

LASER

2-04

nytt



Höjdhållning – en teknik under utveckling

- Nya lasrar på väg in på marknaden – Laserdagen i Finspång visar vägen
- ICALEO 2003 ■ LaserNytt 15 år ■ "Fler borde spetsa till sig"
- VW och BMW har tagit täten beträffande laseranvändning inom bilindustrin
- Transpo – laserteknik i den högre skolan ■ Lasertech LSH AB ny medlem

Lasernytt utkommer med 3 nummer/år
och ges ut av
Lasergruppen inom Teknikföretagen
Box 5510, 114 85 Stockholm
Telefon: 08-782 08 78
Fax: 08-660 33 78

Redaktör

Hans Engström
Telefon: 0920-49 12 69
Växel: 0920-49 10 00
Fax: 0920-49 93 09
E-post: Hans.Engstrom@mb.luth.se

Redaktionellt arbete och kansli

Per Westerhult
E-post: per.westerhult@teknikforetagen.se
Annika Wannerberg
E-post: annika.wannerberg@teknikforetagen.se

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.org

© Lasergruppen inom Teknikföretagen,
www.branschgrupperna.se

Produktion: Breakwater Publishing AB,
www.breakwater.se, info@breakwater.se

Tryck: Majornas Copyprint, Göteborg 2004

- 3 LaserNytt 15 år
- 5 Laserskärning i turbintillverkning på Laserdagen i Finspång
- 6 Höga Kusten Laserteknik utvecklar laserskärning av rör
- 8 Nya lasrar på väg in på marknaden – Laserdagen i Finspång visar vägen
- 10 "Fler borde spetsa till sig"
- 11 Transpo – laserteknik i den högre skolan
- 12 Lasertech LSH AB ny medlem i Lasergruppen
- 13 Höjdhållning – en teknik under utveckling
- 16 ICALEO 2003
- 38 VW och BMW har tagit täten beträffande laseranvändning inom bilindustrin
- 44 Laser – ett flexibelt produktionsverktyg

Lasergruppens styrelse för 2004

Årsmötet valde följande personer till Lasergruppens styrelse för 2004

Johnny K. Larsson, ordf.	Volvo Personvagnar AB	1 år
Bengt Johansson	Lasercentrum i Gnosjö AB	2 år
Alexander Kaplan	Luleå tekniska universitet	2 år
Hubert Wilbs	Trumpf Maskin AB	2 år
Gunnar Lindén	Air Liquide AB	1 år kvar
Tore Salmi	Permanova Lasersystem AB	1 år kvar
Bo Williamsson	AGA Gas AB	1 år kvar
Hans Engström	Luleå tekniska universitet	Adjungerad

Valberedning

Hans Engström	Luleå tekniska universitet
Claes Magnusson	Volvo Personvagnar AB – Karosskomponenter
Per Westerhult	Lasergruppen

LaserNytt 15 år

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

LaserNytt firar i år 15-årsjubileum som medlemstidning för Lasergruppen. Det första numret utkom under redan våren 1989. Året innan hade Lasergruppen bildats av en grupp företag som en branschgrupp inom Mekanförbundet vilket var ett mognadstecken för tekniken. Några såg det på samma sätt som myndighetsdagen för unga människor. Nu var man alltså en fullvärdig medlem i samhället.

Idén och drivkraften bakom bildandet av nyhetsbladet LaserNytt kom från de tre starka inom gruppen, Bertil Pekkari som var ordförande, Fredrik Feldreich, ansvarig för Lasergruppens sekretariat och Claes Magnusson, professor vid Tekniska Högskolan i Luleå. Man såg LaserNytt som ett forum där medlemmarna skulle få möjlighet att byta information, kunskap och erfarenheter.

Redan från början var ambitionerna stora. Lasernytt hade från början fem delar:

- A. Forskning och utveckling
- B. Utrustning och metoder
- C. Intressanta tillämpningar
- D. Kurser och konferenser
- E. Företagsnytt

Första numret innehöll hela 19 sidor och vi kan ta en snabb titt på innehållet: På forskningssidan presenterade bl.a. laserimpregnering som en ny metod att få nötningsståligena ytor. Speciellt aluminium är tacksamt att ytbehandla med denna teknik då nötningsmotståndet ökar 20–40 gånger. Laserskärning var då högtintressant som forskningsområde och LaserNytt berättade om skärning av plåtar i flera skikt, som dock inte blev någon hit.

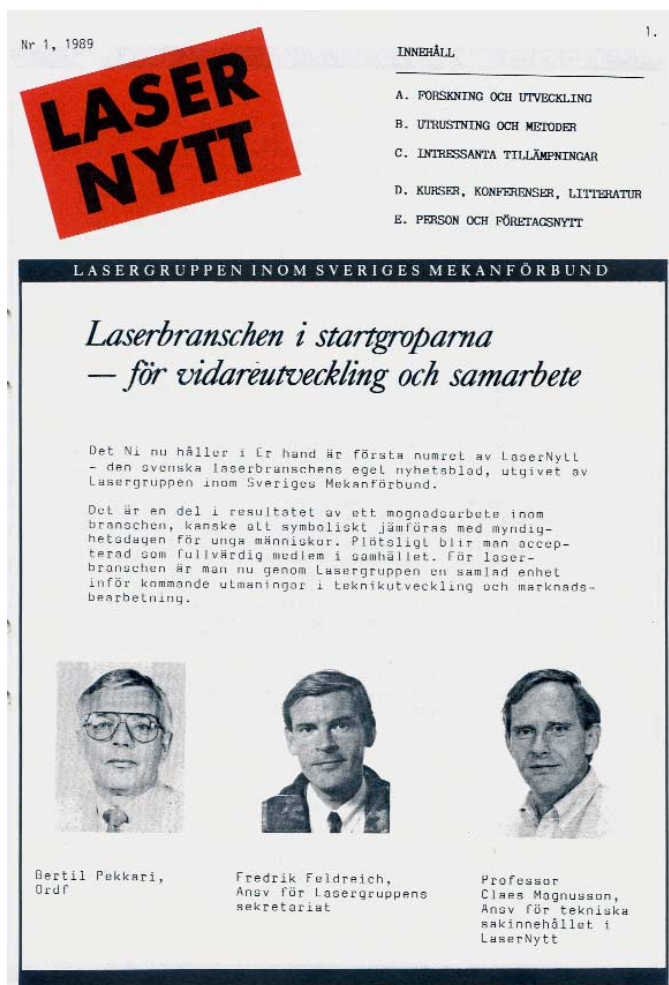
På utrustningssidan presenterades en ny laserskärmaskin från Bystronic, Byflex 3103 Laser-Center som förutom plan plåt även kunder skär i rör och profiler.

Bland tillämpningarna syntes Thermopac AB i Gällivare som arbetade med att lasersvetsa deras super-thermos i vakuum. Termosen var en unik produkt som skulle kunna hålla kylan konstant i upp till sex månader.

På Företagsnytt presenterades ESAB satsning på förvärvet av det tyska företaget Held. Man hade fått en flygande start med tre sålda maskiner. Två skulle gå till det nybildade lasercentret i Eskilstuna och en till Press & Plåt i Oskarshamn. Tommy Eriksson som ansvarade för försäljning var mycket optimistisk för laserskärningens utveckling inom verkstadsindustrin.

I juli 1992 tillträdde Claes-Göran Dahl som ansvarig för Lasergruppen. Som den sjöofficer han var tog han kommandot över LaserNytt och ett år senare övergick den från att ha varit ett häftat nyhetsblad med miserabel bildkvalitet till att bli en tidning med ny attraktiv layout och hög tryckkvalitet. Därmed var grunden lagd för den ”moderna” LaserNytt som redan då innehöll mycket av det vi speglar i dagens tidning. Nytt från konferenser, presentation av nya utrustningar, mässreportage, rapporter från gruppens laserdagar och reportage från företag som använder laserteknik i Sverige. Antalet sidor låg normalt på 16 men en toppnotering på 28 sidor noterades i nr 1 1995.

I januari 1996 blev Thomas Hardenby ansvarig för Lasergruppen och då förändrades även LaserNytts lay-



BYFLEX 3103 - CNC LASER-CENTER

På BLECH ESSEN 88 ställde BYSTRONIC LASER AG ut en ny laserbearbetningsmaskin, som väckte stort intresse. Maskinen är utrustad med BYSTRONIC's egen 1500 W CO₂ laser, med kontinuerlig, pulsad och superpulsad operation.

BYFLEX 3103 utmärker sig genom sin flexibilitet och lätta handhavande. Detta nya system lämpar sig både för skärning av två- och tredimensionella detaljer, men även för svetsning, härdning och ytbehandling.

Maskinen har en kompakt uppbyggnad, med laserkällan integrerad i maskinstativet. Detta minskar väsentligt maskinens utrymmesbehov, samtidigt tillåter bearbetning av stora objekt, på grund av det välbeprövade "flygande optik"-konceptet.

Den utställda maskinen har en arbetsyta på 3x1 m i x-y-led, samt en rotationsaxel för arbetsstycket - samtliga CNC-styrda. Fokuseringsoptiken kan röra sig 170 mm automatiskt även i vertikalled. Rotationsaxeln kan vid behov demonteras snabbt och enkelt, om man t ex vill bearbeta plana arbetsstycken och vill ha tillgång till bordets yta från tre håll. (Fig. 1).

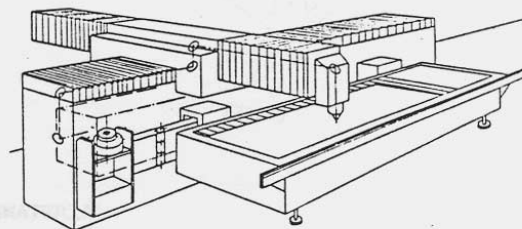


Fig 1

Dessutom är bordsytan höj- och sänkbar 400 mm, så att även "lådformiga" objekt kan bearbetas. Rotationsaxeln kan svängas in över x-y-bordet vid behov, och är likaledes höj- och sänkbar. Rörformiga objekt med diameter upp till 300 mm kan spännas in. Vid runda rör positioneras skärhuvudet normalt över rotationsaxeln. Urskärning i rören realiseras genom simultan rotation och x-y förflyttning (Fig. 2).

out. I september 1997 tillträdde Per Westerhult som ansvarig för Lasergruppens kansli.

1998 kom en grafisk förändring då den första färgbilden användes på omslaget. Den layouten levde vidare till 2001 då det första numrets nya layout med en helsida i färg introducerades. Den designen lever kvar än i dag och känns fortfarande rätt fräsch.

– Idag utgör Lasergruppen en kraftfull branschorganisation då det handlar om laserbearbetning i svensk verkstadsindustri, säger Johnny Larsson, ordförande i Lasergruppen. Dess publikation LaserNytt, som idag dessutom finns i en nätbaserad version, anses bland medlemmarna som ett viktigt instrument för informationsspridning och teknisk diskussion. När jag nu betraktar detta jubileumsnummer, i vanlig ordning omsorgsfullt redigerat av vår ständige redaktör Hans Engström, kan jag bara konstatera att det, precis som då det gäller lasertekniken som sådan, skett en enorm utveckling då jag jämför med det maskinskrivna och stencilerade första numret från 1989.

Som redaktör för LaserNytt har jag arbetat alla dessa 15 år med tidningen. Jag måste tillstå att det har varit en mycket trevlig och intressant uppgift speciellt genom alla de kontakter jag har fått med duktiga och trevliga människor som arbetar med laserteknik i Sverige. Gruppens laserdagar har gett resor genom hela Sverige då vi har lärt känna många intressanta företag och människor

som brinner för lasertekniken. Utan deras bidrag hade inte LaserNytt varit vad den är i dag. Det har också varit spännande att jobba med Lasergruppens styrelse under dessa år. LaserNytt är deras baby och sköts om som en sådan. Vid varje styrelsemöte diskuteras och planeras innehållet i tidningen så detta speglar många duktiga människors syn på lasertekniken.

LaserNytt tuffar på i ullstrumporna och har kvar den ursprungliga ambitionen att spegla laserteknikens utveckling och att vara ett forum för informationsutbyte. Vi har också anammat modern teknik och tidningen finns nu också tillgänglig på nätet för medlemmarna.

Vad mer finns att önska? Jo, dialogen med Lasergruppens medlemmar skulle kunna utvecklas! Ring, skicka e-post eller hör av er på annat sätt för att berätta om både små och stora händelser i Er verksamhet.

Vad kan Ni berätta om undrar Ni? Vi har väl inget som kan intressera? Jodå det finns mycket att berätta! Allt som har med laser att göra är intressant. Företaget har fått en ny anställd, en ny order är bärgad eller ni har upptäckt ett fiffigt sätt att skära eller svetsa eller har en ny produkt att presentera. Ni kanske också har ett problem eller frågor som ni vill ventileras eller framföra andra synpunkter på lasertekniken. Tillsammans kan vi göra LaserNytt mera levande och därmed attraktiv. En attraktiv medlemstidning ger också flera medlemmar och en starkare Lasergrupp!



Laserskärning i turbintillverkning på Laserdagen i Finspång

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Laserdagen 2004 hölls i ett försommarvackert Finspång, den klassiska industriorten som är den moderna svenska industrins vagg. Där besökte vi Demag Delaval Industrial Turbomachinery AB, som var mera bekant under namnet Alstom eller om vi går längre tillbaka i tiden STAL-LAVAL, för att bl.a. titta på deras laserskärning av ledkransar.

– Siemens har köpt Alstom av General Electric, berättar Göran Skoglund som är informationsdirektör vid Demag Delaval Industrial Turbomachinery AB som bolaget nu heter. Siemens har nu ett komplett produktsortiment inom kraftgenerering och är ende konkurrent till GE. Siemens med sina 417.000 anställda och 850 miljarder kronor i omsättning är en mycket stark ägare. Kraftgenereringen är samlad i ett dotterbolag, Siemens Power Generation och där har divisionen Industriell kraftgenerering 10.000 anställda med en affärsvolym på ca 18 miljarder kronor. Divisionen arbetar inom 6 områden; Service, Ångturbiner, Kompressorer, Industriella gasturbiner, Anläggning, samt Olja&Gas. I Finspång arbetar man inom alla områden utom Kompressorer och där finns 2.000 anställda som omsätter 4 miljarder.

Den industriella utvecklingen i Finspång går tillbaka till 1600-talet då Louis de Geer köpte Finspångs bruk av Kronan. Han byggde också slottet mellan 1668 och 1685. Historien med den svenska turbintillverkningen kan härledas tillbaka till 1893 då AB de Laval Ångturbin i Nacka bildades och 1913 då Bröderna Ljungström köpte slottet i Finspång och grundade Svenska Turbinfabriks AB Ljungström (STAL). 1916 köpte ABB aktiemajoriteten i STAL.

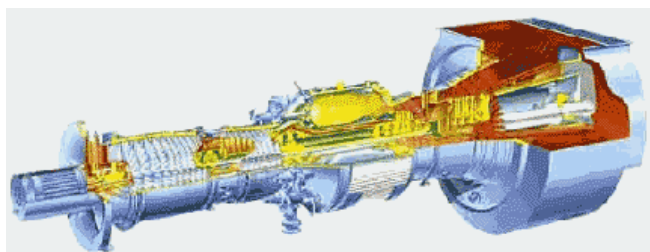
– Företaget har sedan dess utvecklats med egna resurser, säger Göran Skoglund, och tillverkar nu 5–6 ångturbiner per år samt gasturbiner av modell GT 35, som är inne på sin fjärde generation och GTX 100, som är mycket miljövänlig. Vi levererar också hela anläggningar med både gas- och ångturbiner.

Högprecisionskärning

Vi gör nu en tur genom verkstäderna under sakkunnig och trevlig guidning av Andreas Graichen, som arbetar som svetsingenjör vid företaget. Vi får se rotor- och stator tillverkningen och så småningom kommer vi till laseranläggningen. Det är en fem-axlig Trumpf TLF1005 med 4 kW CO₂-laser. Här skär man uttagen för ledskenorna i ledkransarna som sitter mellan turbinstegen,



Värd för Laserdagen i Finspång var Andreas Graichen som bjöd på en lärorik och intressant rundvandring.



GT 35 är en lätt, högeffekt industriell gasturbin. Den speciella konstruktionen gör den idealisk för baskraft-generering.

med uppgift att länka om gasströmmen till nästa rotor. Skärningen är ytterst exakt. Ledskenor löds sedan till ledkranen med vakuumlöding. Spalten mellan ledskenan och ledkranen får bara bli 0,03–0,1 mm. Om den blir större så spricker lödförbandet.

– Vi arbetar med högtrycksskärning med nitrogen, säger Andreas, och produktionen går i en-skift. Laserskärningen går bra efter ett intensivt utvecklingsarbete och flera jobb är planerade i laser. Dock har vi inga svetsapplikationer ännu.

Rundvandringen fortsätter genom svets- och rörverkstaden och vi får se brännkammare där brännkammarsstyrningen är lasersvetsad hos Trestadsvets i Trollhättan. Rundvandringen avslutas i monteringen och därefter bjuds det på fika.

Att försöka återge allt det intressanta vi såg i Finspång låter sig inte göras utan mitt tips är att besöka Finspång och själv uppleva den högteknologiska tillverkningen. Och har du Andreas Graichen som guide så blir besöket garanterat mycket intressant och lärorikt.

Lasergruppen tackar för en trevlig och lärorik Laserdag i Finspång.

Höga Kusten Laserteknik utvecklar laserskärning av rör

– Laserskärning av KKR-rör och precisionsstålrör är en teknik som är mer revolutionerande än vad man kan tänka sig. Tekniken ger redan vid enkel bearbetning en ekonomisk besparing jämfört med traditionella bearbetningsmetoder, säger Stefan Andersson, vd vid Höga Kusten Laserteknik AB, Härnösand.

Besparingen beror på mindre hantering och efterbearbetning. Traditionell teknik innebär ofta minst fyra operationer: Kapning, hantering, borrar/fräsning, gradning – klart. Laserskärning ger samma resultat med en operation: Skärning – Klart.

– Den största fördelen med laserskärning av rör är dock inte tidsbesparing vid tillverkning av befintliga produkter utan de möjligheter som tekniken ger konstruktören. Genom att redan vid design/konstruktionsstadiet tänka laserskärning kan både design, sammanfogning och materialval optimeras på ett helt nytt sätt.

Höga Kusten Laserteknik

produktionsutvecklare rörlaserskärning

Edmo Laserteknik AB i Härnösand heter numera Höga Kusten Laserteknik AB. Den tidigare delägaren och VD:n Stefan Andersson har tillsammans med Bertil Lundgren förvärvat hela företaget från EdmoLift AB.

– Anledning till omstruktureringen är att EdmoLift AB vill fokusera sig på kärnverksamheten och att vi på Höga Kusten Laserteknik AB vill bredda oss mot flera kunder och flera leverantörer, säger Stefan Andersson.

– Vi har nu arbetat med laserskärning av rör i fyra år och vet att vi är riktigt bra på det. Vi var tillsammans med EdmoLift, som alltid arbetar med produkt- och produktionsoptimering, tidig ute med rörlaserteknik och började använda en teknik som inte var så långt kommen som många hävdade. Ordspråket ”det är av misstagen man lär” blev bekräftat.



Stefan Andersson,(t.v.) vd på Höga Kusten Laserteknik AB och Bertil Lundgren utvecklar rörlaserskärningen tillsammans med både maskin- och rörleverantörer.



Bystronic Bytube är en modern laserskärningsmaskin för rör, balk och profiler.

Tekniken var mer i sin linda än man kunde ana, berättar Stefan Andersson. Att laserskärningsmaskiner, mjukvara och råmaterial inte utan problem klarade utlovade toleranser stod snart klart. Många timmars arbete gav en klar analys av problematiken. Inom planplåt togs det tidigt fram specialanpassade material för att klara riktigt bra skärresultat och utlovade toleranser och som vi klart konstaterade tillsammans med Bystronic VD Johan Elster var detta som krävdes för att komma vidare med tekniken.

– Edmo Laserteknik inbjöd då till ett seminarium där de inbjudna representerade både kunder, högskolor, maskinleverantörer och råmaterialleverantörer, säger Stefan Andersson. Intresset var stort och vi fick en mycket bra respons som renderade i att vi tillsammans med rörleverantör och Bystronic, två offensiva leverantörer, startade upp ett projekt tillsammans med oss. Målet med projektet var att åtgärda de brister som maskinerna var behäftade med och viktigast av allt, att ta fram ett råmaterial, rör, som kunde leva upp till de krav som ställs för laserskärning.

– Idag är vi, förutom att vara legoleverantör av laserskurna detaljer, ett kunskaps- och tjänstecentra

Nya innovativa och kostnadseffektiva knutpunkter är rörlaserskärningens signum.



Ett exempel på produktionsutveckling hos Edmo Lift AB, Härnösand visar att rörlaserskärning ger 8 gånger snabbare produktion.

inom tekniken. Tekniken är för många ny och måste säljas in till konstruktörer. Den har trots sina möjligheter även fallgropar och begränsningar, och det är där Höga Kusten Laserteknik kommer in i bilden. Vi är fem konstruktörer och alla kan tekniken utan och innan.

Från 24 till 3 minuter

EdmoLift som är en av Europas största leverantörer av lyftbord har ett mycket bra exempel på vilken besparing den nya tekniken med laserskärning kan innebära, berättar Stefan.

– Traditionell bearbetning av en saxlyftarm enligt bilden nedan tog 24 min att kapa, hantera, bearbeta och grada. Motsvarande bearbetning med rörlaserskärning tar 3 min från helt rör till färdig detalj.

Nuläget inom tekniken.

Idag finns en maskin hos exempelvis Bystronic som klarar alla erforderliga kalibreringsmöjligheter.

– Råmaterialleverantören som är delaktig i projektet kommer inom snar framtid att presentera ett nytt sortiment anpassat för rörskärning med laser. Det är då vi kommer att nå de riktigt fina toleranserna, avslutar Stefan Andersson.

Fotnot: Kontakta gärna Stefan Andersson, Höga Kusten Laserteknik AB.

Nya lasrar på väg in på marknaden – Laserdagen i Finspång visar vägen

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Temat för årets Laserdag som hölls hos Demag Delaval Industrial Turbomachinery AB (fd Alstom) i Finspång var nya laserkällor och lasersystem. Temat går också igen i LaserNytt 1/2004 och därmed har Lasergruppens medlemmar fått en rejäl genomgång av ny laserteknik som redan är introducerad eller är på väg in i industriell användning.

– Våra kunder tjänar pengar på de lamppumpade Nd:YAG-laserna slog Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB, fast i sin presentation. Men framtidens koncept är fiberlaser och disklasar. Disklasern är mogen för användning i produktion men är inte ännu kvalificerad för den krävande bilindustrin.

– Strålkvaliteten är den viktigaste faktorn för utvecklingen, trodde Hubert Wilbs. Med bättre strålkvalitet kan man ha större arbetsavstånd och använda mindre optik samtidigt som skärpedjupet blir större. Detta är mycket viktigt när man använder scanneroptik. Disklasern ger hög strålkvalitet och är också skalbar. Trumpf garanterar 4.5 kW med fyra diskar.

Hubert Wilbs visade också robotskanning med disk-laser där roboten kan snedställa huvudet för bättre åtkomlighet. Investeringskostnaden är i relativa siffror för vanlig lamppumpad Nd:YAG-laser 1,0, diodpumpad Nd:YAG-laser 1,2, skivlaser 1,2 och fiberlaser 2,0.

– Men, avslutar Hubert Wilbs, tio år från nu kommer fortfarande lamppumpade YAG-lasrar att finnas på grund av sin höga tillgänglighet.

Även Rofin Sinar har nu skivlaser på programmet, berättade Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB. Det finns lasrar från 1,5 till 4 kW och de är av typen Yb:YAG. Tore Salmi berättade också om hans företags laserverktyg och system.

Johan Elster, vd för Bystronic AB, presenterade ett nytt laserkoncept från just Bystronic. Det är Bystronic 3015 som finns med 4,4 kW eller 5,3 kW CO₂-laser.

– Maskinstativet är nytt, säger Johan Elster, och det är gjort i gjutjärn som är vibrationsabsorberande. Vikten på maskinen är 15,5 ton och den kan stå på ett normalt verkstadsgolv utan att bultas fast. Maskinen har också ett nytt drivsystem kulskruv och roterande mutter som ger 3 g i acceleration.



Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB, Johan Elster, Bystronic AB och Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB berättade om nya lasrar och lasersystem på Laserdagen i Finspång.

– Bystronic har också en ny resonatorgeneration berättar Johan. Den har transistorstyrning, elektronisk gasmix och automatisk effektregering. Det nya systemet är mycket snabbt; 10 hål /s är möjligt att skära i 1mm plåt med en håldiameter på 3 mm och 2 mm mellan hålen.

Bystronic har också en intelligent CNC-styrning för högsta hastighet. Man kan göra 5,5 små fyrkanthål per sekund med en speciell teknik med s.k. instick i konturen. Maskinen går med full hastighet och strålen tänds och släcks på ett sätt som skär ut hålen.

– För grovt material är instickstiden oftast en flaskhals, fortsätter Johan. Men med flygande instick spar vi 40 % skärtid. Vi kör med varierande parametrar under insticket och skär igenom plåten på halva instickssträckan. Då får vi både mindre värme och mindre sprut.

Bystronic har också adaptiv optik till sin 5,2 kW resonator. Man använder en spegel som kalas ARC-spegel och genom att förändra formen på denna så kan man hålla samma stråldiameter över hela arbetsområdet. Man kan också programmera in olika stråldiameter beroende på material och tjocklek som ska skäras.

– Pulsat instick tar lång tid. Vi har därför utvecklat CPP, Controlled Pulsed Piercing. Normalt går huvudet 8 mm över plåten. Vidskärstart så startar vi där med max effekt men med låg frekvens. När huvudet går ner så ökar frekvensen successivt. Resultatet i t.ex. 10 mm plåt är förbluffande. Vi minskar storleken på instickshålet fyra gånger och halverar samtidigt instickstiden, avslutar Johan Elster.

”Fler borde spetsa till sig”

– Jag vill slå ett slag för att fler spetsar till sig och gör vad man är duktig på säger Magnus Gustafsson, vd på RNP AB i Landskrona. Våra specialiteter är svetsning och laserskärning, medan formning lämnar vi till andra.

RNP AB i Landskrona arbetar hårt för att utveckla sin specialitet med att laserskära rör, balk och profiler. Man investerade för ca ett år sedan i en ny stor rörlaser från Bystronic, Bytube, som är det senaste från den schweiziska lasertillverkaren.

– RNP började 1994 med ett gäng duktiga svetsare som var huvuddelen av personalen, berättar Magnus Gustafsson. Vi gör kvalificerade svetsjobb åt bl.a. livsmedelsindustrin. Vi tar även jobb utomlands och bygger nu ett mejeri i England.

– Det är svårt att vara duktig på tunnväggiga rör i livsmedelsindustrin, och duktiga svetsare är grunden i bolaget.

– Det var väl mera en tillfällighet att vi började med laser, fortsätter Magnus. För nio år sedan när vi köpte vår första maskin var marknaden jättestor och hade bra lönsamhet. Vi fick då möjlighet att köpa en begagnad Bystronic-maskin, som både skar plant och rör.

Fick bygga upp allt från grunden

– Det var mycket spännande med rörlaser och under nio år har vi byggt upp en ansevärd volym av rörlaserskärning. Vi var nog först med volymskärning av rör och vi kände oss lite speciella. Men vi fick jobba enormt hårt, för det fanns och finns fortfarande inga konstruktörer som konstruerar för profilskärning. Inga affärer trillar på en utan man måste arbeta upp alla affärer. Så allt vi har har vi själva byggt upp från grunden.

– Med den volym vi byggt upp så tog vi steget att investera i en ny stor Bytube som vi tog i drift för ett år sedan. Det var en hiskelig investering i förhållande till vår storlek, säger Magnus Gustafsson. Rör tar plats och det kräver stora ytor, så vi har byggt ut våra lokaler och gjort stora investeringar i andra maskiner och kringutrustning.

Flera rörlasrar har tillkommit på marknaden och priserna sjönk direkt till samma nivå som för planlaser. Man RNP har många spännande projekt att arbeta med.

– RNP finns mitt i ett gammalt varvområde i



Duktiga svetsare är en av grundpelarna i RNP.



RNP investerade för ca ett år sedan i en modern, stor rörlaser från Bystronic.

Landskrona och på truckavstånd finns alla medleverantörer vi behöver för att bli en komplett leverantör, fortsätter Magnus Gustafsson. Så vi koncentrerar oss på laserskärning och svetsning. Många jobb flyttar ju utomlands och jag tror att det till en del beror på att man inte är tillräckligt duktig. Så jag vill slå ett slag för att flera



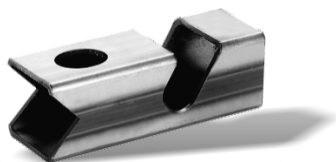
Magnus Gustafsson, till vänster, VD på RNP AB i Landskrona driver företaget tillsammans med sin bror Andreas Gustafsson som är produktionschef.

spetsar till sig för då kan nog många jobb stanna kvar i Sverige.

Rör har sämre toleranskrav än plåt och det påverkar slutresultatet vid skärningen. Men vi har från början jobbat med tuffa toleranskrav, så vi vet vad vi kan lova. Vi har också kontakter med rörverk och vi kan hitta rör med vårt namn på, berättar Magnus Gustafsson. Men toleranserna blir nog bättre med tiden.

Billiga knutpunkter är högvaluta

– Vi har nog inte utnyttjat alla möjligheter än med rörskärningen, tror Magnus Gustafsson. Huvuddelen av den skärning som görs är ganska enkla fall. Riktigt intressant blir det när man kan ta flera steg med tekniken. Så jag vet inte riktigt hur det ska sluta. Vi tänker mycket på knutpunkter för där har man igen mycket. Vi kan jämföra med knutpunkter för aluminiumkonstruktioner som är dyra. Kan man åstadkomma billiga knutpunkter så är det högvaluta inom många områden. Vi får se var allt tar vägen. Vi jobbar i alla fall hårt inom familjen med att utveckla företaget, så 100 timmar i veckan är inte ovanligt för familjen. (Magnus Gustafsson driver företaget tillsammans med sin bror Andreas Gustafsson som är produktionschef). Men vi har kul och drar runt det hela!



RNP har haft en stor tillväxt sedan starten, men konkurrensen är hård och många företag håller på med projekt och konsultjobb inom svetsbranschen, fortsätter

Magnus Gustafsson. Men vi är duktiga i landet på att utnyttja maskiner och kunskap. Trots det måste vi köra flera timmar i veckan i maskiner och fabriker för att hävda oss.

– Jag tycker att många skickar produktion utomlands lite för okritiskt, säger Magnus Gustafsson. För en nytilträd vd kan det vara ett sätt att på kort sikt få upp resultatet. Men jag tror det hämmar utvecklingen. Flyttar man ut delar av tillverkningen så tenderar man att göra det man gjorde innan. Högre krav på tillverkningen talar för bättre produktionsapparat. Om vi utformar den med bättre flexibilitet så kan vi hävda oss bättre. Det gäller att svara upp mot marknadens krav på flexibilitet.

– När jag tittar på vår tillverkning kan jag komma på nya lösningar åt kunden som skapar mervärde åt honom. Det skulle aldrig inträffa om vi inte hade produktionen hemma.

– I Sverige har vi varit duktiga på att ta tillvara ny teknik. Vi var nog bland de första länderna i världen som satsade hårt på planlaserskärning. Jag tror att den livskraftiga industrin i Sverige har en hel del att tacka lasertekniken. Vi ser t.ex. att grov plåt tillverkning i större grad flyttar utomlands än tunnplåtsbearbetning där lasern är stark, avslutar Magnus Gustafsson.

RNP AB deltar på ELMIA i höst och Magnus Gustafsson hälsar alla laservänner välkomna till montern för att diskutera laserteknik.

Fotnot: Läs gärna mer om RNP AB på www.rnp.se



Laserskärning hos Transpo Konstruktions AB.
Rörlaser: Bytube 6504, 3kw, arbetsområde 6500 mm
Automatisk inmatning: max diagonalmått 175 mm
Manuell inmatning: max diagonalmått 320 mm

Transpo – laserteknik i den högre skolan

Kunskap är grunden för alla affärer. En kunnig kund, ställer krav, vet vad han vill och vilka leverantörer som är bäst att samarbeta med. För Transpo Konstruktions AB i Älmhult är sambandet mellan ökad kunskap och fler affärer en självklarhet. Man sätter helt enkelt sina kunder i skolbänken och ger dem en kvalificerad utbildning i laserteknikens ädla konst.

– En kunnig kund är en bra kund. Vi vill att våra kunder ska bli lika duktiga som vi. Kunskap är en förutsättning för att kunderna ska upptäcka laserteknikens många möjligheter, säger Sassa Mikic som är VD för Transpo.

Transpo Konstruktions AB är ett företag med en 50-årig historia. Från att ha varit en traditionell legotillverkare av butiksinredningar, transportvagnar och konstruktionsdetaljer i stål, rostfritt och trä ändrade företaget delvis inriktning under 1980-talet och tog position som ett teknik- och produktionsutvecklingsföretag med spetskapacitet inom Laserteknik.

Transpo har i huvudsak sina kunder inom verkstadsindustrin i södra Sverige. Den enskilt största kunden är IKEA som bland annat anlitar Transpo för utveckling/tillverkning av varuhusinredning över hela världen.

– Vi investerade i vår första lasermaskin för snart 20 år sedan, säger Sassa Mikic. Det öppnade nya möjligheter och vi kunde erbjuda våra kunder en betydligt mer rationell och effektiv produktionsteknik.

Lag för nytänkande och vinst

Att tänka nytt och ständigt söka efter nya tekniska lösningar är en del av Transpos affärsidé. Nytänkande är en så betydelsefullt för affärsprocesserna att Transpo har formulerat en egen lag: $n/p = e$.

Mer rationellt uttryckt innebär ”Transpos lag” att totalekonomin, det vill säga vinsten e är direkt beroende av sambandet mellan n och p , där n står för nytänkande, ifrågasättande och klurighet och p för effektivare produktionsprocesser.

I dag har Transpo en maskinpark i branschspets. För något år sedan investerade man exempelvis åtskilliga miljoner kronor i en rörlasermaskin. Då var man först i Skandinavien med sådan utrustning och alltså är man ett av få företag som kan erbjuda sådan avancerad teknik.

– Rörlasern är ett mycket starkt konkurrensmedel för våra kunder. Tillverkning som tidigare krävt manuell bearbetning i flera led kan nu utföras betydligt mer



Sassa Mikic, VD vid Transpo Konstruktions AB, driver Transpos Laserskola där man utbildar i laserskärteknik.

rationellt. Rörlasern öppnar för helt nya produkter och produktionsmöjligheter. Vi är naturligtvis väldigt måna om att låta våra kunder vara med och upptäcka utrustningens potential, säger Sassa Mikic.

Skola för laser

För att öka kundernas kunskap och hjälpa dem att skapa nya affärsmöjligheter och mer kostnadseffektiva produktionsprocesser har Transpo satt sina kunder i skolbänken. Laserskolan har blivit en succé. Hittills har åtta fullbokade kurstillfällen erbjudits konstruktörer, ingenjörer, designers och andra som arbetar med produktutveckling i Transpos nätverk. I höst ska bland andra IKEA-personalen få djupare förståelse för laserskärningens möjligheter.

– Filosofin bakom Laserskolan är att deltagarna ska upptäcka vad man kan göra med Lasertekniken samtidigt som de ska få aha-upplevelser som de kan omsätta i nya produkter och effektivare tillverkningsteknik.

Ökad kunskap i kombination med ny teknik har skapat Transpos position på marknaden som ett av de främsta svenska företagen inom modern laserbearbetningsteknik.

– Vi har utrustningen, vi kan tekniken och vi vill dela med oss av våra kunskaper. Det är vår väg till fler affärer, säger Sassa Mikic.

Fotnot: Kontakta gärna Sassa Mikic för mera information på sassa.mikic@transpo.se. Mer info: www.transpo.se

Lasertech LSH AB ny medlem i Lasergruppen

Vi hälsar Håkan Holmqvist och Lasertech LSH AB i Karlskoga välkomna som ny medlem i Lasergruppen.

Lasertech arbetar med legosvetsning och legohärdning mot både den civila och militära marknaden. Man har idag 3 lasrar; 2.5 kW CO₂, 2.0 kW Nd:YAG (cw) och 0.3 kW Nd:YAG laser (pulsad).

Lasertech LSH AB
Bofors Industriområde
691 80 Karlskoga

Kontaktperson: Håkan Holmqvist
Tel: 0586-848 00, 0586-848 01
Fax: 0586-848 09
E-post: hakan@lasertech.se

Höjdhållning – en teknik under utveckling

Av Wolf Wisemann, Precitec KG

bearbetad av Hans Engström, Levitronics Lasersystem AB

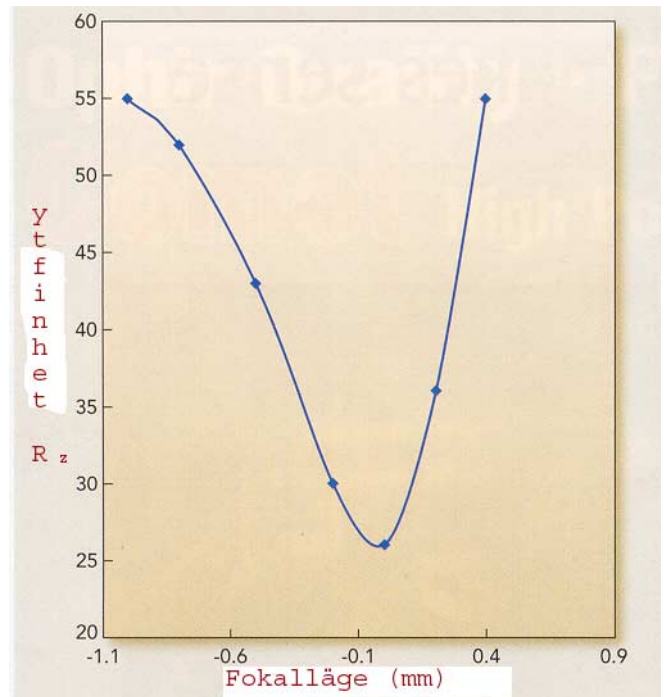
Laserskärning är idag ett av de största användningsområdena för modern laserteknik. Onekligen har denna teknik revolutionerat tillverkningstekniken för plana och formade detaljer i både tunn- och grovplåt. En mycket viktig komponent i laserskärsystemet är höjdhållningen som håller laserstrålens brännfläck i ett konstant läge i förhållande till plåtens yta. I denna artikel berättar Dr. Wolf Wisemann, vd på Precitec KG, som är världsledande leverantör av höjdhållningsutrusning, historien om det kapacitiva höjdhållningssystemets utveckling och prestanda.

Fokalläget är viktigt

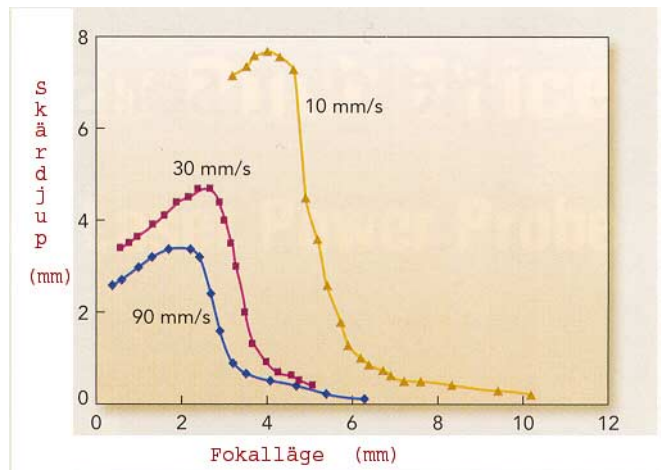
Laserskärning av metaller styrs av en uppsättning komponenter i systemet och olika parametrar som alla måste kontrolleras och styrs inom givna värden för att man ska få bästa resultat. En speciellt viktig komponent för skärresultatet är linsen som fokuserar strålen. Om strålens fokalläge avviker från det optimala som försämrar ytfinheten, figur 1. Även om inte helt perfekt ytfinhet och slagmängd kan accepteras så måste i alla fall strålen skära igenom materialet. Även skärdjupet beror på var strålens fokalpunkt är placerad, figur 2.

Det är uppenbart att laserskärmaskiner behöver någon form av höjdhållning av linsen i förhållande till arbetsstycket. Höjdhållningen ska verka på en mycket liten yta på arbetsstycket som träffas av laserstrålning; en yta starkt uppvärmd med sprut, och ibland med elektriskt ledande metallånga. Hur som helst måste känsligheten för höjdhållningen ligga inom 1/10 mm.

I laserskäringens barndom fanns inga sensorer innan de taktila (beröring) höjdhållningssystem introducerades vilka fortfarande används. Även exotiska tekniker som att använda det statiska trycket i skärgasen ovanför arbetsstycket föreslogs som en möjlig teknik. Sedan dök tanken på att använda kapacitiv teknik upp för att kontrollera och styra avståndet mellan arbetsstycket och gasmunstycket. Men hur skulle en sådan fungera under laserskäringen? Enkla teorier och försök visade att den användbara signalnivån som skapades av en höjdförändring på 1/10 mm skulle "dränkas" av andra effekter med en faktor på 20 till 100. Hur skulle det då vara möj-



Figur 1. Ytfinhet som funktion av fokalläge.

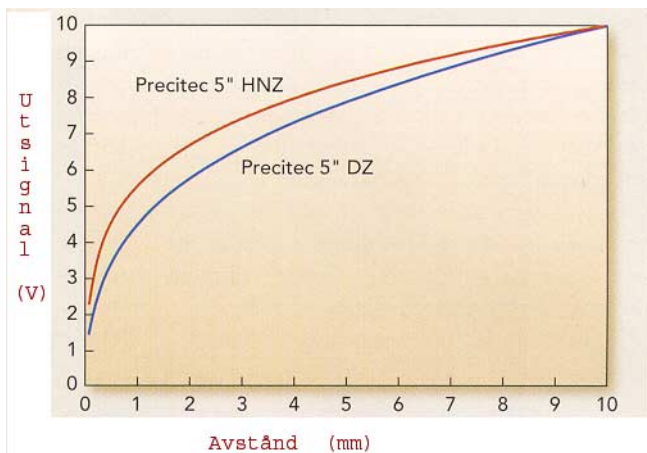


Figur 2. Skärdjup som funktion av fokalläge

ligt att överbrygga dessa hinder? Låt oss titta på lite enkel teori.

Enkel teori

Den elektriska kapacitansen mellan två elektriskt ledande ytor som är vända mot varandra vid ett speciellt avstånd, D ; som gasmunstycket och arbetsstycket, resulterar från attraktionskrafter mellan elektroner i ena delen och en positivt laddad eller till och med jordad



Figur 3. Utsignal som funktion av avståndet munstycke-plåt för två olika Precitec skärhuvuden.

andra del. Den situationen uppstår om en spänning läggs på mellan arbetsstycket, som är jordat, och gasmunstycket i skärhuvudet då fler elektroner kommer att finnas vid gasmunstyckets yta än om ingen spänning fanns. Om avståndet minskar mellan de två delarna så ökar attraktionskraften från arbetsstycket på elektronerna i munstycket, vilket ger ett ökat elektronflöde som kan mätas.

Den elektriska kapacitansen, C , kan ökas genom att minska avståndet, D ; dvs. $C \sim 1/D$. Kapacitansen ökar också om ytan mellan objekten ökar. Vissa elektriska egenskaper, p , hos materialen inverkar också. Så den kapacitansen hos två flata ytor som är vända mot varandra vid ett visst avstånd, D , kan beräknas som

$$C = p(A/D) [1]$$

om man bortser från ströeffekter.

Denna formel ger ett uppmuntrande budskap: Kapacitansen, C , vilken bestämmer utgångsspänningen i sensorn, är känsligast för små avstånd, vilket är fallet vid normal laserskärning. Vid dessa förhållanden så är ett område på 0-10 mm för höjdhållningen lämpligt, medan optimala prestanda uppnås inom ett relativt lite arbetsområde, $D = 0,5-1$ mm. Figur 3 visar hur sensorns utsignal varierar med avståndet, D . Vanligtvis lineariseras denna typ av karakteristik när den används i slutna kontrollsystem. Genom den starka lutningen på kurvan inom arbetsområdet så blir felet mindre än i andra områden med större arbetsavstånd.

Formeln visar också några teknologiska utmaningar för att kunna utveckla ett tillförlitligt höjdhållningssystem. T.ex. närvaro av p och A visar att oplanerade variationer av dessa parametrar påverkar kapacitansen. Tyvärr är sådana variationer vanliga under laserskärning och de ökar i betydelse när lasereffekter och skärhastigheter ökar och med ökande komplexitet på arbetsstyck-

en och materialsammansättningar.

Problem att övervinna

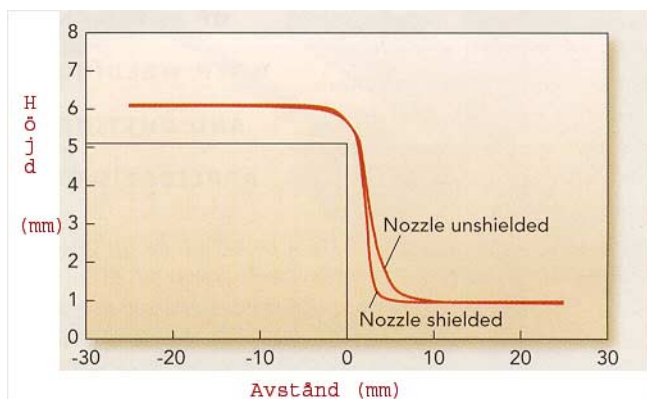
Med de största problemen med att få de första kapacitiva höjdhållningssystemen att fungera tillfredställande kan inte härledas till formeln. Frågorna på den tiden (1970-talet) var att undvika strökapacitanser från kablar, kontakter osv. och instabiliteten i sensorns utgångssignal med varierande temperatur och luftfuktighet. För att reducera effekterna av strökapacitans måste man undvika långa kablar och därför måste man installera delar av utvärderingselektroniken i skärhuvudet. Dessa kunde tillfälligtvis bli varma och det fanns inte tillräckligt skydd mot förändringar i luftfuktigheten. Så elektroniken måste utvecklas tills vanliga temperatur- och luftfuktighetsvariationer inte krävde att utrustningen kalibrerades vid varje skift.

Sprut var också ett tidigt problem eftersom när det träffade munstycket förändrades dess elektriska potential, vilket i sin tur påverkade mätningen av kapacitansen. Lyckligtvis så skapar sprut ett speciellt signalmönster, som man kan identifiera och till viss del kompensera för. Men ett kraftigt sprut kan man inte kompensera för och intelligenta höjdhållningssystem ger därför en larmsignal. Ett kraftigt sprut indikerar att processen är nära sin stabilitetsgräns. I detta fall är det då bättre att se över och förändra processparametrarna än att bibehålla situationen och behöva återställa larmet upprepade gånger.

När 3D-skärning började bli viktigt så kom munstyckets yta (A i formeln) att få särskild betydelse. Det är ju den del av munstycket som är i omedelbar närhet till arbetsstycket. Skärhuvuden för 3D-skärning ska vara så slanka som möjligt, vilket ger små dimensioner på alla komponenter inklusive munstycket och komponenter för elektrisk isolation och förbindelser. Dessa komponenter förorsakar ökad intern strökapacitans, medan den användbara kapacitansen för munstycket reduceras väsentligt (ungefär en faktor 10) jämfört med skärhuvuden för 2D-skärning. På grund av den koniska utformningen på munstycket så är det den nedre delen på munstycket som bidrar till den användbara kapacitansen mot plana delar på arbetsstycket. Men om man ska skära kraftigt formade 3D-geometrier kommer det att bli ett kraftigt inflytande från intilliggande plåt som kommer nära munstyckets flanker och därmed öka den relativa arean, A . Detta förorsakar höjdhållningssystemet att lämna sitt inställda värde.

Ny teknik från Precitec

För att minska dessa problem har en ny typ av kapacitiv höjdhållningsteknik baserad på aktiv avskärmningstek-



Figur 4. Med ny avskärmningsteknik, som säljs under namnet Precitec Lasermatic Z minskar avvikelserna från inställd höjd vid skärning nära uppstående plåtkanter som t.ex. flänsar.

nik introducerats av Precitec. Denna teknik gör det möjligt att använda en ny typ av infästning av munstycket som skyddar den övre delen av munstycket och därmed reduceras areaökningen A i närheten av arbetsstyckets väggar. Tekniken marknadsförs med namnet Lasermatic Z. Som en andra fördel, behöver detta system inte keramisk komponent som isolerar munstycket elektriskt från det övriga skärhuvudet. Figur 4 ger ett exempel på hur inverkan av uppstående kanter eller flänsar minskar. Men som synes finns fortfarande en avvikelse från munstyckets inställda värde. Avvikelse i andra riktningen uppstår om arbetsstycket är böjt bort från munstycket. Om dessa avvikelser är för stora för att ge ett acceptabelt skärresultat kan höjdhållningssystemet automatiskt ställas om av lasermaskinens CNC-system till ett mindre eller större nominellt värde beroende på arbetsstycket geometri.



Högtrycksskärhuvudet HPI.5" M representerar det senaste inom höjdhållningstekniken från Precitec KG. Motoriserad, programmerbar linsrörelse, elektroniskt övervakat kassettsystem för linsbyte med 5" eller 7,5" fokallängd, piercing sensor för övervakning av håltagning och skärförlopp och temperaturövervakning ger alla förutsättningar för högeffektiv produktion.

Hög tolerans mot plasmabildning

Skärning av zinkbelagd plåt blev mycket viktigt i början på 1990-talet. Detta var tiden då bokstaven p i formel (1) blev särskilt intressant. Samma situation skapades senare vid höghastighetsskärning av aluminium och rostfritt stål, då området mellan munstyckets öppning och arbetsstycket är fyllt med skärgas och metallånga som skapas vid skärprocessen. Metallångan är mycket ledande genom den joniserade zinken i motsats till den isolerande skärgasen eller ångan från kolstål. Dessutom så fluktuerar koncentrationen av den joniserade zinken vilket adderar ett avsevärt brus (störning) till sensorignalen. Beroende på lasereffekten och skärhastigheten så kan den kapacitiva höjdhållningen spolieras av denna effekt. Ett sätt att komma runt detta problem är att helt enkelt frysa höjdhållningssystemet under några hundra millisekunder efter det att bruset har överbelastat systemet. Naturligtvis fungerar inte denna metod om bruset överbelastar systemet under en lägre tid. Precitec har utvecklat sitt patent för aktiv avskärmning till att vara verksam även för stora variationer i p- parametern. Så nu är denna utvecklade teknik nästan lika tolerant mot plasmabildning som den traditionella oskärmda tekniken.

Utvecklingen fortsätter

Högteknologiska kapacitiva höjdhållningssystem ger idag många värdefulla funktioner som komplement till höjdhållningsfunktionen såsom: automatisk kalibrering av utgångssignalen mot olika höjdkarakteristika; automatisk linearisering av signalen; programmerbara avstånd munstycke-arbetsstycke; alarm vid kollision; alarmsignal för uppåtriktat sprut; alarm vid plasmabildning och följning av arbetsstyckets koordinater. För vissa av dessa funktioner krävs kommunikation och samarbete med maskinens CNC-system.

Potentialen för kapacitiva höjdhållningssystem är ännu inte fullt utnyttjad. Hos Precitec utvecklar vi nu ytterligare funktioner, som är del i en övergripande strategi för att ytterligare öka prestanda och intelligens i framtidens skärsystem, vilket stödjer kundernas behov av flexibilitet, tillförlitlighet och precision.

Fotnot: Dr. Wolf Wisemann är vd vid Precitec KG, Gaggenau, Tyskland. Nordisk representant är Levitronics Lasersystem AB. Mer information om Precitec produkter finns på www.levitronics.se.



ICALEO 2003

Rapport från 22nd ICALEO, Jacksonville, FL, USA, 13–16 oktober 2003

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars

Innovativa laserlösningar, ständigt växande användning av laserhybridsvetsning, senaste nytt inom fiberlasrar, laserskärning och lasersvetsning, samt några intressanta industriella lasertillämpningar.

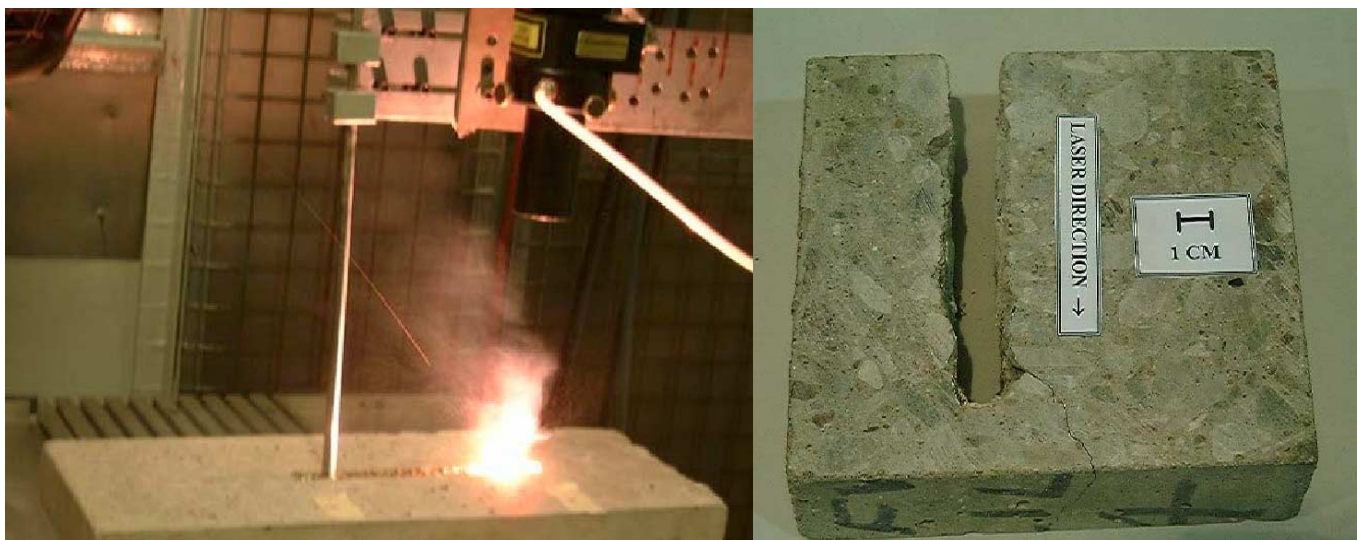
Välkomna till min fortsatta rapportering från fjolårets ICALEO-konferens som hölls i Jacksonville, FL mellan 13–16 oktober. I del ett, som redovisades i LaserNytt 1/04, beskrev jag intrycken från plenary-sessionen med dess tema "Direct Material Deposition" (DMD) samt de tekniska föredrag som hölls i sessionen rörande "Diode Laser Processing". Denna gång kommer jag att behandla fyra andra ämnesområden, nämligen laserhybridsvetsning, fiberlaserteknik, det senaste inom laserskärning samt en hel del industriella laserapplikationer.

Men låt mig börja med några mer udda användningsområden. Det första kom från *University of Texas at Austin* (Austin, TX) som utvecklat tekniken med "Laser Induced Cementation" (LIC). Det rör sig om en form av DMD, där man belägger keramiska substrat i form av cylindrar med ett annat keramiskt material, till en tjocklek av 100–350 μm , för att på detta sätt förbättra motståndet mot oxidering. Man använder sig av en Si-40Cr-lösning som sprutas på cylindern, som därpå får rotera

mot en infallande laserstråle. Denna hade genererats från en 1 kW CO₂-laser och gav en fokuspunkt av 0.35 mm på arbetsstycket. Efter en förvärmning, då man endast använde 200 W, följde en sintrings- och försmältningsfas vid 400 W. Slutligen skedde smältning av lösningen vid utnyttjande av 850 W. På detta sätt fick man en mycket stark diffusionsbindning mellan den pålagda lösningen och keramsubstratet. Sålunda hade man klarat ett värmetest på 1.100°C i Argon-atmosfär under 2.5 timmar utan någon försämring av vidhäftningen. Metoden sades vidare kunna användas för att skapa tunna gjutkomponenter genom att på liknande sätt belägga en form. Den senare kommer därmed att tjänstgöra som offermaterial.

Laserskärning av 500 mm tjocka betongblock var temat för **Philip Crouses** (*Laser Processing Research Centre* – LPRC, Manchester, U.K.) föredrag. Den praktiska användningen sades vara vid nedmontering av reaktorer för kärnbränsle. Idag tvingas man använda stegborring, sågning med diamanttråd, abrasiv vattenskarvning eller flamskarvning. Alla dessa metoder för ett avsevärt oväsen, samt kräver närvaron av operatörer vilka därmed kan komma att exponeras för utbränt kärnbränsle. Därför vore en teknik som laserskärning att föredra, där övervakningen kan göras på ett tryggt avstånd från själva skärprocessen.

Experiment hade utförts med två lasrar med tämligen låg effekt, en 1,2 kW CO₂ från *Rofin Sinar* (RS-1000)



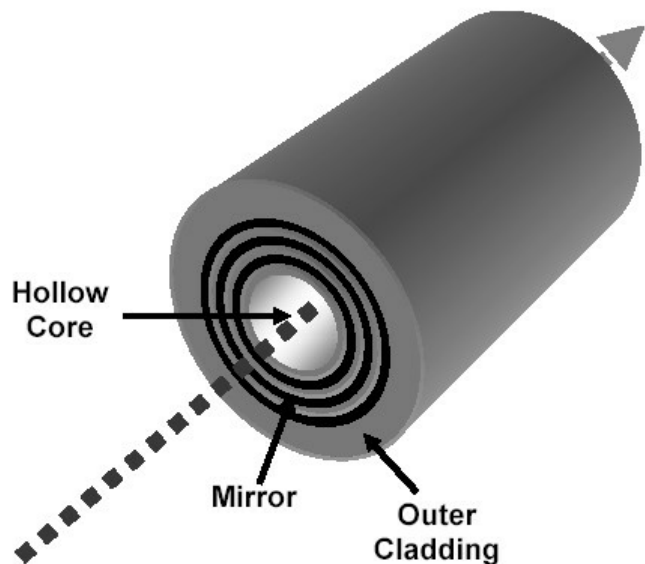
Laserskärning av betong. Till höger ett exempel på skärning med HPDL och 1.0-1.2 kW effekt. Skärdjupet har uppnåtts efter 74 passager och en skärhastighet på 2 mm/s.

och en 1.5 kW HPDL (High Power Diode Laser) från *LaserLine* (LDL-160-1500). Med denna relativt låga effekt var avsikten inte att skära igenom betongblocket med en gång utan man använde sig av s.k. ”multipass”-teknik. Därför defokuserades strålen så att energitätheten på arbetsstycket blev 1.000–1.100 W/cm². Detta betydde att den fokalpunktsstorlek som användes i diodlaserfallet var 12×8 mm, medan fokalpunkten vid CO₂-skärningen hade en diameter på 11 mm. För att skydda linsen användes argon alternativt luft som skyddsgas. Skärhastigheten låg omkring 1–2 mm/s då man successivt skar sig ner genom betongblocket och skärslaggl avlägsnades på mekanisk väg mellan varje passage. Även inbyggda armeringsstål gick på detta sätt att skära sig igenom. Dock krävdes det bortemot 200–250 passager för att komma igenom de 500 mm tjocka betongblocken.

Att manipulera en CO₂-laservåglängd via en optisk fiber kan ju tyckas vara en dröm för många. Vi har tidigare sett japanska försök att lösa detta problem, men nu börjar dylika fibrer dyka upp som kommersiella produkter, låt vara för tämligen beskedliga effektnivåer. Dr. **Gregor Dellemann** från *OmniGuide Communications Inc* (Cambridge, MA) och jag hade en lång diskussion om detta redan vid ICALEO 2002, då jag menade att skälet till att bilindustrin valt att idag nästan uteslutande satsa på Nd:YAG-system har att göra med den ökande flexibilitet som fiberdistribution av laserstrålen erbjuder. Dr. Dellemann hade tydligen nappat på denna utmaning när han nu visade upp de första produkterna, vilka innebar 500 μm ”photonic bandgap”-fibrer för transmission av 30 W lasereffekt resulterande i en strålkvalitet på M²=1.12-1.40.

Konceptet bygger på ihåliga fibrer som på insidan är belagda med en dielektrisk spegel och därpå omslutna av ett skyddande hölje, precis som för konventionella optiska fibrer. Med denna nya typ av fiber är det möjligt att transmitta laserljus av vilken våglängd som helst. Man reglerar helt enkelt detta genom att anpassa spegeltjockleken så att man erhåller bästa processfönster för transmission/reflexion. Effektförlusterna är näst intill försumbara (<0.1%) och likaså påstår man att lineariteten är bättre jämfört med en konventionell optisk glasfiber. Finns det då inga nackdelar? Jo men visst, den låga effekt som fibrerna klarar av är en sådan, även om man på sikt räknar med att komma förbi det problemet. Fibrerna tillverkas nämligen av ca 25 cm långa förformor som värms upp och vrängs ut och in. Genom att arbeta med nya typer av förformor hoppas man kunna skala upp fibrer som kan klara 10 kW. Dessutom verkar fibrerna vara känsliga för böjning. Med 30 kW och rak fiber syntes ingen skillnad mellan in- och utgående effekt, men då fibrerna böjdes fick man bara ut 15 W på arbetsstycket. Hur som helst ett nog så intressant tema som det kan löna sig att hålla ögonen på även i framtiden – kanske redan vid detta års ICALEO-konferens i San Francisco?

En av de i mitt tycke mest intressanta presentationerna i sessionen rörande lasersvetsning var den som **Paul Hilton** (TWI, Cambridge, U.K.) höll om svetsning i miljöer med höga gastryck. Vad det handlade om var hur man anslöt horisontella kopplingar till en vertikal huvudstam vid oljeborrning. Tekniken som nu används vid praktisk oljeutvinning har utvecklats mellan TWI och stora oljeföretag som *BP*, *Mobil Oil* och *Texaco*. Det har varit mycket hysch-hysch kring utvecklingen,



Principupbyggnad av fiber med invändig, dielektrisk spegel (över), samt en förform som delvis har börjat dragas till färdig fiber (under).

och herr Hilton menade att det var först nu som man offentligt ville redogöra för resultaten.

Istället för att borra nya huvudstammar är det ekonomiskt betydligt gynnsammare att använda tekniken (s.k. multi-lateral well technology) med att skarva på horisontella utlöpare till huvudstammen. Mr. Hilton redogjorde detaljerat för hur man skickar ner en robot med bearbetningsverktyg och optisk fiber kopplad till en laserkälla. Först skär man en håll i huvudstammen där anslutningen skall monteras, anslutningen sänds ner till det aktuella området och svetsas fast till huvudstammen. Då det rör sig om svetsning 4,500 m under markytan, i en lerig miljö, och under temperaturer och tryck på 100°C respektive 520 bar var frågan om lasertekniken skulle klara dessa tuffa förutsättningar?

Försöksarbetet omfattade design och tillverkning av en tryckkammare i vilken lasersvetsningen genomfördes på 8 mm tjocka cirkulära skivor i krom-mangan-stål. Svetsningen skedde i luft-, Helium- samt Argon-atmosfär. Laserstrålen skickades in i kammaren via ett safirfönster, vilket påverkade fokallängden. Således adderades 7,5 respektive 41 mm till fokallängden beroende på i vilken av ovannämnda atmosfärer provsvetsningen utfördes. Laserkällan var en 2.6 kW Nd:YAG-laser med



Högtryckssvetskammare vilken använts vid TWI för att utvärdera lasersvetsning i samband med sammanfogning av oljerör på stora djup.

en fokalkpunkt på 0.9 mm i diameter. Svets hastigheten låg på 600 mm/min och avsikten var ej att erhålla nyckelhållsvetsning utan en ren värmeledningsdito. Ett ökat tryck medförde en något ökad penetrationsförmåga då svetsningen utfördes i Helium-miljö. Penetrationen avtog däremot vid ökat omgivningstryck i Argon. Om trycket i kammaren låg över 50 bar fanns ingen förekomst av metallångor vilket gjorde att skyddsglaset var helt rent. Inverkan av smuts och gytta visade sig ha ringa inverkan på svetskvalitén.

Laser Materials Processing: Hybrid Laser Arc Welding

Det absolut hetaste ämnet inom laserbearbetning i verkstadsindustrin idag torde vara laserhybridsvetsning. Metoden att kombinera en laserkälla med moderat effekt och en smältsvetsmetod som MIG, MAG, TIG eller plasma har under flera år använts med framgång på grövre plåtmaterial inom framförallt varvsindustrin. På senare år har metoden även funnit avsättning på tunna-

re gods, och några intressanta applikationer förekommer redan i högvolymproduktion i bilindustrin (*Audi* och *Volkswagen*) där metoden med framgång används vid svetsning av aluminium. Därför var intresset stort när de senaste forskningsrönen inom området skulle presenteras vid en dedicerad session. Om man ser till talarlistan ligger vi väl framme i Norden beträffande laserhybrids svetsning, eftersom tre av de sju presentationerna i denna session gjordes av kollegor från Danmark och Finland.

Men först ut var Dr. Dirk Petring (*Fraunhofer Institute for Laser Technology, ILT, Aachen, GER*), en välrenommerad expert i dessa sammanhang, och som på senare år valt att fokusera sin kompetens på laserhybridtekniken. Dr. Petring inledde med att framhålla uppfinnaren av laserhybrids svetsning, professor William (Bill) Steen från *University of Liverpool (Liverpool, UK)*, som faktiskt var närvarande i salen.

Speciellt metodens spaltöverbryggnad lyftes fram och exempel på framgångsrik stumfogsvetsning av 4.0 mm 6000-aluminium med ett gap på 0.8 mm visades upp. Referenser gjordes till aluminiumsvetsningen på Audis nya A8 karossgeneration, där utmattningshållfastheten är 3 gånger så hög jämfört med om svetsningen skulle utförts med autogenous MIG.

På ILT har man utvecklat en serie av integrerade svetsmunstycken för hybrids svetsning, varav några redan idag finns att tillgå kommersiellt. I grundutförande tillhandahålls dessa med en fokallängd på 200 mm, men som option kan 150 mm fokallängd erbjudas. Man har delat upp produktsortimentet i "heavy duty", "slim" och "super slim", allt efter tillränt applikationsområde.

Industriellt används dylika integrerade svetshuvuden vid exempelvis svetsning av oljetankar i materialet S235JR med 5.7 kW CO₂-laser plus MIG/MAG, vilket varit i produktion sedan år 2000. En ny applikation var laserhybrids svetsning av pipelines i X52 stål med vägg-tjockleken 10.0 mm. Idag svetsas dessa med laser och kalltråd för att klara de spel som förekommer. Med laserhybrids svetsning minimeras dylika problem, och avvikelser i passning på upp till 4 mm påstods klaras vid 10.5 kW lasereffekt. Andra exempel från Meyer Werft och VW Phaeton presenterades och likaså icke-linjär ämnesskarvning ("non-linear TWB" = Tailored Welded Blanks) där den 8.0 kW kraftiga lasern kombinerats med en TIG-utrustning för att få fina svetsytor, och där svetshastigheten i 1.0 mm kolstål låg på imponerande 14.4 m/min.

Den framtida utvecklingen ansåg Dr. Petring att man borde rikta mot förbättrad 3D-svetsning samt förbättringar vad gäller svetsning i zinkbelagt stål, vilket fortfa-

rande är en av lasersvetsningens Akilleshälar. Avslutningsvis redogjordes för ILTs senaste innovation; HybSy (Hybrid Welding Synchronized Modulation of Arc and Laser). Idén går ut på att förbättra hybridteknikens prestanda, främst beträffande penetrationsdjup. Genom att växelviss eller i fas pulsa de två energikällorna har man kunnat visa på en förbättrad djupsvetsning på upp till 40%, och ILT har ett antal patentansökningar för denna idé inlämnade för bedömning.

Vår nordiske bekanting Dr. Claus Bagger från *Danmarks Tekniske Universitet (DTU)* i Lyngby hade en föredragning som i stora delar överensstämde med det vi fått höra honom berätta om vid NOLAMP några månader tidigare. Man har på DTU gjort försök där man använt sig av institutionens 2.6 kW CO₂-laser vilken kombinerats med såväl TIG- MIG- som plasmabrännare. Målet hade varit att reducera hårdheten i svetsgodset vid svetsning i höghållfast CMn250 i tjockleken 2.13 mm. Detta hade man lyckats med såtillvida att hybridsvetsarna för plasma, TIG och MIG var 27, 30 respektive 33% duktilare jämförda med rena lasersvetsar.

I fallet laser/MIG hade MIG-pistolens placering "ledande" medan lasern hade denna position i de övriga två fallen. Avståndet mellan laserns fokuspunkt och punkten där tråden matades in låg mellan 2–4 mm. Några andra observationer som gjordes under försöken kan vara värda att nämna. Således kan man se en positiv effekt vid hybridsvetsning av tunn plåt om MIG- resp. MAG-källan pulsas. Även gentemot MIG-svetsning ger hybridmetoden en sänkning av hårdheten i svetsgodset. Vi talar om i storleksordningen 50 Hv. Vid studier av svetshastigheten kunde konstateras att vid gap på mer än 0.2 mm i en stumfog faller svetshastigheten radikalt vid lasersvetsning, medan laserhybrids svetsningen ligger kvar på höga svetshastigheter upp till 0.4 mm gap. Slutligen omnämndes att den pilotbåge som förekommer vid plasmavetsning gör att hybridsvetsning med denna metod ger bättre start/stopp-förutsättningar samt ett stabilare svetsförlopp jämfört med om lasern kombineras med TIG eller MIG.

Dr. Dave Farson från *Ohio State University (Columbus, OH)* var näste talare i denna session. Han berättade om hybridsvetsning av 8 mm tjockväggiga stålrör. Det rörde sig om "öron" som svetsades på rören med hjälp av en 5 kW CO₂-laser och en släpande MIG-pistol. Eftersom helium avsågs att användas som skyddsgas för lasern för att ge bästa möjliga penetrationsdjup, och denna gastyp inte är kompatibel vid gasmetallbågs svetsning med spraybåge, hade man valt att använda sig av kortbåge för MIG-källan. Denna arbetade med en toppström på 100 A och en bakgrundsström på 34 A. Tråd-

matningshastigheten var 100 ipm (inch per minut). Fogberedningen, mellan öra och rör, hade också studerats omsorgsfullt och gett vid handen att en 15°-ig avfasning av örat till en längd av 0.125" var att rekommendera.

Man hade använt sig av en DOE-matris (DOE = Design Of Experiments) för att se vilka parametrar som hade störst inflytande på svetsprocess och svetskvalitet. Här hade hänsyn tagits till laserns och MIG-pistolens positionering gentemot såväl varandra som mot arbetsstycke och fog. Olika lutningsvinklar, gap och offset hade studerats. Dock sade Dr. Farson att det var svårt att dra några konkreta slutsatser då alla parametrar uppvisar ett visst inflytande. Bäst resultat tycktes erhållas vid relativt låga svets hastigheter och med processmunstyckena placerade centriskt över fogen. Detta var de två parametrar som hade störst inverkan då det gällde att erhålla en slät svets på fogens baksida, d.v.s. inuti röret. Här visade sig också en 5°-ig lutning av "örat" ge bästa svetskvalitet.

Härnäst berättade Dr. **Kyoung Don Lee** från *Institute for Advanced Engineering* (Yongin-city, Kyonggi-do, Sydkorea) om laserhybridsvetsning av aluminiumlegeringen 6061-T6 i 2 mm tjocklek. Denna används vid tillverkningen av paneler till järnvägsvagnar varför det rör sig om långa svetsar, upp till 18 m, och där 1 mm måste klaras i spaltöverbryggnad. Tyngdpunkten i studien hade lagts på interaktionen mellan skyddsgaserna som användes (helium-argon-mix för laserprocessen och argon för MIG-processen) samt den inbördes positioneringen mellan processmunstyckena.

En 3.0 kW Nd:YAG laser hade kombinerats med en 350 A MIG-källa för stumsvetsning av ovanstående material. Tillsatsstråden var AA4047 med en diameter av 1.0 mm. Det visade sig möjligt att nå svets hastigheter på 3 m/min vid följande MIG-inställningar: toppström 260 A, bakgrundsström 48 A och medelspänning 19 V. Med denna parameterinställning krävdes en trådmatningshastighet på 3.5 m/min. I traditionell östasiatisk anda har man en förkärlek för pulstekniken. Sålunda hade såväl laser- som MIG-källan körts med pulstider på 2–3 resp. 14–15 ms. Bäst spaltöverbryggnad hade man fått då MIG-pistolens låg 5 mm framför laserns fokuspunkt, men samtidigt kunde Dr. Lee konstatera att då förelåg inte



Exempel på "skräddarsydda" laserhybrid-svets huvuden. T.v. ett "heavy duty" monterat under optiken till en CO₂-laser, och t.h. ett "super slim" kombinerat med en Nd:YAG-optik.

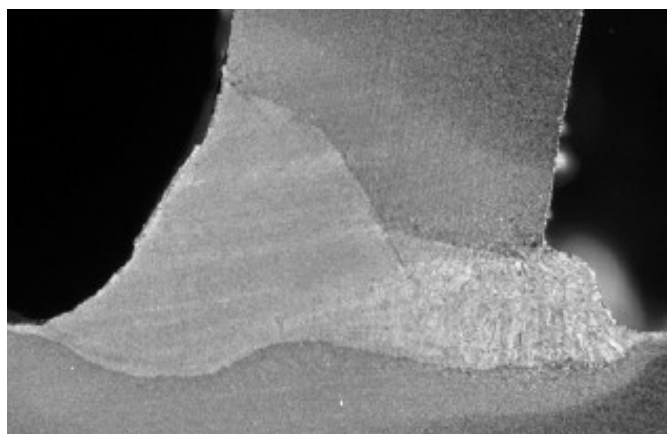
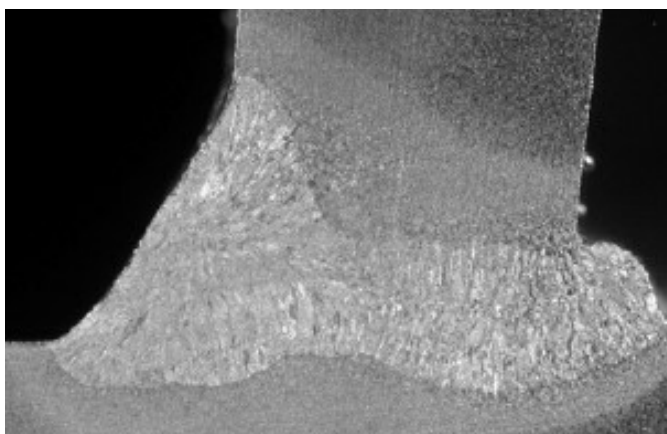
någon nyckelhålssvetsning utan här blev det fråga om två separata svetsprocesser.

Anna Fellman från LUT (*Lappeenranta University of Technology*, Lappeenranta, FIN) har inriktat sin forskning på skyddsgasval vid laserhybridsvetsning, och några av sina tidiga resultat redovisade hon redan vid NOLAMP i Trondheim i augusti. Till hennes förfogande på universitetet har funnits en 6 kW CO₂-laser och en 450 W ESAB Aristo LUD-strömkälla. Materialet har varit RAEX275MC i 6 mm tjocklek, tillsatsmaterialet OK12.51 med diameter 0.8 mm, och olika spalter hade förekommit vid svetsförsöken: 0, 0.5 och 0.8 mm. Såväl stumfogar som T-fogar hade svetsats. I det senare fallet hade en fogberedning gjorts i form av en 10°-ig fasing. Vid T-fogsvetsningen hade också båda processhuvudena lutats 50°. Merparten av försöken hade utförts med MAG-pistolens som "stickande" 55°, ett "stick-out" på 14 mm och med trådmatningen 3 mm framför laserns fokuspunkt.

Svets hastigheterna låg i intervallet 0.8–1.2 m/min och motsvarande trådmatningshastigheter var 10, 12 och 14 m/min. Effektbidraget på arbetsstycket var från lasern 4.8 kW och från gasmetallbågekällan 3.4–6.3 kW. De skyddsgaser för laserprocessen som undersökts var helium, argon och koldioxid i olika blandningsförhållanden. Det kunde inledningsvis konstateras att om skyddsgasen för MAG innehåller minst 30% helium så kan denna beståndsdel uteslutas ur skyddsgasblandningen för lasern. För laserns vidkommande torde ett helium-inne-



CO₂-haltens inverkan på svetsbredden vid laserhybridsvetsning; t.v. 0%, t.h. 10% CO₂-inblandning i den använda skyddsgasen.



Effekten av ökande CO₂-halt vid laserhybridsvetsning av T-fogar; t.v. 1%, t.h. 20% CO₂-inblandning i den använda skyddsgasen.

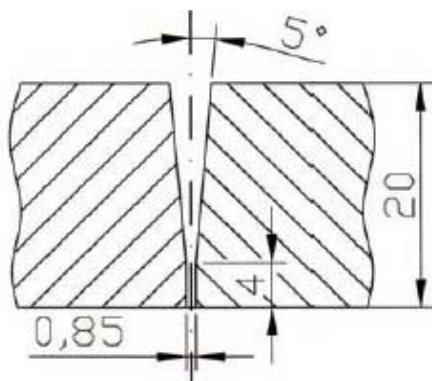
håll på 40–50% vara det optimala. Högre andel helium ger en instabil process med mycket svetsstrut. En liten del CO₂ verkar också vara gynnsamt för svetskvalitén.

Det tycks finnas en relation mellan mängden CO₂ och den spalt som skall överbryggas. Sålunda gav 2% CO₂ bäst resultat vid nollspalt, medan 5% krävdes för att nå samma kvalitet vid 0.5-0.8 mm spalt. Vid CO₂-koncentrationer över 10% blir svetsprocessen instabil. En högre inblandning av helium och CO₂ tycks ge en smalare svets och samtidigt en jämnare inträngningsprofil. Ökad andel CO₂ gav ett ökat penetrationsdjup vid svetsning av T-fogarna. Vidare kunde konstateras att ökad andel CO₂ och/eller helium minskar pormängden i svetsgodset men ger samtidigt, som ovan nämnts, en mer instabil svetsprocess. Ökad inblandning av CO₂ minskar ytspänningen i svetsmältan och ger därmed en jämnare svets-

råge. Slutligen kunde konstateras att gasblandningarna hade ringa effekt på svetsens hårdhet, hållfasthet eller seghet.

Siste man i sessionen som behandlade laserhybridsvetsning var en kollega till Anna Fellman, nämligen **Tommi Jokinen** från *VTT Industrial Systems* (Lappeenranta, FIN). Där har man tittat på möjligheten att svetsa kärnreaktorer med hybridtekniken och använda sig av en 3 kW Nd:YAG-laser med 200 mm fokallängd i kombination med en MIG-källa. Det rör sig om 60 (!) mm tjockt rostfritt material i dessa reaktortankar, men i försöken hade man begränsat sig till 20 och 30 mm tjocklek med en 5°-ig fasning som fogberedning och med en luftspalt på 0.85 mm mellan de nedre 4 mm parallella fogytorna. Vid dylika djupa smala spalter mellan arbetstyckena tar man vara på en annan av fördelarna

Den rekommenderade foggeometrin vid laserhybridsvetsning av plåttjocklekar på 20–30 mm. Längst till höger ett tvärsnitt genom en svets i 30 mm tjockt rostfritt material; två rotsvetsar med kalltråd följda av 4 laserhybridsträngar. Svets hastigheten ligger på cirka 0.5 m/min och trådmatningen på 7–12 m/min.



med hybridsvetsning. En dylik "narrow groove" hade aldrig gått att svetsa med konventionell gasmetallbågs-svetsning, eftersom ljusbågen tämligen omgående hade kortslutit mot fogytan. Nu verkar det i stället som om laserstrålen "fångar in" ljusbågen från MIG-pistolen och således ger en mycket stabilare svetsprocess.

I experimenten visade det sig fördelaktigt att ha MIG-pistolen som "stickande". Detta gav en mer regelbunden tvärsnittssektion på svetsen. Den viktigaste parametern ansåg herr Jokinen vara avståndet mellan inmatningspunkten för tillsatsstråden och laserns fokuspunkt. Det optimala avståndet hade konstaterats vara 3 mm. Svets hastigheten låg på 0.5 m/min med en trådmatnings-hastighet på 10 m/min (tråddiameter 0.8 mm) samt med laserns fokuspunkt placerad 7 mm ovanför den senast lagda svetssträngen. Vid dylika tjocklekar är det ju frågan om flersträngssvetsning och den går till så att man först gör två rotsvetsar med kalltråd, och därefter fyra laserhybridsvetssträngar. Låg ström och spänning på MIG-källan gav bäst och jämnast tvärsnittssektion på svetsen, d.v.s. att här var det svårast att urskilja de olika lagren av svetssträngar. Eftersom det vid hybridsvetsning tar längre tid innan smältan hinner stelna jämfört med lasersvetsning hinner gasbubblor i smältan diffundera upp till ytan och därmed elimineras risken för porer. Dessutom gör det elektromagnetiska fältet från gasmetallbågs-svetsningen att man får en bättre uppblandning av tillsatsmaterialet i smältan.

Laser Solutions 2003 – Short Course:

Fiber Lasers

Som brukligt är i ICALEO-sammanhang erbjöds även denna gång ett antal halvdagarskurser i olika ämnesområden. Här valde jag att lyssna till den som behandlade fiberlasrar, vars utveckling går blixtnabbt just nu, och där de främsta fördelarna är extremt god strålkvalitet och hög verkningsgrad.

Vår föreläsare hette **Bill Shiner** och kom från det ledande företaget i fiberlaser-branschen, nämligen *IPG*

Photonics som har sitt huvudsäte i Oxford, MA, men numera också finns etablerat i Tyskland, Ryssland och Italien. Tekniken bygger på att man har en monolitisk fiber som aktivt medium, vilken typiskt är 125 µm i diameter och 10 m lång. Den är dopad med grundämnet ytterbium (Yb^{3+}) och ger då vid pumpning med hjälp av vanliga 5 W ljusdioder en laserstrålning med en våglängd på 1070–1080 nm. Strålkvaliteten från en modul, som typiskt ligger på 200 W och som kräver 75–80 dioder för pumpningen, är $M^2=1$ vilket gör att laserstrålen, som har en single mode (TEM^{00}) kan skickas genom en 9 µm fiber. Sedan använder man enkel "power scaling" för att skapa högre effekter genom att helt enkelt addera dessa 200 W-enheter utan egentlig begränsning. 1 kW-lasern är således uppbyggd av 5 stycken 200 W-enheter och den genererade laserstrålningen kan distribueras via en 100 µm fiber med 25% verkningsgrad ($WPE = \text{Wall Plug Efficiency}$). Dessa fiberlasrar är oftast av s.k. Q-switchat utförande som använder AOM (Acousto-Optical Modulator).

Som tidigare nämnts är ytterbium det vanligast förekommande ämnet vid fiberdopning, men andra kan förekomma beroende på användningsområde. Alternativ är erbium som ger en våglängd på 1540 nm, vilket visat sig vara den gynnsammaste vad avser minimala effektförluster i långa fibrer. Herr Shiner menade att med denna våglängd var det inga problem med att skicka laserstrålen genom kilometerlånga fibrer utan någon nämnvärd effektförlust. Denna våglängd ligger också på behörigt avstånd från det synliga ljuset, varför det inte krävs lika strängt säkerhetstänkande som vid övrig diod- eller Nd:YAG-bearbetning. I detta sammanhang kan nämnas att *IPG* också marknadsför pulsade lasrar som ligger i det helt synliga ljusets våglängdsområde (770–780 nm). Thulium är ett annat grundämne för dopning, vilket med förkärlek används vid rymd- och medicin-applikationer. För att undvika "Brag grating", d.v.s. att den resulterande stålen divergerar i våglängd, används olika former av maskteknik för att trimma den utgående laserstrålen.

Det som gjort fiberlasertekniken högaktuell under de senaste två åren är att man nu lanserar produkter i multi-kW-området, vilket gör att denna typ av lasrar börjar attrahera andra branscher, inte minst då bilindustrin. IPG erbjuder idag följande högeffektsfiberlasrar med motsvarande strålkvalitet:

1 kW: 6 mm*mrاد

2 kW: 8 mm*mrاد

4 kW: 10 mm*mrاد

10 kW: 25 mm*mrاد

Alla ovannämnda effektnivåer är idag kommersiella produkter, med undantag för 10 kW. För denna enhet kommer det att krävas en distributionsfiber på minst 400 µm. Man har emellertid observerat att det finns en relation mellan våglängd och fiberdiameter så tillvida att längre våglängder kräver något större fiberdimensioner. Beträffande strålkvalité är målet för IPG att kunna leverera 1 kW av single mode karaktär. Herr Shiner berättade att man idag har en försöksenhet som ger en single mode vid 450 W.

Under kursens gång restes en hel del frågor av mer praktisk karaktär. Priset för fiberlasrar är ju inte helt oväsentligt eftersom de fortfarande ligger i ett högkostnadsområde. En tumregel är att kalkylera med 195 KUSD/kW, men enligt Herr Shiner kostar IPGs 4 kW-enhet "blott" 560 KUSD. En annan praktisk aspekt är s.k. "floor space", och här är fiberlasarna, tack vare sin kompakthet, ett tilltalande alternativ. En 4 kW fiberlaser kräver således en golvyta på mindre än 0.5 m², att jämföras med ett 4 kW Nd:YAG-alternativ som behöver minst 10 m² yta. Slutligen är diodlivslängden en betydelsefull faktor då vi talar om fiberlaserns driftssäkerhet. De lågeffektsdioder man använder sig av för pumpningen sades ha extremt långa livslängder, men trots detta lämnas ej längre garantitider än två år. Herr Shiner visade på installationer där man kört mer än 50.000 timmar under 7/24-drift utan ett enda diodhaveri, och han menade att upp till 100.000 timmars drift skulle kunna klaras utan diodbyte. För en 4 kW-fiberlaser skulle det inte märkas något på uteffekten om en enda diod föll ur. Man skulle t.o.m. kunna köra utan störningar om en modul faller ur (då finns ju fortfarande 19 fullödiga moduler kvar). Ett 4 kW-system innehåller också två reservmoduler som automatiskt kopplas på när effekten går ned. Att i servicehänseende byta ut en modul tar i storleksordningen 30–35 minuter.

Man rekommenderar att använda s.k. passiv fiber att sammankoppla laserkällan med ett robotburet processmunstycke med tanke på kollisionsrisker, även om detta leder till en något försämrad strålkvalité. IPG har sålt ett antal multi-kW-lasrar till bilindustrin, bl.a. tre avsedda

för BIW-applikationer (Body-In-White). Vidare är några system på väg att levereras för svetsning av transmissionsdetaljer och sätesramar. Ett system för "Tailored Welded Blanks" har sålts till Europa. Vidare arbetar man tillsammans med KUKA beträffande "Remote Laser Welding" (RLW). Här består konceptet av en "Beam Parameter Product" (BPP = strålkvalitet) på 10 mm*mrاد, fiberdiameter på 150 µm och en fokallängd på 700 mm som ger en fokalpunktsdiameter på arbetsstycket lika med 600 µm.

Som sagt: fiberlasertekniken är inne i en dynamisk utvecklingsfas och det pratas väldigt mycket kring svetsning. Dock torde användningsområdena vara betydligt mer omfattande än så – bara fantasin kommer att sätta gränserna. Det fanns för övrigt en hel del andra presentationer som avhandlade fiberlaserområdet, men som jag dessvärre inte hade någon möjlighet att bevista. Låt mig emellertid referera en presentation av Mark Douglass från *Viston Corporation* (Detroit, MI), som handlade om plastsvetsning för bilindustrin med hjälp av fiberlaser.

Termoplastiska oleofiner (TPO) används till många komponenter i bilar idag såsom exteriörskinn på stötfångare, innerpaneler och instrumentpaneler. Dessa polymerer har utmärkta egenskaper vid låga temperaturer, med undantag för stötar och slag. Därför kan det vara meningsfullt att förstärka vissa av detaljerna med en polyolefin elastomer (POE), som har just goda "impact"-egenskaper. För att skapa bindningen mellan de två polymererna avsåg man att använda sig av s.k. TTLW (Through-Transmission Laser Welding), vilket ju är det klassiska sättet att lasersvetsa två plaster. Den övre är transparent för laservåglängden, medan den undre absorberar ljuset och därmed skapar värme vilket gör att delarna lokalt smälts samman under samtidig inverkan av ett högt tryck. CO₂-laser är föga användbart för detta ändamål, då den längre våglängden har en alltför hög absorptionsgrad. Därför är man hänvisad till att använda sig av Nd:YAG-, diod- eller fiberlasrar som ligger närmare det infraröda spektrat.

Vid experimenten hade man valt att använda en 100 W Yttrium fiberlaser från *IPG Photonics*, YLR-100, med M²<1.05, där man kollimerat strålen till att ge en fokalfunkt på 5 mm diameter. POE-materialet hade placerats på ovasida eftersom det är transparent, och en försöksmatris hade upprättats där följande parametrar och parameterintervall avsågs att kartläggas:

Lasereffekt: 10–30 W

Svets hastighet: 10–40 mm/s

Fixeringstryck: 20–50 psi (pounds per square inch).

Den delikata översättningen till en för oss européer

begriplig storhet överlämnar jag med varm hand åt den intresserade läsaren.

Bland de slutsatser som gick att dra var att högre sträckenergi gav högre hållfasthet upp till en viss gräns. Alltför hög sträckenergi eller laser effekt medförde att man började bränna upp platen. Fixeringstrycket har en viss inverkan på svetsens hållfasthet, men inte lika mycket som sträckenergin. Det var främst vid svetsning av mjukare POE-varianter som detta samband förelåg.

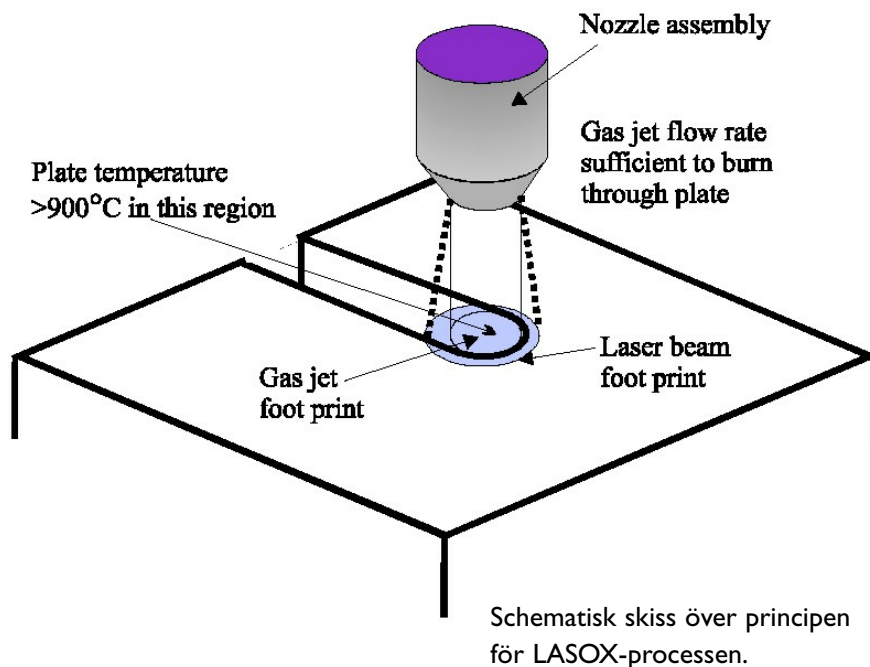
Dr. Isamu Miyamoto från *Osaka University* (Suita, JPN) har ju figurerat i lasersammanhang i många år. Nu har tydligen även han fascinerats av den nya fiberlasertekniken och redogjorde för en övning där man nyckelhållsvetsat 40 µm tunna rostfria folier (AISI304) med en singel-mode, 40 W cw diodlaser vilken gav en energitäthet på arbetsstycket på 10^8 W/cm². Dr. Miyamoto menade att effekttätheten måste vara högre vid mikrosvetsning jämfört med makrosvetsning eftersom det första fallet leder till högre värmeförluster. Svetshastigheter upp till 100 m/min hade man klarat, och de parametrar som har störst inflytande på svetsastigheten sades vara temperaturen på arbetsstyckets yta samt nyckelhållstemperaturen. För att bibehålla en stabil svetsprocess bör fokuspunkten inte vara mindre än 10–12 µm.

Laser Materials Processing Session:

Laser Cutting Processes & Technology

Laserskärning är ju lite av laserns ursprungliga användningsområde inom verkstadsindustrin, och i Sverige är den ju fortfarande helt dominerande även om vi börjar se andra lasertillämpningar som svetsning och påläggning vinna insteg. Men fortfarande sker en viss utveckling och bedrivs det en del forskning kring laserskärning, vilket man kunde konstatera under denna session. Sympatiske Dr. Milan Brandt från *Industrial Research Institute Swinburne* (*Swinburne University of Technology*, Melbourne, AUS) stod för ordförandeskapet tillsammans med Dr. Jack Gabzdyl, *BOC Gases* (Guildford Surrey, UK).

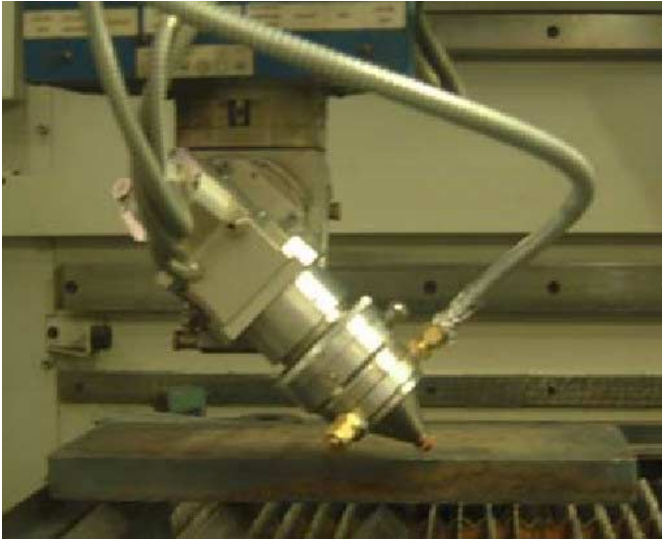
Det var just Dr. Gabzdyl som var först ut med en redogörelse av den s.k. LASOX-processen, vilken ju tidigare har presenterats här i *LaserNytt* (3/03). Processen är en typ av laserunderstödd oxygenskärning, som BOC Gases har utvecklat i samarbete med *National Laser Centre Pretoria* i Sydafrika. Principen bygger på att



laserstrålens projektion på arbetsstycket är koaxial med gasflammans träffpunkt, och att lasern på detta sätt förvärmer arbetsstycket. Efter många års utveckling har man nu lyckats nå en första kommersiell användning vid *Bender Shipyard* (Mobile, AL), där det rör sig om LASOX-skärning av upp till 50 mm tjock stålplåt. Efter som stålplåtarna senare skall svetsas samman är det inte fråga om någon enkel skärning utan snarast fogberedning av bl.a. I-, J-, K-, V-, U- och Y-fogar. Konventionellt görs detta som gasskärning med hjälp av ett tämligen komplext tre-brännar skärhuvud, vilket kräver hög operatörskompetens, varför LASOX-metoden erbjuder såväl kvalitets- som kostnadsfördelar.

Att skapa vinklade skärtytor av hög kvalitet med ren laserskärning har varit svårt att uppnå, särskilt vid tjockare material, även om vissa undantag finns, som t.ex. vid *GMs Diesel Division* där man skar 45°-iga skärnsnitt i 12 mm stålplåt redan för 10 år sedan med ett *Ferranti*-system. Men skall man verkligen kunna garantera goda skärnsnitt vid fogberedning av fartygsplåt tycks LASOX vara den lämpligaste metoden.

Dr. Gabzdyl berättade om de omfattande experiment som genomförts innan metoden kunde anses som ”flygfärdig”. Vid dessa hade man använt sig av en 5 kW CO₂-laser från *Trumpf* (TLF5000HQ) med TEM⁰¹-mode och en TLC1005 arbetsstation. Med endast 2 kW lasereffekt hade man framgångsrikt skurit 26–30 mm tjock stålplåt med vinklade skärtytor upp till 45°. Syrgastrycket var 8.5 bar och gasflödet 160–180 l/min. Med ett 4 mm långt avstånd mellan skärmunstycke och plåt låg man på skärhastigheter mellan 170–200 mm/min vilket gav en snittbredd på 3.0–3.4 mm.



Ett LASOX-skärhuvud monterat på femaxlig robot.



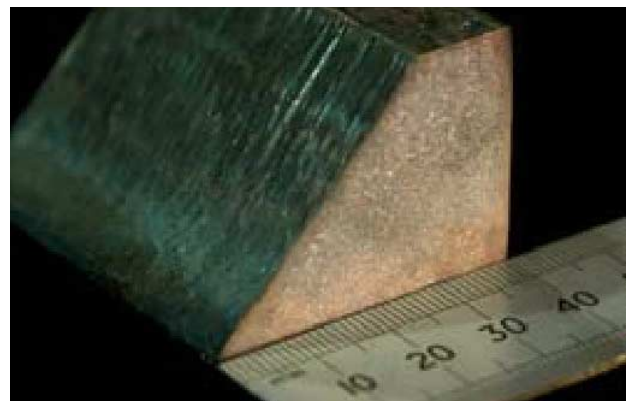
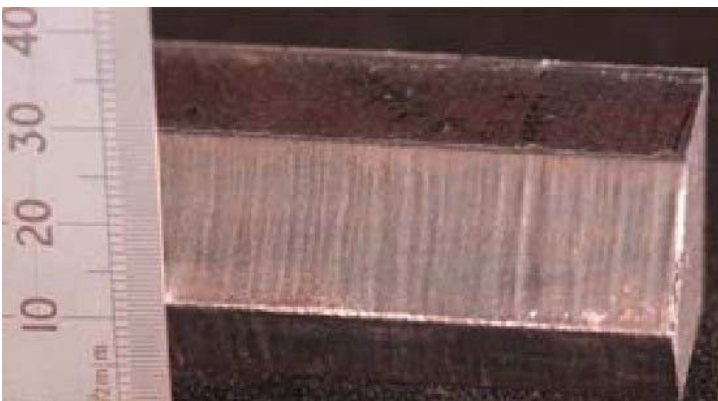
Näste talare var sessionens andre ordförande, Dr. **Milan Brandt** som berättade om Nd:YAG-laserskärning av 10–60 mm tjock stålplåt med brottgräns kring 250 MPa. Man hade använt sig av en 2.5 kW cw Nd:YAG-laser, 0.6 mm fiber och en 200/120 mm (kollimering/fokusering) lens. Det innovativa i experimenten, och det som möjliggjorde att man kunde skära upp till 50 mm grov plåt med endast 500 W lasereffekt, var att använda vad Dr. Brandt kallade ”Spinning Beam Cutting”. Man hade helt enkelt låtit laserstråle/skärmunstycke rotera med 2.000 rpm. Vid en skärhastighet på 700 mm/min kunde man öka skärdjupet med ungefär 4 mm genom att använda detta tillvägagångssätt.

Ett vanligt sätt att bli av med slagg vid laserskärning av grovplåt är att pendla munstycket, men detta har nackdelen att skärnittet blir bredare. Genom att använda sig av denna ”spinning-teknik” kunde man undvika slagg, men samtidigt få en utmärkt snittkvalité. Generellt kunde man konstatera att en ökad skärhastighet tenderade att ge skärnitt med högre kvalitet.

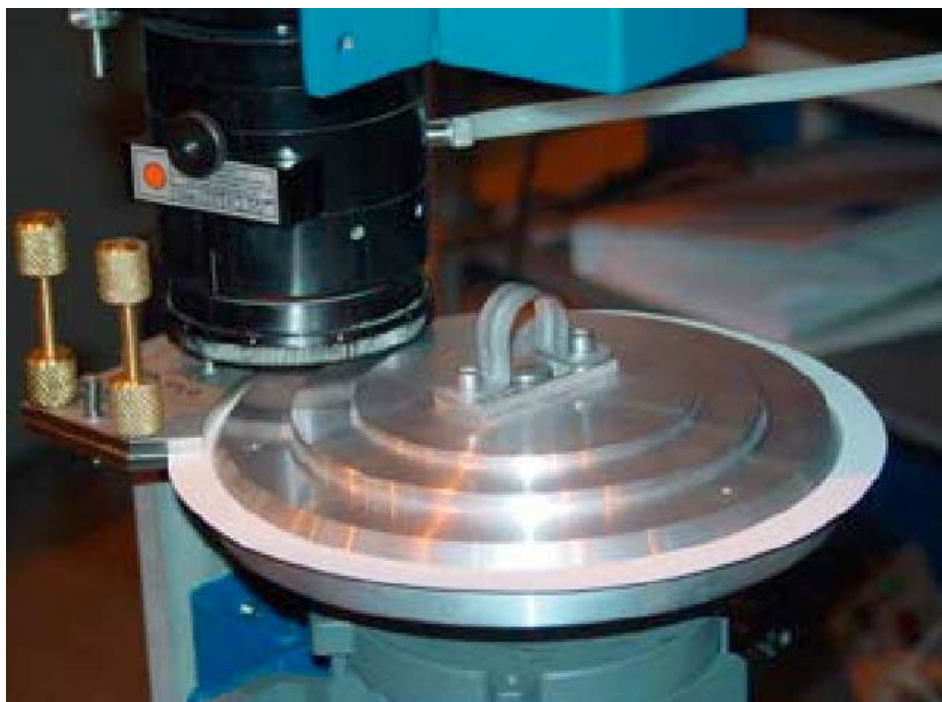
Även i laserskärningssessionen hittade vi ett fint bidrag, framfört av **Jari Hovikorpi** från *Lappeenranta University of Technology* (Lappeenranta, FIN), och som behandlade skärning av cellulosafiberbaserade produkter, d.v.s. papper och kartong. Försöken var ett delprojekt i det tidigare omtalade statligt finansierade forskningsprogrammet kring laserbearbetning i Finland. Vid försöken hade man använt en TLF2700HQ-laser från *Trumpf*.

Tre olika kartongmaterial hade skurits, baserade på pappersmassa från tall, björk eller kemiskt-termiskt framställd massa (CTMP = Chemo-Thermo Mechanical Pulp). Proverna var cirkulära med en diameter på 200 mm, vilka kunde placeras på en roterande skiva. Tack vare detta kunde man skära med varierande och höga hastigheter mellan 3–1.000 m/min med skärmunstycket monterat stationärt och med en fokallängd på 125 mm. Med en kort puls skars sedan 270° av provens omkrets.

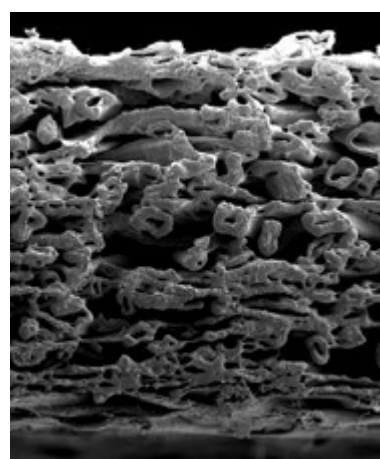
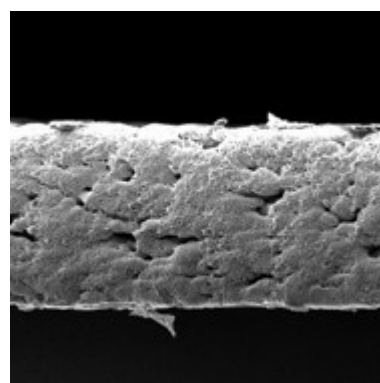
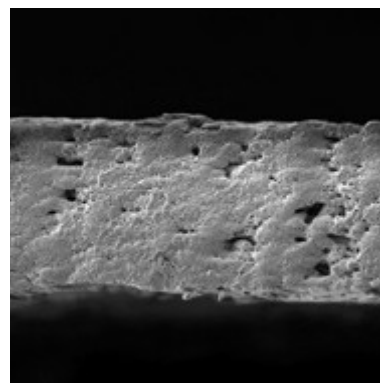
Inverkan av lasereffekt, fokalpunktspositionering, materialtjocklek, gstryck och avstånd mellan skär-



Avancerad fogberedning med hjälp av LASOX-processen: T.v. en dubbel V-fog på 30° och t.h. en enkel V-fog på 45° i 26 resp. 30 mm tjock stålplåt.



Ovan försöksupställningen med roterande skiva för laserskärning av olika pappers/kartong-material. Därefter följer SEM-bilder på snittkanterna för tall-, björk- och CTMP-baserad pappersmassa (175g/m²).



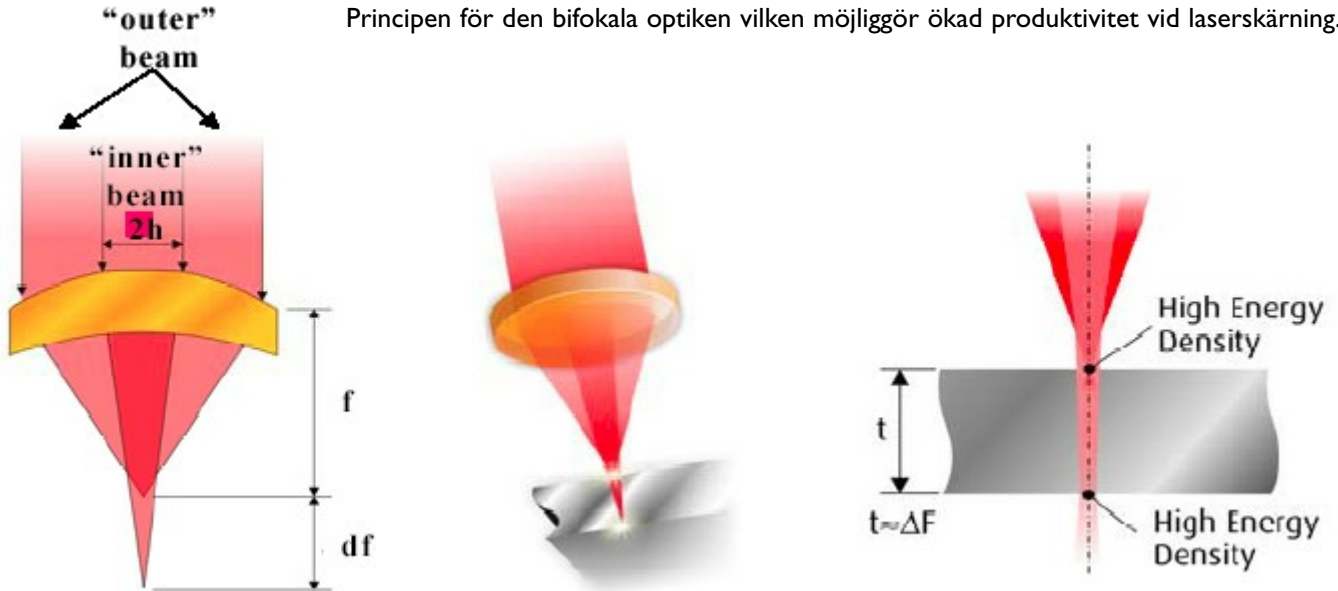
munstycke och kartongprov på skärhastighet och snittkvalitet hade undersökts. Man hade inte alltför överraskande funnit ett linjärt samband mellan lasereffekt och skärhastighet. Däremot gick det inte att hitta någon inverkan av skärgastyp eller skärgasträck. Vid högre densitet i kartongmaterialet krävdes en högre lasereffekt för att bibehålla skärhastigheten. De tall- och björkbaseade materialen uppvisade ingen missfärgning, medan CMTP-kartongen hade en tendens till gulnande, vilket förklaras av närvaron av lignin. Samtliga skärkanter blev automatiskt förslutna. Med en fokalpunktsplacering på 0.2–0.3 mm ovanför kartongytan fick man den högsta skärhastigheten. Detta var mest uttalat vid de material som hade låg densitet. Vatteninnehållet i cellulosebaserade material är något man måste beakta vid laserskärning. Sålunda medför en ökad procentandel vatten att skärhastigheten måste reduceras.

I en parallell-session berättade **Charles Caristan**, *Air Liquide* (Montreal, Quebec, CAN) om laserskärning med bifokala linser. Dessa är ju en nordisk uppfinning som härstammar från *FORCE Institutet* i Lyngby, men vars licens- och patenträttigheter togs över av *Air Liquid* för några år sedan. Genom att arbeta med en ”inre” och en ”yttre” kollimerad stråle kan man skapa två i vertikplanet åtskilda fokalpunkter. Med dylika linser kan man skära snabbare, bearbeta tjockare material, vara mindre känslig för fokalpunktsplacering samt reducera gasförbrukningen. Dr. Caristan redogjorde också för

några analytiska resultat rörande den optimala relationen mellan ”inre” och ”yttre” kollimerad stråle. Inte oväntat kom på slutet några ”sura” kommentarer från *Linde Gas* (Dr. **Berkmanns**), där man menade att olika material och olika tjocklekar skulle komma att kräva en bred uppsättning av olika bifokala linser och därmed förloras de ursprungliga, positiva effekterna med detta system. Ett annat spörsmål var huruvida olika strålmöder skulle kräva olika utformade bifokala linser. Något entydigt klargörande lyckades Dr. Caristan inte åstadkomma.

Volker Brandl från *PRIMES GmbH* (Pfungstadt-Hahn, GER) berättade om de krav man ställer på skeroptiken vid skärning med CO₂-laser, i detta fall en diffusionskyld sådan. Den dominerande faktorn då det gäller absorption av laserljus i en lins är beläggningen på linsen, vilket kan ge en förflyttning av fokalpunkten såväl uppåt respektive nedåt i förhållande till arbetsstycket. Mycket av absorptionen går också att härleda till avverkat material som fastnar på linsen. Att det kan vara svårt att fastställa rätt fokalpunktsavstånd

Principen för den bifokala optiken vilken möjliggör ökad produktivitet vid laserskärning.



visade uppmätningar av några olika linser vilka alla var specificerade till en fokallängd av 5", men som i praktiken visade sig skilja på ± 3.5 mm. Avslutningsvis menade Herr Brandl att ändring av fokalpunktsläget måste sättas i relation till Raleigh-våglängden för att rätt kunna bedöma inverkan på processtabiliteten.

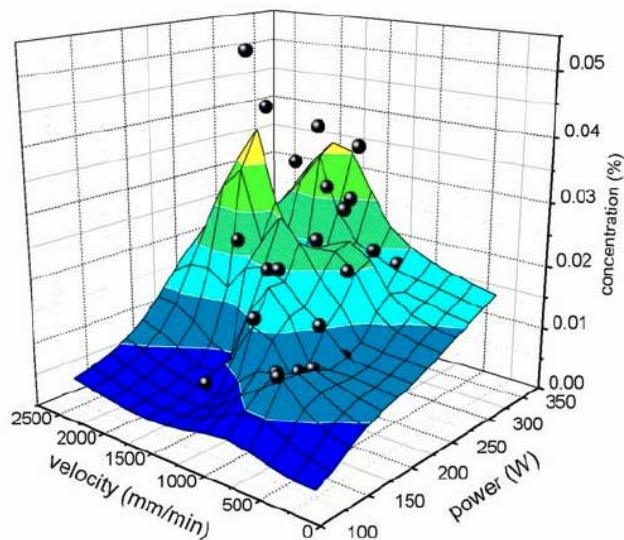
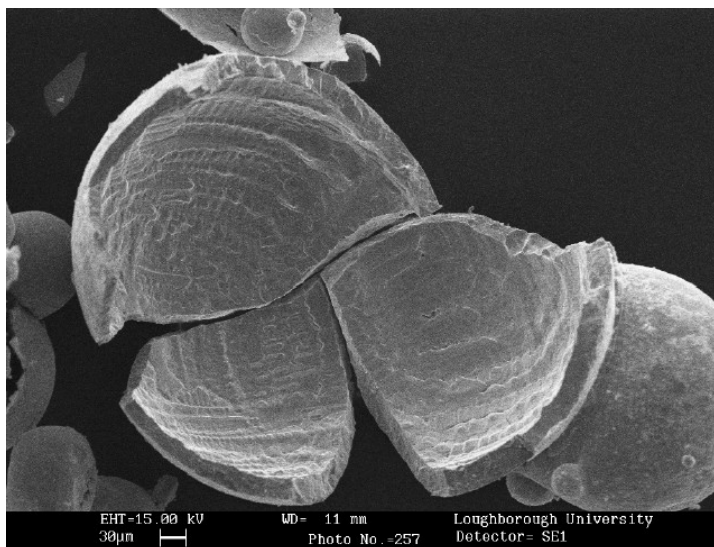
Ett mera hälsoorienterat föredrag framfördes av John Tyrer från *Loughborough University* (Loughborough, U.K.). Där hade man studerat de luftburna partiklar som genererades vid skärning av 2 mm tjockt, mjukt stål EN43A med 1.5 kW CO₂-laser. Partiklarna hade undersökts med avseende på koncentration, storlek, form och yta. Partikelstorleken varierade mellan 0.5 μm och 1.0 mm, och merparten av partiklarna var sfäriska, ihåliga och tunnväggiga. Ihåligheterna innehåller rester av skyddsgas eller skärgas och gör att partiklarna håller sig svävande.

Såväl ökad lasereffekt som ökad skärhastighet medför en ökad partikelkoncentration. Emellertid hade en intressant observation av partikelstorleken gjorts vid variation av ovanstående två parametrar. Således gav "låg effekt – hög hastighet" en partikelstorlek $>100 \mu\text{m}$, medan "hög effekt – låg hastighet" resulterade i partiklar som typiskt var mindre än $100 \mu\text{m}$ i diameter. Vidare tycks koncentrationen av luftburna partiklar öka med ökad snittkvalitet. Mest information kring de luftburna partiklar som frigörs vid laserskärning tycks vara att finna i botten av skärnsnittet, och Dr. Tyrer hade en intressant idé att på något sätt koppla denna information till snittkvaliteten genom någon form av "closed-loop"-system. Slutligen varnade han för de ångor som frigörs vid skärning av rostfritt material och som kan innehålla farliga ämnen som nickel och krom.



Ett exempel på en av PRIMES' produkter, den s.k. FOCUS-MONITOR som avkänner fokalpunkts läge i vertikalled. Ytterligare ett annat instrument är vad man kallar POWER-MONITOR, vilket övervakar effektfördelningen i laserstrålen.

Härnäst hade jag glädjen att lyssna till ett av de fåtaliga svenska bidragen i form av Dr. Istvan Saradys (*Luleå Tekniska Universitet*, Luleå, SWE) arbete med att studera interaktionsmekanismer vid laserskärning med hjälp av DSP (Digital Speckle Photography). Vid skärning eller borring med laser i t.ex. avancerade keramer är den dominerande interaktionsmekanismen värme, vilket leder till töjningar och restspänningar i materialet något som på sikt kan förorsaka sprickinitiering. Ett sätt att visualisera dessa töjningsfält vid laserbearbetning är att använda DSP. Det går till så att man belyser, i detta fall baksidan av arbetsstycket, med en He-Ne-laser och registrerar det reflekterade ljuset med en CCD-kamera som har ett filter som är genomsläppligt för ljus med 633 nm våglängd. På detta sätt kan struktur- och ytförändringar registreras över tiden (fyra bilder per sekund). Man kan



T.v. en "elak" SEM-förstoring av en tidigare gasfylld, men nu sprängd, avverkningspartikel vid laserskärning där partikelns vägg tjocklek normalt är 10% av dess diameter.

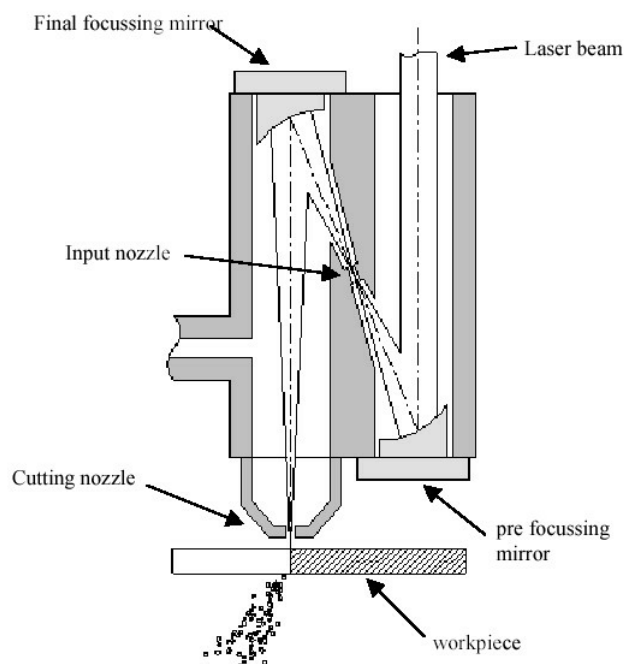
T.h. ett diagram som påvisar ökad partikkelkoncentration vid såväl ökad effekt som ökad skärhastighet.

ganska enkelt se den största kulörförändringen på bilden just i det ögonblicket som penetrationen inträffar vid laserborrning.

Tekniken illustrerades tillämpad vid borrning av en 2 mm tjock SiC-diamant-komposit. Effekten av olika våglängdsområden hade utvärderats, och här visade sig ej oväntat det "gröna ljus" ($\lambda=532$ nm) som den käre Istvan tycks ha en viss förkärlek för vara det klart gynnammaste. Sålunda behövdes vid detta våglängdsområde 50.000 pulser motsvarande 10 sekunder för att borra sig genom det nämnda materialet. Skulle en mer klassisk

bearbetningsvåglängd som 1064 nm använts, hade man behövt 1,000,000 pulser eller 200 sekunders processtid för att borra sig igenom de 2 millimetrarna.

Dirk F de Lange (*Netherlands Institute for Metals Research, University of Twente, Enschede, NEL*) berättade om de designaspekter man hade att beakta då man utvecklade det s.k. "Powercut"-systemet för laserskärning med höga effekter. Normalt används linser vid laserskärning, men vid effekter ≥ 5 kW måste man använda någon form av spegelarrangemang. Vad man då förlorar är den typ att tryckkammare som bildas mel-



T.v. uppbyggnaden av "Powercut"-skärhuvudet, och t.h. ett dylikt monterat på en industrirobot för experimentell verksamhet. Detta funktionspaket blir komplett via en Nd:YAG-laser, fiberoptik samt PRIMES FocusMonitor och PowerMonitor.





Den numera klassiska lasercellen vid Odense Steel Shipyard (OSS) där "Powercut"-lösningen fått sin slutgiltiga utprovning i verkstadsmiljö.

lan linsen och skärmunstycket och som effektiviserar laserskärningen.

Genom att använda sig att två asfäriska speglar och använda den första för att förfokusera strålen in i en tryckkammare, och därpå slutfokusera via den andra, har man lyckats åstadkomma ett relativt kompakt skärhuvud som erbjuder goda förutsättningar för högeffektsskärning. Sålunda nämns en tolerans i fokallängd på $\pm 2\%$, och en vinkelavvikelse på ± 0.5 grad. Den första spegeln är parabolisk och den andra elliptisk. De är båda tillverkade i koppar med ytbeläggning i guld och har integrerad vattenkylning.

Detta skärhuvud har under en längre period utprovats och använts vid *Odense skeppsvarv* (OSS = *Odense Steel Shipyard*). Resultaten härifrån visades vid en senare presentation av professor **Flemming Olsen** (*Danmarks Tekniska Universitet, DTU, Lyngby, DEN*). På varvet har man en 12 kW CO₂-laser som används för såväl skärning, svetsning som borttagning av primer. I det senare fallet manipuleras fokuspunkten till att vara 1x25 mm. Professor Olsen menade att ett "off-axis" skärhuvud ger mycket bra snittkvalitet, men är känsligt och kräver en exakt linjering av laserstråle och skärmunstycke. Denna olägenhet har man kommit ifrån genom introduktionen av det co-axiala skärmunstycket för "Powercut". Dessutom tillåter detta koncept skärning med effekter upp till 10 kW, medan konventionell laserskärning når sitt maximum vid 4 kW. Detta blir ju naturligtvis direkt överförbart till skärhastigheten, vilken för 13 mm tjock fartygspått kan skäras vid 2 m/min med "Powercut", vilket är ungefär en fördubbling jämfört med traditionell laserskärning med höga effekter.

Ett föredrag kring höjdsensorer vid laserskärning framfördes av **Ivan Arokiam** från *University of Liver-*

pool (Liverpool, U.K.). Den faktor som har störst inflytande för att kunna hålla en konstant skärhastighet är fokuspunktens skärpedjup eller DOF (Depth Of Focus). De mest inflytelserika faktorerna med avseende på detta är fokallängd och råstrålens diameter. Kortare fokallängd liksom grövre råstråle tenderar till att minska skärpedjupet.

Den vanligaste typen av höjdsensor som används vid laserskärning är av s.k. kapacitiv typ, d.v.s. den mäter kapacitansen mellan munstyckets utlopp och arbetsstycket. På *University of Liverpool* har man i stället utvecklat en optisk höjdvännare. Denna hade använts för att kartlägga några andra parametrars inflytande vid laserskärning. Man hade kunnat konstatera att med en fokuspunktspacering 0.2 mm ovanför arbetsstyckets toppyta hade den högsta skärhastigheten erhållits.

Sista föredraget i denna skär-session hölls av **Chris Rand**, också han från *University of Liverpool*, och handlade om olika munstycksutformningar för att erhålla så bra avlägsnande som möjligt av det smälta materialet vid laserskärning. Simulering av gasflödet i form av utvidgning/sammandragning då det passerade olika munstycksutformningar hade utförts för att på detta sätt detektera de bästa förutsättningarna för minimal slaggbildning. Ett soniskt munstycke ger lägst slag vid ett gastryck på 10 bar, men tillåter inte särskilt höga skärhastigheter. För detta ändamål hade man tittat vidare på följande munstyckstyper:

- Supersoniskt, konvergerande
- Supersoniskt, divergerande
- Supersoniskt, koniskt
- Koniskt MLN (Minimum Length Nozzle)
- Koniskt Laval

Vad man hela tiden strävar efter är att reducera de s.k. Mach-shockvågorna och förutsättningarna för detta hade simulerats vid olika gastryck och olika munstycksutformningar. Simuleringsresultaten hade därpå verifierats via praktiska experiment med en 3 kW *Ferranti LF3000* CO₂-laser med en strålkvalitet på $M^2=1.4$ och en 2.5" lång fokallängd vilket resulterade i en energitätthet i fokuspunkten på 4.5×10^7 W/cm². Med ett utgångshål i munstycket på 1.2 mm och ett avstånd till arbetsstycket på 0.5 mm erhöles de kvalitativt bästa skärresultaten.

Laser Materials Processing Session: Lasers in Manufacturing

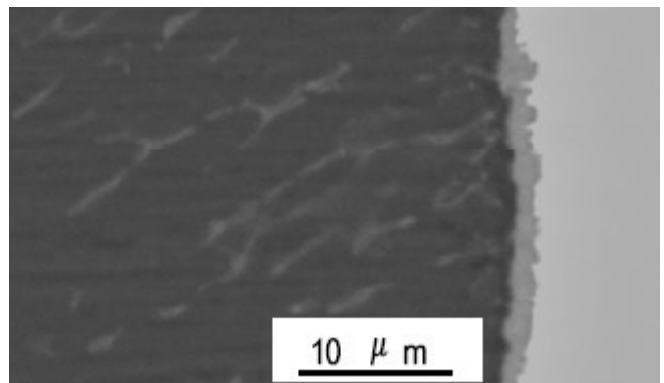
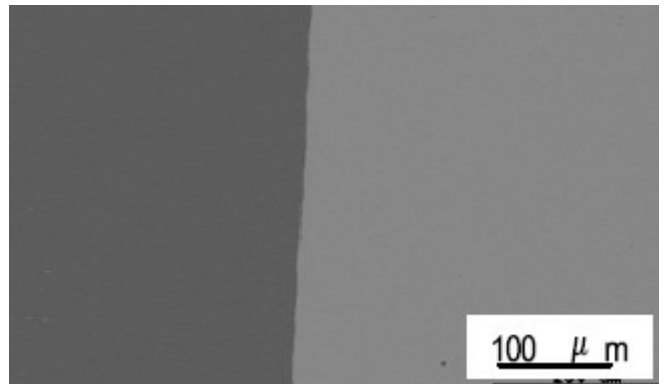
Denna session leddes av professor **Seiji Katayama** från *Joining and Welding Research Institute, Osaka University* (Osaka, JPN) tillsammans med **Jay Tu** (*North Carolina State University, Raleigh, NC*), och professor

Katayama tog själv hand om den första presentationen. Denna handlade om ett ämne som dyker upp med lite jämna mellanrum, nämligen lasersvetsning av stål till aluminium. Några "brutalsvetsningar" hade gjorts med Nd:YAG-laser där stålet placerats på ovansidan och en AA1050-legering på undersidan. Svetsningen hade genomförts vid hastigheter mellan 40 och 60 mm/s vilket gav olika penetrationsdjup och därmed olika typer av brott och max.last vid dragprov. Full penetration gav låg hållfasthet varför en kontrollerad penetration vid denna typ av svetsning är att rekommendera.

Därpå gick professor Katayama vidare och redovisade stål/aluminiumsvetsning enligt s.k. *BIAS*-metod. *BIAS* (*Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik*) i Bremen torde vara det institut som kommit längst med att presentera en produktionssäker metod för att sammanfoga artolika metaller med laser. Här placeras ståldetaljen på ovansidan varpå laserstrålens energi via värmekonduktivitet genom stålet smälter aluminiumdetaljen och man får en metallisk bindning mellan de två komponenterna. Hur det hela går till har jag tidigare detaljerat beskrivit i *LaserNytt* 3/02.

Vid *Osaka University* hade man designat speciella fogutformningar för överlappssvets och stumsvets och genom riktigt parameterintervall och kontrollerad penetration kunde de spröda, intermetalliska faserna i bindzonen begränsas till tjocklekar understigande 10µm, ja i stumfogsfallet så smala som 2 µm. Såväl kolstål som rostfritt stål (typ 304) hade på detta sätt svetsats till aluminiumlegeringen AA5052. Helt sprickfria svetsar med god hållfasthet hade erhållits vid Nd:YAG-lasereffekter få 4–6 kW och svetshastigheter mellan 10–100 mm/s. Ett coaxialt skyddsgasflöde av Argon med 30 l/min hade nyttjats.

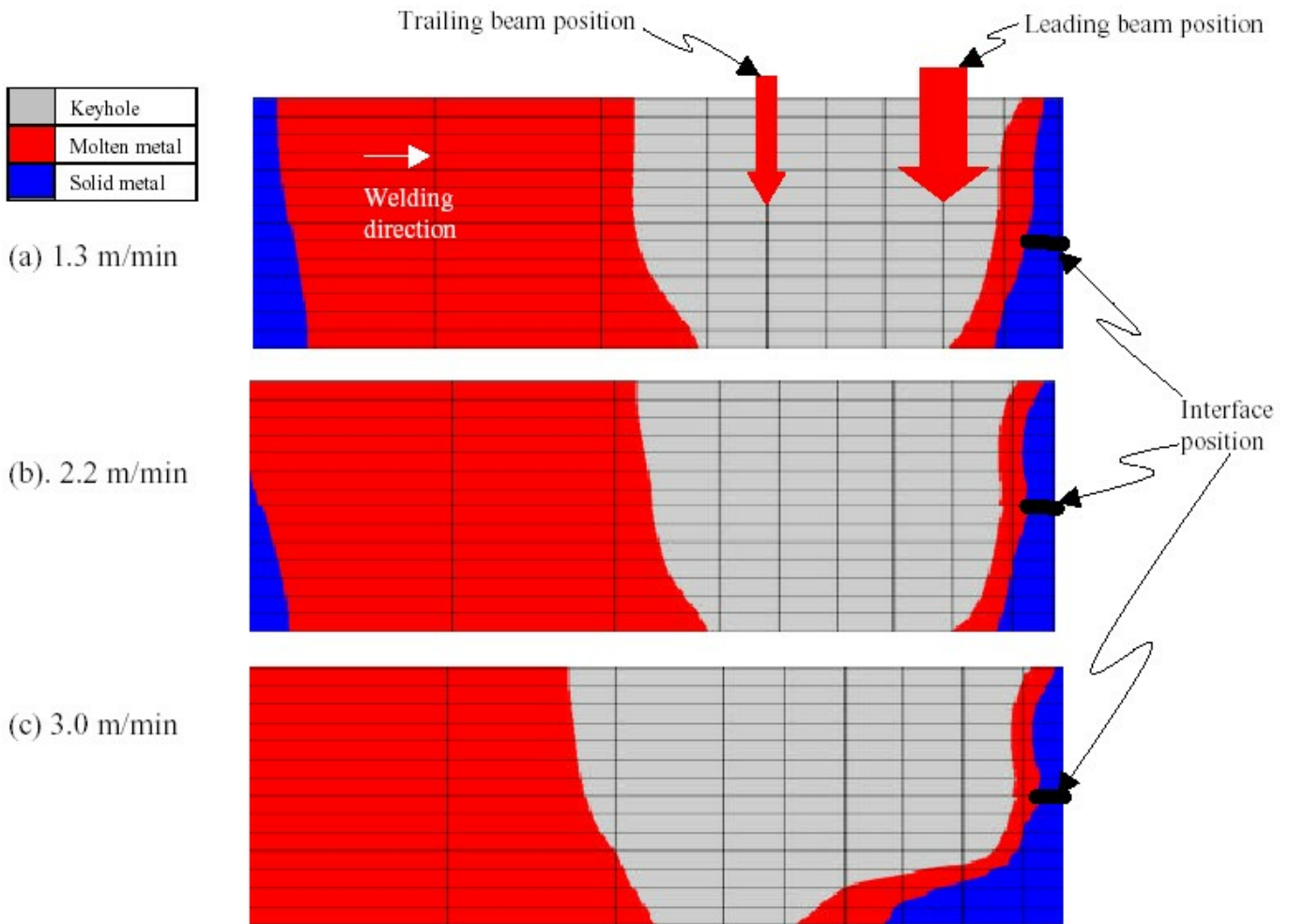
Ett ämnesområde som bekymrat bilindustrins representanter ända sedan lasersvetsningen infördes i branschen är de svårigheter som föreligger då det gäller att uppnå defektfria svetsar vid lasersvetsning av zinkbelagd stålplåt, vilket är det förhärskande materialet vid karosskonstruktion. Dr. **Mariana Forrest** från *Daimler Chrysler Corp.* (Rochester Hills, MI) har under lång tid studerat problemet och sammanfattade olika tidigare föreslagna lösningar såsom "laser knurling" (Forrest) som var en sorts perforering för att ta hand om förångad zink, elliptisk form på fokuspunkten (Kielwasser), distans av kopparfolie (Mazumder) samt kontrollerat gap eller specifika ytbeläggningar. Nu menade hon att man inom hennes utvecklingsavdelning, tillsammans med *EWI (Edison Welding Institute)* funnit en användbar metodik i form av användning av "dual spot"-teknik. Detta innebär att man arbetar med två fokalpunk-



Exempel på helt sprickfria svetsar och en minimal (2 µm) intermetallisk fas vid Nd:YAG-lasersvetsning av aluminium till kolstål.

ter med kort inbördes centrumavstånd (cirka 0.5 mm) som följer efter varandra i svetsriktningen.

Tillsammans med Dr. **Feng Lu** från *U.S. Steel Corp.* (Monroeville, PA) har man utvecklat en analytisk modell (*DYNA* mjukvara) där man kan variera centrumavståndet mellan fokalpunkterna, energifördelningen i de två punkterna, svetshastighet samt materialtjocklekar. Simuleringsresultaten hade sedan verifierats genom praktiska svetsförsök med tämligen god överensstämmelse. I den experimentella delen hade man använt ett för "dual spot"-svetsning särskilt utformat verktygshuvud från *HighYag*. Lasern var av Nd:YAG-typ och arbetade med 4.3 kW, 150 mm lång fokallängd och fokalpunktsdiametrar på 0.36 mm. Helium till en mängd av 20 l/min användes som skyddsgas vid svetsningen av 6 inch långa överlappssvetsar i varmförzinkade (100 g/m²) två- och treplåtskombinationer. Plåttjocklekarna varierade mellan 0.67 och 1.40 mm. Energifördelningen mellan de båda fokalpunkterna visade sig vara viktig för att uppnå en bra svetskvalité. Sålunda rekommenderas att ha 60–70% av totaleffekten i den "ledande" fokalpunkten. Svetshastigheten är också en viktig parameter, och Dr. Forrest menade att man funnit att förhållandet nyckelhållslängd/svetshastighet, d.v.s. i realiteten den tillgängliga tiden för förångad zink att hinna evakueras ur smäl-



Simulering av nyckelhålsprofilen vid lasersvetsning med "dual"- eller "twin spot"-teknik.

Indata har varit ett avstånd på 0.53 mm mellan de två fokuspunkterna och 4 kW lasereffekt, vilken är fördelad 72/28% mellan den ledande och släpande fokuspunkten. Tre olika svets hastigheter, 1.3, 2.2 och 3.0 m/min, har utvärderats.

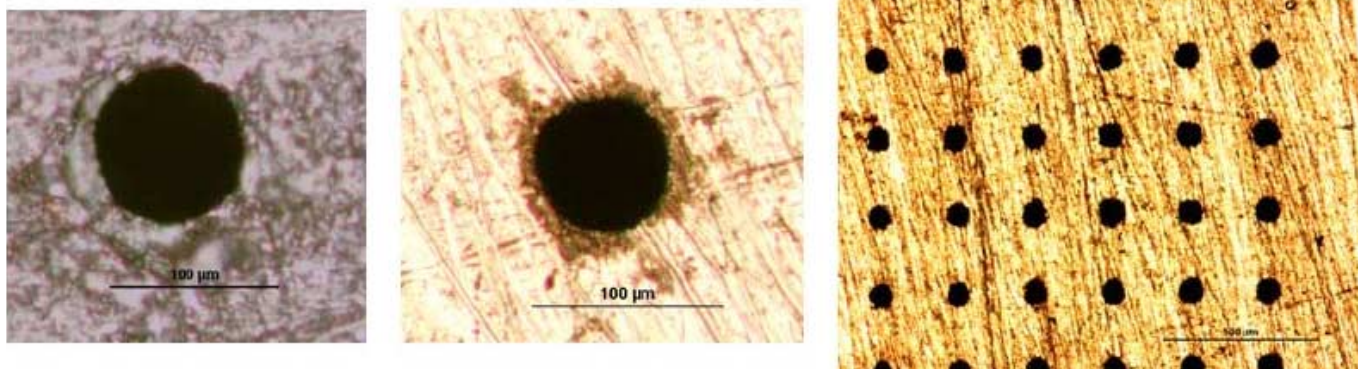
tan, var helt avgörande för ett kvalitativt svetsutfall.

Samma ämnesområde, lasersvetsning av zinkbelagd stålplåt, var ämnet för Mr. Goebels' (PSA Peugeot Citroën CTV, Velizy, FRA) presentation. Man hade i stort sett använt samma "dual spot"-teknik med Nd:YAG-laser som redovisats av Daimler Chrysler, men hade utvidgat omfattningen till att även undersöka överlappssvetsar i aluminium. Däremot hade man inte sett någon positiv effekt av den avlånga fokuspunkt som erhålles vid "dual spot"-svetsning. Förklaringen till att Daimler Chrysler lyckats bättre kan ligga i att man arbetat med betydligt lägre energidensitet. Dessutom var zinksiktet i DC-fallet något tunnare.

Om man jämför Nd:YAG med CO₂ torde isärdragna fokuspunkter fungera bäst för CO₂-laserns gaussiska mod och sämre för Nd:YAG-laserns mer multimodebetonade utseende. Detta verifieras också av tidigare CO₂-svetsförsök hos PSA (Kielwasser), där centrumavstånd kring 1 mm mellan fokuspunkterna gav lovande

resultat vid svetsning i förzinkad plåt. Full penetration och en rotspalt på minst 0.8 mm var andra förutsättningar för att uppnå en god svetskvalitet. En annan observation som herr Goebels gjort var att då man arbetar med zinkbelagda plåtar av olika tjocklek är det gynnsamt om den tjockare plåten kan placeras överst och därmed öka avståndet mellan plåtarnas interface och laserns svetshuvud.

En pratglad herre vid namn Matt Henry från Powerlase Ltd. i Crawley, U.K. berättade om nanosekundpulssade DPSSL (Diode Pumped Solid State Lasers) för framförallt borrar och annan bearbetning av detaljer för flyg- och rymdindustri. Effekter från 200 W och högre hade använts med pulsrepeteringshastigheter på 30–40 kHz och effekttätheter upp mot 10⁹–10¹⁰ W/cm². Herr Henry menade dock att man funnit att en effekttäthet på 4.6×10⁷ W/cm² var det optimala för de här avsedda applikationerna. Plasmaövervakning är viktig i dessa sammanhang då det är omöjligt att undvika plasmabild-



Mikrohållborrning i 1 mm tjock rostfriplåt med hjälp av nanosekundpulsad, diodpumpad Nd:YAG-laser. Håldiametern är under 100 µm och ovan visas toppsidan längst till vänster och närmast till höger därom motsvarande rotsida. Längst till vänster ett rutnät bestående av 36 dylika hål med ett internavstånd på 250 µm.

ning vid så korta pulser (<10 ns) som det här är frågan om.

Bland de praktiska tillämpningar som nämndes var lokal borttagning av TBC (Thermal Barrier Coatings) där avverkningshastigheten låg på 30 mm³/min samt borrning av insprutningshål i brännkammarmarkomponenter. Här var håldiametrarna mindre än 100 µm, och imponerande nog kunde dessa hål även utformas avsmalnande med en vägglutning på upp till 10%.

BIAS i Bremen har ju fått en ny institutionsföreståndare efter pensionerade professor Sepold. Efterträdaren är en i lasersammanhang välkänd person, nämligen Dr. Frank Vollertsen, som närmast kommer från LWF (*Labor für Werkstoff- und Fertigungstechnik*) i Paderborn. Emellertid tjänstgjorde Dr. Vollertsen under många år i början av 90-talet som något av högra handen till professor Geiger vid LFT (*Lehrstuhl für Fertigungstechnik*) vid Friedrich-Alexander Universität i Erlangen-Nürnberg. Bara detta borgar ju för en gedigen laserbakgrund.

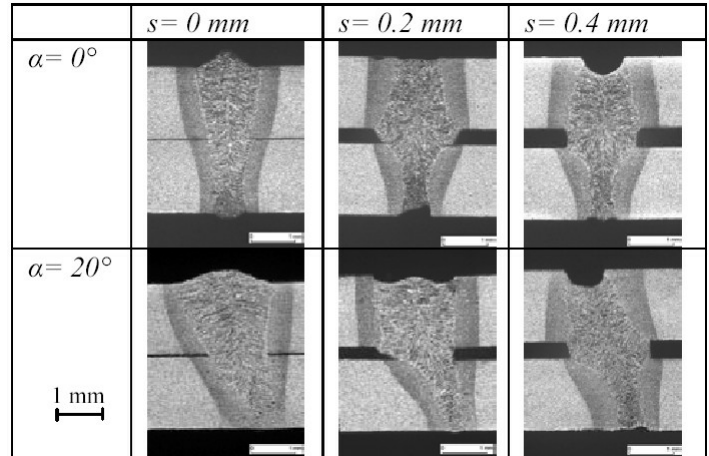


Trumpfs fjärrlasersystem med en 6 kW CO₂-laser som källa.

Denna gång valde Dr. Vollertsen att berätta om de senast erhållna resultaten från fjärrlasersvetsning (RLW = Remote Laser Welding). Den huvudsakliga fördelen med denna teknik är den korta ompositioneringstiden från ett svetsläge till ett annat. Man talar om hastigheter i storleksordningen 800 m/min, vilket gör att den totala processtiden kommer att vara 30–40% kortare jämfört med konventionellt robotburen lasersvetsning. BIAS hade använt sig av en 6 kW "fast-axial-flow" CO₂-laser från Trumpf vid sina försök som gick ut på att undersöka inverkan av gap, offset-toleranser samt inverkan av lutningsvinkeln på den infallande strålen. Det senare är ju omöjligt att undvika vid gantry-baserade RWS-installationer (RWS = Remote Welding System), vilka används av t.ex. *Rofin Sinar* och *Comau*.

Andra, som t.ex. IWS (*Institut für Werkstoff- und Strahltechnik*) i Dresden har valt att satsa på robotburen teknik (CAS = Coupled Axis System) för att undvika dylika olägenheter. Resultaten från försöken vid BIAS, utförda på stum- och överlappsfogar i 1.75 mm tjockt DC04, med 5 kW lasereffekt, 3 m/min i svets hastighet och ett skyddsgasflöde (Helium) på 40 l/min, gav vid handen att en lutning på upp till 28° från normalplanet kan tolereras. Dock medför det att penetrationsdjupet reduceras med 20%. Som praktikfall visades på svetsning av stötfångarskenor, där 56 stycken 20–25 långa lasersvetsar sattes under en total processtid av 27 sekunder. Ännu mer imponerande var fjärrlasersvetsning av värmväxlare. Ett paket på 85 rostfria rör svetsades till en topp- och en bottenplatta på totalt 20 sekunder – man häpnar!

Daniel Wildmann från *Soudronic Automotive* (Nefthenbach, CH) redogjorde för sitt företags senaste produkter avsedda för ämnesskarvning eller som det också kallas inom bilindustrin: "Tailored Welded Blanks" (TWB). En teknik som jag redogjort för i åtskilliga tidi-



T.v. visas spaltens och infallsvinkelns inverkan på svetsvärsnittet vid fjärrlasersvetsning i zinkbelagd mjuk stålplåt.

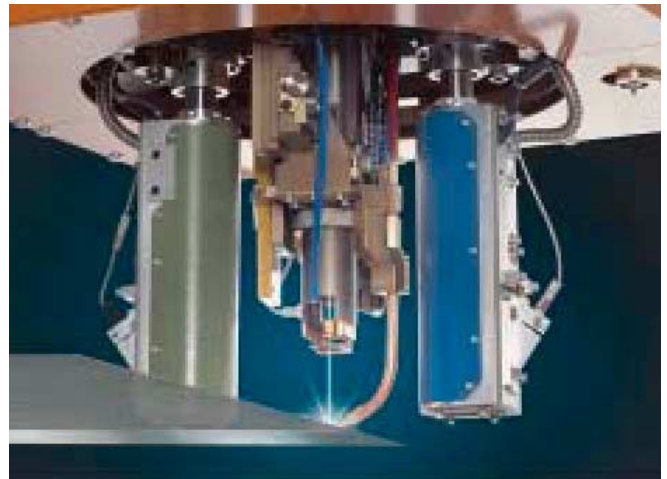
Parametrar: lasereffekt 5.0 kW, svets hastighet 3.0 m/min, skyddsgasflöde (Helium) 40 l/min.

T.h. en imponerande applikation för RLW: 85 rostfria rör svetsas till topp- och bottenplatta på 20 sekunder.

gare artiklar och som går ut på att via stumsvetsning "skräddarsy" det plana plåtämnet innan formning med avseende på tjocklek, materialhållfasthet och ytbeläggning. Soudronic har två olika produktfamiljer: Soulas® avsett för raka svetsar och Soutrac® som används vid kontursvetsar eller "non-linear" TWB. Det senare systemet utgör 35% av omsättningen och det var om detta, integrerat i ett speciellt svetshuvud och en 10-axlig ämnesskarvningsmaskin, som presentationen handlade.

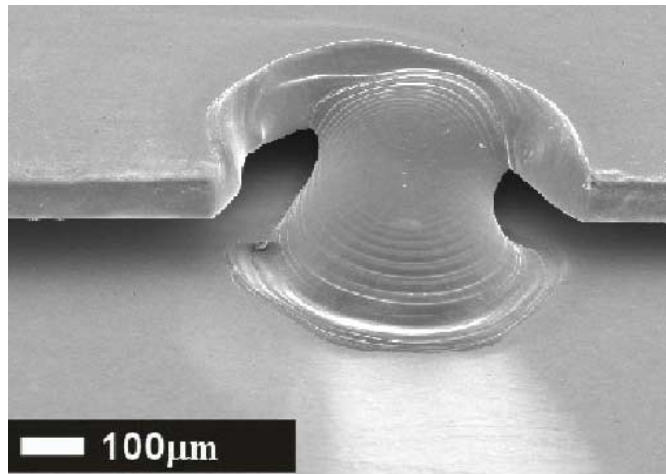
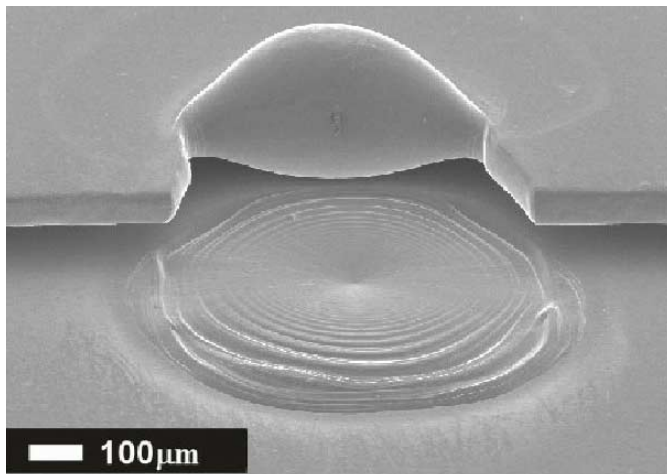
Herr Wildmann kunde konstatera att de höghållfasta stål (AHSS = Advanced High Strength Steels) som alltmer börja användas inom bilbranschen är förhållandevis spröda och därmed ger upphov till mer oregelbundna klippkanter. Finessen med Soutrac® är att mängden tillsatsmaterial styrs av gapet mellan plåtarna och därmed klarar man galant att erhålla högkvalitativa svetsar ända upp till 0.4 mm spel. Systemet består av en blixtlampa som skuter korta pulser för att detektera spaltens storlek, samt en diodlaser som ger en linje tvärs fogen och är en beståndsdel i en adaptiv fogföljning. Därefter följer den anpassade trådmatningen eller gapförslutningssystemet som herr Wildmann valde att kalla det, och slutligen har man ett processövervakningssystem för processtabilitet och svetskvalité.

Som avslutning visades på några praktikfall där man framgångsrikt svetsat mjuk pressplåt och höghållfasta stål som TRIP 600 (Transformation Induced Plasticity) och DP1400 (Dual Phase). Man hade använt en 4 kW Nd:YAG-laser med en fokuspunkt på 0.6 mm i diameter, 0.8 mm grov tillsatsstråd samt en skyddsgasblandning bestående av 82Ar/18CO₂. Tack vare Soutrac® kunde man genomföra ämnesskarvningen med en konstant svets hastighet på 8.5 m/min för typiska plåttjocklekar kring 1.0 mm.



Soutrac®s kompletta svetsmodul avsedd för ämnesskarvning, innehållande spaltdetektering, fogföljning, svetshuvud, adaptiv trådmatning samt processövervakning.

Näste talare var Dr. Feng Lu från U.S. Steel Research (Monroeville, PA), som anknöt till de svetsförsök av zinkbelagda stålqualiteter med hjälp av dubbelfokus-teknik som Dr. Mariana Forrest från Daimler Chrysler Corp. (Rochester Hills, MI) tidigare redogjort för. Dr. Lu gick mer in på de metallurgiska aspekterna och hårdheten i svetsgodset och kunde konstatera att DP800 uppvisade en bättre svetsbarhet, i form av ett större processfönster, jämfört med DP600 och TRIP590. Även ytbeläggningen var av avgörande betydelse och här gav en varmförzinkad yta ett större processfönster jämfört med en galvannealed-yta. Försöken hade gjorts som BOP (Bead-On-Plate) med en 4.3 kW Nd:YAG-laser och ett svetshuvud från HighYag som gav ett dubbelfokus där fokuspunkterna var 0.36 mm i diameter. 72% av effekten riktades mot den "ledande" fokuspunkten och reste-



T.v. ett misslyckat lasersvetsförsök av en överlappsfog i Kovar-material (64 µm spalt och 4 ms pulslängd). Genom att korta pulslängden till 0.5 ms och ha en 45°-ig lutning på den infallande laserstrålen har man lyckats skapa en acceptabel svets vid en större spalt (85 µm) t.h.

rande 28% mot den "släpande". Som skyddsgas hade man använt Helium till en mängd av 20 l/min.

Laser Materials Processing:

Laser Welding

Den sista sessionen som jag bevittnade var nummer 17(!) i ordningen, varför man var ganska "mör" vid det här lager, och den handlade om lasersvetsning och applikationsexempel.

Först ut var **Philip Fuerschbach**, *Sandia National Laboratories* i Albuquerque, NM, som berättade om lasersvetsning med låg effekt av överlappsfogar i 0.1–0.5 mm tjockt Kovar-material. Det rörde sig om en form av kantsvetsning där man punktsvetsat genom att skjuta korta pulser. Förmågan att överbrygga spalter hade undersöks genom att variera bl.a. pulsenergi, pulslängd och fokalpunktsstorlek. I svetsförsöken hade två olika laserkällor använts, dels en 50 W *RofinBasel* "Starweld" SWP5002, och dels en 40 W *Lasag SLS200*. Spalten i överlappsfogen hade varierats mellan 0 och 0.24 mm. Såväl ökad pulsenergi som pulslängd gav en större svets och därmed bättre förmåga att överbrygga spalter. En initial spikpuls kan också förbättra spaltöverbryggnaden menade herr Fuerschbach, men här hade man ännu alltför få resultat att luta sig mot. Förändringar i fokalpunktsdiameter och därmed laserintensitet påverkade inte svetsens storlek men hade en positiv effekt på spaltöverbryggnaden om den kombinerades med en offset-placering av fokalpunkten från kanten och in på toppplåten. En mer lutande laserstråle gav också en bättre möjlighet att klara större spalter.

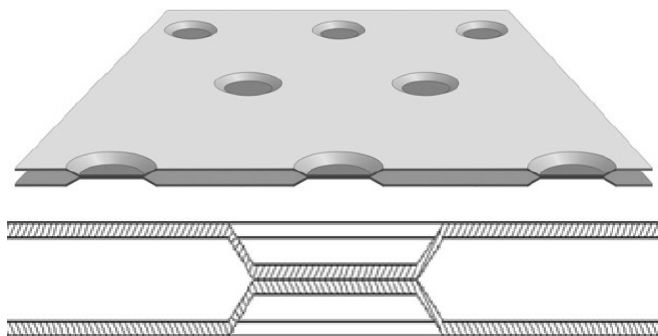
Nästa föredrag handlade om att kvalificera laser- och laserhybridsvetsning också för kritiska fogar inom fartygsbyggnad. **Paul Blomquist** från *Applied Thermal Sci-*

ences (Sanford, ME) redogjorde för den omfattande provning som gjorts för att kvalificera metoderna för svetsning av jagare till den amerikanska flottan. Viktbesparing är i detta sammanhang viktigt – man vill naturligtvis ha så lätta och snabbgående fartyg som möjligt. Då har det visat sig att man kan spara ända upp till 33–40% genom att i stället för valsade profiler och balkar svetsa höghållfasta plåtar (HSLA-65) till T-geometrier. Andelen svetsarbete ökar alltså och därför vill man hitta en svetssteknik som uppfyller krav på såväl svetskvalitet som produktivitet. Man har kommit en bit på väg, men fortfarande finns en del arbete kvar att göra. Sammanfattningsvis kunde herr Blomquist konstatera att hybridsvetsningen kräver färre kvalificeringsprov än lasersvetsning med kall tillsatstråd.

Så var det dags för våra finska vänner att på nytt äntra scenen. Denna gång var det en gemensam presentation från **Anssi Jansson** (*VTT Industrial Systems*, Lappeenranta, FIN) och **Anti Salminen** (*Lappeenranta University of Technology*, Lappeenranta, FIN) och handlade om olika applikationer uppbyggda av sandwichpaneler i stål- eller rostfri plåt sammansvetsade med laser. Konstruktionerna hade viktoptimerats genom användande av ett speciellt beräkningsprogram utvecklat vid *Helsinki University of Technology*.

En produkt som studerats var sandwichväggar till hisschakt. Dessa byggdes upp av två stycken 1 mm tjocka plåtar som präglades i ett visst mönster. Genom att lägga plåtarna så att de endast kom i kontakt med varandra vid präglingarna och sammansvetsa dem där (Lappeenrantas nu "klassiska" 3 kW Nd: YAG-laser hade använts för ändamålet) kunde man skapa extremt styva och lätta s.k. kalottpaneler.

Golv till hisskorgar var en annan applikation i kon-



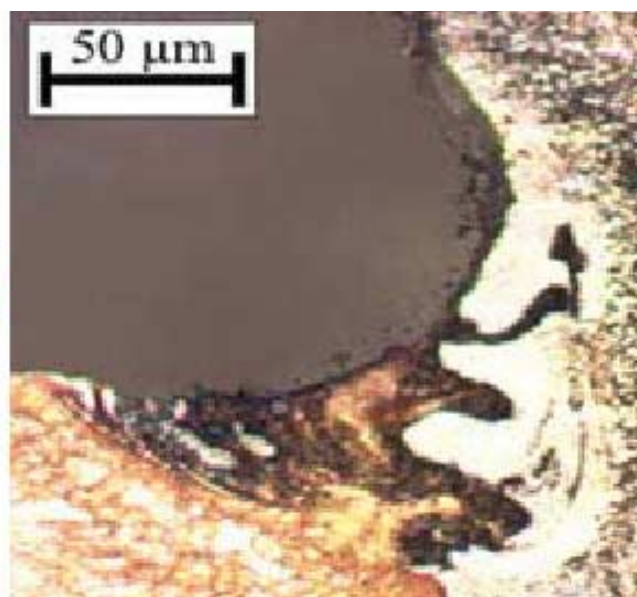
Den principiella uppbyggnaden av s.k. kalottpaneler där lasersvetsning används vid sammanfogningen genom att svetsa i präglingsmönstret. T.h. ses ett exempel på ett användningsområde för denna typ av paneler, nämligen väggar till hisschakt.

struktionsstål. Dessa byggdes upp av en 1.5 mm tjock topplåt och en 1.0 mm tjock bottendito. Mellan dessa placerades korrugerade distansplåtar, vilka också var 1.0 mm i tjocklek. En C-formad kantprofil på 3.0 mm omslöt konstruktionen och all sammansvetsning skedde här med hjälp av en 5 kW CO₂-laser. Idag svetsas dessa golvkonstruktioner samman med TIG-metoden, och en kostnadsberäkning visade på att från 1.000 enheter/år blir lasersvetsning gynnsamt ur kostnadssynpunkt. Därmed tycks det finnas en avsevärd potential då Dr. Salmi berättade att cirka 10.000 enheter kommer att produceras under innevarande år.

Liknande fördelar gav en annan applikation, rostfria terrasser för kryssningsfartyg, vid handen. Här byggdes sandwichen upp av 1.25 mm tjocka topp- och bottenplåtar medan distansen utgjordes av rektangulära rör



med en väggjocklek på 2.0 mm. Även här hade en 3.0 mm C-profil använts som kantförslutning. Brytpunkten för lönsamma lasersvetsade terrasser låg kring 1.000 enheter per år. Att svetsa sandwichpaneler i Finland har visat sig vara så framgångsrikt att det skapats ett avknopningsföretag i Åbo som heter *Mizar LW Panels* och som enbart kommer att syssla med denna typ av produktion. 2004 räknar man med att vara i gång med tillverkning i tre olika arbetsstationer.



Mikrokomponenter lämpliga för lasersvetsning med den s.k. SHADOW-metoden; balanshjul i mässing (Ms61Pb) till axel i stål (S20 AP).

David Lavoies (*Lasag Industrial Lasers*, Arlington Heights, IL) föredrag handlade om mikrosvetsning av blandmaterialkombinationer där pulsade Nd:YAG-lasrar använts för ändamålet. Man hade kontinuerligt svetsat aluminium till koppar, medan stål, nickel och silver sammanfogats med laserpunktsvetsning. Genom något som man benämnde SHADOW-svetsning kunde man fritt utforma pulsformen och dess varaktighet och därmed utnyttja icke-linjära processer i det termiska flödet såväl som dynamiken i svetsmältan. Ett praktikfall som handlade om sammanfogningen av ett balanshjul avsett för en armbandsklocka, med materialkombinationen mässing/stål, påstods ha svetsats med denna princip. 20 ms långa pulser och ett closed-loop system för reglering av lasereffekten hade använts. Herr Lavoie sade att man kunde tänka sig att gå ner till så korta pulser som 50 μm , men då antalet pulser över tiden ökar riskerar man en viss nedgång i effekt.

I motsats till det som Dr. Hilton från TWI tidigare berättat om, nämligen lasersvetsning under extremt höga tryck, kom nu Mikka Karhu från VTT *Industrial Systems* (Lappeenranta, FIN) och talade om direkta motsatsen. Det rörde sig således om svetsning med Nd:YAG-laser i vakuum-miljö. Vid elektronstrålesvetsning använder man just vakuum-kammare för att öka penetrationsdjupet och förbättra svetskvaliteten, och huvudsyftet med denna undersökning var att se om liknande effekter erhöles vid lasersvetsning.

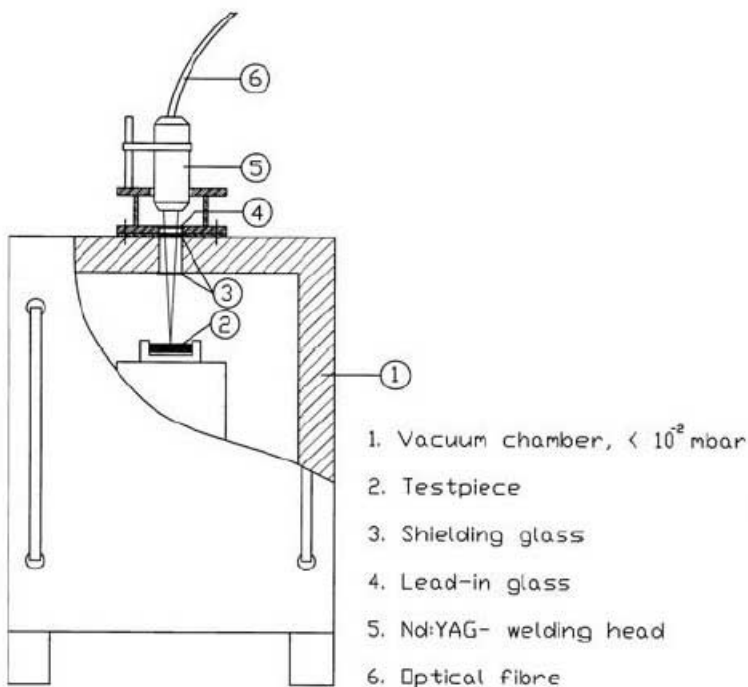
Man hade använt en 3 kW Nd:YAG-laser och experimenten hade utförts i en vakuum-kammare som var 1.4 m³ stor och med ett kontrollerat tryck på 10⁻² mbar. Tre olika material hade ingått i studien, de rostfria kvaliteterna AISI 304L och AISI 316LN samt ett mjukt kolstål S235, och svetsförsöken hade utförts som BOP. Man kunde genomgående konstatera en avsevärd penetrationsökning vid lasersvetsning i vakuum jämfört med normalt atmosfärtryck. Dessutom hade de rostfria materialen svetsats i atmosfär med släpande skyddsgastillförsel (helium), och även detta förbättrade penetrationsförmågan, dock inte i samma omfattning som vakuum-svetsningarna [se tabell].

PENETRATIONSdjUP [MM]

	Vakuum	Atm	Atm+He
AISI 316LN	7.0	5.6	6.4
AISI 304L	5.4	3.1	4.4
S235	6.0	4.1	

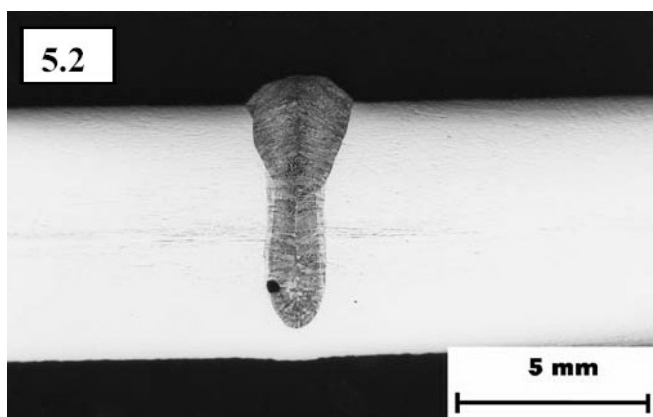
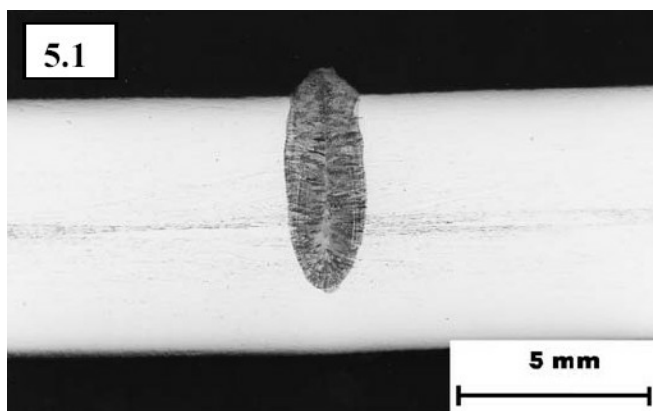
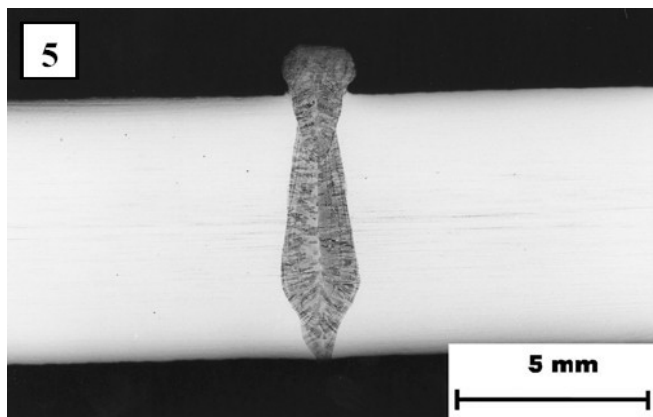
I tvärsnittsanalysen kunde man se en karakteristisk, ”knoppformad” råge på toppsidan tillsammans med en något grövre yta. Detta förklarades med avsaknaden av syrgas vilket medför en kraftigare ytspänning.

Från auditoriet kommenterade herr Banas (f.d. *United Technologies Industrial Lasers*, Hartford, CT), att som han såg på saken så finns de stora fördelarna vid laser-



T.v. en skiss över den experimentella uppsättningen för lasersvetsning i vakuum-kammare.

T.h. en detalj som visar lasersvetsningshuvudet monterat på vakuum-kammarens ovansida.



Makrotvårsnitt på lasersvetsat AISI 316LN gjort under olika förhållanden. Uppifrån och ner ser vi:

Svetsat i vakuum

Svetsat i atmosfär utan skyddsgas

Svetsat i atmosfär med skyddsgas (helium 15 l/min)



svetsning i vakuum att finna i ett bibehållet stabilt processbeteende även vid låga svets hastigheter.

Både ris och ros

Hur skall man då sammanfatta 2003 års ICALEO-konferens. Jo, i vanlig ordning är utbudet av tekniska presentationer överväldigande. Därför är det rekommendabelt att man som åhörare kommer väl förberedd och i förväg har gjort upp ett individuellt program över de sessioner och kortkurser som man avser att besöka. Därutöver kan det vara fördelaktigt om man i förväg läst in sig på de aktuella presentationerna genom att gå igenom den summering av resultaten som finns beskrivna i de tryckta "proceedings".

ICALEO har väl samma problem som övriga årliga konferenser, nämligen att finna ett tillräckligt stort innehåll av nyhetsvärde. En hel del "skåpmat" får man finna sig i att acceptera vid dylika tillfällen. En av de i mitt tycke stora fördelarna är den mer avslappnade konferensmentalitet som man kan stöta på i USA, där stor kraft läggs på socialt umgänge och spontana kontakter. Här måste man ge ICALEOs personal en stor portion beröm både vad gäller de sociala arrangemangen såväl som den förnämliga miljö som fanns på Adam's Mark Hotel. Det blir lite mindre av "stiff upper lip", som man är van vid från liknande evenemang i exempelvis Tyskland.

Så visst är det både ris och ros till ICALEO 2003 i Jacksonville, FL, men mest av det senare varför ett besök i San Francisco och ICALEO 2004 varmt kan rekommenderas.

VW och BMW har tagit täten beträffande laseranvändning inom bilindustrin

Rapport från 5th European Automotive Laser Application Conference
Bad Nauheim/Frankfurt a.M., 28–29 januari 2004

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars

I sedvanlig ordning träffades bilindustrins laserexperter under två dagar i Bad Nauheim i slutet av januari för att delge varandra resultaten från respektive företags senaste laserutveckling. EALA, eller European Laser Application Conference, har blivit ett vedertaget begrepp i branschen och hade i år samlat 293 deltagare, vilket var ett nytt "all time high" jämfört med fjolårets 236. Från Sverige var vi 8 stycken som deltog (*Volvo Cars 2*, *Scania CV 1*, *Optoskand 1* samt *Permanova Laser-systems* hela 4). Förutom den traditionella tekniska seminariedelen kompletterades konferensen med en utställning där leverantörer av laserutrustningar och lasertillbehör visade upp sina senaste produkter och innovationer. Även här profilerade sig *Permanova* med en välbesökt monter, och det är bara att gratulera kollegorna från Mölndal som verkligen gjort sig ett namn i dessa sammanhang och nu även internationellt lyckats marknadsföra sina laserverktyg. I utställningslokalerna fanns också 4 stycken intensivlasersvetsade karosser uppställda, nämligen VW Golf V, Audi A3, *Porsche Cayenne* och *BMW 5-Reihe*, vilka naturligtvis rönt stor uppmärksamhet bland de deltagande delegaterna.

Vi hälsades välkomna av Herr **Ebert** från *Automotive Circle International* (Berlin) och första dagens ordförande Dr. **Niemeyer** från *Audi Aluminium Zentrum* (Neckarsulm). Innan själva programmet drog igång ombads Herr **Brockmann** från VW (Wolfsburg) att redogöra för den "Arbeitskreis Laser" som upprättats i Tyskland, och som är aktiv sedan våren 2003. På fjolårets EALA framkom det ju med önskvärd tydlighet att bilindustrin efterfrågade en standardisering av laserverktyg och snittstäl-



len för att erhålla en större flexibilitet vid nyinstallationer. Med anledning av detta har en gruppering bildats i Tyskland för att hantera dessa frågor. Gruppen eller "Arbeitskreis" består av *BMW* (Herr **Hornig**), *Audi* (Herr **Blochs**), *VW* (Herr **Elsner**) samt *DaimlerChrysler* (Herr **Bernhard**). Man arbetar kontinuerligt inom tre ämnesområden:

- Kvalificeringsprogram för nya laserkällor
- Standardiserade snittställen för optiska fibrer samt för elektriska och optiska komponenter
- Morgondagens lasrar, vilket innefattar krav på bl.a. sensorer och robotprogram

Man sade sig vilja bibehålla en till storleken begränsad arbetsgrupp, varför ytterligare medlemmar i dagsläget inte var välkomna, även om man uttalade detta på ett mer diplomatiskt sätt.

Världspremiär: Laserapplikationer i VW Golf V – Koncept samt implementering i produktion

Ett av de verkliga huvudnumren vid årets EALA var presentationen av nya VW Golf generation 5, vilken innehåller totalt 70 meter lasersvets. Herr **Löfflers** presentation låg som den sista och avslutande under första dagen med en efterföljande visning av en fysisk Golf 5-kaross. I VW-koncernen har man idag omkring 450 stycken högeffekts Nd:YAG-lasrar för karosserisvetsning i fabriker runt hela jordklotet. Bara för Golf-produktionen behövde man skaffa på sig 250 Nd:YAG-system, mestadels lampumpade 4 kW-enheter. Några nyckeltal som kan nämnas är:

- Lasersvetsning/laserlödning ~70.000 mm
- Strukturlimning ~30.000 mm
- MIG/MAG-svetsning ~7.000 mm
- Punktsvetsning ~1.400 st

P.g.a. den högre hastigheten vid lasersvetsning angav Herr **Löffler**, som en tumregel, att en laserrobot har kunnat ersätta tre normala punktsvetsrobotar.

Produktion av nya Golf-modellen sker i tre huvudsakliga fabriker, Wolfsburg, Mosel och Brüssel. Bara i

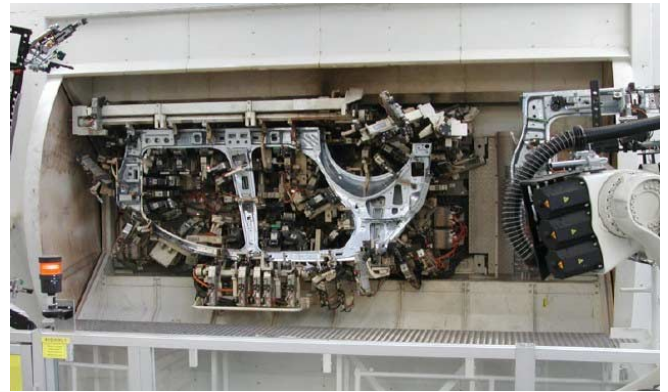


Figur 1. Den kliniskt rena men ack så energislukande karosfabriken i Wolfsburg ("KdF-Stadt"). Observera de väl inkapslade lasercellerna som radar upp sig i stram preussisk rättning.

Wolfsburg-fabriken har man installerat 150 stycken 4kW Haas HL4006D och en 1 kW Haas HL1003D för svetsningsoperationer med och utan tillsatsmaterial, lödningsoperationer samt laserskärning [Figur 1]. För de ändamålen använder man 250 olika lasersvets/löd-huvuden och 3 stycken skärhuvuden. Totalt förbrukar lasarna i Wolfsburg-fabriken 24 MW elektrisk energi och man tillverkar 2.000 bilar/karosser om dagen, vilket motsvarar 140 km laserlängd/dag. Jag roade mig med att göra en överslagsberäkning för Volvo Cars vidkommande och kom då fram till att vi svetsar cirka 10 km lasertakskarv om dagen, alla modeller inräknade.

Lasersvetsning förekommer i golvet, sidorna, "main-framing", ett antal "re-spot"-stationer samt i sidodörarna som falsförband. Laserlödning används i taket, dräneringskanalen kring bakluckeöppningen samt vid hopsättning av bakluckorna. I stationerna för kompletta karosidor (vänster och höger) använder man sig av en vridbar enhet med två fixturer, varvid laddning/lossning sker av den ena fixturen medan lasersvetsning pågår i den andra [Figur 2]. Detta arrangemang löser cykeltidskravet på 30 sekunder, men kräver dubbla fixturer vilka måste vara exakt identiska.

Den mest imponerande anläggningen i fabriken är den s.k. "framing-stationen", vilken vi fick en glimt av i prototyputförande hos KUKA Schweissanlagen (Augsburg) förra året. Nu är den i operation i Wolfsburg och består av 14(!) 4 kW HL4006D-lasrar med separata fibrer fram till 14 stycken industrirobotar [Figur 3]. I stationen "gifts" tak, sidor och golv samman med totalt 5.340 mm lasersvets, samtidigt som takskarven laserlöds enligt VWs patenterade geometri, 1.700 mm per sida. Den totala cykeltiden i denna station är 68 sekunder, och VWs huvudsakliga skäl till denna laserintensiva lösning



Figur 2. Laddad karossidefixtur på väg att vridas in i lasersvetscellen. Med ett dylikt koncept innehåller VW cykeltidskravet på 30 sekunder, samtidigt som man utnyttjar laserkällan maximalt, erbjuder en viss produktflexibilitet samt sparar golvyta.



Figur 3. 14 laserkällor som betjänar 1 arbetsstation. Den synnerligen imponerande "framing-stationen" utvecklad i samarbete med KUKA Schweissanlagen i Augsburg. Den är så utformad att den skall kunna klara av hela Volkswagens modellprogram, allt från minstingen Lupo till SUV:n Touareg.

är den 40%-iga reduktion av fabriksytan som man kan åstadkomma genom att ett antal konventionella, efterföljande "re-spot"-stationer för punktsvetsning kan exkluderas, allt tack vare lasersvetsningens högre produktivitet. Vid svetsning av flänsarna i sidodörröppningarna använder man sig av en dubbel tryckrulle från firman Thyssen KruppDrauz med patenterad "Abgasscheibe" för att säkerställa en kontrollerbar spalt mellan plåtarna för fullgod avgasning av förångad zink.

En annan smart lösning visade på hur VW hanterar problemet med varierande geometriutfall vid montering av det främre stötfångarpaketet. Detta monteras på två

stycken ändplattor, en på vardera sidobalken. P.g.a. variationer som uppstår under karossammansättningen kan dessa ändplattors position variera i karossens längsled. För att uppnå världsklass vad gäller spel och passningar då stötfångarpaketet skall monteras, sker en inmätning av karossen. Därpå skärs varje sidobalk till en individuellt korrekt längd och slutligen svetsas ändplattan via fyra T-fogar till sidobalken [Figur 4 a, b, c]. Skär- såväl som svetsoptiken sitter i detta fall monterade på en och samma robot.

Varianthålsskäring görs på lackerade karosser. I mellanbrädan görs urtag m.h.t. om bilen skall vara höger- eller vänsterstyrd. Vidare skär man upp hålen för montering av tak-rails och radioantenn. Mellan varje skär-cykel mäts lasereffekten på arbetsstycket för att upptäcka eventuella effektförluster p.g.a. smutsigt skyddsglas eller förändringar i optikkomponenterna.

Som tidigare nämnts är ett av huvudskälen till VWs stora lasersatsningar de möjligheter som ges till minskad golvyta och mer kondenserade karosfabriker. Några jämförelser av fabriksdata mellan nya Golf-modellen och dess föregångare framgår av Tabell 1. Därutöver bidrar mängden lasersvets till de produktförbättringar, i form av ökad statisk och dynamisk vridstyvhet samt dynamisk böjstyvhet, som Golf 5:an uppvisar.

Ett annat problem i samband med denna lasersatsning, som Herr Löffler lyfte fram, var att den laseroperatörskompetens man behövde inte fanns att hitta på arbetsmarknaden. Därför blev det nödvändigt för VW att via en omfattande internutbildning skapa denna kompetens hos den egna personalen.

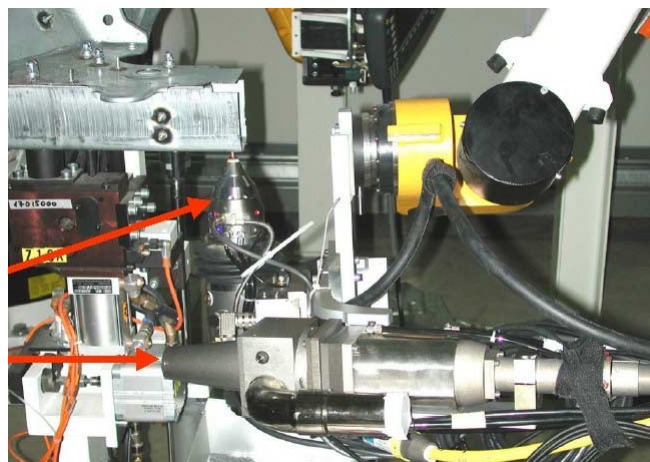
Herr Löffler avslutade sin presentation med några önskemål inför framtiden:

- Laserverkningsgrad 20%
- Strålkvalitet 6 mm*mrad
- Nd:YAG-lasereffekt 6 kW
- Optisk fiberlängd 100 m
- Tillgänglighet 99.9%
- Max. stillestånd vid reparation 30 minuter

Dessutom önskade han se robusta optikenheter och robusta laserprocesser som tillåter stora processfönster. Någon form av intelligenta, självreglerande lasersvetsprocesser fanns också på önskelistan.

Förnuftiga laserapplikationer vid tillverkning av nya BMW 5 och 6-serierna

Den andre giganten beträffande laseranvändning är BMW, och här fick vi som vanligt en fyllig redogörelse från deras laserexpert Herr Hornig. Han började med att beskriva företagets senaste "flaggskepp"; de nya 5- och 6-Reihe-modellerna. Dessa karosser innehåller inte



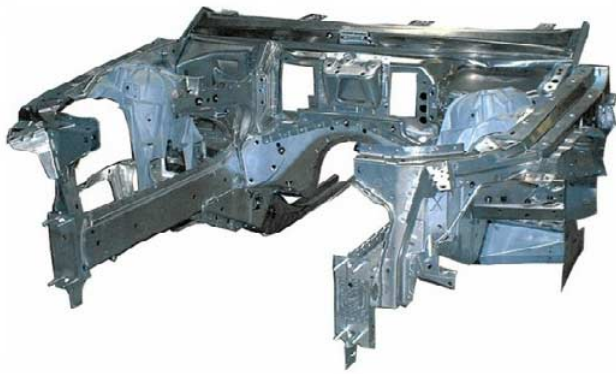
Figur 4 a. Främre sidobalk har mätts in i X-led och laserskäres till korrekt längd (över pilen), medan svetshuvudet bidrar sin tid i viloläge (nedre pilen).

Figur 4 b. En robot håller ändplattan i rätt y- respektive z-koordinat inför lasersvetsningen.

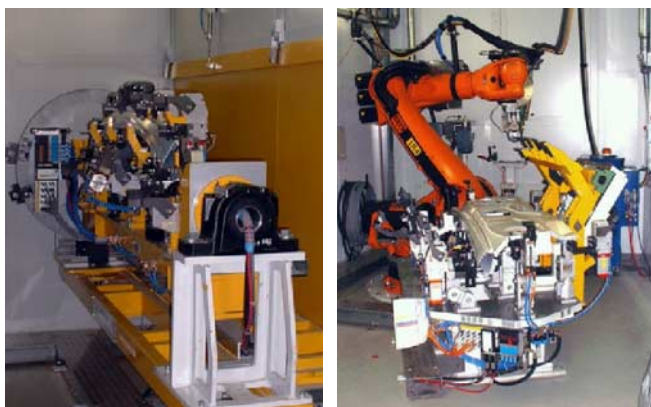
Figur 4 c. Fyra stegsvetsar med laser säkrar ändplattans hållfast mot sidobalken.

TABELL 1

	Golf IV	Golf V
Golvutrymme, Tillverkning sidor	2.816 m ²	1.462 m ²
Golvutrymme, "Re-spot" golv	480 m ²	320 m ²
Antal punktsvetsar	4.608 st	1.400 st
Lasersvetslängd	1.4 m	70 m



Figur 5. BMW 5-ans numera klassiska aluminiumfrontstruktur, bestående av 72 singeldetaljer och sammanfogad med hjälp av stansnitar, MIG-svetsning, strukturlimning och lasersvetsning.



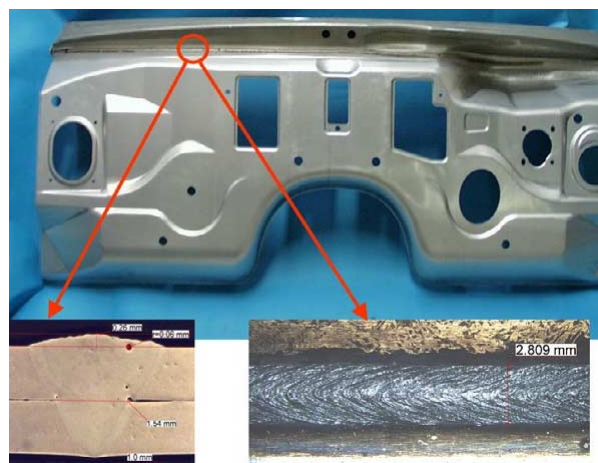
Figur 6. Interiör från de två lasersvetscellerna för mellanbrädesammansättningen. T.v. cellen för svetsning av konsoler till plumbalk, t.h. cellen för svetsning av plumbalk till mellanbräda.

mindre än 62 vikts-% höghållfast stål, men den stora innovationen ligger i frontstrukturerna som är gjorda helt i aluminium och som erbjuder en stor utmaning vad gäller sammanfogningen till resten av stålstrukturen [Figur 5]. Med denna typ av lättviktsframvagn har man erhållit en viktsbesparing på 29% jämfört med de tidigare modellerna. Frontenheten, vilken tillverkas till ett

antal av 1,000 per dag, består av 72 olika aluminiumdetaljer tillverkade av plåt, extruderprofiler, hydroformade rör samt pressgjutna komponenter. Sammanfogningen sker med hjälp av 622 stycken stansnitar (SPR = Self-Piercing Rivets), 3.25 m MIG-svets, 25.7 m strukturlim samt självklart 2.0 m lasersvets.

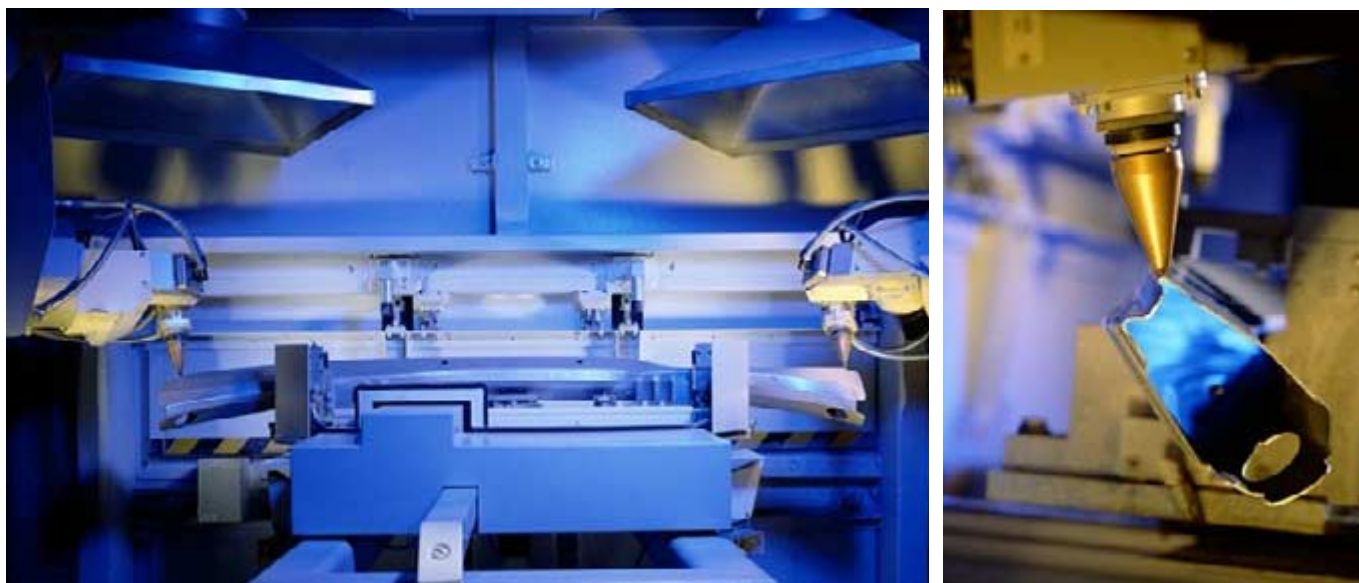
Applikationen för lasersvetsning är i princip densamma som för gamla 5-modellen, d.v.s. sammanfogningen av plumbalken till mellanbrädan. Tillverkningen sker i fabriken i Dingolfing och laseranläggningen, som betjänas av en 4 kW HL4006D Nd:YAG-laser, omfattar en golvyta på ungefär 250 m². Svetsningen sker i två sekvensiella stationer, varför lasern är utrustad med dubbla fibrer. I den första cellen svetsas 4 konsoler (tjocklek 2.0 mm) till den 1.4 mm tjocka plumbalken med sammanlagt 0.6 m lasersvets. I den efterföljande cellen svetsas plumbalken till mellanbrädan (tjocklek 1.2 mm) med 1.4 m kontinuerlig lasersvets [Figur 6]. Materialet i samtliga komponenter är AlMg3.5Mn och svetsbredden i överlappsfogarna är kravsatt till 1.5 mm. För att klara denna förhållandevis breda svets använder man sig dels av dubbelfokus ("twin-spot") med fokalpunkterna placerade vinkelrätt mot svetsriktningen, dels av tillförsel av AlMg4.5Mn-tillsatsstråd. Fixeringen sker delvis med hjälp av en tryckrulle monterad på svetsshuvudet [Figur 7] och för processövervakning använder man sig av *Weldwatchers* "on-line" kvalitetsövervakningssystem. Cykeltiden i de båda lasercellerna är 72 sekunder, vilket är detsamma som gäller för övriga hopfogningsstationer i aluminiumfrontflödet. Laserstrålen har en "beam-on time" på 45.3% och tillgängligheten i hela laseranläggningen sades ligga på 86%.

Den tidigare nämnda plumbalken tillverkas av ett hydroformat rör som är 85 mm i diameter och 1,780 mm långt. Precisionsrenskärning av det formade rörets ändrar sker med laser [Figur 8]. *SchulerHeld* har varit huvudentreprenör för skärcellen där två stycken DC020 *Rofin Sinar*-lasrar betjänar var sin robot, varför



Figur 7 a. Fixering vid lasersvetsningen av plumbalk och mellanbräda med hjälp av beprövad tryckrulle-teknik.

Figur 7 b. Inte helt oäven lasersvetskvalitet för AlMg3.5Mn, uppnådd med AlMg4.5Mn tillsatsmaterial och dubbelfokus.



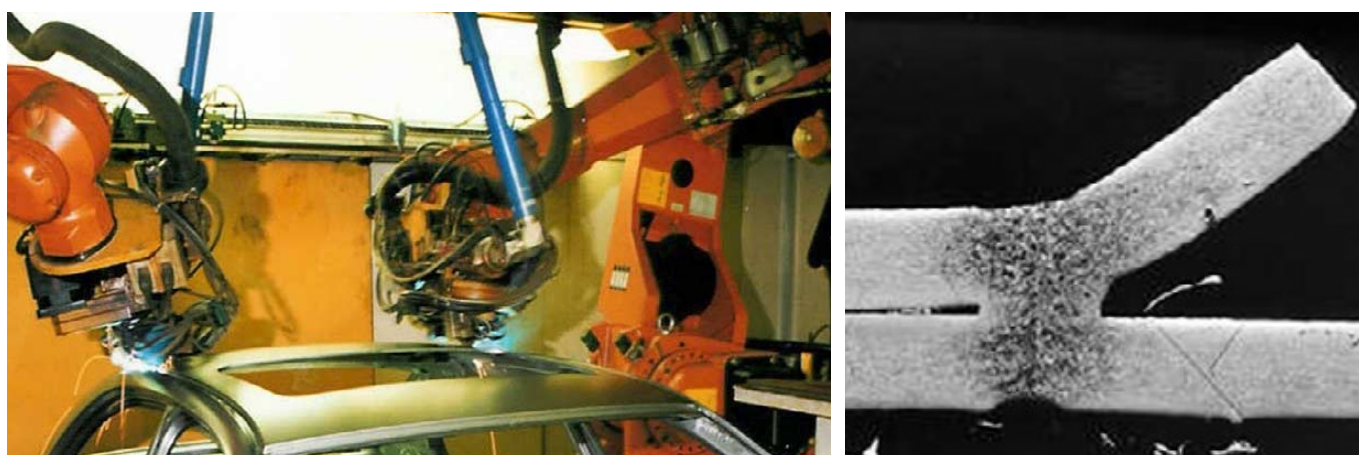
Figur 8. Precisionsskärning av plumbalkens ändar med två simultant arbetande robotar.

ändskärningen kan ske simultant. Cykeltiden i cellen är 34 sekunder varav skärtiden utgör 26.7 sekunder då skärhastigheten ligger på 1.5 m/min.

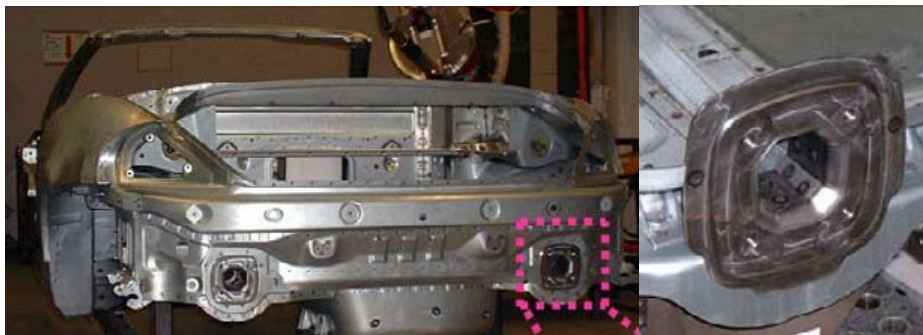
Lasersvetsat tak förekommer endast på 6-Reihermodellen (för 5-Reihe är det punktsvetsning som gäller). I och med att såväl tak som karossida är dubbelsidigt zinkbelagda detaljer har stor möda lagts på en adekvat fogutformning, vilken tillåter avgasning av förångad zink. I gammal god BMW-anda håller man fast vid CO₂-lasrar vid sin taksvetsning. Sålunda betjänas stationen av en TLF6000 och en TLF8000 från *Trumpf*. Stråldistributionen sker via s.k. teleskopiska, optiska armar [Figur 9]. Man tar ut 5 kW från vardera laserskällan och svetsningen sker med en hastighet av 2.6 m/min. Fokallängden är 240 mm, skyddsgasen helium, och man använder en tryckrulle med diameter 120 mm och tryckkraft 300 N för fixering.

Herr *Hornig* beskrev vidare ett exempel där laser-

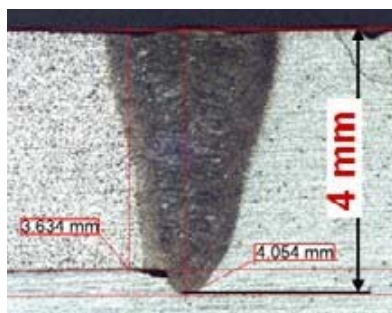
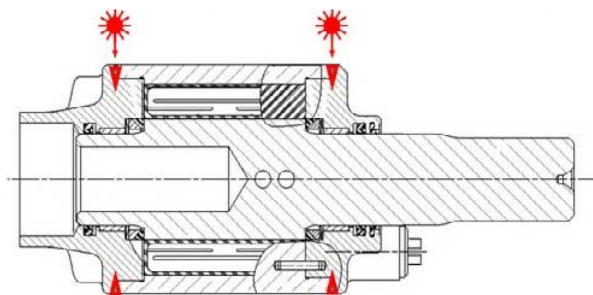
svetsning tagits som intäkt för en kostnadsbesparing. Detaljerna det var frågan om var s.k. krockskyddsplattor för infästning av den bakre stötfångarskenan. Plattorna som är försedda med ett balkelement som skall deformeras vid lågfartskrock monteras mot de bakre sidobalkarna [Figur 10]. Tidigare gjordes motsvarande detaljer som pressade komponenter, vilket innebar höga underhållskostnader för pressverktyg och inte mindre än 39(!) följdverktyg. Genom att bygga upp dessa detaljer av en 3.0 mm tjock balk och två plattor i 6.0 resp. 2.0 mm tjocklek (samtliga i mjukt DC04-stål) vilka svetsas samman med laser har man gjort en 20%-ig kostnadsbesparing. Svetsoperationen sker med hjälp av en TLF6000 från vilken man tar ut 4.5–5 kW. Svets hastigheten ligger på 1.4–3.1 m/min beroende på vilka kombinationer som svetsas. Fokallängden är 200 mm, helium används som skyddsgas och cykeltiden i TLC1005-maskinen är 28 sekunder.



Figur 9. Takskarvsvetsning med dubbla laserskällor av BMW 6-modellen i Dingolfing. T.h. ett tvärsnitt av svetsen där också den specifika designen för zinkavgasning framgår.



Figur 10. Lasersvetsning av s.k. krockskyddsplattor, här illustrerat monterade på 6-seriens cabriolet-version och med en detaljbild till höger, har medfört en kostnadsbesparing på 20% jämfört med att tillverka dylika plattor som integrerade pressdetaljer.



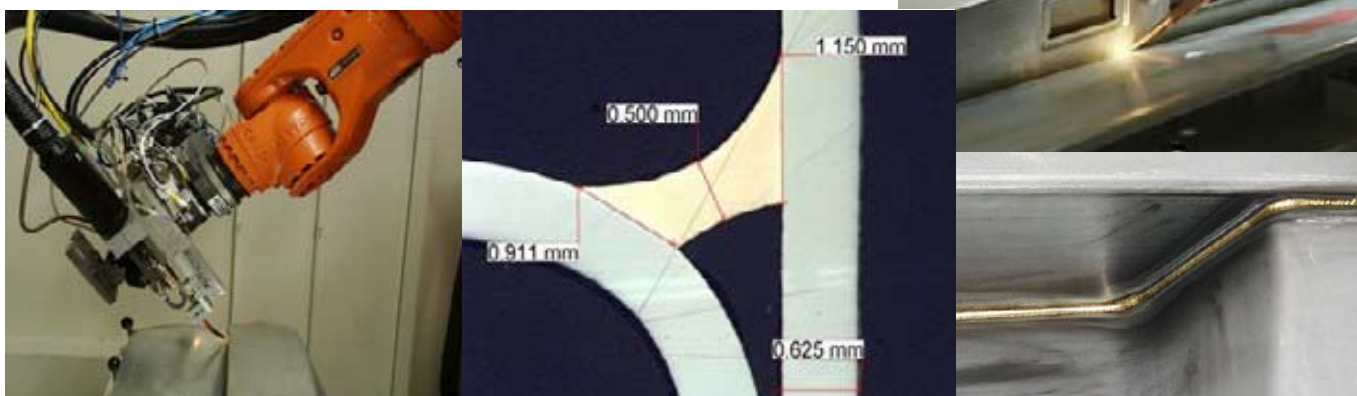
Figur 11. Tvärsnittsritning på den aktiva rullstabilisatorns differentialmotor som utvisar lägena för lasersvetsarna. Fogutformning och penetrationsdjup illustreras t.h.

En lite annorlunda komponent till 5- och 6-serien, som lasersvetsas, men som inte är en karosseridetalj, är den s.k. ARS (Active Roll Stabilisator). Det rör sig om den lilla differentialmotorn i detta koncept som sammansvetsas med hjälp av en TLF5000 [Figur 11]. Materialet är 16MnCr5S, och ett antal svetsar läggs med 2.0 m/min då man utnyttjar 2.5 kW av lasereffekten och har en fokallängd på 250 mm. Även i detta fall brukas helium som skyddsgas, 15 l/min. För denna komponent har kravet på hög precision varit vägledande för valet av svetsmetod.

Såväl bakluckan på 5-seriens sedanmodell som touringmodellens baddörr laserlöds [Figur 12]. Det rör sig om förhållandevis tunna (0,67 mm) zinkbelagda plåtar, varför lödning är att föredra framför svetsning. Inte bara för att undvika värmedeformationer i de tunna plåtarna, men Herr **Hornig** menade på att vid laserlödning kan den annars så förhatliga zinkbeläggningen faktiskt

vara till fördel för att uppnå en god fogkvalitet och hög processhastighet. Den senare ligger på 3 m/min, och man använder en 3 kW Nd:YAG-laser och traditionellt CuSi3-tillsatsmaterial. Cykeltiden i laserlödstationen är 92 sekunder.

Med denna korta statusrapport kring laseranvändningen hos två tyska konkurrenter hoppas jag ha gett en liten aptitretare inför min fortsatta rapportering från årets EALA. Det kommer nämligen mer i nummer 3 av Lasernytt. Då kommer jag bl.a. att berätta om lasersvetsning av transmissionskomponenter hos DaimlerChrysler och Getrag, laserapplikationer i nya Audi A3, spännande koncept för kvalitetsövervakning och inspektion av lasersvetsning/svetsar, senaste nytt om fiberlasrar och disklasrar och mycket, mycket mera.



Figur 12. Laserlödning med Nd:YAG-laser och CuSi3 tillsatsmaterial av bakluckan på BMW 5-serien. Längst till höger ett tvärsnitt som visar den tunna lödfogen som trots sitt utseende uppfyller de föreskrivna hållfasthetskraven.

Laser – ett flexibelt produktionsverktyg

Bo Williamsson, AGA Gas AB

I dessa dagar då media domineras av negativa nyheter om den svenska verkstadsindustrin känns det bra att kunna notera att industrin lever, i allra högsta grad. Produktutveckling, produktionsoptimering och nytänkande inom konstruktionssidan gör att svenska industriföretag hävdar sig på marknaden, trots det relativt sett, höga kostnadsläget. Faktum är att skärning och svetsning med laser är ett av de snabbast växande områdena inom verkstadsindustrin, en utveckling till största delen styrd av industrins behov, dvs. ökad kvalitet och produktivitet men även krav på förbättrad arbetsmiljö och säkerhet.

Det är glädjande att notera den fortsatta tillväxten och satsningen på applikationsutveckling inom laserområdet. Vad som tidigare har varit en exklusiv teknik med ”science fiction”-stämpel över sig är sedan ett antal år tillbaka en etablerad produktionsmetod för att nå de högt ställda kraven på flex-

ibilitet, produktivitet och kvalitet inom verkstadsindustrin. 2D-skärning är att betrakta som state-of-the-art, medan 3D-skärning, svetsning och ytbehandling med laser fortfarande befinner sig i en (stark) utvecklingsfas. Detta i kombination med den snabba utvecklingen vad gäller nya material, lasertyper, resonatorer, maskiner och inte minst hanteringsutrustning borgar för en minst sagt spännande framtid.

Lasergruppen fyller en liten, men nog så viktig funktion när det gäller att sprida information kring lasertechniken och dess möjligheter. Aktiviteter, utbildning och information i lasergruppens regi borgar för en fortsatt positiv utveckling inom området. Ta chansen att anmäla dig till höstens laseraktiviteter!



KONFERENSER och MÄSSOR 2004

Oktober

- LaserNytt 2/2004
Upplysningar: Hans Engström
- 4-7 ICALEO
Plats: San Fransisco
- 6-7 Laserskärteknik – workshop för produktionspersonal
Plats: Luleå
Upplysningar: Hans Engström
- 14 Laserdag II
Plats: Gnosjö
Upplysningar: Per Westerhult
- 26-28 EWF kurs Lasersvetsning, del 2
Plats: Luleå
Upplysningar: Hans Engström

November

- 11 Laserseminarium – Konstruera för laser
Plats: Volvo Lastvagnar, Göteborg
Upplysningar: Per Westerhult
- 30 EWF kurs Lasersvetsning, del 3
Plats: Luleå
Upplysningar: Hans Engström

December

- 1 EWF kurs Lasersvetsning, del 3
LaserNytt 3/2004
Upplysningar: Hans Engström