

# **LASER**

## 1-06 *nytt*



### Laserhybridsvetsning – temat för Laserdagen hos ESAB

- Välkomna till Svetskommissionen! ■ ByLaser 6000
- Laserhybridsvetsning – temat för Laserdagen hos ESAB
- Laserforskning vid KIMAB:s Fogningscentrum
- Fiberlasrar och diodlasrar i fokus vid ICALEO 2005
- TRUMPF levererar ytterligare en märklaser till Holmgrens Plast i Gnosjö
- Kilowatt fiberlaser driver IPG's försäljnings boom

[www.se.trumpf.com](http://www.se.trumpf.com)



**Laser:TRUMPF.**



Lasernytt utkommer med 3 nummer/år och ges ut av  
Lasergruppen c/o Svetskommissionen  
Box 5073, 102 42 Stockholm  
Telefon: 08-791 29 00

## Redaktör

Hans Engström  
Telefon: 0920-49 12 69  
Växel: 0920-49 10 00  
Fax: 0920-49 22 28  
E-post: hans.engstrom@ltu.se

## Redaktionellt arbete och kansli

Per Westerhult  
Telefon: 070-211 63 02  
E-post: per.westerhult@svets.se

## Lasernytt på Internet

[www.lasergruppen.org](http://www.lasergruppen.org)

© Lasergruppen

Produktion: Breakwater Publishing AB,  
[www.breakwater.se](http://www.breakwater.se), [info@breakwater.se](mailto:info@breakwater.se)  
Tryck: Majornas Copyprint, Göteborg 2006

- 3 Välkomna till Svetskommissionen!
- 4 Tankar från styrelsen
- 5 Laserhybridsvetsning – temat för Laserdagen hos ESAB
- 8 Laserforskning vid KIMAB:s Fogningscentrum
- 12 Fiberlasrar och diodlasrar i fokus vid ICALEO 2005
- 28 ByLaser 6000 – När prestanda möter effektivitet
- 29 TRUMPF levererar ytterligare en märklaser till Holmgrens Plast i Gnosjö
- 31 Workshop – Lasersvetsning hos LaserCentrum i Gnosjö AB
- 31 Kilowatt fiberlaserdriver IPG's försäljnings boom
- 36 Konferenser och Mässor

## Välkommen till svetskommissionen!



Av Lars Johansson,  
VD/Teknisk sekreterare,  
Svetskommissionen

Lasergruppen flyttade vid årsskiftet sitt kansli till Svetskommissionen, en förändring som stärker både Lasergruppen och Svetskommissionen genom de synergieffekter som uppstår. Per Westerhult fortsätter som handläggare för gruppen vilket borgar för kontinuitet samtidigt som den nya tillhörigheten innebär möjlighet till ökad verksamhet. Lasergruppen finns nu i en omgivning med omfattande kunskap och erfarenhet inom sammanfogning och skärning och som arbetar med skär- och fogningsteknikens alla delområden.

Svetskommissionen är liksom Lasergruppen en förening och är "ett opartiskt samarbetsorgan för företag, institutioner och myndigheter med syfte att bidra till fog-

ningsteknikens utveckling i Sverige". Svetskommissionen bildades 1931 av Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA).

Vi har över 300 medlemsföretag som alla har verksamhet inom svetsning, skärning och annan sammanfogning. Flera av Lasergruppens medlemmar är medlemmar i Svetskommissionen.

Kärnan i Svetskommissionen är det nätverk av cirka 400 medarbetare från medlemsföretagen som är engagerade i 30 arbetsgrupper. Av arbetsgrupperna finns idag framför allt två som har laserverksamhet, AG 44 (Lasersvetsning och andra speciella svetsmetoder) och AG 42b (Industriell skärning). Det kommer att ske en genomgång av laserverksamheten i Svetskommissionens arbetsgrupper under våren.

Svetskommissionen ansvarar på uppdrag av SIS för den svetstekniska standardiseringen i Sverige. Vi svarar för huvuddelen av standardiseringen inom svetsning, termisk skärning, termisk sprutning och mekanisk sammanfogning. Vi deltar aktivt i europeisk standardisering

inom CEN och internationell standardisering inom ISO. Tillsammans med Svets tekniska Föreningen ger vi ut tidningen Svetsen.

Svetskommissionen är svensk medlem i svetsorganisationen International Institute of Welding (IIW) och i European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF) och vi svarar för de internationella utbildningarna enligt IIW/EWF:s utbildningssystem. Vi arbetar med forskningsfrågor inom området sammanfogning och vi bedriver en omfattande kursverksamhet.

Lasergruppen hälsas mycket välkommen till Svets-

kommissionen och vi hoppas att överflyttningen av kansliet skall upplevas positivt och innebära fördelar för medlemmarna t.ex. genom att resultat från Svetskommissionen vad gäller standarder, utbildning och forskningsfrågor kommer Lasergruppen till del..

Lasergruppen kommer att fortsätta vara en egen förening med egna stadgar och styrelse, eget avgiftssystem och ett årsmöte som beslutar om verksamhetens omfattning och inriktning. Precis som tidigare gäller separata medlemskap för Svetskommissionen och Lasergruppen.

# Tankar från styrelsen

*Hur får vi upp ögonen för lasersvetsning hos den breda publiken?*

Av Bengt Johansson, Lasercentrum i Gnosjö AB

Efter att ha varit i laserbranschen sedan 1993 kan vi se vilken enorm utveckling det har varit på laserområdet. LaserCentrum i Gnosjö AB började med en begagnad CO<sub>2</sub>-laser på 500 W och ett skärbord på 500 x 600 mm. Vår idé var ursprungligen inte att börja laserskära på lego utan det var mest vårt teknikintresse som behövde stillas. Då arbetade vi egentligen med ljud- och ljus teknik för konserter och teatrar mm och hette då BJ Ljudteknik. Lasern användes bla för att tillverka förstärkarchassin till ljudteknikverksamheten.

Det vi upptäckte tidigt var det intresse och nyfikenhet på laserskärning som hade väckts hos de lokala verkstadsföretagen, då ryktet om vår lilla laser började sprida sig. Därmed blev LaserCentrum verklighet.

På 13 år har utvecklingen gått med rasande fart. Man ansåg då att man i allmänhet inte kunde skära med lasrar över 2–3 kW. Idag är man uppe på 5–6 kW eller mer.

Inom verkstadsindustrin har just laserskärning inneburit en revolution för snabbt framtagande av plåtdetaljer. Mängder med laserskärningsföretag har dykt upp och många av de mindre plåtföretagen har kompletterat maskinparken med en laser.

Redan när vi började vår laserverksamhet och läste forskningsrapporter om laser, var lasersvetsning en välkänd metod, speciellt lämpad för högeffektlasrar och i synnerhet YAG-lasrar. När vi nu tittar i backspegeln verkar det som om den revolution vi sett med laserskärning hittills har uteblivit på svets sidan. Endast bilindustrin och viss speciell industri har tagit kunskapen till sig.

Hos de mindre verkstäderna är lasersvetsning mer eller mindre ett okänt begrepp. Vi hör allt för ofta kommentaren: "Går det verkligen att svetsa med den också? Det trodde jag inte..."

Här känner jag att vi står inför en missionsuppgift. Det gäller att få konstruktörerna att tänka lasersvetsning, även hos de mindre verkstäderna. Jag tror att man kan vinna många fördelar med tekniken, vilket kan höja lönsamhet och kvalitet i den allt hårdare konkurrensen mot låglöneländer.

Därför är det viktigt med information och teknikspridning. Samarbetet med Svetskommissionen ser jag som en ökad möjlighet att nå ut med tekniken till en bredare publik.



Bengt Johansson, Lasercentrum i Gnosjö AB.



# Laserhybridsvetsning – temat för Laserdagen hos ESAB

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

**Intresset för laserhybridsvetsning är mycket starkt och Laserdagen i oktober 2005 hos ESAB i Göteborg ägnades helt åt denna ”nya” svetsmetod. Vad kan vara naturligare eftersom ESAB nu har installerat ett eget laserhybridlabb och satsar hårt på att utveckla metod och applikationer.**

Dagen inleddes med Johnny Larsson på Lasergruppens vägnar utnämnde professor Claes Magnusson till hedersmedlem i Lasergruppen (se LaserNytt 3-2005). Claes har varit aktiv i Lasergruppen sedan den bildades 1989.

## **Laserhybrid – två processer i en**

Vad är då laserhybridsvetsning för metod? Johan Andersson, KIMAB började föredragen med att beskriva

metoden. Metodens fördelar är hög processtabilitet, hög svetshastighet, låg värmetillförsel, möjlighet att överbrygga spalter och den ger också bra metallurgiska egenskaper i svetsgodset.

I laserhybridsvetsning samverkar laser och MIG/MAG- processerna där den elektriska ljusbågen avlänkas mot keyhålet som skapas av laserstrålen, och detta är kärnan i hybridprocessen. Plasmakring keyhålet stabiliserar ljusbågen. Lasern ger penetrationsdjup och svetshastighet medan MIG/MAG processen bidrar med spaltöverbryggnad.

Johan berättade om hur olika processparametrar inverkan på svetsresultatet. T.ex. så ger ledande laserstråle en smalare och djupare svets än en släpande för där blir svetsen bredare och grundare.

En intressant fråga är efter vilken standard som laserhybridsvetsning ska bedömas; ISO 13919-1 (stål) som gäller för lasersvetsning eller ISO 5817 som tillämpas på smältsvetsmetoder.



Laserdagen hos ESAB lockade 34 deltagare som fick veta mycket om laserhybridsvetsning.



Föredragshållare vid laserdagen fr. v. Olof Nilsson, Duroc Rail AB, Johan Andersson, KIMAB, Lars-Erik Stridh, ESAB AB samt Veli Kujanpää, Lappeenranta University of Technology. Klas Nilsson, Luleå tekniska högskola saknas på bilden.

– Det finns inga bestämda regler, säger Johan Andersson, utan man får använda sitt sunda förnuft. Arbete med att ta fram rekommendationer pågår dock.

### Laserhybrid kontra Rapid Arc och Tandem-MAG

Hur står sig laserhybridsvetsning i jämförelse med andra högpresterande svetsmetoder? Den frågan har man arbetat med i projektet VAMP 27 finansierat av VINNOVA. Där har KIMAB, Luleå tekniska universitet (LTU) och många industripartner som AGA Gas AB, ESAB, SSAB, Scania, HIAB m.fl. jämfört laserhybrid med Rapid Arc och Tandem-MAG med vanlig MAG-svetsning som referens.

– Målet var att uppnå kvalitet B i svetsprocesserna och kvalitetsbedömningen har utförts hos Scania, berättar Klas Nilsson, LTU, som har arbetat med laserhybridprocessen och som presenterade resultat från projektet.

De material som svetsades var Domex 420MC och Weldox 900 och som tillsatsmaterial användes OK Autrod 12.51 respektive 13.31. Fogberedningen för stumfog optimerades för varje process: Laserhybrid 7 grader, Tandem-Mag 60 grader och Rapid Arc 7 grader + 1 mm rotgap. Kälfgog kördes utan spalt.

### Och resultatet då?

För stumfog gav laserhybrid högsta svetshastigheten och lägsta värmetillförseln samt behövde minst tillsatsmaterial.

För kälfgog så var Tandem MAB snabbast, 1.5 m/min,



Lars-Erik Stridh, ESAB AB var värd för Laserdagen i oktober.

med halv genomträngning; laser 1.0 m/min med full genomträngning och lägst värmetillförsel. Rapid Arc svetsade med 1.1 m/min.

Dragprovningen visade ungefär lika resultat; Domex uppvisade brott i grundmaterialet och Weldox brott i HAZ. Utmattningsprovningen visade bäst resultat för laserhybrid och Rapid Arc. Om man tar hänsyn till spridningen så var laserhybrid bäst. Sprickstart hos laserhybridsvetsar sker vid rågen medan för alla de övriga på rotsidan.

### Våga utnyttja det höghållfasta materialet

Ett byte av en svetsprocess är en investering för framtiden, menar Lars-Erik Stridh, ESAB AB, men många gör ofta kardinalfelet att de inte konstruerar om detaljen och tittar över fogtyper och beredning. Sedan är ju frågan om befintliga svetsprocedurer gäller? Och vad kostar t.ex. operatörsutbildning och hur blir totalekonomin?

– Våga utnyttja det höghållfasta materialet, säger Lars-Erik Stridh. Duplexa stål har nästan dubbel så hög hållfasthet som vanligt rostfritt stål, men kostar ca 1.5 gånger så mycket. Men priset per mekaniska egenskaper är dock ca 30 % billigare än vanligt rostfritt.

Duplexa rostfria stål består till 50 % av austenit och 50 % av ferrit. Duplex stelnar ferritiskt ner till ca 800 grader och då är fasbalansen skapad. Enda instrumentet är den värme man stoppar in i materialet, fortsätter Lars-Erik Stridh och därför har tillsatsmaterialet mycket stor betydelse. Nickel behövs i tillsatsmaterialet för att austenit ska bildas i svetsgodset.

Lars-Erik berättar om en rörsvetsapplikation där laserhybrid kombineras med MIG. Svetsning skedde i två varv där varv ett var laserhybrid och varv två MIG. Rotgasen hade hög andel nitrogen för att inte svetsgod-

set skulle tappas på nitrogen. Tidsbesparingen blev ca 70 % och ferrithalten var 61 % både i topp och i rot.

– Vi testar också ferritiska rostfria stål med 13,5 Cr-halt. Här ger artegna tillsatsmaterial bra resultat men även austenitiska eller duplexa fungerar, avslutar Lars Erik Stridh.

### Laserhybridsvetsad plåt från Duroc

– Duroc Rail AB, i Luleå erbjuder som enda företag i Sverige laserhybridsvetsad höghållfast plåt, säger Olof Nilsson, marknadsansvarig vid företaget. Vi kan leverera längder mellan 3,2 till 8 m och i bredder upp till 3 meter i både härdat borstål och Domex 650. Materialtjockleken ligger mellan 2–6 mm.

Laserhybridsvetsningen sker i en flaksvets som har en åkvagn med en spegel och som rör sig längs svetsen. Lasern är på 20kW och har tidigare använts vid laserytbehandling. Anläggningen byggs nu om till att klara den dubbla kapaciteten.

Laserhybridsvetsningen ger mindre värme och mindre deformationer berättar Olof Nilsson. Svets hållfastheten ökar också med 40 %. Processen är kostnadseffektiv; hög svets hastighet (5–10 gånger MAG) och liten förbrukning av tillsatsmaterial.

– Våra kunder uppskattar den lägre vikten i sina produkter, säger Olof. Det kan vara i lastbilsflak, containers, sopbilar eller i vagnskorgar till malmvagnar. Det blir också en snyggare svets med laserhybrid.

Det är storefterfrågan på slitstål och Olof berättar att man samarbetar med Rukki som levererar direkt hårdad plåt i coils. Andra samarbetspartners är Svebor Stål i Luleå, Lucoil i Luleå, SSAB och Luleå tekniska universitet.

### ESAB Process Center

Vi gör också en tur ut till ESAB Process Center där laserhybridlaboratoriet är inrymt. Lasern är en Nd:YAG-

laser av modell Trumpf 4006 D och roboten är från KUKA. Där visar Johan Tolling laserhybridsvetsning av 3 mm aluminium. Arbetet ingår i VILMER, ett VINNOVA-projekt som bl.a. syftar till att utveckla laserhybridsvetsning.

I ESAB Process Center utbildas också många i modern svetsteknik. Man har fullt i alla 6 svetsutbildningsplatser 120 dagar per år. Men frågan är vilken utbildning en svetsare behöver i framtiden.

Med ESABs nya Q Set-program behöver man bara ställa in trådmatningen, alla andra parametrar justeras därefter automatiskt!

Laserdagen avslutades med att professor Veli Kujanpää, Lappeenranta University of Technology och VTT Industrial Systems beskrev laserverksamheten i Finland. De två organisationerna har bildat Lappeenranta Laser Processing Centre, LLPC, och där finns nu ca 30 personer som arbetar med laserbearbetning. Man har 12 lasrar av olika typer; CO<sub>2</sub>-, Nd:YAG-, koppar ånge-, diod-, och fiberlaser.

I Finland fanns 2005 289 CO<sub>2</sub>-lasrar, 145 Nd:YAG-lasrar varav mer än 100 används för märkning och ca 20 för svetsning samt 6 diodlasrar. Delar man upp marknaden i processer är skärning störst med 53 %, därefter följer märkning 28 %, svetsning 15 %, ytbehandling 2 % och övriga 2 %.

De små lasrarna dominerar och det finns 183 lasrar med effekt mindre än 0,5 kW, 22 st med effekt 0,5–1 kW, 58 st i området 1–2 kW, 104 st med effekt 2–4 kW samt 16 st större än 4 kW.

Förutom LLPC finns också forskning och utbildning vid Tampere University som har en Nd:YAG och en diod laser.

Sedan finns åtta lasrar vid olika skolor. Top of the line här är en skola i Nivala som har en 4 kW disk laser – den största i Norden.



Johan Tolling, ESAB AB visar laserhybridsvetsning i ESAB Process center.



# Laserforskning vid KIMAB:s Fogningscentrum

Av Johan Andersson, M.Sc., IWE, KIMAB AB

**Fogningscentrum vid KIMAB bedriver svetsrelaterad forskning med inriktning mot material och processer. Det innebär att Fogningscentrum är aktivt inom ett brett spektrum där medlemsbaserad forskning liksom direkta uppdrag är viktiga delar av verksamheten.**

Laserteknologi är idag ett viktigt område inom svetsteknologin och utvecklingen går ständigt framåt. Fogningscentrum har arbetat med laserprocesser för svetsning sedan år 2000.

De första arbetena var av kunskapsbyggande karaktär med en hel del litteraturstudier. Idag har verksamheten kommit längre och arbetar med avancerade tillämpningar t.ex. laserhybridsvetsning och lasersvetsning med twin-spot teknik.

FogningsCentrum samarbetar med några av de välkända svenska laserlaboratorierna i Sverige (ex. vis Luleå Tekniska Universitet, ESAB, Permanova Lasersystem) och tillsammans kan frågeställningar som är viktiga för svensk industri angripas processnära. Materialfrågorna är ofta en viktig del i verksamheten, dvs egenskaper och svetsbarhet, och ett av Fogningscentrums styrkeområden är svetsning av extra- och ultrahöghållfasta C-Mn och rostfria stål – och även aluminiumlegeringar.



Bild 1. Rostfri 301 stål mot Docol 600 DP.

När det gäller stål med hög hållfasthet kan det sedan en tid noteras ett stort intresse, inte minst från bilindustrin, att skräddarsy egenskaper hos olika delar i en konstruktion mot krav på låg vikt och hög hållfasthet. Området ämnesskarvning (eng. tailor welded blanks) innebär optimering genom att foga samman ämnen med olika egenskaper som t.ex. godstjocklekar och hållfasthetsnivåer (vitsen är att svetsa först och forma därefter). Båda vägarna ställer sina speciella krav.

Hög svetskvalitet är en självklarhet, men hur processen påverkar omgivande material och vilka egenskaper

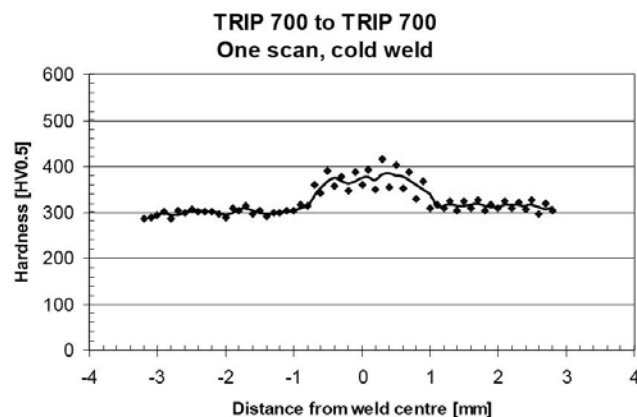
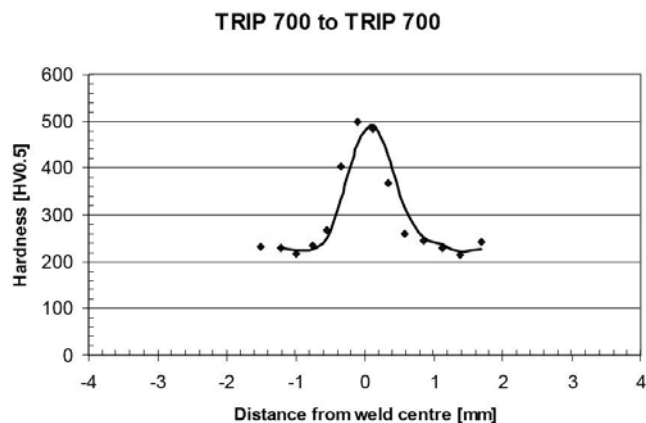


Bild 2. Svetsat TRIP 700 samt med en efterföljande värmebehandling med laser av en kall svets.





Bild 3. Till vänster strukturen i ett duplex rostfritt stål, i mitten ett autogent lasersvetsat (dvs utan tillsatsmaterial) svetsgods och till höger svetsen efterbehandlad med laser. Utgångsstrukturen har nära 50% ferrit, i svetsat tillstånd 65% och efter värmebehandling 52%.

förbandet får är två viktiga frågor vid sammanfogning av stål med hög hållfasthet.

Ett speciellt fall är t.ex. fogning av rostfritt stål mot C-Mn stål, med olika godstjocklekar (se Bild 1).

### Speciella mikrostrukturer

Höghållfasta stål har speciella mikrostrukturer som ger upphov till materialets egenskaper och denna påverkas mycket av värmeförhållanden. Laserprocessen med sin höga effekttäthet är därför gynnsam genom att relativt liten värmeförhållanden krävs för att åstadkomma ett förband med hög kvalitet. Materialmässigt kan förbandet utvärderas på olika sätt, varav mikrohårdhetsmätningar och metallografi ger viktig information om materialpåverkan vid t.ex. ämnesskarvning.

Laserutrustningen kan även användas för efterföljande värmebehandling, genom att svepa över svetsen men med lägre effekt. Syftet kan vara att utjämma hårdhetsskillnader i svets och grundmaterial (Bild 2), eller för att skapa en mer gynnsam mikrostruktur.

Syftet med att ändra mikrostrukturen kan vara bättre slagseghet och korrosionsegenskaper, som i fallet duplexa rostfria stål (Bild 3).

### Fördel vid ämnesskarvning

Att laserprocessen ger upphov till liten värmepåverkan är en faktor som utnyttjas med fördel vid ämnesskarvning av höghållfasta stål. Dessa förband ingår ofta i en komponent som utsätts för en efterföljande formningsoperation, och då är det viktigt att formbarheten hos förbandet inte avviker för mycket från det omgivande materialet. Här har forskningen på Fogningscentrum påvisat ett samband mellan svetsbredden och skillnaden i hårdhet (mellan svets och grundmaterial) med formbarheten hos förbandet (Bild 4). Formbarhet är en egenskap som kan mätas med Erichsen metoden.

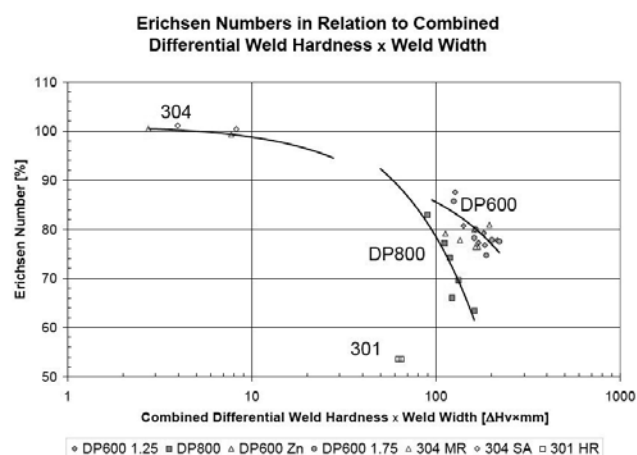


Bild 4. Linjära samband mellan svetsbredd och hårdhetsskillnad (i svets och grundmaterial) med relativ formbarhet i förbandet (relativt grundmaterialets formbarhet).

Bild 4 uppvisar linjära samband (även om den loga-ritmiska skalan lurar ögat). Dessa samband har olika styrka för olika material, men en viktig slutsats är att svetsens negativa inverkan minskar med liten svetsbredd (och med små hårdhetsskillnader). Dessa egenskaper är ofta motpoler vid lasersvetsning, men eftersom värmepåverkans utbredning är liten och svetsbredden är den viktigaste egenskapen resulterar ofta lasersvetsar i förband av mycket hög kvalitet.

### Höga krav

Nackdelen med lasersvetsning är dock att metoden ställer höga krav på ingående toleransnivåer och att svetsning med tillsatsmaterial kräver högre lasereffekter samt innebär ökade svårigheter att behålla kvalitetsnivån. I detta avseende har FogningsCentrum studerat laserhybridprocessen Laser-MIG/MAG (Bild 5) för olika

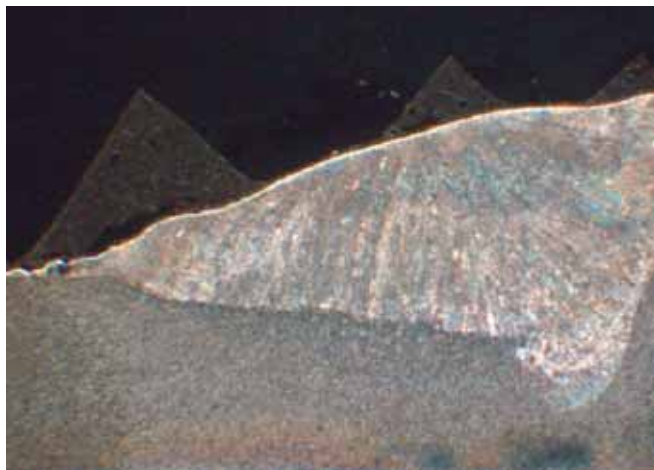


Bild 7. Till vänster Laser-MIG/MAG svetsning med släpande laser, till höger svetsning med ledande laser. Den principiella skillnaden ligger i bredd/djup förhållandet i inträngningsprofilen.

material. Fördelen med denna kombinationsmetod är att MIG/MAG tillsatsen minskar känsligheten för passningsfel väsentligt, samt att tillsatsmaterial tillförs med

egen värmekälla med bättre utflytning i förbandet. Metoden kan även användas för minskad porositetsnivåerna vid t.ex. aluminiumsvetsning.

### Ett kostnadseffektivt sätt

I sin enklaste beskrivning kan Laser-MIG/MAG sägas vara ett kostnadseffektivt sätt att utöka den högkvalitativa lasereffekten, och betar sig svetstekniskt i stor utsträckning som en MIG/MAG process med mångdubblad svetshastighet och med minskad risk för bindfel.

Metoden fungerar effektivt i stor utsträckning tack vare att två processer samverkar som en, därav namnet hybrid. Ljusbågsplasmata från MIG/MAG metoden samverkar med laser metodens nyckelhålsplasma (Bild 6) och får därigenom tillräckligt hög effekttäthet för att kunna användas vid laserprocessens höga svetshastigheter.

I princip används metoden på två olika sätt, som det tvistas om mycket om vilket som är det bästa – svetsning med släpande respektive ledande laser (dvs före eller efter MIG/MAG pistolen i svetsriktningen).

Mycket forskning påvisar dock två principiella beteenden (Bild 7) – släpande laser tenderar till att bredda svetsen och öka spaltbryggbarheten medan ledande laser tenderar att bli mer laserliknande i sitt svetsutseende (dvs smalare och djupare inträngning). Påverkande är naturligtvis också hur man ställer energitillförseln för respektive metod, alltså balansen mellan metoderna (man talar om MIG/MAG- eller laserdominerad process).

Nackdelen med Laser-MIG/MAG är ett utökat antal processparametrar att arbeta med (Bild 8), men detta är överkomligt genom att lära sig hur processen fungerar. Vinsten ligger i möjligheten att vinna minskad tole-

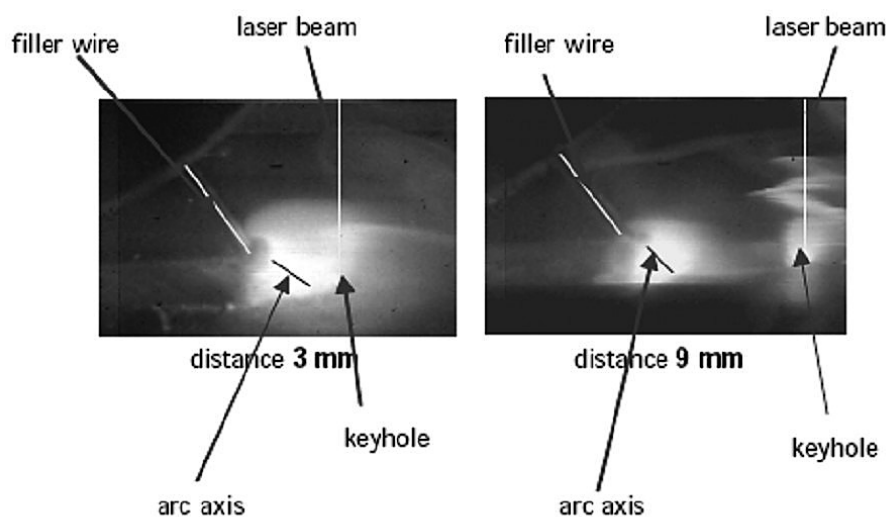


Bild 6. Vid 2-4 mm avstånd mellan ljusbåge och laserstråle anses en samverkans effekt erhållas som möjliggör användning av MIG/MAG metoden vid laserprocessens höga svetshastighet [2].

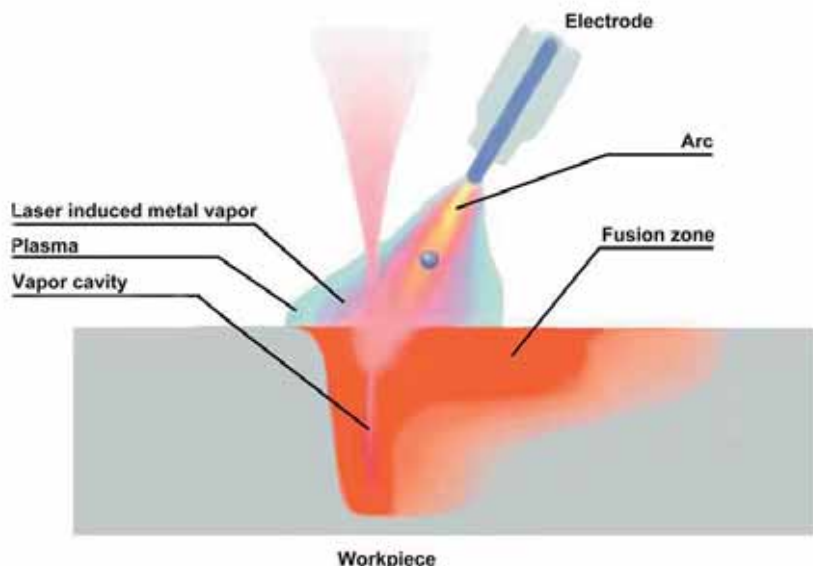


Bild 5. Principbilden för Laser-MIG/MAG svetsning med eftersläpande MIG/MAG [1].

ranskänslighet och bättre förbandskvalitet (t.ex. jämna re materialegenskaper i grundmaterial och svets som i Bild 9).

### Sammanfattning

Sammanfattningsvis har laserprocessen redan etablerat sig i industrin som en högkvalitativ svetsmetod med mycket höga svetshastigheter. Laser-MIG/MAG processen har börjat gå i samma fotsår och erbjuder flera intressanta möjligheter.

Viktigt är dock att tänka utanför de konventionella svetsbanorna då de nya högproduktiva metoderna erbjuder möjligheter som tidigare inte varit möjliga. Det gäller aspekter som fogutformning, deformationer, svetshastigheter och förbandsegenskaper.

Det är FogningsCentrum's syfte att fortsätta arbetet med dessa processer för att stödja svensk industri till-

sammans med de andra aktörerna inom laserprocesser i Sverige.

### Mer information:

Johan Andersson

Epost: johan.andersson@kimab.com

Tel.: 08-4404852

KIMAB

Drottning Kristinasväg 48

114 28 Stockholm

### REFERENSER:

1. "LASER BEAM WELDING IN SHIP BUILDING-EXPERIENCE AND PERSPECTIVES AT MEYER SHIPYARD", 7TH INT. AACHEN WELD. CONF. F. ROLAND, H. LEMBECK, 2001.
2. "LASER GMA HYBRID WELDING WITH VARIOUS LASER SYSTEMS", C. THOMY, T. SEEFELD, F. VOLLERTSEN, XII-1843-05.
3. "CLOSING THE WELD GAP WITH LASER/MIG HYBRID WELDING PROCESS", C. BAGGER, B.D. WIWE, N.A. PAULIN, F.O. OLSEN, NOLAMP 9, 2003.

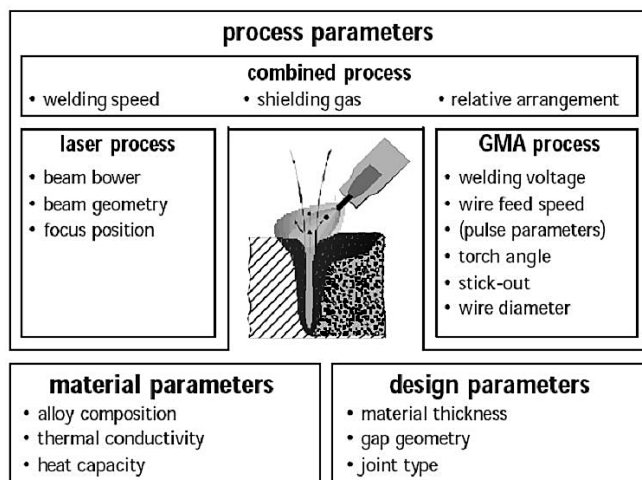


Bild 8. Processparametrar vid Laser-MIG/MAG svetsning [2].

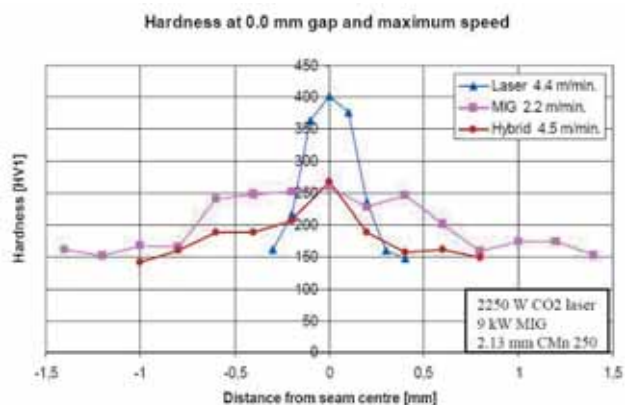


Bild 9. Hårdhetsprofil i svetsförband, jämförelse mellan laser, MIG/MAG och Laser-MIG/MAG [3].



# Fiberlasrar och diodlasrar i fokus vid ICALEO® 2005

*Ett forum för teknikuppdatering och skvaller i branschen*

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars

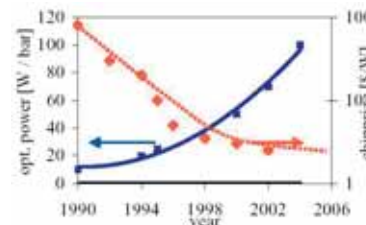
**Första veckan i november förra året var det dags för några hundra laserentusiaster från världens alla hörn att träffas för några dagars angenäm samvaro i samband med ICALEO (International Congress on Applications of Lasers and Electro Optics).**

Detta var 24:e gången som denna konferens arrangerades, så räkna med ett hejdundrande jubileum i Scottsdale, AZ, 2006. Detta år hade LIA (Laser Institute of America) valt att förlägga mötesförhandlingarna till "the sunny state of Florida", närmare bestämt Miami, FL, där vi höll till på lyxhotellet Hyatt Regency. Plats och tidpunkt visade sig denna gång vara mindre väl valda, eftersom konferensen inföll just veckan efter orkanen "Wilma" dragit fram över de södra delarna av USA. Detta var något som LIA's "executive officer", alltid välklädde Peter Baker, tog fasta på i sitt inledningsanförande, där han glädjande nog kunde konstatera att 428 delegater hade sökt sig till konferensen trots de något osäkra väderleksförhållandena. Nu visade det sig ju att stormen hade dragit förbi och att vi kunde uppleva en vecka full av sol och värme. Dagstemperaturerna låg kring 28–30°C (eller cirka 85°F) och på kvällen kunde man njuta vid poolen eller på någon uteservering längs South Beach då temperaturen endast sjunkit marginellt.

## Uppdelad konferens

Liksom tidigare år var konferensen uppdelad i två huvuddelar; "Laser Materials Processing" (LMP) och "Laser Microfabrication" (LMF). Den förstnämnda var den mest omfattande och måste därför använda sig av tre parallella sessioner, varför det var viktigt att planera sina konferensdagar så att man erhöll största möjliga utbyte.

Alltså fick man finna sig i att frekvent flytta omkring mellan de olika sessionssalarna. För LMP agerade engelske Anthony (Tony) Hoult ordförande. Tony som nu lämnat sin position hos Convergent Energy och istället arbetar för fiberlasertillverkaren SPI (Southampton Photonics Inc.), ett spännande, nystartat företag (2002), vil-



Figur 1. Utvecklingen över tiden beträffande effektuttag och kostnad för en enskilda diodlaserstav.

ket är en avknoppning från Southampton University. Dock spenderar Tony merparten av sin tid i USA där han arbetar med främst säljsupport. Motsvarande ordförandeskap i LMF-delen av konferensen hade Yang Feng Lu från University of Nebraska i Lincoln, NE. Det övergripande konferensansvaret för hela ICALEO hade tilldelats en annan "mikrobearbetningsentusiast", nämligen Andreas Ostendorf från LaserZentrum i Hannover (LZH), GER. Ett uppdrag som onekligen var en fjäder i hatten för alltid sympatiske Andreas.

I sitt välkomstanförande kunde Herr Ostendorf konstatera att det 2005 var jämnt 100 år sedan Albert Einstein upptäckte fotonen och den stimulerade ljusemission som kunde utvinnas därifrån. Vidare anknöt han till årets nobelprisvinnare, professor Dr. Theodor W Hänsch, som erhölet sitt pris just för landvinningar inom laserforskningen, och som ju tidigare (2000) har förärats med LIA's prestigefyllda Schawlow Award. Annars uppehöll sig Andreas mycket kring de nya lasertyperna fiber- och disklasrar där det just nu sker en snabb utveckling.

Med tanke på detta kändes det naturligt att Dr. Martin Behringer från OSRAM Opto Semiconductors i Regensburg, GER, var inbjuden som huvudtalare under plenarysessionen.

Företaget utvecklar laserdioder, vilka är en nog så viktig komponent i såväl fiber- som diodlasrar. Det har som sagt skett en snabb utveckling vad gäller laserdiodernas verkningsgrad och livslängd samtidigt som priserna för desamma starkt reducerats.

Detta exemplifierades med vad man kan utvinna ur en s.k. "laser bar" i en diodlaser. För 15 år sedan var cirka 10W vad man kunde få ut ur en dylik stav, medan man idag ligger på en motsvarande effekt kring 150W. Under samma tidrymd har priset, tack vare teknologins mögnadsgrad, minskat från 100 \$/W till 2 \$/W idag [Figur

1]. Av förklarliga skäl låg just diodlasrar Dr. Behringer varmt om hjärtat och han kunde konstatera att verkningsgraden (WPE = Wall Plug Efficiency) numera ligger över 50%, vilket även kan uttryckas i att 1 Ampere ger ungefär 1.27 Watt i uteffekt.

### Högre effekt och sämre strålkvalitet

Dagens diodlasrar, i effektområdet 40–140 W, har en strålkvalitet på 15 mm\*mrاد, och de vanligaste våglängderna är 808, 940 och 980 µm. Multi-kW diodlasrar finns också sedan flera år tillbaka, men med högre effekt följer sämre strålkvalitet.

För en 4 kW laser, vilken kan vara uppbyggd av inte mindre än 80 ”laser bars”, får man räkna med en strålkvalitet (BPP = Beam Parameter Product) på 110 mm\*mrاد. Utvecklingsarbeten för att förbättra detta innefattar multiplexing, avsmalnande form på dioderna samt klarare laserstråle med hjälp av en teknik som Dr. Behringer kallade SEAL (Single mode Emitter Array Laser). Bland diodlaserns användningsområden nämndes:

- Avståndsmätare i trafiken med ett detekteringsavstånd på upp till 200 meter
- Härdning av fjädrar till bildörrsgångjärn i en process med 99% tillgänglighet
- Som värmekälla vid lödoperationer
- Laserstödd bearbetning i form av förvärmning vid arbete med spröda material
- Pumpelement för högeffektlasrar
- I kombination med en CMOS-kamera för sikt i mörker

500 W ut från en enda stav, samt sammanbyggda sådana för uteffekter på 10 kW såg Dr. Behringer inte som någon omöjlighet, men dylika arrangemang får inte anses avsedda för volymproduktion ”around the clock”! I sin framtidsvision menade han att strålkvaliteten kommer att förbättras till 3-4 mm\*mrاد för 60 W-system och vara lägre än 50 mm\*mrاد för högeffektssystem kring 5 kW. Som ett mera naturvänligt material än GaAs och GaAl, som används för tillverkning av halvledare idag, ansågs GaN<sub>2</sub> vara ett alternativ åtminstone inom lågeffektområdet (4 W ut från en stav är möjligt idag).

Nästa föredragshållare under plenary sessionen var ”gamla” Aachen-studenten (RWTH = Rheinland Westfalen Technische Hochschule) Dr. Silke Pflüger, hon likasom Tony Hault numera verksam hos SPI. Egentligen skulle företagets utvecklingschef David Parker ha hållit denna presentation, men p.g.a. en brand hos fiberleverantören OTC (Optoelectronics Research Centre) måste Mr. Parker kasta sig på flyget tillbaka till England. Nu blev det istället Frau Pflüger förunnat att sjunga fiber-

laserns lov. Detta var för övrigt något som genomsyrade hela konferensen, och det är uppenbart att det är en fiberlaser man skall satsa på om man går i tankar att införskaffa en ny laser. Och detta blev ytterligare förtydligat för mig personligen efter en längre kvälsdiskussion över några öl med institutionsföreståndaren vid IWS (Institut Werkstoff- und Strahltechnik, Universität Dresden, GER) Dr. Eckhard Beyer. Denna suveräna laserkälla är kompakt, med hög termisk och elektrisk verkningsgrad samt överlägsen strålkvalitet ( $M^2 < 1.1$  vid 200 W+, eller 1 mm\*mrاد vid 1 kW), dessutom så gott som helt underhållsfri då optiken ej behöver upplinjeras eller rengöras. Vad mer kan man önska sig?

Silke Pflüger beskrev SPI's koncept, vilket skiljer sig från konkurrenten IPG som skapar hög effekt genom att kombinera många ändpumpade fibrer i s.k. fiberknippen. SPI arbetar däremot med en enda fiber, vilken dock egentligen är tre, och kallas GTWave©. Den aktiva fibern är positionerad i mitten och pumpas av två omgivande fibrer, vilka i sin tur ändpumpas med hjälp av laserdioder. Konceptet har ”upptäckts” och utvecklats vid University of Southampton. Kostnadsjämförelser kommer ju alltid på tapeten i fiberlasersammanhang. Nu angavs följande siffror beträffande kostanden per driftstimme [\$/h]:

|                          |    |
|--------------------------|----|
| • Fiberlaser             | 20 |
| • CO <sub>2</sub> -laser | 23 |
| • Diodpumpad disklasar   | 30 |
| • Diodpumpad stavlasar   | 35 |

### Kvar i lågeffektområdet

Med hänsyn till det koncept man valt avser SPI att bli kvar och lansera produkter i lågeffektområdet, dock med erbjudande av pulsteknik och effekttoppar på 15 kW. Frau Pflüger menade emellertid att det med SPI's koncept skulle vara fullt möjligt att erbjuda högeffektlösningar i cw-mode. Sålunda påstod hon att 10 kW skulle vara möjligt att skapa i en 36 µm fiber utan att förstöra den reflekterande Si-beläggningen. Dessutom kommer det att bli möjligt att skala upp effekten ytterligare om man använder en avsmalnande aktiv fiber.

Siste talare vid plenary-sessionen var långväga gästen Henry Peng från GE Global Research Center i Shanghai, PRC. Det händer ju som bekant väldigt mycket just nu i Kina och så också inom laserområdet, varför det var med spänning vi emotsåg Dr. Pengs presentation. Här fick vi inledningsvis veta att det finns ett flertal inhemska lasertillverkare.

Bland de största kan nämnas Huagong Laser, Chutian Laser, Han's Laser och Unity Laser, vilka har ungefär 55% av den inhemska marknaden. Bland de utländska

|                         | Driftskostnad [\$/tim] | Svetsningseffektivitet [mm <sup>3</sup> /J] | Kostnad [\$/mm <sup>3</sup> ] |
|-------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|
| CO <sub>2</sub> -laser  | 24.27                  | 0.261                                       | 2.58                          |
| Lampumpad Nd: YAG-laser | 38.33                  | 0.205                                       | 5.19                          |
| Fiberlaser              | 21.31                  | 0.195                                       | 3.04                          |
| Disklaser               | 35.43                  | 0.248                                       | 3.97                          |

Tabell 1. "Svetsningseffektivitet" som en jämförelse mellan olika lasertyper.

tillverkarna nämndes endast Rofin Sinar, Prima och PRC. Självklart gjorde det mig något förvånad att i dessa sammanhang inte få höra namnen på våra dominerande europeiska aktörer: Trumpf, Haas och kanske också Bystronic. Antalet inhemska tillverkare (angivet inom parentes) fördelar sig på olika lasertyper som följer:

- Tvärströmnings CO<sub>2</sub>-lasrar upp till 10 kW (5)
- Axialströmnings CO<sub>2</sub>-lasrar upp till 4 kW (3)
- cw Nd:YAG-lasrar mellan 30-400 W (10)
- Nd:YAG-lasrar över 1 kW (5)
- Excimer-lasrar upp till 400 W (2)

För att snabbare kunna bygga upp den kinesiska kompetensen inom området laserbearbetning har man engagerat sig i tre stora internationella projekt. Dessa är: China-German Center of Laser Technology (2001), China-German Training Center of Laser Technology (2003) samt High Power Laser Welding for Ship Building (2005). De två första har sitt huvudsäte i Beijing medan det senare styrs från Shanghai. Universitetskompetensen inom olika områden ser ut så här:

- Svetsning: CO<sub>2</sub>-laser hybrid samt lödning
- Skärning: 3D med adaptiv höjdhållning samt processsimulering
- Ytmodifiering: Påläggning av vevaxlar, blästring samt texturering
- Borrning: Nanosekund-teknik samt skapande av upp till 17° lutande hål
- Metalldeposition: Påläggning, near-net-shape tillverkning samt utveckling av matarsystem och munstycken
- Rapid prototyping: SLA (Selective Laser Ablation), LOM (Laminated Object Manufacturing) och SLS (Selective Laser Sintering) tekniker där de flesta experimenten hittills är gjorda med organiska material men där mer och mer görs med metaller
- Kvalitetsövervakning: On-line övervakning med "closed loop"-kontroll där man använder sig av såväl optiska som akustiska responser
- Mikroprocesser

### Samarbete med BUT

Bland industriella applikationer nämndes svetsning av

kugghjul hos Lueco Automobile, tailored blanking och 3D skärning av den inre bakluckekomponenten på FAWs (First Automotove Works) lyxbil "Grand Red Flag". Den senare applikationen har utvecklats i nära samarbete med BUT (Beijing University of Technology), och Dr. Peng berättade att det är vanligt förekommande att universiteten gör direkt produktutveckling åt industriföretagen i Kina.

Som avslutning gav Dr. Peng lite fakta kring demografi och infrastruktur och hur dessa faktorer framgent tros påverka industriutvecklingen och därmed en ökande laseranvändning. Idag har Kina en befolkning på 1.3 miljarder och av dessa klassificeras cirka 250 miljoner som varande medelklass. Dessa representerar en köpkraft på 900.000 personbilar och 3 miljoner bostäder per år och siffrorna kommer att öka avsevärt i framtiden. Man har idag en medelålder på 71.4 år, vilket skapat problem såtillvida att man har fått en högre andel äldre. Även andelen arbetslösa är förhållandevis hög, eller mer än 100 miljoner. De stora tillväxtsektorerna inom industrin förväntas bli personbilar, aerospace och aeronautics, mikroelektronik samt biomedicintillbehör. Man kommer även fortsättningsvis att ha ett nära samarbete mellan "academia" och industrin. Dr. Peng avslutade med en hisnande prognos för år 2020. Till dess räknar han med att det i Kina har tillkommit 80 nya internationella storflygplatser samt att den årliga efterfrågan på personbilar ligger kring 16 miljoner!

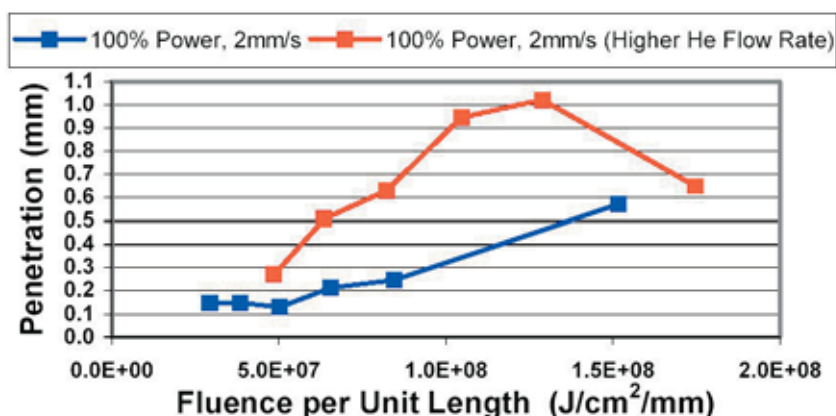
### Session FIBERLASER

Alltid lika säkre Paul Denney från EWI (Edison Welding Institute) i Columbus, OH, hade fått äran att inleda denna högtintressanta session. Han pekade på att fiberlasrarna stått för den mest anmärkningsvärda utvecklingen av laserkällor på senare år, då dessa Yb- (Ytterbium) baserade lasrar gått från effekter på ett fåtal watt till att nu erbjuda produkter inom multi-kW området. Våglängden ligger på 1.07 µm med en M<sup>2</sup> = 1.1-10 beroende på var i effektområdet man befinner sig. Listan över fördelar kan göras lång, men ser i princip ut så här:

- Hög verkningsgrad, ca. 25% (jmf. Nd:YAG 5%, CO<sub>2</sub> 13%, diod 50%)



Figur 2. Den avsevärda ökningen av penetrationsdjupet som man erhåller vid lasersvetsning i AA7075-T6 genom en moderat ökning av skyddsgastillförseln (He) från 28 till 32 l/min.



- Överlägsen strålkvalitet, < 10 mm\*mrad
- Flexibel stråldistribution i ytterst tunna fibrer (10-200 µm beroende på effekt)
- Kompakt storlek
- Lång livslängd på pumpdioder (teoretiskt mellan 50.000 och 100.000 timmar)
- Möjlighet till pulsning
- Kräver ingen upplinjer
- Ingen förekomst av s.k. "thermal lensing"
- Avsevärt mindre behov av vattenkylning
- Så gott som underhållsfri
- Fördelaktig totalkostnad

I det senare fallet refererade Paul till kollegan Stan Reams utredning vilken presenterades vid ICALEO® 2004 i San Francisco. Mr. Reams slutsatser sammanfattas i tabell 1.

### Fiberlasern tar över

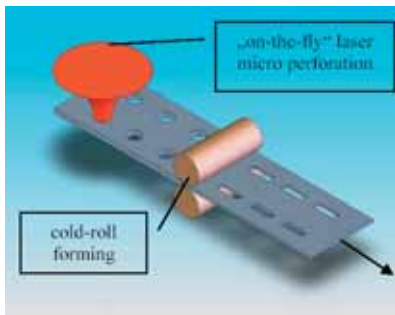
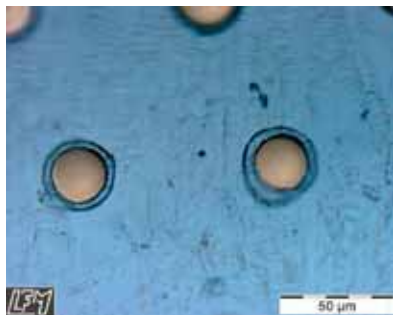
Mr. Denney fortsatte med att ge några exempel på områden där fiberlasern förväntas ta över från andra vedertagna bearbetningsmetoder: Elektronstrålesvetsning av transmissionsdetaljer, CO<sub>2</sub>-lasersvetsning av TWB (Tailored Welded Blanks), CO<sub>2</sub>-laserskärning och -håltagning i tunnplåt, gasskärning, motståndspunktsvetsning inom bilindustrin, smältsvetsning vid pipeline-skarvning, lödning av elektronikkomponenter. Den enda laserteknik som han inte trodde att fiberlasern kunde utkonkurrera var den pulssade Nd:YAG-lasern för borrar. Bland framtida innovationer nämndes fiberlasersvetsning vid fältreparationer av flygplan, kärnkraftverk, anläggningsfordon och andra stora maskiner. Här innebär ju lasertypens kompakthet och lätta vikt att den passar bra för dylika mobila reparationsaktiviteter. Inom oljeborrningsområdet kan fiberlasern användas som support till den mekaniska borrarngen samt som reparationsverktyg för svåråtkomliga skador på rör. Ett annat område där laserborrning används idag, fast då med Nd:YAG, är vid renovering att armerade betongväggar och -bjälklag.

För att undvika den ljudalstring som sker vid mekanisk håltagning, för att sätta in nya armeringsjärn i betongkonstruktioner, har man valt att gå över till laserborrning. Mr. Denney visade dylik reparationsborrning vid ett sjukhus (där man absolut inte önskar höga ljudnivåer eller starka vibrationer) med hjälp av en 4 kW Nd:YAG-laser som klarade att göra 10 cm djupa hål på 19 sekunder. Han menade att ett tänkbart alternativ kunde vara en 4 kW Yb-fiberlaser.

Näste man "till rakning" var greken Alex Paleocrasas från North Carolina State University i Raleigh, NC, som berättade om lasersvetsförsök av den svårsvetsade legeringen AA7075-T6. Till sin hjälp hade man haft en 300 W enkelfibers Ytterbium-laser. Typiska svetsdefekter i form av porositet och sprickor hade kunnat undvikas tack vare den eminenta strålkvaliteten som låg vid  $M^2 = 1.4$  för denna 1.075 nm långa våglängd. Dock fick man se till så att energitätheten inte blev för hög för då kunde man få genombränningar, s.k. "blow holes", samtidigt som man riskerade att förstöra värmebehandlingen av materialet. En intressant observation som gjorts var att man funnit ett tröskelvärde för skyddsgastillförseln som påverkade penetrationen. Genom att öka flödes hastigheten hos den använda He-gasen från 28 till 32 l/min skedde en dramatisk ökning av penetrationsdjupet [Figur 2]. Ett tänkbart område för fiberlasersvetsning av AA7075-T6 sades vara vid reparationer inom flygindustrin, just i akt och mening att undvika uppkomsten av utmattningsprickor.

### Mikrobearbetningsövning

Marc Baumeister från Laser Center University of Applied Sciences Münster (LFM), Steinfurt, GER presenterade en riktig mikrobearbetningsövning. Det handlade om håltagning i tunna (100-550 µm) rostfria membran för partikelavskiljning. Man hade använt en 100 W fiberlaser från SPI med BPP (Beam Parameter Product) på 0.38 mm\*mrad. Borrningen hade skett "on the fly" med en



Figur 3. Håltagning i tunna, rostfria membran, och t.h. principen för den efterföljande rullformningsoperationen vilken ger hålen dess slutgiltiga geometriska form.

pulsfrekvens på 10 kHz. På detta sätt hade 5.000 hål/sekund kunnat åstadkommas, där hålen hade en ungefärlig diameter av 20 μm. I en efterföljande operation rullformades membranen till sin slutgiltiga form varpå de från början helt cirkulära hålen fick en mer oval form då de förlängdes i rullformningsriktningen samtidigt som de komprimerades tvärs densamma [Figur 3]. Hålbredden blir således endast cirka 5 μm, vilket är passande för att kunna avskilja sfäriska partiklar.

Välkände professor Isamu Miyamoto från Osaka University hade ej haft möjlighet att komma till ICALEO denna gång, varför hans presentation framfördes av lika bekante Dr. Dirk Petring från ILT (Institut für Lasertechnik) i Aachen. Föredraget fokuserade kring höghastighetssvetsning med fiberlaser. 40 μm tjock rostfri (SUS304) folie hade svetsats i Ar-atmosfär med 30 m/min med hjälp av endast 200 W lasereffekt. Vid dylika hastigheter och hög effekttäthet ( $10^8 \text{ W/cm}^2$ ) är risken för instabiliteter, s.k. "humping", i svetsprocessen uppenbar.

### God strålkvalitet

Här har fiberlasern en uppenbar fördel tack vare sin goda strålkvalitet ( $M^2 < 1.1$ ) som gör det möjligt att fokusera strålen till en så pass liten fokalfpunkt så att

nyckelhålet inte blir större än 4-8 μm i diameter. Dr. Petring menade att man härigenom kan undvika ett ogynnsamt dynamiskt flöde kring nyckelhålet och därtill hörande tryckeffekter på smältans viskositet, vilket tycks vara roten till uppkomsten av humping-effekten. En annan observation värd att nämna var den att nyckelhålets diameter, antagligen p.g.a. dylika tryck- och viskositetsfenomen, blir större än fokalfpunktens diameter. Detta är något som även tidigare observerats vid bearbetning med små fokalfpunkter. Sålunda har vi på Volvo kunnat observera svetsbredder som överstiger fokalfpunktsdiametern vid svetsförsök genomförda med disk-laser och 200 μm grov fiber.

Institutionsföreståndaren vid BIAS (Bremen Institut für Angewandte Strahltechnik), professor Frank Vollertsen, inledde sitt föredrag med att peka på fiberlaserns fördelar ur ett miljöperspektiv. Detta med hänsyn taget till att denna lasertyp har en högre verkningsgrad än de traditionella CO<sub>2</sub>- och Nd:YAG-lasrarna. Om man tänker sig 300 stycken 3 kW lasrar som har en genomsnittlig "on-time" motsvarande 1 kW, så förbrukar dessa lasrar 14 MW om dagen i ett Nd:YAG-laserperspektiv, medan motsvarande siffra för fiberlasrarna stannar vid 1.3 MW/dag.

Från sina experimentella försök redovisade Dr. Vollertsen fiberlasersvetsning av mixmaterial-kombinationen rostfritt (1.4303) till koppar (E-Cu58). Vid en totaltjocklek på 100 μm hade man uppnått hela 100 m/min i svetshastighet med endast 200 W lasereffekt, dock inte med full penetration. För att erhålla det var man tvungen att reducera hastigheten till 40 m/min. Vidare kunde man konstatera att bäst penetration erhöles då man positionerade kopparn som topplåt. Annars får väl makrobearbetning med fiberlaser anses vara BIAS' specialgebit då man haft både 10 och 17 kW fiberlasrar i sitt laboratorium [Figur 4]. Vid en jämförelse mellan dessa två lasrar har man erhållit högst svetshastighet med 10 kW-källan.

Detta kan tyckas något överraskande, men förklaras av att den kraftfullare lasern skapar ett alltför stort plasma, vilket inverkar negativt på svetshastigheten. Ser man

|           | Year of measurement | Max. beam power @ workpiece [kW] | Fiber core diameter [μm] | Focal length [mm] | Spot diameter [μm] | BPP [mm*mrad] |
|-----------|---------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| YLR-17000 | 2005                | 16.7                             | 200                      | 250               | 420                | 11.7          |
| YLR-10000 | 2004                | 10.5                             | 200                      | 200               | 360                | 11.6          |
| YLR-7000  | 2003                | 6.9                              | 300                      | 200               | 510                | 18.5          |

Figur 4. Jämförelse mellan olika basparametrar för tre olika fiberlasersystem utprovade i BIAS' laboratorium.

det däremot utifrån penetrationsförmåga har 17 kW-lasern visat sig överlägsen. Ett praktikfall som avslutade presentationen rörde stumsvetsning av pipeline-rör i X70-material och 11.2 mm vägg tjocklek som framgångsrikt svetsats med 15 kW uteffekt [Figur 5]. Även svetsapplikationer i extruderat aluminium för tysk järnvägsindustri nämndes.

### Delikat jämförelse

Vid fjolårets ICALEO-konferens var det ju Stan Ream från EWI (Edison Welding Institute, Columbus, OH), som gett sig i kast med den delikata uppgiften att jämföra olika laserkällors effektivitet. Detta år var det Geert Verhaeghe från TWI (The Welding Institute) i Cambridge, U.K. som gett sig på en liknande uppgift. Hans angreppssätt var dock annorlunda och handlade om svetsning av avsmalnande (från 5 till 1 mm i tjocklek) provkroppar i aluminium AA5083, där man alltid startade svetsningen från den tjockare delen och observerade efter vilken sträcka man uppnådde full penetration.

De lasrar med tillhörande strålkvalitet som ingick i undersökningen var:

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| • Diodpumpad Nd:YAG stavlaser  | 23 mm*mrad |
| • Diodpumpad Yr:YAG disk laser | 7 mm*mrad  |
| • Fiberlaser (fiberknippe)     | 18 mm*mrad |
| • Fiberlaser (enkelfiber)      | 4 mm*mrad  |

För alla lasrarna hade 4 kW effekt använts och strålen hade fokuserats ner till 0.4 mm i diameter. En lägre Beam Parameter Product (BPP) gav bättre penetration [Figur 6a] och detta förklarade Mr. Verhaeghe med att den bättre strålkvaliteten tillåter ett större avstånd till arbetsstycket och därmed också ett större skärpedjup. Vidare ger den högre strålintensitet som en fiberlaser uppvisar bättre penetration [Figur 6b], i varje fall upp

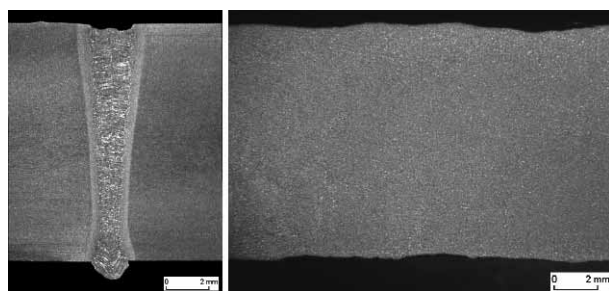
till ett gränsvärde omkring  $35 \times 10^5 \text{ W/mm}^2 \cdot \text{sterad}$ . På en direkt fråga från åhörarna om huruvida likadana slutsatser kunde dras vid svetsning av kolstål blev svaret jakande. Undersökningen hade också omfattat inverkan av fokalpunktsdiameterns storlek, och här hade intervallet 0.14-0.61 mm undersökts. Man kunde konstatera att vid låga svetshastigheter hade fokalpunktsstorleken ingen inverkan på penetrationen. Likaså att man vid stora fokalpunkter inte erhöll någon nämnvärd skillnad i penetration vid olika svetshastigheter.

Vid Fraunhofers dotterföretag i USA (Center for Laser Technology, Plymouth, MI) har man byggt och utvecklat ett eget koncept för lågeffekts-fiberlaser. Om detta berättade nu Tim Lauterborn. Det hela bygger på strålningen från en enkel laserdiod som förstärks i tre steg via multiplexing över enkelfibrer [Figur 7]. Avsikten var att erhålla 30 W uteffekt med  $M^2 = 1.42$ , men det hela stannade vid 11 W. Effekten kan emellertid pulsas till toppar på 66 kW och med en pulsenergi på 0.5 mJ.

### Senaste nytt inom skärning med fiberlaser

Michael Grupp från IPG Laser GmbH i Burbach, GER, informerade oss om de senaste rönen från skärning med fiberlaser. Han kunde emellertid inledningsvis inte avhålla sig från att berätta om företagets produkter på enkelfibersidan som sträcker sig mellan 100–2.000 W i uteffekt och har produktbeteckningen YLP-SM, där SM står för "Single Mode". Våglängdsområdet är 1.060-1.080 nm,  $M^2 < 1.1$  vid TEM00-mode samt WPE (Wall Plug Efficiency) 25%. Dessutom är livslängden för dioderna långt över 100.000 driftstimmar, men det har vi ju hört förr från de kära IPG-kollegerna, eller hur?

Gamle bekantingen Tony Hoult (SPI, Southampton, U.K.), numera marknadsansvarig för SPI's produkter i USA, berättade om lasersvetsning inom mikrobearbet-



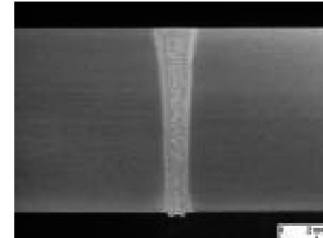
Figur 5. T.v. Stumsvetsning (tvärsnitt resp. längssnitt genom svetsen) av 11.2 mm tjocka pipeline-rör med 15 kW fiberlasereffekt och en svetshastighet på 2.8 m/min. T.h. en intressant effektivitetsjämförelse mellan en 15 kW CO<sub>2</sub>-laser och en 10 kW fiberlaser vid BOP- (Bead-on-Plate) svetsning av X70-material.

TLF 15000 turbo



X70, t = 11.2 mm

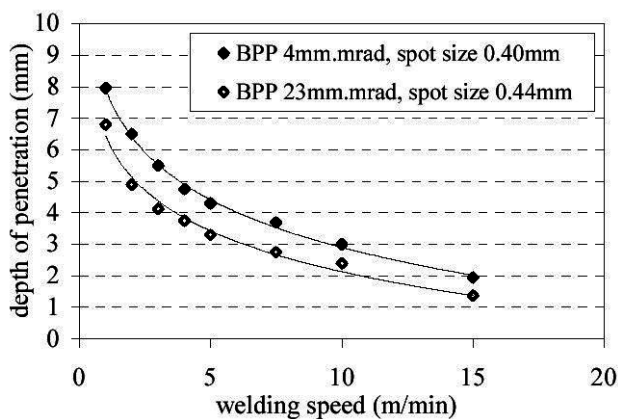
IPG YLR-10000



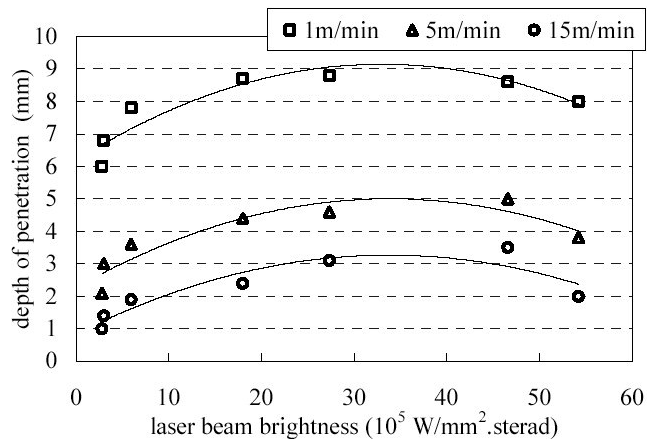
X70, t = 11.2 mm

|                           |        |                           |
|---------------------------|--------|---------------------------|
| $P_L = 13.5 \text{ kW}$   | - 24 % | $P_L = 10.2 \text{ kW}$   |
| $v_w = 1,8 \text{ m/min}$ | + 22 % | $v_w = 2.2 \text{ m/min}$ |
| $E = 4,5 \text{ kJ/cm}$   | - 38 % | $E = 2,8 \text{ kJ/cm}$   |





Figur 6a. Inverkan av strålkvalitet på penetrationdjupet vid lasersvetsning av aluminium AA5083.

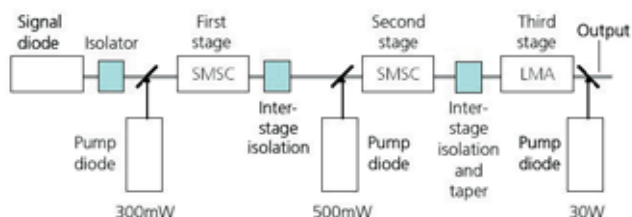


Figur 6b. Inverkan av strålintensitet på penetrationdjupet vid lasersvetsning av aluminium AA5083.

ningsområdet. Med endast 5 W från en fiberlaser och en fokallängd på 100 mm hade man punktsvetsat 25  $\mu\text{m}$  tjocka rostfria folier. Man hade skjutit pulser med en varaktighet av 200  $\mu\text{s}$  och en frekvens på 200 Hz, och på så sätt medelst värmeledningssvetsning åstadkommit 40  $\mu\text{m}$  stora punktsvetsar. En alternativ metod till dylik punktsvetsning är att använda sig av vad Dr. Hoult kallade "Micro Remote Spot Welding", där man i stället genom scanning skapar en cirkelformad svets med ungefär 200  $\mu\text{m}$  diameter. Vid dessa senare försök krävdes 30 W uteffekt från lasern. Andra mikroapplikationer som föredrogs var:

- Skärning av  $\varnothing$  0.3 mm rör med en vägg tjocklek på 0.075  $\mu\text{m}$ !
- Schablonskärning i 125-200  $\mu\text{m}$  tjockt rostfritt 304 material
- Svetsning av  $\varnothing$  1.5 mm rostfria rör med 0.4 mm vägg tjocklek
- Stumsvetsning av 250–350  $\mu\text{m}$  grova vajrar med hjälp av 40 W lasereffekt

Avslutningsvis passade alltid lika sympatiske Tony på att göra lite ytterligare reklam för företagets fiberlasrar genom att påstå att man kan ha en dylik laser i drift 30 minuter efter det att man emottagit leveransen av den-samma!



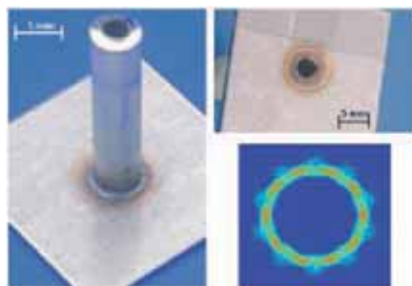
Figur 7. Principen för förstärkning av effekten genererad från en enkel laserdiod.

Dmitri Nikitin från PTG Industries (Lake Mary, FL) tog härpå vid och beskrev ytterligare några användningsområden för fiberlasern. Det rörde sig om lokal avverkning av ytbeläggningar, samt om borttagning av ITO (Indium Tin Oxide) från vindrutor innan dessa kan monteras/limmas till personbilsstrukturen. På detta sätt undviks mindre miljövänlig syraborttagning. Vidare ritsning av keramer, vilka tenderar att spricka om de bearbetas med en  $\text{CO}_2$ -laser, samt om diverse märkningsoperationer. PTG's (Process Technology Group) produkter benämns Fiber Tower™-serien, och man marknadsför även handhållna fiberlasrar för främst märkning, vilka enligt Dr. Nikitin kan köras direkt rån ett bilbatteri. I detta sammanhang visade han en bild på en amerikansk soldat som satt och lasermärkte en skarpladdad missil - utan skyddsglasögon! Detta påpekades av en uppmärksam åhörare, men denne fick då till svar att skyddsglasögon var nog inte den första skyddsåtgärd man tänkte på i en dylik arbetsmiljö.

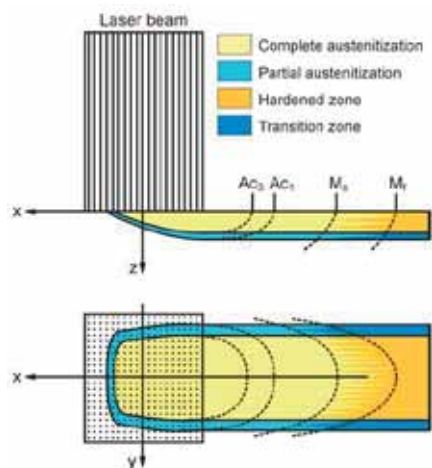
## Session DIODLASER

I denna session var det professor Dr. Reinhart Poprawe, institutionsföreståndare vid Fraunhofer-Institute für Laser Technik i Aachen, GER, som förärats att hålla inledningsanförandet.

Han förutspådde att den största tillväxten fram till 2010 inom laserområdet förväntas ske inom mikrobearbetning och diodpumpade fasta tillståndets lasrar, varför efterfrågan på dioder, diodpaket och diodlasrar prognostiseras att växa. Idag kan man utvinna mellan 5–9 W från en passivt kyld halvledare till ett pris av 50–100  $\text{\$/W}$ , men detta var en siffra som Dr. Poprawe menade kommer att sjunka till 5-20  $\text{\$/W}$ . Som bekant byggs en diodlaser upp av ett flertal diodstavar, vilka var och en genererar mellan 40–100 W för passivt kylda



Figur 8. Ett rostfritt rör svetsat till en rostfri plåt med hjälp av en simultan laserpuls (250 ns) från ett antal cirkulärt arrangerade laserdioder.



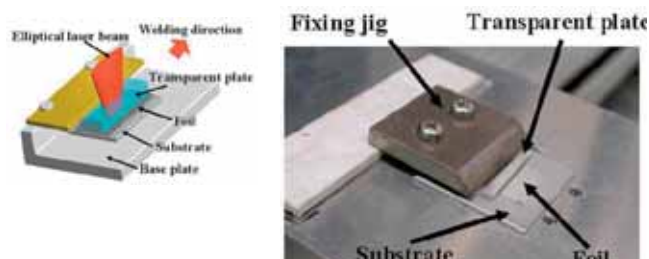
Figur 10. Principen för ythårdning med hjälp av defokuserad laserstråle.

system och mellan 50–120 W för aktivt kylda dito. Realistiska "peak"-värden torde ligga på 450 W uteffekt från en enda stav.

Strålkvalitet och begränsad diodlivslängd har hittills varit diodlaserns akilleshälar, men nu kan man erhålla en BPP kring 20 mm\*mrad från en enskild diodstav. Samtidigt talar man om livslängder kring 30.000 timmar för en 100 W-stav använd i cw-mode och med en "on-time" på 90%. För att kunna skapa högre effekter byggs som bekant stavarna samman till stackar, vilket på nytt försämrar den utgående laserstrålens kvalitet. Här pågår emellertid en hel del forskning för att förbättra denna situation, och Dr. Poprawe nämnde bl.a. incoherent superpositionering, våglängds- och polariseringsmultiplexing som tänkbare alternativ. Bland innovationer nämndes den numera välbekanta "ringsvetsningen" vilken åstadkommes genom att ett antal laserdioder har arrangerats i cirkelform [Figur 8].

### Resultat från diodlasersvetsning

Kollegorna från Osaka University, här representerade av Dr. Nakasuma, föredrog några resultat från diodlasersvetsning av tunna rostfria folier i SUS304 (50–100 µm). En elliptisk fokalpunkt (360x1800 µm) hade använts



Figur 9. T.v. principen för diodlasersvetsning med elliptisk fokalpunkt, och t.h. den vid svetsförsöken använda fixeringen.

med den längre utbredningen i svetsriktningen vid värmeledningssvetsning av stum, kant- och överlappsfogar [Figur 9]. Med 300 W effekt hade man nått svetshastigheter på 15 m/min.

Man hade även tittat på att överlappssvetsa 20 µm tunna rostfria folier ovanpå 2 mm tjock SUS316L med gott resultat. Härvid användes effekter mellan 50–400 W och svetshastigheter på 50–500 mm/sek.

Andrew Leuzinger (JDS Uniphase, Santa Rosa, CA) fortsatte sessionen med att uppehålla sig kring ämnet diodlivslängd. Man hade genomfört accelererade test för såväl enkla dioder som stavar. För en enstaka laserdiod visade sig MTBF (Mean Time Before Failure) ligga mellan 500.000 och 800.000 driftstimmar. För en diodstav som ger 100 W uteffekt anses 20.000–30.000 driftstimmar vara en konservativ bedömning. En temperaturökning över normal rumstemperatur, från 25°C till 45°C, kortar diodpaketets livslängd avsevärt.

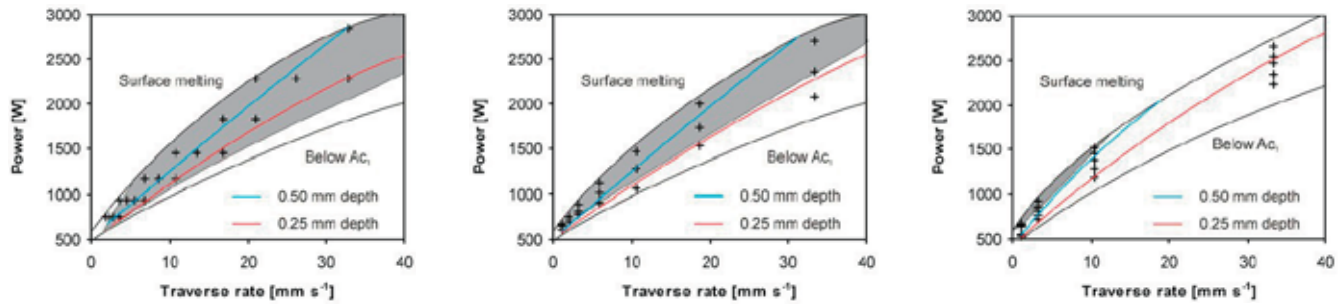
### Ingen inverkan på diodlivslängden

Däremot kunde man inte spåra någon inverkan på diodlivslängden då effekten kontinuerligt varierades. För att öka livslängden på diodstavarna rekommenderade Dr. Leuzinger att man använde mjuka lod då man byggde samman stavarna. Sådana mjuka lodkvaliteter minskar inbyggda spänningar, men har tyvärr en negativ inverkan på de mekaniska utmattningssegenskaperna.

En av våra finska vänner, närmare bestämt Henriikki Pantsar från VTT Industrial Systems (Lappeenranta, FIN), var näste föredragshållare. Henriikki har ju gjort sig ett namn som expert inom området laserhårdning, och nu föredrog han sina senaste forskningsresultat. Principen för laserhårdning är att bestråla en metallyta med en tämligen defokuserad stråle.

Materialet i ytan kommer då att gå i austenitiseringsfas, varpå det snabbt avkyls och den hårdare martensitfasen bildas [Figur 10]. Därmed är det uppenbart att processhastigheten har en viss betydelse, men får dock inte bli alltför hög.

Det är snarast en fråga om energibalans, där låg effekt



Figur 11. Processfönster för materialen 42CrMo4 (rostfritt), C45 (kolstål) samt verktygsstålet Calmax.

kräver en högre sträckenergi för att nå ett acceptabelt härddjup, och Dr. Pantsar visade att bäst absorption fick man vid ganska moderat lasereffekt och långsam framföringshastighet.

En 3 kW diodlaser med 500 mm fokallängd och en brännpunktsstorlek på 12.3x5.3 mm hade använts vid försöken, och tre material hade utprovats; 42CrMo4, C45 samt verktygsstålet Calmax. Om man plottar ett processfönster för parametrarna effekt och hastighet, och har en minimigräns där tillförd energi precis lyckas uppnå austenitisering av materialet, samt en maximigräns vid vilken energin inte räcker till för att smälta materialet, fick man olika beteenden för materialen som ingick i studien. Både 42CrMo4 och C45 hade rimligt stora processfönster. Däremot var fönstret för Calmax avsevärt snävare [Figur 11].

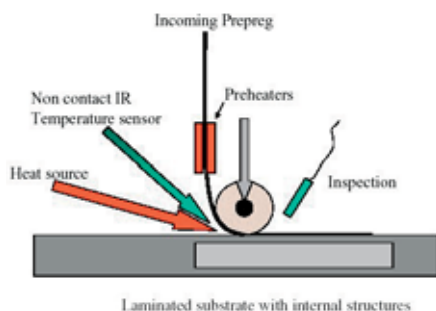
För de två förstnämnda materialen var det fullt möjligt att öka lasereffekten med en faktor 4, samtidigt som man sänkte sträckenergin med en faktor 3 och därmed fick en 11-faldig ökning av produktiviteten. Inverkan av oxider på ytan har stor betydelse för absorptionsförmågan. I de fall då skyddsgas användes vid försöken, och man alltså hade en begränsad oxidmängd, absorberades 35-40% av laserstrålen. Utan skyddsgas däremot låg absorptionen på över 85%.

Dr. Pantsars kollega, välbekant Antti Salminen från Lappeenranta University of Technology (Lappeenranta, FIN), brukar alltid delge oss beskrivningar av någon intressant industriell applikation, och han ställde inte heller i år våra förväntningar på skam. De som lyssnat

till Anttis tidigare presentationer kände säkert igen fallet med den miljövänliga bilkatalysator som numera är i kommersiell produktion och tillverkas av finska Ecocat Oy i Vihtavuori. Katalysatorn består av ett utvändigt rör med 1 mm vägg tjocklek och inuti detta placeras den bikakeformiga, emissionsupptagande strukturen som består av en 50 µm tjock folie belagd med aluminiumoxid. Bikakestrukturen har inte mindre än 1,250 celler psi (per square inch), och genom att pressa spår från rörets utsida får man en mekanisk fixering mellan detaljerna innan lasersvetsningen påbörjas. Såväl Nd:YAG- som CO<sub>2</sub>-laser hade jämförts med diodlaser, men eftersom det för applikationen krävs värmeledningssvetsning, visade sig diodlasern vara det bästa och billigaste alternativet. Det är en 3 kW laser som avänds vid serieproduktionen, och man svetsar med 2.5 m/min, fokallängden är 100 mm vilket ger en fokalpunkt på 2.0x0.6 mm, vilken placeras just på rörets yta. Ett laserlöst alternativ hade också undersökts, men denna variant hade bara 10% av den svetsade katalysatorns livslängd. Den lasersvetsade designen kallas Ecoxcell och har visat sig uppfylla alla termiska och mekaniska laster som förekommer vid den standardiserade motorprovningen KTC2010.

Siste föredragshållare i denna session var "Mr. Diode Laser himself", nämligen John Haake från Nuvonyx i Bridgeton, MO.

Under tidigare ICALEO-konferenser har man ju varit van vid att Mr. Haake hållit någon form av "keynote speech" i sitt älsklingsämne, men denna gång höll John



Figur 12. T.v. principen för fiberlaminering med laser, och t.h. en diodlaser med integrerad IR-pyrometer placerad intill ett fiberutmatningsverktyg.



Figur 13. Exempel på olika automatiseringslösningar för RLW hämtade från Mr. Pauras utbildningsmaterial.

en lägre profil genom att endast föredra följande praktikfall. Det handlade om tillverkning av fiberförstärkta kompositstrukturer där kolfibrer smältes samman med en förform av epoxi [Figur 12].

Tydligen har smältning medelst varmgas varit den förhärskande tillverkningsmetoden fram till 1988 då lasern tog över. Och varför? Jo, genom att använda blott 400 W diodlasereffekt kunde man öka produktiviteten med en faktor 10 jämfört med varmgastekniken. En infraröd pyrometer används för att övervaka temperaturen, och man använder sig av ett "closed-loop"-system för att kunna säkerställa en konstant materialtemperatur.

### Kortkurs REMOTE LASER WELDING (RLW)

En ny, men nog så sakkunnig, bekantskap för mig var Randolph Paura från Dynamic Laser Solutions (Ft. Eire, ON, Canada), som gav ett antal kortkurser under veckan. Bl.a. en om lasersvetsning av aluminium samt den som jag hade glädjen att bevista: "Remote Laser Welding". Detta visade sig vara ett alldeles utmärkt tillfälle att få en heltäckande State-of-the-Art-rapport över detta område [Figur 13].

Mr. Paura började med att gå igenom de olika laserkällor som kan anses vara lämpliga vid "fjärrsvetsning". Rofin Sinars HP-variant för disklasrar är uppbyggd med färre kaviteter jämfört med Haas' HLD-serie, vilket emellertid leder till sämre strålkvalitet. Han nämnde i detta sammanhang att DaimlerChrysler testat en disklasar i någon av sina tyska anläggningar. Ett tilltalande alternativ är ju fiberlasern som IPG Photonics idag levererar med upp till 20 kW effekt. Dock ryktas det om att man har en 50 kW-enhet "på gång", vilken utvecklas inom ett regeringsunderstött program i USA. Den s.k. INO-slab-lasern kan även den vara ett tänkbart alternativ vid RLW. Denna lasertyp är väl i sin uppbyggnad snarast att likna vid en diffusionskyld CO<sub>2</sub>, men med en "solid state"-kärna i stället för en gasblandning. Eftersom de här nämnda lasrarna arbetar med något kortare våglängder än Nd:YAG och mycket kortare än CO<sub>2</sub> är det viktigt att påpeka att en kortare våglängd ger en

ökad absorption, och detta gäller för alla material, alltså även för stål. Emellertid, så snart nyckelhålsprocessen kommit igång, är absorptionen likvärdig.

Fjärrsvetsningen har ju den nackdelen att den infallande laserstrålens vinkel mot normalplanet minskar ju längre ut i scanner-optikens arbetsområde man hamnar. Ner till 75° blir svetsdjupet likvärdigt med en vinkelrätt infallande stråle, men vid vinklar mellan 55-75° bör man räkna med att erhålla en sämre penetration. Beträffande verktygsleverantörer av "scanner-huvuden" finns ju sedan tidigare ett antal, och den senaste aktören här påstods HighYag vara.

Några data och filosofier av intresse för bilindustrin var följande punkter från Mr. Paura:

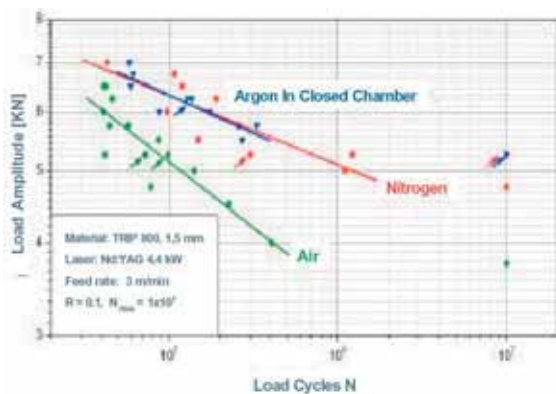
- Eftersom fixeringen av detaljer som skall sammansvetsas alltid är lite bekymmersamt vid RLW, då konventionella tryckrullar eller -fingrar inte kan användas, är det att rekommendera, att utföra geometrisvetsningen med konventionella punktsvetsar och därpå färdigsvetsa med fjärrlasern.
- Nyckeltal för ompositioneringstider angavs för traditionell robotrörelse vara 2-3 sekunder från punkt till punkt. Motsvarande uppgift för remote welding ligger mellan 50-100 µs.
- Då det gäller sparad golvyta i ett produktionsupplägg kan man räkna med att ett remote-system upptar  $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$  av vad motsvarande punktsvetsnings-installation skulle kräva.

Jag erhöll en hel del material av Mr. Paura, vilket den intresserade kan få ta del i. Det är bara att höra av sig till mig eller Lasergruppens sekretariat.

### Konstruktionsrelaterade aspekter

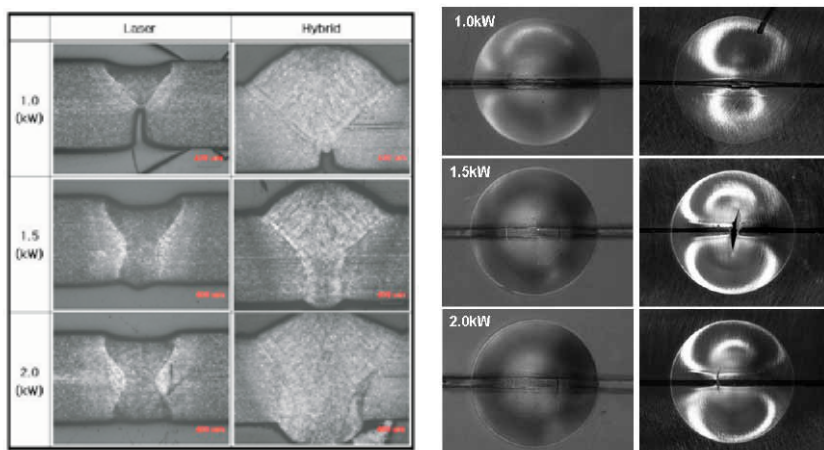
Vid konferenser av den här typen är det sällan att rent konstruktiva aspekter för laserbearbetning kommer på tal, men faktum är att såväl vid ICALEO- som vid NOLAMP-konferensen på Piteå Havsbad tidigare under hösten, delgavs man som konstruktör en hel del matnyttig information. I detta fall vill jag först lyfta fram den presentation som gavs av Mr Craig Bratt från Linde Gas





Figur 14. Skyddsgasens inverkan på utmattningshållfastheten hos överlappsfogar i 1.5 mm tjockt TRIP800-material. Ett oroväckande resultat för de som tänkt sig spara pengar genom att använda luft som skyddsgas!

LLC (Novi, MI). Denna var i mångt och mycket en repetition av det vi fick höra från Mark Faeber vid NOLAMP-konferensen, nämligen budskapet att inte använda luft som skyddsgas vid lasersvetsning av utmattningskänsliga applikationer. Linde Gas har gjort försök på TRIP800-material med en godstjocklek på 1.5 mm. Argon och Helium samt blandningar av desamma fungerar bra. Däremot uppvisar svetsar utförda med luft som skyddsgas avsevärt sämre utmattningsegenskaper [Figur 14]. De föroreningselement, typ NO, NO<sub>2</sub> och HNO<sub>3</sub>, som O<sub>2</sub> och N<sub>2</sub> ger upphov till måste begränsas, och kvävgas är direkt olämplig att använda vid t.ex. svetsning av rostfritt material. Man bör alltså tänka sig för mer än en gång om man vill använda luft vid lasersvetsning, och inte låta blott kostnadsaspekter styra valet av skyddsgas. Utan en riktig skyddsgassammansättning riskerar man att få oönskade oxidbeläggningar på plåytan. Även vid djupdragning av laserskarvade ämnen



Figur 15. Jämförelse mellan lasersvetsade och hybridsvetsade stumfogar. T.v. tvärsnitt och t.h. svetsarnas utseende efter Erichsen-prov.

minskar formbarheten då luft har använts för att skydda smältan.

## TRIP-stål

Nästa konstruktionsrelaterade ämne jag vill nämna var det som framfördes av Mr. Mok-Young Lee från RIST, Pohang i Kyongsangbukdo i Korea. Denne hade studerat laserhybrid-svetsning av de för bilbranschen just nu intressant TRIP-stålen (TRANSformation INDUCED Plasticity).

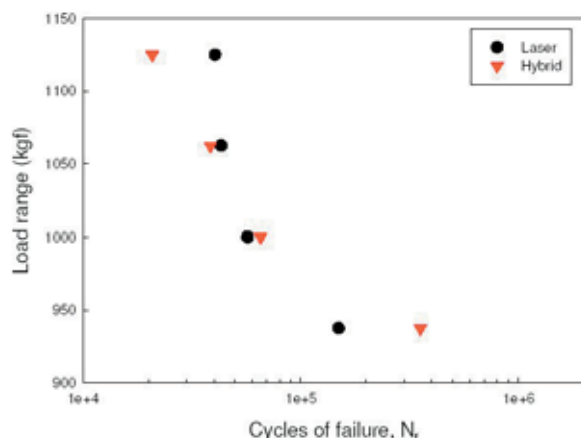
Till sin hjälp hade han använt en 2 kW cw Nd:YAG-laser kompletterad med en 350 A MIG-strömkälla. Ett flöde på 20 l/min av Argon hade använts som skyddsgas vid svetsningen av dessa TRIP-material som hade en brottgräns kring 600 MPa.

Vid den efterföljande provningen av dessa stumsvetsar hade jämförelser gjorts med motsvarande "rena" lasersvetsar. Därvid kunde följande konstateras:

- Vid Erichsen-provning hade lasersvetsarna en något högre hårdhet, men jämväl en bättre formbarhet än hybridsvetsarna [Figur 15]. Detta stöder en gammal välkänd hypotes som verifierats av bl.a. LZH och KIMAB [Korrosions- och Metallforskningsinstitutet i Stockholm], nämligen den att en smal svetszon, även om den uppvisar en hög hårdhet, trots detta får en bättre formbarhet jämfört med en bred svetszon.
- I statisk dragprovning kunde ingen nämnvärd skillnad upptäckas mellan de två svetsmetoderna
- Däremot hade lasersvetsarna vid utmattningsprovning en längre livslängd vid höga lastnivåer [Figur 16]. Detta förklaras av att sprickinitieringen alltid sker i HAZ (Heat Affected Zone) och därefter propagerar genom svetsen som har en större kornstorlek vid laserhybridsvetsar där det även förekommer en större andel utskilda legeringselement vilket påstods öka propageringshastigheten.

Gamle bekantingen Dr. Thomas Seefeldt hade tittat på olika sätt att minimera distorsionen vid RLW (Remote Laser Welding). Vid försöken hade han använt sig av en 6 kW CO<sub>2</sub>-laser från Trumpf (TLF6000) med tillhörande TLW60S scanningoptik. 3 kW hade använts vid försöken som utförts på konventionellt DC04 i 0.75 mm tjocklek, och svets hastigheten låg på 3.6 m/min.

Det kunde konstateras att en 25 mm kort stegsvets gav minst värmeförvridning. Så fort man gjorde mer komplicerade mönster med samma svetslängd, typ kors och ringar, ökade distorsionen.



Figur 16. Resultat från utmattningsprovning av stumsvetsat TRIP600-material där man kan skönja en något bättre livslängd vid höga lastnivåer för de lasersvetsade proverna jämfört med de hybridsvetsade.

Dr. Seefeldt hade också studerat inverkan av olika svetssekvenser [Figur 17], och här kunde man konstatera att s.k. "back step" och "jump out-in" gav de lägsta deformationerna. "Back-step" innebär ju att man konsekvent svetsar i motsatt riktning till robotens rörelse, och därmed alltid påbörjar svetsningen i kallast möjliga område.

### Några spännande processlösningar

I sessionen rörande laserhybridsvetsning ingick en presentation som gav ett nytt begrepp åt detta uttryck. Dr. Andreas Trautmann från IWB, Technical University of Munich (Garching, GER) berättade om experiment där två stycken laserkällor kombinerats. Det rörde sig om en 3 kW lampumpad Nd:YAG-laser som gav en fokuspunktsdiameter på 0.45 mm och en 3 kW diod-laser med en brännfläck på 0.9x3.7 mm. Genom att överlagra fokalpunkterna kunde man styra dynamiken i smältbadet vid värmeledningssvetsning av aluminium AA6060-T66. Materialet var i 2 mm tjocklek och hade

svetsats i stumfogsgeometri med, alternativt utan, tillsat-smaterialet AA4047-A (SG-AlSi12). Argon med ett flöde på 25 l/min hade använts som skyddsgas. Dr. Trautmann påstod att man med denna "set-up" kunde öka svetsastigheten från 2.0 m/min till 3.75 m/min jämfört med om endast 3 kW Nd:YAG-lasern användes. Ett kanske föga överraskande resultat, vilket också fick Stam Ream (EWI, Edison Welding Institute, Columbus, OH) att kommentera att man troligtvis skulle nå högre svetsastigheter med ett konventionellt laserhybridsystem med en 3 kW laserkälla. Ett betydligt intressantare resultat var i så fall att grovheten på svetsens toppyta kunde reduceras från 60 till 10 µm med denna form av hybridteknik.

Alltid sympatiske Dr. Oliver Meyer från Laser-Zentrum i Hannover, GER, redovisade hur man tänkte sig kunna förbättra formbarheten av TWB (Tailored Welded Blanks) i EHSS (Extra High Strength Steels). Problemen vid lasersvetsning av dessa höglegerade stål-kvaliteter är att laserprocessens snabba förlopp också ger en snabb avsvälning och därmed hög hårdhet och sprickbenägenhet hos svetsen vid formningsprocessen. Olika lösningar med för- och eftervärmning har under årens lopp passerat revy, men nackdelen har hela tiden varit att det tagit för lång tid mellan svetsprocess och värmebehandling och att de hårda och spröda metalliska faserna redan hunnit utbilda.

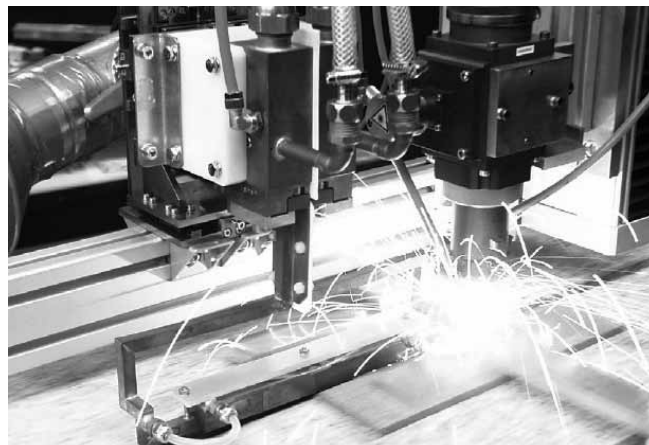
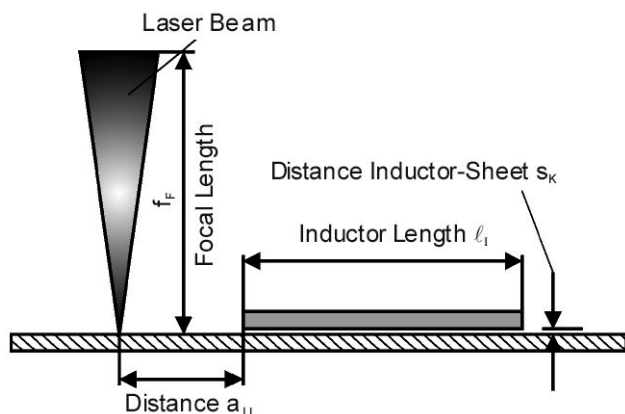
Vad man eftersträvar är att förlänga den så kallade t8/5-tiden, dvs. tiden för svetsgodset att svalna från 800 till 500 °C. Vid LZH har man därför byggt upp en försöksupställning med en linjär induktionsvärmningsenhet som sitter monterad strax bakom laserhuvudet sett ur svetsriktningen [Figur 18].

Metoden tycks ge bäst resultat då martensitandelen i svetsen är hög och samtidigt låg i grundmaterialet [Figur 19]. Dr. Meier meddelade vidare att man på LZH håller på att utveckla sektionerade induktionselement för att även kunna hantera icke linjära fogar.

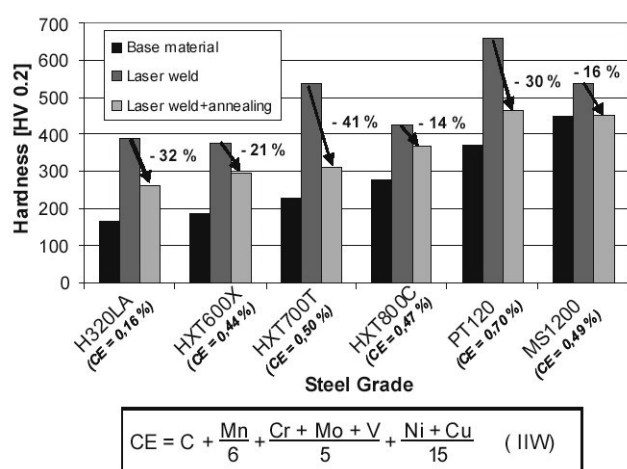
| Type              | Sequence (length: 250 mm) | Position. length |
|-------------------|---------------------------|------------------|
| Step wise         |                           | 72 mm            |
| Back step method  |                           | 472 mm           |
| Reverse direction |                           | 272 mm           |
| Jump In-Out       |                           | 680 mm           |
| Jump Out-In       |                           | 612 mm           |

| Type              | Distortion measure [mm²] | Relative distortion [%] |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| Continuous        | 1196                     | 100                     |
| Step wise         | 1013                     | 85                      |
| Back step         | 432                      | 36                      |
| Reverse direction | 758                      | 63                      |
| Jump In-Out       | 721                      | 60                      |
| Jump Out-In       | 440                      | 37                      |

Figur 17. Olika svetssekvensers inverkan på distorsionen vid remote-svetsning.



Figur 18. T.v. principuppställningen för lasersvetsning med efterföljande induktionsvärmning och t.h. den experimentella uppställningen vid LZH.



Figur 19. Inverkan av en långsammare avsvälning på svetsgodsets hårdhet. De största effekterna erhålls för material med låg martensitandel.

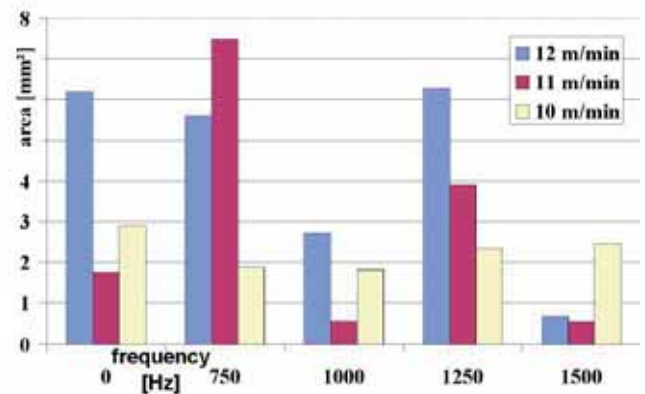
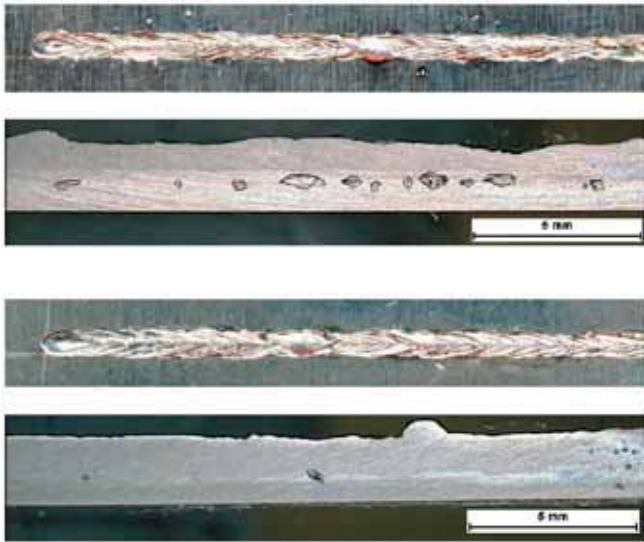
Innovationsgraden vid LaserZentrum i Hannover tycks vara hög, ty en kollega till Dr. Meier föredrog en annan intressant teknisk lösning. Dr. Olaf Berend pratade om ett sätt att oscillera laserstrålen med hög frekvens för att på detta sätt sträcka ut nyckelhålet. Dess ovala form kunde man nyttja processtekniskt på två sätt. Vid överlappssvetsning genom att oscillera stålen i svetsriktningen för att därigenom få ett smältbad som bestod under längre tid och därmed t.ex. kunde möjliggöra en bättre avgasning vid svetsning i zinkbelagt material [Figur 20]. Den andra aspekten var att vid stumsvetsning oscillera strålen tvärs svetsriktningen för att därigenom ha en större möjlighet att ta upp spalter och dåliga plåtpassningar. Dr. Berend påpekade att vissa må påstå att samma effekter kan erhållas med twispot-teknik, men denna har sämre penetrationsförmåga och kan också resultera i större värmeförvridningar. Vid LZH håller

man nu på att ta fram ett integrerat processverktyg som bygger på denna oscilleringsteknik [Figur 21]. Man använder sig av en 1 kHz galvo-scanner och laserkällan är en diskaser från Haas (HLD 3001.5) som erbjuder en fokuspunktsdiameter på 0.3 mm. Valet av diskaser motiveras av att det krävs en liten råstråle för att kollimeringsenhet och scanner-huvud skall kunna byggas så kompakt som möjligt.

### "Laser Stir Welding"

Ett annat angreppssätt då det gäller att på något mekaniskt sätt manipulera laserstrålen presenterades av Dr. Richard Martukanitz från ARL, Penn State University, State College, PA. Det hela gick ut på att man roterade lasermunstycket med hög hastighet, s.k. "Laser Stir Welding" [Figur 22]. Positiva effekter är att man får en större svetsbredd, med därtill hörande högre hållfasthetsnivåer, vid överlappssvetsning p.g.a. att hela nyckelhålet oscillerar. Vidare blir positionering av tillsatsmaterial mindre känslig. Lasersvetsning av aluminium har ju visat sig vara en synnerligen svårbemästrad process, men med denna teknologi tycks en avsevärd stabilisering av nyckelhålet ske. Dr. Martukanitz föredrog resultat från svetsexperiment gjorda på 3 mm aluminium 6013-T4 med 1.2 mm grov tillsatsstråd i AA4047.

Den i sammanhanget använda laserkällan var en 4.5 kW CO<sub>2</sub>-laser. Själva rotationen hade mestadels gjorts med 2,500 rpm inom en cirkel med 2.5-3.0 mm diameter. Vid tvärsnittsanalys av svetsarna kunde man konstatera att man får "undercut" på den sida där rotationsriktning och framföringsriktning är motsatta, m.a.o. påminner detta en del om vad vi observerar vid FSW (Friction Stir Welding). Vid framföringshastigheter 2 m/min erhöles mest tillskott på svetsbredden jämfört med konventionell lasersvetsning, men samtidigt minskar ju penetra-



Figur 20. En jämförelse mellan att lasersvetsa utan (ovan t.v.) respektive med (under t.v.) oscillerande stråle. I diagrammet ovan visas pormängden vid olika svetshastigheter och oscilleringsfrekvenser.

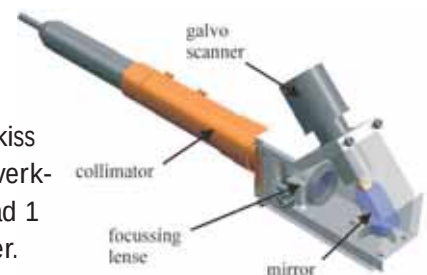
tionsförmågan. Även observationer kring svetsgodsets porositet hade gjorts och här tycktes en rotationshastighet kring 1,000 rpm vara det optimala. Vid såväl högre som lägre varvtal ökade pormängden.

### Sammanfattning

Som deltagande svensk kände man sig även denna gång något övergiven då enda landsmannen var en dylik ”i förskingringen”, nämligen gamle Luleå-bekantingen Robert Borgström, sedan 3 år tillbaka bosatt i New Hudson, MI och verkande för Precitec. Att Robert och hand familj trivs som fiskar i vattnet ”over there” framgick med all önskvärd tydlighet då vi språkades vid över några glas vin och munchos i samband med LIA-presidenten Bill Clarks reception ombord på lustjakten Biscayne Bay. Hursomhelst, har man som jag varit med i branschen några år, stöter man ju ofrånkomligt på en massa gamla bekanta, och det är just det lättsamma umgänget med dessa som ger ICALEO-konferensen dess speciella karaktär. För de tekniska presentationerna i all ära - det är i mångt och mycket det ”skvaller” som man får ta del av i pauser och vid sociala evenemang som ger näring åt kompetensen.

Sålunda fick jag nu veta av Fleming Olsen (DTU = Danmarks Tekniska Universitet i Kongens Lyngby) att man vid IPU (Institutet for Produktionsudvikling) mer eller mindre lägger ner ”makro-forskningen” och i stället kommer att satsa på mikrobearbetning med laser. För ändamålet kommer man att införskaffa en 15-18 W laser från NKT (Nordisk Kabel & Tråd), alltså ett danskt företag som idag tillverkar telefonkablar och optiska fibrer för telekommunikation, men som här ser en hårdnande marknad och därför valt att satsa på fiberlasertillverkning!

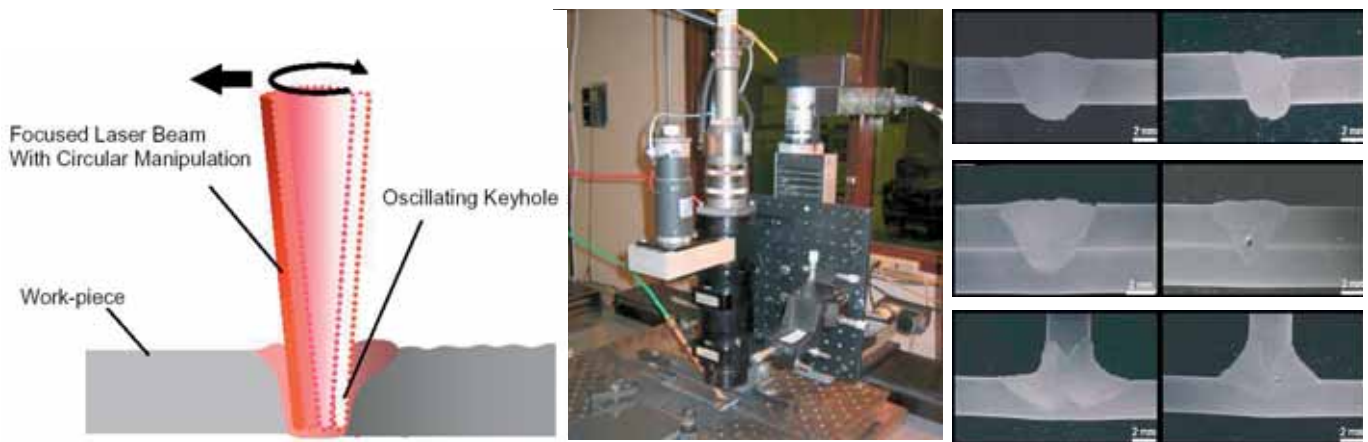
Figur 21. Principskiss över LZH's svetsverktyg med integrerad 1 KHZ galvo-scanner.



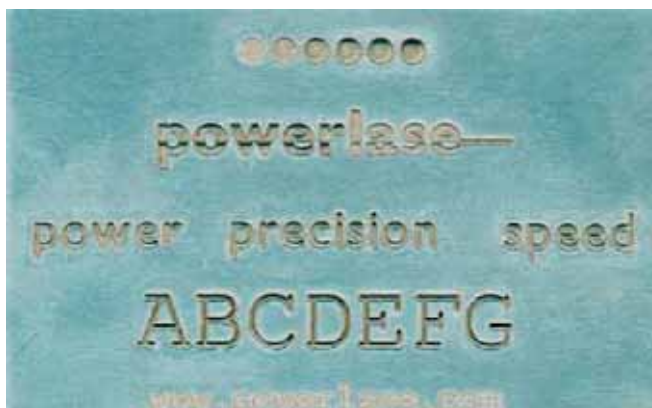
Vidare hade jag ett samtal med Stefan Kaierle från Fraunhofer ILT (Institut für Lasertechnik) i Aachen. Stefan har ju under några års tid bedrivit forskning kring olika processövervakningssystem för lasersvetsning, och funnit fram till ett som torde vara det effektivaste på marknaden. Nu har han också övervunnit hindren för att kunna kommersialisera och marknadsföra produkten eftersom han här tagit hjälp av Precitec som samarbetspartner.

Pratsamme Matt Henry från Powerlase Ltd. i Crawley, West Sussex, U.K., sprang runt och försökte övertyga oss representanter från bilindustrin om sin nya innovation att gravera in streckkoder i aluminium och stål med hjälp av en q-switchad diodpumpad Nd:YAG-laser [Figur 23]. Bilindustrin påläggs ju alltmer tuffa krav vad gäller identifikation och spårbarhet av komponenter och här ser väl den gode Matt en obegränsad marknad för denna idé. Han visade på praktiska exempel där den hugade åskådaren själv fick prova på att läsa av dylika ”bar-codes”. Själva gravyren görs som sagt med en 200 W Q-switchad Starlase AO<sub>2</sub>-laser och pulslängder kring 90 ns. Avverkningsgraden i aluminium påstods kunna vara så hög som 90 mm<sup>3</sup>/min, vid stål och rostfritt 20-





Figur 22. Längst t.v. principen för "Laser Stir Welding" och därintill den experimentella provuppställningen. Längst t.h. tvärsnitt genom några olika lasersvetsade foggeometrier i AA6013-T4. Snitten t.h. är utförda med konventionell laserteknik, medan de t.v. svetsats med en rotation av svetsmunstycket på cirka 1.000 rpm.



Figur 23. Exempel på gravyr i aluminiumplåt med hjälp av en 200 W q-switchad diodpumpad Nd:YAG-laser från Powerlase Ltd. i Crawley, U.K.

40 mm<sup>3</sup>/min. Alltför hög "repetition-rate", kring 10 kHz, samt alltför låga effekter ger en grov ytstruktur på det avverkade området, dock med undantag för rostfritt där den högre absorptionen gör att även lägre lasereffekter kan användas. Den på detta sätt skapade streckkoden fungerar så att en kamera mäter det återreflekterade ljuset från en snett, infallande diodlaserstråle. Effekten är att obehandlade områden uppvisar en koncentrerad reflektion och därmed upplevs som svarta, medan det för de bearbetade områden sker en spridning av det återreflekterade ljuset och därmed upplevs dessa ytor som vita.

När man skapar streckkoden måste man alltså tänka i "omvända" termer. Matt påstod att metoden fungerar på såväl bomberade som lackerade ytor. Powerlase har lierat sig med företaget SICK, som marknadsför och levererar "bar-code systems", och vi lär nog få höra mer kring denna etablering i framtiden!

Jeff Noruk från Servo-Robotic Corp. i Mequon, WI berättade för mig om sitt fogföljningsverktyg med "real-time" adaptiv kontroll av processparametrar. Verktöget kallas "Digi-Las Head", väger 22 kg och har även en inbyggd funktion för kvalitetskontroll av den utförda svetsen med en monitoring-funktion som ligger 8 mm bakom brännfläcken [Figur 24].

Fogföljningen fungerar sålunda att området 8-30 mm framför fokuspunkten avsöks med en frekvens av 2 kHz. Via återkoppling kan sedan framföringshastighet och/eller lasereffekt regleras. Dessutom kan små justeringar av fokuspunkten i y- och z-led göras med hjälp av små servomotorer.

Noggrannheten i fogföljning ligger inom 100 µm för raka svetsar och inom 250 µm för krökta. En stor utmaning för fogföljningssystemen vid TWB, menar Jeff ligger i den trend som förekommer inom denna verksamhet.

Det blir nämligen mer och mer vanligt att man frångår att tillverka ämnen av samma kvalitet och olika plåttjocklek och i stället satsar på olika materialkvaliteter och samma plåttjocklek, detta för att skydda pressverktygen från ojämnheter.

Då jag ögnade igenom den poster-presentation som traditionsenligt följer med konferensen föll mina blickar på ett intressant bidrag rörande laserlödning, vilket som bekant är ett hett ämnesområde inom bilbranschen. Jag grävde vidare i ärendet och fick en bra kontakt i form av Dr. Jean Pierre Bergmann vid Technische Universität Ilmenau, som besitter en hel del kunskap i allehanda svetssteknologier.

Bland annat kunde vi tillsammans konstatera att ZnAl tycks vara ett bättre tillsatsmaterial vid laserlödning än de mer traditionella CuSi3 och CuAl8 beträffande vätning och utfyllningsgrad i en strålfällegeometri.

Det var för mig en intressant bekantskap som torde bidra till laserlödkompetensen inte bara hos VCC utan även hos andra samarbetspartners som t.ex. KIMAB.

I denna poster-presentation visades också ett "Advanced Dual Beam Head", alltså ett laserverktyg för twinspot-teknik utvecklat i samarbete mellan DaimlerChrysler och Fraunhofer, MI. Månde det vara ett beställningsverk av Dr. Forrest vid DCs utvecklingscenter i Farmington Hills?

Hursomhelst har herrarna Stefan Heineman, Torsten Schmidt och Falk Dörfer skapat ett tilltalande instrument med en fokallängd på 200 mm. Intensiteten i de båda foki kan fördelas från 65/35 till 80/20. Interavståndet kan varieras mellan -1 och +2 mm. Likaså kan vinklarna mellan de två strålarna varieras mellan 10-15°, men det är alltid den "släpande" strålen som är vinklad. Vikten på hela verktygen ligger kring 7 kilo och yttermåttarna är 420x280x130 mm.

En annan "godbit" är det "Kombikopf"-verktyg som tagits fram vid ILT i Aachen, och med vilket man kan skära såväl som svetsa utan något som helst verktygsbyte [Figur 25].

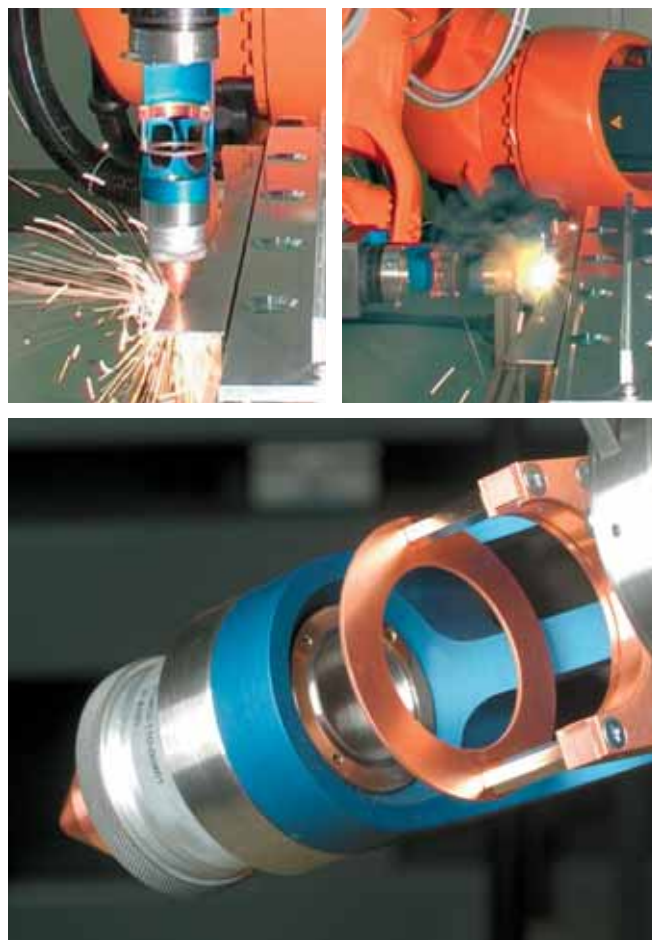
Här fick jag en hel del intressant material av min gode



Figur 24. Servo-Robotics "Digi-Las Head" – ett svetsverktyg med inbyggd fogföljning och adaptiv kontroll av processparametrar.

vän Dr. Dirk Petring, vilket jag mer än gärna kan vidareförmedla till eventuella hugade spekulanter.

Annars kan man väl sammanfatta det som så, att det främsta budskapet vid årets ICALEO-konferens var att det nu är dags att ta högeffekts-fiberlasern på allvar!



Figur 25. Dr. Petrings speciella "skötebarn", det s.k. "Kombikopf"-verktyget för flexibel laserskärning och lasersvetsning.

# ByLaser 6000 – När prestanda möter effektivitet

Av Johan Elster, Bystronic AB

**Bystronic öppnar nya perspektiv inom laserskärning med högprestandamaskiner som den nya ByLaser 6000. Den underhållsfria HF-kraftförsörjningen och dess högfrekvensteknologi uppfyller kundens krav när det gäller höga prestanda och högre kostnadseffektivitet.**

Högprestandaanläggningen ByLaser 6000 med en konstant lasereffekt om 6 kW stal föreställningen inom allt vad gäller laserskärning på förra årets EMO-mässa. Som alla Bystronics laserkällor har den kontinuerligt utvecklats för att motsvara kundernas krav och ger därmed användaren ekonomisk laserskärning med flera skurna detaljer per tidsenhet och därmed ökad lönsamhet. Lanseringen av ByLaser 6000 som integrerad del i Bystronic laserskärningssystem sker under våren 2006.

Kunden får på många sätt fördelar av sitt beslut att investera i ByLaser 6000. Den högre lasereffekten ökar det sortiment av plåttjocklekar man kan bearbeta. Även de mest krävande uppgifter kan inte bara hanteras snabbt

utan också med mycket högre kvalitet med den senaste skärteknologin, högre parameterstabilitet och effektivare energistyrning. Ett högprecisionssnitt, clean cut, kan t.ex. utföras i 15 mm rostfri stålplåt. Dessutom ökar den högre produktionskapaciteten anläggningens processäkerhet och garanterar leverans i rätt tid, tack vare större prestandareserver i laserkällan. Den optimerade effektiviteten i laserskärningssystemet och därmed ökad produktivitet samt låg energiförbrukning för denna energiklass, innebär att kunden alltid kan garantera kostnadseffektiva prestanda för sina bearbetningsuppdrag.

ByLaser 6000 representerar den naturliga uppföljningen av befintliga Bystronic laserkällor. Från och med nu är det den enda Bystronic-lasern med högfrekvensteknologi (HF) till skillnad från övriga laserkällor som bygger på likströmsteknologi med uteffekter på 2.2-5.2 kW. För högre lasereffekt är dock HF-teknologin den absolut bästa lösningen med sin högre optiska effekt för respektive urladdningssträcka. I motsats till HF-laserkällor från andra tillverkare, kräver detta system inga sändarrör med begränsad livslängd. Systemet bygger på underhållsfri HF-energi, specialutvecklad av Bystronic. Detta sparar in kostnaden för utbyte av förbrukade sändarrör. Den nya teknologin garanterar ByLaser 6000 lång användningstid och den kompakta konstruktionen ger mycket hög mekanisk stabilitet.

”Den nya laserkällan ByLaser 6000 är ett bevis på Bystronics innovativa styrka i sin strävan att ge maximal kundtillfredsställelse.” menar Christoph Schüpbach, marknadschef för Bystronic:s Nord- och Öst-Europamarknad.

## Detta är Bystronic

Bystronic är en världsomfattande leverantör av högkvalitetslösningar när det gäller laserbearbetning av stålplåt, övriga plåtmaterial och rör. Kunden kan dra fördel av ett applikationsorienterat system och tjänster vid laserbearbetning, vattenskarvning och bockning. Det schweiziska företaget har sitt huvudkontor i Niederönz (i den schweiziska kantonen Bern). År 2005 hade företaget c:a 1300 medarbetare och en omsättning med 286 miljoner CHF.

Bystronic ingår i Conzzeta Holding, ett schweiziskt holdingföretag med verksamhet inom områdena maskinkonstruktion och -teknik, kundorienterade och industriella produkter, isolerings- och byggnadsmaterial, sportartiklar och fastighetsmarknaden. Företagen i Conzzeta-gruppen hade år 2005 c:a 3200 medarbetare och en omsättning med c:a 1153.4 miljoner CHF.



Bylaser 6000.



# TRUMPF levererar ytterligare en märklaser till Holmgrens Plast i Gnosjö

**På med topplocket, sedan två drag i den rullgardinsliknande barngrinden, Kiddy Guard. Den är nästan klar nu. Det fattas bara en sak. Märkningen.**

– Nu märker vi med laser sedan tre år tillbaka, säger Stefan Holmgren, VD för Holmgrens Plast i Gnosjö.

För tre år sedan inköptes en TRUMPF VectorMark Compact och en ny ligger och väntar på att installeras.

– Vi är väldigt nöjda med den vi använder så därför har vi köpt en till, säger Stefan och börjar räkna upp fördelarna med att märka med laser.

– Det är en märkning som är bra för miljön, underhållsfri och höjer statusen på våra produkter ute på marknaden.

Tidigare klistrades en etikett på som märkning men den kunde lätt ”pillas bort”.

Lasermärkningen är permanent, säger Stefan.

Laserstrålen förändrar färgen på ytskiktet på plasten och går därför inte att skrapa bort.

– Den frigör också mantid eftersom den i stort sett sköter sig själv, säger Stefan.

*Finns det inga nackdelar?*

– Det krävs utbildning av den som ska programmera den, men sett i stort sparar den mantid,

*Var det svårt att lära sig att programmera den?*

– Jag tror operatören gjorde det på en dag hos TRUMPF i Alingsås, säger han och visar i datorn hur lätt det är att förändra hur märkningen ska göras av det riktade laserljuset från en TRUMPF Märklaser, VectorMark Compact, säger Stefan VD på Holmgrens, ett företag som växt sedan starten för 16 år sedan. Nu håller de på att bygga till.

– Vi har inte ens hunnit få upp skylten med vårt företagsnamn, säger Stefan och visar på en flygbild var den nya tillbyggnaden ska ligga.

Det blir en fördubbling av ytan, till totalt över 6000 kvadratmeter.



Stefan Holmgren,  
VD Holmgrens  
Plast i Gnosjö.



Mattias Larsson kollar inställningarna i produktionen.

Laserljuset märker produktnamn, individuellt serienummer, standard, vem som tillverkat produkten och instruktionen på elva språk, på några sekunder.



## Tillverkning

– Tänk om vi kunde erbjuda våra kunder lasermärkning vid varje arbetsstation. Det skulle vara ett bra sätt att möta konkurrensen från utlandet, önskar Stefan.

Den nya märklasern från TRUMPF ska sitta i mitten av tillverkningen av ståbrädor för syskon på barnvagnar som är en stor produkt för Holmgrens.

Nere i tillverkningen står maskinerna och går dygnet runt året runt. Plastgranulaten transporteras fram till maskinerna i ett rörsystem där de sedan infärgas och skjuts in med hög kraft i formar och gjuts. Robotar hämtar och skruvar sedan ihop delarna.

– Blir det något fel meddelar maskinen själv med ett SMS till den som har jouren, säger Mattias Larsson som visar runt i fabriken. Han är designer och konstruktör.

Han pekar mot maskinen och visar var den nya märklasern från TRUMPF ska sitta.

– Det blir bra, att kunna erbjuda våra kunder lasermärkning vid den här arbetsstationen, säger han.





Slutmontering och lasermärkning av barngrinden Kiddy Guard.

### Snabb märkning

Lite längre in i tillverkningen, vid slutmonteringen av barngrindar hittar vi den första märklasern från TRUMPF. En VectorMark Compact VMc3. Operatören sätter dit kugghjul, sprint och det så kallade topplocket på barngrinden som går att dra ut som en rullgardin. Han kontrollerar att allt fungerar som det ska innan han lyfter över grinden till släden som ska föra in grinden i märklasern.

Genom ett fönster kan vi se hur snabbt laserljuset skriver namn, serienummer, datum, företag och instruktioner på elva språk. Märkningsproceduren är snabb och tar bara några få sekunder.

– Så snabbt hade vi inte hunnit plocka upp, dra bort skyddsremsan och sätta på en klisteretikett, säger Mattias och påpekar än en gång att lasern sköter sig själv, utan underhåll.

Operatören plockar bort grinden och vi ser resultatet på nära håll. Någon försöker skrapa bort texten men den sitter kvar. Vi upptäcker också att lasern inte gjort någon urgröpfung i materialet. Ytan är fortfarande helt slät.

– Texten är en färgförändring i plasten, säger Mattias.



Ett handslag. Två nöjda företagare: Jörgen Ekström från TRUMPF och Stefan Holmgren efter att Holmgrens Plast köpt ytterligare en VectorMark Compact.



Mattias Larsson, designer, konstruktör och allt-i-allo visar i dataprogrammet hur han kan förändra texten för märkningen i en TRUMPF VectorMark Compact.



Resultatet av märkningen med Vector Mark Compact från TRUMPF av barngrinden och ett bakstycke till hemelektronik.

### 1064 nm

– Ytterligare fördel med denna lasermödel är att vi kan använda den till andra märkmetoder såsom, gravering och anlöpning (kontrastmärkning) i metall. Detta är möjligt i och med våglängden som används i lasern, 1064 nm, avslutar Mattias.

TRUMPF ser med stor tillförsikt an hur väl Holmgrens Plast har tagit till sig denna märkmetod och använder den fullt ut i sin produktion.

– Vi ser att vi kan erbjuda Holmgrens Plast stora möjligheter att utöka sin produktion med våra märkklasar, vilket självklart är mycket tillfredställande, säger Jörgen Ekström på TRUMPF.

# Workshop – Lasersvetsning hos LaserCentrum i Gnosjö AB

Av Per Westerhult, Lasergruppen

**En arbetsgrupp inom Lasergruppen har utarbetat en ny kurs i laserteknik som ett komplement till den grundläggande kursen Laserteknik – Möjligheternas teknik. Den nya kursen är av karaktären ett så kallat Workshop. I workshopen ingår förutom en praktisk del även en praktisk övning i lasersvetsning.**

En "provkurs" genomfördes den 17 november 2005. Den teoretiska delen genomfördes på Gnosjöandans Kunskapscentrum i Gnosjö och den praktiska lasersvetsningen genomfördes hos LaserCentrum i Gnosjö AB. Klas Nilsson från Luleå tekniska universitet var föreläsare

re på den teoretiska delen som behandlade laserteori, processer, materialsvetsbarhet, egenskaper svetsat gods, svetsdefekter samt jämförelse med konventionella svetsprocesser. Den praktiska delen leddes av Bengt Johansson från LaserCentrum i Gnosjö AB. Den praktiska övningen i lasersvetsning genomfördes även hos LaserCentrum. Totalt deltog tio personer från företag från Sverige och Norge. Deltagarna var nöjda med innehållet i kursen, dock ansåg de att tiden för den praktiska delen var alltför liten.

Nästa Workshop – Lasersvetsning är planerad till den 16 november 2006 hos Volvo Car Corporation i Olofström. Vi har tagit till oss synpunkterna från deltagarna från den första workshopen och kommer att utöka tiden för den praktiska övningen.

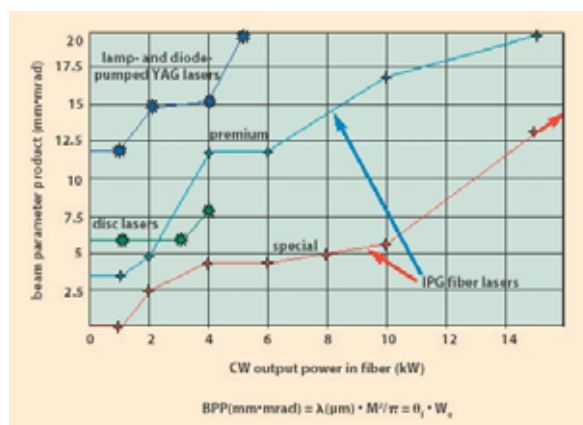
## Kilowatt fiberlaser driver IPG's försäljnings boom

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

**Försäljningen av högeffekt fiberlasrar ökar starkt, tack vare ökande acceptans inom industrin. Det ledande företaget inom området är IPG Photonics, som var en av de första att kommersialisera teknologin. Möt IPGs grundare, styrelseordförande och CEO i en intervju publicerad i OLE februari 2006.**

Det må ha tagit fiberlaserteknologin en lång tid att nå förtroende inom marknaden för materialbearbetning, men nu har den gjort det. Dess unika egenskaper vinner nya kunder varje dag och försäljningen ökar starkt. Detta budskap kommer från IPG Photonics, en pionjär inom området som grundades 1991 för att kommersialisera teknologin. IPG har sett sin försäljning öka med 60 % sedan 2002 och förra året blev inkomsten M\$ 95

(ca 750 MSEK). Man hävdar att man har levererat ca 18 000 enheter sedan 1992. IPG är privatägt, men år 2000 fick man in M\$ 100 i kapital från olika investerare som Merril Lynch, TA Associates, APAX Partners, Marconi, Robertson Stephens och andra.



Figur 1. Strålkvalitet hos kW fiberlasrar. Källa IPG

– Vi har mer än 750 anställda och har 8 anläggningar i hela världen, inklusive fyra tillverkningsenheter i Tyskland, USA, Ryssland och Italien säger Valentin Gapontsev, grundare och CEO. Vi har också försäljning och service i Tokyo, Sydkorea, London och vi öppnar snart i Frankrike, Peking, Detroit och även på andra ställen.

Sedan Gapontsev startade företaget 1991 har man koncentrerat sig på telecom marknaden och optiska förstärkare snarare än laserbearbetning. Försäljningen till telcom-sektorn var grundstenen i företaget fram till 2001 då marknaden kollapsade. Men IPG kunde då snabbt ställa om sin teknologi till högeffekt fiberlasrar. Och tack vare hög verkningsgrad, hög strålkvalitet och litet behov av underhåll dröjde det inte länge innan fiberlasern utmanade CO<sub>2</sub>- och Nd:YAG-lasrar inom skärning, svetsning, märkning av metall och andra material.

Idag är det dessa applikationer inom fordons-, aerospace- och halvledarindustrin som utgör grunden (> 60 %) för IPG's omsättning. Företag som t.ex. Toyota, Hyundai, Boeing har köpt system från IPG.

– Inom metallskärning förändras situationen mycket snabbt eftersom fiberlaser ger en bättre lösning än CO<sub>2</sub>-laser – den är mer effektiv, mer kompakt och billigare, förklarar Gapontsev. Det är en enorm marknad och fiberlasrar konkurrerar nu framgångsrikt med CO<sub>2</sub>-kälror.

Enligt Gapontsev kan fiberlasrar skära upp till 5 gånger snabbare än CO<sub>2</sub>-lasrar.

– Med CO<sub>2</sub>-lasrar, där du kan behöva 5 kW effekt, så kan du nu använda fiberlaser med 1-1.5 kW vilket är en stor fördel säger Gapontsev. Dessutom blir investeringen mindre, maskinerna är enklare och mindre så det finns stora fördelar för slutanvändaren.

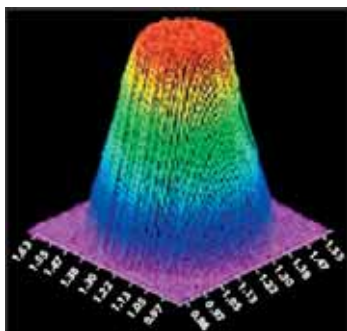
IPG erbjuder en mängd pulssade eller kontinuerliga fiberlasrar med effekter upp till 50 kW i våglängdsområdet 1-2 mikrometer. Lasrarnas "hjärta" är en speciell optisk fiber dopade med sällsynta jordartsmetaller (ytterbium, erbium, thulium) och som pumpas av högeffekt diodlasrar. Fibrerna har en flerskiktscadding ( se LaserNytt 1/2004) som motstår de höga pumpeffekterna

och för att optimera exciteringen.

I motsats till andra lasertillverkare så tillverkar IPG själv många av komponenterna som

Strålsprofil 4 kW fiberlaser.

KÄLLA: IPG



behövs för att optimera laserns egenskaper. Detta inkluderar pump laserdioder, dopade fibrer, optiska kopplingar och isolatorer.

– Vi gör inte bara 300 olika typer av fibrer, vi gör också fiberoptiska komponenter och andra komponenter. De flesta av dessa finns inte på marknaden, så detta skyddar oss bättre mot konkurrens än patent, säger Gapontsev. Vi har också de bästa dioderna i världen om man ser till prestanda, effekt, ljusstyrka, verkningsgrad och kostnad. År 2005 tillverkade vi 600 000 stycken.

Enligt Gapontsev var fiberlasermarknaden värd M\$ 135 (ca 1 060 MSEK) där IPG har ca 75 % andel. Han uppskattar också att fiberlasern tog 18.5 % av marknaden för solid-state lasrar 2005 och att det kommer att stiga till 26 % år 2006.

Det är överflödigt att säga att IPG är det enda företag som försöker tillgodose det ökande behovet av fiberlaser.

– Det finns mer än 20 företag som tillverkar fiberlaser. Det är inte bara små företag utan även stora som JDSU och japanska företag som tillverkar dom säger Gapontsev. Vi har fortfarande en dominerande ställning på marknaden och hoppas också kunna behålla den, men marknaden växer snabbt och det finns rum för flera.

Men IPG är den enda tillverkaren som har lyckats skala upp uteffekten till tiotals kilowatt. Den högsta installerade effekten hos en IPG-laser är 36 kW och den lasern används inom kärnkraftsindustrin. Men effekter på 50 kW –nivån utvecklas nu.

– För "remote welding" hävdade bilindustrin att man inte behövde mer än 4 kW men nu vill alla ha 6, 8 eller 10 kW för det ger högre hastighet och högre kostnadseffektivitet, säger Gapontsev.

Gapontsev är optimistisk inför 2006. De nuvarande applikationerna kommer att växa snabbt eftersom marknaden är långt ifrån en mättnad. Nästa år får vi större bidrag från skärningsmarknaden och den medicinska marknaden, som bör dubbla sin del. Telecom växer också snabbt och den militära marknaden är stark.





# CEPA Laserteknik AB blir VILAS

Ägareförhållanden har ändrats och sedan oktober år 2005 heter vi Väsman Invest Laserteknik AB, i dagligt tal kallat VILAS. Det innebär att företaget fått ett nytt utseende, ny webbplats och nya epostadresser. Gå in på [www.vilas.se](http://www.vilas.se) för närmare information. Namnbytet gäller endast Ceca Laserteknik AB.

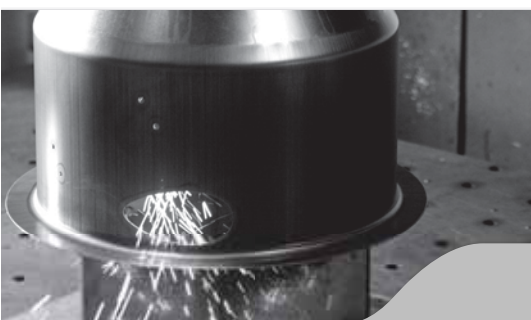
VILAS – precision i nytt ljus

**[www.vilas.se](http://www.vilas.se)**

**Väsman Invest Laserteknik AB**

LUDVIKA | Svetsarevägen 1 | 771 42 Ludvika | Telefon växel: 0240 - 131 70 | Fax: 0240 - 131 90

LUND | Bondevägen 8 | 227 64 Lund | Telefon växel: 046 - 19 07 00 | Fax: 046 - 13 12 20



PRIMA SCANDINAVIA AB  
tfn: 031 - 83 44 70  
fax: 031 - 83 14 75  
www.PrimaScandinavia.com



## LASERMASKINER

2D

platino



Kompakt, produktiv, trygg och flexibel.

maximo



Obegränsat arbetsområde.

mosaico



Flexibilitet inom Tailored Blanks.

3D

optimo



Skär och svetsar stora komponenter.

rapido



Skär och svetsar medium-stora komponenter.

domino



Svetsar och skär 2D, 3D, fas/vinkel, och rör.

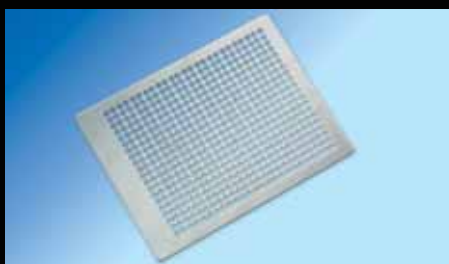
# SYNCRONO

## THE NEW ERA FOR LASER CUTTING



P.K. head invented by Franco Sartorio (US-2004/025 761)

**ULTRA FAST - ULTRA RELIABLE AND ACCURATE - ULTRA LIGHT AND EFFICIENT**



Material: mild steel 1 mm  
Holes:  $\varnothing$  2 mm; 3 mm pitch  
Holes per minute:  
**Benchmark: 600**  
**SYNCRONO: >1000**



Material: mild steel 1 mm  
Dimensions: 250x250 mm  
Cycle time:  
**Benchmark: 21 s**  
**SYNCRONO: 16 s**



Material: mild steel 1 mm  
Dimensions: 180x90 mm  
Cycle time:  
**Benchmark: 22 s**  
**SYNCRONO: 13.4 s**



**PRIMA INDUSTRIE**

För ytterligare information: PRIMA SCANDINAVIA AB Mölndalsvägen, 30c - SE-41263 Göteborg - SWEDEN  
Tel. +46 (0)31 83 44 70 - Fax +46 (0)31 83 14 75 E-mail: [info@primascandinavia.com](mailto:info@primascandinavia.com)

Eller besök vår hemsida: [www.primascandinavia.com](http://www.primascandinavia.com)



# KONFERENSER och MÄSSOR 2006

## Maj

- 11 Laserdag I/Lasergruppens årsmöte  
Ferruform AB, Luleå (*en flygbiljett med SAS eller Air Nordic från Arlanda till Luleå kostar från 500 kr*)  
Per Westerhult
- 31 Svetskommissionens vårmöte  
Luleå  
Stellan Carlsson, Svetskommissionen  
Se komplett program på [www.svets.se](http://www.svets.se)

## Juni

- 1 Fortsättning Svetskommissionens vårmöte  
Luleå  
Stellan Carlsson, Svetskommissionen

## September

- 19-20 EWF Specialkurs  
Lasersvetsning  
Övr. tillfällen: 24-26/10 ; 29-30/11  
Luleå  
Hans Engström

## Oktober

- 12 Laserdag 2, FORCE Yecnology  
Brøndby, Danmark  
Per Westerhult

## November

- 16 Lasersvetsning Workshop  
Olofström  
Per Westerhult

## Annonsering i Lasernytt

- **Medlemmar** betalar 4.500 kronor för en helsidesannons och 3.000 kronor för en halvsidesannons.
- **Icke medlemmar** betalar 9.000 kronor för en helsidesannons och 6.000 kronor för en halvsidesannons.

För ytterligare information kontakta Per Westerhult,  
Lasergruppens kansli, tel. 070-211 63 02  
email. [per.westerhult@svets.se](mailto:per.westerhult@svets.se)

## Kommande nummer av Lasernytt

- Temat för Lasernytt nr 2/2006 kommer att vara "Utbildning". Lasernytt nr 2 kommer att ges ut i mitten av oktober.
- Temat för Lasernytt nr 3/2006 kommer att vara "Svetsning", utkommer i mitten av december.



2005 års nummer av Lasernytt