

**TECHNISCH – WETENSCHAPPELIJK EINDRAPPORT**  
BIL/VITO/OCAS/CLUSTA Onderzoeksproject 2006-2007 (IWT 50739)  
over

## **Hybride laserlassen van staal (HYLAS)**

### **Samenvatting.**

Project HYLAS liep in de eerste helft van 2008 ten einde. Dit tweejarig Collectief Onderzoeksproject werd gesubsidieerd door *IWT-Vlaanderen* (IWT 50739), en heeft het hybride laserlassen van diverse staalsoorten als onderwerp. Het project betreft een samenwerking tussen in totaal 35 hoofdzakelijk Vlaamse bedrijven en onderzoeksinstituten. In de loop van het project kon de toepasbaarheid van de hybride laserlastechniek op een breed gamma aan staalsoorten (11 in totaal) en materiaaldiktes (van 1,4 mm tot 12 mm) worden aangetoond, met over het algemeen zeer goede resultaten.

### **INLEIDING EN SITUERING PROJECT**

Het innovatiedoel van dit project was het gebruik van het innovatieve lasproces “hybride laserlassen” (Hybrid Laser Welding, HLW) te stimuleren in Vlaanderen, voor het lassen van diverse industrieel relevante staalsoorten. Hiertoe werden door de onderzoekspartners – *BIL, VITO, OCAS, CLUSTA* – de mogelijkheden van het proces toegepast op deze staalsoorten aangetoond.

Het hybride laserlassen betreft een combinatie tussen een laserlasproces (met diode, CO<sub>2</sub>, Nd:YAG of intussen ook al de fiber en disk laser) en een booglasproces (MIG/MAG, TIG of plasmabooglassen). Belangrijk hierbij is dat beide processen in hetzelfde smeltbad interageren. Als gevolg van deze synergie weet het hybride laserlassen de productiviteit van het laserlassen te koppelen aan de flexibiliteit van het booglassen. Figuur 1 toont het hybride laserlasproces in werking bij het Lasercentrum Vlaanderen.



**Figuur 1: Hybride laserlasproces bij Lasercentrum Vlaanderen (VITO).**

Het hybride laserlasproces, dat momenteel (tot dusver alleen in het buitenland) hoofdzakelijk wordt ingezet in de automobielsector maar ook toepassingen kent in constructie, piping en de scheepsbouw, is ontwikkeld omdat het laserlassen als verbindingsproces voor sommige toepassingen tekort schiet of sterk voor verbetering vatbaar is. Dit omvat bijvoorbeeld toepassingen waarbij een strikte lasnaadvoorbereiding tijdrovend en duur is, waarbij de processtabiliteit van het laserlassen onvoldoende is, of waarbij gecontroleerde inbreng van toevoegmateriaal noodzakelijk is om scheurvorming, verminderde corrosie-eigenschappen of verminderde taaiheid van het lasmetaal te voorkomen. HLW is ontstaan door een combinatie te maken van twee bestaande lasprocessen, en laat toe om aan deze verzuchtingen het hoofd te bieden.

Dat zal tot uiting komen in de verder aangehaalde voorbeelden.

## PROJECTVERLOOP

Het HYLAS project werd opgedeeld in 7 werkpakketten (afgekort WP). De inhoud van deze werkpakketten, met een selectie (gezien de zeer grote hoeveelheid beschikbare data) van de experimentele vaststellingen, wordt hieronder kort besproken. Voor een uitgebreide bespreking – in het Engels – wordt verwezen naar het "HYLAS Final Technical Report" dat in digitale vorm beschikbaar is op de CD-ROM.

- **Keuze van basismateriaal en literatuurstudie (WP1)**

In samenspraak met de wensen van de industriële partners werden elf staalsoorten gelast door *VITO* en/of *OCAS* met behulp van het hybride laserlassen (en doorgaans ook met het laserlassen, ter referentie):

- **C- en C-Mn stalen:** DC04 (1,5 mm), S240D (5 mm) en ASTM SA516 Gr. 70 (12 mm)
- **Hoge sterkte stalen:** DP600 (1,4 mm), Docol 140 DP A M (1,8 mm), MS1200 (3 mm) en S700MC (6 mm)
- **Roestvaste stalen:** AISI 316L (1,5 aan 2 mm), AISI 304 (2 en 3 mm), duplex UR45N (10 mm) en AISI 321 (12 mm)

Over het algemeen werden deze materialen verbonden door stomplassen, met uitzondering van AISI 316L (buitenhoeknaad), AISI 304 (naast stomplassen ook buitenhoeknaad) en Docol 140 DP A M (combinatie stomp- en overlappen).

De toevoegmaterialen en beschermgassen werden gekozen in functie van de te lassen basismaterialen, in samenspraak met de leveranciers. In de gevallen waarbij geen certificaat voor het basismateriaal voorhanden was (bij DP600, S700MC en MS1200), of indien bijkomend basismateriaalonderzoek noodzakelijk bleek (bij AISI 304 en ASTM SA516 Gr. 70), stond *CLUSTA* hiervoor in.

De in het projectvoorstel voorziene literatuurstudie werd, rekening houdend met de *IWT* evaluatie van het voorstel, beperkt tot de onderwerpen die aan bod kwamen in internationale papers.

- **Basiskennis van het nieuwe lasprocédé (WP2)**

- **Lassen van proefstukken en optimalisatie (WP3)**

Op basis van de *IWT* evaluatie van het oorspronkelijke projectvoorstel worden beide werkpakketten samen behandeld.

*VITO* en *OCAS* optimaliseerden hun hybride laserlasproces – Nd:YAG laser-MAG resp. CO<sub>2</sub> laser-MAG – eerst op de materialen DC04, DP600 en S240D. Hierna

spitste *VITO* zich toe op de staalsoorten met dikte lager dan 5 mm, terwijl *OCAS* het lassen uitvoerde op de materialen dikker dan 5 mm (tot 12 mm). Deze keuze werd ingegeven door het beschikbare laservermogen bij de partners: een 4,4 kW Nd:YAG laserbron bij *VITO*, tegenover een 12 kW CO<sub>2</sub> laserbron bij *OCAS*.

De optimalisatie van HLW gaat typisch gepaard met een grote hoeveelheid trial-and-error werk bij *VITO* en *OCAS*, gezien de inherente complexiteit van het proces. Enkel de geoptimaliseerde lassen werden aan het *BIL* geleverd voor verdere karakterisatie (WP4). De nadruk moet dan ook gelegd worden op het feit dat de in het Technisch Eindverslag besproken lasparametersets slechts een heel klein deel omvatten van de totale hoeveelheid aan binnen project HYLAS gerealiseerde lassen.

Gebaseerd op de wensen van de gebruikerscommissie, werd de nadruk binnen deze werkpakketten gelegd op de toegevoegde waarde die het hybride laserlassen kan bieden ten opzichte van het laserlassen. Hiertoe werden de meeste staalsoorten ook verbonden met het klassieke laserlassen. Daarnaast werd ook het "warme draad" laserlassen toegepast op de ultrahogesterkte staalsoorten Docol 140 DP A M en MS1200. Op MS1200 werd verder een eerste, veelbelovende aanzet genomen met het hybride laser-plasma booglassen. Tenslotte werd DP600 naast HLW en laserlassen ook verbonden met het MAG lassen.

De toegevoegde waarde van HLW ten opzichte van laserlassen situeert zich niet louter op het gebied van productiviteit, maar vooral op het vlak van procesflexibiliteit. De hoge productiviteit van het laserlassen spreekt veel bedrijven sterk aan. Als dit slechts op een kwaliteitsvolle manier kan gerealiseerd worden door een zeer precieze lasnaadvoorbereiding (die natuurlijk met veel tijd en kosten gepaard gaat), dan wordt dit enthousiasme vaak direct getemperd. Aan de hand van de voorbeelden aangehaald in het volgende werkpakket wordt duidelijk dat het hybride laserlassen de hoge productiviteit van het laserlassen weet te koppelen aan verhoogde flexibiliteit inzake dimensionele toleranties en lasmetaalsamenstelling.

- **Karakterisatie van de lasverbindingen (WP4)**

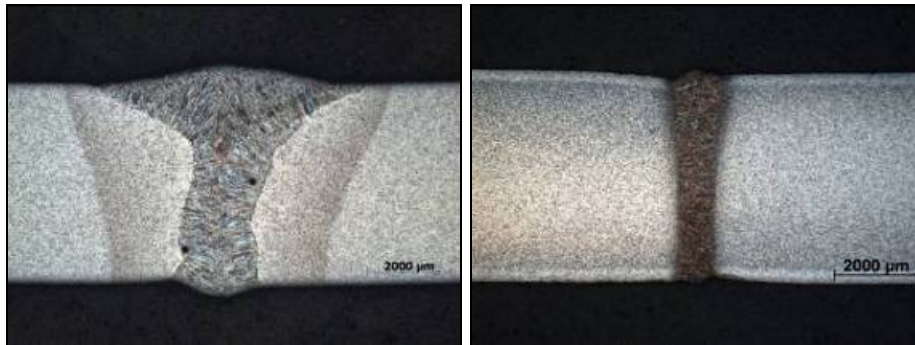
Na niet-destructief onderzoek werden de binnen WP2 en WP3 geoptimaliseerde lasverbindingen door het *BIL* aan destructief onderzoek onderworpen: metallografie, hardheidsmetingen, trekproeven, buigproeven, kerfslagtaaiheidproeven. In dit verband dienen ook de corrosieproeven toegepast op laser- en hybride laserlassen in de roestvaste stalen, alsook de vermoeiingsproeven op laser- en hybride laserlassen in S700MC staal genoemd te worden. Hieraan zijn aparte hoofdstukken gewijd in het Technisch Eindverslag van HYLAS.

Gezien het grote gamma aan onderzochte staalsoorten en de grote hoeveelheid experimenteel onderzoek uitgevoerd door de partners worden hieronder drie afzonderlijke cases belicht. Er moet opgemerkt worden dat in sommige gevallen een zeer aanzienlijke verhoging van de productiviteit kon worden waargenomen bij HLW in vergelijking met het klassieke laserlassen: in het geval van DP600 lag de lassnelheid bij HLW 80% hoger dan bij het laserlassen! In de hieronder vermelde cases ligt de nadruk vooral op de winst aan flexibiliteit bij overgang van laserlassen naar HLW, waarmee in hoofdzaak de lasnaadvoorbereiding vergemakkelijkt wordt. Bij de laserlassen werd steeds uitgegaan van gefreesde naadflanken, terwijl deze bij HLW geknipt, lasergesneden of waterstraalgesneden waren zonder nabewerking.

### **Case 1: stomplassen van 5 mm S240D staal**

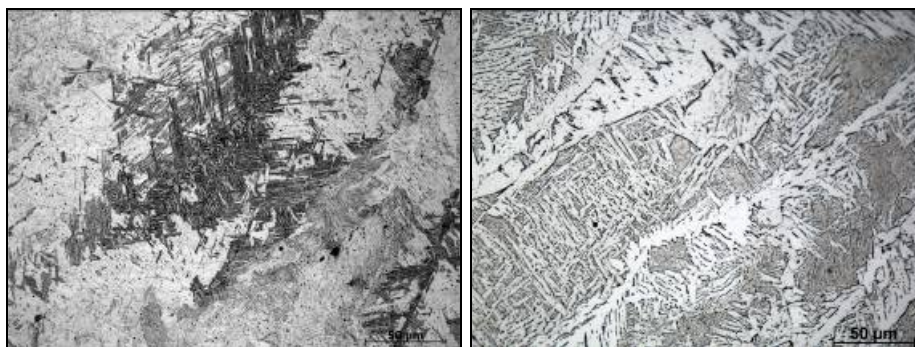
Dit C-Mn staal met ferriet-perliet structuur werd binnen HYLAS door *VITO* onderworpen aan Nd:YAG laserlassen en hybride laserlassen, en door *OCAS* aan CO<sub>2</sub> laserlassen en hybride laserlassen. Bij HLW paste *VITO* als beschermgas een Ar-17%

CO<sub>2</sub> gasmengsel toe; bij *OCAS* betreft dit een He-Ar-O<sub>2</sub> mengsel. Zowel *VITO* als *OCAS* maakten gebruik van klassiek G3Si1 toevoegmateriaal. Naast de optimalisatie van de lasparameters, met het oog op het verkrijgen van foutvrije lassen met goed lasaspect in combinatie met hoge productiviteit, streefden de partners ernaar om de stabiliteit van HLW t.a.v. open stand na te gaan. Hiertoe werden door *VITO* en *OCAS* twee verschillende pistes gekozen. *VITO* slaagde erin, door significante aanpassing van de lasparameters – d.w.z. door de lassnelheid te verlagen, en de relatieve hoeveelheid laservermogen t.o.v. het boogvermogen te verminderen – een open stand van 1 mm (of dus 20% van de materiaaldikte) kwaliteitsvol te overbruggen. Hiervan wordt een macrografieë getoond in Figuur 2. Hierin wordt ook een klassieke laserlas, gerealiseerd door *OCAS*, getoond. Gezien de slankheid van de laserlas, is het duidelijk dat 1 mm open stand nooit succesvol kan overbrugd worden met laserlassen alleen!



**Figuur 2: Macrografieën van S240D lassen. Links: hybride laserlas met 1 mm open stand, uitgevoerd aan 0,6 m/min en 1,3 kW Nd:YAG laservermogen. Rechts: klassieke laserlas met 0 mm open stand, uitgevoerd aan 6 m/min met 12 kW CO<sub>2</sub> laservermogen.**

*OCAS* volgde voor deze tolerantiestudie een andere aanpak: de lasparameters werden geoptimaliseerd voor de situatie zónder open stand, en vervolgens werd nagegaan met deze lasparameterset welke open stand nog toelaatbaar was. Ook hiermee werden goede resultaten verkregen inzake overbruggen van open stand: 0,8 mm of 16% van de materiaaldikte, bij een lassnelheid van 1,8 m/min en 5,4 kW laservermogen. Hierop werd door *VITO* ook nog de invloed van het toevoegmateriaal bekeken, namelijk het gebruik van "undermatching" toevoegmateriaal – G2Si1(mod.) – om de hardheid van het lasmetaal in te perken. Op het gegeven materiaal bleek dit zeker succesvol.



**Figuur 3: Lasmetaalmicrostructuur van twee hybride laserlassen in S240D staal, uitgevoerd met vergelijkbare warmte-inbreng (2,7 kJ/cm) en een lassnelheid van de orde 1,5 m/min. Links: matching toevoegmateriaal (hardheid: 290 HV<sub>0,5</sub>). Rechts: undermatching toevoegmateriaal (hardheid: 190 HV<sub>0,5</sub>).**

Bij hybride laserlassen met “matching” toevoegmateriaal was het lasmetaal typisch 150 HV0,5 harder dan het basismateriaal (zelf met hardheid 140 HV0,5); bij laserlassen zonder toevoegmateriaal was dit zelfs 210 HV0,5 hoger. Wanneer daarentegen undermatching toevoegmateriaal werd toegepast, was het lasmetaal slechts 50 HV0,5 harder dan het basismateriaal (zie Figuur 3).

In alle bestudeerde gevallen trad bij de trekproef breuk op in het basismateriaal (m.a.w. de las was sterker dan het basismateriaal, wat ook uit het hardheidsonderzoek duidelijk werd), en alle proefmonsters konden de buigproef over 180° zonder scheuren ondergaan.

### **Case 2: stomp-overlaplassen van 1,8 mm Docol 140 DP A M staal**

Docol 140 DP A M staal is een ultrahogesterkte staal met martensitisch-ferritische microstructuur (een zogenaamd "dual phase" staal), en een treksterkte van de orde 1000 MPa. Deze studie werd uitgevoerd door *VITO* met de 4,4 kW Nd:YAG laser. Een Ar-17% CO<sub>2</sub> gasmengsel werd gebruikt als beschermgas, en G Mn4Ni2,5CrMo toevoegmetaal. Bij deze case was het de bedoeling om het lassen van een bumperprofiel na te bootsen. Hiertoe werden twee platen op elkaar gelegd. De bovenste plaat werd in twee geknipt, en de originele (relatief onregelmatig geslitte) zijanten werden tegen elkaar geplaatst. Beide plathelften werden aan elkaar gelast, met terzelfdertijd doorlassing tot ongeveer de halve dikte van de onderplaat. Het betrof dus een combinatie van stomp- en overlaplassen.

De relatief grove zijanten van de bovenste plathelften zouden voor problemen zorgen bij het gewone laserlassen. Dat is een **eerste reden** waarom hybride laserlassen interessant werd geacht voor deze toepassing: op deze manier kan men immers grotere toleranties aan wat betreft het basismateriaal. De resultaten gaven aan dat door gecontroleerde inbreng van toevoegmateriaal inderdaad veel beter het hoofd kan geboden worden aan dimensionele variaties – zie hiertoe ook Figuur 4.



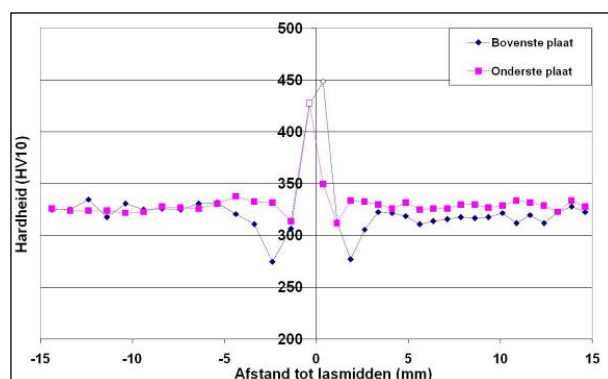
**Figuur 4: Macrografie van een hybride stomp-overlap las in Docol 140 DP A M ultrahogesterkte staal, gelast aan 4,5 m/min met een laser Vermogen van 4 kW en de laser voorop.**

Ook laserlassen met "warme draad", waarbij het toevoegmateriaal wordt opgewarmd door het Joule-effect, maar waarbij géén boog met het werkstuk wordt getrokken, werd toegepast. Het lasuitzicht was hierbij beduidend minder goed in vergelijking met de hybride laserlassen. Om de flexibiliteit van het proces verder na te gaan, werden platen zowel in ontvette als in niet-ontvette toestand gelast, om in te schatten of al dan niet ontvetten een invloed had op porositeit in de las, of op scheurvorming. Er werd geen significant verschil tussen beide toestanden vastgesteld via radiografie en metallografie. Meer zelfs: *VITO* (dat de lassen uitvoerde) had de indruk dat de platen in niet-ontvette toestand gemakkelijker konden gelast worden.

Een **tweede reden** is het vinden van een optimum tussen enerzijds voldoende lage lasmetaalhardheid en anderzijds een beperkte graad aan verzachting in de warmte-

beïnvloede zone (door ontlaten van het martensiet aanwezig in de basismateriaalmicrostructuur). Om deze laatste reden is lassen met relatief lage warmte-inbreng dus een noodzaak. Anderzijds is ook de hardbaarheid van dit staal hoog. Door gecontroleerde materiaaltoevoeging van de MAG elektrode naar het smeltbad kan de chemische samenstelling van het lasmetaal op gunstige wijze beïnvloed worden. Daarom werden ook lasproeven uitgevoerd met ondergelegeerd toevoegmateriaal (G3Si1). Dat leidde niet tot een significante daling van de hardheid in het lasmetaal, in tegenstelling dus tot de vaststellingen bij de vorig vermelde case. Hoogstwaarschijnlijk kwam dit omdat de opmenging met het basismateriaal en de afkoelingssnelheid van de las te hoog waren. Uit onderzoek op andere staalsoorten binnen HYLAS bleek dat ook de positie laser-lastoorts een invloed kon hebben: schijnbaar is de afkoelingstijd van de laszone hoger wanneer de MAG-toorts vóór de laser gepositioneerd staat dan in het andere geval. Bij Docol kreeg de configuratie waarbij de laser voorloopt op de lastoorts echter de voorkeur, aangezien in dat geval het minst last werd ondervonden van magnetische blaaswerking (en dus het beste lasaspect en de beste laskwaliteit verkregen werd).

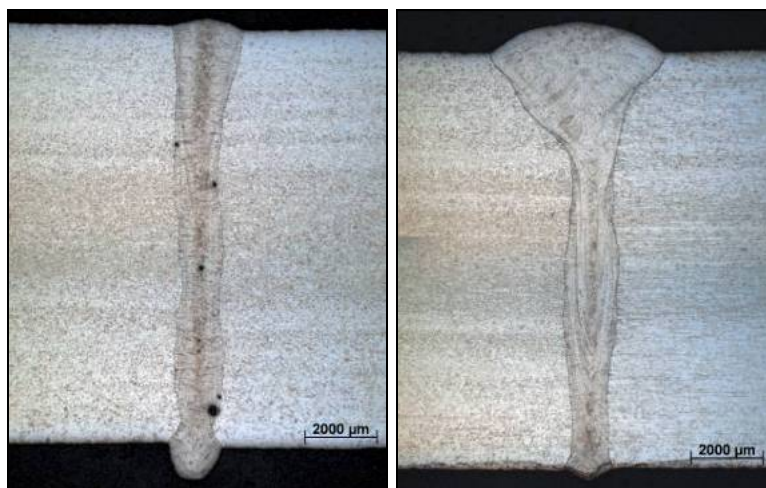
In alle gevallen trad breuk tijdens de trekproef op in de warmte-beïnvloede zone – waar een hardheidsdaling werd vastgesteld, zie Figuur 5 – bij een waarde van 90 tot 98% van de basismateriaalsterkte. Daarenboven doorstonden alle bestudeerde lassen de buigproef over een dreveldiameter van 40 mm (zo gekozen wegens de beperkte vervormbaarheid van het basismateriaal zelf) en een hoek van 180° zonder breken of scheuren.



**Figuur 5: Hardheidsprofielen uitgevoerd op de hybride laserlas getoond in Figuur 4. De holle punten corresponderen met hardheidsindrukken in het lasmetaal.**

### **Case 3: stomplassen van 12 mm AISI 321 staal**

Dit 12 mm dikke titanium gestabiliseerd austenitisch roestvast staal werd stompgelast in één laspas door OCAS met behulp van CO<sub>2</sub> laserlassen en hybride CO<sub>2</sub> laser-MAG lassen. Het maximaal beschikbare laservermogen van 12 kW werd aangewend, en dit liet beide processen (laserlassen en HLW) toe om aan 2 m/min te lassen. In het geval van de laserlas werden de naadflanken voorafgaandelijk gefreesd, om onopzettelijke open stand zoveel mogelijk tegen te gaan. Bij de hybride laserlassen daarentegen werd gelast met waterstraalgesneden kanten, zonder verdere voorbereiding. Verder werd bij HLW gebruik gemaakt van G 19 12 3 Nb Si toevoegmetaal, en een He-Ar-O<sub>2</sub> gasmengel als beschermgas. Met dezelfde hybride laserlasparameterset werden bovendien lassen gerealiseerd gaande van 0 mm tot 0,6 mm open stand. Figuur 6 toont macroscopische opnames van een laserlas en een hybride laserlas in dit materiaal.



**Figuur 6: Lassen gerealiseerd in 12 mm AISI 321 austenitisch roestvast staal met een lassnelheid van 2 m/min. Links: laserlas; rechts: hybride laserlas.**

De lasmetaalporositeit in de hybride laserlas was lager dan in de laserlas; dit bleef zo bij de hybride laserlassen tot een open stand van 0,5 mm. Bij de trekproef trad bij hybride laserlassen met 0 mm en 0,2 mm open stand breuk op in het basismetaal; daarentegen braken de laserlassen alsook de hybride laserlassen met hogere open stand in het lasmetaal. In alle gevallen werd echter een treksterkte opgemeten van ongeveer 98% van de basismetaalsterkte, en de verlenging bedroeg 50-55%. Alle lassen konden de buigproef over 180° ondergaan zonder scheuren of breuk. Kerfslagtaaiheidsproeven uitgevoerd bij -196°C gaven aan dat zowel in de laser- als in de hybride laserlassen het lasmetaal en de warmte-beïnvloede zone een voldoende hoge taaiheid bezaten.

Zowel op de laserlassen als de hybride laserlassen werden corrosietesten uitgevoerd. Deze gaven aan dat inzake putvormige corrosie vooral de warmte-beïnvloede zone wordt aangetast bij HLW, terwijl bij het laserlassen het lasmetaal zélf wordt aangetast. Dit kan gecorreleerd worden aan warmte-inbreng en lasmetaalsamenstelling.

- **Vergelijking van de lasprocessen en materialen – kosten-baten analyse (WP5)**

Door de projectpartners werd een kosten-baten model opgesteld voor het hybride laserlassen, dat toelaat om de kost per meter las te berekenen. Bij wijze van voorbeeld werden de kosten berekend voor het hybride laserlassen, het klassieke laserlassen en het gerobotiseerd MAG-lassen, toegepast op 3 materialen. Voor het laser- en hybride laserlassen werd voor de input van data beroep gedaan op HYLAS resultaten. Vooral op het 12 mm dikke AISI 321 roestvast staal is een zeer significant verschil op te merken met MAG-lassen (zie Tabel 1). Daarnaast werd ook een casestudy belicht.

| Proces/Materiaal       | S240D (5 mm) | AISI 304 (3 mm) | AISI 321 (12 mm) |
|------------------------|--------------|-----------------|------------------|
| Robot MAG              | 3,27         | 1,8             | 25,45            |
| Nd:YAG laser           | 1,65         | 1,10            | /                |
| CO <sub>2</sub> laser  | 0,55         | /               | 2,52             |
| Hybrid Nd:YAG          | 1,77         | 1,24            | /                |
| Hybrid CO <sub>2</sub> | 2,84         | /               | 2,82             |

**Tabel 1: Berekende waarden (in €/meter laslengte) volgens COSTCOMP® (gerobotiseerd MAG lassen) en het HYLAS model (laser- en hybride laserlassen).**

- **Dienstverlening en innovatiestimulering (WP6)**

De binnen HYLAS verkregen resultaten werden reeds op verschillende workshops en symposia in binnen- en buitenland gepresenteerd, teneinde een zo groot mogelijke doelgroep te bereiken. Andere acties betreffen de publicatie van vakgerichte of vulgariserende artikels, alsook bedrijfsbezoeken. De meest relevante publicaties en presentaties zijn toegevoegd aan de bij het Technisch Eindverslag horende CD-ROM ("HYLAS Articles")

Verdere disseminatie van de projectresultaten na afloop van HYLAS wordt verzekerd door de Technologische Adviesdiensten van het *BIL*, *VITO* en *CLUSTA*.

- **Projectmanagement - rapportage (WP7)**

Dit laatste werkpakket omvatte, naast het projectmanagement (coördinatie door het *BIL*), het opstellen van richtlijnen voor de verschillende materiaalcombinaties voor het economisch en foutloos lassen van diverse staalsoorten door middel van hybride laserlassen. In totaal werden tijdens project HYLAS vijf gebruikerscommissievergaderingen georganiseerd; alle relevante projectdocumenten horend bij deze vergaderingen – voortgangsverslagen, technische verslagen, notulen, presentaties... – zijn toegevoegd aan de CD-ROM ("HYLAS Users Committee Documents").

## CONCLUSIE

Bij het aflopen van dit project kan zeker gesteld worden dat HYLAS volgens plan verlopen is, en dat veelbelovende resultaten konden behaald worden op de diverse staalsoorten met het hybride laserlassen. In de meeste gevallen werden de materialen ook met het laserlassen verbonden om vergelijking mogelijk te maken. In het project werd er niet zozeer naar gestreefd om de productiviteit ten opzichte van het laserlassen te verbeteren (desalniettemin werd bijna systematisch gelast met snelheden hoger dan 1 m/min), maar wel om de flexibiliteitswinst inzake lasnaadvoorbereiding en lasmetaalsamenstelling bij toepassing van HLW experimenteel te bewijzen.

Op basis van de goede resultaten behaald binnen project HYLAS besloten de projectpartners een vervolgpakket in te dienen bij *IWT-Vlaanderen*. Hierbij konden ze op steun rekenen van een groot deel van de HYLAS gebruikerscommissie, alsook een aantal nieuwe bedrijven. In dit projectvoorstel zou een werkplan aangeboden worden, om uitgaande van het laserlassen over te kunnen gaan tot hybride laserlassen met een minimum aan trial-and-error werk. Daarnaast zouden ook specifieke probleemstellingen worden onderzocht (zoals koudscheurgedrag, lassen onder andere posities...), en een vergelijking gemaakt worden tussen verschillende hybride laserlastechnieken (laser-MAG, laser-TIG, laser-PAW) toegepast op hogesterkte-staalsoorten. Helaas werd dit projectvoorstel afgewezen door *IWT-Vlaanderen* op basis van het advies van externe experts.

De projectpartners zullen de geïnteresseerde bedrijven op de hoogte stellen mochten er zich nieuwe initiatieven in collectief verband aandienen. Vanzelfsprekend stellen ze zich beschikbaar om aan bedrijfsspecifieke projecten te participeren, zodat de hybride laserlastechniek toegang kan vinden in de Vlaamse staalverwerking.

3 juni 2008, Gent.

Opgemaakt door:  
Wim Van Haver (BIL)