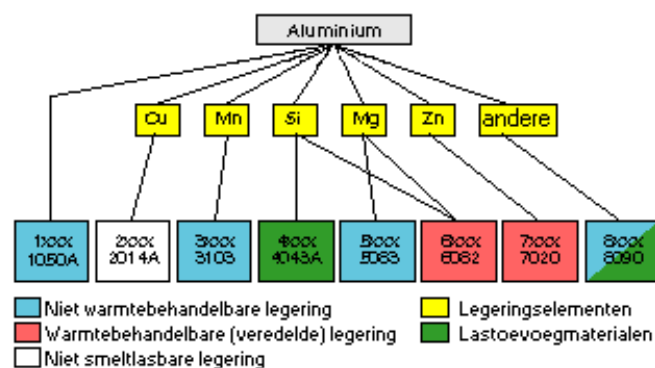


Lasbaarheid van materialen - aluminium en aluminiumlegeringen

Aluminium en haar legeringen worden toegepast om een groot aantal verschillende redenen, zoals gunstige sterkte-gewichtsverhouding, goede corrosievastheid, grote koud-taaiheid en goede lasbaarheid. Hoewel de breuksterkte meestal lager ligt dan die van staal, kunnen enkele van de meer complexe aluminiumlegeringen de mechanische eigenschappen van staal zelfs evenaren. In deze aflevering van Laskennis opgefrist worden de verschillende typen aluminiumlegeringen belicht en worden richtlijnen gegeven voor het lassen ervan met behoud van aanvaardbare mechanische- en/of corrosie-eigenschappen en zonder allerlei lasdefecten te introduceren.

De soorten aluminiumlegering

Omdat zuiver aluminium tamelijk zacht en zwak is, worden meestal kleine hoeveelheden legeringselementen toegevoegd waardoor een breed assortiment aan mechanische eigenschappen mogelijk wordt. De aluminiumlegeringen kunnen worden ingedeeld overeenkomstig hun belangrijkste legeringselementen zoals figuur 1 laat zien. De standaard kneedlegeringen worden in de internationale normen aangeduid met een vier-cijferige codering. Een aantal van de meest voorkomende legeringen worden met hun belangrijkste toepassingsgebied genoemd in tabel 1.



Figuur 1: Indeling en aanduiding van aluminium en haar kneed-legeringen in samenhang met de belangrijkste legeringselementen.

Tabel1: Materiaalkeuze in verband met de toepassing

Internationaal Registernummer	Soort toepassing
1050A, 1200	Tankbekledingen voor chemische en levensmiddelenindustrie, bijvoorbeeld voor zuivelbedrijven en bierbrouwerijen; Verpakkingsindustrie; huishoudelijke artikelen, zoals keukengerei; Elektrotechnische industrie: kabels, klemmen, verbindingsstukken, enz.; lasdraad
3103	Dakbedekking; golfplaten; sandwichpanelen, goten en afvoerpijpen voor gebouwen
5052, 5251	Tanks; panelen en diverse andere constructies in contact met zeewater en zeelucht; rioolzuiveringsinstallaties
5083	Scheepsbouw; tanks en leidingen voor transport en opslag van vloeibare gassen bij lage temperatuur; pantserplaat
5086	Scheepsbouw en carrosseriebouw
5454	Scheepsbouw; carrosseriebouw en transport; rioolzuiveringsinstallaties; lasdraad
6005A	Algemeen constructiemateriaal; dakconstructies; lichtmasten; pijpleidingen; masten voor zeilschepen
6060, 6063	Bouwconstructies; ramen, deuren en gevelbekledingen; buizen voor irrigatie, lichtmasten
6061	Algemeen constructiemateriaal voor dynamisch belaste verbindingen; bruggen; wagonbouw; containerbouw
6082	Algemeen constructiemateriaal voor dynamisch belaste verbindingen; bruggen; wagonbouw; containerbouw
7020	Niet-maritieme lasconstructies; voertuigbouw; pantserplaat

Daarnaast kunnen de legeringen worden ingedeeld naar de wijze waarop de mechanische eigenschappen worden bereikt d.w.z. met of zonder warmtebehandeling.

- Aluminiumlegeringen zonder warmtebehandeling: De mechanische eigenschappen van deze groep hangen samen met de mate van vervorming tijdens hun fabricage (deformatieharding) en/of van de oplosbaarheid van legeringselementen (zoals magnesium of mangaan) in het kristalrooster van aluminium. Deze aluminiumlegeringen worden in hoofdzaak gevonden in de 1xxx, 3xxx en 5xxx-series. Door het lassen kan in deze legeringen het effect van de koudvervorming (versteving) verloren gaan wat zich uit in een verlies aan sterkte in de warmte-beïnvloede zone (WBZ).
- Warmtebehandelde aluminiumlegeringen: De hardheid en sterkte van deze groep van legeringen hangt af van hun samenstelling en van de warmtebehandeling. Deze bestaat gewoonlijk uit een oplosvloei-behandeling van waaruit wordt afgeschrikt (snel afgekoeld) en waarna, hetzij door een natuurlijke (bij kamertemperatuur), hetzij door een kunstmatige

(temperatuurverhoging tot 120 à 150 °C) uitscheidingsharding, een fijn verdeelde uitscheiding van legeringelementen of intermetallische verbindingen ontstaat in de matrix. Door het lassen resp. de temperatuur invloed daarvan, kan wederom een oplossing of een herverdeling van deze uitscheidingen optreden, waardoor in de W.B.Z. weer verlies van sterkte kan optreden. Dit verlies aan sterkte kan eventueel door een opnieuw uitgevoerde warmtebehandelingscyclus worden opgeheven.

Voor het lassen zijn de aluminium legeringen ingedeeld naar samenstelling en hoeveelheid van legeringelementen.

Tabel 2. Indeling aluminiumlegeringen volgens ISO/TR 15608.

Groep	Sub groep	Type aluminium legering
21		Puur aluminium met $\leq 1\%$ onzuiverheden
22		Niet warmte behandelde legeringen
	22.1	Aluminium-Magnesium legeringen
	22.2	Aluminium-Magnesium legeringen met $Mg \leq 1,5\%$
	22.3	Aluminium-Magnesium legeringen met $1,5\% < Mg \leq 3,5\%$
	22.4	Aluminium-Magnesium legeringen met $Mg > 3,5\%$
23		Warmte behandelde legeringen
	23.1	Aluminium-Magnesium-Silicium legeringen
	23.2	Aluminium-Zink-Magnesium legeringen
24		Aluminium-Silicium legeringen met $\leq 1\%$ Cu
	24.1	Aluminium-Silicium legeringen met $\leq 1\%$ Cu en $5\% < Si \leq 15\%$
	24.2	Aluminium-Silicium legeringen met $\leq 1\%$ Cu; $5\% < Si \leq 15\%$ en $0,1\% < Mg \leq 0,80\%$
25		Aluminium-Silicium-Koper legeringen met $5\% < Si \leq 14\%$; $1,0\% < Cu \leq 5,0\%$ en $Mg \leq 0,8\%$
26		Aluminium-Koper legeringen met $2\% < Cu \leq 6\%$
Groep 21 tot 23 zijn smeedlegeringen, groep 24 tot 26 zijn gietlegeringen		

Lasprocessen

De meeste van de kneedlegeringen in de 1xxx-, 3xxx-, 5xxx-, 6xxx-, en sommige 7xxx- series kunnen gelast worden met het TIG- en of MIG-lasproces, ook processen zoals, plasma-, laser- en electronenbundellassen kunnen toegepast worden. In het bijzonder de 5xxx-legeringen hebben een uitstekende lasbaarheid. De 2xxx-legeringen en sommige 7xxx-legeringen (7010 en 7050) moeten in gelaste constructies niet worden toegepast vanwege hun grote gevoeligheid voor het ontstaan van warmtscheuren en stollingsscheuren in de lasverbinding.

De techniek Friction Stir lassen is zeer geschikt voor het lassen van aluminiumlegeringen. Het is hiermee mogelijk om volledige doorlassingen te maken in de diverse aluminium legeringen inclusief de warmtebehandelde legeringen welke gevoelig zijn voor warmtscheuren bij het smeltlassen.

Lastoevoegmaterialen

De keuze van het lastoevoegmateriaal resp. de samenstelling daarvan wordt bepaald door:

- De lasbaarheid van het basismateriaal;
- De vereiste mechanische eigenschappen van het lasmetaal;
- De vereiste corrosie-eigenschappen;
- De nabehandeling van de constructie d.m.v. anodiseren.

Voor de niet warmtebehandelde aluminiumlegeringen worden meestal toevoegmaterialen gebruikt die nominaal overeenkomen met de samenstelling van de basismaterialen. Voor de onder-geleegde en de warmtebehandelde basismaterialen worden altijd toevoegmaterialen gebruikt die afwijken van de samenstelling van het basismateriaal om stollingsscheuren te voorkomen. De keuze van toevoegmateriaal voor de verschillende lasbare aluminiumlegeringen wordt onder meer gespecificeerd in NEN-EN 1011-4 en ook VM83 geeft hiervoor aanwijzingen. De aanbevolen lastoevoegmaterialen voor de meest gangbare aluminiumlegeringen worden in tabel 3 vermeld in samenhang met de gestelde eisen.

Tabel 3. Toepassing en lastoevoegmateriaal van veel gebruikte aluminium legeringen (EN aanduiding).

Legerings nummer	Chemische aanduiding	Classificatie	Lastoevoeg Materiaal	Toepassing
1080A	Al 99.8	NWB	R-1080A	Chemische industrie
3103	AlMn1	NWB	R-3103	Gebouwen, warmte wisselaars
4043A	AlSi5(A)	-	-	Lastoevoegmateriaal draad
5083	AlMg4,5Mn0,7	NWB	5183	Schepen, wagons bruggen
5251	AlMg2Mn0,3	NWB	R-5356	Marine toep. Motorvoertuigen
5356	AlMg5Cr	-	-	Lastoevoegmateriaal draad
5556A	AlMg5Mn	-	-	Lastoevoegmateriaal draad
6061	AlMg1SiCu	WB	R4043A / R-5356	Constructies, pijp
7020	AlZn4,5Mg1	WB	R-5556A	Constructies, transport
WB = Warmtebehandeld, NWB = Niet Warmtebehandeld				

Defecten en afwijkingen in lasverbindingen

Aluminium en haar legeringen kunnen op zich goed gelast worden mits voldoende kennis van zaken aanwezig is en de nodige voorzorgen en regels in acht worden genomen. De meest voorkomende en gevreesde onvolkomenheden in verbindinglassen tussen aluminium componenten zijn:

- Porositeit
- Scheuren
- Slecht lasuiterlijk.

Porositeit

Porositeit wordt vaak beschouwd als inherent verbonden aan aluminium lasmetaal, hetzij TIG, hetzij MIG neergesmolten. Een typische verschijningsvorm van fijn verdeelde porositeit in een TIG-las wordt in figuur 2 gegeven.

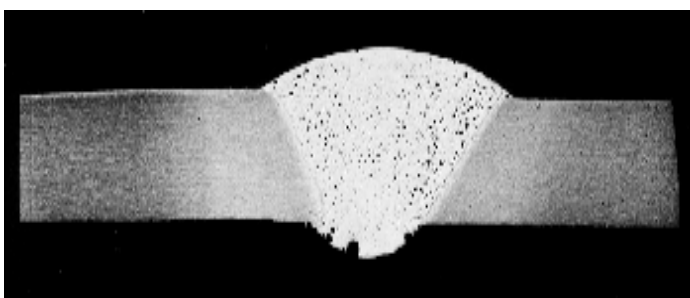
De belangrijkste oorzaak van porositeit is de opname van waterstof in het gesmolten aluminium lasmetaal dat bij de stolling tijdens het ontwijken wordt ingevroren als gasbellen. De meest voorkomende bronnen voor waterstof zijn koolwaterstoffen en vocht op het oppervlak van het basismateriaal en van de lasdraad en waterdamp in het beschermgas, voor een deel opgenomen uit de omringende atmosfeer. De drempel-concentratie waarboven gasbelletjes ontstaan wordt reeds met zeer kleine hoeveelheden waterstof overschreden.

Ook moet erop gelet worden dat geen waterdamp uit gaslangen en toortsen in de boogatmosfera terecht komt; aan te bevelen is daarom dat de gastoevoerlijnen tenminste gedurende een uur vóór het lassen worden doorgespoeld met droog schermgas.

Daardoor is aluminium een van de meest gevoelige materialen voor het ontstaan van porositeit in het lasmetaal. Om de kans op porositeit te verkleinen moet zorgvuldig reinigen van het basismateriaal in de directe lasomgeving en van het lasdraadoppervlak plaatsvinden.

Drie werkwijze zijn daarvoor gangbaar:

- mechanisch reinigen
- ontvetten met organische oplosmiddelen
- beitsen.



Figuur 2: Een voorbeeld van porositeit in een TIG-gelaste aluminiumverbinding.

Mechanisch reinigen

Borstelen met roterende roestvast stalen borstels, schrapen of vijlen zijn goede methoden om oxiden en verontreinigingen in het oppervlak te verwijderen. Ontvetten dient steeds vooraf te gaan aan zo'n mechanische reiniging.

Ontvetten

Dompelen in, sproeien of afwrijven met schone katoenen doeken met organische oplosmiddelen zijn geschikte methoden voor het verwijderen van vet, olie, vuil of losse deeltjes op het materiaaloppervlak.

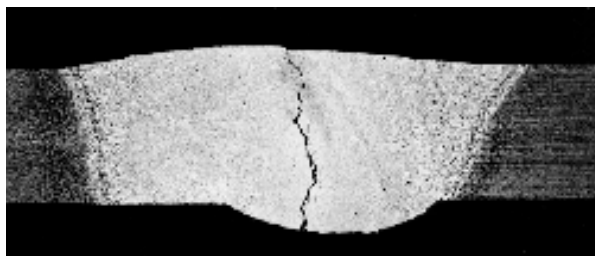
Chemisch reinigen

Een oplossing van 5% natriumhydroxide (NaOH) kan worden gebruikt als beitsbad, maar dit moet wel worden gevolgd door spoelen in een 5-10% salpeterzuur (HNO₃)-oplossing en schoon water om de reactieproducten van het oppervlak te verwijderen.

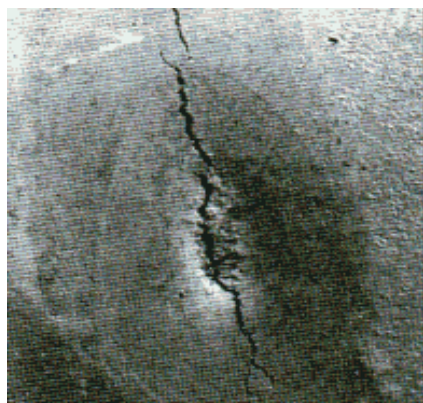
Tijdens het gasbooglassen moet intrede van lucht in de schermgasatmosfeer worden vermeden door zeker te stellen dat een doelmatige gasbescherming is gegarandeerd. (schone gascup, gaslens, voldoende flow etc.) en dat de lasomgeving voldoende is afgeschermd tegen tocht.

Stollings scheuren

Stollings scheuren ontstaan in aluminiummassen door een combinatie van hoge dwarskrimp- spanningen als gevolg van de grote uitzettingscoëfficiënt (tweemaal zo groot als van staal) en als gevolg van de aanzienlijke stollingskrimp (ca. 5% hoger dan die van staal). Stollings scheuren treden in hoofdzaak op in het hart van de lasrups zowel tijdens de stolling als kort daarna (zie figuur 3). Ook de zogeheten eindkraterscheuren (zie figuur 4) behoren tot deze categorie.



Figuur 3: Voorbeeld van een stollings-scheur in het hart van een TIG-gelaste aluminium verbinding.



Figuur 4: Voorbeeld van een typische eindkraterscheur

De hoofdoorzaken van stollings scheuren zijn:

- ongeschikt lastoevoegmateriaal voor het betreffende basismateriaal
- ongunstige lasvorm

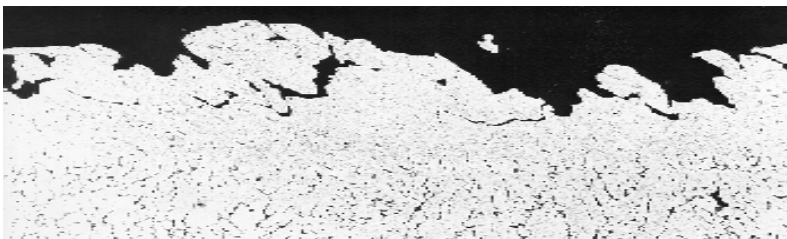
Laskennis opgefrist nr. 5: Lasbaarheid van materialen – aluminium en aluminiumlegeringen

- lassen met grote krimpverhinderend door stijve constructie-elementen of door star opspangereedschap.

Het gevaar voor dit type scheurvorming kan worden verkleind door toepassing van toevoeg materialen met een grote scheurweerstand, met een veelal van het basismateriaal afwijkende samenstelling (meestal uit de 4xxx- of 5xxx- serie lastoevoegmaterialen). Het nadeel hiervan is echter dat de las meestal een lagere sterkte krijgt dan die van het basismateriaal die ook niet door een warmte-nabehandeling kan worden verbeterd. Ook moeten lasrupsen in voldoende dikte worden gelegd om voldoende doorsnede te creëren om de krimpspanningen in de stollings- en afkoelfase te kunnen weerstaan. Daarnaast kan de spanningsopbouw worden beperkt door een juiste lasnaadvoorbewerking, een juiste vooropening en een goede lasvolgorde (zie eerdere afleveringen van Laskennis opgefrist over laskrimp en vervorming). Eindkraterscheuren kunnen worden vermeden door toepassing van een down-slope, versneld uitlopen en door tot het laatst lasdraad toe te voeren bij het TIG-lassen.

Warmzscheuren

Warmzscheuren treden vooral op in de W.B.Z., als rondom de korrels tijdens het opwarm- of afkoeltraject vloeibare films ontstaan vanuit laagsmeltende aluminiumverbindingen op de korrelgrenzen (zie figuur 5). Hierdoor gaat de samenhang van het materiaal ter plaatse deels verloren en worden onder invloed van de krimpspanningen de korrels uit elkaar getrokken. De warmtebehandelde of veredeldbare legeringen uit de 6xxx-, 7xxx- en 8xxx-serie zijn vooral erg gevoelig voor dit type scheurvorming. Het gevaar voor deze scheurvorming kan worden verkleind door toepassing van lastoevoegmateriaal met een lager smelttraject dan dat van het basismateriaal; zo worden om die reden 6xxx-legeringen gelast met 4xxx-lastoevoegmaterialen. Deze 4xxx-lastoevoegmaterialen mogen niet worden toegepast in de hoog Mg-houdende basismaterialen (zoals 5083) vanwege de vorming van magnesiumsiliciden op de smeltlijn die de taaierheid in ernstige mate doet afnemen en de warm- en koudscheurgevoeligheid doet toenemen.



Figuur 5: Warmzscheurvorming in laagsmeltende uitscheidingen en korrelgrens-segregaties.

Slecht lasuiterlijk en/of lasdoorsnede

Door een slechte parameterafstelling op de lasapparatuur en door onvoldoende inzicht en vaardigheid van de lasser kunnen zeer gemakkelijk lasonvolkomenheden ontstaan, zoals: bindingsfouten, onvoldoende doorlassing, inkarteling en onvoldoende of overmatige naadvulling. Het grote warmtegeleidingsvermogen van aluminium en het daardoor snelstollende smeltbad

in combinatie met eventueel hardnekkig aanwezige oxiden-resten maken aluminiumlegeringen bijzonder gevoelig voor voornoemde afwijkingen in de lasdoorsnede.

N.B. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar het voorlichtingsblad voor de metaalindustrie VM83: Lassen van aluminium en aluminium legeringen, dat wordt uitgegeven door FME en via het NIL verkrijgbaar is.

Deze aflevering in de rubriek 'Laskennis opgefrist' is een bewerking van 'Job Knowledge for welders Part 21' uit TWI Connect door Co van der Goes, geactualiseerd eind 2008.

Inlichtingen

Nederlands Instituut voor Lastechniek
Boerhaavelaan 40
2713 HX Zoetermeer
Website: www.nil.nl
e-mail: info@nil.nl

<p>informatie en advies van het NIL wordt verstrekt in goed vertrouwen en is gebaseerd op de huidige stand der technische kennis. Er kan geen garantie verleend worden aan de resultaten of effecten door toepassing van de informatie van deze website. Ook kan er geen verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid geaccepteerd worden voor iedere vorm van verlies of schade .</p>
