen en Harm Meelker Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen*

**E**nkele voorbeelden uit de huidige praktijk zijn:

- scheepsbouw: vissersschepen, jachtbouw, hogesnelheidsveerboten, etc.
- transportsector: opleggers, tankwagens, treinen, etc.
- automobiellindustrie met als voorbeeld Audi en Jaguar maar ook andere automerken.

Een ander voordeel van aluminium is de aanwezigheid op onze planeet van enorme hoeveelheden bauxiet waaruit zuiver aluminium gewonnen wordt.

In deel 2 worden de meest toegepaste lastoevoegmaterialen beknopt omschreven alsmede welke keuze van lastoevoegmateriaal we moeten maken voor welke legering. De keuze van welk type toevoegmateriaal indien 2 of meerdere typen Al-legering(en) aan elkaar gelast moeten worden is van eenvoudig tot zeer complex.

### Omschrijving type lastoevoegmateriaal en toepassingsgebied

In Europa voldoen de aluminium gelegeerde MIG-draden en TIG-staven in de meeste gevallen zowel aan AWS A5.10 als aan ISO 18273 specificatie. Al deze MIG-draden en TIG-staven kunnen verlast worden met de inerte beschermgassen zuiver argon, argon/helium mengsels of onder 100% helium. Volgens ISO 14175 zijn dit respectievelijk de beschermgassen I1, I2 en I3.

Tabel 1 geeft een overzicht van de meest gebruikte lastoevoegmaterialen en haar chemische samenstel-

ling volgens AWS A5.10.

Tabel 2 geeft het classificatiesysteem en chemische samenstelling voor elektroden, TIG-staven en MIG-draden weer volgens ISO 18273.

### Selectie criteria

Een keuze van het best toe te passen lastoevoegmateriaal voor iedere toepassing zou eenvoudig zijn indien er alleen maar standaard legeringen, standaard fabricagetechnieken en standaard omgevingscondities zouden zijn. In de praktijk is hier uiteraard geen sprake van. Speciale legeringen en speciale omgevingscondities vragen eveneens speciale lastoevoegmaterialen.

Door onderstaande selectieprocedure stapsgewijs te volgen kan men tot de juiste keuze komen:

- Bepaal type basismateriaal en de te lassen dikte;
- Bepaal het toe te passen lasproces en de daarbij behorende lasnaadvorm;
- Aan welke eisen moet voldaan worden met betrekking tot:
  - weerstand tegen scheuren;
  - sterkte en ductiliteit lasmetaal;
  - mate van corrosie weerstand;
  - geschiktheid voor toepassing bij verhoogde temperatuur;
  - vloeibaarheid van het lasmetaal;
  - is een kleurverschil tussen basismateriaal en lastoevoegmateriaal toelaatbaar;

Voor de niet-warmtebehandelbare legeringen kan gebruik worden gemaakt van bestaande keuzetabellen met in achtneming van de te stellen eisen aan de lasverbinding.



Classification AWS A5.10-92 ASME SFA-5.10	Mn	Si	Fe	Mg	Cr	Cu	Ti	Zn	Be	others g)	Al
ER 1100/ER1050	0.05	a)	a)	-	-	0.05-0.20	-	0.10	c)	0.05	99.0
ER 2319	0.20-0.40	0.20	0.30	0.02	-	5.8-6.8	0.10-0.20	0.10	c)	0.05 d)	rest
ER 4043	0.05	4.5-6.0	0.8	0.05	-	0.30	0.20	0.10	c)	0.05	rest
ER 4047	0.15	11.0-13.0	0.8	0.10	-	0.30	-	0.20	c)	0.05	rest
ER 4643	0.05	3.6-4.6	0.8	0.10-0.30	-	0.10	0.15	0.10	c)	0.05	rest
ER 5052	0.10	0.25	0.40	2.2-2.8	0.15-0.35	0.10	-	0.10	c)	0.05	rest
ER 5056	0.05-0.20	0.30	0.40	4.5-5.6	0.05-0.20	0.10	-	0.10	c)	0.05	rest
ER 5087	0.6-1.0	0.25	0.40	4.3-5.2	0.05-0.25	0.05	0.15	0.25	c)	0.05 e)	rest
ER 5154	0.10	0.25	0.40	3.1-3.9	0.15-0.35	0.10	0.20	0.20	c)	0.05	rest
ER 5183	0.50-1.0	0.40	0.40	4.3-5.2	0.05-0.25	0.10	0.15	0.25	c)	0.05	rest
ER 5356	0.05-0.20	0.25	0.40	4.5-5.5	0.05-0.20	0.10	0.06-0.20	0.10	c)	0.05	rest
ER 5554	0.50-1.0	0.25	0.40	2.4-3.0	0.05-0.20	0.10	0.05-0.20	0.25	c)	0.05	rest
ER 5556	0.5-1.0	0.25	0.40	4.7-5.5	0.05-0.20	0.10	0.05-0.20	0.25	c)	0.05	rest
ER 5654	0.01	b)	b)	3.1-3.9	0.15-0.35	0.05	0.05-0.15	0.20	c)	0.05	rest
ER 5754	f)	0.25	0.40	2.6-3.6	0.05-0.30	0.05	0.15	0.20	c)	0.05	rest

a) Silicon + Iron shall not exceed 0.95%  
b) Silicon + Iron shall not exceed 0.45%  
c) Berilicum shall not exceed 0.0008%  
d) Vanadium content shall be 0.10-0.25%  
e) Zirconium content shall not exceed 0.15%  
f) Mn + Cr = 0.10-0.60% (minimum Mn of 0.20% or minimum Cr of 0.10%)  
g) Total others shall not exceed 0.15%

Tabel 1: Chemische samenstelling lasdraden (gew. %). Enkele waarden zijn maxima, behalve bij aluminium.

#### Opmerking:

De lager gelegeerde Mg lastoevoegmaterialen uit de 5xxx groep kunnen gevoelig zijn voor warmte-scheuren.

Indien de sterkte eigenschappen van de lasverbinding een zeer belangrijk keuze criterium is dan dient speciale aandacht aan de opmenging met het basismateriaal in acht te worden genomen.

Voor warmtebehandelbare legeringen dienen ook in overweging te worden genomen: mate van opmenging, gevoeligheid voor warmte-scheuren, gevoeligheid voor scheuren in de warmte beïnvloede zone, vormbaarheid en warmtebehandeling na het lassen.

Tabel 3, Keuze lastoevoegmaterialen voor algemene toepassingen is geldig voor zowel de kneed- als de gietlegeringen.

### Algemene beschrijving lastoevoegmaterialen en toepassingsgebieden

#### ER1100

De lastoevoegmaterialen van de 1xxx serie zijn het zachtst en vragen extra aandacht ter voorkoming van draadaanvoer problemen. In de electro- en chemische industrie past men over het algemeen aluminium basismaterialen toe die geen of nagenoeg geen legeringselementen bevatten. Deze takken van industrie eisen een lastoevoegmateriaal met een gelijkwaardige chemische samenstelling voor de te maken lasverbindingen. ER1100 is in de meeste toepassingen dan het meest geschikte lastoevoegmateriaal, ondanks het feit dat er een kleine hoeveelheid koper in zit.

#### ER2319

De ER2319 lastoevoegmaterialen zijn gelijkwaardig aan de lasbare legering 2219 uit de 2xxx-serie. De lasverbinding kan men warmtebehandelen en geeft een hogere sterkte en ductiliteit dan de lastoevoegmaterialen uit de 4xxx serie. ER2319 kan worden toegepast in de AlCu-gietlegeringen 2014, 2036 en 2219 die allemaal warmtebehandeld dienen te worden na het lassen.

#### ER4043, ER4047, ER4643

#### ER4043

ER4043 is ontwikkeld voor het lassen van warmtebehandelbare basismaterialen of specifieker gezegd voor legeringen uit de 6xxx serie. Dit lastoevoegmateriaal heeft een lager smeltpunt en een betere aanvloeiing dan de lastoevoegmaterialen uit de 5xxx serie. Daarnaast geven lassers de voorkeur aan dit lastoevoegmateriaal vanwege de operationele lasbaarheid en de mindere scheurgevoeligheid bij toepassing in de basislegeringen uit de 6xxx serie.

De 4xxx lastoevoegmaterialen zijn niet geschikt voor het lassen van de AlMg-legeringen zoals 5083, 5086 en 5456 vanwege de vorming van magnesium-silicaat (Mg<sub>2</sub>Si) in het neergesmolten lasmetaal waardoor een verlaging van ductiliteit en een toename van de scheurgevoeligheid in de lasverbinding optreedt.

#### ER4047

Het toevoegmateriaal ER4047 is oorspronkelijk ontwikkeld als hardsoldeer metaal vanwege het voordeel van een lage smelttemperatuur en betere vloeibaarheid. Eigenschappen die in sommige lastoepassingen



**ISO 18273 – 2004.**  
**Classification of wire electrodes, wires and rods**  
**for welding aluminium and aluminium alloys**

<b>AI 4047A {AlSi12(A)}</b>		<b>RepTec AlSi 12</b>				<b>Valid for all welding processes; GTAW, GMAW, SMAW, PAW and Laser</b>				
<b>Optional</b>		<b>LNT AlSi 12</b>								
		<b>LNM AlSi 12</b>								
<b>Numerical symbol</b>	<b>Optional chemical symbol</b>	<b>Si</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>	<b>Cr</b>	<b>Zn</b>	<b>Ti</b>	<b>others</b>
Al 1070	Al 99.7	0.20	0.25	0.04	0.03	0.03	-	0.04	0.03	V 0.05
Al 1080A	Al 99.8(A)	0.15	0.15	0.03	0.02	0.02	-	0.06	0.02	Ga 0.03
Al 1188	Al 99.88	0.06	0.06	0.005	0.01	0.01	-	0.03	0.01	Ga 0.03/V 0.05
Al 1100	Al 99.0Cu	Si + Fe 0.95		0.05-0.20	0.05	-	-	0.10	-	-
Al 1200	Al 99.0	Si + Fe 1.00		0.05	0.05	-	-	0.10	0.05	-
Al 1450	Al 99.5Ti	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	-	0.07	0.10-0.20	-
Al 2319	AlCu6MnZrTi	0.20	0.30	5.5-6.8	0.20-0.40	0.02	-	0.10	0.10-0.20	Zr 0.10-0.25 V 0.05-0.15
Al 3103	Al Mn1	0.50	0.7	0.10	0.9-1.5	0.30	0.10	0.20	Ti+Zr 0.10	-
Al 4009	AlSi5Cu1Mg	4.5-5.5	0.20	1.0-1.5	0.10	0.45-0.6	-	0.10	0.20	-
Al 4010	AlSi7Mg	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.30-0.45	-	0.10	0.20	-
Al 4011	AlSi7Mg0.5Ti	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.45-0.7	-	0.10	0.04-0.20	-
Al 4018	AlSi7Mg	6.5-7.5	0.20	0.05	0.10	0.50-0.8	-	0.10	0.20	-
Al 4043	AlSi5	4.5-6.0	0.8	0.30	0.05	0.05	-	0.10	0.20	-
Al 4043A	AlSi5(A)	4.5-6.0	0.6	0.30	0.15	0.20	-	0.10	0.15	-
Al 4046	AlSi10Mg	9.0-11.0	0.50	0.03	0.40	0.20-0.50	-	0.10	0.15	-
Al 4047	AlSi12	11.0-13.0	0.8	0.30	0.15	0.10	-	0.20	-	-
Al 4047A	AlSi12(A)	11.0-13.0	0.6	0.30	0.15	0.10	-	0.20	0.15	-
Al 4145	AlSi10Cu4	9.3-10.7	0.8	3.3-4.7	0.15	0.15	0.15	0.20	-	-
Al 4643	AlSi4Mg	3.6-4.6	0.8	0.10	0.05	0.10-0.30	-	0.10	0.15	-
Al 5249	AlMg2Mn0.8Zr	0.25	0.40	0.05	0.50-1.1	1.6-2.5	0.30	0.20	0.15	Zr 0.10-0.20
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	-
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	-
Al 5754	AlMg3	0.40	0.40	0.10	0.50	2.6-3.6	0.30	0.20	0.15	Mn+Zr 0.10-0.6
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	-
Al 5556	AlMg4.5Mn1Ti	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	4.7-5.5	0.05-0.20	0.25	0.05-0.20	-
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	-
Al 5183	AlMg4.5Mn0.7(A)	0.40	0.40	0.10	0.50-1.0	4.3-5.2	0.05-0.25	0.25	0.15	-
Al 5087	AlMg4.5MnZr	0.25	0.40	0.05	0.7-1.1	4.5-5.2	0.05-0.25	0.25	0.15	Zr 0.10-0.20

Tabel 2. Gebaseerd op ISO 18273

zeer bruikbaar zijn. Zo kan het lastoevoegmateriaal ER4047 worden toegepast als vervanger van ER4043.

ER4047 heeft een aanmerkelijk hoger siliciumgehalte (12% in plaats van 5%) waardoor het risico op warmteverschillen verder afneemt en de afschuifsterkte van hoeklassen zelfs toeneemt. Alle lastoevoegmateriaallegeringen uit de 4xxx serie zijn geschikt om toe te passen bij een constante verhoogde temperatuur, bijvoorbeeld boven de 65°C.

#### ER4643

ER4643, gelegeerd met een kleine hoeveelheid magnesium, is zeer geschikt voor het lassen van de basismaterialen uit de 6xxx serie met een dikte van meer dan 10 mm die na het lassen warmtebehandeld moeten worden. De samenstelling van het lasmetaal in de verbinding met een iets hoger magnesiumgehalte maakt oplossend gloeien minder kritisch, met behoud van goede mechanische eigenschappen, dan lassen met ER4043.

Bij ER4043 bepaalt de hoeveelheid opmenging de uiteindelijke mechanische eigenschappen na oplos-

send gloeien.

#### ER5356, ER5183, ER5087, ER5556

Deze lastoevoegmaterialen zijn ontwikkeld voor het lassen van de basismaterialen uit de 5xxx serie.

#### ER5356

Het ER5356 lastoevoegmateriaal is de meest gebruikte legering, omdat deze het beste overeenkomt met de meest gangbare basislegeringen. Het neergesmolten lasmetaal heeft een goede sterkte en de draad een goede doorvoerbaarheid tijdens het MIG-lassen.

ER5183, ER5087 en ER5556 zijn variaties op ER5356 met een iets hogere sterkte. Deze 5% Mg gelegeerde draden worden toegepast wanneer de 5xxx-serie basismaterialen combinaties worden gelast of aan de warmte-behandelbare 6xxx en 7xxx serie legeringen. Een beperking van deze lastoevoegmaterialen is de ongeschiktheid voor toepassing bij temperaturen boven 65°C. Dit is te wijten aan de vorming van Al<sub>2</sub>Mg bij verhoogde temperaturen op de korrelgrenzen (kunstmatige veroudering) die de



Tabel 3: Keuze lastoevoegmateriaal voor algemene toepassingen.

Base Metal	319.0 333.0 354.0 355.0 380.0	356.0 357.0 359.0 413.0 444.0 443.0	511.0 512.0 513.0 514.0	7005 k 7039 710.0 711.0 712.0	6070	6061 6063 6101 6201 6151 6351 6951	5456	5454	5154 5254 a	5086	5083	5052 5652 a	5005 5050	3004	2219 2519	2014 2036	1100 3003	1060 1070 1080 1350
1060 1070 1080 1350	4145 c, i	4043 i, f	5356 c, e, i	5356 c, e, i	4043 i	4043 i	5356 c	4043 i	5356 c, e, i	5356 c	5356 c	4043 i	1100 c	4043	4145	4145	1100 c	1188 j
1100 3003	4145 c, i	4043 i, f	5356 c, e, i	5356 c, e, i	4043 i	4043i	5356 c	4043 e, i	5356 c, e, i	5356 c	5356 c	4043 e, i	4043 e	4043 e	4145	4145	1100 c	
2014 2036	4145 g	4145			4145	4145									4145 g	4145 g		
2219 2519	4145 g, c, i	4145 c, i	4043 i	4043 i	4043 f, i	4043 f, i	4043	4043 i	4043 i	4043	4043	4043 i	4043	4043	4043 c, f, i			
3004	4043 i	4043 i	5654 b	5356 e	4043 e	4043 b	5356 e	5654 b	5654 b	5356 e	5356 e	4043 e, i	4043 e	4043 e				
5005 5050	4043 i	4043 i	5654 b	5356 e	4043 e	4043 b	5356 e	5654 b	5654 b	5356 e	5356 e	4043 e, i	4043 d, e					
5052 5652	4043 i	4043 b, i	5654 b	5356 e	5356 b, c	5653 b, c	5356 b	5654 b	5654 b	5356 e	5356 e	5654 a, b, c						
5083		5356 c, e, i	5356 e	5183 e	5356 e	5356 e	5183 b	5356 e	5356 e	5356 e	5183 e							
5086		5356 c, e, i	5356 e	5356 e	5356 e	5356 e	5356 e	5356 b	5356 b	5356 e								
5154 5254 a		4043 b, i	5654 b	5356 b	5356 b, c	5356 b, c	5356 b	5654 b	5654 a, b									
5454	4043 i	4043 b, i	5654 b	5356 b	5356 b, c	5356 b, c	5356 b	5554 c, e										
5456		5356 c, e, i	5356 e	5556 e	5356 e	5356 e	5556 e											
6061 6063 6101 6201 6151 6351 6951	4145 c, i	4043 f, i	5356 b, c	5356 b, c, i	4043 b, i	4043 b, i												
6070	4145 c, i	4043 f, i	5356 c, e	5356 c, e, i	4043 e, i													
7005 k 7039 710.0 711.0 712.0	4043 i	4043 b, i	5356 b	5356 e														
511.0 512.0 513.0 514.0		4043 b, i	5654 b, d															
356.0 357.0 359.0 413.0 444.0 443.0	4145 c, i	4043 d, i																
319.0 333.0 354.0 355.0 380.0	4145 d, c, i																	

#### NOTES:

All filler materials are listed in AWS A5.10 and prEN ISO 18273.

- Base metal alloys 5652 and 5254 are used for hydrogen peroxide service, 5654 filler is used for welding both alloys for low temperature 65°C service.
- 5183, 5356, 5454, 5556 and 5654 may be used. In some cases they provide improved color match after anodizing, highest weld ductility and higher weld strength. 5554 is suitable for elevated temperature service.
- 4043 may be used for some applications.
- Filler metal with the same chemical composition as the base metal is sometimes used.
- 5183, 5356 or 5556 may be used.
- 4145 may be used for some applications.
- 2319 may be used for some applications.
- 4047 may be used for some applications.
- 1100 may be used for some applications.
- This refers to 7005 extrusions only.

#### ADDITIONAL GUIDELINES

- Service conditions such as immersion in fresh or salt water, exposure to specific chemicals, or exposure sustained high temperature (over 65°C) may limit the choice of filler metals. Filler alloys 5356, 5183, 5556 and 5654 are not recommended for sustained elevated temperature service.
- Where no filler metal is listed, the base metal combination

Note: Because design, fabrication and welding variables affect the results obtained in applying this type of information, the serviceability of a product or structure is the responsibility of the builder / user.

legeringen gevoelig maakt voor spanningscorrosie.

#### ER5454

Evenals de basislegering 5454 is dit lastoevoegmateriaal ontwikkeld voor toepassingen bij hogere temperaturen zonder aan spanningscorrosie onderhevig te zijn. De legeringen 5454 en 5554 hebben minder dan 3% magnesium. Dit maakt ze bij uitstek ge-

schikt voor toepassing bij hogere temperaturen.

Het ER5554 lastoevoegmateriaal is ook geschikt om het basismateriaal 5454 aan de basismaterialen uit 6xxx-serie te lassen (ongelijksoortige verbindingen).

#### ER5654, ER5154

Het lastoevoegmateriaal ER5654 heeft een hoge zuiverheidsgraad en is laag in Cu en Mn. Dit maakt



het lastoevoegmateriaal ER5654 bij uitstek geschikt voor toepassingen van opslag en transport van zeer reactieve chemische stoffen, zoals waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

ER5154 is minder zuiver dan het lastoevoegmateriaal ER5654. Het Mg-gehalte van de legeringen ER5654 en ER5154 ligt boven de 3%, waardoor deze laslegeringen niet geschikt zijn voor langdurige toepassing op een verhoogde temperatuur.

### Eigenschappen lasverbindingen

Lasmetaal is een mengsel van lastoevoegmateriaal en basismateriaal.

Sterkte, ductiliteit, weerstand tegen scheuren tijdens het lassen, weerstand tegen corrosie, warmte-behandelbaarheid en andere eigenschappen kunnen worden beïnvloed door de opmenging van het lasmetaal met het basismateriaal. De opmenging is een functie van de lasnaadvorm, lasproces en lasprocedure. In het algemeen kan gesteld worden dat, vermindering van opmenging het gevaar van scheurvorming daalt. Lasnaadvormen die voorzien zijn van de juiste afschuiningshoek geven uiteindelijk een geringere opmenging. Dit heeft als gevolg dat het risico op warmte-scheuren ook kleiner wordt. In het algemeen moet voorverwarmen vermeden worden. Meerdere dunne lagen gelast met een hoge lassnelheid, waardoor de warmte-inbreng gereduceerd wordt, heeft de voorkeur boven het lassen met een gering aantal lagen gelast met een hoge warmte-inbreng.

Tabel 4 geeft een overzicht van mechanische eigenschappen (richtwaarden) van MIG gelast lasverbindingen voor de warmtebehandelbare en niet-warmtebehandelbare legeringen.

Vele van de meest voorkomende aluminium legeringen kunnen gelast worden zonder dat een lagere corrosiebestendigheid zal optreden. De keuze van het lasproces heeft geen invloed op de corrosiebestendigheid.

De uitstekende corrosiebestendigheid van de 1xxx, 3xxx, 5xxx-serie en 4xxx niet-warmtebehandelbare legeringen worden niet noemenswaardig beïnvloed door het lassen. De ongelijksoortige verbindingen binnen deze materiaalgroepen hebben eveneens een goede corrosiebestendigheid.

Legeringen uit de 5xxx-serie met meer dan 3% magnesium en toegepast op hogere temperaturen (boven 65°C) zijn gevoelig voor spanningscorrosie. Voor deze toepassingen dien men zowel basis- als lastoevoegmaterialen in te zetten met een lager magnesiumgehalte zoals ER5454.

De aluminium-magnesium-silicium warmtebehandelbare legeringen zoals 6061 en 6063 hebben over het algemeen een goede weerstand tegen corrosie, zowel in de gelaste als ongelaste toestand. Echter, toegepast in een vochtige omgeving (zoals zeewater)

is de warmte-beïnvloede zone gevoelig voor corrosie. De 2xxx en 7xxx serie warmtebehandelbare legeringen, gelegeerd met een aanzienlijke hoeveelheid koper en zink en een kleine hoeveelheid magnesium, kunnen een lagere corrosieweerstand hebben door de laswarmte. Precipitaten op de korrelgrens in de HAZ geven aanleiding tot een (elektrisch) potentiaalverschil met de rest van het lasmetaal indien een elektrolyet aanwezig is. Er kan selectieve aantasting op de korrelgrenzen ontstaan. Toepassing van een warmtebehandeling zorgt voor een meer homogene structuur en verbetert de corrosiebestendigheid van deze legeringen.

### Corrosiebestendigheid

Toepassingen in een specifieke corrosieve omgevingen of met bepaalde chemicaliën, vereist speciale aandacht met betrekking tot de keuze van lastoevoegmaterialen. Deze lastoevoegmaterialen dienen een zeer laag verontreinigingsniveau te hebben of een gelimiteerd gehalte aan sommige legeringselementen. Bijvoorbeeld: Cu en Mn verontreinigingen in de legering 5254 plaat en ER5654 lastoevoegmateriaal voor toepassing in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Aluminium-magnesium lastoevoegmaterialen hebben een hoge weerstand tegen algemene corrosie indien toegepast in basislegeringen met eenzelfde gehalte aan magnesium. Desondanks kunnen de lastoevoegmaterialen uit de 5xxx-serie anodisch worden indien toegepast in de minder edele basislegeringen van 1xxx, 3xxx en 6xxx-serie.

Toepassing in een vochtige omgeving geeft putvormige- en algemene corrosie in het lasmetaal.

Een aluminium-silicium lastoevoegmateriaal, zoals ER4043 of ER4047, heeft de voorkeur uit het oogpunt van verbeterde corrosie weerstand boven ER5356 bij het lassen van legering 6061.

*Vervolg in Aluminium uitgaven 5 van 2011  
Deel 3, lassen en trouble shooting*

#### Bronvermelding

1. Welding Kaiser Aluminum, Second Edition, Kaiser Aluminum & Chemical sales, Inc. Oakland, California 94643.
2. Welding Handbook, Volume 3, Materials and Applications, Eighth Edition, AWS, 1996.
3. Welding Aluminum: Theory and practice, The Aluminum Association, Third Edition, Nov. 1997.
4. Registration record of Aluminum Association Designations and Chemical Composition limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys. The Aluminum Association, Washington, DC.
5. Specification for Bare Aluminum and Aluminum Alloy welding Electrodes and Rods, ANSI/AWS A5.10 and ISO 18273
6. Mee van der V., A suppliers guide for welding Aluminum.

Tabel 4: Mechanische eigenschappen (richtwaarden) van MIG gelaste verbindingen.

Basis- materiaal	Lastoe- voeg- materiaal	Trek- sterkte [MPa]	Rek- grens <sup>1)</sup> [MPa]	Breukrek [%]
<b>Niet-warmtebehandelbare legeringen</b>				
1100	1100	90	31	29
3003	1100	110	48	24
5005	5356	110	48	15
5050	5356	158	55	18
5052	5356	193	90	19
5083	5183	296	165	16
5086	5356	269	117	17
5154	5654	227	103	17
5454	5554	241	110	17
5456	5556	317	179	14
<b>Warmtebehandelbare legeringen: "als gelast"</b>				
2014-T6	4043	234	193	4
2014-T6	2319	241	193	5
2036-T4	4043	255	172	5
2219-T81, T87	2319	241	179	3
2219-T31, T37	2319	241	179	3
2519-T87	2319	255	227	4
2519-T37	2319	-	-	-
6009-T4	4043	220	138	9
6010-T4	4043	234	145	10
6061-T6	4043	186	124	8
6061-T6	5356	207	131	11
6061-T4	4043	186	124	8
6063-T6	4043	138	83	8
6063-T6	5356	138	83	12
7004-T5	5356	276 <sup>4)</sup>	165	8
7005-T53	5556	303 <sup>4)</sup>	172	10
7039-T63	5183	324	220	10
<b>Warmtebehandelbare legeringen: "gegloeid en verouderd"</b>				
2014-T6	4043	344	-	2
2014-T6	2319	413	317	5
2036-T4	4043	-	-	-
2219-T81, T87	2319	379	262	7
2219-T31, T37	2319	276 <sup>2)</sup>	227 <sup>2)</sup>	2 <sup>2)</sup>
2519-T87	2319	386	-	5
2519-T37	2319	282 <sup>2)</sup>	276 <sup>2)</sup>	5 <sup>2)</sup>
6009-T4	4043	-	-	-
6010-T4	4043	-	-	-
6061-T6	4043	303 <sup>3)</sup>	276 <sup>3)</sup>	5 <sup>3)</sup>
6061-T6	5356	-	-	-
6061-T4	4043	241 <sup>2)</sup>	165 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>
6063-T6	4043	207	-	13
6063-T6	5356	-	-	-
7004-T5	5356	-	-	-
7005-T53	5556	344	227	4
7039-T63	5183	-	-	-

1) 0.2% rekgrens

2) na kunstmatige veroudering

3) voor diktes groter dan 13 mm  
moet ER4643 worden toegepast

4) na natuurlijke veroudering van 2 tot 4 weken



# Lassen van aluminium en haar legeringen



## Deel 3 (vervolg op artikel uit Aluminium 4)

In deel 1 - Aluminiumlegeringen (Aluminium 3/2011, pagina 14 t/m 17) - en deel 2 - Keuze van lastoevoegmaterialen (Aluminium 4/2011, pagina 14 t/m 19) - zijn de basismaterialen en lastoevoegmaterialen omschreven. Voor het maken van een lasverbinding zijn niet alleen basismateriaal en lastoevoegmateriaal nodig, echter ook een derde belangrijke component: het lasproces. In de delen 3 tot en met 7 - Lassen en trouble shooting - zal, zoals de naam weergeeft, uitgebreid aandacht worden besteed aan de stappen die nodig zijn om tot een homogene lasverbinding te komen. Enkele veel voorkomende lasfouten die kunnen optreden bij het lassen van aluminium legeringen zullen kort omschreven worden en in de vorm van een tabel overzichtelijk worden weergegeven.

*Fred Neessen en Harm Meelker, Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen*

**O**m betrouwbare en duurzame aluminium constructies te maken is de lastechniek zeer belangrijk; een vitale schakel in een succesvol productieproces. Bij het lassen van aluminium moeten speciale voorzorgsmaatregelen worden genomen. Vanwege de specifieke fysische eigenschappen als een relatief laag smeltpunt, een hoge warmtegeleidingscoëfficiënt en de relatief lage hardheid, worden specifieke eisen gesteld aan de toepasbare lasprocessen en de lasapparatuur.

Dit artikel biedt inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van 10 gedefinieerde individuele stappen binnen het hele proces van met name het MIG-las-sen. Voor- en nadelen van de verschillende opties komen aan de orde om de definitieve resultaten van de gelaste constructie te optimaliseren. Aan de hand van praktische toepassingen zullen de verschillende keuzes en mogelijkheden worden gevisualiseerd.

### Het "S2F" of "Start to Finish"-concept

Om een optimaal resultaat te bereiken heeft Lincoln Electric een concept ontwikkeld, dat het hele

proces van lassen in 10 stappen beschrijft en waar mogelijk aanbevelingen doet ter optimalisatie van iedere stap in het proces. Omdat het concept alle aspecten van het proces van het begin tot het einde beschrijft, is de naam voor dit concept "S2F" ofwel "Start to Finish".

De individuele stappen binnen het proces van lassen zijn:

- te lassen basismateriaal inclusief lasnaadvoorbereiding en voorwarmen;
- het lasproces; type lasboog, lasprogramma's, etc.;
- het beschermgas;
- het lastoevoegmateriaal; chemische samenstelling en oppervlaktegesteldheid;
- de contactbuis;
- het laspistool en de liner;
- de draadaanvoerunit (ook push-pull);
- de lasstroombron;
- de lasser en zijn vaardigheden;
- preventie.



Tabel 1: Overzicht van veel voorkomende aluminiumlegeringen met lastoevoegmaterialen keuze afhankelijk van de toepassing

Basismateriaal		Lastoevoegmateriaal versus toepassingsgebied				
AA Nummer	ISO chemisch symbool	Hoge sterkte	Betere ductiliteit	Corrosie weerstand	Minder scheur gevoelig	
1100	Al99,0Cu	ER4043	ER1100		ER4043	
3003	AlMn1Cu					
5052	AlMg2,5Cr	ER5356	ER5654	ER5554	ER5356	
5059	AlMg6Mn1Cr	ER5556				
5083	AlMg4,5Mn	ER5183	ER5356	ER5183		
5086	AlMg4Mn	ER5356				
5383	AlMg5Mn1Cr	ER5556	ER5556	ER5556		
5456	AlMg5MnCr		ER5356			
6061	AlMg1SiCu	ER5356		ER4043		
6063	AlMg0,5Si					
7005	AlZn5MgCr	ER5556	ER5356			

De stappen uitgewerkt in de volgende hoofdstukken.

### Te lassen basismateriaal

In Deel 1 - Aluminium legeringen - is uitgebreid aandacht besteed aan de basismaterialen. De keuze van het basismateriaal in relatie tot de toepassing is reeds tijdens de ontwerpfase gemaakt. Meestal is de keuze gebaseerd op de mechanische eigenschappen en/of de corrosieweerstand. Zelden zal er een keuze gemaakt worden op basis van lasbaarheid.

Tabel 1 geeft enkele keuzemogelijkheden van toevogmateriaal afhankelijk van de toepassing. De in tabel 1 genoemde basismaterialen komen in de praktijk veelvuldig voor. Voor een uitgebreidere lijst met de keuze van lastoevoegmaterialen voor algemene toepassingen zie tabel 3 in Deel 2 - Keuze lastoevoegmaterialen.

### Lasnaadvoorbewerking

Figuur 1 (volgende pagina) geeft enkele typische lasnaadvormen weer voor het TIG- en MIG-lasproces. De toe te passen lasnaadvorm hangt in hoge mate af van productvorm, materiaaldikte, laspositie, etc. Maak bij voorkeur gebruik van gesloten naden.

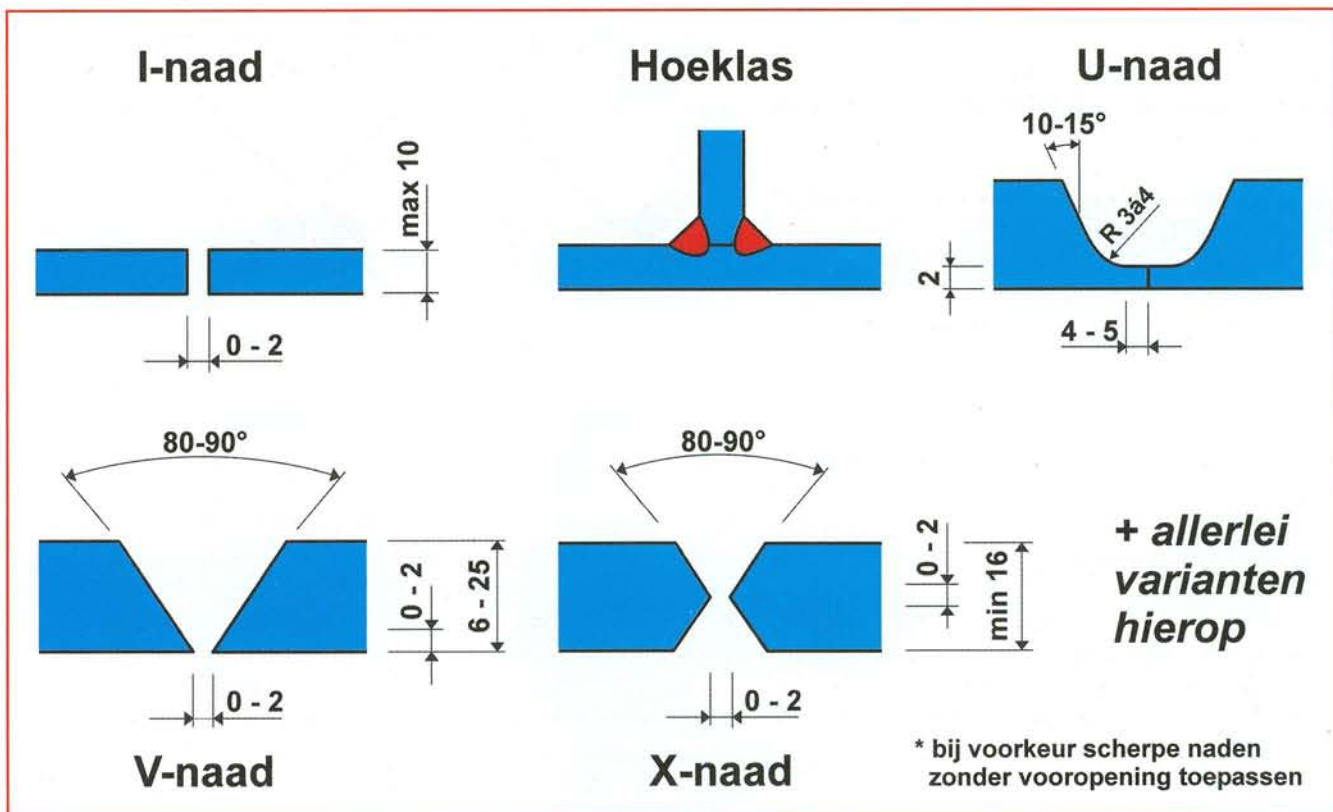
Indien er onverwijld gebruik gemaakt moet worden van open lasnaadvormen dan zal men een backing materiaal moeten toepassen zoals keramische onderlegstrippen om gas-insluitingen te voorkomen. Bij excessieve vooropeningen zal naar andere oplossingen gezocht moeten worden. Een mogelijk alternatief voor keramische backingmaterialen in een lasnaad is het opbutteren van de naadflanken waardoor de vooropening teruggebracht wordt tot

een acceptabele vooropening of het afdichten van de achterkant van de naad door middel van een roestvaststalen- of koperen strip. Dit is alleen mogelijk bij X-naden daar de lasboog genoemde backing materialen niet mag omsmelten. Figuur 2 ( pagina 47 ) geeft de hierboven omschreven praktijkoplossingen weer.

Figuur 3 ( volgende pagina ) geeft de lasnaadvoorbewerking van een aluminium pijplasmaverbinding weer inclusief doorlassing en lasuiterlijk. Bij een wanddikte van meer dan 3mm moet altijd een U-naad worden toegepast zoals aangegeven in figuur 3.

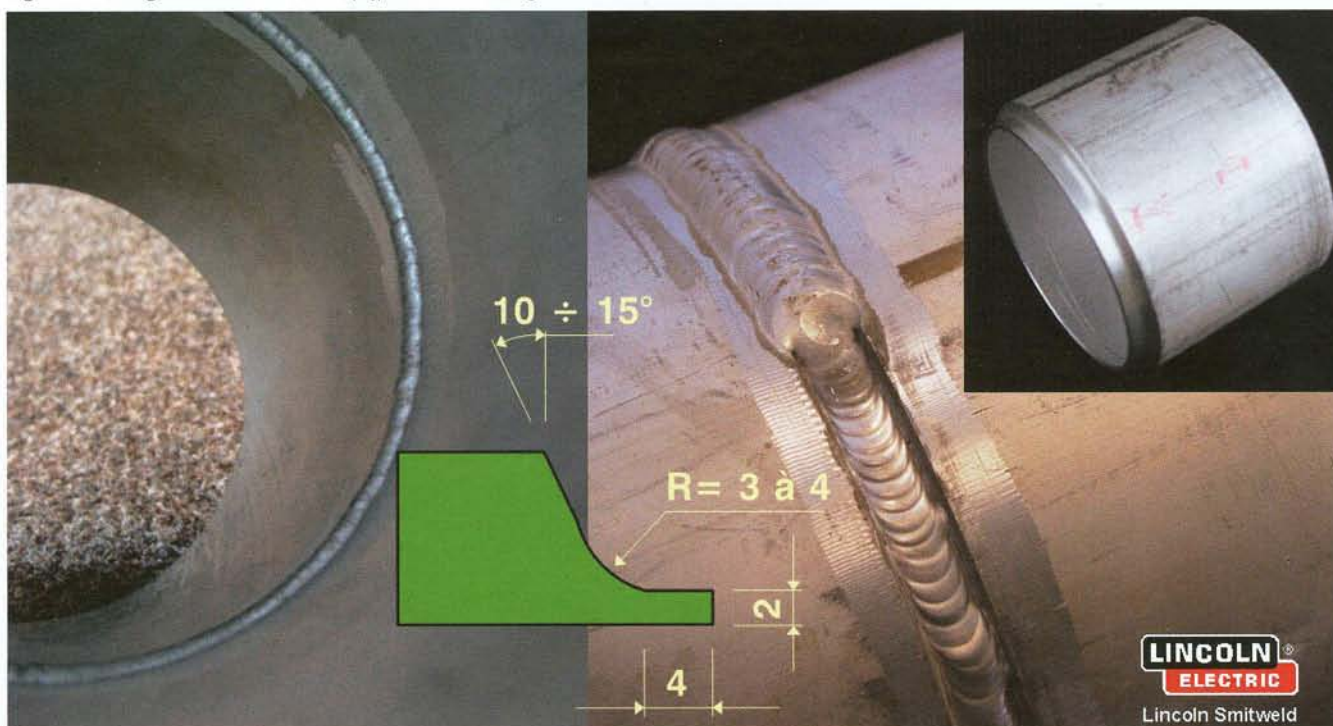






Figuur 1: Lasnaadvormen voor TIG en MIG lasverbindingen in aluminium

Figuur 3. TIG gelaste aluminium pijplasverbinding



## Voorwarmen

Aluminium en aluminiumlegeringen hebben totaal andere fysische eigenschappen dan ongelegeerd en laaggelegeerd staal.

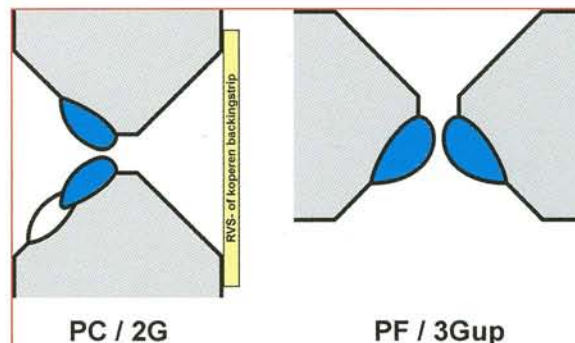
Indien we een vergelijking maken tussen CMn-staal en aluminium dan zien we dat:

- smeltpunt: aluminium 660°C en CMn-staal 1540°C;
- smeltwarmte: aluminium 2 maal zoveel als CMn-staal;
- warmtegeleiding: aluminium 5 maal beter dan van CMn-staal;
- lineaire uitzettingscoëfficiënt: 2 maal zoveel dan CMn-staal;
- elektrische weerstand: aluminium 6 maal lagere weerstand dan CMn-staal.

Relatief dunwandige aluminium constructies hoeven voor het lassen niet voorverwarmd te worden. Gezien de grote benodigde smeltwarmte voor aluminium en tegelijkertijd een 5 maal betere warmtegeleiding kan er op een gegeven moment een scheve verhouding ontstaan tussen warmtetoevoer en -afvoer waardoor voorwarmen vaak noodzakelijk is. Dit is een functie van lasproces (warmtetoevoer) en gecombineerde materiaaldikte (warmteafvoer). Voor het TIG-lasproces is dit bij een plaatdikte van ongeveer 10mm en voor het MIG-lasproces bij een plaatdikte van ongeveer 15mm. Afhankelijk van het type basismateriaal, de lasconstructie en het toe te passen beschermgas is de voorwarmtemperatuur tussen de 80 en 150°C. Bij voorkeur nooit hoger voorwarmen dan strikt noodzakelijk.

Hoe hoger de voorwarm- en interpasstempera-

Figuur 2: Mogelijkheden voor het verkleinen van een excessieve vooropening voor het MIG-lassen



tuur is, des te sneller gaat het oppervlak oxideren. Ook zal een groter smeltbad ontstaan dat moeilijker te reinigen en te sturen is tijdens het lassen. Bij een voorwarmtemperatuur van 200°C is er immers slechts 400°C speling tot smelt mogelijk.

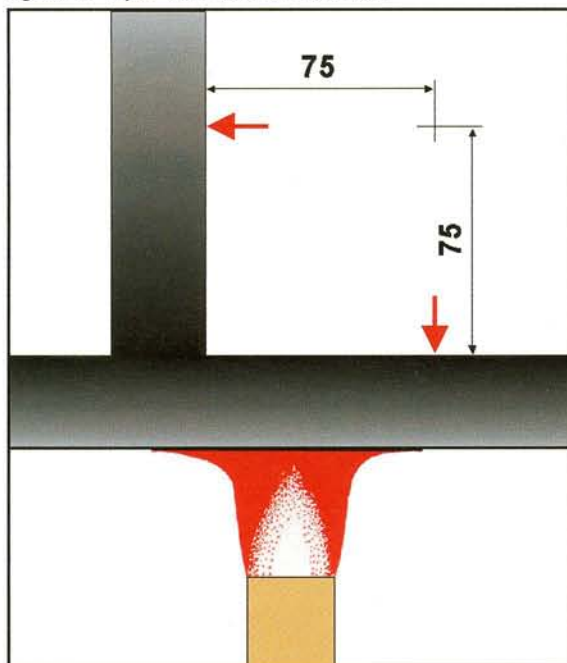
Het voorwarmen dient te worden uitgevoerd in een zone van minimaal 75mm breedte aan beide zijden van de las, zie figuur 4. Als medium mag men geen aardgas of propaanbranders gebruiken daar bij deze gassen vocht kan vrij komen hetgeen poreusheid zal veroorzaken. Acetyleen is wel toegestaan. Indien tijdens het lassen bijgewarmd moet worden is speciale aandacht nodig voor de argonstroom, daar deze makkelijk verstoord kan worden. De beste methode van voorwarmen is gebruik maken van elektrische weerstandselementen.

Voor zeer dikwandige aluminium constructies, bijvoorbeeld een materiaaldikte van 30 tot 40mm is 200°C voorwarmen niet voldoende. Bij deze toepassingen moet men in sommige gevallen zelfs voorwarmen op 400°C om bindingsfouten te voorkomen. Bedrijven met veel ervaring in het lassen van dikwandige aluminium constructies (>50mm) hanteren nog steeds een zeer oude en uitstekend werkende methode voor het bepalen van de juiste voorwarmtemperatuur. Door een houten hamersteel tegen het materiaal te duwen en als deze begint te stinken/schroeien is de voorwarmtemperatuur hoog genoeg.

Bij de veredelbare aluminiumlegeringen kan als gevolg van voorwarmen een verlaging van de mechanische eigenschappen optreden.

Deel 4 volgt in Aluminium 8

Figuur 4. Wijze van voorverwarmen

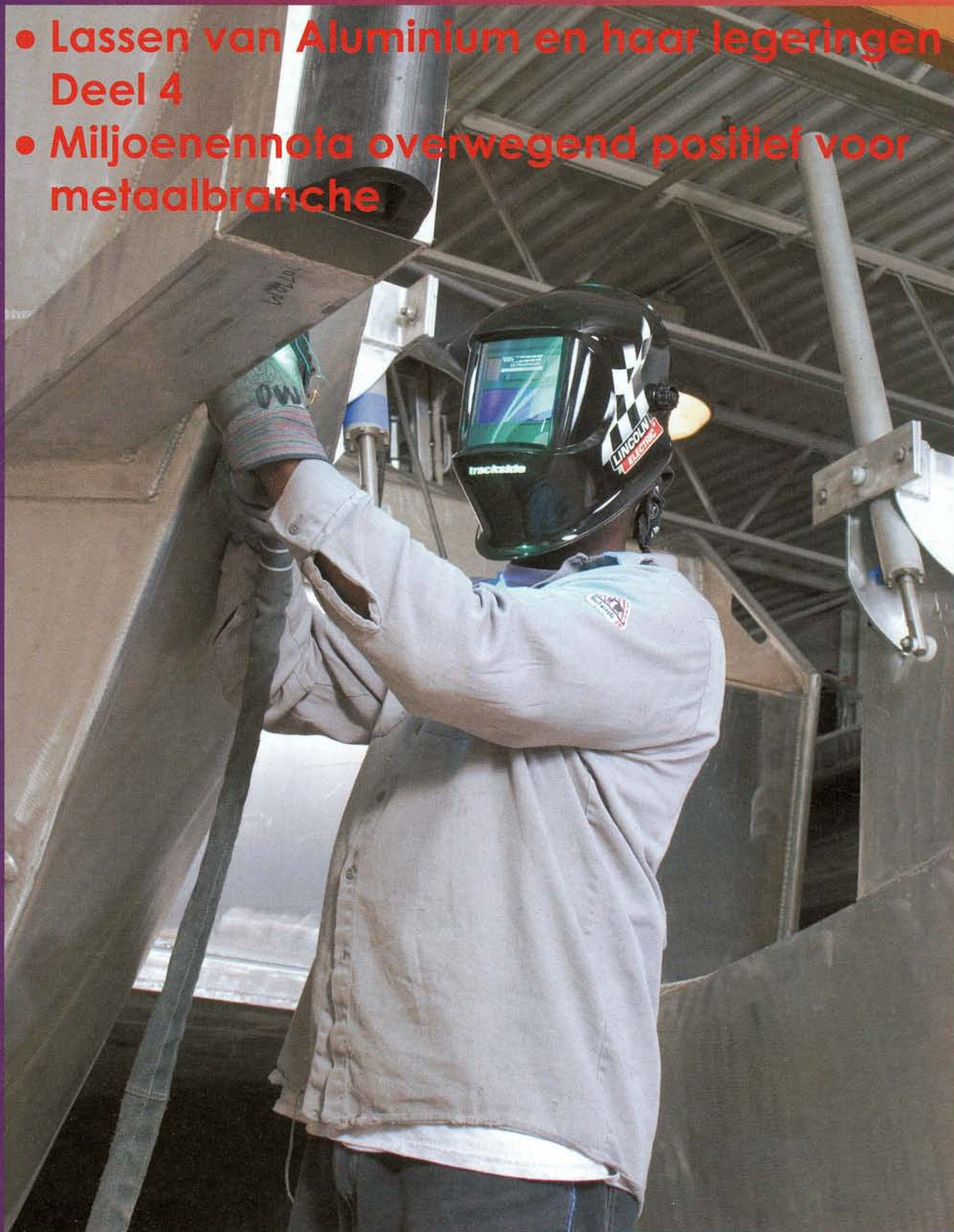




# ALUMINIUM

Vakblad over aluminium en aluminiumlegeringen

- Lassen van Aluminium en haar legeringen  
Deel 4
- Miljoenennota overwegend positief voor  
metaalbranche





# Lassen van aluminium en haar legeringen

## Deel 4 – Lasprocessen (vervolg op artikel uit Aluminium 7)



Fred Neessen en Harm Meelker, Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen

### Lasproces

De lasprocessen welke in aanmerking komen voor het lassen van aluminium en haar legeringen zou men kunnen verdelen in 2 groepen, namelijk de:

- Standaard lasprocessen als elektrode-, TIG-, MIG- en Plasma lassen;
- Bijzondere lasprocessen als weerstand-, elektro-nenstraal-, laser-, Plasma-MIG- en wrijvingslas-sen.

In dit artikel beperken we ons tot het TIG- en MIG-lassen, lasprocessen die veelal standaard in de werk-plaats aanwezig zijn.

### TIG-Lassen (GTAW)

Bij het TIG-lassen wordt de benodigde warmte ver-kregen door een elektrische boog tussen een niet afsmeltende wolframelektrode en het werkstuk. Warmte en toevoegmateriaal zijn onafhankelijk van elkaar regelbaar in een beschermend, inert gas. Hier-door is het TIG-procédé zeer geschikt voor het las-sen van dun aluminium en haar legeringen en speci-fiek voor Al-pijpverbindingen, in elke lasstand. Vaak wordt er in de literatuur aangegeven dat het TIG-proces om praktische redenen alleen maar geschikt is voor het lassen van materiaal tot een dikte van 3mm, voor pijpverbindingen en voor het lassen van grondnaden.

Bij het TIG-lassen kunnen we de volgende proces-typen onderscheiden:

- Gelijkstroom, elektrode min
  - geeft geen reinigende werking van de lasboog
- Gelijkstroom, elektrode plus
  - Zeer goede reinigende werking, echter er zul-len zeer dikke elektrode gebruikt moeten worden voor een relatief lage stroom
- Wisselstroom, plus aandeel is reiniging en min aandeel is inbranding
  - Sinusvormig, geeft een langzame 'nuldoorgang' waardoor tijdig minder energie in de boog aan-wezig is. Bij elke 'nuldoorgang' moet de boog op-nieuw ontsteken.
  - Square wave (blokvormig) kent de nadelen als ge-

noemd onder sinusvormig niet. De square wave heeft een zeer snelle 'nuldoorgang'. Bij de mo-derne square wave technieken is de reinigende werking van de lasboog, inbranding, frequentie, etc. allemaal elektronisch regelbaar.

De square wave techniek heeft een duidelijke voor-keur voor het TIG-lassen van aluminium en alumi-niumlegeringen.

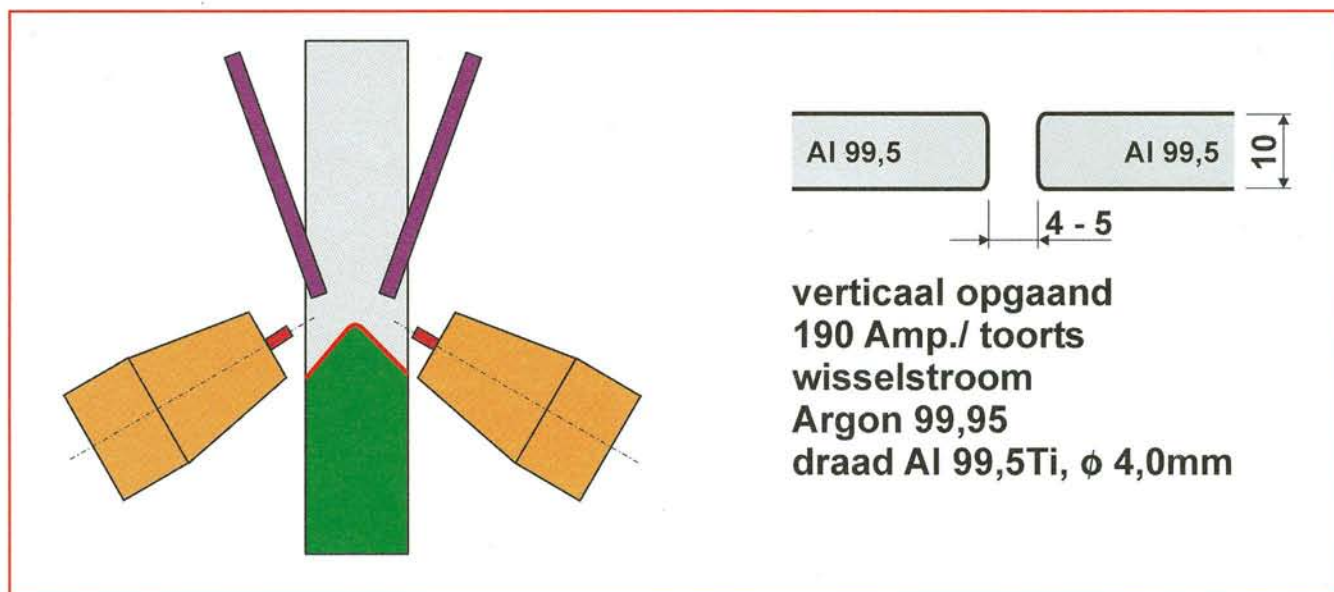
De corrosievastheid van de las en het omliggende materiaal kan bij een lage lassnelheid (hogere warm-tetoevoer) achteruit gaan voor die materialen die bijvoorbeeld gevoelig zijn voor het uitdampen van met name magnesium. Ook de gasbescherming van het smeltbad vraagt in dit opzicht veel aandacht. De zuiverheid en de samenstelling van het beschermgas zijn natuurlijk van invloed op de metallurgische ei-genschappen van de las. Hoewel de afbrand van bij-voorbeeld Mg, klein is, komt dit in de praktijk toch voor. Als oorzaak kan men hiervoor aanwijzen het niet correct hanteren van de voorschriften waardoor een onvolledige smeltbadbescherming ontstaat. Ar-gon vermengt met lucht zal tot afbrand leiden. Dit is te zien aan de zwarte verkleuring van las en directe omgeving. Poreusheid en warmscheuren in de las-verbinding zijn daarbij niet denkbeeldig.

Zoals de meeste booglas-processen kent het stan-daard handmatige TIG-procédé eveneens een aantal varianten, voor het lassen van aluminium zijn dit:

- TIG koude draadtoevoer (automatisch)
- Simultaan TIG-lassen
- etc.

Met deze varianten zijn we zelfs in staat om het TIG-proces om te dopen tot een zeer economisch laspro-ces. Vooral het simultaan TIG-lassen is hier een duidelijk voorbeeld van. Bij dit proces lassen twee lassers in een smeltbad aan beide zijden tegelijk. Het TIG-simultaan lassen is voor praktisch alle materia-





Figuur 5. Schematische voorstelling simultaan TIG-lassen

len uitvoerbaar doch vooral bij koper, roestvast staal en aluminium. In de lasposities PC en PF (zie figuur 5) is dit uitstekend mogelijk.

De stroombronnen dienen dusdanig geschakeld te worden dat ze elkaar niet gaan aantrekken. Bij het voorbeeld uit figuur 5 is de te lassen plaatdikte in één laag; 10mm.

#### TIG-elektrode keuze en toepassingen

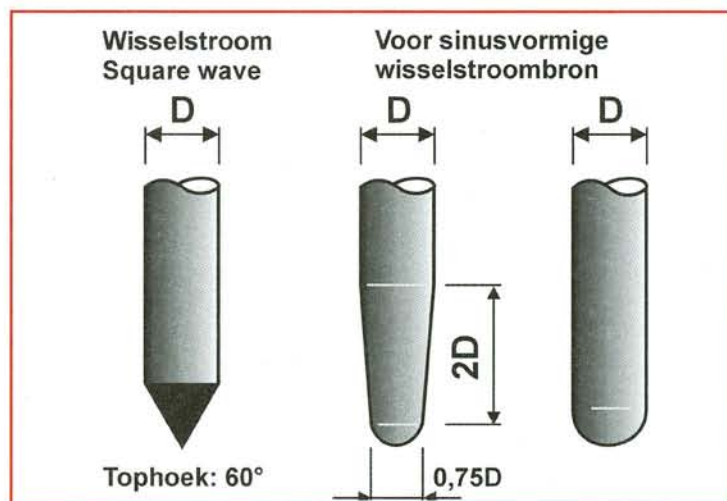
- Zuiver wolfram
  - De zuiver wolfram elektroden kunnen alleen gebruikt worden voor het lassen met een sinusvormige wisselstroom van aluminium, magnesium en aluminiumbrons. Deze elektroden zijn dus minder geschikt voor de moderne inverter stroombronnen.
- Wolfram met zirkoonoxyde ( $ZrO_2$ )
  - Te gebruiken voor het lassen met wisselstroom. Zirkoonoxide stabiliseert de wolfram waardoor wolfram minder snel verdampt. De stroombelastbaarheid is hoger dan die van zuiver wolfram bij gelijkblijvende diameter.
- De laatste ontwikkeling op het gebied van TIG-wolframelektroden zijn de WR2 turkoois wolframelektroden met 2% aan 'mixed-oxiden'. Deze elektrode is gedopeerd met yttrium, lanthaan en zirkonium.

Voordelen bij toepassing van de turkoois elektroden zijn:

- makkelijker starten, een ø 2,4mm elektrode start reeds bij 5 ampère;
- betere gerichte lasboog door de geringere vervuiling van de elektrodepunt;
- hoger stroombelastbaar, bij AC voor ø 2,4mm tot 210 A en ø 3,2mm tot 340 A;
- een langere standtijd, figuur 7.

Genoemde voordelen geven een hogere productiviteit waardoor de uiteindelijke laskosten lager zijn.

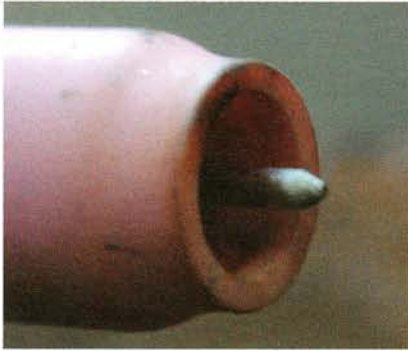
Voor het slijpen van de elektrode een fijne, zachte en schone steen gebruiken. Slijp altijd in de lengterichting van de elektrode en zo glad als mogelijk is, liefst polijsten. Zie figuur 6.



Figuur 6. Voorbewerking TIG-elektroden voor het lassen van aluminium.

#### Gebruik

- Indien mogelijk gebruik een gaslens in de TIG-toorts. De gaslens geeft een optimale bescherming van het smeltbad door de laminaire stroming van het beschermgas. Een laminaire stroming van het beschermgas voorkomt turbulentie en zodoende het opnemen van lucht en vocht in het smeltbad.
- Bij normaal gebruik zonder gaslens moet de elektrode uitsteeklengte beperkt blijven tot maximaal de helft van de inwendige diameter van het gasmondstuk.
- Controleer steeds of de elektrodeklemnippel de juiste diameter heeft.
- Voorkom verontreiniging van de elektrode door



Figuur 7.  
Turkoois elektrode,  
ø 2,4mm  
na 30 minuten lassen  
met 210 ampère

de ongebruikte en niet in gebruik zijnde exemplaren steeds in de originele verpakking te bewaren.

### MIG-lassen (GMAW)

Het MIG-lassen heeft de laatste decennia een grote vlucht genomen door de zeer snelle ontwikkeling van de elektronica in lasapparatuur. Bij dit proces wordt een boog getrokken tussen een afsmeltende, blanke draad en het werkstuk. Het smeltbad wordt tegen de oxiderende invloed van de lucht beschermd door een gas.

Het MIG-lassen kent diverse varianten, te weten:

- kortsluitbooglassen, GMAW-S;
- lassen met open boog;
- lassen met gepulseerde stroom, GMAW-P;
- STT-lassen (Surface Tension Transfer), GMAW-STT;
- Twin-arc lassen;
- Tandem MIG lassen;
- etc.

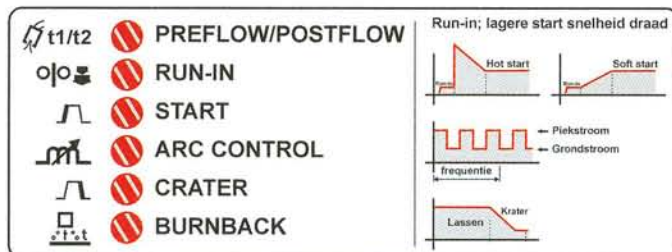
Voor het MIG-lassen van aluminium en haar legeringen is alleen de openboogtechniek of het pulse-rend lassen geschikt. Het kortsluitbooglassen van aluminium kent twee grote nadelen waardoor het niet geschikt is, te weten:

- een onvoldoende reinigende werking tijdens de kortsluitperiode waardoor aluminium-oxide-insluitels kunnen ontstaan;
- door haar relatief geringe warmte-inbreng in een materiaal dat een zeer goede warmtegeleiding heeft, kunnen bindingsfouten geïntroduceerd worden.

Bij de openboogtechniek (gelijkstroom, elektrode op de plus pool) bereiken we een maximale reinigende werking van de boog op het oppervlak. Tabel 2 geeft enkele praktische richtwaarden van de stroomsterkte

## MIG-lasopstelling

Overzicht van draadhaspel tot draadmondstuk



Geleiding door speciale **PA- liner** is optimaal voor aluminium

**Laspistool**  
\* speciaal voor aluminium



Grote hoek is minder weerstand

### Speciaal draadmondstuk



**Polygoon draadmondstuk:**  
\* verbeterde stroomoverdracht  
\* reduceert draadaanvoerproblemen  
\* langere levensduur

**Dubbele koeling contactbuis:**  
\* lagere temperatuur  
\* betere draadaanvoer  
\* langere levensduur

**Watergekoelde Puls machine met draadaanvoersysteem**



**Draad**  
\* oppervlakte behandeld  
\* extra schoon  
\* weinig oxides

**Beschermgas:**  
\* Argon, Helium  
\* of Ar/He-mengsel

**Stroombron + draadaanvoer unit:**  
\* speciale draad-aanvoerrollen  
\* starten  
\* boogstabiliteit  
\* kratervulling  
\* clearing

Met clearingpuls



Zonder clearingpuls





als functie van de draaddiameter aan. Beneden deze waarden (kritische stroomsterkte) vervallen we in het kortsluitbooglassen met boven genoemde problemen. Een nadeel van het openbooglassen is, afhankelijk van lasparameters (boogspanning, stroomsterkte, type beschermgas en gekozen naadvorm), de diepe inbranding waardoor de vermenging met het te lassen materiaal vrij groot is. Vooral bij het lassen van de AlMg-legeringen dienen we dan rekening te houden met het feit dat Mg zal verbranden. Een overgeleegde AlMg toevoegdraad moet dan toegepast worden om de Mg-afbrand te compenseren.

Bij het lassen in positie, het maken van doorlassingen of het lassen van dunne plaat is men genoodzaakt de lasstroom te verlagen om het smeltbad te kunnen beheersen. De stroomsterkte zal dan alleen voor de dünnere draaddiameters (0,8 en 1,0mm) boven de kritische stroomsterkte liggen. Bij het gebruik van zachte draden (Al99,5, AlSi5, AlSi12) met een dunne draaddiameter is de storingsgevoeligheid echter groot. Het is beter in dit geval het pulsbooglassen toe te passen. Het in het verleden genoemde grote nadeel van het moeilijk instellen van de lasparameters is met de huidige moderne synergetic apparatuur voorbij. Hierbij kan een grote draaddiameter gekozen worden, die minder storingsgevoelig is. De dikkere draad kan dan met een lage gemiddelde stroom worden verlast, waarbij het openbooggebied niet wordt

**Tabel 2.** Kritische stroomsterkte voor verschillende draaddiameters bij sproeiboog MIG-lassen van aluminium en aluminiumlegeringen onder Argon beschermgas

Draaddiameter [mm]	Kritische stroomsterkte [A]	Boogspanning [V]
0,8	130	20 - 22
1,0	140	22 - 24
1,2	150	23 - 25
1,6	150 - 160	23 - 25
2,4	150 - 160	27

verlaten. Bij het pulserend lassen wordt dus op een ingestelde grondstroom met een bepaalde frequentie een piekstroom gezet. Een bijkomend voordeel van het gebruik van dikkere draaddiameters is dat de hoeveelheid oxide, afkomstig van het draadoppervlak, per eenheid neergesmolten lasmetaal kleiner is dan bij het gebruik van dünnere draaddiameters (zie onder poreusiteit/poreusheid sub draaddiameter). Verder is een dikkere draad ook nog goedkoper.

Een andere mogelijkheid om de storingsgevoeligheid te verlagen bij het gebruik van zachte/dünne

**Tabel 3.** Lasparameters voor het MIG-lassen van aluminium en aluminiumlegeringen (richtwaarden)

Plaat-dikte [mm]	Naad-vorm	Diam. lastoevoegmateriaal [mm]	Aantal lagen	Stroomsterkte [A]	Boogspanning [V]	Voortloop-snelheid [cm/min]	Argon beschermgas [l/min]
3	I-naad	1,0 of 1,2*	1	130	25	75	12
4	I-naad	1,2 of 1,6*	1	160	25	70	15
5	I-naad	1,2 of 1,6*	1	180	25	70	15
6	I-naad	1,6	1	200	25	65	15
8	V-naad	1,6	2	240	25	60	16
10	V-naad	1,6	2	260	26	60	16
12	V-naad	1,6	2	280	26	55	18
16	V-naad	1,6	3	280	26	50	20
16	V-naad	2,4	2	320	27	50	20
20	V-naad	1,6	3	280	26	50	20
20	V-naad	2,4	3	320	27	50	20

\* MIG pulserend lassen



Figuur 8. Gladde, regelmatige lasrups oppervlak van GMAWPulse-On-Pulse proces. Foto toont ook de reinigende werking van de lasboog aan beide zijden van de las.

draden of lange kabelpakketten is de toepassing van een push-pull pistool.

Richtwaarden voor de lasparameters bij het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen worden in tabel 3 gegeven. Als beschermgas komen alleen maar de edelgassen in aanmerking. Deze worden beschreven in het hoofdstuk beschermgassen.

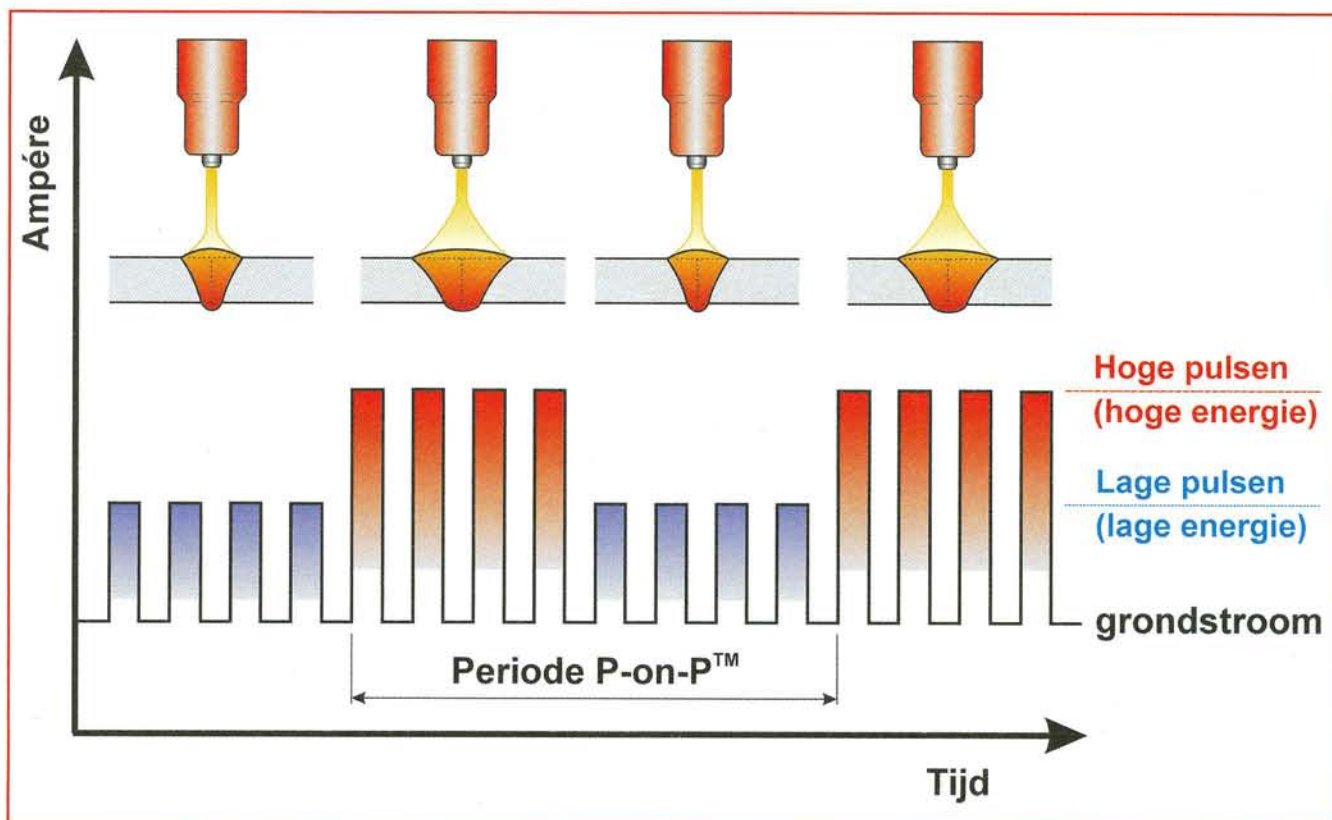
#### "Pulse-On-Pulse™"

MIG-lassen van aluminium met de high-speed inverter-technologie genereert een lasstroom in

bijna elke gewenste pulsform. De pulsform van de boog, bevochtigingseigenschappen en het beschermgas, hebben een grote invloed op het lasuiterlijk en dus op het uiteindelijke lasresultaat. Voor het MIG-lassen van aluminium is een speciaal proces ontwikkeld waardoor het MIG-lasproces minder moeilijk is dan het standaard MIG-puls lasproces. In tegenstelling tot het standaard puls MIG-lassen, waarbij een enkele puls wordt gebruikt, maakt het Pulse-On-Pulse MIG-lassen gebruik van een opeenvolging van verschillende pulsen, met een laag- en een hoog energieniveau (figuur 9) waardoor het uiterlijk van de MIG-las vergelijkbaar is met die van TIG-lassen. Dit proces regelt tegelijkertijd de booglength en de warmte-inbreng, waardoor de lasser in staat is om hoge kwaliteits lassen te maken.

Pulse-On-Pulse™ werkt met behulp van gecontroleerde pulsform technologie. Dit betekent dat de stroombron afwisselend hoge en lage pulsen geeft. Deze combinatie van hoge en lage pulsen geeft een 'golvend' lasuiterlijk zoals weergegeven in figuur 8. De hoge pulsen (hoge energieniveau) zorgen voor een warmere boog (langere tijd), hetgeen een betere reinigende werking van het basismateriaal geeft. De lage pulsen (lage energie-niveau) geven het smeltbad de gelegenheid om af te koelen, waardoor er controle is over de warmte-inbreng en een goede inbranding. Dit verbetert de laskwaliteit en lassnelheid, wat leidt tot een hogere productiviteit.

Figuur 9. Principe van "Pulse-onPulse™" MIG-lassen





Draad diameter	0.8mm		1.0mm		1.2mm		1.6mm	
Materiaaldikte	[A]	[V]	[A]	[V]	[A]	[V]	[A]	[V]
2,5mm								
3,5mm					120-130	20-22		
5,0mm	100-130	18-22	110-130	21-22	140-150	21-23		
6,5mm	125-150	20-24	140-150	22-23	160-170	23-24	160-170	24-25
10mm					200-220	24-25	230-250	26-28

Tabel 4. Lasparameters (richtwaarden) voor het MIG-lassen van hoeklassen en overlap verbindingen onder de hand

### Lasprogramma's (software)

De huidige digitaal gestuurde TIG- en MIG-stroombronnen gebruiken software om de diverse lasprocessen te besturen. Bij het TIG lasproces regelt de software vooral de functionaliteit en het lasgedrag van de machine. Bij het MIG lasproces regelt de software de gehele lascyclus van starten, lassen, lasboog en stoppen. Elke start, druppelovergang en elke instelling is geprogrammeerd. Het gehele lasproces wordt gecontroleerd en automatisch geregeld.

Met software programma's kunnen alle inverter stroombronnen worden uitgebreid voor elke toepassing om een hogere kwaliteit en verhoogde productiviteit te krijgen. Meestal hebben de moderne "wave form" gecontroleerde stroombronnen een volledig pakket lasprogramma's voor verschillende materialen en type lastoevoegdraad/gas combinaties in het geheugen van de stroombron. De lasser hoeft alleen maar het juiste programma te selecteren en kan in een klein werkgebied de lasparameters aan zijn voorkeur aanpassen. Tabel 4 geeft enkele aanbevelingen voor het MIG-lassen van hoeklassen onder de hand en voor het lassen van overlap naden met argon beschermgas. Andere toepassingen vereisen vaak geheel andere lasparameters. De "fine tuning" kan de lasser dus zelf doen.

*In deel 5 – worden het beschermgas en het lastoevoegmateriaal (chemische samenstelling en oppervlaktegesteldheid besproken. Deel 5 volgt in Aluminium 9.*

- Fred Neessen and Vincent van der Mee, "A suppliers guide for welding aluminium", Int. Welding Conf., Šibenik, Kroatië..
- Tony Anderson, "New developments in aluminum shipbuilding", Welding Journal Vol. 83, Nr. 2, February 2004, pp28-30.
- John Simpson and Michael Skillingberg, "Aluminum boats prove their mettle", The Aluminum Association, Inc., December 2003
- Allan Ramsay and John Rafferty, "Aluminium fabrication at Rosyth", Welding & Metal fabrication, May 2001, pp6-8.
- Lincoln Electric Publication, "Waveform Control Technology", August 2005, Nr.: LEE 02-0805
- Lincoln Electric Publication, "Mission Marine, Ltd. is using Pulse-on-Pulse for Aluminum welding", April 2006, Nr.: NX-4.320 4/06.
- Fred Neessen, Aluminium Welding, Quality from start 2 Finish – Aluminium, light but not minded -, Product Information Bulletin 71E

- G. Glowicki, Der Praktiker 12/89, pag. 742 -745

### Bronvermelding

- Deanna Postlewaite, "High technology welding systems", The Lincoln Electric Co., USA, February 2007



# ALUMINIUM

Vakblad over aluminium en aluminiumlegeringen



• **Lassen van Aluminium en haar legeringen**  
**Deel 5**



# Lassen van aluminium en haar legeringen

## Deel 5

### Beschermgassen en invloed oppervlakte-gesteldheid lastoevoegmateriaal

(vervolg op artikel uit Aluminium 8)



De serie – Lassen van aluminium en haar legeringen – omvat in totaal 7 artikelen. Van deze serie gaan de delen 3 tot en met 7 over - Lassen en trouble shooting – waarvan bijgaand het derde artikel Deel 5 – beschermgassen en invloed oppervlaktegesteldheid lastoevoegmateriaal. Na deel 5 volgen nog Deel 6 - het draadmondstuk, laspistool en liner, de draadaanvoerunit en stroombron en deel 7 – Preventieve maatregelen en trouble shooting.

Fred Neessen en Harm Meelker,  
Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen

#### Beschermgassen

Zoals bekend heeft aluminium een zeer grote affiniteit met zuurstof en zal onmiddellijk een  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -oxidelaag vormen. Dit is een van de redenen waarom voor het lassen van aluminium alleen maar de edelgassen argon en helium, of een mengsel van beide voor zowel het TIG- als het MIG-lassen kunnen worden toegepast. Aluminium is ook nog eens zeer gevoelig voor poreusheid, vandaar dat het beschermgas niet alleen zuiver maar ook droog dient te zijn. Andere gassen in het beschermgas zoals zuurstof, stikstof,  $\text{CO}_2$  of waterstof geven zelfs in de geringste hoeveelheden een vervuilde of poreuze las.

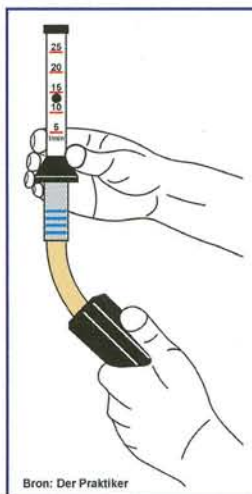


Fig 10. Meten van hoeveelheid beschermgas aan gasmondstuk.  
De enige juiste methode.

Bij het lassen van aluminium geeft argon (I1 volgens ISO 14175) een stabiele en rustige druppelovergang, een goede inbranding en schone lassen. Vanwege deze eigenschappen en het gegeven dat het relatief goedkoop is wordt argon het meest toegepast voor semiautomatisch en automatisch lassen van aluminium.

Puur helium (I2 volgens ISO 14175) kan alleen toegepast worden voor het geautomatiseerd lassen van verbindingen in dikwandige aluminiumconstructies. Door de hogere lassnelheid en een diepere inbranding dan met puur argon zijn de hogere kosten van dit beschermgas te rechtvaardigen. Bij gebruik van puur helium moet een veel hogere boogspanning ingesteld worden waardoor een hogere boogenergie en dientengevolge een groter smeltbad ontstaat. Om een stabiele druppelovergang te verkrijgen dient de booglengte zo kort mogelijk te zijn.



Tabel 5. Beschermgassen voor het lassen van aluminium en haar legeringen volgens ISO 14175.

Beschermgas (ISO 14175)	Bestandsdelen	Toepassing
argon – I1	100% argon	TIG-AC en MIG semiautomatisch
helium – I2	100% helium	MIG-DC-, automatisch
ArHe-mengsels – I3	70% Ar + 30% He	TIG en MIG, semi- en automatisch
	50% Ar + 50% He	TIG en MIG, semi- en automatisch
	30% Ar + 70% He	TIG, automatisch

Argon-helium mengsels (I3 volgens ISO 14175 met helium percentage van  $0,5 \leq \text{He} \leq 95$ ) zijn in het bijzonder geschikt voor het semiautomatisch lassen van aluminiumconstructies met grotere wanddiktes of indien een warmere boog vereist wordt. Het toevoegen van helium zorgt voor een hogere boogspanning en dientengevolge voor een hogere boogenergie. De ArHe-mengsels hebben de voorkeur bij het lassen in meerdere lagen van de 5xxx-serie aluminiumlegeringen. Ze worden ook gebruikt voor het automatisch lassen van aluminiumlegeringen met een plaatdikte van 12,5mm en meer, en speciaal voor die lasverbindingen waarbij maximale inbranding vereist is. Voor het lassen van foutloze verbindingen met een breed instelgebied van de boogspanning en de lasstroom hebben de ArHe-mengsels met 50 tot 75% He de voorkeur. Het toepassen van ArHe-mengsels heeft nog een ander voordeel, namelijk dat men minder hoog of zelfs helemaal niet hoeft voor te warmen. Bovenstaande tabel 5 geeft een overzicht van de gassoorten voor het lassen van aluminium en haar legeringen volgens ISO 14175.

Toepassing van een backinggas bij het TIG-lassen van aluminium is niet gebruikelijk omdat als gevolg van de zeer snelle oxidatie, het smeltbad automatisch aan de doorlaszijde beschermd wordt.

Voor aanvang van de laswerkzaamheden dienen alle leidingen, slangen, koppelingen, etc. gecontroleerd te worden op beschadigingen en lekkage, ze dienen ook goed gespoeld te worden om poreusheid te voorkomen. De hoeveelheid beschermgas is afhankelijk van het type beschermgas, het lasproces en de gascup diameter en dient aan de gascup gemeten te worden, (zie figuur 10).

#### **Lastoevoegmaterialen; chemische samenstelling en oppervlaktegesteldheid**

Het maken van de juiste keuze toevoegmateriaal is in de praktijk nogal complex door het aanbod van een gevarieerd programma aan verschillende soorten aluminium basismaterialen zoals reeds besproken in Deel 1 – Aluminium legeringen. Veel van de aangeboden aluminiumlegeringen kunnen niet worden gelast met toevoegmateriaal van gelijke samenstelling als het basismateriaal.

De Cu-houdende veredelbare legeringen moeten beschouwd worden als niet lasbaar, omdat naast de las een zone ontstaat die zeer warmscheurgevoelig is. Deze legeringen ontleen hun sterkte door de fijn verdeelde precipitaten die ontstaan door een specifieke warmtebehandeling.

De veredelbare legeringen op basis van Mg/Si en Mg/Zr kunnen wel worden gelast. Het toe te passen toevoegmateriaal is qua chemische samenstelling afwijkend. Om een lasmetaal van voldoende sterkte te verkrijgen wordt veelal gebruik gemaakt van AlMg-gelegeerd toevoegmateriaal. Magnesium verhoogt de vastheid van het materiaal door oplossingsversterking (oplossings harding).

De meest toegepaste lastoevoegmaterialen voor het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen zijn:

- vrijwel zuiver aluminium (Al 99,5; ER1100), eventueel met toevoeging van titaan om korrelverfijning te verkrijgen;
- aluminium met toevoeging van 5% silicium (AlSi5; Al 4043(A)), met 3% magnesium (AlMg3; Al 5754) of met 5% magnesium (AlMg5; Al 5356);
- verder zien we nog aluminium met toevoeging van 4,5% magnesium plus extra toevoeging van mangaan (AlMg4,5Mn; Al 5183), eventueel met enige toevoeging van zirkoon (AlMg4,5MnZr, Al 5087) of titaan (AlMg4,5MnTi, Al 5556).

De chemische samenstelling en kenmerkende eigenschappen van bovengenoemde lastoevoegmaterialen zijn allen reeds beschreven in Deel 2 - “Keuze van lastoevoegmaterialen”.

Tabel 1 (Deel 3, Aluminium 7, pag. 45), geeft afhankelijk van de toepassing, keuzemogelijkheden voor het toevoegmateriaal, te weten: sterkte, ductiliteit (taaiheid), corrosieweerstand en gevoeligheid voor warmscheuren.

Indien aan een hoge sterkte van de las of aan goede corrosie-eigenschappen een groter belang moet worden toegekend, dan kan dit tot een andere keuze van het toevoegmateriaal leiden. In Deel 2 - “Keuze van lastoevoegmaterialen” (Aluminium 4, pag. 14-19) is hier reeds ruime aandacht aan besteed.

Moet een constructie worden geanodiseerd, dan dient een type toevoegmateriaal te worden gekozen, dat zich hiervoor leent. De legeringselementen kun-



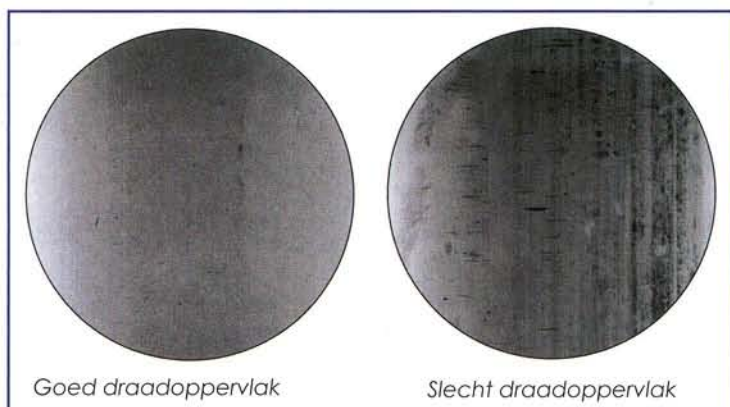


Fig 11. Scanning microscopisch beeld van het draadoppervlak



Fig 12. Draad doorvoerbaarheid in liner

nen namelijk het anodiseren beïnvloeden. Magnesium als legeringselement heeft tot 3 á 4% nauwelijks invloed. Bij een hoger gehalte aan magnesium zal het lasoppervlak licht grijs verkleuren. Chroom daarentegen met een gehalte  $\leq 0,1\%$  geeft een geelachtige kleur terwijl een lastoevoegmateriaal met een hoog siliciumgehalte (AlSi5) een zwarte las geeft na het anodiseren.

### Oppervlaktegesteldheid van de lasdraad

Alle aluminium lasdraden kunnen worden toegepast ondanks de verschillen in oppervlakte-gesteldheid. Specifieke kenmerken en laseigenschappen worden bepaald door de productie methode. Een optimale oppervlaktekwaliteit kan alleen maar worden bereikt door drie 'schil' (schaaf) behandelingen toe te passen om een draadoppervlak te kunnen garanderen met de laagst mogelijke resterende oxiden. Een drievoudig geschilde draad geeft een zeer glad oppervlak, een voorwaarde voor optimale draadaanvoer zonder verstopping van de liner. Figuur 11 toont een scanning microscopisch beeld van het draadoppervlak en figuur 12 toont de draaddoorvoer testresultaten van draden met een verschillende oppervlaktekwaliteit.

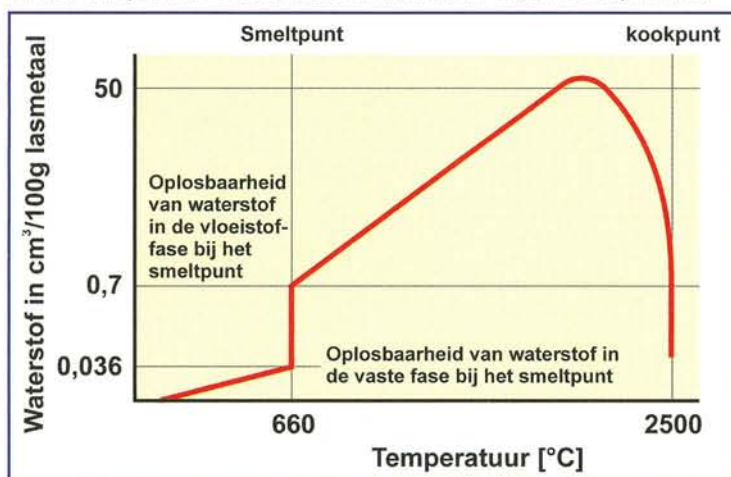
Hoe lager het gehalte aan restoxiden op de aluminium lasdraden des te geringer de kans op storingen en ook op poreusheid in lasverbindingen.

### Poreusiteiten/poreusheid

Een ander belangrijk aspect bij het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen is de zeer grote gevoeligheid voor poreusheid van het lasmetaal. Bij aluminium en aluminiumlegeringen worden de poreusiteiten met name veroorzaakt door de aanwezigheid van minimale hoeveelheden waterstof in het lasmetaal, figuur 13. Uitgaande van een goede gasbescherming is de aanwezige waterstof vrijwel geheel afkomstig vanuit waterdamp, die chemisch gebonden is in de oxidehuid op het oppervlak van het toevoegmateriaal en het oppervlak van de te lassen onderdelen. Om deze reden worden zeer hoge eisen gesteld aan de productiemethode van de lasdraad zoals al eerder besproken, maar ook aan de wijze van opslag en de behandeling in de werkplaats.

De laseigenschappen zijn één van de belangrijkste criteria bij de keuze van de draad bij het MIG-lassen. Aluminium MIG-draad heeft vaak een minder stabiele boog, door de goede elektrische geleidbaarheid. Kleine veranderingen in draaddiameter, draadaanvoersnelheid en lasstroom geven veranderingen in lasuiterlijk en booglengthe en kunnen zelfs vastlopers veroorzaken (door het terugbranden met als gevolg vastbranden aan het mondstuk). Aluminium-lasdraad is relatief zacht en kan dus bij onoordeelkundig gebruik gemakkelijk beschadigen, hetgeen ook draadstoringen tot gevolg kan hebben.

Fig 13. Waterstofopname van aluminium als functie van de temperatuur



De toevoegmaterialen, geproduceerd volgens de modernste methoden, dat wil zeggen zorgvuldig gezuiverd (ontgast en geraffineerd) om de hoeveelheid waterstofhoudende alkalische metalen en insluitingen te minimaliseren zijn de eerste stap. Hiermede bereikt men in het verdere productieproces een oppervlakte vrij van onvolkomenheden en verontreinigingen.

Vanuit de smelt wordt onder inerte atmosfeer het product continu gegoten. Na het mechanisch scha-

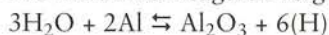


ven bereikt men een ideale uitgangspositie voor het verder walsen en trekken van de lasdraad. Een toevoegmateriaal met een uitzonderlijke goede oppervlakte gesteldheid geeft een aanzienlijke vermindering van de weerstand in het draadaanvoersysteem. De combinatie van zuiverheid en optimale oppervlaktegesteldheid, tezamen met een storingsvrije draadaanvoer en stabiele lasboog maakt het mogelijk hoogwaardige lasverbindingen te vervaardigen.

Op het oppervlak van de plaat en de lasdraad is altijd een dunne laag aluminiumoxide aanwezig. (affiniteit tot zuurstof + chemische reactie) Ook kunnen tijdens het smelt- en walsproces aluminiumoxiden in het basismateriaal ingesloten worden. Tijdens het lasproces worden de oxidehuid en overige deeltjes in fragmenten naar het oppervlak van het smeltbad gedreven. Bij een overmaat aan oxide en verontreinigingen wil het lasbad niet goed bevochtigen en is er kans op porositeit.

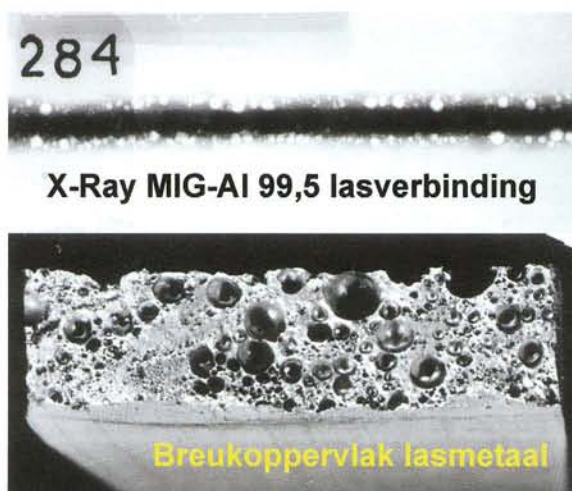
Reiniging van het plaatoppervlak vóór het lassen is dan ook een vereiste; ook de draad moet "schoon" zijn, zie figuur 14. Dit laatste heeft dan vooral betrekking op het gebruik in de fabriekshal. Zo moet een MIG-draad op de machine altijd afgedekt zijn en de TIG-draden blijven in de beschermende kokers. Draden die niet gebruikt worden dienen opgeslagen te worden in de oorspronkelijke verpakking in een geconditioneerde ruimte. Op het einde van de werkdag alle draden opnieuw verpakken en retour opslagruimte. Condensvocht afkomstig uit de omgeving als gevolg van sterke temperatuurschommelingen is vaak de eerste aanleiding voor porositeit in de lasverbinding.

Aluminium zal reageren volgens:



Deze reactie geeft aan dat er  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gevormd wordt + een grote hoeveelheid waterstof welke oplost in

Fig 14. Aluminium lasverbinding, gelast met een extreem vervuilde 1,6 mm MIG-draad rechtstreeks uit de werkplaats



het lasbad. In gestold aluminium is geen plaats voor (H), figuur 14, dus moet het ontwijken als  $\text{H}_2$ -gasbelletjes. Bij TIG/MIG-lassen met hoge snelheid is hier niet voldoende tijd voor met als gevolg waterstof-porositeiten. In de meeste gevallen gaat het om fijn verdeelde porositeit.

### Draaddiameter

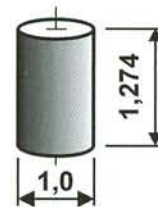
Bij het kiezen van de MIG-draaddiameter is een optimale oppervlakte/inhoud verhouding van belang. Dit relatieve oppervlak en daarmee het aanbod aan aluminiumoxide is geringer naarmate de draaddiameter groter is. Zo is het relatieve oppervlak van een draad van  $\varnothing 1,0$  mm een oppervlak van  $4 \text{ mm}^2$  per  $\text{mm}^3$ , van een draad van  $\varnothing 1,2$  mm:  $3,3 \text{ mm}^2$  per  $\text{mm}^3$  en van  $\varnothing 1,6$  mm:  $2,5 \text{ mm}^2$  per  $\text{mm}^3$ .

Inhoud van  $1 \text{ mm}^3$ :  $\text{Pi}/4 \times D^2 \times L$

$$\Rightarrow L = 1/0,785 \times 1^2 = 1,274 \text{ mm}$$

Oppervlakte per  $\text{mm}^3$ :  $\text{Pi} \times D \times L$

$$\Rightarrow O = \text{Pi} \times 1,0 \times 1,274 = 4 \text{ mm}^2$$



Het zal duidelijk zijn dat het lassen met een grotere diameter vanuit het oogpunt van oxides de voorkeur verdient.

In deel 6 – worden het draadmondstuk, laspistool en liner, de draadaanvoerunit en stroombron kort omschreven. Deel 6 volgt in Aluminium 10.

### Bronvermelding

- Fred Neessen, Aluminium Welding, Quality from start 2 Finish
- Aluminium, light but not minded Product Information Bulletin 71E
- ISO 14175, second edition 2008-03-01
- Welding consumables
- Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes.





# Lassen van aluminium en haar legeringen

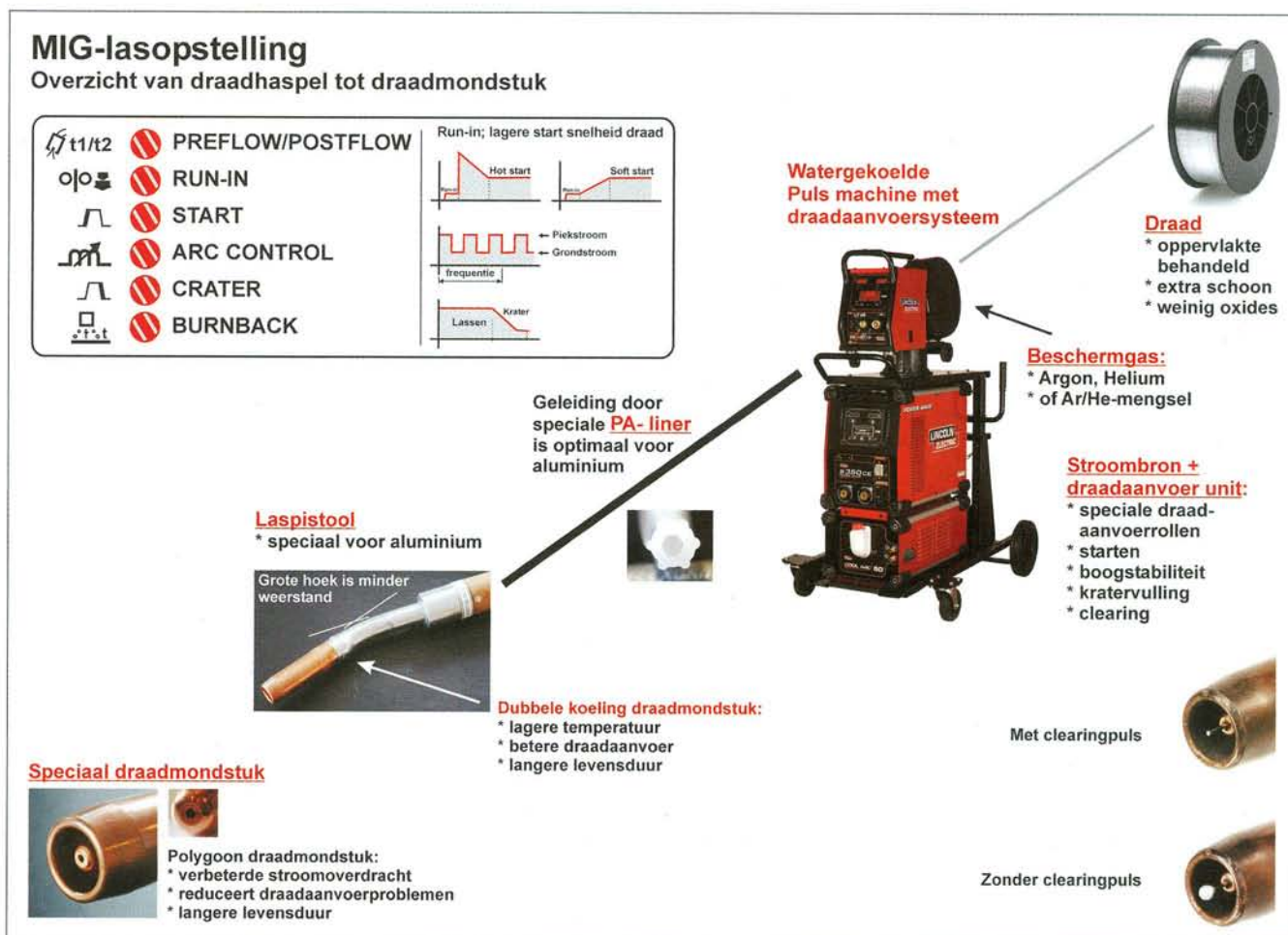
## Deel 6 – Het draadmondstuk, laspistool en liner, de draadaanvoerunit en stroombron (vervolg op artikel uit Aluminium 9)



Fred Neessen en Harm Meelker,  
Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen

In de serie – Lassen van aluminium en haar legeringen – zijn in de voorgaande artikelen het basismateriaal, lastoevoegmateriaal, lasprocessen, beschermgassen, etc. reeds aan de orde geweest. In de keten van een MIG-lasopstelling (figuur 15) voor het lassen van aluminium en haar legeringen worden in bijgaand artikel, Deel 6, de nog resterende onderdelen, laspistool inclusief draadmondstuk, de liner, de draadaanvoerunit en stroombron besproken.

Na deel 6 volgt nog Deel 7 – Preventieve maatregelen en trouble shooting.



Figuur 15: MIG-lasopstelling voor het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen



### Draadmondstuk (contactbuis, contacttip)

Voor een optimale stroomoverdracht van de stroombron naar de lasdraad is het draadmondstuk een essentieel onderdeel. Het is een absolute voorwaarde dat een lasser het draadmondstuk regelmatig controleert.

Een traditioneel draadmondstuk is gemaakt van 100% Cu (electrolytisch koper) en heeft een geringe overboring. Voor elke draaddiameter moet een draadmondstuk worden gebruikt met de juiste boring. Een te kleine binnendiameter zal het draadoppervlak beschadigen waardoor er meer verstoppingen in de liner ontstaan. Wanneer het draadmondstuk te groot is, zal een niet constante stroomoverdracht plaatsvinden waardoor het lasgedrag onregelmatig is. Bij een enkelvoudig contact tussen draadmondstuk en lasdraad als aangegeven in figuur 16a, kunnen vonken ontstaan in het draadmondstuk.

Deze vonken beschadigen zowel de lasdraad als draadmondstuk, waardoor meer wrijving ontstaat en de temperatuur van het draadmondstuk op zal lopen en diens gevolg de elektrische weerstand toeneemt. Dit resulteert in tipslijtage en een instabiele lasboog. Om deze redenen is een nieuw vijfhoekig draadmondstuk ontwikkeld zoals weergegeven in figuur 16. Toepassing van dit ontwerp verbetert de stroomoverdracht van draadmondstuk naar de lasdraad hetgeen resulteert in een stabielere lasboog en minder tipslijtage. Het vijfhoekige draadmondstuk heeft dezelfde overmaatse boring als een traditioneel draadmondstuk, maar heeft door de hoeken meer

ruimte. De vijfhoekige kern van het draadmondstuk is gemaakt van een gesinterde koperlegering, die een verhoogde hardheid heeft en betere hittebestendigheid (tot 450°C) indien we dit vergelijken met het traditionele draadmondstuk. Dit innovatief ontwerp geeft in de praktijk een tienvoudige standtijdsverhoging in vergelijking met de traditionele cilindrische boring.

### Laspistool en liner

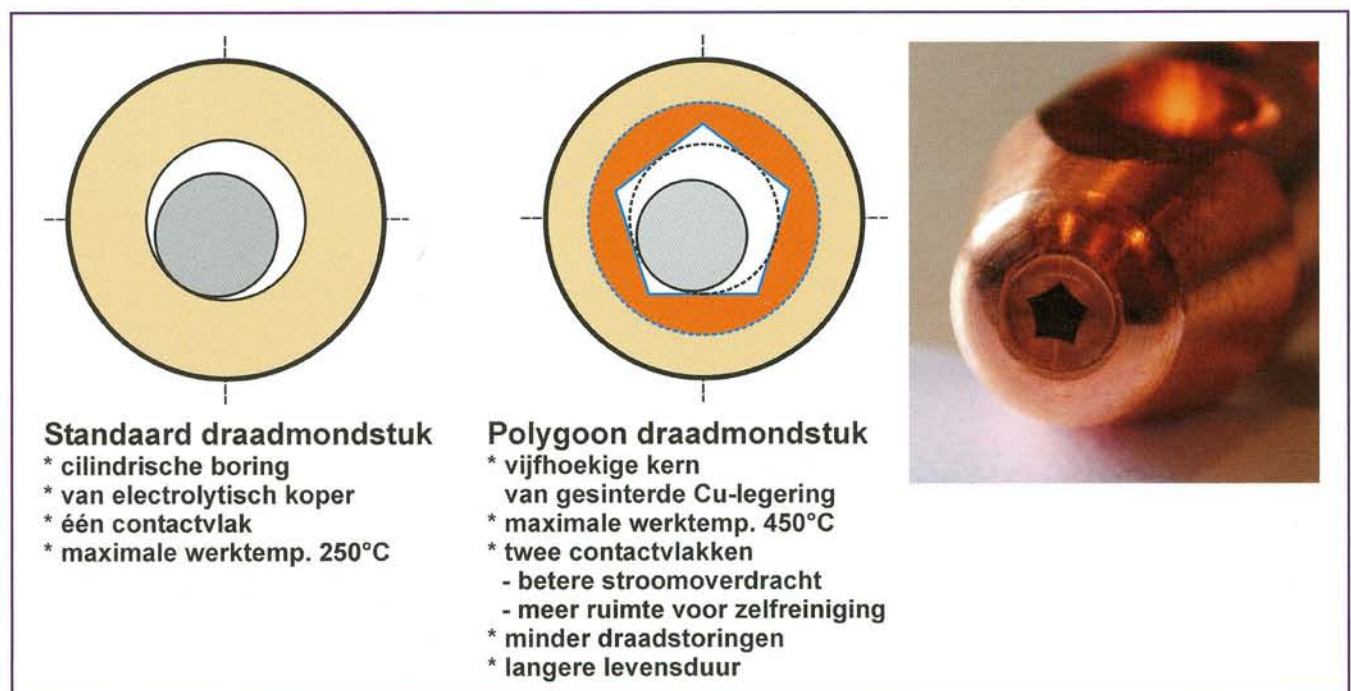
Voor het lassen van aluminium moeten een correcte liner en laspistool worden gebruikt. Voor het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen gebruikte men traditioneel een teflon liner. Teflon geeft namelijk minder slijtage aan de lasdraad waardoor verstoppingen worden voorkomen.

Vandaag de dag, worden meer en meer moderne polyamide liners ingezet. Een kenmerkende eigenschap van de polyamide liners is de lagere wrijving tussen liner en lasdraad waardoor een betere draaddoorvoer gegarandeerd wordt. Uiteraard moet de liner regelmatig door de lasser worden gecontroleerd, en indien nodig worden verwisseld om draadstoringen te voorkomen. De residuen in de liner worden in het draadmondstuk en lasbad gesleept en vervuilen het lasbad. Bovendien moeten de aansluitingen goed worden gecontroleerd en de liner perfect worden afgesteld in het slangenpakket.

Analoog aan de ontwikkelingen van een vijfhoekig draadmondstuk geeft figuur 17 een voorbeeld van de laatste ontwikkeling op het gebied van liners voor het lassen van aluminium en haar legeringen.

Figuur 16:

Verschillen tussen traditioneel en polygoon- of vijfhoekig draadmondstuk. Lasdraad en de standaard tip hebben slechts één contactvlak voor de stroomoverdracht terwijl de vijfhoekige tip twee contactvlakken heeft.





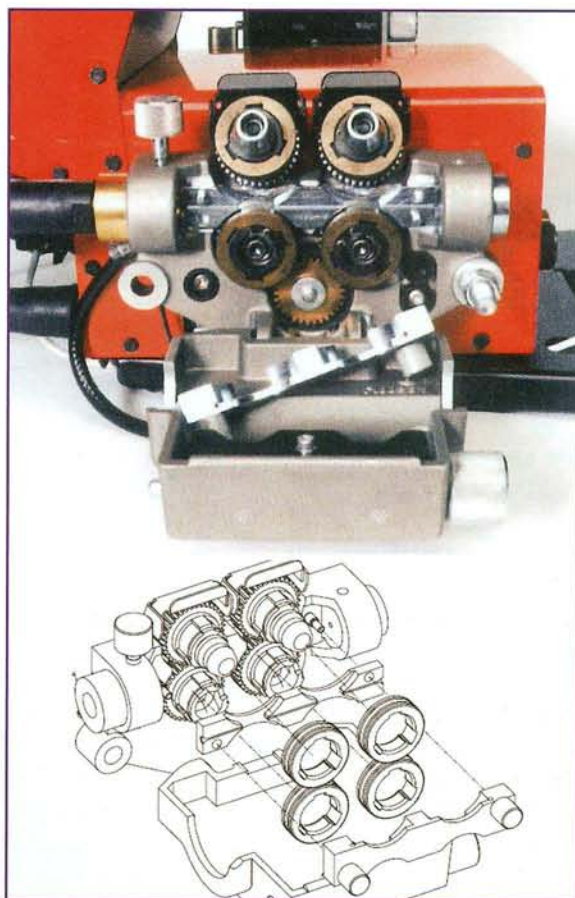
*Figuur 17:  
Een zeshoekige  
liner, speciaal  
voor het lassen  
van aluminium  
en haar legerin-  
gen*



Speciaal ontworpen laspistolen voor het lassen van aluminium kenmerken zich door enkele speciale eigenschappen in vergelijking met standaard laspistolen. De kern van de nieuwste generatie laspistolen voor het lassen van aluminium heeft een speciale constructie. In deze laspistolen wordt de draad gedwongen om contact te maken met het draadmondstuk waardoor een optimale stroomoverdracht plaats vindt. Een zwanenhalsvormig laspistool zoals weergegeven in figuur 18a met een speciale hoek vermindert de draadweerstand en verbetert de draadaanvoer. De dubbel gekoelde gasdiffuser zorgt voor extra koeling aan het draadmondstuk en verhoogt daarmee de levensduur van het draadmondstuk.

#### **Draadaanvoerunit (inclusief push-pull)**

Veel testen hebben aangetoond dat 4-wiel aangedreven draadaanvoersystemen, figuur 19, een optimale draadaanvoer geven. Vanwege de relatief zachte aluminium draad moeten de aandrijfrollen een gepolijste U-vormige of V-90° groef hebben, zie figuur 20. De aandrijfrol druk moet zo worden geoptimaliseerd dat een constante stabiele draadaanvoersnelheid ontstaat zonder vervorming van de draad of beschadiging van het draadoppervlak. Voor langere



*Figuur 19: Principe van 4-wiel aangedreven draad-  
aanvoersysteem*

afstanden zijn push-pull aanvoersystemen beschikbaar om een afstand tot 15m te overbruggen, figuur 18b. Voor het verkrijgen van optimale lasresultaten dient de besturing van aanvoersysteem-tot-stroombron goed te worden gesynchroniseerd.

*Figuur 18:*

*GMAW toortsen speciaal ontworpen voor het lassen van aluminium en haar legeringen*







Figuur 20: Aandrijfrollen, speciaal voor zachte lastoevoegmaterialen.

### Stroombron

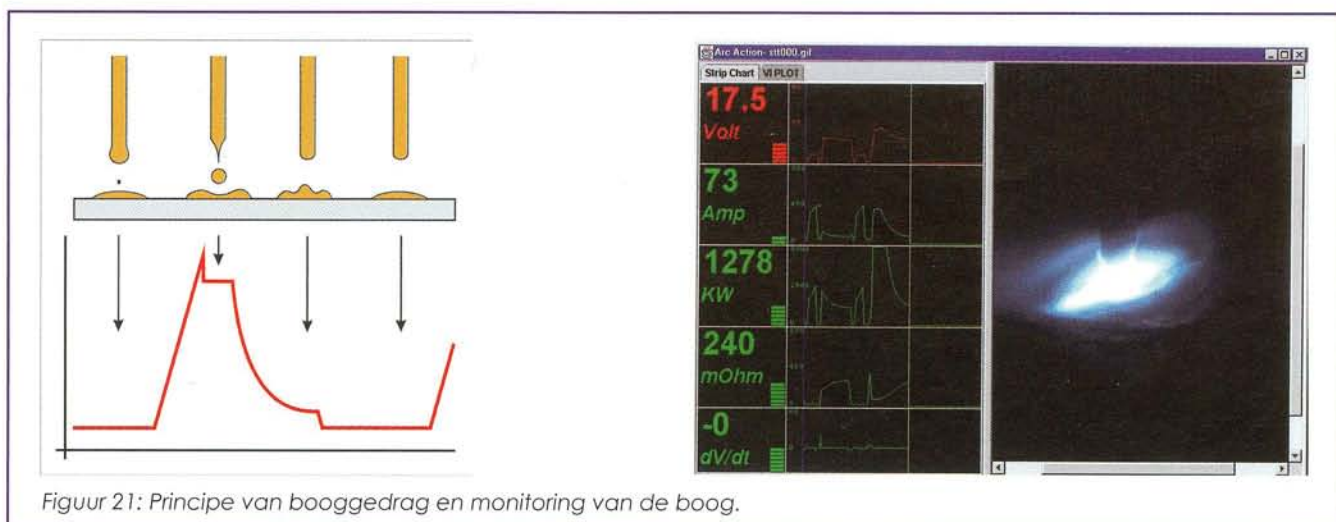
Tegenwoordig is de meeste lasapparatuur voor het TIG- en MIG-lassen gebaseerd op inverter technologie. Inverter technologie gecombineerd met moderne elektronica (microprocessoren) verbetert de lasprocessen, functies, eigenschappen en is ontworpen voor het verkrijgen van lasverbindingen van hoge kwaliteit. Voor kwaliteitsborging kunnen inverter stroombronnen worden uitgerust met monitoring software, voor het opslaan en weergeven van lasparameters en warmte-inbreng, zie figuur 21.

Bij het TIG-lassen van aluminium in de AC “square wave” modus kunnen de inbranding en het reinigend vermogen digitaal worden gestuurd door het verschuiven van de negatieve en positieve lasstroom. Door het veranderen van de frequentie kunnen de lasbadvorm en de lassnelheid worden beïnvloed. Door gebruik te maken van deze opties krijgt men een lagere warmte-inbreng en daardoor minder vervorming maar vooral ook minder oxiden.

### De lasser en zijn vaardigheden

De menselijke factor is een essentieel onderdeel van het totale lasproces voor het verkrijgen van de gewenste resultaten. Het is niet voldoende om de midelen als de juiste werkomgeving, de nieuwste lasapparatuur, gereedschap, de perfecte draad, het nemen van maatregelen voor het verkrijgen van schone droge lucht enz. ter beschikking te stellen, indien de lasser niet de juiste training en opleiding voor zijn taak heeft. Het is belangrijk om gemotiveerde lassers te hebben die weten en begrijpen wat ze doen. Een lasser die verantwoordelijkheid heeft en hiermee ook overweg kan, doet wonderen, een periodieke controle door middel van lasserskwalificatie is en blijft belangrijk.

In Deel 7 – worden preventieve maatregelen en trouble shooting kort omschreven.  
Deel 7 volgt in Aluminium 1 2012.



Figuur 21: Principe van booggedrag en monitoring van de boog.



# Lassen van aluminium en haar legeringen

## Deel 7 (slot) Preventieve maatregelen en trouble shooting

(vervolg op artikel uit Aluminium 10)



Fred Neessen en Harm Meelker,  
Lincoln Smitweld B.V. Nijmegen

### Preventieve maatregelen, voorbereiding laswerkzaamheden

**Om** lasporeusheid te voorkomen, dient het aluminium schoon en droog te zijn wanneer het gelast wordt. Waterstofhoudende verbindingen zoals olie, vet, oplosmiddelen en vocht zullen ontleden in onder andere atomair waterstof dat in het smeltbad terecht komt en zodoende poreusheid kan veroorzaken. Waterstof is zeer goed oplosbaar in gesmolten aluminium, maar niet oplosbaar in gestold aluminium. Hoeveel er gereinigd moet worden hangt grotendeels af van de maatregelen die genomen zijn voor het droog en schoon op-

*... 'n schone, droge lasnaad voor het beste resultaat ....*



Figuur 22: Handfrees voor het verwijderen van vuil en oxidelaag op aluminium

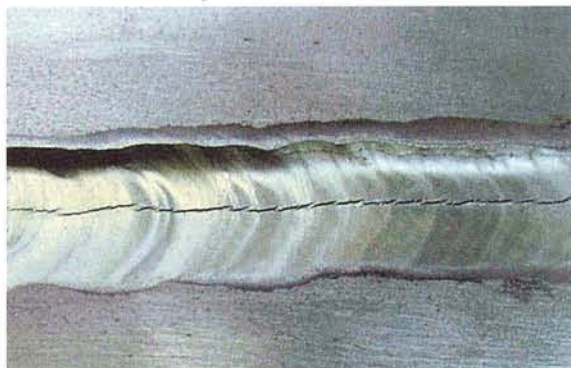
slaan van de te lassen materialen c.q. lasconstructie. Elke mate van verontreiniging moet voor aanvang van lasactiviteiten verwijderd worden. Gebruik geen staalborstels (roestvaststaal) voor het schoon maken van een vettige of olie-achtige ondergrond, omdat niet alleen de borstel vervuild maar ook de neiging heeft om het vet op het oppervlak uit te smeren. De beste methode voor het verwijderen van vuil en de oxidelaag is door gebruik te maken van een handfrees zoals aangegeven in figuur 22.

### Lasconstructies, praktische aanwijzingen

Voor lasconstructies komen in aanmerking de niet-hardbare legeringen Al, AlMn en AlMg en van de hardbare legeringen de type AlMgSi en AlZnMg. Van de groep hardbare legeringen moeten die legeringen met de hogere sterkte-eigenschappen zoals AlCu, AlZnMgCu en AlCuMg als niet lasbaar worden beschouwd wegens de zeer grote gevoeligheid voor scheurvorming in lasmetaal of warmtebeïnvloede zone. Automatenlegeringen zoals AlMgSiPb zijn eveneens niet lasbaar.

- De mechanische eigenschappen van een lasverbinding worden, afhankelijk van het verstevigingsmechanisme, bepaald door de invloed van de warmte-inbreng, c.q. lasuitvoering.
- Scheuren in lasmetaal en warmtebeïnvloede zone kunnen ontstaan door verkeerde keuze lastoevoegmateriaal. Vandaar dat krimpspanningen altijd tot een minimum beperkt moeten worden. Dit is mogelijk door de lasuitvoering aan te passen.
- Scheuren in de warmtebeïnvloede zone kan men vermijden door gebruik te maken van een lastoe-





Figuur 23: Stollingsscheur hart las. Stollingsscheuren treden op zowel tijdens de stolling als kort daarna. Een van de oorzaken is de hoge dwarskrimp als gevolg van grote uitzettingscoëfficiënt en de aanzienlijke stollingskrimp.

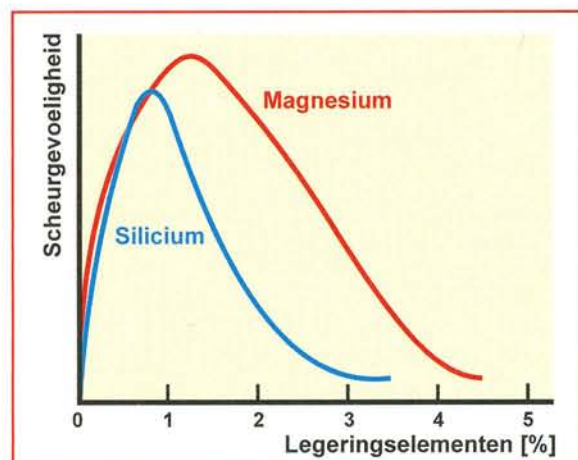
voegmateriaal met een smeltpunt lager dan van het te lassen metaal. Trekspanningen door krimp van het lasmetaal worden zo vermeden totdat de laagsmeltende fasen in de warmtebeïnvloede zone gestold zijn. Anders gesteld, laag smeltende lastoevoegmaterialen verlagen de scheurgevoeligheid vanwege de lagere krimpspanning door de lagere temperatuur.

• Scheuren in de las (figuur 23) kan men veelal vermijden door:

- aangepaste keuze van het lastoevoegmateriaal;
- gunstigere lasnaadvorm;
- het niet verhinderen van de grote krimp bij aluminium door een minder stijve constructie te ontwerpen en geen star opspangereedschap te gebruiken.

Het neergesmolten lasmetaal is een mengsel van lastoevoegmateriaal en basismateriaal. De samenstelling van het lasmetaal, na opmenging, moet dan ook buiten de scheurgevoeligheidsgebieden liggen als aangegeven in figuur 24.

Figuur 24: Invloed van de elementen Si en Mg op de scheurgevoeligheid



Voor het lassen van AA 6061 en 6063 wordt om redenen van hoge sterkte en betere ductiliteit een AlMg5 geadviseerd. Voor betere corrosie weerstand en minder scheurgevoelig wordt een AlSi5 lastoevoegmateriaal aanbevolen.

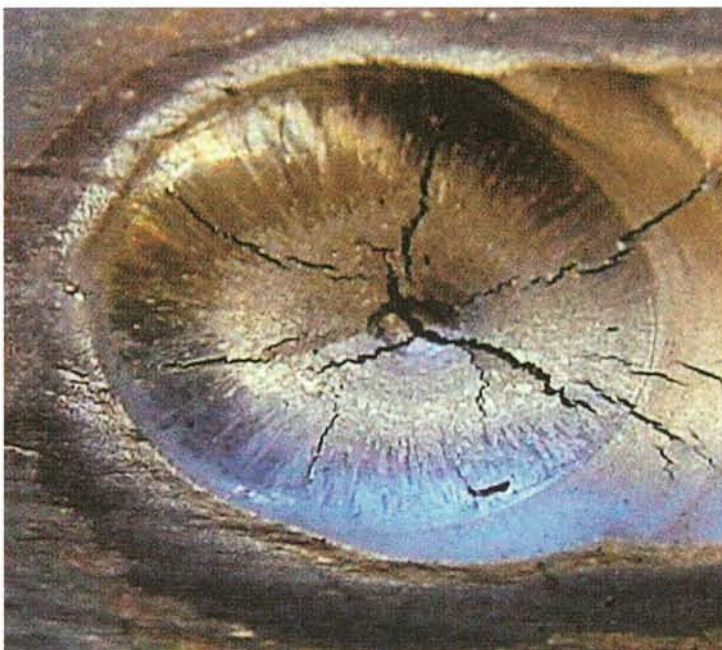
Het materiaal AA 6063 heeft een chemische samenstelling van 0,45-0,90% Mg en 0,2-0,6% Si. Gezien de chemische samenstelling van het basismateriaal moet een AlMg3 lastoevoegmateriaal ruimschoots voldoen. En toch wordt het veel duurdere AlMg5 aanbevolen.

Afhankelijk van te lassen diktes van een constructieonderdeel kan vermenging bij het maken van bijvoorbeeld hoeklassen wel 40 tot 50% bedragen. 40% van 0,6% Mg + 60% van 3% Mg geeft een lasmetaal met ongeveer 2% Mg. (Niet meegenomen is de eventuele verdamping van magnesium tijdens het lassen.) Bij 2% Mg is de scheurgevoeligheid van het lasmetaal aanzienlijk hoger dan bij toepassing van een AlMg5 welke een lasmetaal geeft van 3,2% Mg.

• Kraterscheuren, figuur 25, zijn eveneens stollingscheuren. Door toepassing van de kratervul techniek zijn deze vaak te vermijden.



Figuur 25: Voorbeeld van enkele typische eindkraterscheuren.





- Bronnen van vocht of koolwaterstoffen die porusheid kunnen veroorzaken in de laszone zijn:

<b>Basismateriaal</b>	Smeermiddelen, oppervlaktevocht of gehydrateerde oxidefilms
<b>Lasstaaf / draad</b>	Smeermiddelen, oppervlaktevocht of gehydrateerd oxidefilms. AlMg lastoevoegmaterialen zijn het meest gevoelig voor de vorming van een gehydrateerd oxidefilm bij blootstelling aan vochtige omstandigheden.
<b>Lasapparatuur</b>	Watergekoelde apparatuur moet de mogelijkheid hebben om de water toevoer af te sluiten om condensatie te voorkomen.
<b>Atmosferische omstandigheden</b>	Luchtvochtigheid. De vorm en grootte van de gascup, de hoek van het laspistool, de hoeveelheid beschermgas en druk zijn belangrijke invloedsfactoren bij het verkrijgen van de juiste lasbad bescherming.

- Voorkom tocht, figuur 26. Tocht zal een verstoring veroorzaken in de gasbescherming met porositeiten en een zwarte las tot gevolg.
- In de praktijk zien we regelmatig gelaste aluminiumconstructies waarvan de lasnaden en de aangrenzende laszone zwart is. Hoe kan dat? Een diepe zwarting is met poetsen alleen niet meer te



Figuur 26: Enkele voorbeelden waar tocht vandaan kan komen



Figuur 27. 4-wiel aangedreven draadaanvoersysteem. De aandrijfrollen, in- en uitlooppippen perfect uitgelijnd.

Figuur 28. Gecombineerde aandrijfrol (1,2 en 1,6mm) met V-90° groef, speciaal voor zachte lastoevoegdraden als aluminium, koper en haar legeringen.



verwijderen. Deze zwarting is alleen te verwijderen door de las en directe omgeving mechanisch te bewerken. Dit laatste zal in de praktijk vaak om economische, technische en visuele redenen niet mogelijk zijn. De oorzaak van de zwarting moeten we zoeken in een onvoldoende gasbescherming zoals een te laag debiet beschermgas en met name de toortspositie door trekkend in plaats van stekend te lassen.

- Het MIG-lassen van aluminium met een standaard slangenpakket is niet mogelijk. Indien relatief dunne aluminium MIG lasdraden voor een bepaalde toepassing gebruikt moeten worden, maak dan gebruik van een "Push-Pull-systeem". Aan een dergelijk systeem zijn enkele nadelen verbonden zoals een relatief zwaar, groot en duur laspistool.
- Vanaf een draaddiameter van 1,2mm kan er gelast worden met een standaard pakket van 3 á 4 meter lengte.
- Gebruik geen klassieke stalen liner maar een kunststofliner zoals teflon of polyamide. Een polyamide liner heeft de voorkeur. In tegenstelling tot andere liners kan een polyamide liner niet statisch geladen worden. Bij een statisch geladen liner hopen de stijtage stofdeeltjes zich namelijk op, waardoor de draad makkelijk kan vastlopen. Dit neemt niet weg dat óók een polyamide liner toch regelmatig door de lasser moet worden schoongebazen met perslucht. Doe dit minimaal één keer per dag en bij voorkeur aan het einde van de werkdag.
- De in- en uitlooppippen moeten voorzien zijn van kunststof binnennippels. Ze moeten correct worden uitgelijnd en zo dicht mogelijk bij de draadaanvoerrollen, zie figuur 27.
- Gebruik de juiste contactbuizen met de juiste overmaatse boring. Aluminium heeft een grotere uitzettingscoëfficiënt dan staal. De overmaatse boring moet minimaal 0,4mm bedragen voor een watergekoeld laspistool.
- Gebruik altijd een watergekoelde stroombron met;
  - een watergekoeld laspistool
  - kratervulstelsysteem
  - 'upslope' en 'downslope' lasprogramma
- De draadaanvoerrollen moeten van staal of kunststof zijn en voorzien van een V-90° groef (figuur 28) of halfronde groef, aangepast aan de draaddiameter. Bij gebruik van kunststof aanvoerrollen zal bij slip de draad niet knikken, echter er is wel een risico van vastsmelten. Het verwijderen van de draadaanvoerrollen op de huidige moderne machines is eerder gedaan dan de draad opnieuw doorvoeren.

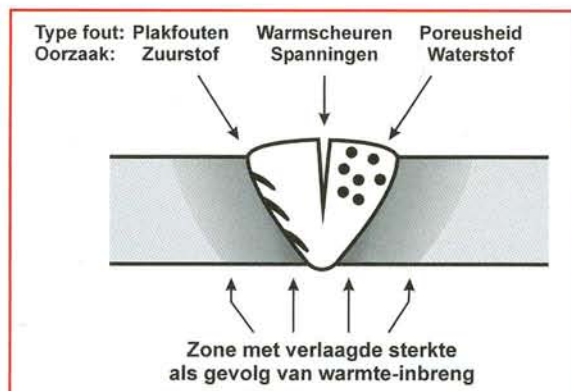


## Trouble shooting

Probleem	Oorzaak	Mogelijke oplossing
<b>Poreusheid</b>	Turbulent smeltbad	Lasstroom verhogen om de overdracht van metaal druppels te stabiliseren.
	Waterstof bevattende verontreinigingen	Sla de lasdraad droog en beschermd op. Reinig basismateriaal voor het lassen.
	Verontreinigd bescherm-gas of een onvoldoende gasstroom	Houd dauwpunt onder de -57°C. Verhoog het gasdebiet, en vermijd tocht.
	Hoge afkoelsnelheid van smeltbad	Gebruik een hogere lasstroom en/of lagere (las)snelheid. Warm basismateriaal voor.
<b>Scheurvorming</b>	Verkeerde keuze van lastoevoegmateriaal	Kies een lastoegmateriaal met een lager smelttemperatuur
	Kritische chemische samenstelling	Vermijd een chemische samenstelling van 0,5-2,0% Si en 1,0-3,0% Mg.
	Onvoldoende naadvoorbewerking of vooropening	Verminder de opmenging door juiste lasnaadvoorbewerking (grotere openingshoek)
<b>Terugbranden</b>	Onvoldoende of onregelmatige draadaanvoer Knik in de draad Versleten of vervuilde liner Versleten of vervuilde draadmondstuk	Controleer of vernieuw de liner Kijk of de draad soepel door het pakket loopt Juiste draadaanvoerrollen toepassen Controleer en vernieuw het draadmondstuk
	Vonken in contactbuis	Vervang contactbuis met de juiste boring.
	Oververhit laspistool	Verlaag de inschakelduur, gebruik een watergekoeld laspistool
	Verkeerde polariteit	Verander de polariteit
<b>Slecht starten</b>	Onjuiste aarding	Corrigeren
	Geen beschermgas	Corrigeren en eventueel pre-flow
	Verkeerde polariteit Versleten draadmondstuk	Verander de polariteit Vervang een beschadigd of versleten draadmondstuk
<b>Vuile lassen</b>	Onvoldoende gasbescherming	Hoeveelheid beschermgas (l/min) verhogen Houd gasmondstuk dicht bij het werkstuk Vervang een beschadigd gasmondstuk Centreer het draadmondstuk in het gasmondstuk Houd het laspistool onder de juiste hoek Controleer op lekkages
	Vuile draden	Vervangen door een nieuwe draad die goed opgeslagen is geweest



Probleem	Oorzaak	Mogelijke oplossing
Vuile lassen	Vuil basismateriaal	Reinig, ontvet basismateriaal
	Te dikke oxidelaag of vocht op plaat	Reinig de laszone
Instabiele boog	Slechte elektrische contacten	Controleer de elektrische contacten
	Vuil in laszone	Reinig, ontvet laszone
	Boogafwijking (arc blow)	Las niet in een gebied met een sterk magnetisch veld
Excessief brede lasnaad	Lasstroom te hoog, voortloopsnelheid te laag, booglengte te lang.	Wijzig lasparameters
Onvoldoende inbranding, plakfouten	Te lage lasstroom	Stroomsterkte verhogen
	Te hoge lassnelheid	Lassnelheid verlagen
	Te lange lasboog	Las met een kortere booglengte
	Vuil basismateriaal	Reinig, ontvet de laszone
	Onvoldoende vooropening of afschuiningshoek	Verander de lasnaadvoorbewerking
	Oxides op basismateriaal of lasdraad	Reinigen
	Onvoldoende doorlassing	Pas staand deel van de lasnaad aan of slijp tegen (U- of V-naad)
Verkleuring na het anodiseren	Onjuiste keuze toevoegmateriaal	Maak de juiste keuze door te letten op bepaalde elementen in lastoegmateriaal Vermijd het gebruik van 4XXX en 6XXX lasmetaal. Gebruik 5XXX lasdraad voor het lassen van de 5XXX en 6XXX basislegeringen.



Typische lasfouten ontstaan tijdens lassen van aluminium en aluminiumlegeringen

### Samenvatting

Aluminium en haar legeringen hebben een zeer gunstige sterkte/gewicht-verhouding. Zij hebben een goede corrosiebestendigheid, uitstekende vormgevingseigenschappen en een hoge thermische- en elektrische geleidbaarheid. Verdere kenmerken zijn nog dat er geen verbrossing optreedt bij lage temperaturen en dat er een decoratieve oppervlaktebehandeling toegepast kan worden. Aluminium is niet toxisch. De meeste aluminiumlegeringen hebben een goede tot zeer goede lasbaarheid. Door al deze eigenschappen is aluminium en haar legeringen een metaal met welhaast onbegrensde toepassingsmogelijkheden.





De keuze van welke aluminiumlegering voor welke toepassing zal vooral voor de beginnende constructeur nogal wat zorgen baren vanwege de enorme hoeveelheid legeringssamenstellingen. De lasingénieur zal het juiste toevoegmateriaal en lasproces moeten kiezen voor de betreffende legering c.q. constructie om te kunnen voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen.

*... Aluminium lassen is niet zo moeilijk als u denkt ....*

Met dit referaat is geprobeerd meer inzicht te geven in de afzonderlijke aspecten die invloed hebben op het uiteindelijke resultaat bij het lassen van aluminium en haar legeringen.

Door stap voor stap de verschillende onderdelen te behandelen wordt meer inzicht gecreëerd in de aspecten die een belangrijke rol spelen. Hierdoor kunnen deze ook één voor één geanalyseerd worden in het geval dat er problemen optreden. Met name in die gevallen waar hoogwaardige kwaliteitseisen spelen is dit bij het lassen van aluminium zeer kritisch. Door stap voor stap te kijken en analyseren kunnen op deze manier ook verbeteringen aangebracht worden.

Mits er voldoende kennis, vaardigheid als mede de juiste gereedschappen binnen een bedrijf aanwezig zijn, dan kan men de stelling hanteren; - Aluminium lassen is niet zo moeilijk als u denkt -

