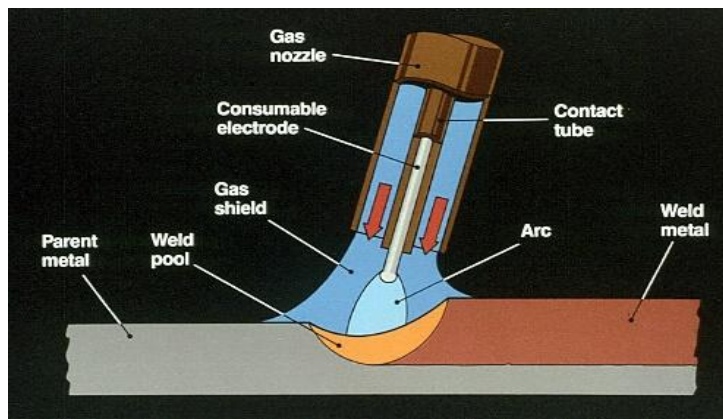


ONTDEKKINGSREIS MIG-LASSEN (GMAW) VAN ALUMINIUM
VOOR LASSERS EN ZIJ DIE MET LASSEN TE MAKEN HEBBEN.



Voorwoord.

Mijn eerste ervaring met lesgeven in de lastechniek deed ik op in 1985 bij het bedrijf MEKOG in IJmuiden, een chemisch bedrijf en dochteronderneming van Koninklijke Nederlandse Hoogovens en Staalfabrieken. Mij was gevraagd om collega's in het bedrijfslab te leren omgaan met TIG- en Microplasmalassen, zij hadden dat nodig om allerlei ingenieuze hulpmiddelen zelf te kunnen maken.

Zelf was ik daar werkzaam als 'foto'-lasser en had inmiddels mijn MLT-diploma behaald.

Mijn laswerkzaamheden betroffen het MIG-MAG-TIG-autogeen en BMBE- lassen van staal, laaggelegeerd staal, roestvast staal, nikkellegeringen, aluminium en koper. Overwegend leidingwerk maar deels ook constructie en alles gecertificeerd volgens Stoomwezen T0125/6G en/of EN 287-1.

In hetzelfde jaar werd ik gevraagd om lasles te geven op de avondschool van KNHS. In de eerste instantie betrof het praktijk en theorie en vanaf het 2e jaar uitsluitend lastheorie voor alle niveau's.

In 1987 werd ik opzichter van de lasserij van de Centrale Werkplaats van de KNHS en ben ik gaandeweg begonnen om mijn ervaringen met het lassen en lesgeven op papier vast te leggen.

Na nog wat omzwervingen in de lastechniek waar steeds weer opleidingen en ook probleemoplossingen een belangrijke rol speelde, werd ik in het jaar 2000 zelfstandig ondernemer en was mijn basis het lesgeven trainen en certificeren van lassers.

Het klantenbestand groeide gestaag en daarmee ook toenemend aantal bedrijven die aluminium verwerkten. De variatie in toepassingen van aluminiumsoorten, lasprocessen, lasnaadvormen, materiaaldiktes, constructievormen en eisen vormden een permanente uitdaging.

Ook werd ik blijvend geconfronteerd met steeds weer terugkerende problematieken die ik al had ervaren vanaf mijn MEKOG-tijd, zoals bijvoorbeeld de kenmerkende porositeit in de aluminium las, etc.

Interessant was ook dat overal in de wereld waar ik voor de lastechniek werkzaam ben geweest, dezelfde problemen spelen maar eveneens dezelfde oplossingen prima werken.

Uiteindelijk heeft het voortdurend vastleggen van alle ervaringen en probleemoplossingen geleid tot een levendig document, wat nog steeds wordt aangevuld met uitgewerkte oplossingen van ervaringen in het lassen van aluminium en MIG-lassen daarvan in het bijzonder.

Het MIG-lasproces is, gelet op de vlamboogtechnologie, complexer dan andere manuele lasprocessen.

Om aan de steeds toenemende kwaliteitseisen te voldoen, is een beter inzicht hebben van deze technologie voor de lasser een duidelijk voordeel. Het maken van de juiste keuzes op het bedieningspaneel en het accuraat corrigeren van niet geheel passende vlamboog is dan aanmerkelijk eenvoudiger.

Om de onderliggende deelprocessen te vereenvoudigen en beter begrijpbaar te maken wordt uitgebreider ingegaan op details dan gebruikelijk maar zonder de totale samenhang uit het oog te verliezen.

In het kader van een alles omvattend lesprogramma genaamd 'De ontdekkingsreis naar MIG-MAG-lassen', wat ik voor groepen verzorg, speelt deze gegevensbron dan ook een belangrijke rol.

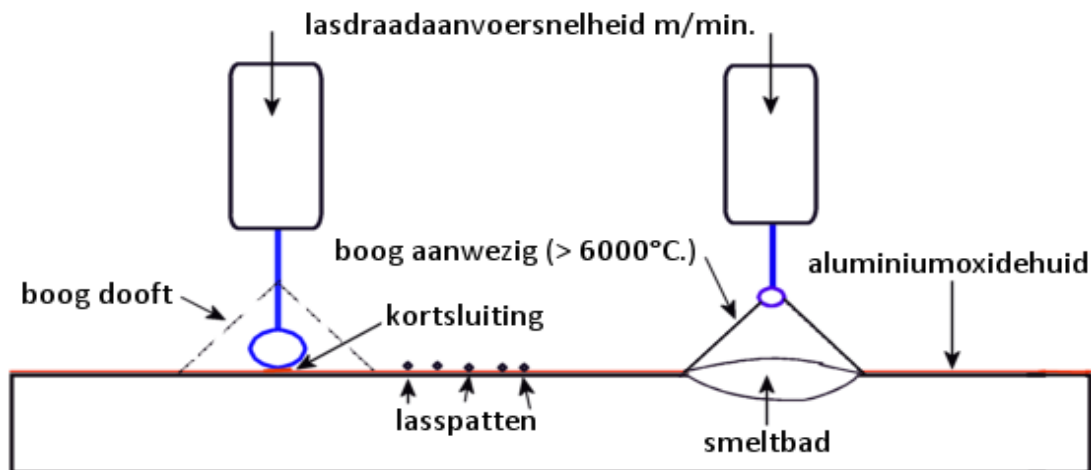
Veel lees- en leerplezier.

Kees Veeken.

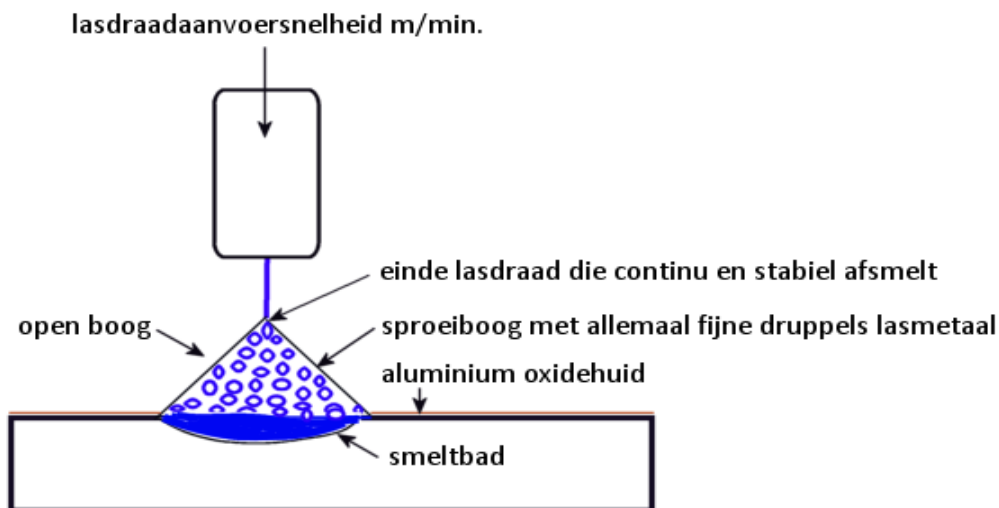
Het MIG-lassen (131) van aluminium.

- 1 MIG-lassen is het elektrisch booglassen onder een gasbescherming met een massieve draad:
 - Massieve draden zijn verkrijgbaar met verschillende metallurgische samenstellingen.
 - Het is mogelijk om in alle posities te lassen.
 - Massieve draden zijn verkrijgbaar in de diameters: Ø 1,0 - 1,2 - 1,6 - 2,4 mm.
- 2 Het beschermgas voor de vlamboog en smeltbad is altijd een inert gas. Meestal wordt argon gebruikt of een menggas van argon (Ar) met wat helium (He).
- 3 Elektrische stroom is het verplaatsen van grote hoeveelheden elektronen door een geleider (bijv. metaal). Elektrische spanning is de kracht die de elektronenstroom op gang houdt. Elektrische weerstand houdt de elektrische stroom tegen.
- 4 De stroomsterkte, gemeten in Ampères, bepaalt de afsmeltsnelheid van de lasdraad en de inbrandingsdiepte van het smeltbad.
De boogspanning, gemeten in Volts, bepaalt de lengte van de vlamboog en daarmee ook de spreiding.
De stroomsterkte vermenigvuldigd met de boogspanning geeft als uitkomst het boogvermogen in Watt.
De weerstand, gemeten in Ohms, bepaalt het stroomverlies in de vlamboog tijdens het lassen (bijv. losse aardklem, te dunne kabels etc.).
- 5 Voordelen van MIG-lassen:
 - de lasstroom wordt bij de contactbuis op de lasdraad overgedragen waardoor het stroomvoerende draaddeel klein is (± 20 mm) en daardoor met hoge stroomsterktes gelast kan worden, hoge neersmeltsnelheden zijn het resultaat.
 - het stroombereik is heel groot waardoor met een lage als zowel met een heel hoge stroom kan worden gelast.
 - het lassen in alle posities is mogelijk.
- 6 Nadelen van MIG-lassen:
 - Leren lassen met hoge stroom + hoge spanning = hoge draadsnelheid, vereist grotere inspanning en concentratie van de lasser.
 - De kans op bindingsfouten en poreusheid is groter waardoor training noodzakelijk is en talent en kennis van het lasproces zeer welkom zijn.
 - De onderschatting van o.a. lassers voor de kans op bindingsfouten waardoor met een te lage stroom- spanningsinstelling wordt gelast.
- 7 Aluminium heeft een smelttemperatuur van $\pm 650^{\circ}\text{C}$. Het bevat een oxidehuid aan het oppervlak die een smelttemperatuur heeft van $\pm 2050^{\circ}\text{C}$. De oxidehuid is alleen te verwijderen tijdens het lassen als de lasdraad op de + pool staat, wat bij MIG-lassen ook het geval is.
- 8 Aluminium is alleen verlasbaar met een open vlamboog. Dit betekent dat gedurende het lasproces de boog altijd blijft branden. Dit is mogelijk als wordt gelast met een sproeiboog of pulsboog.
- 9 Kortsluitbooglassen, lassen met laag vermogen waarbij de vlamboog telkens dooft, is in tegenstelling tot het MAG-lassen van staal, bij aluminium niet mogelijk.
Tijdens het boogdoven blijft de oxidehuid op het aluminium intact en verhindert het aanvloeiën.
Bij de kortsluitboog smelt de draad wel aan het het eind daar waar de vlamboog begint, maar de druppel valt er niet af.
Op het moment dat de druppel aan de lasdraad het oppervlak raakt dooft de vlamboog omdat er geen ruimte meer voor is en ontstaat er een elektrische kortsluiting waardoor de stroom omhoog schiet.
De druppel schiet daardoor met geweld los en plonst op het smeltbad, waardoor veel vloeibaar metaal opspat en het smeltbad moeilijk in de hand is te houden.
Het aantal boogdovingen bij het kortsluitbooglassen bedraagt 20- 200 per seconde en is met het blote oog niet waarneembaar. Als de boog dooft, stopt ook de boogwarmte ($> 6000^{\circ}\text{C}$.) en zal er nauwelijks nog inbranding zijn in het moeder materiaal.

10 Kortsluitboog.

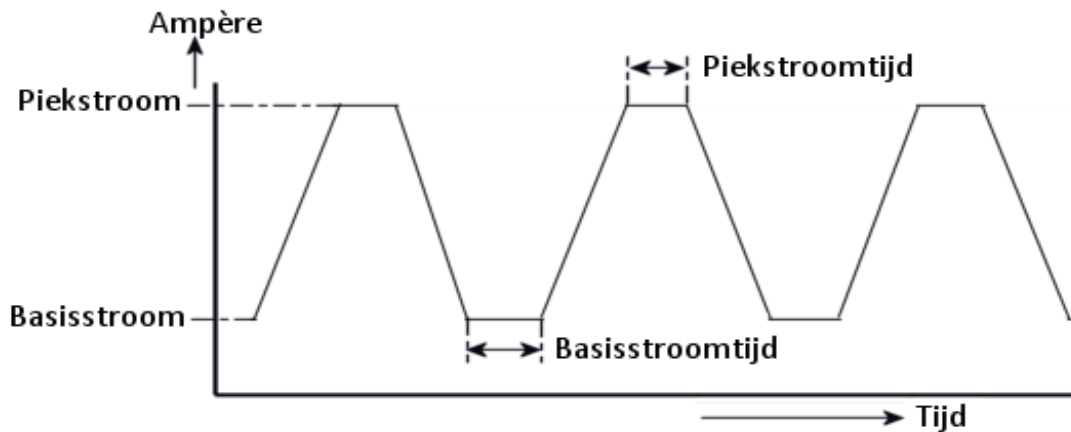


- 11 Bij de sproei-boog smelt de draad aan het eind waar de vlamboog begint in hele fijne druppels, welke door de vlamboog naar het werkstukoppervlak in het smeltbad geleid worden. Om toch met laag vermogen te kunnen lassen, wordt het pulsbooglassen toegepast, de boog blijft dan open en er treden geen kortsluitingen op. Ook de oxidehuid wordt blijvend verwijderd.



- 12 Het sproei- en pulsboog lassen, ofwel lassen met een open boog, biedt het beste en snelste resultaat. bij een oplopende stroomsterkte neemt ook de boogtemperatuur toe (kan tot $\pm 14.000^{\circ}\text{C}.$).
- 13 Voor het verticaal lassen is het noodzakelijk om de temperatuur van het smeltbad goed te beheersen. Het smeltbad wil snel uitzakken en omdat te voorkomen is het pulserend- of pulslassen mogelijk. Bij het pulslassen wordt de vlamboog verdeeld in een basisstroom die wordt afgewisseld met een puls- of piekstroom. De piekstroom verzorgt het afsmelten van de lasdraad en de inbranding terwijl de basisstroom de afkoelingsfase verzorgt zonder dat de boog dooft. De boog is zeer stabiel. Bij een stabiele pulsboog wordt per puls een druppel afgesmolten. De puls-frequentie kan oplopen tot ± 400 Hertz dus ± 400 druppels per seconde. Aluminium wordt vrijwel altijd gelast met een pulsboog.
- 14 Met een pulsboog is het eenvoudig mogelijk om met een dikkere lasdraad te lassen met relatief laag vermogen. Met een stroomsterkte van 135 Ampère + 21 Volt kan prima dunne plaat (2 mm) worden gelast met een lastoevoegdraaddiameter $\varnothing 1,6$ mm (Zie item 104).

15 Pulsstroomopbouw.



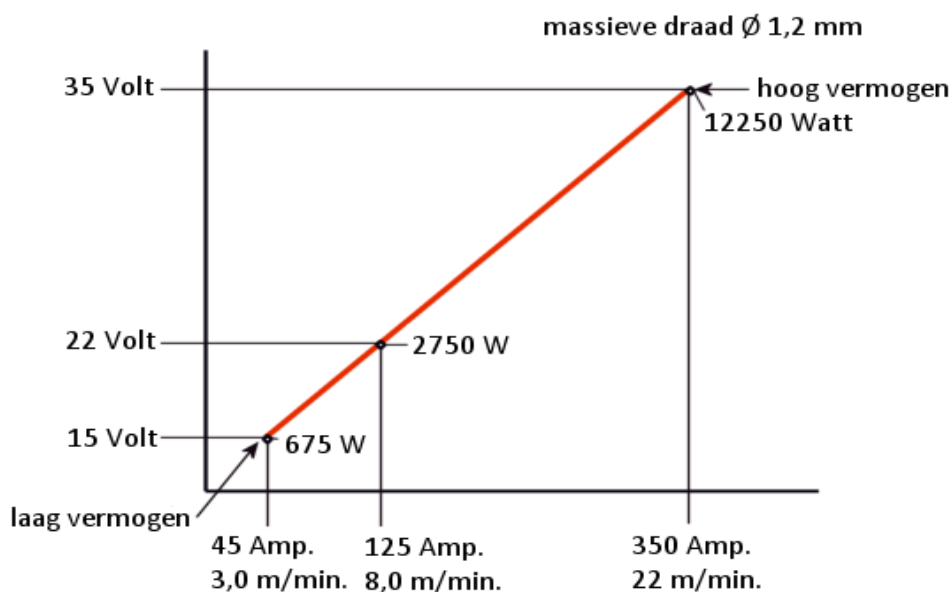
- 16 Als de draadaanvoersnelheid wordt verhoogd gaat ook de stroomsterkte omhoog, wordt er meer draad afgesmolten, dus meer druppels, dus moet ook de puls frequentie omhoog. Om het proces evenwichtig en stabiel te houden moet ook de boogspanning omhoog.
- 17 De waarden zoals draadsnelheid, stroomsterkte, boogspanning en puls frequentie noemen we lasparameters. Om het instellen van deze parameters te vereenvoudigen heeft men de stroombronnen een synergische besturing gegeven. Met één knop kunnen alle waarden tegelijkertijd worden gewijzigd.
- 18 Met synergie wordt samenwerken bedoeld. Daarbij zijn de knoppen voor alle parameters samengevoegd onder één knop. Voor het fijnregelen van de booglengte en de puls frequentie zijn dan nog wel twee extra knoppen aanwezig. Deze oplossing maakt het instellen voor het lassen een stuk eenvoudiger.
- 19 Als beschermgas voor de bescherming van het lasproces (de vlamboog en het smeltbad) tegen de inwerking van vooral zuurstof uit de lucht, wordt meestal argon gebruikt. Argon is een z.g.n. inert gas dat niet chemisch reageert met het vloeibare aluminium in de boog en het smeltbad. Het heeft een beschermende werking en zorgt er voor dat het vloeibare aluminium (en magnesium indien aanwezig) niet verbrandt. Door verbranding wordt de las grof en zwart en in het ergste geval een rokende zwarte ruïne. Argon ondersteunt zoals alle beschermgassen het ioniseren (stroomgeleidend maken) van de elektrische vlamboog.
- 20 Helium wordt ook gebruikt maar meestal vaak als toevoeging bij argon, we spreken dan over een menggas. Argon is aanmerkelijk goedkoper dan helium en altijd goed verkrijgbaar in tegenstelling tot helium. Helium verhoogt de boogspanning waardoor het vermogen toeneemt en daarmee de boogtemperatuur. Dit bevordert de inbrandingsdiepte van het smeltbad. De meest toegepaste menggassen zijn:
- 85 % Ar + 15% He
 - 70 % Ar + 30 % He
- 21 Het gasdebiet voor aluminium is groter dan voor staal. Helium is veel lichter dan lucht en vliegt direct omhoog als het uit het gasmondstuk naar buiten komt. Bruikbare vuistregel voor de gashoeveelheid argon is de gascupdiameter (mm) maal 1,5. Dit geeft dan de minimale hoeveelheid aan in liter/minuut. Voor argon-heliummengsels geldt dat altijd een hogere hoeveelheid moet worden genomen, afhankelijk van de mengverhouding. Puur helium ten opzichte van argon vraagt een ongeveer twee tot drie maal groter gasdebiet.
- 22 Een voordeel(tje) van een hoger gasdebiet (hogere dan de uitkomst bij de vuistregel) is o.a.:
- iets minder roetvorming op en naast de las (blaast het wat verder weg / spreiding).
 - bevordert het uitdampen van waterstof.
 - een lichte toename van de inbrandingsdiepte.

- 23 Aan de buitenkant van aluminium zit een oxydehuid, dit is een harde chemische verbinding van aluminium met zuurstof. De oxydehuid is poreus en kan waterstof bevatten, hoe dikker (ouder) de oxidehuid, des te meer waterstof het bevat. Waterstof (H) komt uit vocht/water (H₂O). Waterstof is de grootste veroorzaker van porositeit in een las in aluminium. (Zie item 84)
- 24 De oplosbaarheid van waterstof in het vloeibare aluminium tijdens het lassen is bijzonder groot, het smeltbad kan dus heel veel waterstof opnemen. De oplosbaarheid van waterstof in **vast** aluminium is, in tegenstelling tot staal, bijzonder klein (vrijwel nul) Tijdens het stollen van het smeltbad, wat door de goede warmtegeleidbaarheid van aluminium heel snel gaat, kan de waterstof niet meer ontwijken en zal invriezen in de las in de vorm van gasbelletjes wat wij porositeit noemen. (Zie item 84)
- 25 De oxydehuid wordt in de lasboog onschadelijk gemaakt doordat de elektrische stroom de oxiden losbreekt en wegslaat zodat ze niet in het smeltbad opmengen en zo de mechanische eigenschappen van de las negatief kunnen beïnvloeden. Waterstof uit de oxidehuid wordt in het smeltbad opgenomen. Het is dus nodig om de oxidehuid zo dun mogelijk te hebben alvorens je gaat lassen, dus slijpen.
- 26 Hoe bij voorkeur te lassen? Met zo hoog mogelijke stroom-spanningsinstelling snoerend lassen met zo hoog mogelijke voortloopsnelheid.
- 27 Tijdens de start met het MIG-lassen smelt meteen de lasdraad en is dan kortstondig te weinig energie beschikbaar om het werkstukmateriaal tot smelten te brengen. Het resultaat is dat het neergesmolten lasmateriaal niet samensmelt met het werkstukmateriaal en er een zogenaamde bindingsfout ontstaat. Een bindingsfout kan een aanleiding zijn tot een scheur in de las. Een uitwendige bindingsfout, ontstaan bij de start, kan met penetrant testing worden gedetecteerd.
- 28 Inwendige bindingsfouten zijn met röntgenonderzoek zelden te zien, alleen een breek-of buigproef biedt inzicht (maar dan is het vaak al te laat).
- Bij hoeklassen een heen en teruglopende beweging maken om op de startpositie alsnog een goede inbranding te realiseren
- Bij een stompe las starten voor de stop van de voorlaatste las en dit overtollig materiaal later wegslijpen.
- 29 Aan het einde van de las is het mogelijk om de stroomafbouwregeling te gebruiken om de eindkrater te vullen. De eindkrater is een holte met een slinkgaatje door het stollen van waaruit meestal een scheurtje ontstaat, een z.g.n. stolscheurtje. Voor de laskwaliteit is dat niet acceptabel en moet worden voorkomen.
- 30 Massieve draad en de bijbehorende gegevens voor spanning, stroom en draadaanvoersnelheid voor het synergisch pulsMIGlassen.

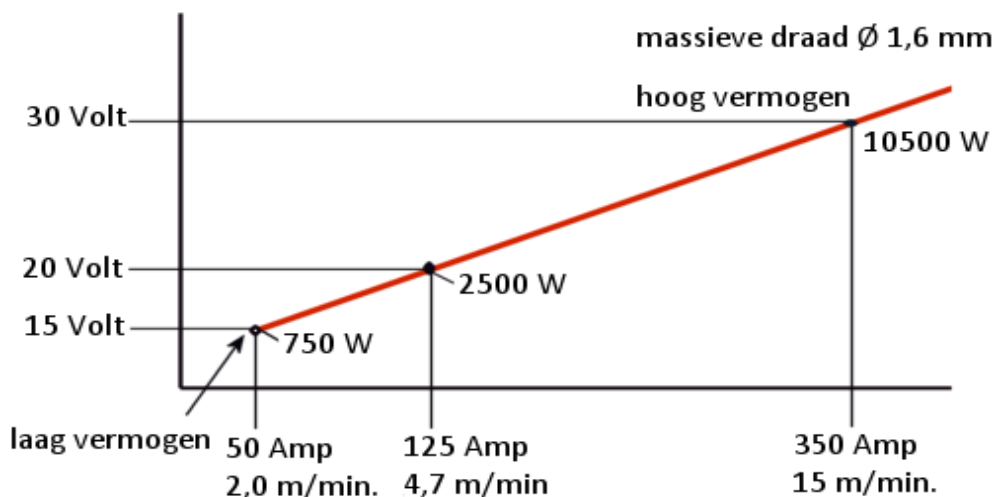
draaddiameter Ø mm.	spanningssterktegebied Volt		stroomsterkte gebied Ampère		draadaanvoersnelheidgebied meter / minuut	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1,2	15	35	45	350	3	20
1,6	15	30	50	450	2	15

- 31 Bij het MIG-lassen is de spanning laag (14 - 40 Volt) om veilig te kunnen werken en de stroom hoog (45 - 350 Ampère) om goed te smelten (lassen).
- 32 Het boogvermogen wordt gemeten in de eenheid Watt en is een product van stroom x spanning oftewel Ampère x Volt.
- 33 Bij een laag vermogen wordt een lage spanning + lage stroom + lage draadaanvoersnelheid ingesteld
- 34 Bij een hoog vermogen wordt een hoge spanning + hoge stroom + hoge draadaanvoersnelheid ingesteld.

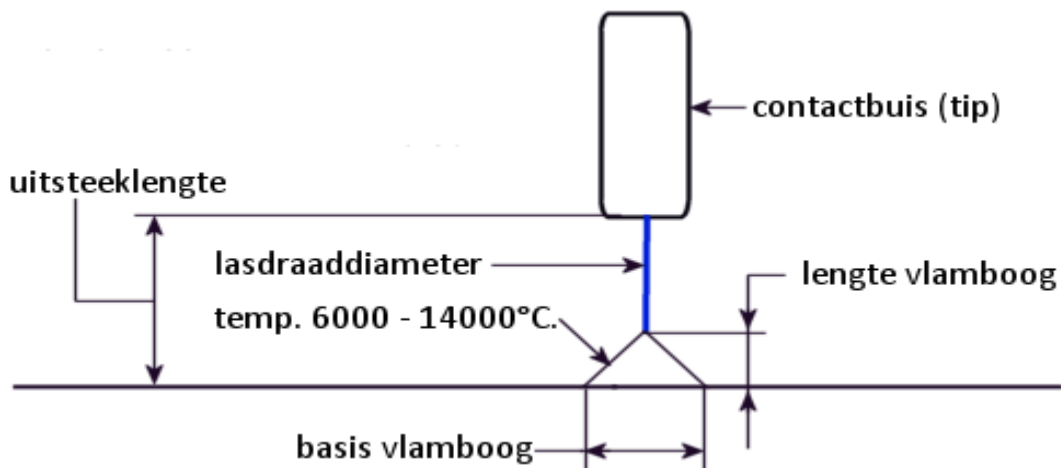
- 35 Een laag vermogen ($\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampère}$) wordt gebruikt voor het lassen in moeilijker posities zoals PF en PE.
- 36 Een hoog vermogen ($\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampère}$) wordt gebruikt voor het vullen van naden en hoeklassen in posities PA - PB - (PC).
- 37 De kritische stroomsterkte in Ampère voor het overgaan van een kortsluitboog naar een sproeiboog is 125 Ampère + 19 Volt voor een $\varnothing 1,2$ mm. lasdraad en 160 Ampère voor een $\varnothing 1,6$ mm. lasdraad. Het kortsluitbooglassen is met aluminium niet mogelijk omdat de oxidehuid niet voldoende wordt verwijderd tijdens de kortsluitmomenten, waardoor er geen samensmelting plaats vindt tussen het las- en moedermateriaal.
- 38 Synergische stroombronnen hebben vaak extra hulpmiddelen om het instellen te vergemakkelijken, zoals een knop waarmee de te lassen materiaaldikte kan worden ingesteld. Automatisch wordt dan de juiste keuze gemaakt voor draadsnelheid, stroom, spanning en puls-frequentie. Let op: dit is alleen geschikt voor de lasposities PA-PB.
- 39 Vermogen (Watt) laag en hoog volgens de **stroom-spanningsgrafiek voor $\varnothing 1,2$ mm.** lasdraad. PulsMIG.



- 40 Vermogen (Watt) laag en hoog volgens de **stroom-spanningsgrafiek voor $\varnothing 1,6$ mm.** lasdraad. PulsMIG.

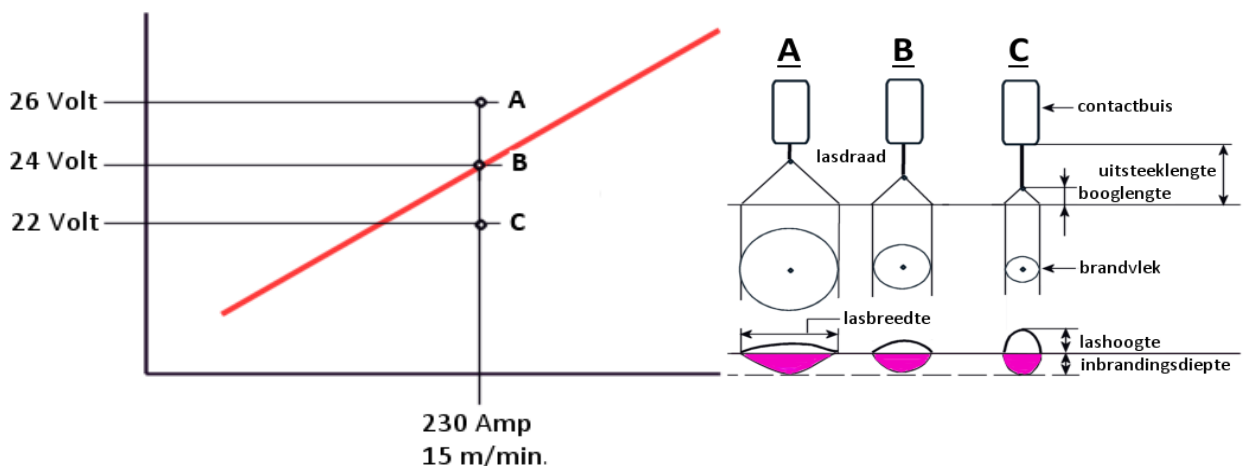


- 41 Wat opvalt is dat bij de dikkere $\text{Ø } 1,6$ lasdraad de boogspanning en draadaanvoersnelheid lager zijn. Omdat de lasdraad dikker is geleid deze makkelijker stroom en is er minder elektrische spanning nodig om de elektrische stroom door de lasdraad te voeren. De stroomsterkte is bepalend voor de afsmeltsnelheid van de lasdraad. Bij een stroomsterkte van 125 Ampère wordt bij de $\text{Ø } 1,2$ en de $\text{Ø } 1,6$ lasdraad hetzelfde volume aan lasmateriaal afgesmolten. Bij een lager boogvermogen ($2750 \text{ W} - 2500 \text{ W} = 250 \text{ W}$) is zo aantoonbaar dat het lassen met een dikkere lasdraad economischer is.
- 41 Tijdens het manueel (handmatig) MIG-lassen varieert de uitsteeklengte van de lasdraad. Als de lasdraad meer uitsteekt zal door deze lengtetoeename ook de elektrische weerstand in de draad toenemen. Hierdoor verlaagt de elektrische stroom en daarmee de inbrandingsdiepte. Als de lasdraad minder uitsteekt zal door deze lengteafname ook de elektrische weerstand in de draad afnemen. Hierdoor verhoogt de elektrische stroom en daarmee de inbrandingsdiepte.
- 43 Benamingen van de onderdelen van het MIG-lasproces bij de vlamboog:



- 44 De lengte van de vlamboog en daarmee ook de basis, is afhankelijk van de boogspanning. Een **grotere** boogspanning t.o.v. de stroomsterkte veroorzaakt een **grotere** vlambooglengte waardoor een **grotere** vlamboogbasis en daardoor een **bredere** en **plattere** las. Een **kleinere** boogspanning t.o.v. de stroomsterkte veroorzaakt een **kleinere** vlambooglengte waardoor een **kleinere** vlamboogbasis en daardoor een **smallere** en **hogere** las.

45



De inbrandingsdiepte blijft constant door behoud van gelijke stroomsterkten!

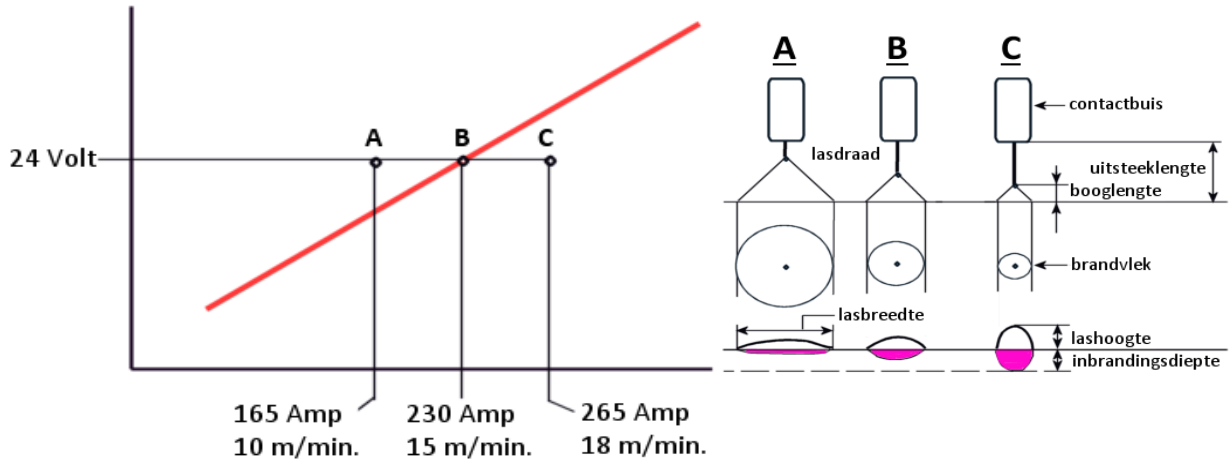
Bovenstaande vlambooglengteregeling door aanpassen boogspanning (Volt).

Bij een gelijkblijvende stroomsterkteinstelling verandert de booglengte mee met de aanpassingen op de boogspanning vanuit **B** naar **A** of **C**.

Door de gelijkblijvende stroomsterkte (230 Amp) zijn de inbrandingsdieptes gelijk, evenals de lasvolumes.

Deze meest toegepaste vlambooglengteregeling wordt in dit boekje toegepast voor de theoretische uitleg van het MIG lasproces.

- 46 Vlambooglengteregeling met aanpassing van de draadaanvoersnelheid en daarmee de stroomsterkte.



Bovenstaande vlambooglengteregeling door aanpassen draadaanvoersnelheid (m/min. en Ampère).

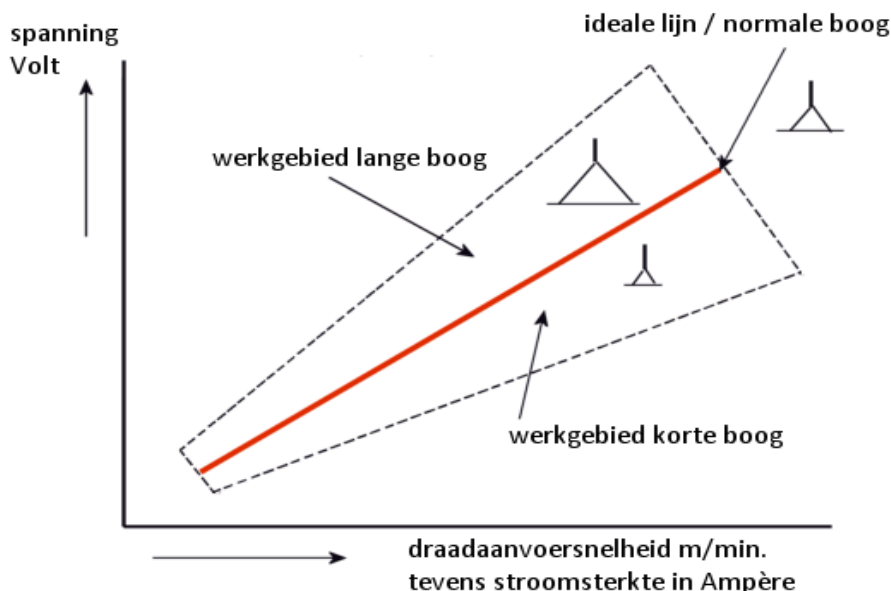
Let op: 1 Inbrandingsdiepteverschillen door stroomsterkteverschillen!

2 Lasvolumeverschillen door de verschillende draadaanvoersnelheden!

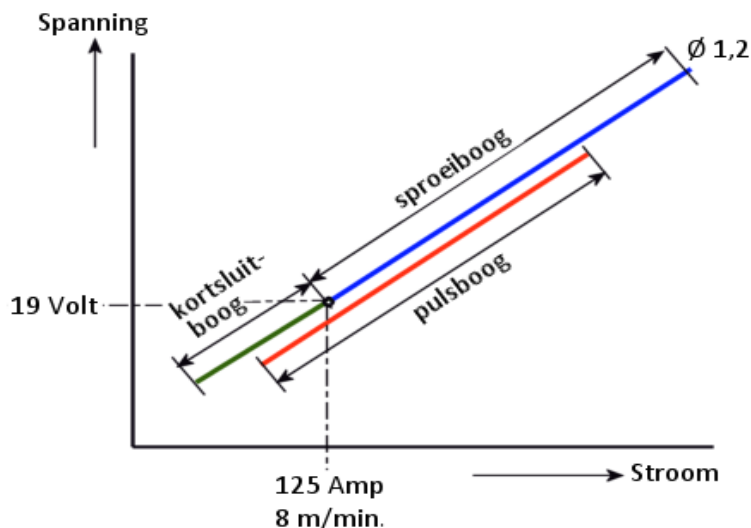
Deze regeling veroorzaakt meerdere afwijkingen waarmee goed rekening moet worden gehouden!

- 47 **Tijdens het lassen in de praktijk zal de lasbreedte $\pm 4x$ groter zijn dan de breedte van de werkelijke vlamboog. In de laspraktijk zullen de hier vereenvoudigd getekende schetsen door de lasser worden herkend in de manier waarop de vlamboog reageert en las uiteindelijk zijn vorm heeft gekregen. De schetsen zijn feitelijk een benadering en uitvergroting van de realiteit die de lasser ervaart. Een normale booglengte bij het pulserend lassen heeft een lengte van ± 5 mm. In dit boekje wordt de werkelijkheid dus uitvergroot om de werking van het lasproces inzichtelijk te maken.**

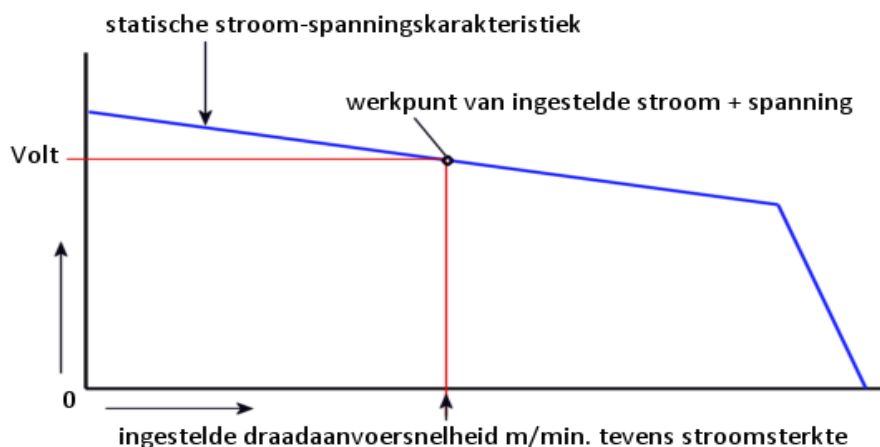
- 48 Werkgebied van stroom + spanning rond de ideale (rode) lijn.



- 49 Voor het MIG-lassen wordt gebruik gemaakt van gelijkstroom (DC). Hierbij is de lastoorts of laspistool gekoppeld aan de +pool en de aardklem aan de -pool.
- 50 De aardklem moet goed vastzitten op schoon metaal en mag niet warm worden omdat het lassen met laag vermogen sterk wordt bemoeilijkt door de hogere elektrische weerstand, waardoor het lasproces onstabiel wordt, de stroomsterkte afneemt en daarmee de inbrandingsdiepte.
- 51 Bij een sproeihoog is het vermogen groot genoeg om de lasdraad, die met een vast ingestelde aanvoersnelheid blijft komen, direct en blijvend af te smelten.
- 52 De grens tussen laag en hoog vermogen ligt rond de 19 Volt met 125 Ampère (± 2375 Watt).



- 53 Het pulslasgebied overlapt een deel van het kortsluitbooggebied en het sproeihooggebied. Als het boogvermogen sterk wordt opgevoerd gaat het pulslasgebied automatisch over in het sproeihooglassen. Ook om met een lager vermogen in dun materiaal toch een acceptabele las te maken is een pulsboog de enige oplossing. Voor het gemechaniseerd en gerobotiseerd lassen wordt altijd een pulsboog toegepast omdat het lasproces hiermee stabiel is en daarom beter te beheersen.
- 54 Statische stroom-spanningskarakteristiek.
- a. De stroom-spanningskarakteristiek is de basis voor de stroombron om met de gegeven instellingswaarden door de lasser een constante booglengte te handhaven bij een vaste draadaanvoersnelheid met een bijbehorende stroomsterkte. Alle veranderingen van stroom en spanning volgens tijdens de stabilisatieperiode de blauwe karakteristieklijn. De blauwe lijn fungeert als een rails waarover de waarden naar links en rechts verschuiven.

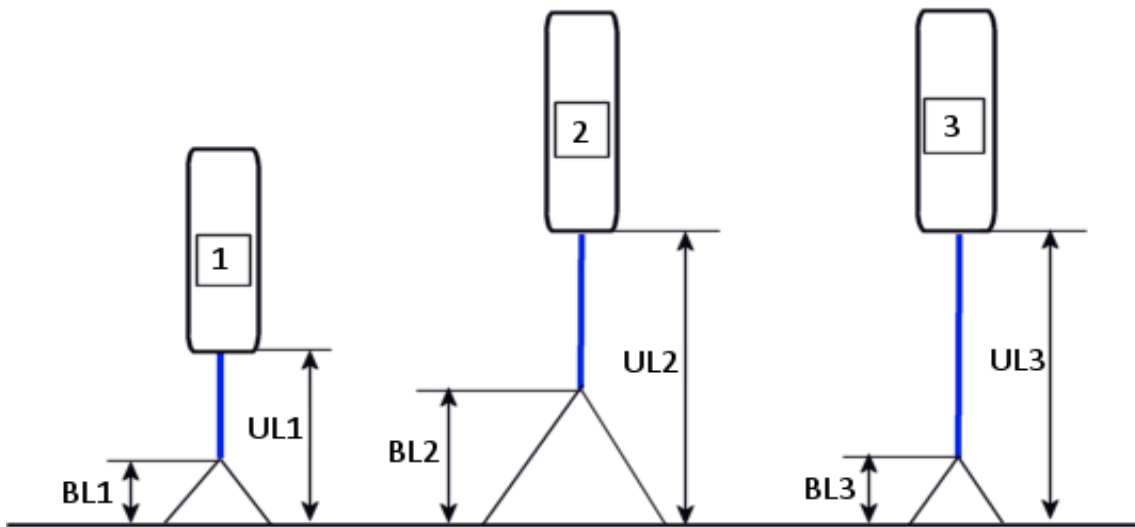


b. De zelfregelende booglengte:

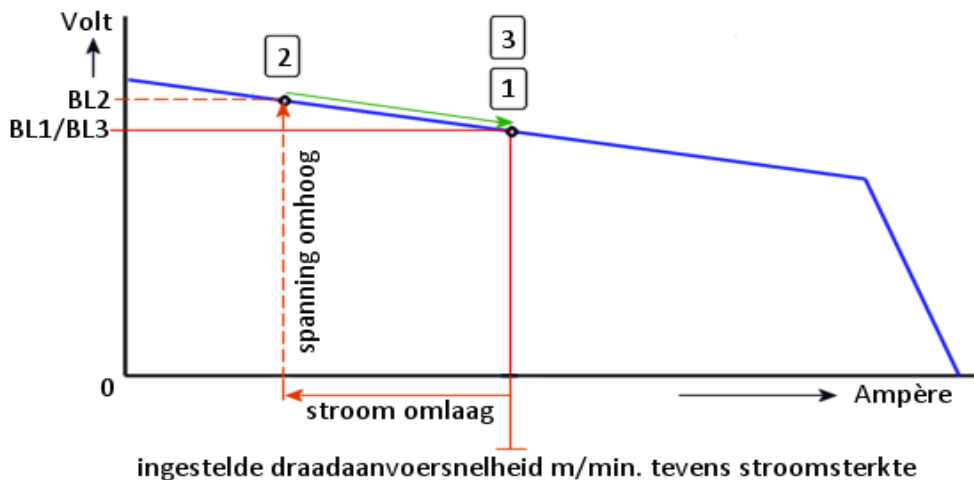
Bij een vaste en constante draadaanvoersnelheid zal bij vergroting van de uitsteeklengte de boog langer worden (2). Hierdoor stijgt de boogspanning in Volts en zal de stroomsterkte afnemen in ampère's. De lasdraad zal hierdoor minder snel afsmelten waardoor de booglengte afneemt en kleiner wordt. De boogspanning zal daardoor afnemen terwijl de stroomsterkte dan toeneemt en de lasdraad meer gaat afsmelten totdat de stroom en spanning stabiliseren op het ingestelde werkpunt. De booglengte is dan weer terug op de ingestelde lengte (3)

- 1 Positie 1 met uitsteeklengte UL1 en booglengte BL1
- 2 Positie 2 met uitsteeklengte UL2 en booglengte BL2
- 3 Positie 3 met uitsteeklengte UL3 en booglengte BL3

Boogstabilisering bij vergroten uitsteeklengte (BL1 = BL3)

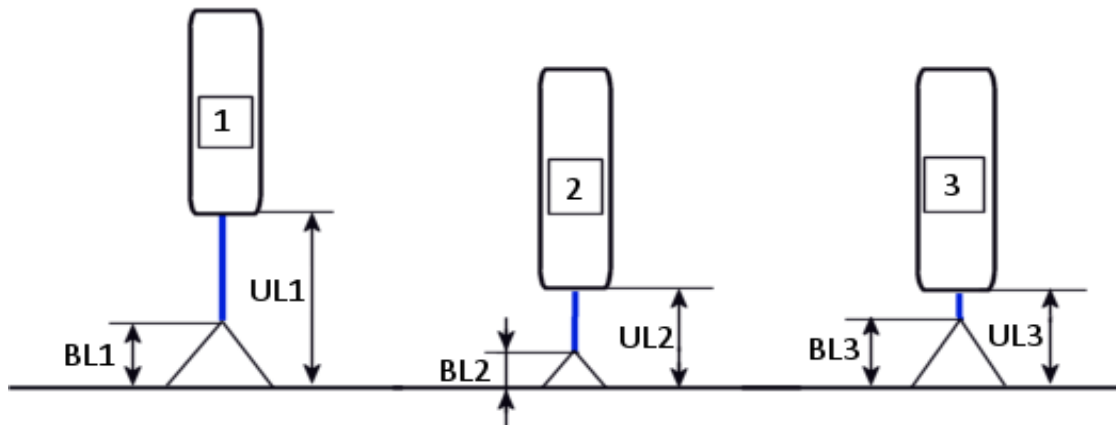


Vergroten uitsteeklengte (UL2) waardoor boog langer (BL2) daarna stabiliseren via de groene lijn tot BL3.

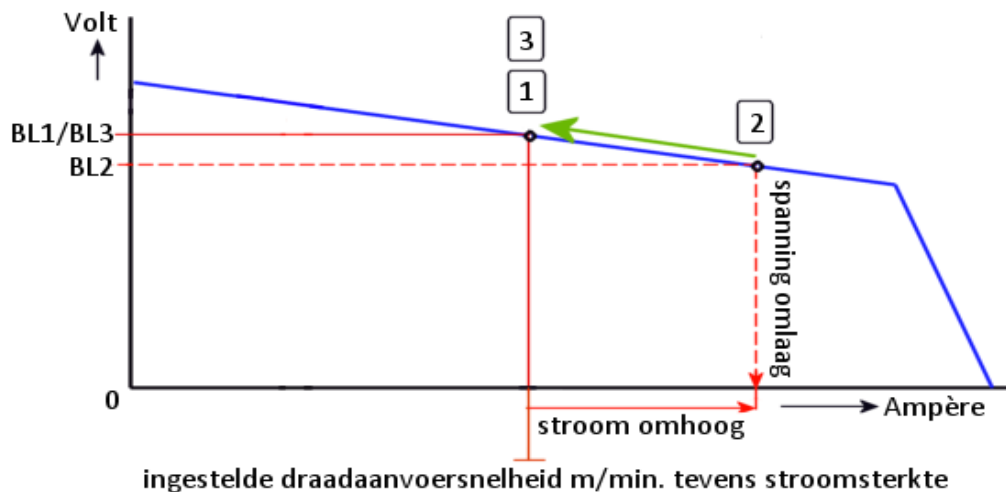


- c. Bij het verkleinen van de uitsteeklengte gebeurt het omgekeerde en zal in de eerste instantie de booglengte kleiner worden, de spanning verlagen en de stroomsterkte verhogen waardoor de afsmeltsnelheid toeneemt en de booglengte weer groter wordt. Hierdoor verhoogt de boogspanning en verlaagt de stroomsterkte, de draad smelt minder af, waarna de boog weer stabiliseert op het ingestelde werkpunt.

Boogstabilisering bij verkleinen uitsteeklengte (BL1 = BL3)

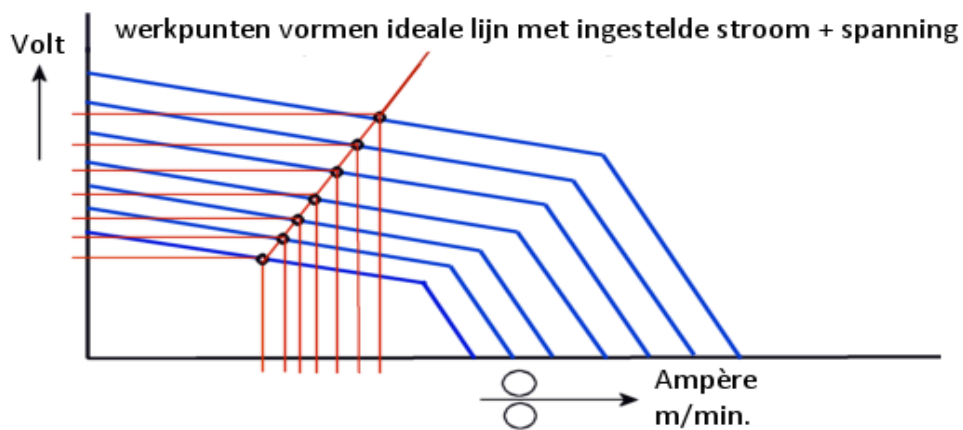
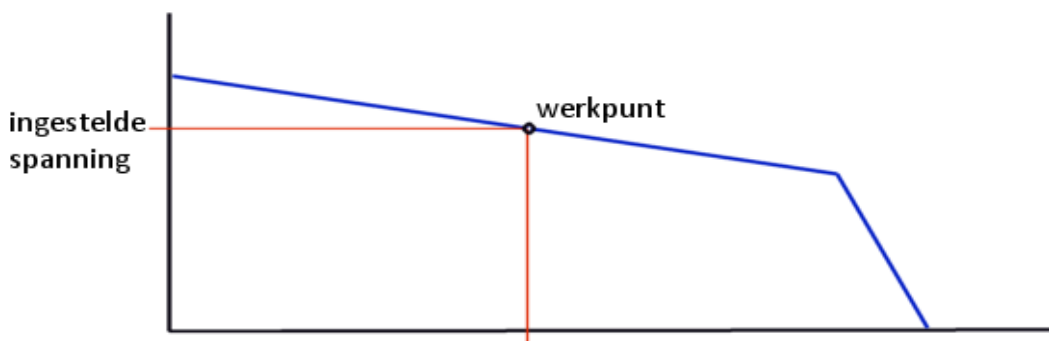
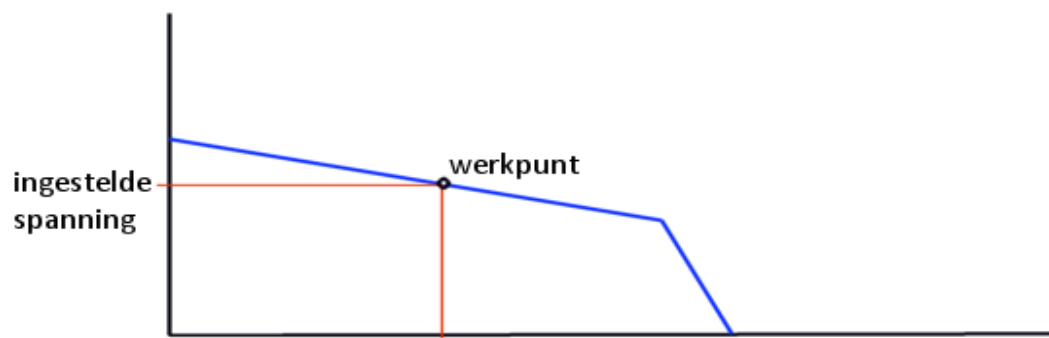
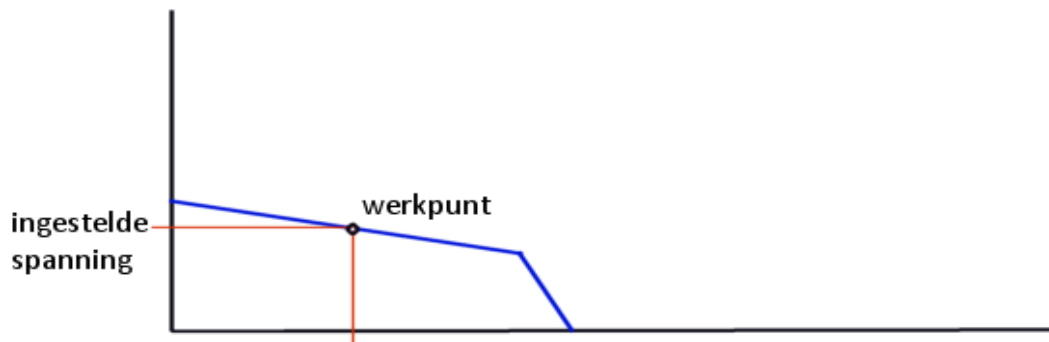


Verkleinen uitsteeklengte (UL2) waardoor boog korter (BL2) daarna stabiliseren via de groene lijn tot BL3.



- d. Het zelfregelende boogmechanisme van een stabiele MIG-MAG-stroombron reageert razend snel, in millisecondes, wat voor het oog niet is te zien. Het voordeel daarvan is dat de ingestelde waarden voor stroom en spanning en daarmee het boogvermogen, stabiel blijft. De lasser ervaart dat ook en kan er op vertrouwen dat hij het smeltbad beheerst.
- 55 Telkens als een nieuwe spanningsinstelling (Volt) wordt gekozen wordt een nieuwe statische stroomspanningskarakteristiek geplaatst. Met een toenemende spanningsinstelling wordt de karakteristiek steeds groter. Voor de draadsnelheid ontstaat daarna een nieuw werkpunt op de karakteristiek. Als met oplopend vermogen deze werkpunten worden doorverbonden ontstaat de ideale lijn. Voor iedere draadsoort, diameter en gascombinatie zullen de werkpunten onderling verschillen en zal er steeds een andere ideale lijn nodig zijn. In een synergische MIG-MAG-lasmachine zijn deze ideale lijnen voorgeprogrammeerd en kan de lasser een keuze maken. De processor ontvangt de benodigde ideale lijn uit de bibliotheek en de lasser hoeft daarna alleen nog de draadsnelheid in te stellen en de booglengte naar eigen eigen smaak.

56 Opbouw van de ideale lijn middels werkpunten vanuit de statische stroom-spanningskarakteristiek

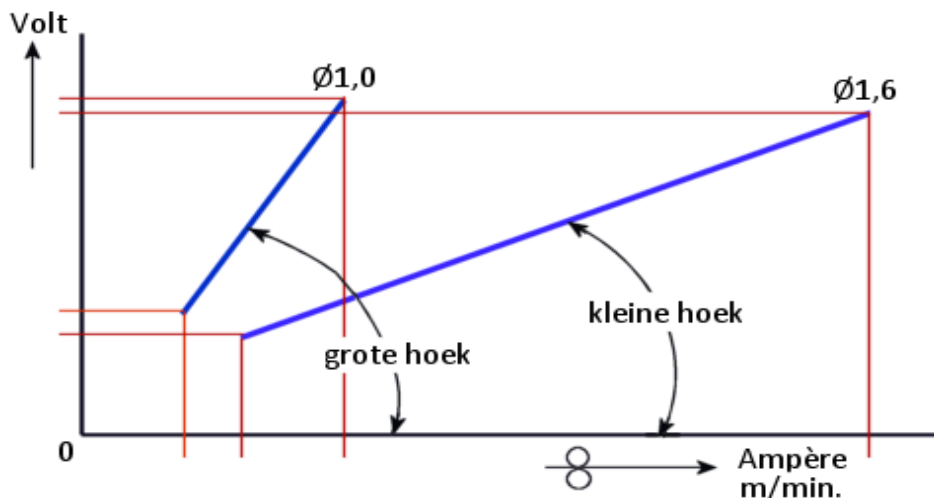


Ieder ingesteld werkpunt heeft zijn eigen stroom-spanningskarakteristiek. Bij oplopend elektrisch vermogen groeit de karakteristiek.

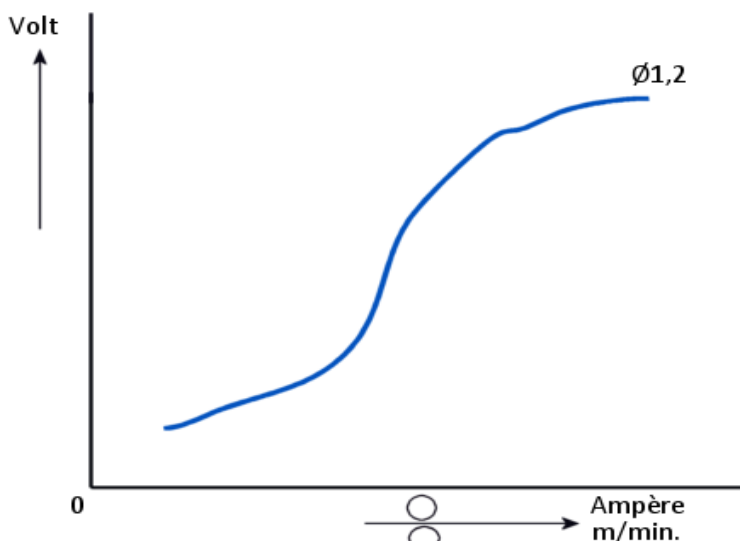
- 57 De ideale lijn is afhankelijk van:
1. de draadsoort (metaaltype en samenstelling)
 2. de draaddiameter
 3. de gebruikte beschermgassoort
- 58 De instelling van de ideale lijn op de lasmachine begint met het intoetsen van de bovengenoemde gegevens op het machinedisplay. Hiermee wordt dan het programma voor de ideale lijn uit het geheugen opgenomen en in de processor geactiveerd. Met de synergieknop kan dan het juiste vermogen worden gezocht om te gaan lassen. De processor regelt dan gelijktijdig alle parameters.

Een synergische lasstroombron heeft altijd een extra regelknop om de booglengte te aanpassen. Hiermee wordt de boogspanning ingesteld naar de behoefte van de lasser. Een hogere boogspanning (Volt) geeft een langere boog en een lagere boogspanning een kortere boog. Door een hierbij optredende verandering van de elektrische weerstand bij een veranderde booglengte zal ook de stroomsterkte enigszins mee veranderen maar dat is bij aluminium te verwaarlozen.

- 59 De lengte van de ideale lijn is afhankelijk van het vermogen dat minimaal- en maximaal benodigd is om de draad stabiel te kunnen verlassen.

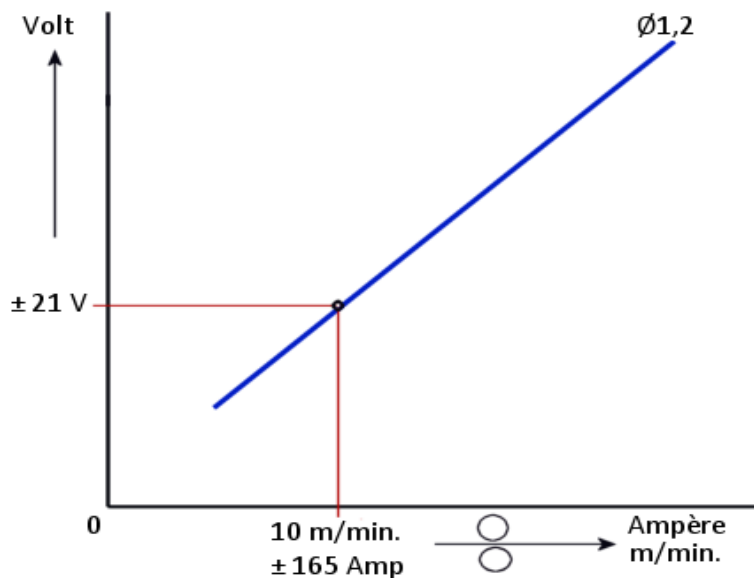
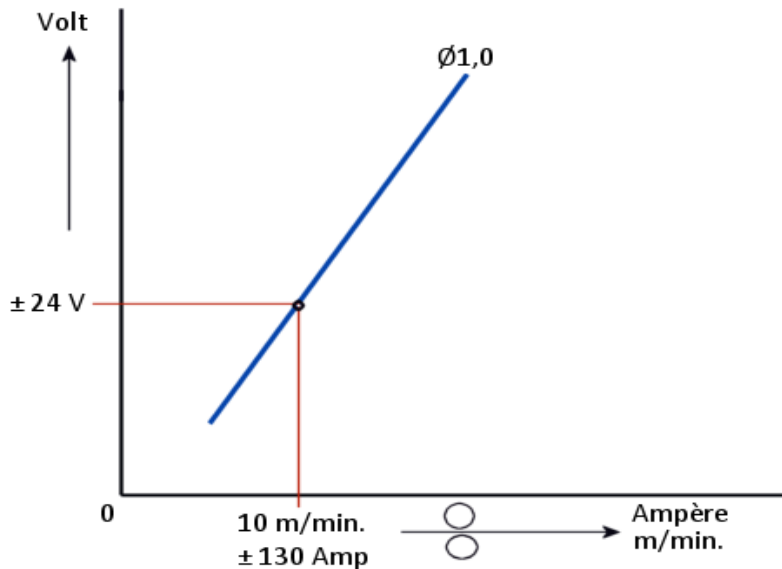


- 60 de ideale lijn ligt onder een bepaalde hoek in de statische stroom-spanningskarakteristiek die sterk afhankelijk is van de elektrische weerstand van de draad. Een dunne draad heeft een hogere weerstand (Ohm) en dus een grote hoek en een dikke draad een lagere weerstand en dus een kleinere hoek.



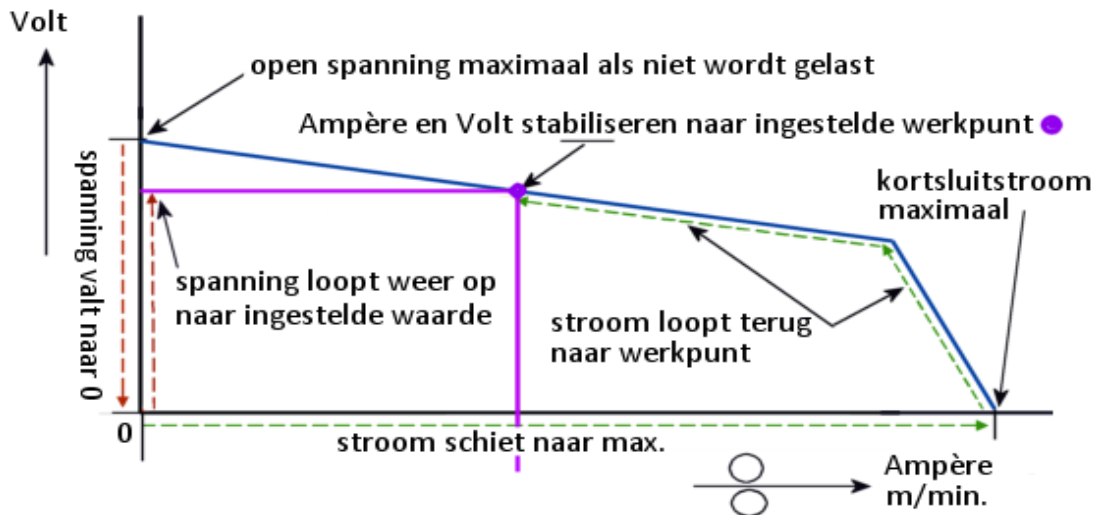
De ideale lijn loopt in de praktijk nooit kaarsrecht maar is altijd grillig van vorm. De meest voorkomende vorm is hiernaast getekend.

- 61 De draadaanvoersnelheid - stroomsterkte combinatie is voor iedere lasdraaddiameter anders. Een dunnere draad b.v. $\varnothing 1,0$ mm. geeft bij 10 m/min. een stroomsterkte van ± 130 Amp (puls) terwijl een $\varnothing 1,2$ draad bij 10 m/min. een stroomsterkte geeft van ± 165 Amp (puls).

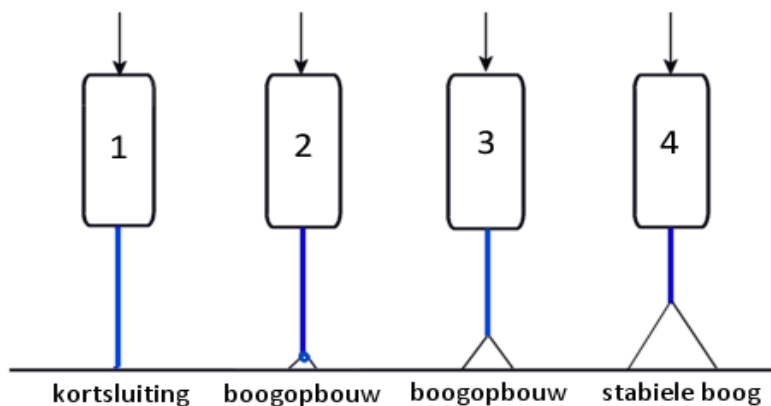


- 62 Startvolgorde bij het MIG-lassen:
1. Het proces begint met het definiëren van het werkpunt door het instellen van de draadaanvoersnelheid
 2. Bij het starten van de boog maakt de lasdraad kortsluiting op het moment dat deze het werkstukmateriaaloppervlak aanraakt.
 3. De stroomsterkte schiet van nul Amp. naar maximaal, zover de ingestelde statische stroom-spannings grafiek dat toelaat.
 4. De open spanning zakt op dat zelfde moment richting nullijn.
 5. Door de hoge stroomsterkte begint de draad te smelten en ontstaat er een lasboog.
 6. Met het stijgen van de booglengte neemt ook de boogspanning toe in Volt en zal de stroomsterkte volgens de lijn van de ingestelde stroom- spanningskarakteristiek teruglopen, totdat de ingestelde waarde die behoort bij de draadaanvoersnelheid in m/min en de boogspanning in Volt, is bereikt.
 7. Het mechanisme van de zelfregelende boog in de statische stroom- spanningskarakteristiek houdt de booglengte daarna constant.

b. Startvolgorde bij het MIG-lassen grafisch weergegeven:



c. draadaanvoersnelheid m/min volgens ingestelde werkpunt

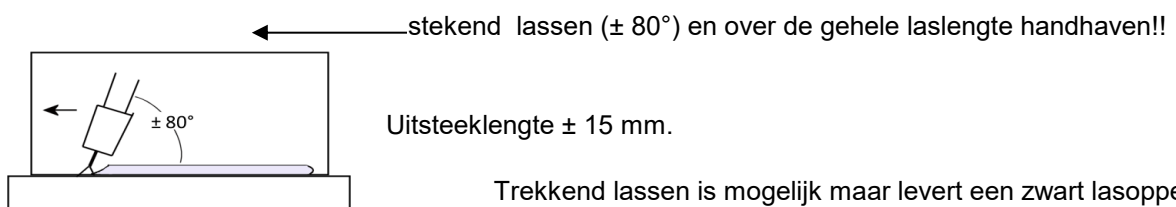


1. Spanning 0 en stroom max.
2. Stroom loopt terug en spanning loopt op.
3. Stroom loopt terug en spanning loopt op.
4. stroom en spanning stabiliseren op ingestelde werkpunt.

63 Aluminium lasdraad is in vergelijking tot staal veel zachter en dus sneller indrukbaar. Als de aandrukkracht van de draaandrijfrollen te hoog is zal de draad vervormen en breken ook kleine spanen uit het oppervlak. Hierdoor zal de kunststof draadgeleider verstopen en de draaddoorvoer belemmeren. De draadaanvoersnelheid wordt onregelmatig en de draad kan uiteindelijk vastsmelten in de contactbuis.

64 De kunststof draadgeleider in het slangenpakket goed onderhouden en schoonblazen met droge perslucht als een nieuwe draadspoel wordt ingezet.

65 Aluminium wordt normaliter stekend gelast, zie voorbeeld:



Trekkend lassen is mogelijk maar levert een zwart lasoppervlak op. Dat kan worden verwijderd met een rvs borstel.

- 66 Trekkend lassen is een aanbeveling als de grondlaag moet worden gelast op keramiek in de posities PA-PC-PE. Laat je niet afschrikken door de zwarte kleur of indianenverhalen van passanten, het is las-technisch en materiaalkundig een prima oplossing.
- 67 Het lassen van kneedlegeringen (5000 serie) en veredelbare legeringen (6000 serie) vereist een lage warmte-inbreng (Heat-Input) om achteruitgang van de sterkte in de overgangszone van de las zo klein mogelijk te houden. Om te voorkomen dat de las te heet wordt, om de aanwezige waterstof te minimaliseren en de oxidehuid zo dun mogelijk te maken, is de volgende volgorde aan te bevelen voor het lassen in meer lagen:
1. De lasnaadkanten frezen of slijpen/schuren en samenstellen-hechten.
 2. Met zo hoog mogelijke stroom + bijbehorende spanning lassen (wordt vooral bepaald door de kunde van de lasser) d.m.v. snoerend lassen (dus niet zwaaien). Snoerbreedte maximaal 12 mm.
 3. De las laten afkoelen tot $\leq 50^{\circ}\text{C}$ en dan borstelen met een schone rvs borstel* en daarna het volgende snoer lassen. * Bij voorkeur een roterende rvs borstel.
 4. Dit herhalen tot de lasnaad gereed is.
- 68 Alvorens een kwalificatielas of een productielas te maken, verdient het aanbeveling om de luchtvochtigheid in de lasomgeving te controleren om porositeit in de las te voorkomen. Porositeit in de las kan leiden tot afkeuring van de las. Porositeit ontstaat o.a. door waterstof in vochtige lucht, dat door de argonbescherming van de vlamboog dringt en in het smeltbad komt. Tijdens het stollen van het smeltbad kan het niet meer ontwijken en vormt holtes (porositeit) waarin het zich heeft verzameld. **Boven de 75% luchtvochtigheid, niet meer lassen!** Het meest veilig is een werkomgeving met een permanente (24/7) luchtvochtigheid van $\pm 40\%$. Met een hygrometer kan het luchtvochtigheidspercentage worden gemeten. Een tweede oorzaak van porositeit in de las is vocht wat vanuit de lucht in het slangenpakket de gaslang binnendringt en zich daar blijvend nestelt. **Voor uitgebreide informatie over porositeit lees item 84 in dit blad!**
- Het is belangrijk dat ook de lasmachine 24/7 in de luchtdroge omgeving blijft staan. Als de lasmachine van een andere plaats komt, waar de luchtvochtigheid te hoog is geweest, dan is vocht in de toorts en slangenpakket gedrongen. Dit laat zich pas na (soms langdurig) spoelen met beschermgas verwijderen.
- 69 Het is een fabeltje dat poreusheid in de las kan worden voorkomen door voorwarmen, dat is een verkeerde voorstelling van zaken. De lasnaad drogen met warmte alvorens te lassen is wel aan te bevelen.
- 70 Het maken van kleine lassen in dunne plaat gaat het mooist door de voortgaande lasbeweging niet eenparig maar met korte tempoversnellingen uit te voeren, dit levert een enigszins hol lasje op. Verhoog eerst de normale boogspanning, gebruikelijk voor een eenparige snelheid, met 1 tot 1,5 Volt. Maak dan telkens een kleine versnelde beweging naar voren gevolgd door een korte stop. Aan het knetterende geluid is dan te horen dat de volgende korte tempoversnelling moet volgen. Het principe is dat de langere boog een bredere basis aansmelt, die daarna volloopt tijdens de korte stop in de voortgaande beweging. Tijdens de stap voorwaarts is een zoemend geluid hoorbaar, dat is het moment dat de boog diep inbrandt. Er ontstaat zo een goed aangevloeide kleine las met een mooi stolpatroon (visgraat). Deze stap-lasmethode is goed bruikbaar in alle lasposities en materiaaldiktes.

71



Voorbeelden van stap-lassen

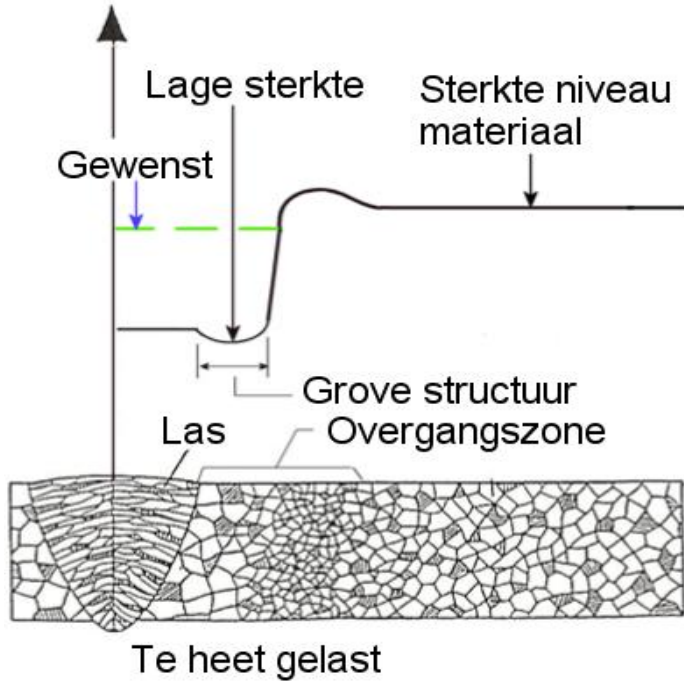


Lineair lassen zonder stapbeweging is natuurlijk technisch ook even zo goed!

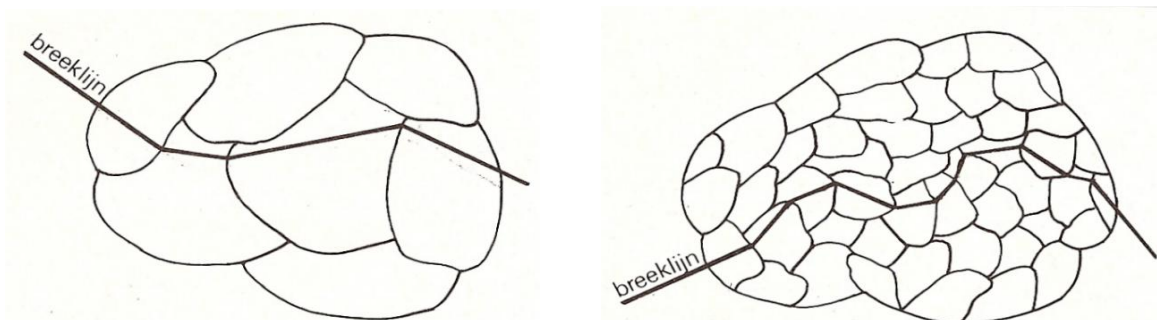
- 72 Meestal wordt gekozen voor een lasdraaddiameter van \varnothing 1,2 mm voor het manueel puls-MIG-lassen. Voor het gemechaniseerd lassen en lassen met een robot wordt vaker met \varnothing 1,6 mm gelast. Voordelen zijn:
1. De stijfheid van de draad in geval van een langer slangenpakket, de draad knikt niet zo snel wat goed is voor de doorvoerbaarheid.
 2. Kleinere oxidehuidvolume per meter.
 3. Rustiger draadaanvoer en lasproces waardoor minder storing.
 4. Leverbaar in grote vaten.
 5. Uitstekend pulserend te verlassen met lager- en hoog vermogen.
 6. Uitstekend verlasbaar op dunne en dikke plaat.
- 73 Ook manueel puls-MIG-lassen met een \varnothing 1,6 mm lasdraad is prima te doen, rustiger bij laag vermogen.
- 74 Schoon werken is uiterst belangrijk en als de las in geringe of grotere mate oxideert tijdens het lassen is er een beschermgasprobleem, linksom of rechtsom. Als er heel weinig of meer zuurstof in de vlamboog komt zal het vloeigedrag afnemen en het smeltbad steeds slechter beheersbaar worden. De las vloeit niet meer goed uit, er ontstaan zwarte puntjes op het oppervlak en de algehele kleur vervaagt toenevend naar een zwarter en grover uiterlijk.
- 75 Een bekend probleem is een aangelegd leidingsysteem met meerdere aftakkingen voor argon in een werkplaats. Als na in gebruikname het lasoppervlak ruw blijft en licht gekleurd, dan is er sprake van lichte oxidatie. Dit ontstaat door plaatsen boven in de leiding waar nog lucht (zuurstof) is blijven hangen omdat de lucht lichter is dan argon. De zuurstof wordt langdurig meegenomen tijdens argonafname totdat het is 'weggesleten' uit de leiding. 24 uur spoelen met argon alvorens te gaan lassen is vaak de enige remedie.
- 76 Om langdurig probleemloos aluminiumdraad te kunnen verlassen, moet de contactbuis goed gekoeld worden. Het begint met een goede kwaliteit lastoorts. Daarin de contactbuis zodanig vastdraaien dat deze niet met de hand kan worden losgedraaid. Hierdoor is een goed warmtecontact verzekerd en daarmee de koeling. Door een slechte koeling van de contactbuis zal deze op de lasdraad knijpen waardoor de doorvoer stagneert en de draad vastbrandt in de contactbuis. Lascontactbuizen (contacttip) voor aluminium hebben een iets grotere boring waardoor de lasdraad ook bij hogere procestemperatuur (draad zet uit) nog steeds voldoende doorvoerruimte garandeert.
- 77 Als meerdere aluminiumplaten op elkaar moeten worden samengesmolten dan moet rekening worden gehouden met de eigenaardigheden van de oxidehuiden die het samenvloeien kunnen frustreren. De vlamboog heeft een hoge temperatuur maar het aluminium waarop hij staat te branden smelt bij 650° en zal wel wat heter worden maar uiteindelijk aan het oppervlak verdampen. De onderliggende oxidehuiden smelten pas bij 2050°C . Door en roterende stroming in het smeltbad zal de oxidehuid worden meegevoerd en uiteindelijk in de boogatmosfeer komen en daarna door de hitte atomair uiteenvallen. De oxidehuid die niet mee wordt gevoerd blijft zitten en kan daar het gedrag vertonen identiek aan scheurvorming. Al met al is dat soms wel een problematisch en dien je d.m.v. lasproeven te onderzoeken hoe een bepaalde lasnaadvorm het beste kan worden samengesteld en gelast.
- 78 Indien trekkend/slepend wordt gelast, zal roetvorming niet alleen naast, maar ook op de las ontstaan. Dit heeft geen enkele negatieve invloed op de kwaliteit van de las (alle indianenverhalen ten spijt). Na het borstelen met een rvs borstel kan opnieuw over de las worden gelast. Trekkend lassen is handiger als de grondlaag op een keramische onderlegstrip wordt gelast of als onderin een nauwe naad moet worden gelast, de inbrandingsdiepte is groter bij trekkend/slepend lassen.
- 79 Voorwarmen heeft tot doel om met een iets lager vermogen te kunnen lassen omdat er al warmte/energie in het werkstukmateriaal aanwezig is. Voor dunne materialen is dit nauwelijks nuttig. Op dikker materiaal zal met het starten de aanvloeiing makkelijker gaan en de kans op een bindingsfout neemt daardoor wat af. Meestal volstaat een voorwarmtemperatuur van 50°C . Eventueel vocht in de lasnaad kan verdampen en voorkomt daarmee deze kans op porositeit in de las. Een interpass-temperatuur van 50°C is ook voldoende. Bij oplopende temperatuur neemt de kans toe dat het materiaal in de overgangszone van de las in sterkte achteruit gaat en niet meer aan de gestelde eis voldoet.

Snoerend lassen met hoog vermogen is het meest veilig voor het behoud van de sterkte en het voorkomen van bindingsfouten. (zie item 80 en 90).

- 80 Zwaaiend* lassen op een heet werkstukmateriaal ($> 200^{\circ}\text{C}$) wordt afgeraden i.v.m. de aanmerkelijk toenemende mogelijkheid voor het onacceptabele verval van de sterkte in de overgangszone naast de las. Aluminium wordt als o.a. als plaat geleverd met een fijne kristalstructuur die zeer belangrijk is voor de sterkte. Dit wordt bereikt door wals- en warmtebehandelingen tijdens het productieproces. Met een verkeerde warmtehuishouding tijdens het lassen kunnen we de structuur vernielen.
*(zie item 95).



- 81 De structuur van het aluminium bestaat uit kristallen/korrels, dit is in de basis een verzameling aluminium-atomen. Door langdurig verblijf in een te hoge temperatuur zullen de kristallen in elkaar opgaan en daardoor groeien en in hoeveelheid afnemen. Hierdoor worden de breeklijnen korter en zullen bij een trekbelasting eerder bezwijken dan gewenst.

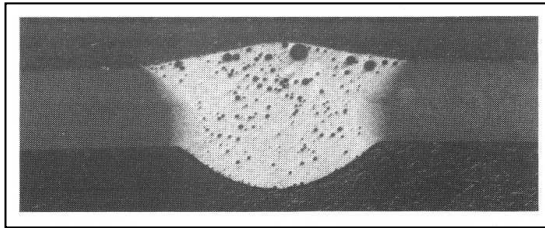


Grove kristallen en korte breeklijn waardoor lage sterkte

Fijne kristallen en lange breeklijn waardoor hoge sterkte

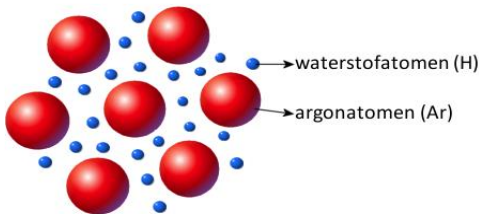
- 82 De aluminiumsoorten met de hoogste sterkte zijn de typen die veredeld zijn. De bekendste lasbare typen komen uit de 6000 serie. Deze zijn extra gevoelig voor te hoge temperaturen tijdens het lassen!

- 83 Het aluminium dat wordt geleverd in platen, profielen en buizen/kokers heeft in de basis altijd een fijne kristalstructuur met een hoge sterkte die gerealiseerd is door een specifieke samenstelling met andere metalen en niet metalen en een walsbehandeling in combinatie met een temperatuurbehandeling. Specifieke warmtebehandelingen noemen we veredelen.
- 84 Waterstof uit waterdamp in de lucht is de bron voor **porositeit** in de las, zie foto.



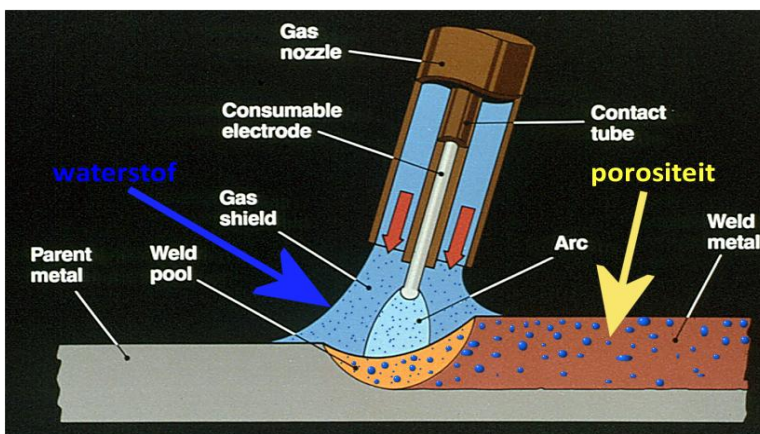
De waterdamp in de lucht is moleculair. Waterstof **H** is gebonden aan zuurstof **O** in het molecuul **H₂O**. Onder invloed van de boogtemperatuur en de ultraviolette straling uit de boog, valt het waterdampmolecuul uiteen in losse atomen H+H+O.

Het waterstofatoom is het kleinste atoom wat bestaat en heeft daarom ook het atoomnummer 1. Zuurstof heeft atoomnummer 8 en argon heeft atoomnummer 18 en is dus een veel groter atoom. Door de hoge boogtemperatuur gaan de argonatomen sneller bewegen en ontstaat er meer ruimte tussen de atomen onderling. De kleine waterstofatomen kunnen makkelijk door deze ruimte heen bewegen



Ook bij een menggas argon+ helium staat de doorslag van waterstof niet in de weg. Een helium atoom is 4x groter dan een waterstof atoom. De kern van waterstof bevat 1 proton en dat bepaalt de atoom-grootte. De kern van helium bevat in de kern 2 protonen en 2 neutronen en is daarmee dus 4x zo groot.

Buiten de beschermende argonatmosfeer rond de vlamboog+smeltbad waar de waterdamp in de lucht zit, zal vanaf een kritische waterdampdichtheid een punt ontstaan dat losse waterstofatomen door de argonatmosfeer heendringen en in de vlamboog en dan het smeltbad terechtkomen.



Röntgenfoto



Het smeltbad is een mengsel van losse atomen aluminium (13) + magnesium (12) + silicium (14) waarin veel ruimte is om grote hoeveelheden waterstofatomen op te nemen. De waterstofatomen hebben daar, eenmaal aanwezig, de behoefte om elkaar op te zoeken en te bundelen tot H₂ moleculen en gaan daarbij meer ruimte innemen..

Tijdens het stollen zal de beschikbare ruimte snel afnemen en zullen de waterstofmoleculen willen ontsnappen, bij voorkeur omhoog omdat ze lichter zijn dan lucht: stikstof (7) + zuurstof (8). Dat lukt maar gedeeltelijk en de rest zal ingesloten raken in het gestolde metaal en zichtbaar zijn in de vorm van ronde holtes, genoemd: porositeit. De meeste porositeit zit dus bovenin de las (zie foto).

De kritische waterdampdichtheid wordt gemeten met een Hygrometer als zijnde de luchtvochtigheid en aangegeven in procenten. Zorg dat hygrometers beschikbaar zijn in de werkruimte(s)!

Vanaf een luchtvochtigheidspercentage van 75% begint de waterdampdichtheid kritisch te worden.

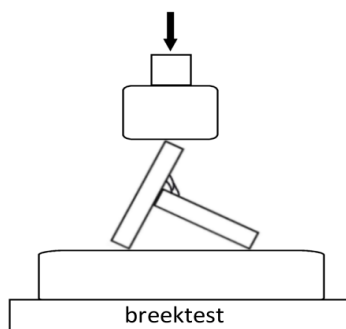
Ergens opweg naar de 80% luchtvochtigheid wordt een kritische grens overschreden, vindt waterstof doorslag in het proces plaats en is het ontstaan van porositeit onontkoombaar.

Alvorens te gaan lassen is het dringend advies om vanaf de 75% luchtvochtigheid eerst een breektest te doen m.b.v. een hoeklas. Als geen porositeit is vastgesteld, kan er worden gelast.

Indien de luchtvochtigheid verder oploopt dan is weer een breektest gewenst. Als porositeit zichtbaar is dan moet het lassen worden beeindigd. Dit geldt voor zowel MIG- als TIG- lassen.

Voor een breektest kan het beste gebruik worden gemaakt van een stevige plaat die niet buigt maar waarvan de las breekt, om daar in het breukoppervlak eventuele waterstofporositeit vast te stellen. De maat 300x100x12 mm. is hiervoor prima geschikt en een lasopbouw met 3 snoeren levert een mooi breukvlak met voldoende informatie over de hoeveelheid porositeiten en of het wel of niet acceptabel is om productielaswerk te gaan maken.

Met een hydraulische pers is de breektest eenvoudig en snel uitvoerbaar, zie schets.



geen porositeit



wel porositeit



Verwarmen om de lasnaad droog te maken is zinvol. Voorwarmen om in een reeds droge lasnaad porositeit in de las te voorkomen tijdens het lassen, is zinloos (indianenverhaal) omdat het de luchtvochtigheid niet op afstand plaatst (weg houdt) van de plek waar gelast wordt.

Een lasmachine die op een plek heeft gestaan met een te hoge luchtvochtigheid (open deur of roldeur) zal waterstof opnemen in de gasslang en deze waterstof vrijgeven tijdens het lassen.

Ondanks dat de luchtvochtigheid in de werkplaats laag is, kan zo toch porositeit in de las ontstaan.

Lasmachines nemen s'nachts vaak vocht op omdat de verwarming uitstaat, deuren zijn open gegaan voor laden-lossen, ramen opstaan, etc. In de eerste lassen smorgens zit dan vaak veel porositeit.

Ook slangenpakketten die vervoert zijn i.v.m. reparatie en in een vochtige omgeving hebben gelegen, zoals in een auto, bevatten waterdamp/waterstof en daarvoor is het advies om eerst een breektest te lassen alvorens deze in gebruik te nemen voor productiewerk.

Soms zijn vele meters laswerk nodig alvorens de waterstof uit de toorts-pakket is gesleten en er geen porositeit meer ontstaat in de las. In de herfstperiode **altijd** eerst een proeflas maken en breektesten.

De lasposities PD en PE waarin boven het hoofd wordt gelast zijn bijzonder gevoelig voor porositeit in de las. Het waterstof kan tijdens het lassen niet uit de las ontsnappen/verdampen omdat het omhoog wil en daar wordt geblokkeerd.

Het gebruik van menggas, een combinatie van argon + helium (Ar+He) wat in verschillende verhoudingen verkrijgbaar is, lost het waterstof-porositeitsprobleem niet op.

Door het hetere smeltbad is wel een iets betere ontgassing van waterstof (H₂) mogelijk.

Helium verhoogt de inwendige boogenergie en warmtegeleidbaarheid van het gas. De inbranding wordt daardoor dieper en breder wat vooral een voordeel is bij het lassen van dikkere materialen. De ontsteking van de boog is theoretisch moeilijker. Helium is wel aanmerkelijk duurder en soms zelfs niet of moeilijk verkrijgbaar. Als dan met Ar+He menggas de LMK's zijn behaald, is er een probleem.

- 85 Het verwijderen van waterstofporositeit uit een las in een aluminium object, zoals bijvoorbeeld het casco van een boot, zodat daarna ook de reparatielas vrij is van porositeit, is niet eenvoudig.



Voor het plamuren van een aluminium wand op de buitenkant van een schip, moet het oppervlak vrij zijn van porositeit omdat er anders op termijn z.g.n. 'puisten' ontstaan onder het gelakte plamuur en dat is onacceptabel.

De allerbeste manier is om de las in zijn geheel te verwijderen en dan opnieuw te lassen. De luchtvochtigheid in de lasomgeving moet dan laag zijn (< 75%) en de lasstroombron worden gecontroleerd op poreusvrije lassen middels het maken van breektesten van proefflassen (zie item 108). Als dat niet mogelijk is dan:

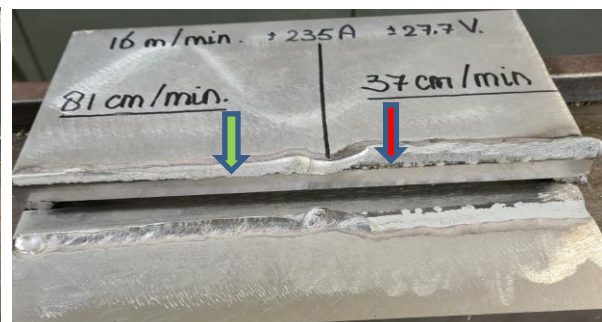
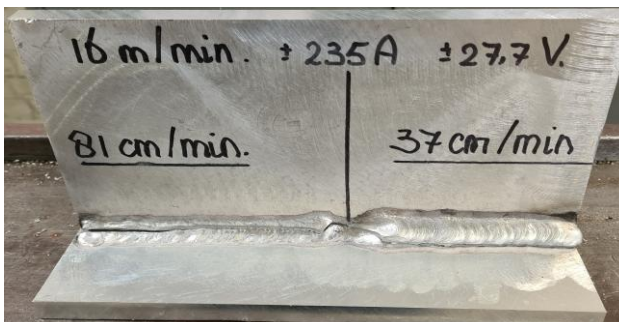
- moet zoveel mogelijk van de bestaande las worden uitgefreesd of geslepen
- de luchtvochtigheid moet lager zijn dan 75% i.v.m. waterstofdoorslag in de lasboog.
- de lasstroombron worden gecontroleerd op poreusvrije lassen middels het breektesten van proefflassen
- de reparatielas worden gemaakt waarna het geslepen lasoppervlak wordt onderzocht op porositeit.
- dit moet net zo vaak worden herhaalt totdat het geslepen oppervlak vrij is van porositeit.

Het probleem bij de laatste methode is dat uit de onderliggende oude las nog waterstof uit de porositeit opmengt met de nieuwe las en daarin weer porositeit doet ontstaan. Deze procedure moet daarom vaak meerdere malen worden herhaald.

Een las in de horizontale positie PA (onder de hand) zal eerder schoon zijn dan een las in de positie PE (boven het hoofd). In positie PA kan waterstof deels uit het vloeibare smeltbad ontsnappen doordat het lichter is dan lucht en recht omhoog stijgt.

In de positie PE blijft het ingevangen in de las en dat geldt ook in meer of mindere mate voor de posities die niet horizontaal liggen (PA).

- 86 De inbrandingsdiepte heeft een relatie met de voortloopsnelheid. Bij een voldoende hoge voortloopsnelheid zal de inbrandingsdiepte voor een hoeklas positief zijn. Aan de hand van het booggeluid tijdens het lassen kan dat worden vastgesteld. Als het een zoemend geluid is dan is de inbranding optimaal en als het een knetterend geluid is dan neemt de inbranding af en wordt uiteindelijk negatief en is daarmee niet meer acceptabel geworden. Het knetterend geluid ontstaat doordat de boog op het vloeibare smeltbad gaat branden en dan niet meer het onderliggende moedermateriaal bereikt. Voor de lasser is het zaak om op de grens van zoem en knetter te lassen voor een acceptabel resultaat.



Bovenstaande las is gemaakt met dezelfde stroom x spanning (Watt) maar met 2 voortloopsnelheden. De start is gemaakt met 37 cm/min en ± halverwege is de snelheid verhoogt naar 81 cm/min. De las met de snelheid van 37 cm/min heeft een a-hoogte = 8 mm en de las met de snelheid 81 cm/min heeft een a-hoogte= 4 mm.

De kleine las heeft een **positieve** inbranding en is acceptabel, de grote las heeft een **negatieve** inbranding en is onacceptabel.

De juiste voortloopsnelheid geldt voor alle elektrische vlambooglasprocessen en in alle metalen.

- 87 Bij het MIG-MAG-lasproces gaat een stroom van vloeibaar lastoevoegmateriaal in een druppelnevel door de vlamboog, in tegenstelling tot TIG-lassen waarbij van de zijkant wordt toegevoerd en in het bad smelt. Bij het MIG-MAG-lassen kan de boogtemperatuur oplopen tot ± 14.000 °C hetgeen afhankelijk is van het boogvermogen (Volt x Ampère = Watt).

Roetvorming op of naast de las, na het lassen, ontstaat doordat verdampt metaal uit de vlamboog, buiten de beschermgasatmosfeer komt tijdens het lassen en dan thermisch oxideert (verbrandt) met zuurstof uit de lucht.

Bij het lassen van aluminium is het verbrandingsproduct zwartkleurig en bij staal bruinkleurig.

Bij het MAG lassen van staal oxideert ook al enig verdampt metaal in de boog omdat er gelast wordt met een actief beschermgas waarin zuurstof aanwezig is.

Een grotere vlambooglengthe (afhankelijk van de boogspanning) vergroot de hoeveelheid verdampt metaal omdat het een langere weg door boog moet afleggen en daardoor langer blootstaat aan de boogtemperatuur.

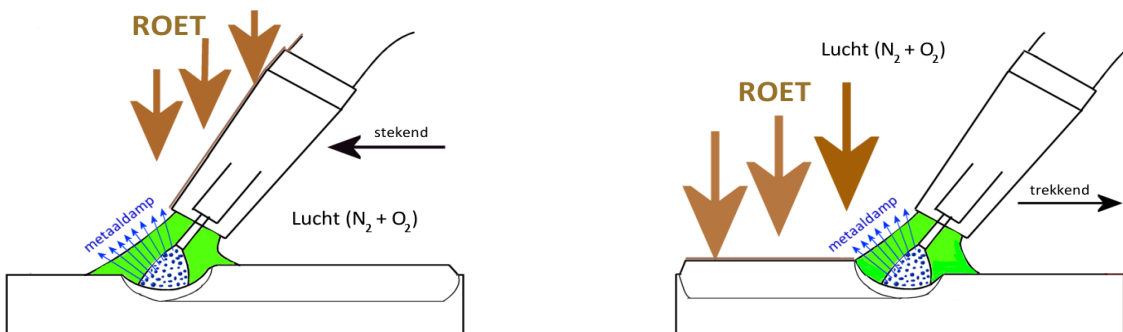
Het boogvermogen heeft een directe relatie met de draadaanvoersnelheid en betekent dat bij een hoger vermogen ook meer lasdraad wordt afgesmolten en er dus meer metaal door de vlamboog gaat en kan verdampen.

De lasrichting is van invloed op het neerslaan van de zwarte- of bruine roet op de las.

Bij het stekend lassen zal de uit het boogproces opstijgende metaaldamp verbranden op het moment dat het de beschermgaszone verlaat en dan als roet neerslaan op de toorts (gasmondstuk) en naast de las, het lasoppervlak blijft daarmee schoner.

Bij het trekkend of slepend lassen slaat de roet neer op- en naast de las. Bij staal (MAG-lassen met een slakloze draad) is de las dan licht bruinig gekleurd en bij aluminium zwart, even borstelen en alles is weer als nieuw.

Ook bij boven het hoofd lassen ontstaat metaaldamp die door de argonstroom uit de boogatmosfeer wordt weggestuwd, oxideert door de zuurstof in de lucht en daarna door de hoge boog-bad temperatuur eerst opstijgt naar de plaat (of anderszins) en daar aanhecht/kleeft.



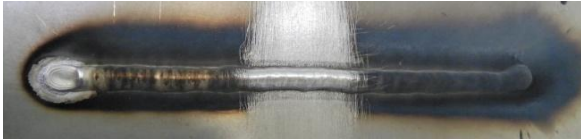
- 88 De roetbanen aan weerszijden van de las hebben niets te maken met de oxidehuid die in/door het booglasproces van het moedermateriaal oppervlak wordt verwijderd tijdens het ontstaan van het smeltbad. Met het TIG-lassen met wisselstroom zou het anders ook ontstaan en dat is niet het geval.



ER 5183 / Ø1,2 / 100%Ar / pulse
Stekend lassen
13 m/min
 ± 215 Amp / ± 24 V.

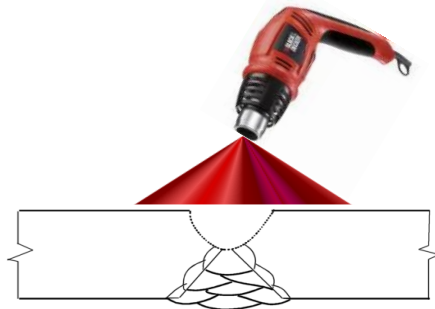


ER 5183 / Ø1,2 / 100%Ar / pulse
Stekend lassen
13 m/min
± 215 Amp / ± 27 V (langere vlamboog).

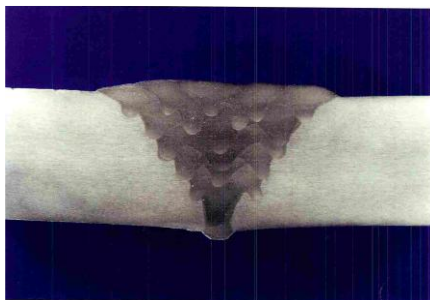


ER 5183 / Ø1,2 / 100%Ar / pulse
Trekend-slepend lassen
13 m/min
± 215 Amp / ± 24 V.

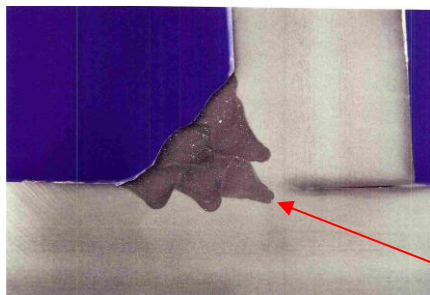
- 89 Bij het tweezijdig lassen van een lasnaad is het aan te bevelen om na het tegenfrezen en zeker het tegenslijpen, de lasnaad eerst met penetrant onderzoek te testen op onvolkomenheden zoals o.a. bindingsfouten. Na het verwijderen van de penetrant-onderzoeksmiddelen uit de lasnaad is het zeer raadzaam om de lasnaad vochtvrij te maken met een heteluchtpistool of verfblander alvorens te gaan lassen. De praktijk heeft geleerd dat het warmdrogen heel raadzaam is om porositeit in de las te voorkomen.



- 90 Hoge stroomsterkte en snoerend lassen levert probleemloos de vereiste mechanische eigenschappen en daarbij: - temperatuur t.b.v. het drogen van de lasnaad.
- luchtvochtigheid tijdens proeflassen < 75%.
- op de macro's is duidelijk de inbrandingsdiepte (hoog Amp.) van de lassnoeren zichtbaar.



BW / t=25 mm / PA
Moedermateriaal: EN AW 5083 H111 / AlMg4,5Mn
Voorwarm temp. 50°C. / Interpass temp. 50-60 °C.
ER 5183 / Ø1,2 / 70%Ar +30%He / pulse
Stekend lassen
15 m/min
255 - 275 Amp / ± 25,5 V.
Treksterkte min. vereist 275 MPa / behaald ± 309 Mpa



FW / t=25 mm / PB
Moedermateriaal: EN AW 5083 H111 / AlMg4,5Mn
Voorwarm temp. 50°C. / Interpass temp. 50-60 °C.
ER 5183 / Ø1,2 / 70%Ar +30%He / pulse
Stekend lassen
15 - 17,3 m/min
235 - 315 Amp / ± 23,5 - 27 V.

Met 100% Argon is de inbrandingsvorm ronder!

- 91 Bij het tweezijdig lassen van een lasnaad is het aan te bevelen om na het tegenfrezen en zeker het tegenslijpen, de lasnaad eerst met penetrant onderzoek te testen op onvolkomenheden zoals o.a. bindingsfouten. Na het verwijderen van de penetrant-onderzoeksmiddelen uit de lasnaad is het zeer raadzaam om de lasnaad vochtvrij te maken met een heteluchtpistool of anderszins alvorens te gaan lassen. Porositeit in de las wordt zo voorkomen.

- 92 Een lasnaad die langer als 8 uur is samengesteld en gehecht, eerst met een heteluchtpistool of anderszins vochtvrij maken voordat met lassen wordt begonnen. Dit om porositeit in de las te voorkomen.
- 93 In tegenstelling tot staal zal bij lasbare aluminiumlegeringen, zoals in de scheepsbouw worden toegepast, geen harding ontstaan in de las of lasovergangszone bij te snelle afkoeling tijdens het lassen. Om deze specifieke reden is voorwarmen daarom ook niet noodzakelijk. Naast het type 5083 wordt in de scheepsbouw ook type 5059 (Alustar) toegepast. Dit type heeft de hoogste sterkte in de 5000-serie en de fabrikant beveelt voorwarmen ($\pm 60^{\circ}\text{C}$.) aan alvorens te lassen. Het lage rekpercentage (10% rek) van dit materiaal is de reden, het is niet voldoende elastisch bij krimp.
- 94 Voorwarmen kan noodzakelijk zijn als de warmtetoevoer van het lasproces bij het lassen, in verhouding tot de dikte van de te lassen delen, onvoldoende is. Bij het lassen in de laspositie PA en PB kan de de stroomsterkte voldoende hoog worden ingesteld en is voorwarmen niet noodzakelijk. In de andere lasposities (PF-PH) moet voorwarmen steeds worden afgewogen bij diktes > 15 mm. Ook de aluminiumsoort speelt daarin een rol. De warmtegeleidbaarheid van de 6000 serie (veredeld) is groter dan de 5000 serie en zal daardoor eerder voorgewarmd moeten worden bij gelijke dikte.
- 95 Als de boogenergie te laag is bij het lassen van grotere materiaaldiktes dan kan dat gevolgen hebben voor het smelten van de aanwezige aluminiumoxidehuid ($\pm 2050^{\circ}\text{C}$) in/aan het lasnaadoppervlak. Als deze niet omsmelt kunnen bindingsfouten ontstaan. Voor de laspositie PF-PH is het boogvermogen lager waardoor de warmte-inbreng van de vlamboog bij snoerend lassen te kritisch kan zijn voor het smelten van de oxidehuid en/of een goede inbranding. Met licht zwaaiend lassen kan de warmte-inbreng worden verhoogd en daardoor de afkoelsnelheid worden vertraagd. Dit verzekert het smelten van de oxidehuid en een goede inbranding zonder dat de overgangszone naast de las wordt aangetast en door sterkteverlies onacceptabel wordt. Een lasbreedte van ± 13 mm is niet te heet of te koud en kan als veilig worden beschouwd.
- 96 Bij het starten van de las kan eenvoudig een plakfout ontstaan. Dit kan op verschillende manieren worden voorkomen zoals bijvoorbeeld starten naast de las en dan 'inlopen' of een 'hot-start' toepassen.
- 97 Voorwarmen kan met gasbranders maar een mooiere manier is met elektrisch voorwarmen zoals met bijvoorbeeld een elektrische terrasverwarmer. In tegenstelling tot gasbranders ontstaat tijdens het voorwarmen geen condens (vocht) op het nog koude aluminium moeder materiaal en is er ook geen open vuur en het is daarmee ook veiliger.



Ook als vochtverwijderaar alvorens te lassen is de terrasverwarmer prima geschikt!

- 98 Als het te lassen moeder materiaal in temperatuur stijgt tijdens het lassen in de posities anders dan PA en PB, ontstaat vanzelf de noodzaak om de lasstroom (boogvermogen) te verlagen omdat het smeltbad niet meer beheersbaar wordt voor de lasser en uitzakt. Het is een belangrijk teken dat de interpasstemperatuur (starttemperatuur voor de volgende las) waarschijnlijk te hoog is. De temperatuur meten is dus noodzakelijk want bij een te hoge materiaaltemperatuur zal de materiaalsterkte afnemen en kan dan onacceptabel worden. (zie item 80). Voor de juiste interpasstemperatuur moet de temperatuur die op het lasvoorschrift staat vermeld, worden aangehouden! Voor de lasposities PA en PB is het minder voelbaar voor de lasser dus weest voorzichtig en dus meten! De opgegeven interpasstemperatuur zal altijd variëren per materiaalsoort, dikte, laspositie, boogvermogen en wordt bepaald door de lasdeskundige.
- 99 Bij het gemechaniseerd en/of gerobotiseerd lassen treedt doorsnee sneller aluminiumscaling op in de contactbuis omdat continu wordt gelast. Door aanbranding van de aluminiumoxidehuid van de lasdraad tijdens de stroomoverdracht naar de voorbijschurende lasdraad, ontstaan aluminiumoxidevlekken op de koperboring die een verhoogde elektrische weerstand veroorzaken. Hierdoor daalt de stroomsterkte in de lasboog met als gevolg een verlies aan inbrandingsdiepte.

Vooraf bij het lassen met lagere vermogens in dun materiaal waar de inbrandingsdiepte kritisch is, kan met een verlies van 5 Ampère al een onacceptabele inbranding ontstaan. Door het verhogen van de lasdraadaanvoersnelheid zal de stroomsterkte weer toenemen maar tevens meer draad afsmelten, wat van invloed is op het lasuiterlijk. Het is dan noodzakelijk om de contactbuis te wisselen. Voor de lasoperator is het belangrijk om tijdens het lassen de stroomsterkte goed te monitoren en tijdig te corrigeren en/of de contactbuis te wisselen.



De grijze vlekken op de boring zijn aluminiumoxide 'scaling'.

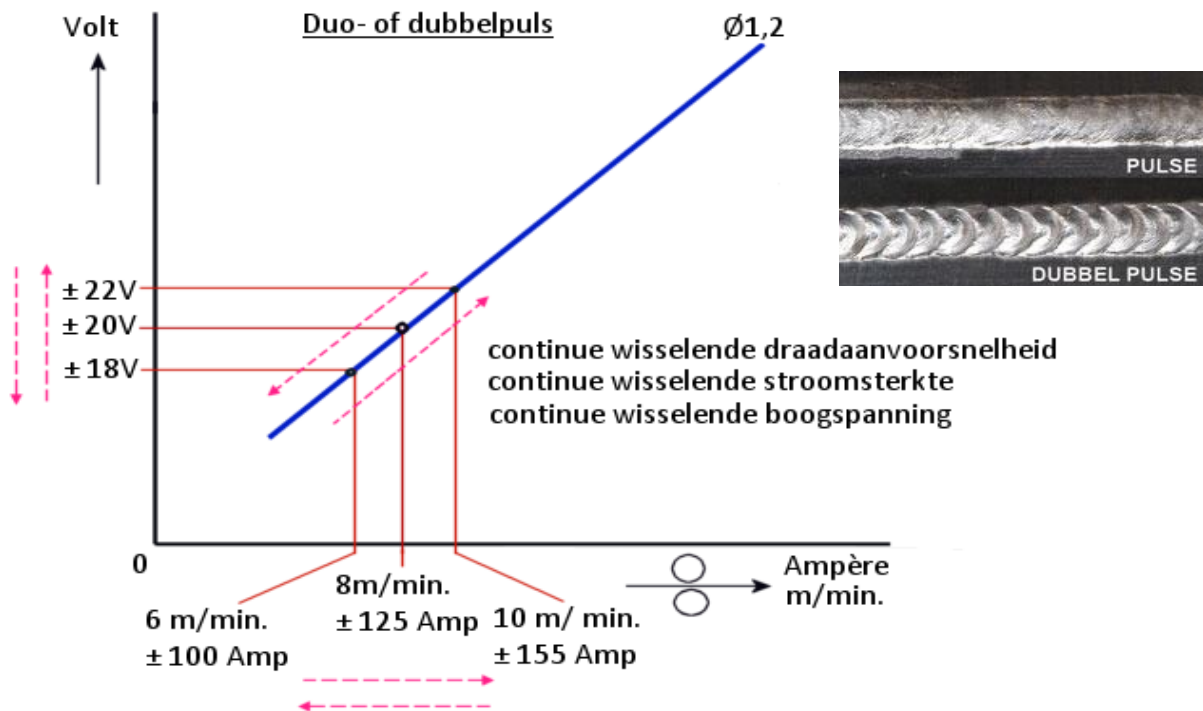


Voor hogere vermogens en manueel MIG-lassen zijn deze contactbuizen overigens nog prima bruikbaar.

- 100 Zorg er voor dat de kunststofliner overal goed aansluit en er geen open plekken ontstaan waar de draad naar de zijkant kan uitwijken. Het laatste stukje naar de contactbuis mag een spiraal van aluminium-brons zijn omdat bij oplopende temperatuur van de contactbuis, de liner tegen de hete contactbuis kan smelten en de draad afklemt. Het spiraalstukje van aluminiumbrons voorkomt dat. Het spiraalstukje bij voorkeur niet door de bocht van de toortshals laten lopen omdat de draad dan kan schrapen en op den duur vastloopt. Een stukje met een lengte van 5 cm volstaat voor een langdurige goede werking.
- 101 Soms gebeurt het wel eens dat het doorvoeren gewoon niet gaat elk telkens de draad vastsmelt in de contactbuis. Gekartelde aandrijfwielen kunnen dan tijdelijk een wonderbaarlijke oplossing bieden!
- 102 Voor het bewerken van lasnaden is een schijffrees het aangewezen gereedschap. De schijffrezen zijn beschikbaar voor zowel haakse slijptollen al rechte slijptollen. Het opschonen en tegenbewerken van lasnaden gaat razendsnel en laat geen vervuiling achter.



- 103 Een duo- of dubbelpulssysteem is inmiddels een veel gebruikte toepassing voor het lassen van vooral kleinere materiaaldiktes in alle lasposities. Het systeem is gebaseerd op een traditionele pulsstroom gecombineerd met een variabele draadaanvoersnelheid die het boogvermogen varieert. Het combineert de voordelen van de standaard pulsboog met een grotere smeltbad beheersing in het lagere vermogensgebied met behoud van een goed inbranding en voorkomt zo bindingsfouten..
Bijvoorbeeld:
De draadsnelheid wordt ingesteld op 8 m/min. Daarbij is de gemiddeld pulsstroomsterkte ± 125 Ampère met ± 20 Volt.
Door de duo- of dubbelpuls varieert de draadaanvoersnelheid rond het middelpunt van de ingestelde 8 m/min. met snelheden van ± 6 m/min en ± 10 m/min.
De pulstroom + spanning varieert daardoor continue van ± 100 Ampère en ± 18 Volt naar ± 155 Ampère en ± 22 Volt.
Door de afwisseling van heet-koud-heet-koud etc. is zowel de inbranding verzorgd als ook de afkoeling waardoor het smeltbad goed beheersbaar is. Interessant voor buitenhoeklasjes in alle lasposities. Het dubbelpuls lassen is ook zeer geschikt voor gemechaniseerd lassen. Nadeel is het harde geluid.



- 104 Het gemechaniseerd en gerobotiseerd pulserend lassen van brandstoftanks met een Ø 1,6 mm draad gaat uitstekend. Denk hierbij aan het lassen van de langsnaden in een klembank en het lassen van de rondnaden met een robot of gemechaniseerd. Het gebruik van een draadvat met een vulling van 140 kg is daarvoor zeer geschikt. Een dikkere draad knikt minder snel bij grotere doorvoerweerstand.



BW of FW / t=2,5 mm / PA

Moedermateriaal: EN AW 5052 H24 / AlMg2.5

ER 5356 / Ø1,6 / 100%Ar / pulse / stekend lassen ± 69°.

Lasparameter mogelijkheden: - Draadaanvoersnelheden: 5,5-8,5 m/min.
 - Stroomsterktegebied van 155 - 250 Ampère
 - Boogspanningsgebied van 22-23,5 Volt
 - Voortloopsnelheden van 130-200 cm/min.

- 105 Het lassen van aluminium boven het hoofd in een nauwe ruimte kan geheel onverwacht porositeitsproblemen opleveren in de las. Niet alleen door oplopende temperatuur kan de lasser gaan zweten, maar ook als de lasser zich heel ongemakkelijk voelt in een nauwe ruimte. Door het zweten loopt de luchtvochtigheid op en overschrijdt op gegeven moment de kritische grens waardoor, ergens tussen de 75% en 80%, onontkoombaar porositeit in de las ontstaat. De remedie is bij voorkeur een lasser inzetten die geen probleem heeft met het werken in een nauwe ruimte, en/of aanvullend de ruimte continue verversen met droge lucht.

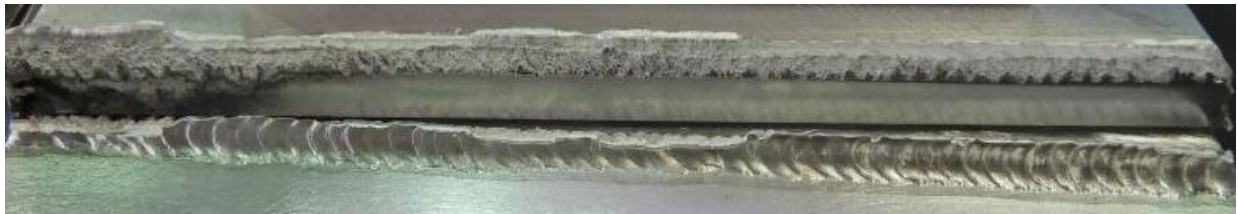
- 106 In gietaluminium van de 4000-serie kan moleculair gebonden waterstof aanwezig zijn wat niet of nauwelijks is te detecteren met radiografisch onderzoek. Bij het lassen van dit gietmateriaal aan bijvoorbeeld een serie-5000 materiaal komt deze waterstof vrij en zal porositeit in de las ontstaan. De hoeveelheid zal onherroepelijk leiden tot een onacceptabele las en dat is op geen enkele wijze met dit met waterstof vervuild materiaal te voorkomen.
- Aanbevelingen voor het realiseren van een porositeitsvrije las zijn:
1. Gietaluminium toepassen wat alvorens te gieten een spoelbehandeling heeft ondergaan met argon of stikstof.
 2. Hetzelfde onderdeel machineren vanuit een plaat of blok van een 5000- of 6000-legering.
 3. Hetzelfde onderdeel warm persen/smeden vanuit een plaat of blok van een 5000- of 6000-legering.
- 107 Om mogelijke porositeit in de las zo laag mogelijk te houden, biedt het lassen in de PA-positie het grootste voordeel. Waterstof is lichter dan lucht en wil altijd recht omhoog stijgen. In de PA-positie gaat dat het gemakkelijkst. Op deze manier kan altijd een zekere hoeveelheid waterstof uit het smeltbad verdwijnen alvorens het stolt en dat kan soms net genoeg zijn voor een acceptabele las. In de laspositie PE is het voor waterstof onmogelijk om uit het smeltbad geraken, het blijft gevangen in het stollende smeltbad.
- 108 Het oppervlak van een aluminium las is vrijwel altijd gesloten en daardoor is porositeit in de las aan het lasoppervlak meestal niet zichtbaar. Het verdient daarom sterke aanbeveling om eerst een 'breektestlas' te maken, alvorens een las te maken die d.m.v. röntgenonderzoek wordt beoordeeld, zoals bij: scheepswanden, lasser- en lasmethodekwalificaties en andere lassen waar hoge eisen aan worden gesteld. De breektestlas is een hoeklas die na het lassen wordt gebroken en beoordeeld op aanwezigheid van porositeit, het is een snelle en goedkope test. Als blijkt dat de lasbreuk porositeit bevat, dan is de oplossing om eerst de toorts + slangenpakket waterstofvrij te maken en dat kan op de volgende manieren:
- Spoelen alvorens te lassen door het gasdebiet (L/min) \pm 2 minuten te laten uitstromen.
 - Spoelen door gedurende \pm 2 minuten te lassen op een stuk schrot.
- Door het spoelen zal de waterstof (H₂) dan uit het systeem (toorts + slangenpakket) 'slijten'. Daarna weer op porositeit testen met een breektest en het gas uitstromen herhalen indien nodig. Op deze manier kan de volledige lasinstallatie worden uitgesloten als veroorzaker van porositeit in de las. Het is een probate oplossing en telkens weer blijkt in de praktijk dat het bijzonder verstandig is om het ook gewoon te doen, het scheelt heel veel frustratie en ellende. De lasnaad schoon maken is natuurlijk prima maar dat is slechts een onderdeel van de gehele oplossing en daarin speelt de lasapparatuur (toorts + slangenpakket) vaak de grootste rol! Zorg er dus voor dat altijd snel en voldoende breektestplaten beschikbaar zijn en bezuinig daar niet op!

Breektest





Te veel porositeit dus nog wat extra lassen maken op een stuk schrot om de waterstof er uit te slijten.



Geen porositeit meer dus de lasapparatuur is gereed voor kwaliteitslaswerk!

- 109 Het spoelen van de beschermgasslang kan soms wel lang duren voordat alle waterstof is verdwenen en 30 minuten is niet helemaal ongebruikelijk als het slangenpakket + toorts langer in een omgeving is geweest met een hoge luchtvochtigheid. Sommige bedrijven hebben een automatisch spoelsysteem op de lasmachine laten inbouwen. Als de lasmachine wordt aangezet, wordt eerst het gasdoorpoelen geactiveerd, gedurende een vooraf ingestelde tijdsduur die in de praktijk is vastgesteld als toereikend.
- 110 Los van de doorslag van waterstof in het lasproces bij een luchtvochtigheid 75% - 80%, ontstaan de meeste problemen van vocht en dus waterstof in toorts + slangenpakket als deze onderdelen in een ruimte zijn geweest waar de luchtvochtigheid >40% zoals:
- voor onderhoud/visie buiten de deur.
 - in een auto zijn vervoerd.
 - op een lasmachine bevestigd zijn die in de buurt van een geopende buitendeur heeft gestaan.
 - zijn opgeslagen ergens in een willekeurige ruimte.
 - op een lasmachine zijn bevestigd in de werkplaats en enige tijd niet gebruikt.
 - de lastoorts lichte inwendige koelwaterlekkage heeft wat niet direct zichtbaar is.
- Hoe hoger de luchtvochtigheid is des te sneller komt er meer waterstof in de toorts + slangenpakket en des te meer spoeltijd is er nodig om het er uit te slijten.

Bij vervanging van het slangenpakket altijd eerst breektesten alvorens productielassen!

111



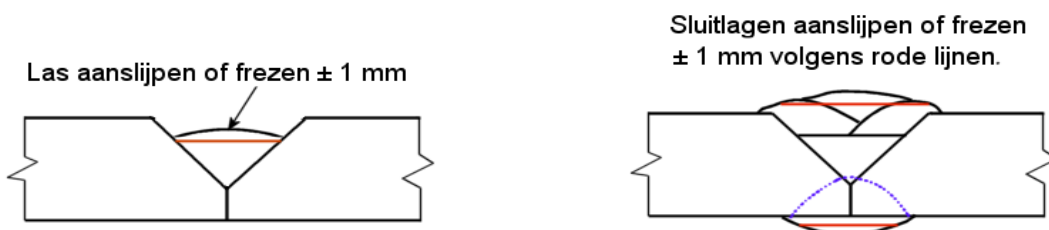
Waterdamp (H_2O) in de lucht maakt lucht vochtig. De waterstof (H_2) is dan gebonden aan zuurstof (O). Waterstof kan zich daaruit lossen en atomair (H) binnendringen in de gas slang. Zie hiervoor ook item 84).



- 112 Het waterstofatoom (H) dringt het slangenpakket + toorts binnen, combineert daar met collega atomen tot waterstof H₂ moleculen en nestelen zich in het beschermgaskanaal.
Een TNO onderzoek heeft lang geleden aangetoond dat waterstof atomair door de wand van de gas slang naar binnen dringt. Het type slangmateriaal bepaalt het meer- of minder doorlaten van waterstof. Dat klonk/klinkt nogal onwaarschijnlijk, maar na een uitgebreid testonderzoek, in samenwerking met Habbeke Shipyard te Hoorn en met dank aan Ron Kooij, hebben we dat ook zelf kunnen bevestigen. Hiervoor hebben we o.a. alle mogelijke beschermgasingangen op het slangenpakket + toorts afgesloten met tape en daarna de lasmachine vele malen buiten ± 24 uur blootgesteld aan een luchtvochtigheidspercentages, variërend van 69% tot 87%. Indien niet afgeplakt met tape waren de resultaten identiek, in de breektesten werd vooral de eerste 30 mm. veel waterstofporositeit vastgesteld.
- 113 Soms moet noodgedwongen in een omgeving worden gelast waarin de luchtvochtigheidsgraad hoog is. Na de gebruikelijke breektesten wordt dan begonnen met lassen.
Het advies is dan:
- De eerste laslaag aanslijpen en zo ± 1 mm laagdikte verwijderen.
 - Penetrant onderzoek uitvoeren op de aangeslepen las.
 - Als porositeit wordt geconstateerd, dit verwijderen d.m.v. slijpen of frezen.
 - De uitgenomen plekken reinigen en drogen met hete lucht.
 - De plekken opnieuw lassen en de bovenstaande controle herhalen.
 - Hetzelfde doen met de sluitlagen, zie foto.
- Op deze manier is herstellen altijd mogelijk voordat de verplichte eindcontrole wordt uitgevoerd met PT en RT.**



Aangeslepen sluitlaag met daarna penetrant onderzoek (PT). Als het PT acceptabel is kan aanvullend het röntgenonderzoek (RT) worden uitgevoerd.



Porositeit in de productielas kan dus worden tegengegaan als deze procedure wordt gevolgd!

- 114 De lasser kan tijdens het lassen niet zien of er porositeit in de las ontstaat. Ook na het lassen is meestal niet zichtbaar omdat vrijwel altijd in de las zit en zelden aan het lasoppervlak. Het kan iedere lasser overkomen en het kan alleen na het lassen worden vastgesteld met onderzoek zoals röntgenen, frezen of slijpen. Het enige wat hij/zij kan doen is zorgen dat aan alle voorwaarden wordt voldaan om een goede las te kunnen maken en primair is dat schoon, vetvrij en droog werken.

Waterstof is een 'sneaky' fenomeen en de lasser moet er altijd op bedacht zijn en daarvoor alle noodzakelijke maatregelen nemen zoals eerder beschreven. (zie item 84 en 105 t/m. 113)

Die maatregelen kunnen tijd kosten en als er tijdsdruk op het werk staat dan moet ook de leidinggever weten dat die maatregelen toch nodig zijn.

Als de noodzakelijke maatregelen niet mogen worden genomen en na afloop teveel porositeit in de las wordt vastgesteld, is de lasser het haasje (met als veelvoorkomende oorzaakduiding: hij/zij heeft de lasnaad niet voldoende ontvet en schoongemaakt).

Dat is jammer want ook al heeft de lasser dat wel gedaan, zonder breektesten kan hij/zij hier helemaal niets aan doen en zo'n beschuldiging is dan ook niet terecht.

115 **De Hygrometer, onmisbaar als je aluminium gaat lassen, overigens een prachtige waarde -34%- om te gaan lassen, veel plezier!**

