

mbo

# Plasmasnijden handmatig

*Scheidende technieken*

TECHNIEKSTAD

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Plasmasnijden</b>	<b>5</b>
1.1	Wat is plasmasnijden?	6
1.2	Hoe werkt plasmasnijden?	6
1.3	Hoofdvormen van plasmasnijden	7
1.4	Toepassingen van het plasmasnijden	7
1.5	Veiligheid bij plasmasnijden	8
1.6	Samenvatting	9
<b>2</b>	<b>Principe van het plasmasnijden en benodigde apparatuur</b>	<b>11</b>
2.1	Principe van plasmasnijden	12
2.2	Koeling	14
2.3	Plasmasnijmachine	15
2.4	Voor- en nadelen plasmasnijden	17
2.5	Hulpmiddelen	18
2.6	Samenvatting	19
2.7	Antwoorden	20
<b>3</b>	<b>Plasmagassen en koeling</b>	<b>21</b>
3.1	Plasmaboog	22
3.2	Fijnstraal plasmasnijden	24
3.3	Samenvatting	25
<b>4</b>	<b>De plasmasnede</b>	<b>27</b>
4.1	De snede in- en uitloop	28
4.2	Snijvolgorde	29
4.3	Kwaliteit	30
4.4	Snijfouten en oorzaken	30
4.5	Afwijkingen	32
4.6	Plasmasnijtoorts	32
4.7	Mondstukken	32
4.8	Samenvatting	33
4.9	Antwoorden	34
<b>5</b>	<b>Werkinstructie Plasmasnijden</b>	<b>35</b>
5.1	Veiligheid	35
5.2	Vorbereiding	36
5.3	Uitvoering	38
5.4	Nazorg	40
<b>6</b>	<b>Machinaal plasmasnijden</b>	<b>43</b>
6.1	Varianten plasmasnijden	44
6.2	Hulpmiddelen	46
6.3	Hybride methode	47
6.4	Samenvatting	48
<b>7</b>	<b>Veiligheid bij plasmasnijden</b>	<b>49</b>
7.1	Oorzaken ongevallen	50

7.2	Arbo en milieu	50
7.3	Veiligheid plasmasnijden	51
7.4	Onderhoud apparatuur	54
7.5	Samenvatting	57
<b>8</b>	<b>Vragen Plasmasnijden handmatig</b>	<b>59</b>
8.1	Vragen Plasmasnijden	59
8.2	Vragen Principe plasmasnijden en apparatuur	61
8.3	Vragen Plasmagassen en koeling	62
8.4	Vragen Plasmasnede	64
8.5	Vragen Machinaal plasmasnijden	65
8.6	Vragen Veiligheid bij plasmasnijden	66

WZWB

# 1 Plasmasnijden

## Inleiding

Plasmasnijden is een thermisch snijtechniek die ontwikkeld is om materialen (metalen) te kunnen snijden waarvoor autogeen brandsnijden niet of minder geschikt is, zoals non-ferro metalen (aluminium) of roestvast staal. Tegenwoordig wordt plasmasnijden ook veel toegepast bij het thermisch snijden van ongelegeerd- en laaggelegeerd staal.



*Plasmasnijden van plaatmateriaal*

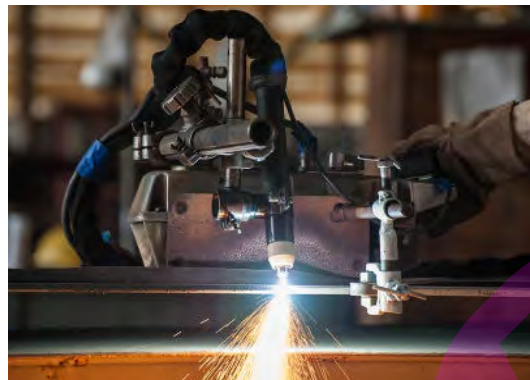
## Leerdoelen

*Je kunt:*

- benoemen wat een thermisch proces is
- benoemen wat een plasmagas is
- beschrijven wat plasmasnijden is
- toepassing van plasmasnijden noemen

## 1.1 Wat is plasmasnijden?

Plasmasnijden is een thermisch snijproces waarbij gebruik wordt gemaakt van de eigenschappen van geïoniseerd gas. De hitte die hierbij vrijkomt wordt gebruikt om het materiaal te snijden.



Plasmasnijden

### Thermische snijprocessen

Thermisch snijden kan op verschillende manieren. De bekendste vorm is het autogeen brandsnijden, hierbij verbrandt het materiaal. Ook plasmasnijden en lasersnijden zijn thermische snijprocessen. Bij plasmasnijden wordt het materiaal plaatselijk verhit. Door de hitte smelt het materiaal. Extra toegevoerd (plasma)gas blaast het gesmolten materiaal weg.

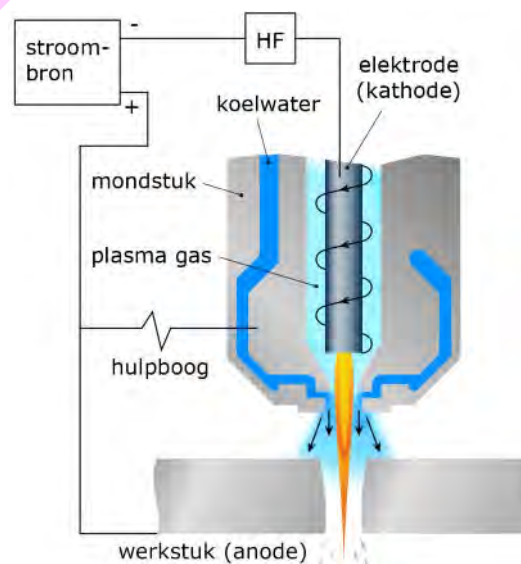


Autogeen brandsnijden

## 1.2 Hoe werkt plasmasnijden?

Bij plasmasnijden wordt een elektrische (vlam) boog getrokken tussen een niet-afsmeltende elektrode en het te snijden werkstuk. Door de elektrische boog tussen elektrode en werkstuk ontstaat plasma. Plasma is een geïoniseerd gas dat zeer hoge temperaturen kan bereiken. De elektrische boog wordt hoofdboog of 'overgedragen boog' genoemd.

Bij het 'starten' wordt met een hoogfrequente spanning tussen de elektrode en het koperen snijmondstuk een zogenaamde hulpboog of 'pilot boog' getrokken. Na ongeveer 0,5 - 1 seconde ontstaat de hoofdboog.



Schematische werking van plasmasnijden

Mede door de kleine boring in het snijmondstuk en het koelwater wordt de plasmaboog sterk ingesnoerd. Door deze insnoering loopt de temperatuur op tot ongeveer 24.000 °C. De uitstromende gassen krijgen door deze temperatuur een zeer hoge snelheid. Hierdoor ontstaat een heel dunne plasmaboog met een grote kinetische energie, die het materiaal doet smelten en het gesmolten materiaal uit de snede blaast.



*Dunne plasmaboog, grote kinetische energie*

### 1.3 Hoofdvormen van plasmasnijden

Er zijn twee hoofdvormen van plasmasnijden:

- plasmasmeltsnijden.  
Het materiaal dat je snijdt smelt in de snede. Het vloeibare materiaal wordt weggeblazen door de gasstroom.
- plasmasnijden met gedeeltelijke oxidatie.  
Het materiaal dat je snijdt verbrandt in de snede. Daarbij komt warmte vrij. Daarom heb je voor deze vorm van plasmasnijden minder energie nodig.

Andere vormen van plasmasnijden hebben meer te maken met de wijze van koeling, zoals:

- plasmasnijden met enkele gasstroom
- plasmasnijden met secundaire gasstroom
- plasmasnijden met perslucht
- plasmasnijden met waterinjectie
- plasmasnijden met waterscherm
- plasmasnijden onder water
- fijnstraal plasmasnijden.



*Plasmasnijden onder water*

### 1.4 Toepassingen van het plasmasnijden

Bij plasmasnijden loopt er een elektrische stroom tussen het plasmasnijapparaat (toorts) en het werkstuk. Dat betekent dat het materiaal dat je snijdt elektrisch geleidend moet zijn. Je kunt bijna alle metalen plasmasnijden. Metalen platen kunnen tussen de 1 mm en 150 mm dik zijn. Je kunt heel nauwkeurig snijden, bij een dunne plaat op 0,1 mm nauwkeurig. Je kan ook ingewikkelde vormen snijden. Dat doe je vaak met een (CNC) plasmasnijmachine. Handsnijden doe je alleen bij eenvoudige vormen en dunne plaat.



*CNC-plasmasnijmachine*

## 1.5 Veiligheid bij plasmasnijden

Plasmasnijden is niet geheel zonder gevaar.

Zorg daarom voor de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM):

- sluitende werkkleding (katoenen overall)
- werkhandschoenen (hoge temperaturen)
- lasbril (vlamboog las-/snijbril (straling))
- gehoorbescherming (geluidsniveau > 80 dB(A))
- voldoende afzuiging (giftige dampen).



*Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)*

## 1.6 Samenvatting

- Plasmsnijden is een thermisch proces.
- Bij plasmasnijden wordt een elektrische boog (hoofdboog) getrokken tussen een elektrode en het werkstuk. De hoofdboog wordt 'gestart' met een hulpboog. Het materiaal smelt door de hoge temperatuur van de hoofdboog. Het plasmagas blaast het gesmolten materiaal uit de snijsnede.
- Plasma is geïoniseerd gas en kan extreem hoge temperaturen bereiken.
- Er zijn twee hoofdvormen: plasmasmeltsnijden en plasmasnijden met gedeeltelijke oxidatie.
- Je kunt bijna alle metalen en metaallegeringen met plaatdikten van 1 - 50 mm plasmasnijden.



ERBBERE

## 2 Principe van het plasmasnijden en benodigde apparatuur

### Inleiding

Plasmasnijden is een thermisch proces. Bij plasmasnijden ontstaat een plasmaboog tussen plasmasnijtoorts en werkstuk. In de plasmasnijboog bevindt zich het hete plasmagas.



*Plasmaboog tussen toorts en werkstuk*

### Leerdoelen

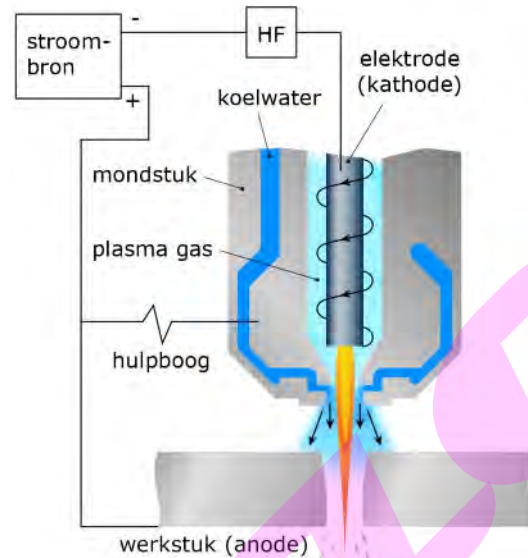
*Je kunt:*

- het principe van plasmasnijden uitleggen
- de belangrijkste delen van een plasmasnijmachine noemen
- verschillende manieren van plasmasnijden beschrijven
- kenmerken noemen van plasmasnijden
- voordelen en nadelen van plasmasnijden noemen
- hulpmiddelen noemen voor handmatig plasmasnijden.

## 2.1 Principe van plasmasnijden

Bij plasmasnijden ontstaat een elektrische boog (hoofdboog) tussen plasmasnijtoorts (elektrode) en het te snijden werkstuk. In de hoofdboog bevindt zich het hete plasmagas of geïoniseerde gas.

Met een hoogfrequente spanning wordt een hulpboog getrokken tussen de (wolfram) elektrode en het (koperen) snijmondstuk. De hulpboog 'ontsteekt' de hoofd- of overgedragen boog.



Principe van plasmasnijden

### Let op!

De elektrische boog (hoofdboog) is licht- en stralingsintensief (ultraviolet licht). Voordat je de hoofdboog 'start' moet je oogbescherming dragen, vlamboog las-/snijsbril of laskap.

Doordat de elektrode met de negatieve pool (kathode) van de stroombron is verbonden en het werkstuk met de positieve pool (anode) gaat de meeste opgewekte energie ( $\pm 70\%$ ) naar het snijden van het werkstuk.

De plasmasnijboog wordt bij het plasmasnijden sterk ingesnoerd door de boring in en de koeling van het mondstuk. De koeling kan perslucht, gas of water zijn. Door de insnoering bereikt de plasmasnijboog een zeer hoge temperatuur van  $15.000 - 30.000 \text{ }^\circ\text{C}$  en hoge snelheid.



Snijsmondstuk met boring

De snelheid van het (plasma)gas zorgt ook voor een geluidsniveau van 96 tot 115 dB (decibel), afhankelijk van het type koeling. De wettelijke geluidsgrens is  $\leq 80 \text{ dB}$ . Dit betekent dat je bij het plasmasnijden gehoorbescherming moet gebruiken.

Door de (ingeschakelde) plasmasnijtoorts over het werkstuk te bewegen, snijd je in het materiaal. Hierbij geldt: hoe dikker het materiaal, hoe groter de hoofdboog en hoe langzamer de beweging.

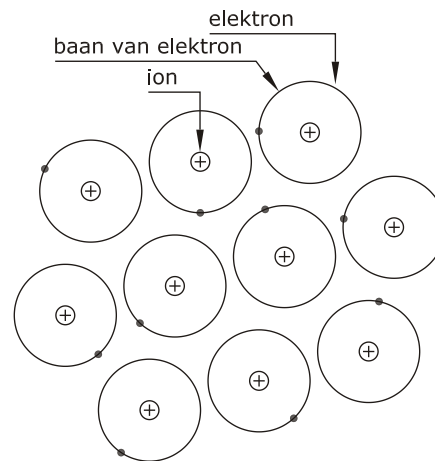


1. Waar bevindt zich het hete plasmagas?

\_\_\_\_\_

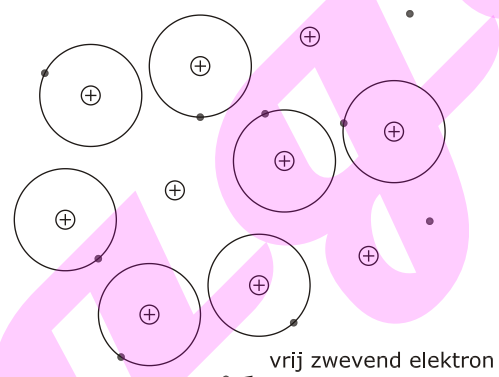
### Wat is geïoniseerd gas?

Gas bestaat uit gasmoleculen. Elk molecuul heeft een positieve kern en één of meer negatief geladen deeltjes. De positieve kern noem je ion. De negatief geladen deeltjes noem je elektronen. De elektronen draaien in een baan rond het ion. De lading van het ion is gelijk aan de totale lading van de moleculen die er omheen draaien. Dat betekent dat het molecuul elektrisch neutraal is.



Gasmoleculen

Een elektron kan uit zijn baan gestoten worden. Bijvoorbeeld als in het gas een elektrische ontlading (vonk) plaatsvindt of als het gas een hoge temperatuur heeft. Van het molecuul is dan alleen het ion nog over. Het elektron zweeft ergens tussen de andere moleculen. Geïoniseerd gas is gas met verschillende 'alleenstaande' ionen. In dit gas is dus het elektron van een aantal moleculen uit zijn baan gestoten. Je noemt dit ook wel gas in plasma-toestand (plasmagas).



Elektron uit zijn baan

#### De eigenschappen van gas in plasma-toestand

Gas blijft niet vanzelf in plasma-toestand. Er moeten steeds weer moleculen worden geïoniseerd. Dat doe je met elektrische stroom. Die zorgt ervoor dat er steeds weer elektrische ontladingen zijn. Een ion en een 'vrij zwevend elektron' kunnen weer bij elkaar komen. Dit noem je recombineren. Bij recombineren komt (extreem) veel warmte vrij. Met die warmte kun je materiaal snijden.

De warmte zorgt er ook voor dat de gasmoleculen sneller gaan bewegen. Hierdoor kunnen de moleculen hevig botsen. Bij het botsen kan een elektron uit zijn baan worden gestoten. De warmte zorgt er dus ook voor dat het ionisatieproces doorgaat.

2. Waarom moet je voordat je de hoofdboog start al oogbescherming dragen?

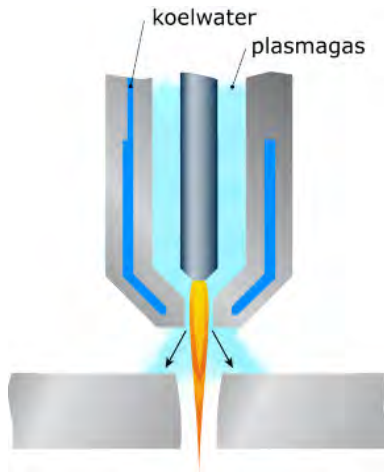
---



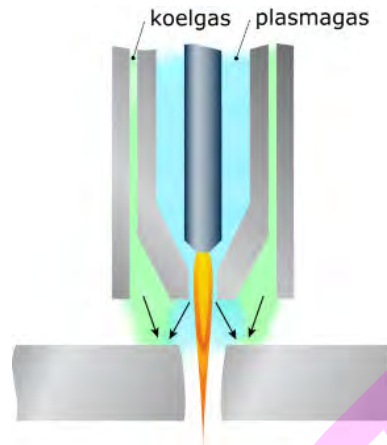
---

## 2.2 Koeling

Belangrijk bij het plasmasnijden is de manier van koeling. Je kunt koelen met perslucht, water, maar ook met gas.



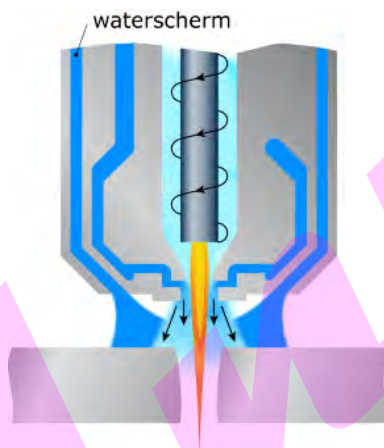
*Koeling met water*



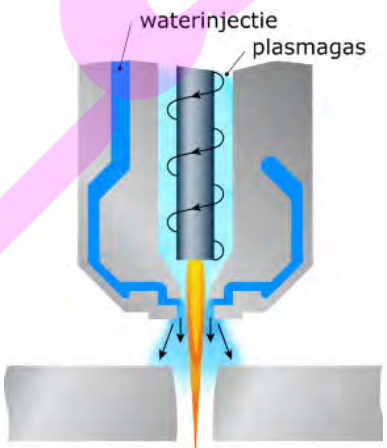
*Koeling met gas*

Andere manieren van koeling zijn:

- een waterscherm rond de plasmasnijboog
- inspuiten van water in de plasmasnijboog
- onder water snijden.



*Dual-flow watermantelkop*



*Waterinjectiekop*

Het type koeling hangt af van:

- de toepassing
- de materiaalsoort
- de dikte van het materiaal
- het benodigde vermogen van de plasmasnijmachine.

De snijmethoden verschillen van elkaar door het ontwerp van de plasmasnijtoorts, het materiaal van de elektrode, het gebruikte snijgas, eventueel te gebruiken beschermgas en de koeling.



3. Welke drie middelen kunnen voor koeling worden gebruikt?

---



---



---

## 2.3 Plasmasnijmachine

Plasmasnijmachines hebben drie hoofdonderdelen:

- plasmasnijtoorts
- stroombron
- gastoevoer.

### Plasmasnijtoorts

De plasmasnijtoorts is een heel belangrijk onderdeel van de plasmasnijmachine. De plasmasnijtoorts bestaat uit een elektrode (3), mondstuk (4), koelmantel (1), water- en gastoevoeren. Hoe de plasmasnijtoorts er uitziet, hangt af van de plasmasnijmethode. Als je met zuurstof snijdt en koelt met water, dan is de constructie van je plasmasnijtoorts anders dan wanneer je alleen snijdt met argon.

1. Toorts met koelmantel (waterkoeling)
2. Elektrodehouder
3. Elektrode (wolfram)
4. Mondstuk 'nozzle' (koperlegering)
5. Hitteschildhouder
6. Hitteschild 'cup'
7. Afstandhouder (geleider)



### Let op!

Probeer nooit zelf onderdelen te maken of te repareren.

Door de heel hoge temperaturen zijn speciale materialen en koeling nodig. Voor de elektrode wordt wolfram, hafnium of zirkonium gebruikt, afhankelijk van het gebruikte gas. Het plasmagas wordt door het (snij)mondstuk ingesnoerd tot een straal. De mondstukopening (boring) van het mondstuk bepaalt de stroom van het plasmagas. Bij dun materiaal en lage stroomsterkten (40-80 ampère) kun je een heel kleine boring (< 3 mm) gebruiken.

Het mondstuk is meestal gemaakt van een koperlegering. Koper geleidt zowel elektriciteit als warmte uitstekend. Koperlegeringen zijn vrij zacht. Het mondstuk is hierdoor kwetsbaar voor beschadigingen en slijt snel door gebruik. Daarom wordt het mondstuk met gas of water gekoeld.

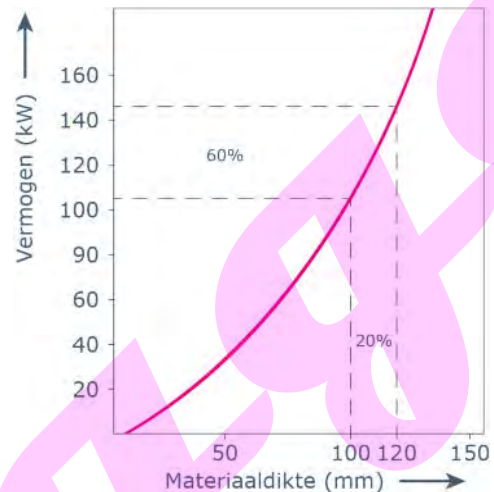
### Stroombron

De stroombron levert de spanning voor de plasmasnijboog en de stroom die door de plasmasnijboog loopt. Kleine installaties voor dunne plaat werken op een spanning van 230 volt en kunnen 40-80 ampère stroom leveren. Grote plasmasnij-installaties werken met een spanning van 400 volt en een stroom tot 1000 ampère.

De stroomsterkte die de bron levert is regelbaar. Met de stroomsterkte regel je het snijvermogen (zie grafiek).



'Draagbare' plasmasnij-installatie



Snijvermogen voor het snijden van roestvast staal

Voor het berekenen van het vermogen ( $P$ ) geldt:

Formule voor vermogen $P$
$P = U \times I$
$U$ = spanning [in volt V]
$I$ = stroomsterkte [ampère A]

Bij een dunne plaat heb je een lagere stroomsterkte nodig.

**Let op!**

De machine moet tijdens onderhoudswerkzaamheden spanningsloos zijn. Denk eraan dat er open spanning op de toorts kan staan als de machine is ingeschakeld maar je nog niet snijdt.

4. Waardoor wordt de stroom van het plasmagas bepaald?

---



---

## Gastoevoer

Gas wordt onder druk toegevoerd. Bij gebruik van gas uit flessen is de druk tussen 10 en 15 bar. De gasstroom ligt tussen 50 tot 130 liter per minuut. De gasstroom is afhankelijk van de boring in het mondstuk. Hoe groter de boring, hoe meer gas je verbruikt. De gastoevoer wordt ook hoger bij een groter snijvermogen. Het gasverbruik is afhankelijk van het soort gas dat wordt gebruikt.

Als je alleen argongas gebruikt moet je het materiaal ook nog wegblazen. Zonder zuurstof is de oppervlaktespanning hoger. Het metaal dat je snijdt is dikker vloeibaar, waardoor je meer gas nodig hebt om het weg te blazen.

Bij perslucht gebruik je een lagere druk, 4 tot 5 bar. Het verbruik is dan hoger. Perslucht is samengeperste lucht. In perslucht zit stikstof en zuurstof.

Bij gebruik van zuurstof komt extra warmte vrij door de verbranding van metaal uit de snede. Je kunt dan tot 30% hogere snijsnelheden halen dan bij perslucht. Met zuurstof is een daling van het energieverbruik mogelijk tot 50%. De zuiverheid van de zuurstof is dan heel belangrijk.

### Let op!

De hoeveelheid plasmagas moet in balans zijn met de gebruikte snijstroom en de boring in het mondstuk. Als de plasmastroom te laag is kan 'double arcing' ontstaan. Bij 'double arcing' zal de plasmaboog eerst van de elektrode naar het mondstuk gaan, en daarna van van het mondstuk naar het werkstuk. Het gevolg van 'double arcing' is dat het mondstuk en mogelijk ook andere delen van de toorts wegsmelten.



*Verbrand mondstuk*

## 2.4 Voor- en nadelen plasmasnijden

### Voordelen

Voordelen van plasmasnijden:

- alle geleidende materialen kunnen worden gesneden
- bij dunne platen worden hoge snijsnelheden gehaald
- door de hogere energiedichtheid is er minder vervorming van de plaat
- dunne platen kunnen gesneden worden met (pers)lucht als plasmagas.

### Nadelen

Nadelen van plasmasnijden:

- plasmasnijden is duurder dan autogeen snijden
- bij verschillende processen worden relatief dure inerte (niet reactieve) plasmagassen gebruikt zoals argon en waterstof
- bij het snijproces komen gassen vrij, deze moeten worden afgezogen
- ogen moeten beschermd worden tegen het ultraviolette licht van de plasmasnijboog
- plasmasnijden veroorzaakt veel lawaai. Afhankelijk van de stroombron en de geluidsabsorptie (koelmethode) kan dit oplopen tot 115 dB.





5. Wat zijn de drie hoofdonderdelen van de plasmasnijmachine?

---

---

---

## 2.5 Hulpmiddelen

Om de plasmasnijtoorts zo goed mogelijk te bewegen, kun je bij handmatig plasmasnijden gebruikmaken van hulpmiddelen. Bijvoorbeeld toortswieltjes, geleidingen of kleine snijwagens op rails.

De stroom, het gas en eventuele koeling gaan door kabels naar de plasmasnijtoorts.



*Plasmattoorts op snijwagen met geleiding*

### Let op!

Let erop dat de kabels lang genoeg zijn. De plasmasnijtoorts moet je zonder problemen kunnen gebruiken tot in de verste hoek van je werkstuk. Kabelgeleidingen en/of kabelophangingen kunnen nuttig zijn.

## 2.6 Samenvatting

- Met plasmasnijden kun je plaatmateriaal snijden dat autogeen niet te snijden is.
- De plasmasnijmachine bestaat uit drie onderdelen: de plasmasnijtoorts, de stroombron en de gastoevoer.
- Je kunt met perslucht of zuurstof snijden. Dit is veel goedkoper dan snijden met argon of waterstof.
- Plasmasnijden heeft zowel voordelen als nadelen. Ondanks de nadelen wordt handmatig plasmasnijden steeds meer toegepast voor dun plaatmateriaal.
- Hulpmiddelen voor handmatig plasmasnijden zijn toortswieltjes, snijwagens, kabelgeleidingen en ophangingen.

WINKELBOEK

## 2.7 Antwoorden

*Antwoord 1*

in de hoofdboog

*Antwoord 2*

De elektrische boog (hoofdboog) is licht- en stralingsintensief (ultraviolet licht).

*Antwoord 3*

- perslucht
- water
- gas.

*Antwoord 4*

door de mondstukopening (boring) van het mondstuk

*Antwoord 5*

- plasmasnijtoorts
- stroombron
- gastoevoer.

WZWB

### 3 Plasmagassen en koeling

#### Inleiding

Bij het plasmasnijden wordt met (geïoniseerd) gas en elektriciteit temperaturen gehaald van meer dan 20.000 °C. Bij zulke temperaturen moet de plasmatoorts gekoeld worden. Dit kan op verschillende manieren, met water of gas.



*Plasmasnijden met waterinjectie als koeling*

#### Leerdoelen

*Je kunt:*

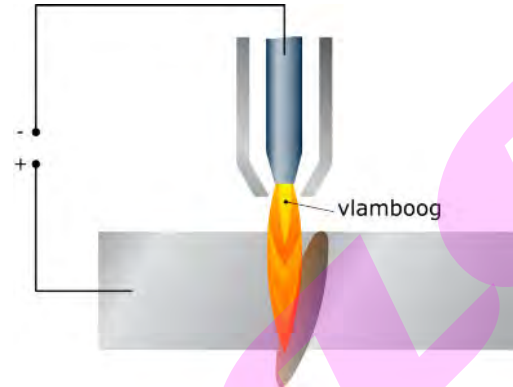
- aangeven wat een plasmaboog is
- aangeven waarom je secundair gas gebruikt
- aangeven wat het belang van koeling is
- aangeven wat een waterscherm doet
- aangeven wat de voordelen van een waterscherm zijn.

### 3.1 Plasmaboog

Bij plasmasnijden gebruik je de elektrische energie om van gas een heet plasmagas te maken. Om een hogere energiedichtheid te bereiken moet de plasmaboog worden ingesnoerd. Dit kan met gas of water.

#### Plasmasmeltsnijden (enkel gasstroom)

De meest voorkomende vorm van (conventioneel) plasmasnijden is het plasmasmeltsnijden. Deze methode is ook bekend als 'plasmasnijden met enkele gasstroom'. Bij plasmasmeltsnijden wordt de plasmaboog ingesnoerd door een met gas, lucht of water gekoeld mondstuk.



*Principe plasmasmeltsnijden*

Het voordeel van plasmasmeltsnijden is dat er weinig extra (veiligheid) maatregelen nodig zijn, anders dan de gebruikelijke persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM). Wel is een goede afzuiging noodzakelijk.

#### **Nadeel van deze methode is:**

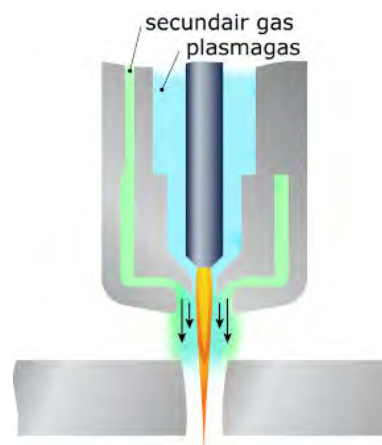
- dat de plasmastraal relatief breed is en breder wordt naarmate de straal verder van het mondstuk verwijderd is
- dat het werkstuk weinig wordt gekoeld
- dat het veel lawaai, straling, damp en stank (emissie) produceert.

#### Secundair gas (dubbel gasstroom)

De nieuwste snijtechnieken streven naar een verhoging van de energiedichtheid in de plasmasnijboog.

Omdat de plasmasnijboog dan geconcentreerd wordt kun je een hoge snijsnelheid bereiken. Door deze hogere snijsnelheid wordt het werkstuk minder heet langs de snede en vervormt minder.

Bij plasmasnijden met een secundair gas snoert een tweede gasstroom de plasmastraal verder in door deze te omsluiten. Het plasmagas is vaak argon, een argon-waterstof mengsel of stikstof.



*Toepassing van een secundair gas*

Het te snijden materiaal bepaald de samenstelling van het secundaire gas:

- bij (ongeleerd) staal gebruik je perslucht, zuurstof ( $O_2$ ) of stikstof ( $N_2$ )
- bij roestvast staal gebruik je stikstof, argon-waterstof mengsel ( $A_r/H_2$ ) of kooldioxide ( $CO_2$ )
- bij aluminium gebruik je stikstof of een argon-waterstofmengsel.

Het voordeel van een reactief secundair gas en een inert plasmagas is dat een wolframelektrode kunt gebruiken. De wolframelektrode zit binnen in de toorts.

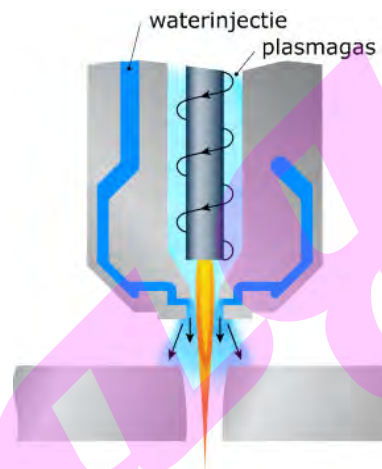
**Let op!**

Een wolframelektrode is niet bestand tegen een actief gas zoals zuurstof of perslucht. Als je zuurstof of perslucht gebruikt moet je een hafnium of zirkonium elektrode gebruiken. Hafnium of zirkonium vormen in verbinding met zuurstof aan het oppervlak een (hoogsmeltende) elektrisch geleidende 'film' die de elektrode beschermt.

Een hafnium en zirkonium elektrode is aanzienlijk duurder dan een wolframelektrode. Daar staat tegenover dat perslucht goedkoper is dan een inert gas zoals argon.

**Waterinjectie**

Hierbij wordt de plasmastraal verder ingesnoerd door waterinjectie. Het water wordt tangentieel (spiraalgewijs) geïnjecteerd, tussen het snijmondstuk en een keramisch mondstuk. Hierdoor wordt de plasmaboog zeer sterk ingesnoerd, wat in combinatie met verdamping en ionisatie van een gedeelte van het water leidt tot boogtemperatuur van ca. 30.000 °C. Tegelijk koelt de waterstraal het werkstuk waardoor deze minder vervormt.



Waterinjectie

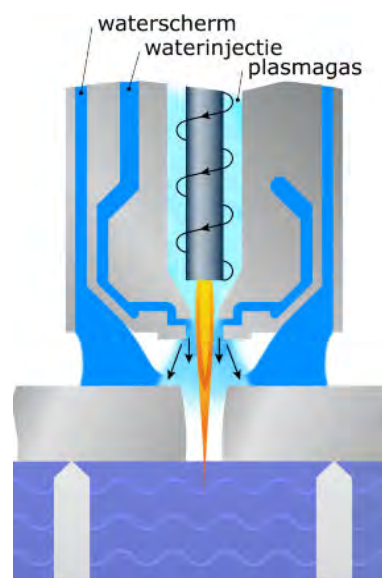
Voordelen van waterinjectie zijn:

- betere snedekwaliteit
- hogere snijsnelheid
- minder uitstoot van gassen
- minder slijtage van het snijmondstuk.

**Waterscherm**

Bij plasmasmeltsnijden moet je de rookgassen boven en onder het werkstuk afzuigen. Die vorm van afzuiging is niet ideaal. Het plasmasnijden met waterscherm zorgt ervoor dat de plasmastraal omgeven is door een waterscherm (waterdouchekop).

Het waterscherm vermindert snijrook, straling, geluid en koelt het werkstuk. In de praktijk gebruik je deze variant meestal in combinatie met waterstraalinjectie en een watersnijtafel. De onderkant van het werkstuk ligt in het water.



Toepassing van een waterscherm