

# Plasma



Van Spijk  
De Scheper 260  
5688 HP Oirschot

Tel. +31(0)499 57 18 10  
Fax +31(0)499 57 57 95  
[www.vanspijk.nl](http://www.vanspijk.nl)



## SNIJPROCESSEN - PLASMA SNIJDEN

(Het proces en de apparatuur)



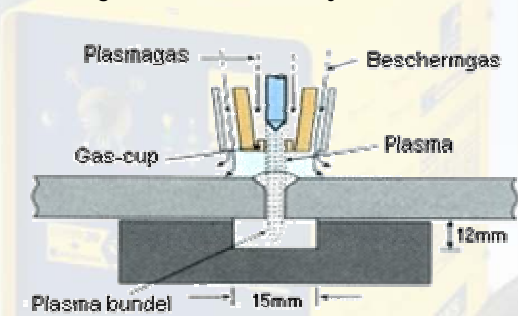
### Apparatuur voor het plasma lassen

*Het plasmalassen dankt zijn unieke kenmerken aan de constructie van de toorts. Evenals bij het TIG - lassen wordt de lasboog getrokken tussen de punt van een unne wolfraamelektrode en het werkstuk. Alleen is de elektrode bij het plasmalassen achter een koperen mondstuk met een kleine opening geplaatst. Doordat de boog gedwongen is het mondstuk te passeren, wordt de voor het plasma proces zo kenmerkende geconcentreerde zuilvormige boog gevormd. Er bestaan drie procesvarianten, die afhankelijk zijn van de keuze van de diameter van het mondstuk, het stroomsterkteniveau en de hoeveelheid plasmagas.*

Micro-plasmalassen (0,1 tot 15 A) is vergelijkbaar met micro -TIG, maar de zuilvormige boog maakt het voor de lasser mogelijk met een veel langere booglengte te werken. De boog is ook nog stabiel bij lage lasstroomsterktes, terwijl een naaldvormige boog wordt verkregen die geschikt is voor het lassen van zeer dun materiaal. 'Melt-in'- plasmalassen (15 tot 100 A) is vergelijkbaar met conventioneel TIG lassen en wordt ook toegepast voor precisie laswerk en daar waar hoge kwaliteitseisen gesteld worden.

'Keyhole'-plasmalassen (boven 100 A) wordt verkregen door de stroomsterkte en de plasmagasstroom te verhogen. Bij deze variant wordt een zeer krachtig boogplasma verkregen, vergelijkbaar met een laserstraal. Tijdens de het lassen snijdt de plasmaboog zich door het metaal heen in de vorm van een sleutelgat, waarbij het lasbad zich rond het sleutelvormige gat vormt en aldus de verbinding tot stand komt. Bij deze variant wordt een diepe inbranding verkregen bij hoge lassnelheden.

figuur 1. Plasmalasininstallatie



Figuur . Plasmaschema

Vanwege het feit dat de plasmaboog ontstaat door de speciale constructie van de toorts en de regeling voor het systeem kan de installatie worden opgebouwd met extra toebehoren op conventionele TIG-apparatuur voor het verkrijgen van de hulpboog en de afzonderlijke plasma en beschermgassen. Daarnaast is er specifieke voor het plasmalassen ontwikkelde apparatuur verkrijgbaar.

Ondanks de overeenkomsten in plasma en TIG-apparatuur zijn er diverse belangrijke verschillen in de volgende onderdelen:

- Stroombron
- Toorts
- Backing systeem
- Beschermende middelen



## De stroombron

De stroombron voor het plasmalassen is praktisch uitsluitend een gelijkstroombron en heeft - net als bij TIG - een dalende (CC) karakteristiek, deze levert nagenoeg een constante stroom bij een bepaalde instelling. De stroombron is ideaal voor gemechaniseerd lassen, daar een eenmaal ingestelde stroomsterkte gehandhaafd blijft, ook bij variaties in de booglengte bij het handmatig lassen als gevolg van niet te voorkomen afwijkingen.

Bij het plasmalassenproces wordt normaal gewerkt met de elektrode aan de negatieve polariteit om de warmte, die aan de elektrode vrijkomt, te beperken. Ongeveer een derde van de boogwarmte wordt aan de kathode ontwikkeld en tweederde aan de anode. Er zijn echter speciale toorts verkrijgbaar voor elektrode aan de positieve pool, die dat kunnen dankzij intensieve koeling om het smelten van de elektrode te voorkomen. De toorts met elektrode positief wordt toegepast voor het lassen van aluminium waarbij de kathode op het werkstuk nodig is voor het verwijderen van de oxidehuid.

Wisselstroom wordt normaliter niet voor het plasmaproces toegepast omdat het hiermee lastig is een stabiele boog te verkrijgen. Problemen met het herontsteken van de boog hangen samen met de vernauwing door het mondstuk, de grote afstand van de elektrode tot het werkstuk en de vorming van een bolvormig einde van de elektrode bij wisselstroom tijdens de positieve periode. De 'square wave' (blokvormige) wisselstroom van een inverter stroombron met een goedgekoelde toorts, maken de toepassing van het plasmalassen met wisselstroom gemakkelijker. Het snelle omschakelen van polariteit bevordert het herontsteken van de boog. Door te werken met korte perioden waarin de elektrode positief is geschakeld, wordt de elektrode minder warm zodat de punt aan de elektrode gehandhaafd blijft.

De plasma- installatie kent een uniek systeem voor het starten van de boog, waarbij de hoogfrequent (HF) instelling alleen maar wordt gebruikt om een hulpboog te ontsteken binnen in de toorts. De hulpboog tussen de elektrode en het koperen mondstuk gaat automatisch over naar het werkstuk als die voor het lassen nodig is. Dit systeem voor het starten van de boog is erg betrouwbaar en voorkomt het risico van elektrische interferentie door de HF.

## Toorts

De toorts voor het plasmaproces is aanzienlijk complexer dan de TIG toorts en er moet dan ook niet alleen aandacht worden geschonken aan de set-up bij ingebruikname, maar ook bij controle en onderhoud tijdens de productie.

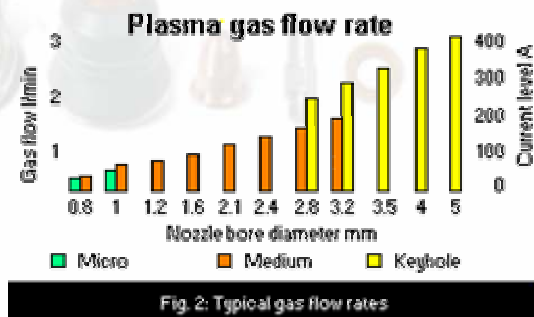
## Mondstuk

Bij de constructie van conventionele toortsen is de elektrode geplaatst achter het watergekoeld koperen mondstuk. Aangezien de kracht van plasmaboog bepaald wordt door de mate waarin de boog in het mondstuk wordt samengeknepen, moet aandacht worden geschonken aan de keuze van de diameter van de boring in relatie tot de stroomsterkte en de stroomsnelheid van het plasmagas. Voor een 'zacht' plasma zoals normaal wordt toegepast bij microplasma en 'melt in'-lassen (medium) wordt een relatief grote boring aanbevolen om de slijtage van het mondstuk te beperken.

Bij het keyhole-lassen met hoge stroom worden de boring van het mondstuk, de plasmagasstroom en lasstroom zo gekozen dat een sterk samengetrokken boog ontstaat met voldoende vermogen om door het materiaal te snijden. De hoeveelheid plasmagas is bepalend voor het verkrijgen van de diep penetrerende plasmaboog en om slijtage van het mondstuk te voorkomen; een te lage gasstroom ten opzichte van de boring en de stroomsterkte zal overslag van de boog in de toorts en smelten van het mondstuk ten gevolge hebben.

In figuur 2 worden aanbevolen instelwaarden gegeven voor de hoeveelheid plasmagas en de stroomsterkte bij mondstukdiameters bij de drie procesvarianten.

figuur 2. Hoeveelheid plasmagas



## Elektrode

De elektrode is vervaardigd uit wolfram waaraan tussen 2 en 5 % thoriumoxide is toegevoegd ter verbetering van de ontsteekeigenschappen. Normaliter wordt de punt van de elektrode geslepen onder hoek van 15 graden voor microplasma lassen. De tophoek neemt toe met de stroomsterkte en voor hoge stroomsterktes, zoals bij keyhole, wordt een hoek van 60 tot 90 graden aanbevolen. Voor hoge stroomsterktes wordt de punt ook vlakgeslepen tot ongeveer 1 mm diameter. De punt is bij handmatig lassen over het algemeen niet zo kritisch. Echter, bij gemechaniseerde toepassingen zijn de conditie van elektrodepunt en het mondstuk bepalend voor de vorm van de lasboog en het profiel van de inbranding van het lasbad, dus moet wel in het bijzonder aandacht worden geschonken aan het slijpen van de punt. Het is ook noodzakelijk om regelmatig de conditie van de punt en het mondstuk te controleren en, voor te lassen onderdelen waar zeer hoge eisen aan worden gesteld, wordt aanbevolen de conditie van de toorts tussen het lassen door te controleren.

### Positie van de elektrode

Om constante lasresultaten te kunnen garanderen is het handhaven van een gelijkblijvende positie van de elektrode achter het mondstuk van belang; de richtlijnen hiervoor en speciaal instelgereedschap worden door de leverancier van de toorts meegeleverd. Het maximale stroombereik van elk mondstuk is bepaald door de grootste afstand van de elektrode en de maximale plasmagas doorstroom. Minder plasmagas kan worden ingesteld om de boog zachter te maken bij het maximale stroombereik van het mondstuk mits de afstand van de elektrode tot het mondstuk ook verminderd wordt.



### Plasma en beschermgassen

De gebruikelijke gascombinatie is argon als plasmagas en argon met 2 tot 8% H<sub>2</sub> als beschermgas. Ongeacht het te lassen materiaal is met argon als plasmagas de slijtage van zowel de elektrode als het mondstuk het geringst. Argon - H<sub>2</sub>-gasmengsels als beschermgas bieden een licht reducerende atmosfeer en schonere lassen. Helium geeft een hetere boog, maar als plasmagas verkleint het de stroomoverdracht capaciteit van het mondstuk en bemoeilijkt het de vorming van een keyhole. Helium - argon mengsels, zoals 75% helium - 25% argon, worden toegepast als beschermgas voor materialen als koper.

De plasmagastelling luistert nauw omdat de gasstroom de inbranding van het smeltbad beïnvloedt, maar de hoeveelheid beschermgas is niet zo kritisch.

### Backing systeem

De gebruikelijke onderlegstrips voor het beschermgas bij het TIG-lassen kunnen ook voor micro en melt-in technieken worden toegepast. Bij het keyhole lassen moet een backing strip met een groef worden gebruikt, met of zonder gasbescherming of algehele bescherming van de onderkant van de naad, daarbij moet de groef diep genoeg zijn om geen verstoring van de boog te veroorzaken; als het uittrekkende plasma de onderlegstrip raakt zal instabiliteit van de boog het smeltbad verstoren met porositeit als gevolg.

### Beschermende middelen

Voor bescherming tegen schadelijk licht van de boog moeten de filternummers worden gebruikt als bij TIG met dezelfde stroomsterktes.

Deze glaszjes zijn wat donkerder dan die welke worden toegepast bij het handlassen met beklede elektroden met hetzelfde stroomsterkeniveau. De aanbevolen filternummers voor het plasma lassen worden in de volgende tabel aangegeven.

Tabel 1 aanbevolen filternummers.

Filternummer	Lasstroom (A)	
	Microplasma	Plasma
5	0,5 - 1	
6	1 - 2,5	
7	2,5 - 5	
8	5 - 10	
9	10 - 15	
10	15 - 30	
11	30 - 60	lager dan 150
12	60 - 125	150 - 250
13	125 - 225	boven 250
14	225 - 450	

Sinds het ontstaan van plasma snijden wordt het gezien als een alternatief voor het autogene snijden. In deze "Laskennis Opgefrist" wordt ingegaan op het principe van het proces, de toepassingen en de voordelen van de diverse varianten.

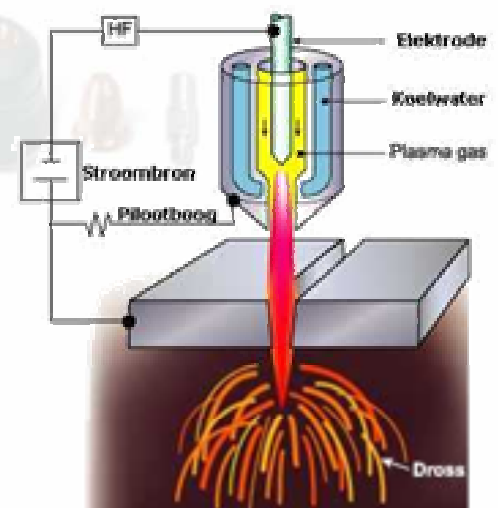
### Principe

In figuur 1 wordt het principe van het plasma proces weergegeven. De basis van dit proces is een elektrische boog, die via een kleine boring in een doorgaans koperen mondstuk, staat tussen een elektrode en het werkstuk. Hierdoor wordt de temperatuur en de snelheid van het boogplasma dat uit het mondstuk naar buiten treedt sterk verhoogd. De temperatuur van plasma ligt boven de 20 000 °C en de snelheid kan die van het geluid benaderen. In het geval van plasma snijden wordt de hoeveelheid plasmagas zodanig hoog gekozen dat het door de diep inbrandende plasmaboog tot smelten gebrachte materiaal uit de snede verwijderd wordt.



Het verschil tussen dit proces en het autogeen snijden is, dat bij het plasma snijden het materiaal door de boog alleen tot smelten wordt gebracht en aansluitend door de kinetische energie van de plasmagasstroom uit de snede wordt verwijderd. Bij het autogeen snijden daarentegen wordt het materiaal door de zuurstofstraal verbrand en wordt de dun vloeibare slak uit de snede geblazen. Hierdoor is het plasma snij proces ook te gebruiken voor materialen die voor het autogeen snijden niet geschikt zijn, zoals roestvast staal, gietstaal en aluminium.

De stroombron die voor het plasma snijden gebruikt wordt is een gelijkrichter met een z.g. vallende karakteristiek en een hoge openspanning. Alhoewel de werkspanning tijdens het snijden in de buurt van de 50 à 60 volt ligt moet de openspanning voor het starten van de boog wel zo'n 400 volt zijn. Bij het starten van het proces wordt in de toorts eerst een z.g. hulp- of piloot boog gestart tussen de elektrode en het snij mondstuk. Tijdens het snijden staat de boog tussen de elektrode en het werkstuk en is er sprake van een z.g. overdragende boog. De elektrode is met de negatieve pool van de stroombron verbonden en het werkstuk met de positieve. Hierdoor komt het merendeel van de opgewekte energie, ca. 70% beschikbaar voor het snijden.



## Gas samenstelling

Bij een conventioneel plasma snijsysteem wordt in de snij toorts gebruik gemaakt van een wolframelektrode en wordt als gas, argon, een argon waterstof mengsel of stikstof gebruikt.

Maar, zoals beschreven onder "procesvarianten", kan ook gebruik gemaakt worden van oxiderende gasen of gasmengsels, zoals lucht en zuurstof. In die gevallen kan geen gebruik gemaakt worden van een wolframelektrode, maar bestaat deze uit een hafnium inzetstuk in een koperen elektrode.

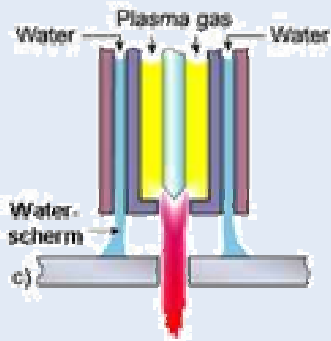
De hoeveelheid plasmagas moet in overeenstemming zijn met de gebruikte snijstroom en de diameter van de boring in het snijmondstuk. Als de plasmagasstroom te laag is kan het fenomeen van "double arcing" ontstaan. In dat geval zal de boog eerst van de elektrode naar het snijmondstuk gaan en aansluitend van het mondstuk naar het werkstuk. Het wegsmelten van het mondstuk is hiervan het gevolg en niet zelden wordt ook de snijtoorts beschadigd.

## Snijkwaliteit

De snedekwaliteit is over het algemeen vergelijkbaar met die van het autogeen snijden. Maar omdat het plasma snijden een smeltproces is, waarbij bovenin de snede meer vermogen beschikbaar is dan onderin, zal de snede aan de bovenzijde vaak een ronding te zien geven en heeft de gehele snede een conische vorm. Aangezien dit mede veroorzaakt wordt door de aard van de boring in het mondstuk en het ontwerp van de toorts, zijn er systemen verkrijgbaar waarbij deze tekortkomingen verholpen of verminderd zijn.

## Procesvarianten

De procesvarianten van fig. 2a - 2e zijn alle ontwikkeld om de snede kwaliteit en de boogstabiliteit te verbeteren, de geluidsoverlast en de snijrookemissie te verminderen en de snijsnelheid te verhogen.



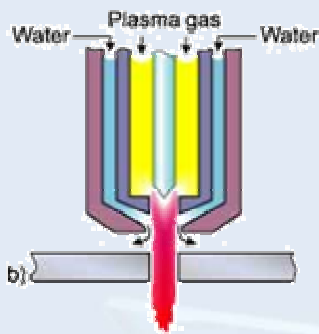
### Dubbelgassysteem (Fig. 2a)

In principe werkt deze variant op dezelfde wijze als de conventionele manier. In dit geval wordt om het plasmamondstuk echter nog een beschermgas gecreëerd, waardoor de boog nog sterker ingesnoerd wordt en het materiaal uit de snede beter wordt weggeblazen. Het plasmagas is doorgaans argon, een argon waterstof mengsel of stikstof. De samenstelling van het tweede gas wordt bepaald door het te snijden materiaal.

- Staal - lucht, zuurstof of stikstof
- Roestvast staal - stikstof, argon waterstof mengsel of CO<sub>2</sub>
- Aluminium - argon waterstof mengsel of stikstof

De voordelen van dit systeem ten opzichte van de conventionele methode zijn:

- Minder kans op "double arcing"
- Hogere snijsnelheden
- Vermindering van het afronden van de bovenkant van de snede



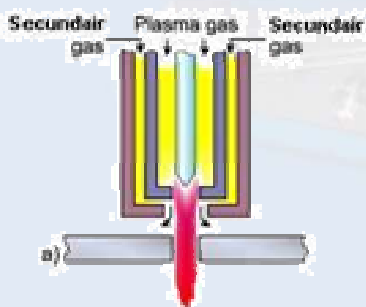
### Waterinjectie (Fig. 2b)

In het algemeen wordt als plasmagas stikstof toegepast. Een radiale waterinjectie in de plasmagas stroom zal een beter insnoering van de boog tot gevolg hebben.

Hierdoor wordt de boogtemperatuur aanzienlijk verhoogd en kan een niveau tot ca. 30 000 °C bereiken.

De voordelen hiervan ten opzichte van het conventionele plasma snijden zijn:

- Een verbetering van de snedekwaliteit en de haaksheid van de snede
- Hogere snijsnelheden
- Minder kans op "double arcing"
- Minder slijtage van het snijmondstuk



### Waterscherm (Fig. 2c)

Bij het deze variant van het plasma snijden heeft men eigenlijk de keuze tussen het gebruik van een waterdouchekop of het z.g. onderwater snijden, waarbij het snijoppervlak 50 - 75 mm onder het wateroppervlak geplaatst is. Bij deze methode zorgt het water voor een vermindering van de snij rook - emissie, een vermindering van het geluidsniveau en een langere levensduur van het snijmondstuk.

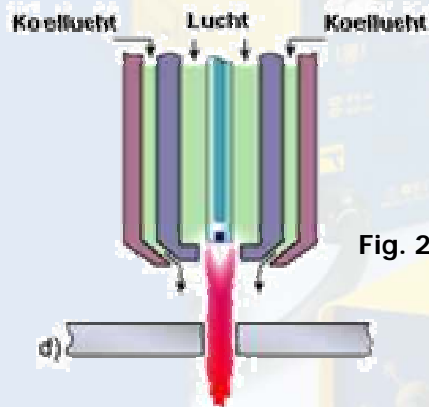
Hoe effectief de toepassing van een watergordijn op de verlaging van de geluidsoverlast is blijkt uit metingen. Bij het conventionele plasma snijden met relatief hoge stroomsterktes wordt een geluidsniveau van ca. 115 dB gemeten. Bij het snijden met een douchekop daarentegen daalt dit naar ca. 96 dB en bij het onderwater snijden wordt een geluidsniveau van 52 tot 85 dB gemeten.

Het zal duidelijk zijn dat deze varianten alleen gemechaniseerd uitgevoerd kunnen worden.

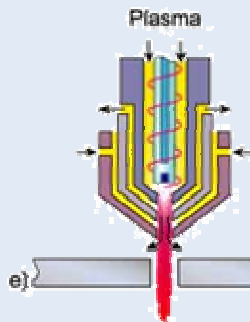
## GYS Plasmalucht-snijden (Fig. 2d)

**GYS PLASMA CUTTER 20 K (Ref : 016828) inclusief compressor**  
**GYS PLASMA CUTTER 20 (Ref : 016811) externe luchtbron**

De gebruikelijke inerte (argon) of laag reactieve (stikstof) gassen kunnen ook vervangen worden door lucht. Dit vereist echter wel het gebruik van een aangepaste elektrode van hafnium of zirkonium in een koperen houder. De lucht kan dan ook het water voor de toortschooling vervangen. Het voordeel ligt in het gebruik van een "gasmengsel" (78% stikstof; 21% zuurstof; 1% argon) dat beduidend goedkoper is dan de gebruikelijke gassen. Alhoewel nu de hafnium of zirkonium elektroden het enige verbruiksartikel zijn geworden, moet er wel rekening mee gehouden worden dat deze beduidend kostbaarder zijn dan de gebruikelijke wolframelektroden.



## Fijnstraal plasma (Fig. 2e)



Deze plasma snijmethode staat ook bekend onder de Engelse namen High Tolerance Plasma en HyDefinition snijden. Teneinde de snedekwaliteit zo sterk te verbeteren dat het plasma snijden zou kunnen concurreren met de hoge kwaliteit van het laser snijden is een systeem ontwikkeld waarbij de plasmaboog extreem sterk ingesnoerd wordt. Deze sterke insnoering wordt bewerkstelligd door het boogplasma dat in de zuurstofstroom opgewekt is bij het binnentreden van het plasmamondstuk geforceerd te laten wervelen. Bovendien wordt kort voor dat de plasmaboog uittreedt nog een tweede gasstroom in het mondstuk geïnjecteerd. Bij sommige systemen wordt bovendien nog een magneetveld om de plasmaboog aangebracht, waardoor de boog gestabiliseerd wordt en het roteren van de gasstroom beter in stand wordt gehouden.

De voordelen van het fijnstraal plasma snijden zijn:

- De snedekwaliteit ligt tussen die van het conventionele plasma snijden en het laser snijden.
- Een zeer smalle snede
- Minder vervorming van het werkstuk doordat de warmte beïnvloede zone veel kleiner is.

Het fijn straal plasma snijden is een gemechaniseerde methode, waarbij hoge eisen aan de nauwkeurigheid van de snij apparatuur gesteld worden.

