

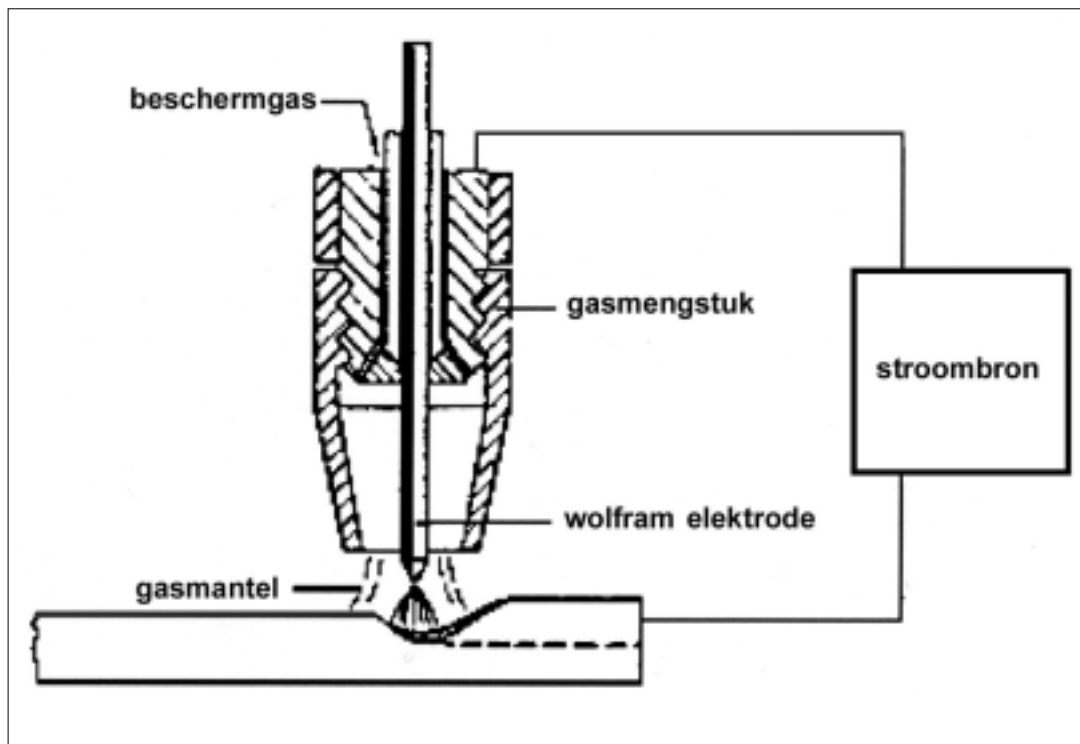
# LASPROCESSEN

## VOORLICHTINGSFICHE ALUMINIUM – DEEL III

In het derde deel van de reeks rond aluminium geven we een overzicht van de lasprocessen die kunnen worden ingezet, elk met hun specifieke voordelen.

**Door**

Ir. R. Vennekens, EWE, FWeldl, BIL  
 Ing. B. Verstraeten, IWE, BIL  
 Ing. K. Broeckx, EWE, BIL



**Figuur 9:** Bij het TIG-lassen wordt, in een inerte atmosfeer, een boog getrokken tussen een niet-afsmeltende wolfram elektrode en het werkstuk. Elektrode, lasboog en smeltbad worden door een inert gas beschermd tegen de invloed van de omringende lucht (Alle doc.: Marc Martens)

### TIG-LASSEN

De theorie en praktijk betreffende dit proces worden uitvoerig behandeld in de CD-ROM "Process 141" die geproduceerd werd op initiatief en onder verantwoordelijkheid van het Belgisch Instituut voor Lastechniek en met subsidies van de Europese Gemeenschap (Leonardo da Vinci-programma).

### ALGEMEEN

Bij het TIG-lassen wordt, in een inerte atmosfeer, een boog getrokken tussen een niet-afsmeltende wolfram elektrode en het werkstuk. Elektrode, lasboog en smeltbad worden door een inert gas beschermd tegen de invloed van de omringende lucht (Zie figuur 9). TIG staat voor Tungsten Inert Gas (Tungsten = wolfram). Vroeger werd ook wel een de Amerikaanse benaming 'Argonarc' gebruikt. In

Figuur 10 wordt schematisch een TIG-installatie afgebeeld. Als inert gas wordt hoofdzakelijk argon toegepast. In sommige gevallen wordt ook helium of argon-helium toegepast. Bij het toevoegen van helium in het beschermgas wordt een warmere lasboog bekomen. Helium geeft een hogere boogspanning, met een identieke machine-instelling als met argon als beschermgas. Met helium ligt het product  $U \cdot I$  (spanning x stroom) hoger dan bij argon en is de warmte-inbreng (heat input) dan ook hoger en dit met een gelijke instelling van de lasmachine. Er kan worden gelast met wisselstroom of met gelijkstroom (elektrode negatief of positief). Figuur 10 schetst de verschillen.

werkstuk van polariteit. Deze polariteitswisseling gebeurt met de gangbare wisselstroombronnen met de frequentie van het lichtnet (50 wisselingen per seconde). Gedurende de ene halve periode ontstaat een redelijke inbrandingsdiepte, terwijl tijdens de andere halve periode een redelijk verwijderen van de oxidehuid ontstaat. In de fase waarin de elektrode positief is, treedt het reinigend effect op van de boog. Door de elektronenstroom vanuit het werkstuk naar de elektrode, wordt de oxidehuid opengebroken. De

**Tabel 10:** Overzicht van types Wolfram elektroden volgens EN 26848 – ISO 6848

TYPE ELEKTRODE	TOEVOEGING IN %	KLEUR	STROOMSOORT
wolfram	geen	groen	wisselstroom
met thoriumoxide	0,9 – 1,2 Th O <sub>2</sub>	geel	gelijkstroom
	1,8 – 2,2 Th O <sub>2</sub>	rood	
	2,8 – 3,2 Th O <sub>2</sub>	lila	
	3,8 – 4,2 Th O <sub>2</sub>	oranje	
met zirkoonoxide	0,3 – 0,5 Zr O <sub>2</sub>	bruin	wisselstroom
	0,7 – 0,9 Zr O <sub>2</sub>	wit	wissel en gelijk
met lanthaanoxide	0,9 – 1,2 Zr O <sub>2</sub>	zwart	wissel en gelijk

**BIJ DE NIEUWSTE GENERATIES TIG-STROOMBRONNEN KAN DE FREQUENTIE, ONAFHANKELIJK VAN DE NETFREQUENTIE (50 Hz) TRAPLOOS WORDEN INGESTELD (VAN CIRCA 5 TOT 1.000 Hz)**

### TIG - WISSELSTROOMLASSEN

Aluminium is bedekt met een oxidehuid met een beduidend hoger smeltpunt (2.050°C) dan het basismateriaal ( $\pm 650^\circ\text{C}$ ). Zoals in Deel 1 reeds werd beschreven, kunnen deze oxides mechanisch of chemisch worden verwijderd, maar het kan ook elektrisch. Wanneer bijvoorbeeld wordt gelast met wisselstroom, dan wisselen per halve periode de elektrode en het

inbrand is dan echter minimaal. In de fase waarin de elektrode negatief is, is de inbrand groot, maar dan is er geen reinigende werking. Bij de oudere lasmachines vertoont de lasstroom een sinusvorm. Bij de nuldoorgang loopt de stroom slechts geleidelijk op en is een hoogfrequente boogontlading

nodig voor het ontsteken van de boog. Bij de modernere machines met blokvorm van de stroom is de nuldoorgang zo snel dat bij stromen boven 30A geen ontsteekmechanisme meer nodig is. Bij de nieuwste generaties TIG-stroombronnen kan de frequentie, onafhankelijk van de netfrequentie (50 Hz), traploos worden ingesteld (van circa 5 tot 1.000 Hz). Bij moderne stroombronnen heeft wisselstroom een blokvorm (Figuur 11) en kan door middel van een

**EEN DRUPPELVORMIGE TOP AAN DE ELEKTRODE WIJST OP OVERBELASTING VAN DE ELEKTRODE, ZODAT IN DAT GEVAL EEN GROTERE ELEKTRODEDIAMETER MOET WORDEN GEKOZEN**

Stroomtype	DCEN	DCEP	AC
Elektrode polariteit	negatief	positief	
Elektronen en ionenstroom			
Vorm van de penetratie			
Reinigingseffect	neen	ja	ja, elke halve cyclus
Warmteverdeling in de boog (±)	70% op werkstuk 30% aan de elektrode	30% op werkstuk 70% aan de elektrode	50% op werkstuk 50% aan de elektrode
Penetratie	diep en smal	klein en breed	gemiddeld

**Figuur 10:** Er kan worden gelast met wisselstroom of gelijkstroom (elektrode negatief of positief). In deze figuur vindt u de verschillen

balansregeling de grootte van de blokken worden ingesteld en bekomen we meer reinigen en kouder lassen of minder reinigen en warmer lassen.

**TIG-GELIJKSTROOMLASSEN**

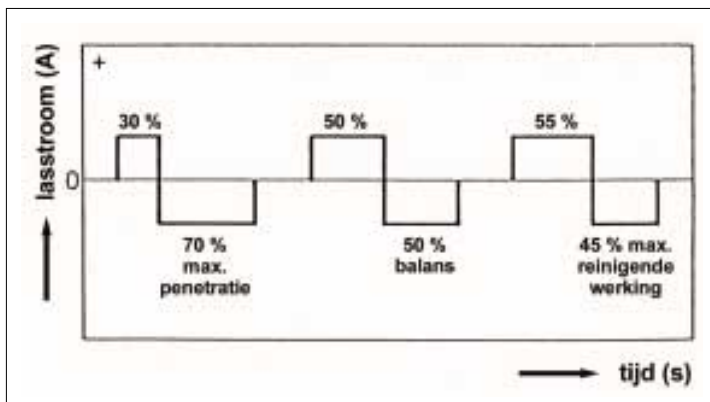
**TIG Gelijkstroomlassen elektrode positief:**

Dit kan alleen worden toegepast bij zeer lage stroomsterkte (gezien de zware thermische belasting van de elektrode). Bovendien kan het dan ook alleen worden aangewend voor zeer geringe plaatdikte. De reinigende werking

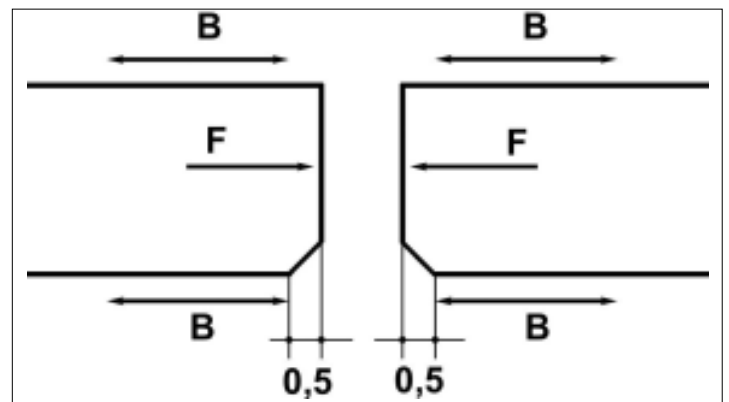
met het lassen met wisselstroom. Door gebruik te maken van helium of een heliumrijk Ar-He mengsel wordt een hoge temperatuur bekomen en verdampt de oxidehuid grotendeels. Zuiver helium geeft de beste resultaten. De plaatranden moeten extra gereinigd worden om lasfouten te voorkomen. Een plaatdikte tot maximaal 8 mm kan stomp gelast worden, zonder lasnaadvoorbewerking. Wel

Vervolgens werd gelast binnen de vier uur volgend op deze naadvoorbewerking. Verder dient vermeld te worden dat de booglengte met het TIG gelijkstroom (He) lassen zeer kort dient te worden gehouden. De boogdruk is vrij hoog, zodat het smeltbad als het ware omlaag gedrukt wordt na het ontsteken van de boog. De manuele lasser kan het lasbad onvoldoende beheersen. Daardoor kan enkel

zirkoon-oxide (0,2 - 0,9% ZrO<sub>2</sub>) toegepast. De elektrode met ZrO<sub>2</sub> heeft een grotere boogstabiliteit, een langere standtijd of een hogere stroombelastbaarheid. - Voor TIG-gelijkstroomlassen wordt wolfram met 1-3% thoriumoxide (ThO<sub>2</sub>) toegepast. Gezien de radioactiviteit van ThO<sub>2</sub> wordt dit meer en meer vervangen door lanthaanoxide (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of ceriumoxide (Ce O<sub>2</sub>). Deze elektroden en vooral die met



**Figuur 11:** Blokvormige wisselstroom met mogelijkheid tot sturing van de 'reinigingstijd' en 'smelttijd'



**Figuur 12:** Schets van een plaatbewerking die goede resultaten gaf

van de boog is hier zeer goed. Toevoeging van helium resulteert in een hogere boogspanning, waardoor een warmere boog wordt bekomen bij een gelijkblijvende lasstroom.

**TIG Gelijkstroomlassen elektrode negatief:**

De warmteontwikkeling is dan het grootst in het werkstuk, maar er is geen reinigende werking van de lasboog. Er wordt een smalle diepe inbrand bekomen en/of een hogere lassnelheid in vergelijking

moeten de plaatkanten onderaan gebroken worden, zoniet kunnen problemen ontstaan wat betreft een correcte doorlassing. Een plaatvoorbewerking die goede resultaten gaf, wordt geschetst in Figuur 12.

Onder- en bovenkant van de plaat werden geborsteld over een breedte van 25 mm (B) met een roestvast stalen borstel. De opstaande kanten worden gefreesd (F) en de kanten gebroken (+/- 0,5 mm) aan de onderkant van de plaat.

gemechaniseerd gelast worden. De machine moet uitgerust zijn met een automatische booglengteregeling. Een servomotor wordt aangestuurd door de boogspanning. De afstand laspistool-lasbad wordt op die manier constant gehouden.

**DE TIG-ELEKTRODE**

Er bestaan diverse types wolfram elektroden voor het TIG-lassen. - Voor TIG-wisselstroomlassen wordt zuiver wolfram en wolfram met

lanthaanoxide blijken een langere standtijd te hebben. Wat betreft boogstabiliteit en stroombelastbaarheid blijken ze niet zoveel te verschillen van de andere elektrodes, wel is de boogstabiliteit bij lagere stroomsterktes beter. De samenstelling van de elektroden is herkenbaar aan de kopkleur. Deze is in internationale normen vastgelegd (EN 26848 - ISO 6848). Tabel 10 geeft de kopkleur volgens deze norm.

De elektrodediameters variëren van 1,6 tot 6,0 mm. De diameterkeuze is afhankelijk van de stroomsoort, polariteit en stroomsterkte (zie Tabel 11). Een te kleine diameter resulteert in oververhitting of afsmelten van de elektrode met een grote kans op wolframinsluitingen in de las. Een te grote diameter resulteert in booginstabiliteit en/of een kleinere inbranding (ongunstige breedte-diepte verhouding van het smeltbad).

Bij het lassen met gelijkstroom dient de elektrode aangepunt te worden (zie figuur 13). Het aanpunten van de elektrode dient te worden gedaan naar de tip toe en niet concentrisch (Figuur 13), slijp zo glad mogelijk. Het puntje dient te worden gebroken

**BIJ HET HECHTEN MOET EEN VERSTANDIGE HECHTVOLGORDE WORDEN AANGEHOUDEN: EERST MOETEN BEIDE UITEINDEN WORDEN GEHECHT EN VERVOLGENS ZAL MEN VANUIT HET MIDDEN NAAR DE BEIDE UITEINDEN TOE WERKEN**

(plat vlakje  $i \pm 0,8$  mm). Bij het lassen met wisselstroom wordt de elektrode in de regel niet aangepunt. Tijdens het lassen ontstaat spontaan een bolvormige top aan de elektrode met een blank spiegelend oppervlak. Indien de elektrode toch aangepunt wordt, dan best zoals geschetst in Figuur 14. De elektrode wordt dan licht conisch gemaakt over een afstand van  $2D$ . Nadat hiermee gelast werd is het uiteinde automatisch afgerond. Een druppelvormige top aan de elektrode wijst op overbelasting van de elektrode, zodat in dat geval een

PLAAT-OF WANDDIKTE (mm)	STROOM-STERKTE A	ELEKTRODE Ø (mm)	MONDSTUK Ø (mm)	LASDRAAD Ø (mm)	GAS-HOEVEELHEID (l/min)	AANTAL LAGEN	LASSNELHEID (cm/min)
1,0	60-80	1,8	6 of 8	1,6	4-6	1	25-30
2,0	100-120	2,4	8	2,0 of 2,4	6-8	1	25-30
3,0	140-180	3,2	10	2,0 of 2,4	6-8	1	20-25
4,0	180-220	4,0	12	2,4 of 3,2	6-8	1 of 2	20-25
5,0	220-250	5,0	12	3,2	6-8	2	20-25
6,0	240-260	5,0	12	3,2	8-10	2 of 3	20-25
8,0	250-280	5,0	12	2,0 of 2,4	8-10	3 of 4	20-25
10,0	280-320	5,0 of 6,0	12 of 15	2,0 of 2,4	8-10	4 of 5	20-25

**Tabel 11:** Richtlijnen voor het handmatig TIG-lassen met wisselstroom onder argon met wolfram elektroden (stompe naden)

aan de 'donkere kleur' in plaats van de 'zilverkleur' die wordt verkregen bij voldoende gasnaastroom. Ook moet contact van de elektrode tijdens het lassen met het werkstuk, smeltbad of toevoegmateriaal worden vermeden. Hierdoor wordt de elektrode verontreinigd, zal ze afsmelten en kan er wolfram in de las komen. Het verontreinigde deel van de elektrode moet worden afgeslepen voordat weer met lassen begonnen wordt.

### BESCHERMGASSEN

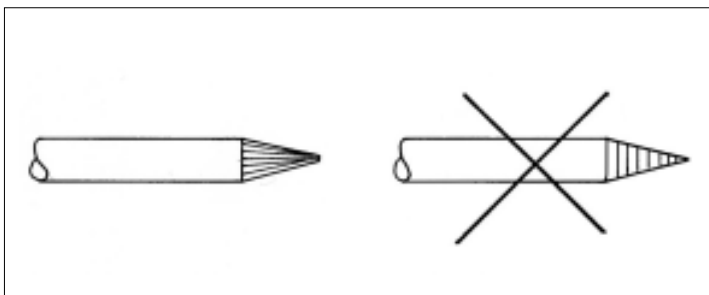
Het doel van het beschermgas is in eerste instantie het op hoge temperatuur gebrachte werkstukmateriaal, smeltbad en wolframelektrode te beschermen tegen verbranding (oxidatie) door zuurstof uit de atmosfeer en tegen opname van stikstof en waterstof eveneens uit de atmosfeer. Voor TIG lassen van aluminium kan

99,99% te zijn. Voor speciale toepassingen waar hoge eisen worden gesteld, is argon met een zuiverheid van 99,996% aan te bevelen. Helium wordt hoofdzakelijk toegepast bij het gemechaniseerd TIG-lassen met gelijkstroom, elektrode negatief. Door de hogere boogspanning wordt de boog heter waardoor een diepere inbranding ontstaat en/of met een hogere snelheid kan worden gelast. Omdat helium veel lichter is dan lucht moet om een voldoende bescherming van het smeltbad te verkrijgen de gasflow twee- tot driemaal zo hoog worden ingesteld als voor argon. Om de gunstige eigenschappen van argon en helium zoveel mogelijk te benutten, worden argon-heliummengsels gebruikt (zie Tabel 12 voor toepassing). Als richtlijn voor het gasverbruik, afhankelijk van mondstuk-opening (dus ook van smeltbadgrootte, stroomsterkte en elektrodediameter) kunnen de

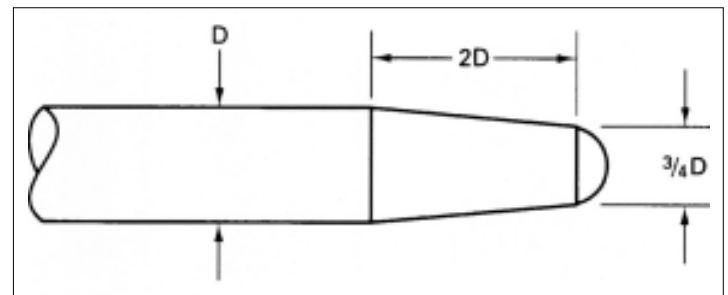
Men dient echter te lassen met een kleine vooropening en een grotere ingesloten hoek omdat aluminium een grotere vloeibaarheid heeft dan staal. Typische lasnaadvormen voor het booglassen van aluminium zijn gegeven in tabel 13.

### VOORWARMEN

Voorwarmen kan noodzakelijk zijn om het condensvocht te verwijderen of als de warmtetoever bij het lassen in verhouding tot de dikte van de te lassen delen onvoldoende is. Bij het TIG-lassen is dat bij een dikte vanaf ca. 10 mm. De voorwarmtemperatuur is afhankelijk van het materiaal en de omvang van de lasconstructie en ligt meestal tussen de 80 en 200°C. Bij het lassen van de veredelbare aluminiumsoorten moet de voorwarmtemperatuur binnen bepaalde grenzen worden gehouden, omdat anders de mechanische eigenschappen teveel verlaagd zullen



**Figuur 13:** Het aanpunten van de elektrode dient te worden gedaan naar de tip toe en niet concentrisch, slijp zo glad mogelijk



**Figuur 14:** Indien de elektrode toch aangepunt wordt, dan best zoals geschetst in deze figuur

grotere elektrodediameter moet worden gekozen. Wanneer gelast wordt met wisselstroom, wordt best een zuiver wolfram elektrode (EVVP) gebruikt. Bij het lassen moet er voor gezorgd worden dat het beschermgas voldoende lang blijft nastromen na het onderbreken van de boog, dit om de warme wolframelektrode tegen verbranding door contact met zuurstof uit de atmosfeer te beschermen. Verbranding is duidelijk herkenbaar

als beschermgas gekozen worden uit argon, helium en een mengsel van argon en helium (zie Tabel 12). Bij het TIG-lassen met wisselstroom wordt hoofdzakelijk argon toegepast. Argon is tegenover helium relatief goedkoop, de boog ontsteekt gemakkelijk en door de hogere dichtheid geeft het een betere gasbescherming, en is minder gevoelig voor zijwind. Voor een goede laskwaliteit dient de zuiverheid van argongas tenminste

waarden volgens Tabel 11 dienen. Deze richtwaarden gelden voor argon. Een vuistregel hierbij is de hoeveelheid beschermgas in liter/minuut gelijk te houden met de binnendiameter van de gascup in mm.

### LASNAADVORMEN

De aanbevolen lasnaadvormen voor het booglassen van aluminium zijn vergelijkbaar met deze voor staal.

worden. Bij het gebruik van aardgas of propaan als voorwarmvlam kan vocht vrijkomen. Acetyleen met lucht geeft zeer weinig vocht. Een zone van ca. 75 mm breedte aan weerszijden van de las moet worden voorverwarmd. Er moet opgelet worden dat de voorwarmvlam de argonstroom niet verstoort als tijdens het lassen wordt bijgewarmd. Elektrisch voorwarmen, door gebruik van weerstandelementen, is ook mogelijk.

## OPSPANNEN, STELLEN EN HECHTEN

De combinatie van grote uitzetting, warmtegeleiding en relatief lage mechanische eigenschappen zal na het lassen van aluminium vervormingen veroorzaken die merkbaar groter zijn dan bij het lassen van staal in vergelijkbare situaties.

Om deze vervormingen zoveel mogelijk tegen te gaan, is het nodig om de te lassen onderdelen te

### HET AFSMELTENDE STAAFEIND VAN HET TOEVOEGMATERIAAL MOET STEEDS IN DE BESCHERMENDE GASATMOSFEER VAN DE BOOG BLIJVEN, OMDAT ANDERS OXIDATIE ONTSTAAT

hechten en/of op te spannen en bovendien de volgende aanwijzingen na te volgen:

- Zo snel mogelijk lassen.
- Opspannen van de te lassen delen in een lasmal met voldoende stijfheid.
- De delen voorspannen in een richting tegengesteld aan de te verwachten lasspanningen. Dit vraagt ervaring en productkennis.
- Bij het lassen van grote plaatvlakken met een plaatdikte van 3 mm en dunner aan een frame, altijd voorhechten met kleine hechtlassen. Altijd vanuit het midden naar alle richtingen uit werken.

<b>Argon (99,99%)</b>	- handmatig lassen met wisselstroom - handmatig lassen met gelijkstroom, elektrode positief - gemechaniseerd lassen met wisselstroom
<b>Helium (99,99%)</b>	uitsluitend gemechaniseerd lassen met gelijkstroom, elektrode negatief
<b>Argon 70% - helium 30%</b>	- gemechaniseerd lassen met wisselstroom voor een hogere lassnelheid - handmatig lassen met wisselstroom bij grotere materiaaldikten
<b>Helium 70% - argon 30%</b>	- gemechaniseerd lassen met gelijkstroom, elektrode negatief - gemechaniseerd lassen met gelijkstroom van grotere materiaaldikten - voor een hogere lassnelheid en/of minder poreusheid - handmatig lassen met wisselstroom bij grotere materiaaldikten
Argon-heliummengsels met toevoeging van ppm's N <sub>2</sub> resulteert in nog minder poreusheid	

**Tabel 12:** Overzicht voor het toepassen van beschermgassen voor het TIG- en MIG-lassen

Daarna hechtlassen aanbrengen van de gewenste lengte. Door de snelle afkoeling bij het hechten zijn deze scheurgevoelig. Om scheuren te voorkomen moeten de hechtlassen langer worden gekozen dan bij het lassen van staal. Bij warmscheurigevoelige materialen moet bij het TIG-hechten overmatig toevoegmateriaal worden gebruikt. Bij het hechten moet een verstandige hechtvolgorde worden aangehouden: eerst moeten de beide uiteinden worden gehecht en vervolgens zal men vanuit het midden naar de beide uiteinden toe werken. De hechtlassen moeten een lengte hebben van 30 tot 50 mm bij een onderlinge afstand van 100-

200 mm, een en ander in samenhang met de plaatdikte en stijfheid van de constructie. Gescheurde, te zware, of niet aangevloeide hechtlassen moeten vóór het overlappen worden verwijderd. Blijft een hechtlas onderdeel van de lasnaad vormen, dan dienen de lasstart en de kraters vóór het overlappen uitgeslepen of uitgefreesd te worden. (Wordt vervolgd)

Het project "Technologische Adviseerdienst Lastechnologie" wordt gesteund door IWT-Vlaanderen, het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en het Ministère de la Région Wallonne. □

**Tabel 13:** Typische lasnaadvormen voor het booglassen van aluminium.

LASNAAD-VORM	UITVOERING	VOOR-BEWERKING	PLAATDIKTE t	AFSCHINING α / β	VOOR-OPENING	OPSTAANDE KANT C
stompe naad	éénzijdig		0,6-3	0	0-2	-
stompe naad	éénzijdig op onderlegstrip		0,6-3	0	2-3	-
I-naad	tweezijdig		≤ 4	0	0-2	-
V-naad	éénzijdig		3-10	60°-90°	0-2	0-2
V-naad	tweezijdig		> 8	60°-90°	0-2	0-3
V-naad	éénzijdig op onderlegstrip			α = 15 β > 60	0-3	0
V-naad	tweezijdig			α = 15 β ≥ 60	0-2	2

## BIBLIOGRAFIE

- NIL "Laskennis opgefrist" Dit is een bewerking van "Job knowledge for Welders" uit TWI Connect door Co van der Goes, redactie lastechniek
- "Understanding Aluminium Alloys" Welding Journal, April 2002, pp. 77-80
- Aluminiumcentrum (Nederland) Het lassen van aluminium (I) Algemeen
- Het lassen van aluminium (III) TIG-lassen
- Het lassen van aluminium (III) MIG-lassen
- Het lassen van aluminium (IV) Weerstandslas
- "Fouten bij het lassen van aluminium en hoe ze te voorkomen" R. Vennekens, Lastijdschrift/Revue de la Soudure 3, pp. 4-13
- "Slimme constructie werkt kostenbesparend" H. Lammertz, H. Brantsma, EW, Aluminium 4/98 pp. 27-29
- "Combinatie van laser en plasmaboog" Lastechniek, november 1998, pp. 9-12
- "Lasmetallurgie der metalen buiten het ijzer" Prof. dr.ir. E. Wetinck, Laboratorium Non Ferro Metallurgie, RUG
- Welding Handbook Vol. 3, part 1, Materials and applications, 8th Ed., 1996
- American Welding Society, pp. 1-120
- Het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen" R. De Mulder (ESAB) - BIL Technologische Voordrachten
- "Het lassen van aluminium en aluminiumlegeringen" R. Vennekens, B. Verstraeten "BIL Workshops 2000"
- "Porositeit bij het lassen van aluminium - Technische Gegevens"
- EN 573-1: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 1: Numerical designation system
- EN 573-2: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 2: Chemical symbol based designation system
- EN 573-3: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 3: Chemical composition
- EN 573-4: Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 4: Forms of products.
- EN 515 - Aluminium and aluminium alloys - Wrought products - Temper Designations
- 14.TIG- en plasmalassen VM81 - Vereniging FME
- 15.Welding Handbook Vol. 2, Welding processes 8th Ed., 1991