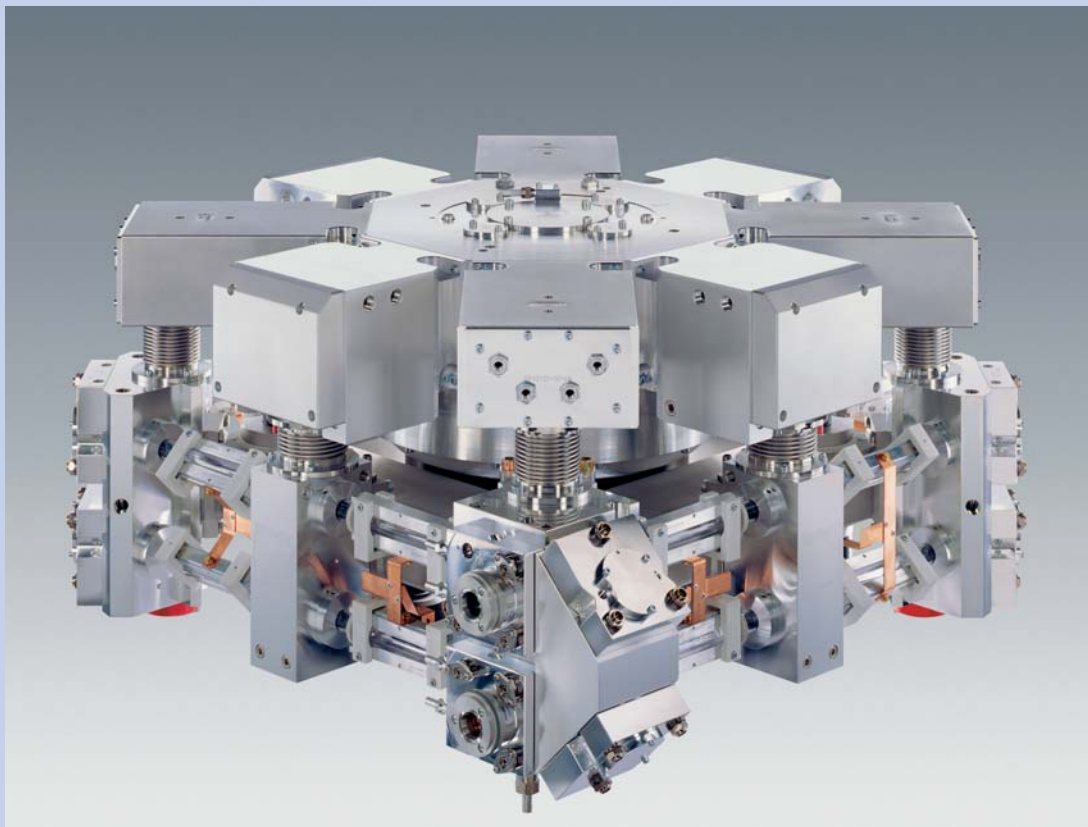


DOOR: REINOLD TOMBERG

# Lasers

## voor plaatbewerking



*De CO<sub>2</sub>-laser is momenteel hét werkpaard voor de plaatbewerking. Bij deze vierkant opgebouwde laser zit in het midden een turboventilator voor de koeling. Via het bovendeeel met de acht koeldelen in stervorm wordt het lasergas gekoeld. Onder de buizen met het koolzuurgas zien we de elektroden voor het opwekken van de straling en spiegels voor het geleiden van de laserstraal (foto: Trumpf)*

Nemen bij plaatbewerking de vastestoflasers de rol over van CO<sub>2</sub>-lasers? Of zijn de vastestoflasers een nuttige aanvulling op de mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-lasers? Wie het weet mag het zeggen! Duidelijk is wel dat vorig najaar tijdens de EuroBlech in Hannover (D) veel leveranciers nieuwe fiberlasers presenteerden. In dit artikel zetten we een aantal zaken rondom lasers voor de plaatbewerking op een rijtje.

Grofweg zijn de lasers voor plaatbewerking, gelet op het actieve medium, in te delen in twee klassen: gas- en vastestoflasers. Het actieve medium is het werkzame medium van een laserbron waarin door energietoever de lichtdeeltjes van het laserlicht ontstaan. Naast gas- en

vastestoflasers zijn er ook vloeistoflasers (de zogeheten 'dye laser'), maar in de algemene metaalbewerking treffen we deze laser niet aan.

**CO<sub>2</sub>-laser hét werkpaard**

De meest gebruikte gaslaser in de plaatbewerking is de koolstofdioxidelaser, de CO<sub>2</sub>-laser. Het actieve medium van deze laser is koolzuurgas met bijmenging van andere gassen als stikstof en helium. De laserbron van de CO<sub>2</sub>-gaslaser genereert licht met een golflengte van 10,64 micrometer (10<sup>-6</sup> m, infrarood). De CO<sub>2</sub>-laser is overigens hét werkpaard in de metaalindustrie voor werkzaamheden als lasersnijden en -lassen. Ter vergelijking: zichtbaar licht bestrijkt pakweg het golflengtegebied van 400 nm tot 800 nm (nanometer, 10<sup>-9</sup> m). Bij golflengtes boven de 780 nm is er sprake van infraroodlicht. Bij golflengtes onder de 380 nm hebben we het over ultraviolet licht. Rood is de langste golflengte die een mens kan zien, violet is de kortste zichtbare golflengte, vandaar deze benamingen.

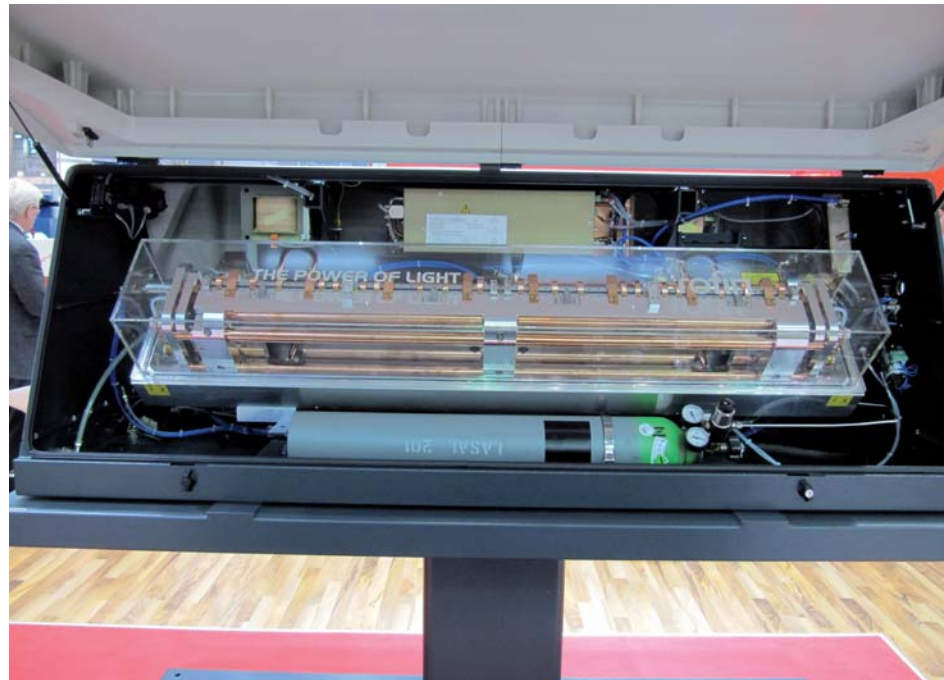
Naast CO<sub>2</sub>-lasers zijn er ook andere typen gaslasers die we in de wereld om ons heen aantreffen bijvoorbeeld heliumneonlasers in de meettechniek, gaslasers met geïoniseerde gasatomen voor lasershow's, excimerlasers in de halfgeleiderindustrie, metaaldamplasers zoals de koperdamplaser voor o.a. metaalbewerking, en chemische lasers voor militaire toepassingen. In het kader van dit artikel gaan we niet verder op deze gaslasers in, maar beperken we ons tot de CO<sub>2</sub>-laser voor de plaatbewerking.

### Gasontlading

Omdat het lasermedium van de CO<sub>2</sub>-laser gasvormig is, kan de energie die nodig is voor het opwekken van de laserstraling via een gasontlading in het medium worden gebracht ('gepompt'). Het toevoeren van energie kan bijvoorbeeld geschieden door inwendige elektroden waardoor een gelijkstroom loopt. Een andere manier om de energie op te wekken voor het laserlicht voor CO<sub>2</sub>-lasers is het gebruik van condensatorplaten (uitwendige elektroden) waarop een wisselspanning wordt gezet. We zien RF- of HF-geëxciteerde CO<sub>2</sub>-lasers (RF staat voor 'Radio Frequentie' en HF is de afkorting voor 'Hoge Frequentie').

Naast het onderscheid tussen DC- of AC-energietoevoer aan het gas wordt er bij CO<sub>2</sub>-lasers ook vaak gesproken over de 'slablaser' als een aparte laserklasse. Op zich is dit niet juist: 'slablaser' is een merknaam. Een betere omschrijving is diffusiegekoelde CO<sub>2</sub>-laser.

Bij CO<sub>2</sub>-lasers zien we drie koelvormen: dwarsstroom-, langsstroom- en diffusiegekoelde lasers. Bij een diffusiegekoelde CO<sub>2</sub>-laser wordt geen gas rondgepompt: de warmte, opgewekt in het actieve medium door de HF-excitatie van het lasermedium, wordt door middel van warmtegeleiding naar de elektroden afgevoerd. Deze worden door middel van koelwater gekoeld. Bij de dwarsstroom- en langsstroom-gekoelde la-



Een slablaser van Rofin Sinar gefotografeerd op de EuroBlech 2010 in Hannover. Dit is een diffusiegekoelde gaslaser (foto: Reinold Tomberg)

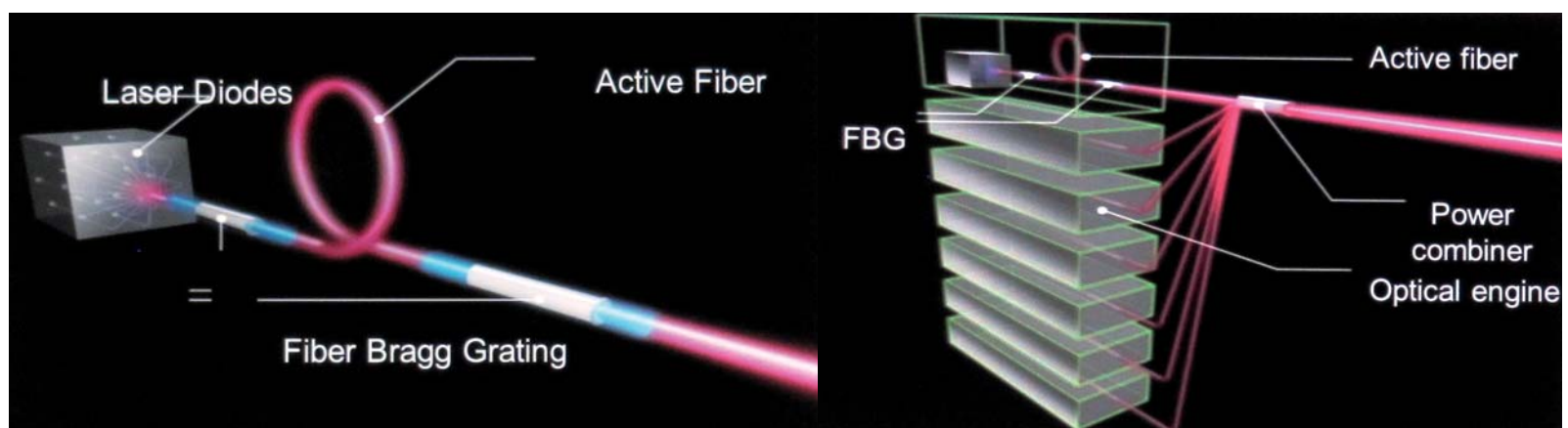
sers wordt door middel van warmtewisselaars de warmte aan het gasstroom onttrokken. Een voordeel van de diffusiegekoelde laser is het relatief lagere gasverbruik. Een nadeel is dat het uitgaande, rechthoekige laserlicht omgevormd moet worden voor de eigenlijke plaatbewerking, wat nadelig voor de bundelkwaliteit kan zijn.

### Werking laser

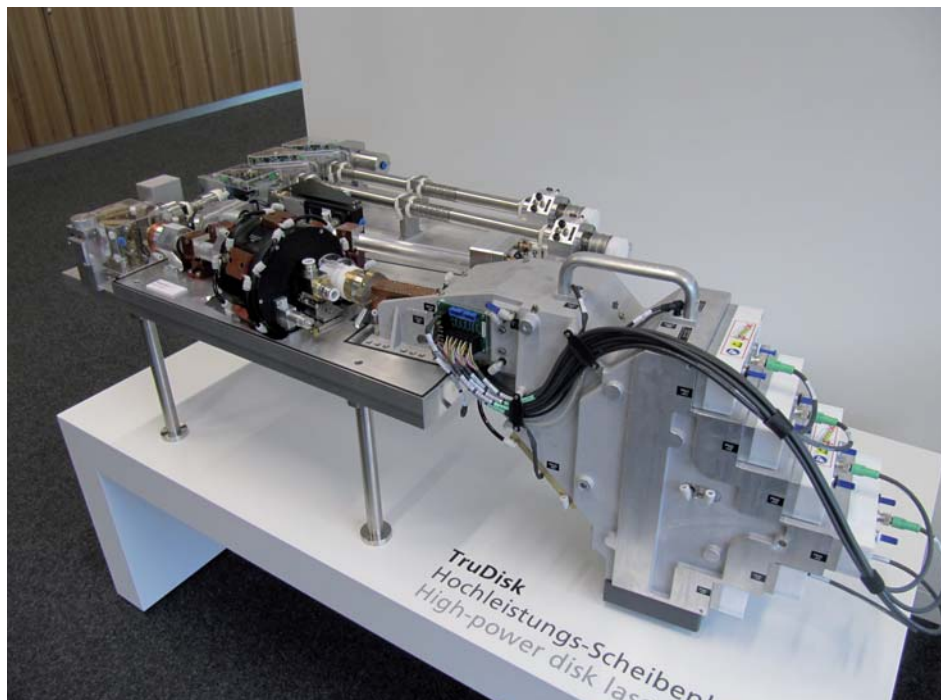
De werking van een laser berust op een versterking van een elektromagnetische straling. Dit geschiedt door een werkzaam medium tussen spiegels te plaatsen. Door energietoevoer aan het actieve medium ontstaat een emissie van lichtdeeltjes met een golflengte die karakteristiek is voor het medium. De versterking in een

laserbron ontstaat doordat lichtdeeltjes die terugkaatsen van de spiegels atomen in het actieve medium stimuleren om lichtdeeltjes (straling) te produceren met dezelfde eigenschappen. De intensiteit van een laserstraal ontstaat door het terugkaatsen van de lasersdeeltjes én door het voortdurend toevoeren van energie in het lasermedium.

CO<sub>2</sub>-gaslasers werken met de al genoemde golflengte van 10,64 micrometer. Voor de vastestoflaser Nd:YAG-laser bedraagt deze waarde 1,06 micrometer. Het actieve medium van de veelgebruikte Nd:YAG-laser bestaat uit neodymium ionen die zijn ingebed in een yttrium-aluminium granaatstructuur. Voor de YB:YAG-vastestoflaser (in het YAG-kristal zijn dan ytterbium ionen ingebed) is de golflengte 1,03 microme-



Deze schema's liet Amada tijdens de EuroBlech 2010 zien om de werking van de nieuwe fiberlaser te verduidelijken. In samenwerking met JDSU heeft Amada deze fiberlaser ontwikkeld (foto's: Reinold Tomberg)



Een model van een schijflaser (vastestoflaser) gefotografeerd bij Trumpf: van rechts naar links zien we de pompenheid, de eigenlijke schijf, het resonatorgedeelte, de vermogensregeling en de uitgangen (foto: Reinold Tomberg)

ter. Ook is er tijdens de EuroBlech 2010 een vastestoflaser voor plaatbewerking gepresenteerd met een golflengte van 976 nm (0,976 micrometer). Dit is een fiberlaser, hierop komen we nog terug. Die 976 nm is overigens een typerende golflengte voor diodebarrs die deze fiberlaser pompen (hierop komen we ook nog terug).

### Vastestoflasers

In principe verschilt het fenomeen van het opwekken van laserlicht niet voor een gaslaser of voor een vastestoflaser. Het medium, de manier van op-pompen en de energietoevoer zijn wel anders. Bij een CO<sub>2</sub>-laser zoals hierboven beschreven, maar ook bij een diodelaser, wordt de beno-



De nieuwe fiberlaser van Salvagnini tijdens de EuroBlech 2010 (foto: Reinold Tomberg)

## Vastestoflasers rukken op bij dunne plaat

digde energie elektrisch in het actieve medium toegevoerd. Dit is het zogeheten 'pompen'. Bij de vastestoflasers zagen we eerst het pompen met flitslampen. Intussen zijn diodegepompte vastestoflasers stand der techniek.

Bij de eerste vastestoflaser had het laserkristal de vorm van een staaf. Vandaar de benaming 'staaflaser'. Intussen duiken ook de namen schijvenlaser en fiberlaser op. Een schijvenlaser, ook wel disk laser genoemd, is een laserbron waar het lasermedium bestaat uit een dun, goed gekoeld kristalplaatje. Deze vastestoflaser wordt gepompt door diodelasers. De laserbundel wordt via een fiber (vezel) naar de bewerkingsplek geleid. Op dit moment zijn er schijvenlasers beschikbaar tot 16 kW. Deze waarde geldt voor lassen; voor snijden zien we momenteel een maximale waarde van 3 kW.

Een fiberlaser, beter gezegd een fiberlaserbron, is een laserbron die bestaat uit een lange, dunne fiber (vezel). Deze fiber is zowel de resonator waarin de laserstraal opgewekt wordt door het pompen met diodelasers, als de bundelgeleider. Er zijn op dit ogenblik fiberlasers beschikbaar met vermogens tot 40 kW. Ook deze waarde geldt voor laserlassen, voor snijlasers was op de EuroBlech 2010 de hoogste waarde 4 kW.

Er is momenteel verwarring in de markt omdat de lichtgeleiding door een flexibele lichtgeleider, dit kan bij de golflengten van de vastestoflasers, verward wordt met de fiberlaserbron. In beide gevallen wordt gesproken over 'fiber' terwijl in het eerste geval het gaat over de lichtgeleiding door een fiber en in het tweede geval over lichtopwekking en geleiding via een fiber. Lasers die werken met een vastestoflaser zijn goed te herkennen: de machines moeten compleet lichtdicht afgeschermd zijn (ook bovenzijde). Veelal zijn ze voorzien van kleinere, donkere ruitjes (glas met een speciaal filter). Licht met de golflengten van vastestoflasers rond de



De fiberlaser die Amada tijdens de EuroBlech 2010 in Hannover presenteerde. Dit is een lasersnijmachine met een vermogen van 4 kW (foto: Paul Quaedvlieg)





## METAALBEWERKEN



De fiberlaser die Adige tijdens de plaatbeurs in Hannover presenteerde (foto: Paul Quaedvlieg)

1000 nm gaat namelijk door 'gewoon' glas en polymethylmethacrylaat (perspex) heen.

### Diodelaser

Net zoals de staaf-, schijven- en fiberlaser is de diodelaser ook een vastestoflaser. Deze laser wordt ingezet als laslaser of als pomplaser voor andere lasers. Gekscherend is de diodelaser te beschouwen als een omgekeerde zonnecel: een elektrische spanning wordt omgezet in licht. De opbouw van een diodelaser kan worden vergeleken met die van een led'je (light-emitting diode). In een zogeheten 'overgang' van een

### Verwarring in de markt

halfgeleider ontstaat een elektromagnetische straling. Door de overgangslaag te voorzien van reflecterende lagen ontstaat de laserresonator. De golflengte van een diodelaser hangt af van toevoegingen aan het halfgeleidermateriaal. Om hogere vermogens te verkrijgen worden meerdere overgangen gekoppeld. Dit noemt men een bar. Door het stapelen van bars ontstaan stacks. Het combineren van stacks resulteert uiteindelijk in hogere vermogens. De spot



De laserbron voor een fiberlaser die Hypertherm tijdens de EuroBlech demonstreerde (foto: Paul Quaedvlieg)

van de diodelaser is rechthoekig. De laserbundels van de verschillende stacks worden gebundeld tot één straal. Het nadeel van het bundelen is een lagere straalkwaliteit, vandaar dat de diodelaser niet ingezet wordt als snijlaser, maar wel als laslaser. Net als bij de andere vastestoflasers kan de laserstraal van een diodelaser ingekoppeld worden in een glasvezel.

### Lasernetwerk

Het inkoppelen van laserlicht in een flexibele lichtgeleider biedt de metaalbranche nieuwe mogelijkheden. Voor het lasersnijden zien we fi-



Ook Bystronic was in Hannover present met een fiberlaser (foto: Paul Quaedvlieg)

### Meer informatie over lasers:

Meer weten over lasers? Zie hieronder het lijstje met informatiebronnen dat ook gebruikt is bij het schrijven van dit artikel:

- Op [www.plaatbewerker.nl](http://www.plaatbewerker.nl) en [www.lac-online.nl](http://www.lac-online.nl) is veel informatie te vinden over lasers;
- Eindverslag Stageopdracht, D. Broekhof, Hogeschool Windesheim, 2005;
- Tech-info-Blad nr. TI.04.20, Scheidingstechnieken voor dunne plaat en buis;
- Praktijkaanbeveling PA.09.11, Snijden van metalen met hoogvermogenlasers;
- Praktijkaanbeveling PA.09.12, Lassen van metalen met hoogvermogenlasers;
- Praktijkaanbeveling PA.09.13, Oppervlaktebewerkingen met hoogvermogenlasers.

Het Tech-info-Blad en de praktijkaanbevelingen zijn in PDF-vorm te downloaden op de site van de FDP ([www.fdp.nl](http://www.fdp.nl)) en bij Verbinden Online ([www.verbindenonline.nl](http://www.verbindenonline.nl)).





### Gepulst of CW

Lasers bestaan zowel in gepulste als 'continuous wave'-versie (CW). Bij het bewerken van plaatmateriaal met een dikte beneden de 1 mm kan een gepulste laser voordelen bieden. Bij het maken van een startgat, het zogeheten 'piercen', staat de snijlaser ook in gepulst bedrijf.

Al enkele jaren is de ultrakort-gepulste laser ingeburgerd voor micro- en precisiebewerking. Bijvoorbeeld voor het verwijderen van lagen, het boren of het aanbrengen van structuren.

Voor microbewerken wordt de picosecondelaser ( $10^{-12}$  s) gebruikt. Femtosecondelasers (fs-lasers,  $10^{-15}$  s) zijn lasers die goed tot hun recht komen bij ultraprecisiebewerkingen. Beide laatstgenoemde lasers vallen buiten het kader van dit artikel dat handelt over lasers voor plaatbewerking.



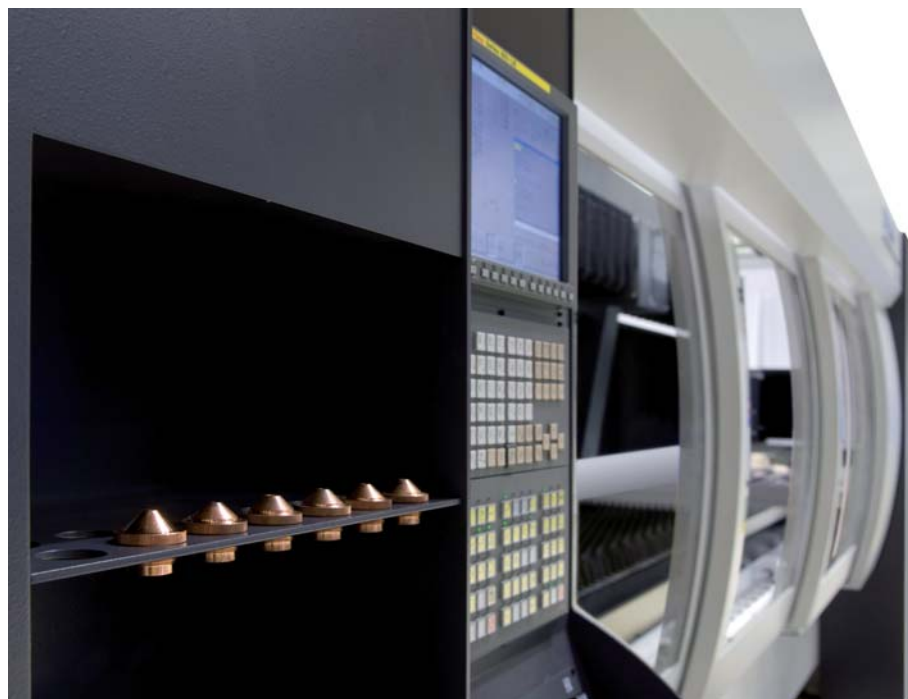
Een IPG-laserbron voor een vastestoflaser van Messer die vorig jaar tijdens Schweissen & Schneiden in Essen gepresenteerd is (foto: Paul Quaedvlieg)

bers met een diameter van 50 micrometer tot 200 micrometer. Voor laserlassen worden fibers gebruikt in het diameterbereik van 200 micrometer tot 600 micrometer. Zoals gezegd: het laserlicht van vastestoflasers, maar ook dat van diodelasers, kan dankzij de flexibele geleiding naar verschillende machines gestuurd worden. Ergens in het bedrijf komt dan een centraal laseraggregaat. Dit kan op een afstand van tientallen meters zijn van de eigenlijke laserbewerkingsmachines. Op deze manier is het bijvoor-

beeld mogelijk om één laserbron te gebruiken voor zowel een lasercombimachine (ponsen en lasersnijden) als voor een laserlascel. Dit vanuit de gedachte dat een lasercombi niet continu het laserlicht nodig heeft; de machine wordt immers ook ingezet voor pons- en omvormwerkzaamheden. Een bedrijf kan dankzij de mogelijkheden van de flexibele lichtgeleiding een lasernetwerk bouwen.

Een nieuwe ontwikkeling zijn flexibele lichtgeleiders die zowel voor lasersnijden als voor

-lassen ingezet kunnen worden. Deze fibers hebben een binnenkern en een buitenmantel. De laserbron kan zelf selecteren of de kern of de mantel aangestraald wordt. Met een grote spot kan dan gelast worden en met de kleinere spot gesneden. Dit is mogelijk zonder dat de lichtgeleider verwisseld moet worden. Bijvoorbeeld voor 3D-cellen voor het lassen en snijden biedt dit flexibele mogelijkheden. Uiteraard heb je wel een laserbron nodig die het benodigde hogere vermogen voor het laserlassen ook kan leveren.



Nozzle-wisseling is een onderwerp dat momenteel bij het lasersnijden veel aandacht krijgt. Deze machine van LVD is voorzien van een Fanuc-laserbron (foto: LVD)

### Lasersnijden

Bij het lasersnijden van metalen zien we in principe twee snijprincipes: smeltsnijden of brandsnijden. Bij smeltsnijden wordt meestal stikstof gebruikt om het gesmolten metaal uit de spleet te blazen. Door het gebruik van niet-reactief gas blijft de snee oxidevrij. Het brandsnijden lijkt sterk op autogeen snijden. Het materiaal wordt door de laser tot boven de verbrandings-temperatuur verhit, waarna er een reactie met zuurstof optreedt. Dit zien we ook terug in de oxidevorming op de snijkant.

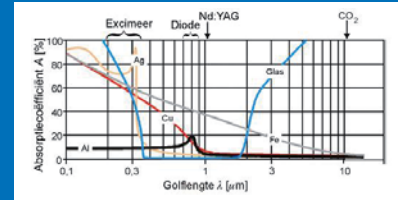
Een derde vorm, die we in de metaalbewerking minder tegenkomen, is het sublimatiesnijden. Hierbij gaat het materiaal meteen van de vaste fase over in de dampfase. Keramiek en papier bijvoorbeeld wordt op deze manier gesneden. De vastestoflasers rukken op bij het smeltsnijden van dunne plaat. Dit komt omdat bij het smeltsnijden in dunne plaat het licht van een vastestoflaser bij een kleine invalshoek beter geabsorbeerd wordt dan het licht van een CO<sub>2</sub>-laser. De invalshoek is een hoek die ontstaat op



### Vastestoflaser koppelt beter in

Bij de inzet van lasers is het natuurlijk belangrijk om zo veel mogelijk laserenergie ook in het materiaal te krijgen. Echter, slechts een bepaald percentage van de laserstraling wordt door het materiaal opgenomen, de rest wordt gereflecteerd. Voor metalen neemt de absorptiecoëfficiënt af met toenemende golflengte van het laserlicht. Daarom koppelt een vastestoflaser met een lagere golflengte beter in op metalen dan een CO<sub>2</sub>-laser. Deze relatief hoge absorptiecoëfficiënt is één van de redenen waarom vastestoflasers in toenemende mate populair worden voor het bewerken van metalen.

gas of vastestof	naam	golflengte (micrometer)	energetisch rendement (%)	max.vermogen (kW) bij lassen
gaslaser	CO <sub>2</sub> -laser	10,6	10% tot 15%	>20
vastestoflaser	diodelaser	780-1100	40% tot 50%	<10
vastestoflaser	staaflaser	1,06	3% tot 10%	tot 4,5
vastestoflaser	schijvenlaser	1,03	25%	16
vastestoflaser	fiberlaser	rond de 1	25%	40



Absorptie van laserstraling op verschillende materialen voor verschillende lasertypen (bron: PA.09.11)

het snijvlak tussen laserstraal en het werkstuk. Het is de hoek tussen de laserstraal en de oppervlaktenormaal (een loodrechte lijn) op de schuine snijwand. Bij dunne plaat is de hoek klein en bij dikke plaat gaat deze hoek naar 90°. En juist bij die kleine hoeken is de energieoverdracht van een vastestoflaser hoog en is daarmee een vastestoflaser behoorlijk snel. Nog een voordeel van een vastestoflaser: absorptie op materialen als koper en messing is als gevolg van de kortere golflengte veel beter. Dit zijn echt troeven voor de vastestoflasers. Bij brand-snijden zie je eigenlijk geen verschil tussen CO<sub>2</sub>-lasers of vastestoflasers.

Bij het lasersnijden van metalen zien we momenteel een aantal interessante ontwikkelingen: geautomatiseerde nozzle-wisseling en snijden volgens de zogeheten 'éénkopsstrategie'. Dat laatste wil zeggen dat het wisselen van de snijkop niet meer nodig is, maar dat met één kop met aanpassingen van de spiegels (bij CO<sub>2</sub>) of de lenspositie (bij vastestoflasers) al het snijwerk op de machine gesneden kan worden.

### Laserlassen

Bij het laserlassen zien we twee lasprocedures: het geleidings- en het dieplassen (keyhole lassen). Geleidingslassen gebeurt met een relatief lage laserstraalintensiteit, waardoor een ondiep smeltbad ontstaat. Het smeltfront breidt zich uit door warmtegeleiding. Dieplassen vindt plaats bij hogere intensiteiten, waardoor er materiaal verdampt. Als gevolg van die dampdruk ontstaat er een laskanaal (een dampcapillair, ook wel keyhole genoemd). De absorptie van laserstraling is groot dankzij herhaalde reflecties in het laskanaal. Hierdoor dringt de laserstraling diep het materiaal in. De metaaldamp die aan de bovenzijde van de keyhole ontsnapt absor-

beert laserlicht: relatief weinig bij vastestoflasers in vergelijking met CO<sub>2</sub>-lasers. De vastestof- en diodelasers zijn beter geschikt voor het maken van geleidingslassen ten opzichte van CO<sub>2</sub>-lasers.

Indien met een enkele laserpuls een las gemaakt wordt, is er sprake van laserpuntlassen. Bij lasernaadlassen worden met een gepulste laser overlappende laserpuntlassen gemaakt. <<<



De lasersnijmachine Rapido e-fiber van Prima in actie tijdens de EuroBlech 2010. Kenmerkend voor de vastestoflaser zijn de groene ruiten (foto: Paul Quaadvlieg)