

# INNOVATIEF LASSEN VAN STAAL MET LASER ÉN BOOG

## HET HOE EN WAAROM VAN HYBRIDE LASERLASSEN VAN STAAL

In dit artikel wordt de hybride laserlastechniek (meer bepaald het laser-MIG/MAG-lassen) beschreven, met aanduiding van de voor- en nadelen en de belangrijkste toepassingsdomeinen.

Daarnaast wordt het recent door het IWT gesubsidieerde BIL-VITO-OCAS-CLUSTA Collectief Onderzoeksproject voorgesteld, waarin het hybride laserlassen wordt toegepast op diverse technisch belangrijke staalsoorten.



Door ir. Wim Van Haver (Onderzoekscentrum van het BIL)

## Inleiding

Automatisatie in de productie wordt steeds belangrijker. Dit verklaart het stijgende belang van automatische lasprocessen. Belangrijke impulsen voor het gebruik van innovatieve geautomatiseerde verbindingstechnieken worden ingegeven door stijgende kwaliteitseisen, verhoging van productiviteit en kostenverlaging. Dat heeft ervoor gezorgd dat het laserlassen sterk aan belang heeft gewonnen. De automobielenindustrie –vooral in Duitsland– speelde een voortrekkersrol bij de implementatie ervan in de productie. De laatste jaren kwamen aangepaste laserlasprocedures opnieuw in de kijker: de zogenaamde ‘hybride’ laserlasprocessen die laser én

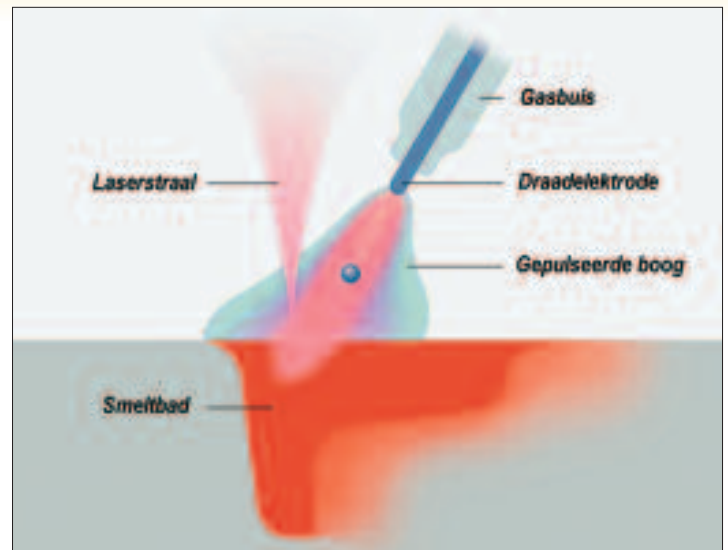
**Figuur 2:** Typische hybride laserlaskop, zoals deze ook gebruikt wordt door het VITO – Bron: Fronius (Oostenrijk)



boog in dezelfde proceszone combineren. Innovatieve metaalverwerkende bedrijven blijven immers zoeken naar optimalisatie van de gebruikte lasprocedures, maar ook in termen van benodigde lasnaadvoorbereiding. Verschillende hybride verbindingstechnieken werden ontwikkeld. Hieronder leggen we echter de nadruk op het hybride laser-MIG/MAG-lassen dat tot dusver internationaal de meeste toepassingen kent.

## Hybride laserlassen

Hybride laserlassen (Hybrid Laser Welding, afgekort HLW) werd eind de jaren '70 uitgevonden en gepatenteerd door Prof. William Maxwell Steen van de Liverpool University. Ditzelfde proces wordt ook nog aangeduid met een reeks andere benamingen, waarvan de belangrijkste ‘arc-augmented laser welding’ en ‘laser-hybrid welding’ zijn. Industrieel wordt HLW slechts sinds enkele jaren ingezet, aangezien aanvankelijk het laserlassen zelf nog zijn sporen in de industrie moest verdienen. HLW combineert het laserlassen (met CO<sub>2</sub>, Nd:YAG of fibre laser) en een booglasproces (MIG/MAG, TIG- of plasmalassen) in één en dezelfde proceszone. Het in de praktijk meest gebruikte hybride laser-MIG/MAG-lasproces (zie **figuur 1**) combineert de snelheid en productiviteit van de laser met de robuustheid van het halfautomatische lasproces. Bij HLW noteert men, vergeleken met de individuele lasprocessen, een stijging van zowel de inbranding als de lassnelheid. Dit wordt



**Figuur 1:** Schematische voorstelling van het hybride laserlasproces – Bron: Fronius (Oostenrijk)

veroorzaakt door de interactie tussen boog en laser in hetzelfde smeltbad. Daarenboven kan op een veilige en gemakkelijke manier metaal aan het smeltbad worden toegevoegd, aangezien het toevoegmetaal, afkomstig van de draadelektrode, reeds gesmolten is door het boogproces.

De maattoleranties (maximale open stand: 50% van de plaatdikte, of tot 4 mm voor dickere plaat) die moeten worden gesteld aan de lasnaadvoorbereiding zijn minder strikt dan deze van het conventioneel laserlassen (maximum 10% van de plaatdikte). Het smeltbad van het hybride laserlasproces is groter in vergelijking met dat van het conventioneel laserlassen. Dit heeft tot gevolg dat de in het smeltbad meegesleurde gassen de tijd krijgen om opnieuw te ontsnappen, zodat er geen smeluitworp optreedt en minder porositeit. Naast de instelling van de individuele laser- en booglasparameters zijn ook de interactieparameters uitermate van belang. Een zeer belangrijke is de afstand tussen de laserstraal en de boog. Als deze te klein is, kunnen beide processen elkaar verstoren. Bij een te grote laser-boogafstand wordt echter niet meer met één enkel smeltbad gewerkt. Hierdoor gaat de synergie tussen beide processen verloren, en daarmee gepaard gaande de interessante synergievoordelen. Een typische hybride laskop is weergegeven in **figuur 2**.

Naast staal (zie verder) en aluminiumlegeringen (vooral voor automotie en luchtvaart) kan HLW ook toegepast worden op titaan-, koper- en magnesiumlegeringen.

## Voor- en nadelen

Zoals reeds in de vorige paragraaf vermeld, weet het hybride laserlasproces de voordelen van de individuele lasprocessen (i.e. laserlassen en booglassen) te combineren, terwijl de nadelen van de processen worden weerhouden. HLW is niet gewoon een compromis: precies door de interactie van boog en laser kan een diepere inbranding en een verhoogde lassnelheid bereikt worden.

Met andere woorden: bovenop de voordelen van de individuele processen is er een surplus! De warmte-inbreng van een lasproces toegepast op staal is een gevoelig punt. Enerzijds kan een lage warmte-inbreng verkozen worden, aangezien hierdoor minder korrelvergroving in de warmte-beïnvloede zone en vervorming optreedt. Dat is natuurlijk een sterk punt van het laserlassen, wegens de zeer geconcentreerde warmte-inbreng. Het is echter ook algemeen geweten dat de warmte-inbreng bij sommige staalsoorten niet té laag mag zijn, aangezien het gevaar op martensiet- of bainietvorming (en indien waterstof aanwezig is: vorming van koudscheuren) reëel wordt. Voorverwarmen kan hierbij een oplossing bieden, maar wordt liefst tot een minimum beperkt wegens de extra kost.

De uitersten qua warmte-inbreng (en dus ook qua daarmee gepaard gaande afkoelsnelheid) bij het hybride laserlassen zijn die van het laserlassen (lage warmte-inbreng, hoge afkoelsnelheid) en die van het booglassen (hogere warmte-inbreng, lagere afkoelsnelheid).

Alle intermediaire gevallen kunnen met het hybride laserlassen bestreken worden door instelling van de verhouding boogvermogen-laservermogen. Als belangrijkste voordelen van het HLW kunnen gelden:

#### Voordelen van het laserlassen

- Hoge lassnelheid
- Diepe en smalle doorlassing
- Lage vervorming
- Lagere warmte-inbreng
- Hogere sterkte

#### Voordelen van het booglassen

- Gecontroleerde metaaltoevoer (zuivering van het lasbad)
- Hogere toleranties mogelijk
- Lagere vermogenskost en investeringen
- Betere ductiliteit

#### En daarbovenop

- Mogelijkheid tot instelling van booglas- en laserlaskarakter
  - Nog hogere lassnelheid en inbranding dan laserlassen
  - Grotere processtabiliteit
- Sommige nadelen van het hybride laserlassen worden eveneens ondervonden bij overgang van boog- naar laserlassen:
- Hoge investeringskost. Toch zal de prijs lager liggen wegens besparing op (duur) laservermogen door inbreng van (relatief goedkoop) boogvermogen.
  - Alleen gemechaniseerd toe te passen
  - Bescherming noodzakelijk tegen uv-licht én laserlicht
  - Belang van goede inklemming van de te lassen stukken.

Daarnaast gelden er ook eerder 'algemene' beperkingen voor HLW:

- Verhoging van het aantal in te stellen lasparameters in vergelijking met de afzonderlijke lasprocessen. Hierbij zijn de hoger vermelde interactieparameters uitermate van belang om een optimaal verbindingproces te realiseren voor een specifieke toepassing.
  - Weinig literatuurgegevens beschikbaar over de eigenschappen van de gelaste verbindingen.
- Deze beperkingen vormen natuurlijk een rechtvaardiging van onderzoek binnen een collectieve context, vooral wat betreft Vlaamse kmo's

die vaak noch de tijd, noch de middelen hebben voor diepgaande studies (zie laatste paragraaf). Ten slotte moet worden opgemerkt dat, zoals bij alle lasprocessen, bij onzorgvuldige lasparameterkeuze ook lasfouten kunnen optreden, zoals onvoldoende doorlassing, bindingsfouten, scheurvorming en porositeit.

#### Toepassingen

Wereldwijd worden door universiteiten en onderzoeksinstituten inspanningen gedaan naar de hybride laserlastechniek. Dit onderzoek heeft zijn vruchten afgeworpen: verschillende bedrijven gebruiken reeds het hybride laserlassen in productie. Een veelvoud van dit aantal bestudeert deze techniek op diepgaande wijze, zodat het HLW in de toekomst steeds meer aan belang zal winnen. De bedrijven die HLW reeds toepassen op staal komen vooral uit de volgende sectoren:

- scheepsbouw: Meyer Werft (D), Kværner Warnow Werft (D), Odense Staalskibsværft (DK), Fincantieri (I);
- pijpleidingen: Butting (D);
- ketelbouw: Stefan Nau (D);
- toelevering voor zware voertuigen: Dinolift Oy (SF), Duroc Rail AB (S);
- behuizingen en frames: Aldinger (D).

Het potentiële toepassingsgebied van HLW toegepast op staal beperkt zich niet tot bovenstaande opsomming. Er kan opgemerkt worden dat het zwaartepunt van de bedrijven die het HLW in productie toepassen in Duitsland en Scandinavië ligt, waar het laserlassen op zich goed ingeburgerd is.

In België wordt hybride laserlassen tot dusver niet industrieel aangewend. Vanuit concurrentieel opzicht zijn dus inspanningen vanuit de onderzoekswereld noodzakelijk om HLW in het binnenland op passende wijze in de bedrijfssector te introduceren.

#### ALUWELD en HYLAS

In de biënnale 2004-2005 konden Belgische bedrijven reeds uitgebreid kennismaken met het hybride laserproces, zij het dan toegepast op aluminium, binnen het door IWT gesteunde project ALUWELD. Hierover werd reeds in vorige edities van *Metallerie* uitgebreid melding gemaakt. Het is van belang dat Belgische bedrijven rendabel kunnen blijven, om het hoofd te bieden aan de internationale concurrentie. Het ligt echter vaak niet voor de hand voor bedrijven, kmo's in het bijzonder, om op eigen houtje op zoek te gaan naar processen die toelaten de kosten te drukken en de productiviteit te verhogen. Gezien de uitgebreide belangstelling en de veelbelovende resultaten die binnen het door IWT gesteunde project ALUWELD werden bereikt, beslisten het BIL, VITO, OCAS en CLUSTA een project op te starten omtrent het hybride laserlassen toegepast op staal (afgekort 'HYLAS'). Dit project wordt eveneens verricht met steun van het Vlaams Gewest (IWT). HYLAS ging van start begin 2006. Het einde is voorzien voor begin 2008.

De te onderzoeken staalsoorten binnen HYLAS werden opgedeeld in drie 'klassen': constructie staal en hoogsterkstaal, verzinkte plaat en roestvast staal. De projectpartners VITO en OCAS beschikken over de nodige hybride laserlasapparatuur om dit project succesvol te laten verlopen op diverse staalsoorten. **Figuur 3** toont de Nd:YAG-MIG/MAG-installatie van VITO.

De **figuren 4 en 5** illustreren metallografische doorsneden van HLW proeflassen die tot dusver binnen HYLAS werden gerealiseerd. De lasbreedte is het kleinst op halve dikte doordat de warmteafvoer op die plaats het hoogst is. De las getoond in **figuur 5** werd gerealiseerd in geknipte plaat. Dit geeft natuurlijk een indicatie dat de lasnaadvoorbereiding bij HLW minder kritisch is.

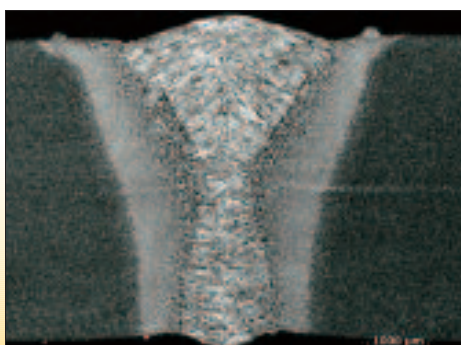
Binnen het project is er de mogelijkheid tot Nd:YAG laser-MIG/MAG-lassen (tot 5 mm dikte), en CO<sub>2</sub> laser-MIG/MAG-lassen (tot ongeveer 15 mm) toegepast op een twaalfal industriële relevante staalsoorten uit bovengenoemde klassen. Het BIL en CLUSTA zullen instaan voor respectievelijk de laskarakterisatie en het basismateriaalonderzoek. Dit zal in eerste instantie bestaan uit niet-destructief onderzoek (penetranten en radiografie), metallografie, trekproeven, buigproeven en indien van toepassing, kerfslagproeven. Verder is er binnen dit project ruimte voor het uitvoeren van vermoeingsproeven, corrosieonderzoek, restspanningsmetingen en breuktaaiheidspoeven (CTOD). Niet alleen hybride lasergelaste verbindingen zullen onderworpen worden aan dit onderzoek. Op een aantal geselecteerde staalsoorten zal ook de vergelijking worden gemaakt tussen HLW, MIG/MAG én laserlassen, zodat kan worden afgewogen welk proces het beste scoort op het gebied van productiviteit én kwaliteit. Dit zal verder nagegaan worden met behulp van een kosten-batenanalyse.

Reeds een twintigtal bedrijven uit de diverse takken van de metaalverwerkende industrie (automotive, transport, assemblage, toevoegmaterialen, gassen, onderzoek ...) zullen aan project HYLAS meewerken. Hiertoe is slechts een beperkte inbreng nodig, bijvoorbeeld het leveren van basismateriaal voor het onderzoek. Ook uw bedrijf kan uitgebreid kennis maken met deze intrigerende lastechniek in een onderzoek dat uw toepassingsgebied zo nauw mogelijk tracht te benaderen. Dit zal toelaten de mogelijkheden maar ook de beperkingen van het proces te leren kennen. Indien uw bedrijf geïnteresseerd is om aan het ambitieuze onderzoeksproject HYLAS mee te werken, kan u steeds contact opnemen met het Belgisch Instituut voor Lastechniek. □

**Figuur 3:** Gerobotiseerde Nd:YAG-MIG/MAG hybride laserlasinstallatie van het Lasercentrum Vlaanderen (VITO)



**Figuur 4:** Metallografische doorsnede van een hybride Nd:YAG laser – MAG-las in 5 mm dik S235 staal, uitgevoerd in 1 pas met een lassnelheid van 2 m/min door VITO



**Figuur 5:** Metallografische doorsnede van een hybride Nd:YAG laser – MAG-las in 3 mm dik AISI 304 austenitisch roestvast staal, uitgevoerd in 1 pas met een lassnelheid van 3,6 m/min door VITO

