

# Autogeen snijden vergeten ?.... vergeet het maar!

Rien van der Schelde – Air Products Nederland BV

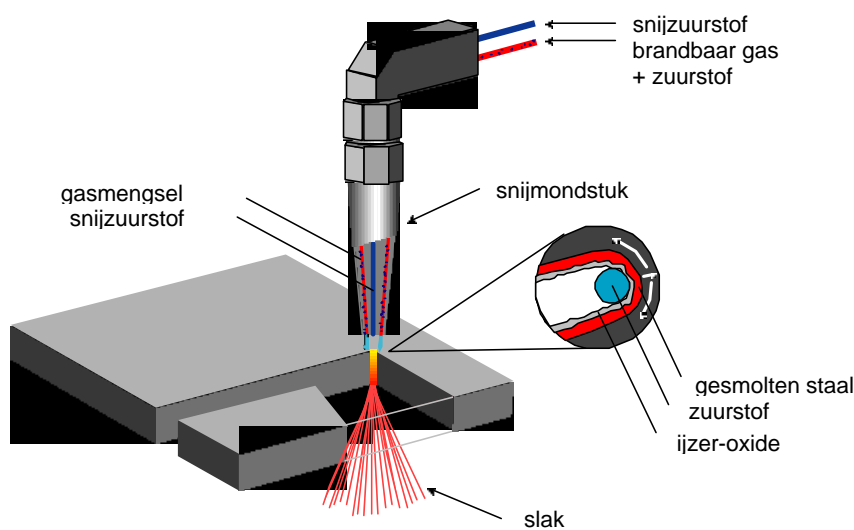


## Inleiding

Het oudste proces voor het snijden van staal is het autogene proces waarbij de vlam het materiaal verhit tot ontstekingstemperatuur en de extra toegevoerde zuurstof daarna het snijproces uitvoert. Andere snijmethoden als plasma, laser en waterstraal zijn ontwikkeld om (veelal) ook andere metalen dan staal te kunnen snijden, maar deze hebben daarnaast beperkingen zoals de hoogte van het investeringsbedrag, de maximaal te snijden dikte of de snijsnelheid. Nog steeds is het autogeen snijden het meest toegepaste thermische snijproces in de metaalverwerkende industrie en het verdient dan ook de volle aandacht. Nog te vaak ervaren wij in de dagelijkse praktijk dat niet het optimaal mogelijke uit het proces wordt gehaald wat betreft snijsnelheid of snederesultaat. Mogelijk dat de kennis wat is weggezakt door alle aandacht voor genoemde andere “modernere” methoden. Dit artikel maakt u weer bewust van de mogelijkheden bij het snijden met de vlam.

## Procesprincipe

Het principe van het autogeen snijden berust op de verbranding van het ijzer uit het staal met zuurstof. Alvorens tot verbranding te komen zal het materiaal eerst tot ontstekingstemperatuur (ca. 1150 °C) gebracht moeten worden door middel van de voorwarmvlam met een mengsel van brandbaar gas en zuurstof.



Figuur 1 : Snijprincipe

De centraal toegevoerde snijzuurstof geeft vervolgens een verbrandingreactie van het metaal die sterk exotherm is en waarbij dus veel warmte vrijkomt die het proces in zowel de dikte- als de

snijrichting op gang houdt. Het gevormde ijzeroxide of slak wordt door de kinetische energie van de zuurstofstraal uit de snijvoeg geblazen, waardoor de snijvoeg ontstaat.

Er zijn echter voorwaarden verbonden aan het autogeen snijden:

- Het materiaal moet boven een bepaalde temperatuur snel met zuurstof reageren
- De ontstekingstemperatuur moet lager zijn dan de smelttemperatuur
- De gevormde oxyden moeten dunvloeibaar zijn en een lager smeltpunt hebben dan het te snijden materiaal zelf
- De verbranding moet exotherm verlopen
- De warmtegeleiding van het te snijden materiaal moet laag zijn
- Zo min mogelijk gasvorming ten gevolge van de verbrandingsproducten in verband met verontreiniging van de zuurstofstraal.

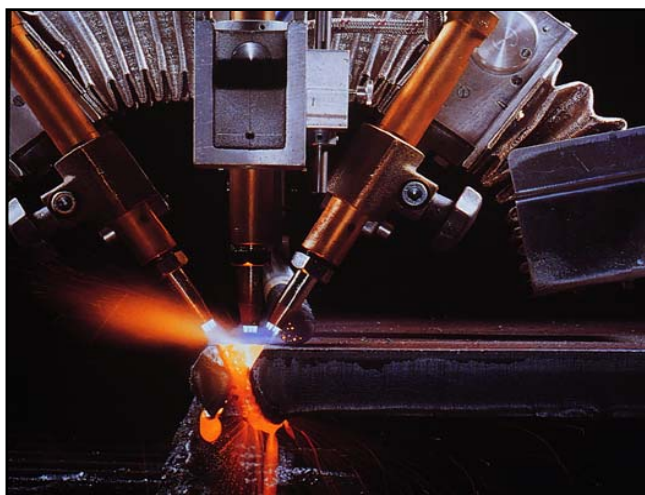
Alleen ongelegeerd en laaggelegeerd staal, met laag gehalte aan koolstof en legeringselementen, voldoen aan deze voorwaarden. Andere materialen hebben veelal een hoger smeltpunt van de gevormde oxyde / slak dan het basismateriaal. Voorbeeld hiervan is roestvast staal waarvan de chromoxyde ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) - een belangrijk aandeel van de slak - met een smelttemperatuur van bijna 2000 °C ver boven die van het RVS zelf ligt.

## De snijpraktijk

Gezien de procesvoorwaarden is er dus een beperking in het aantal typen materialen dat autogeen is te snijden, maar zo zijn de mogelijkheden ten aanzien van de te snijden plaatdikte vrijwel onbeperkt en uniek te noemen. Vanaf circa 3 mm tot meer dan 1000 mm plaatdikte is met de vlam te snijden.

Andere thermische snijprocessen moeten bij een dikte vanaf ongeveer 25 mm afhaken.

De toepassingen liggen in het zowel handmatig als gemechaniseerd snijden van plaatdelen in de constructie, machine-, apparaten- en scheepsbouw. Zowel rechte, schuine en meervoudige sneden, zoals bij een lasnaadvoorbereiding, zijn mogelijk met een hoge snedekwaliteit bij een juiste gaskeuze en afstelling van de branders.



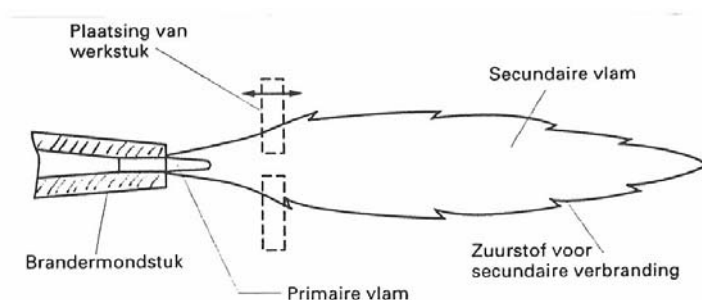
Figuur 2 : K-naad lasvoorbereiding met 3 branders

Het gebruik van meerdere branders tegelijk op de snijbank geeft een geweldige vergroting van de capaciteit en verlaging van de toch al lage snijkosten per meter. Daarnaast heeft de vlam, in vergelijking met andere snijprocessen, veel minder "last" van de aanwezigheid van primer of roest op de plaat. De voorwarmvlam reinigt als het ware door middel van verbranding het plaatoppervlak zodat de snijzuurstofstraal ongehinderd het onderliggende materiaal bereikt. Daarnaast geeft de voorwarmvlam ondersteuning aan die snijzuurstof opdat deze zo zuiver mogelijk blijft. Dit is van groot belang aangezien verontreiniging van de zuurstof een minder effectieve verbranding geeft, de straal in de dikterichting van de plaat afbuigt en daarmee de zogenaamde "naloop" veroorzaakt. Het niet doorsnijden of kunnen uitnemen van het product omdat deze nog op de hoeken vast zit is het gevolg.

Ook de te bereiken snijsnelheid is mede afhankelijk van de zuurstofkwaliteit die minimaal 2.5 (99,5%) zuiver moet zijn voor een goed snij resultaat.

## Eigenschappen van de vlam

Het voorgemengde gas/zuurstof mengsel zal na uittreden uit de brander komen in de zogenaamde primaire verbrandingskegel. Hier zal het brandbare gas thermisch uiteenvallen (I) in zijn componenten koolstof en waterstof waarbij de (positieve of negatieve) vormingswarmte vrijkomt. De componenten zullen vervolgens met een deel van de toegevoerde zuurstof als primaire verbranding CO, CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O vormen (II) waarbij ook warmte vrijkomt. Tegelijkertijd vindt er weer dissociatie (III) plaats omdat de gevormde produkten in de primaire verbranding bij de hoge temperatuur instabiel zijn. Tenslotte zal met de zuurstof uit de omringende lucht in het tweede gedeelte van de vlam de secundaire verbranding plaatsvinden. Schematisch is de verbrandingszone hier aangegeven.



Figuur 3 : Verbrandingszone

Voor het autogene snijproces is alleen de opgewekte energie in de primaire vlam van belang, dus de som van (I) + (II) – (III), omdat aan de tip van de primaire kegel de hoogste vlamtemperatuur heerst.

Voor de verschillen in verbrandingswarmte tussen de diverse brandbare gassen onderling is het thermisch verval in grote mate verantwoordelijk. Afhankelijk van het al dan niet verzadigd zijn van de betreffende koolwaterstof wordt bij het thermisch verval energie opgenomen of afgegeven. Bij onverzadigde gassen als propyleen, acetyleen en methylacetyleen zal door de dubbele of drievoudige bindingen meer energie vrijkomen.

De zuurstofbehoefte van het brandbare gas om de maximale vlamtemperatuur te behalen is ook onderling verschillend en bepaalt mede het vlamvolume.

Enkele belangrijke eigenschappen van een aantal brandbare gassen zijn in tabel 1 samengevat.

| Gassoort                         | Vormingswarmte (kJ / m <sup>3</sup> ) | Zuurstof / Gas verhouding (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | Max. vlamtemp. (°C) |
|----------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------|
| Acetyleen                        | + 140.000                             | 1,5 : 1   | 3160                |
| Methylacetyleen                  | + 74.000                              | 2,9 : 1   | 3010                |
| Mapp S / Tetreen <sup>1,2)</sup> | + 70.000                              | 3,5 : 1   | 2920                |
| Propyleen / Apachi <sup>1)</sup> | + 60.000                              | 3,7 : 1   | 2890                |
| Propaan                          | - 38.000                              | 4,3 : 1   | 2810                |
| Methaan / Aardgas                | - 75.000                              | 1,8 : 1   | 2770                |

1) Apachi , Mapp S , Tetreen zijn handelsnamen

2) Mapp S en Tetreen zijn mengsels van ondermeer methylacetyleen, propyleen en propaan ; sommige aangeboden koolwaterstoffen kunnen het kankerverwekkende butadieen bevatten.

Tabel 1 : Eigenschappen brandbare gassen

## Gaskeuze

Hoewel het eigenlijke autogeensnijden met zuurstof plaatsvindt, is zoals hierboven beschreven ook het brandbare gas voor de voorwarmvlam van groot belang. Wat willen we bereiken met die voorwarmvlam? Een zo snel mogelijke aanwarming tot ontstekingstemperatuur van een zo mogelijk

kleine spot om het snijproces te kunnen starten. De eigenschappen van het ontstoken gasmengsel brandbaar gas / zuurstof als de voorwarmvlam zijn dan ook bepalend voor de benodigde aanwarmtijd, de gatspuittijd, de snijsnelheid, de breedte van de warmte beïnvloede zone (WBZ) en de vervorming van de plaat. Het beste resultaat is te verkrijgen bij een vlam met een hoge vlamtemperatuur, een hoog specifiek vlamvermogen (kJ/mm<sup>2</sup>.sec) – beide voor een snelle warmte-overdracht– en een klein vlamvolume om de te verwarmen spot, de WBZ en de vervorming zo klein mogelijk te houden.

Deze eigenschappen zijn het best verenigd in de acetyleen/zuurstof vlam, het onge kroonde koningskoppel van de autogene snijtechniek.

Mede bepalend bij de gaskeuze zijn factoren als gaskosten, hoewel deze minder dan circa 10% van de snijkosten per uur bedragen, te snijden materiaaldikte(n), aantal starts / gatspuitingen, gemiddelde snedelengte, vereiste snede kwaliteit, haakse en of schuine snedes enzovoort. De specialisten van Air Products kunnen voor uw toepassing en bedrijfsomstandigheden op basis van enkele kengetallen een overzichtelijke kosten vergelijking maken tussen verschillende brandbare gassen. Bevestig hiermee uw keuze of bespaar op uw snijkosten. Een voorbeeld van zo'n berekening is vermeld in tabel 2.

| AIR PRODUCTS   |                    | Datum        | 13/Apr/05     |           |
|--|--------------------|--------------|---------------|-----------|
| Tel: 020-4353535   |                    | Firma        | Snijgraag     |           |
| SNIJKOSTENVERGELIJKING   |                    |              |               |           |
| BASISGEGEVENS  |                    |              |               |           |
| Uren/jaar  | hr/jr              |              | 1600          |           |
| Inschakelduur  | %                  |              | 40            |           |
| Investering  | €                  |              | 75,000        |           |
| Afschrijvingstermijn   | jr                 |              | 5             |           |
| Rente percentage   | %                  |              | 8             |           |
| Onderhoud  | €/jr               |              | 1,150         |           |
| Loonkosten   | €/hr               |              | 35            |           |
| Loon- & machinekosten  | €/hr               |              | 47            |           |
| Kosten ombouw C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>                    | €                  |              | 0             |           |
| KOSTENVERGELIJKING   |                    |              |               |           |
| Gassoort   |                    |              | Propanaan     | Acetyleen |
| Prijs gas  | €/kg               |              | 0.45          | 4.50      |
| Prijs zuurstof   | €/m <sup>3</sup>   |              | 1.15          | 1.15      |
| Materiaaldikte   | mm                 |              | 10            | 10        |
| Gem. snedelengte   | mtr                |              | 1.0           | 1.0       |
| Snijsnelheid   | mm/min             |              | 550           | 650       |
| Voorwarmtijd   | sec                |              | 16            | 6         |
| Aantal branders  | per/mach.          |              | 2             | 2         |
| Gasverbruik  | l/hr               |              | 370           | 420       |
| Voorwz. verbruik   | l/hr               |              | 1480          | 504       |
| Snijzuurstof   | l/hr               |              | 2800          | 2800      |
| Gasverbruik totaal   | kg/jr              | 900          |               | 592       |
| Zuurstofverbruik totaal  | m <sup>3</sup> /jr | 5020         |               | 4010      |
| Gaskosten totaal   | €/jr               | 405          |               | 2,664     |
| Zuurstofkosten totaal  | €/jr               | 5,773        |               | 4,612     |
| Totale zuivere snijtijd  | hr                 | 558          |               | 601       |
| Totale machinetijd   | hr                 | 640          |               | 640       |
| Totale snijlengte  | mtr/jr             | 36837        |               | 46873     |
| Totale kosten  | €/jr               | 81,328       |               | 82,426    |
| Kosten/meter   | €/mtr              | 2.21         |               | 1.76      |
| Omschakeling naar acetyleen levert u :                         |                    | in geld €,-  |               |           |
| <b>- een reductie van de kosten per meter van :</b>            |                    | <b>20.4%</b> | <b>0.45</b>   |           |
| <b>- een vergroting van de snijcap. (incl. voorw.) van :</b>   |                    | <b>27.2%</b> | <b>22,180</b> |           |
| <b>- een jaarbesparing van : (excl extra beschikbare uren)</b> |                    | <b>6.5%</b>  | <b>5,256</b>  |           |

Tabel 2 : Snijkosten vergelijking

## Branderds en snijmondstukken

Net als bij de brandbare gassen zijn er verschillende branders en typen snijmondstukken op de markt. De meest toegepaste brander is van het type "injecteur", waarbij het brandbare gas door de

hogere druk en stromingssnelheid van de zuurstof in de brander wordt aangezogen en gemengd. Voordeel van dit type brander is het tijdens het proces niet verlopen van de ingestelde waarden ten gevolge van het warmer worden van het mondstuk aan de brander. Het gevolg is een constante kwaliteit van de snede, zij het met enige gevoeligheid voor bedieningsfouten. Het andere type is de gelijke druk brander waarbij de gas- en zuurstofdruk gelijk is en de menging pas plaats vindt in de snijkop van de brander. Bedieningsgemak is een voordeel, maar dit weegt veelal niet op tegen de nadelen als een hogere aanschafprijs, het genoemde verlopen van de instellingen en minder constante kwaliteit.

De te gebruiken snijmondstukken zijn afhankelijk van het te gebruiken brandbare gas. Zo zijn er mondstukken voor acetyleen, propaan en menggas vanwege de verschillen in de zuurstof behoefte van die gassen. Elk gas vereist een andere boring van de gaskanalen. Verder onderscheiden de typen per gassoort zich in standaard, hoge snelheid en gordijn mondstukken. De laatste worden ook wel "super high speed" mondstukken genoemd omdat de snijsnelheid aanmerkelijk hoger is dan bij de andere. Deze mondstukken zijn inzetbaar over een groot diktebereik. Nadeel is het hogere zuurstofgebruik door de rondom extra aangebrachte boringen voor de zuurstof die als een gordijn de voorwarmvlam en snijzuurstof afschermen van storende invloeden als bijvoorbeeld tocht of turbulentie in de omringende lucht. Uit een enkele jaren geleden FME onderzoekproject "Scheidingstechnieken" waarbij diverse typen mondstukken onder praktijkomstandigheden zijn getest is ondermeer gebleken dat snijtabellen veelal te weinig houvast bieden voor de instellingen van het gasgebruik en de snijsnelheid.

Met kennis van zaken, goede voorlichting, kostenvergelijking en praktijkgerichte ondersteuning door specialisten kan Air Products uw mogelijk "vergeten" autogene snijtechniek weer op concurrerend niveau brengen.