

LASER

nytt

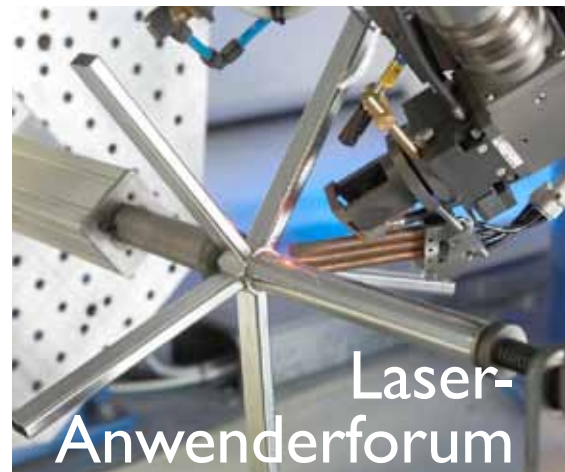
1-2013

Lösnummerpris 85 kr

Lasers for Manufacturing Event

Lasertrender hos Audi AG

**Svenskt stål
biter**





Upptäck laserns alla fördelar:

- stor designfrihet
- hög processhastighet
- låg värmeförlust
- hög produktivitet
- mindre efterarbete
- hög flexibilitet
- exakta slutmått för dina plåtdetaljer
- beröringsfri process

Många användningsområden:

- Svetsning
- Lödning
- Skärning
- Påsvetsning
- Härdning
- Märkning

LASER LÖNAR SIG ALLTID I LÄNGDEN

Ingen process eller produktion är för stor eller för liten för laser.

I mer än 25 år har vi på Permanova levererat nyckelfärdiga laserrobot-system till plåtanvändande industri. Varje system är optimalt utformat för att göra kundens produktion mer effektiv och lönsam. Vårt mål är att ständigt vara förstahandsvalet för små och stora företag som söker marknads absolut bästa laserlösningar. Till vår hjälp har vi fler laserexperter än de flesta av våra kolleger i branschen. Som kund får du tillgång till deras samlade erfarenhet och djupa kunskap om tekniken.

Med Permanova som helhetsleverantör inom laserlösningar har du allt på ett ställe. Från konstruktion till installation och service.

Är du nyfiken på att få veta hur våra laserlösningar kan lyfta din produktion till nya höjder? Kontakta oss på Permanova!



www.permanova.se
Tel 031-706 19 80



Lasernytt utkommer med 3 nummer/år och ges ut av Lasergruppen c/o Svetskommissionen Box 5073, 102 42 Stockholm Telefon: 08-120 304 03

Redaktör
Hans Engström
Telefon: 0920-49 12 69
Växel: 0920-49 10 00
Fax: 0920-49 10 74
E-post: hans.engstrom@ltu.se

Redaktionellt arbete och kansli
Per Westerhult
Telefon: 08-120 304 03
E-post: per.westerhult@svets.se

Ansvarig utgivare
Per Westerhult

Lasernytt på Internet
www.lasergruppen.eu

Omslagsbild: Härdad stålprofil kan uppta mycket energi vid deformation. Bild: Svenskt Stål AB

Produktion: Tagg, Stockholm
www.tagg.se

Tryck: Modintryckoffset, Stockholm
www.modintryckoffset.se

Tankar från styrelsen	1
<i>Laserdag hos SSAB i Borlänge</i>	
Svenskt Stål biter	2
Svenskt Stål AB – för en starkare, lättare och mer hållbar värld	5
Nya standarder för laserhybridsvetsning på gång	6
<i>Change your mindset</i>	
Konstruera smart – tjäna pengar	7
<i>Laserforskningen vid Luleå tekniska universitet</i>	
Högsta internationella kvalitet är målet	9
Lasers for Manufacturing Event	14
<i>Mikrobearbetning med laser</i>	
Laserskäring av metallfolierat kartongpapper för förpackningar	24
NOLAMP 14 – den nordiska laserkonferensen i Göteborg	26
Några ord om slangar för lasergasförsörjning	27
<i>Samtal kring Lasertrender, del 14</i>	
Lasertrender vid karosseritillverkning hos Audi AG	30
<i>Rapport från åttonde LAF-konferensen i Bremen</i>	
Flexibel tillverkning och kvalitetsövervakning vid lasersvetsning vid Laser-Anwenderforum	33

TANKAR FRÅN STYRELSEN

Teknik- och applikationsutveckling

Bo Williamsson, AGA Gas AB

Trots en djup lågkonjunktur syns tecken på att investeringarna i lasermaskiner börjar skjuta fart igen. En del av utvecklingen kan givetvis förklaras konjunkturberoende faktorer. Ett uppdämt behov av nyinvesteringar för att klara framtida behov underlättar ju också. Men om man gräver lite djupare i analysen, så hittar man också en del faktorer som spelar en stor roll för utvecklingen. Såväl fiberlasrar som disklasrar har hittat nya användare under senare tid, framför allt för skärning inom tunnplåtssegmentet. Hög produktivitet, flexibilitet och kvalitet skapar nya förutsättningar. Utvecklingen på maskinsidan går också framåt i snabb takt. Utvecklingen på CO₂-lasersidan står inte heller still. Höga effekter, strålgångsskydd och förbättrade prestanda vid skärning i såväl tunnplåt som tjockare material skapar en given plats för CO₂-lasern under överskådlig framtid.

Lasersvetsningen har haft en mer blygsam utveckling, men de nya laserkällorna i kombination med förfining av existerande alternativ påverkar utvecklingen i positiv riktning. Fiber- YAG- och disklasrarna kan här dra nytta av att behovet av helium som processgas minskar drastiskt, något som ger förbättrad produktionsekonomi. Alternativ till helium finns numera även till CO₂-lasrarna, vilket kan bidra till lasersvetsningens utveckling i framtiden. Slutligen, men inte minst, kanske en av de viktigaste faktorerna; Applikationsutvecklingen gör att nya användningsområden för lasertekniken hittas. Dels för existerande användare, men även för helt nya. Basen för laseranvändningen ökar ständigt vilket gör att framtiden ser relativt ljus ut.

I skuggan av detta arbetar Lasergruppen oförtrutet med att sprida information om laserteknik. Delta



gärna i Lasergruppens seminarier, dels för den tekniska behållningen, men också för möjligheten att knyta nya kontakter i ämnet. Passa också på att vika dagar i kalendern för deltagande i NOLAMP-konferensen som går av stapeln i Göteborg 26-28 augusti.

Laserdag hos SSAB i Borlänge

Svenskt Stål biter

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

SSAB är världsledande tillverkare av höghållfasta och slitstarka stål med en betydande export över hela världen. De höghållfasta stålen utgör cirka 38 procent av leveranserna och man satsar offensivt med mål att öka andelen till 50 procent år 2015.

– Vi har kundaffärerna i fokus, säger Anders Ohlsson, värd för Laserdagen, som hade laserbearbetning av höghållfast stål som tema.



Standardisering av svetsprovning minskar kostnader vid utveckling av bilkarosser.

Anders Ohlsson inledde Laserdagen med att berätta om SSAB och deras verksamhet.

– Vi är stora i Sverige men små i stålvärlden, trots att vi kan leverera 6 miljoner ton råstål.

SSAB satsar sedan läge på kyllda stål och har nått stora framgångar på världsmarknaden.

– Vi söker hela tiden högre hållfasthet, bättre formbarhet och svetsbarhet hos våra produkter, berättar Anders. Vi är mycket aktiva i vår produktutveckling och där ingår också mycket svetsprovning.

Mera om SSAB kan du läsa på annan plats i tidningen.

Ingemar Eriksson, Luleå tekniska universitet, har arbetat en tid med lasersvetsning av höghållfast stål. Ingemar påpekade vilken oerhörd koncentration av energi som en modern laserkälla av fiber- eller disktyp kan ge. Den motsvarar samma energikoncentration som två kärnreaktorer som finns i Oskarshamn på en yta stor som ett visitkort. Den fiberlaser som LTU använder har samma effekt som den sammanlagda effekten hos tre miljoner laserpekare.

Ingemar berättade om man analytiskt kan beräkna hårdheten i den värmepåverkade zonen vid lasersvetsning, men man kan även an-

vända program som t.ex. WeldCalc (SSAB) för att göra motsvarande beräkningar.

Ingemar har också undersökt hur olika typer av bågtyper påverkar svetsresultatet vid laserhybridsvetsning och visade intressanta höghastighetsfilmer som beskriver detta. Han beräknar att bli klar med sin doktorsexamen i juni och sedan tänker han försöka hitta något intressant forskningsarbete inom industrin.

Standardisering ger kostnads-effektiv svetsprovning

Biltillverkare världen över har sedan länge anammat lasersvetsning som en högproduktiv och kvalitets-

säker process för svetsning av karosser, drivlina och andra detaljer. För att kvalitetssäkra sina svetsar så utförs mycket utvecklingsarbete inom svetsning och det innebär ett stort arbete för varje biltillverkare. För att rationalisera detta arbete har ett flertal ledande biltillverkare och materialleverantörer utvecklat och enats om en gemensam metodik och regelverk för utvärdering av lasersvetsbarheten för olika material och fogtyper, berättade Johnny K. Larsson, Volvo Cars. Dessa finns samlade hos Verlag StalEisen som regelverk eller tekniska guidelines för hur provning ska ske. Regelverket för lasersvetsning finns i Stahl Ei-



Anders Ohlsson, ansvarig för avdelningen för Fogning och Termisk skärning vid SSAB i Borlänge var värd för Laserdagen.



Ingemar Eriksson, doktorand vid Luleå tekniska universitet berättade om lasersvetsning av höghållfast stål.

sen Prüfblätter, SEP 1220-3 och kan hittas via StahlEisens hemsida, www.stahleisen.de. Regelverket innehåller t.ex. procedurer för hur man ska förfara för att bestämma maximal svetshastighet eller testa ett materials benägenhet för varmsprickbildning. Genom detta kan de som deltar i samarbetet utbyta resultat och erfarenheter som är jämförbara. Volvo Cars sparar ca tre miljoner/år på detta samarbete. Samarbetet ger också en möjlighet att påverka standardisering och "lobba" för EU-projekt avslutar Johnny Larsson.

Laserskärning med robot utvecklas

Inom laserskärning av tunnplåt så kommer de s.k. 1µm lasrarna starkt, berättade Ulf Sandström, Permana Lasersystem AB och det gäller även 3D-skärning. Dessa lasrar har högre verkningsgrad, högre absorption vilket ger högre skärhastighet och lägre driftskostnader. Inom en snar framtid så kommer 50-75% av alla 3D-maskiner att vara utrustade med dessa lasrar enligt Ulf.

Vilka är då för-respektive nackdelar med robot jämfört med en 5-axlig maskin? Ulf menar att industriroboten har sämre noggrannhet i banföljningen, inte konstant skärhastighet och att komplicerade geometrier ger lägre hastighet. På plussidan finns flexibiliteten, enkelhet att integrera roboten i ett flöde, och att repeter-noggrannheten är tillräckligt bra. Skärhastigheten och snittkvaliteten blir ungefär detsamma för industrirobot och en 5-axlig maskin.



Ulf Sandström, vd för Permana Lasersystem AB, redogjorde för tester av noggrannheten vid laserskärning med robot.

Permanova Lasersystem har utfört tester för att ta reda på den verkliga noggrannheten i en Permaflex robotcell. Positioneringsnoggrannheten låg på +0.05 mm till -0,03 mm medan banföljningsnoggrannheten varierade med hastigheten och man uppmätte den till mellan 0.1mm och 0,56 mm (1.6 m/min).

Man utförde också en 3D-test genom att rista med laser och sedan mäta spårbredden vilken blev maximalt ca 0.5 mm med många axlar i rörelse. Den programmerade hastigheten var här 40 m/min medan den verkliga uppmättes till ca 26 m/min.

– Det finns flera intressanta situationer för en robotlösning. Vi har en kombinerad process med svetsning – skärning med verktygsväxling; inline-produktion där roboten utgör en station eller flera skärrobotar i en line, avslutar Ulf Sandström.

Presshårdade komponenter ökar kraftigt

Presshårdade detaljer har slagit stort inom bilindustrin, berättade Jan Jonasson, Sr. Area Sales Manager vid AP&T AB. Tekniken gör det möjligt att till konkurrenskraftiga kostnader tillverka starka och lätta detaljer som chassikomponenter och säkerhetskomponenter till bilar. University of Kassel beräknar att år 2012 så fanns ett behov av 350 miljoner detaljer och år 2013 ca 500 miljoner detaljer. Kapaciteten i världen var dock bara ca 200 miljoner detaljer per år 2012 och beräknas till 250 miljoner detaljer 2013.

Typiska detaljer som presshårdas är sidokrockskydd i dörrar, stöt-



Jan Jonasson, AP&T AB visar en presshårdad komponent.

fångare, B-stolpar och på senare tid också andra komplicerade chassikomponenter som golv tunnlar och bakaxlar.

I princip är processen ganska enkel: plåt i borstål värms till austenitområdet (ca 950 grader) och förs sedan in i pressverktyget där det kyls under pressningen och bildar martensitiskt stål med hög hållfasthet.

– Men processen har många parametrar som gör den komplex, säger Jan Jonasson. Man måste hålla koll på materialet, processen med värmning och kylning, volymerna som ska tillverkas, samt de lokala förhållandena och ekonomin.

En traditionell presshärtningsline kan ha måtten 45x 10 m och innehåller ämnesinmatning, rullugn, press och utmatning. Typisk cykeltid är ca 10 s och man har ett avstånd på ca 1600 mm mellan plåtarna. Värmning sker under 330 s vilket ger en 52 m lång ugn. Men AP&T, som utvecklar och säljer kompletta presshärtningslinjer, har utvecklat en ny typ av line som bara kräver halva längden genom en ny ugnslösning av "höglager-typ" där plåten hanteras med gaffelmatare. Man har också lyckats sänka cykeltiden till 5-6 sekunder.

Verktygen byggs i sektioner som modulära verktygssatser av högkvalitativa verktygsstål och de är vattenkylda. Man försöker placera kylkanalerna så nära ytan som möjligt för att få god kylning men dock inte närmare än att man kan fräsa om verktyget en gång eftersom det slits.

Trimning av de pressade plåtdetaljerna sker oftast genom laserskärning.

SAAB först med presshårdande krockskydd

Presshårdning är en relativt ung teknik och den uppfanns 1973 vid Luleå teknisk universitet tillsammans med dåvarande NJA som fick patent på processen. Det första kommersiella projektet lanserades 1975, men det dröjde till 1984 innan SAAB som första biltillverkare utvecklade ett sidokrockskydd i hårdat borstål till dörrarna i en av sina modeller. Ford lanserade så 1991 en stötfångare i hårdat borstål och sedan har det rullat på. Processtekniken utveck-

lades till en början inom NJA men sedan under SSAB tiden bildades dotterbolaget SSAB Hardtech i Luleå, som sedan vidareutvecklade tekniken och marknaden. Man startade också en produktionsenhet i USA för den amerikanska marknaden. Företaget såldes sedan till Gesamp Automoción och heter nu Gestamp Hardtech AB.

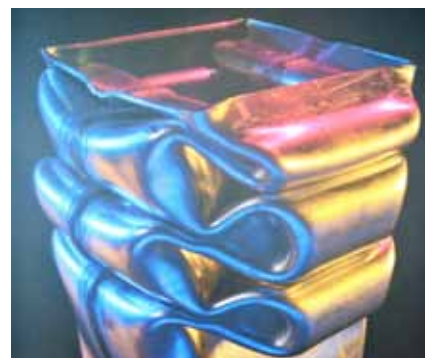
Laserskärningen utvecklas och minskar kostnader

Michael Fritz, Trumpf Laser & Systemtechnik GmbH arbetar world-wide inom området laserbearbetning av varmformade (presshårdade) detaljer. En applikation för laser är att avlägsna AISi-skikt som påförs i tjockleken 10-20 µm som korrosionsskydd på plåt för Tailor Blanks. Beläggningen skapar problem med svetskvaliteten så den bör avlägsnas helt innan svetsning. Trumpf har utvecklat en process för detta, där man använder en pulsad laser TruMicro



Michael Fritz, Trumpf Laser & Systemtechnik GmbH berättade om laserbearbetning av varmformade detaljer.

som med 12 m/min tar bort AISi-skiktet i svetslinjen som går med 6 m/min. Pulstiden är 30 ns och genom en speciell fokuseringsoptik som ger en rektangulär stråle så avlägsnas 2 mm per pass. Man använder en konstant pulstid och överlappande pulser för att få plåten ren från beläggningen. Med denna teknik så kan man avverka mer än 5 cm²/s.



Presshårdade detaljer kan deformeras kraftigt och tar då upp mycket energi. Bild: SSAB

3D-laserskärning används standardmässigt för att renskära presshårdade detaljer eftersom de har sådan hög hårdhet att stansning ger mycket höga krafter och stort verktygsslitage. Typiskt används N₂ som skärgas för att få hög skärhastighet och oxidfria snittytor. Maskinerna kan vara utrustade med motoriserade skärhuvuden som kan ändra fokalposition automatiskt när man byter plåttjocklek. "Fast Line Piercing" är en teknik som sparar tid (0.2s/hål) och som sker "on-the-fly". Som exempel kan man spara 40% i tid på en detalj med denna teknik.

TruLaserCell 8030 är en maskin som introducerades 2010 speciellt för 3D-skärning av massproducerade komponenter. Utvecklingen på maskinsidan har gått snabbt så en detalj som 2005 tog 120 sekunder att skära ut klaras 2011 på 47 sekunder (39% av tiden) samt att materialhanteringen är förbättrad. Det finns också sensorer för övervakning som kontrollerar att detaljen verkligen skärs ut. Maskinen kan utrustas med robot som sköter laddning och lossning av komponenter.

– Utvecklingen av lasertekniken har inneburit en kostnadsreduktion för renskärning av presshårdade detaljer som är större än 40% avslutar Michael Fritz.

Anders Ohlsson avslutade sedan presentationerna med att berätta om en del av deras arbete med lasersvetsning av höghållfast stål. Sedan följde en rundfärd i SSAB anläggning.

LaserGruppen vill tacka för en intressant dag och en lärorik rundvandring.



Del av presshårdningsline samt presshårdningsverktyg. Bild: AP&T



Presshårdade detaljer: Överst bakaxel, längst ner t.v. golvttunnel och t.h. stötfångare. Bilder: AP&T



TruLaserCell 8030 används för renskärning av presshårdade komponenter. Renskärning av presshårdad B-stolpe med laser.

Svenskt Stål AB

– för en starkare, lättare och mer hållbar värld

SSAB är en ledande producent av höghållfasta stål. Bolaget har en råstålskapacitet om 6 miljoner ton. Av leveranserna utgör nischprodukter – de höghållfasta stålen – omkring 37% av de totala leveranserna. Målet är att öka andelen höghållfasta stål till 50% år 2015. De övriga volymerna utgörs av ordinära stål. SSAB har produktionsanläggningar i Sverige och i USA. I Kina sker också bearbetning och färdigställning av de olika stålprodukterna. I Sverige är produktionen integrerad i en masugnsprocess och i USA är produktionen skrotbaserad och sker i ljusbågsugnar.

SSAB har omkring 9 000 anställda i 45 länder. 2012 uppgick SSABs försäljning till 38,9 miljarder kronor.

SSABs höghållfasta stål säljs över hela världen. De höghållfasta stålen bidrar till att slutprodukterna har en reducerad vikt jämfört med om ordinära stål används. Dessutom ökar styrkan och livslängden förlängs. De höghållfasta stålen marknadsförs under varumärkena Domex, Docol, Prelaq, Hardox, Weldox, ArmoX och Toolox.

SSAB är en ledande aktör på sina hemmamarknader i Norden och Nordamerika. I Norden är SSAB den ledande leverantören av tunnplåt och i Nordamerika den ledande leverantören av grovplåt.

SSABs verksamhet delas in i tre geografiska affärsområden:

- SSAB EMEA – Europa, Mellanöstern och Afrika
- SSAB Americas – Nord- och Latinamerika
- SSAB APAC – Asien, Australien och Nya Zeeland.

Ståldistributören Tibnor är ett helägt dotterbolag till SSAB.

SSAB är noterat på NASDAQ OMX Nordic Exchange, Stockholm.



SSAB arbetar med kunderna i fokus. Anders Ivarsson arbetar inom SSAB EMEA:s kundsupport.

SSAB EMEA

SSAB EMEA är en världsledande producent av kylda stål och avancerade höghållfasta stål.

SSAB är också Nordens ledande tillverkare av ordinär tunnplåt. SSAB EMEAs tillverkning sker i Sverige. Råstål produceras i stålverken i Luleå och Oxelösund. I Oxelösund vidareförädlas stålämnen till grovplåt och i Borlänge produceras tunnplåt från stålämnen som tillverkats i Luleå. SSAB bedriver omfattande forskning på flera av sina verksamhetsorter för att ligga i framkant när det gäller utveckling av nya stålsorter. SSAB EMEAs råstålskapacitet uppgår till omkring 3,5 miljoner ton.

SSAB Americas

SSAB Americas är den ledande leverantören av grovplåt och bandprodukter i Nord- och Latinamerika.

Tillverkningen sker i två stålverk i USA, i Mobile och Montpelier.

Bearbetning av stålet görs också i Houston, St Paul och i Montreal. I Montpelier ligger även SSAB Americas forskningscenter.

SSAB Americas råstålskapacitet uppgår till omkring 2,5 miljoner ton.

SSAB APAC

SSAB APAC marknadsför och säljer SSABs höghållfasta stål.

Stålet skeppas från Sverige till färdigställningslinjen i Kunshan, utanför Shanghai, där det bearbetas innan det når kund. I Kunshan invigdes ett forskningscenter under 2011.

Tibnor

Tibnor är ett helägt dotterbolag till SSAB och Sveriges ledande ståldistributör.

Tibnor säljer dels stål som producerats av SSAB, men också andra produkter som t.ex. balkar och profiler, armeringsjärn, ordinär grovplåt, rostfritt stål och legeringar. ■

Affärsområdets andel av koncernens totala

	Försäljning 2012 (%)	EBITDA 2012 (%)	Andel anställda 2012 (%)
SSAB EMEA	38	12	72
SSAB Americas	41	75	16
SSAB APAC	6	7	2
Tibnor	15	6	9

Nya standarder för laserhybridsvetsning på gång

Mathias Lundin, Svetskommissionen

Standardisering IIW

International Institute of Welding, IIW, har sedan 1986 genom ett avtal med ISO rätt att utveckla ISO-standarder. Ett flertal ISO-standarder för bland annat tillsatsmaterial, motståndssvetsning, friktionsomrörningssvetsning och provning har tagits fram genom åren.

En fördel med standardisering inom IIW är att organisationen drar till sig stor spetskompetens inom de flesta områden av svetsning, och som kan bidra till innehållet i standarder.

Aktiviteterna koordineras inom IIW av arbetsgruppen IIW-STAND där undertecknad blev utsedd som ordförande vid årsmötet i somras (2012).

Hybridsvetsning

Tre standarder för laser-båg-hybridsvetsning är under slutförande och planeras att publiceras under våren.

prEN ISO 12932 behandlar kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser, vad vi i folkmun också kallar "svetsklasser". Standarden är uppbyggd som EN ISO 5817 (för smältsvetsning, ej strålsvetsning, av stål och nickel) med en lista över typer av diskontinuiteter samt med tre kvalitetsnivåer B, C och D, där B anger de högsta kraven för storlek och förekomst av respektive diskontinuitet. En diskontinuitet blir

alltså inget svetsfel förrän det ställda kravet överskrids. Standarderna för kvalitetsnivåer för svetsar är s.k. "workmanship standards" och speglar därmed "det man kan åstadkomma med metoden" i tre olika nivåer. Om man tillämpar standarden för bedömning av konstruktionens hållfasthet och livslängd skiljer sig alltså standarderna åt. I prEN ISO 12932 har man t.ex. undantagit hänsyn till fattningskanten, vilket vi från svensk sida motsatt oss. Revisionen av EN ISO 5817, som pågår, skärper kraven på t.ex. fattningskanten för utmattningsbelastade konstruktioner.

De två övriga standarderna behandlar svetsprocedurer. Principen och uppbyggnaden liknar i allt väsentligt del 1 av respektive standard.

prEN ISO 15609-6 anger hur ett svetsdatablad ("WPS") ska vara utformat. Huvudparametrarna skiljer sig något jämfört med exempelvis vanlig bågsvetsning. T.ex. omfattas laserstrålens effekt vid arbetsstycket, laserstrålens och bågens position i förhållande till framföringsriktningen samt avstånd, pulsparametrar för laserstrålen etc.

prEN ISO 15614-14 beskriver hur svetsprocedurkontroll för laser-båg-hybridsvetsning av stål, nickel och nickellegeringar utförs. Svetsning av ett standardiserat provstycke sker efter ett preliminärt svetsdatablad.

Jämfört med del 1 har även ett provstycke för hörnförband lagts till. Provstycket genomgår angiven OFP och delas sedan upp i provstavar för mekanisk provning. Ett svetsprocedurprotokoll ("WPQR") upprättas som, om angivna acceptanskrav uppfylls, inom sitt giltighetsområde för respektive huvudparameter kan kvalificera de svetsdatablad man behöver upprätta som detaljunderlag för produktionen.

För övrigt är det intressant att notera terminologin kring vad som är "hybridsvetsning". Detta definieras som "två eller flera smältsvetsmetoder som samverkar i ett enda smältbad". Detta skiljer sig alltså från en s.k. "kombinerad metod" (en. "combined process") där minst två smältbad förekommer som är helt åtskilda av material i fast fas. ■

Mer information om svetsstandard finns på www.svets.se/standard. Som medlem i Svetskommissionen och SIS är du (ditt företag) välkommen att medverka i någon Arbetsgrupp standardisering, AGS, och även som svensk representant eller expert i de europeiska eller internationella grupperna. Detta ger god kunskap och påverkansmöjligheter med tillgång till standarder, förslag och ett kunnigt nätverk.

Change your mindset

Konstruera smart – tjäna pengar



Hans Engström Luleå tekniska universitet

LaserGruppens nya seminarium om konstruktion för laserbearbetning sjuöskades hos Bystronic Scandinavia i Rosersberg den 31 oktober. Vi vänder nu oss till beslutsfattare inom industrin, men också som tidigare konstruktörer och produktionstekniker, och vill med många exempel visa på laserteknikens tekniska och ekonomiska fördelar. Värd för dagen var Johan Elster, affärsområdeschef för Bystronic Nordeuropa, UK och Nordamerika.

Programmet innehöll som tidigare föredrag av de välkända laserrävarna Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB, Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB, Johan Elster, Bystronic, Johnny K. Larsson, Volvo Cars samt undertecknad.

Tore Salmi gick igenom en del fundamenta kring lasersvetsning och presenterade flera lyckade systemexempel med laser. Han presenterade också en lite annorlunda jämförelse mellan laser och konventionella svetsmetoder; med TIG svetsning så kan man svetsa 3.75 m/kWh medan motsvarande värde för lasersvetsning är 23.7 m/kWh, alltså cirka 6 gånger mindre energiförbrukning.

Koncepttänk sparar pengar

Hubert Wilbs pratade om "Multi-funktionell plåtbearbetning" och visade med tydliga exempel på de konkurrensfördelar som man kan uppnå med en "laserstans" typ Trumatic 7000 FMC. Med en sådan maskin kan man i en uppspanning stansa, forma, gänga, försänka, grada, prägla och märka en detalj i upp till 8 mm tjocklek, som sedan skärs ut. Detta koncepttänk ger naturligtvis betydande kostnadsbesparingar och nya affärsmöjligheter.

Hubert återkom också till temat "Processkedja plåt" med idén att tillverka en komplett produkt genom 2D-laserskärning, stansning, bock-

ning, 3D-lasersvetsning och slutligen lasermärkning. Detta koncept är användbart bland legotillverkare, livsmedelsindustrin, medicinteknisk industri och möbel och bygg.

Men införandet av lasersvetsning går trögt i Sverige där det finns 2-3 lasersvetsceller hos plåtunderleverantörerna medan det finns ett 30-tal i Polen!



Bild 1.

Johan Elster, Bystronic var värd för Laserseminariet "Konstruera smart – tjäna pengar" hos Bystronic Scandinavia i Rosersberg. Här demonstrerar han den nya Bystronic Autonom 3015 som är byggd för att "klara sig själv".



Bild 2.

Exempel på detalj som har passerat processkedja plåt, alltså en laserskuren, bockad, lasersvetsad och lasermärkt komponent.



Bild 3.

Exempel på hur smart konstruktion för laserbearbetning kan ge stora kostnadsbesparingar.

Överst. Massiv fräst detalj ersatt med laserskuren och bockad.

Nederst. Laserskuren och bockad detalj.



Bild 4.
I den nya utställningshallen hos Bystronic Scandinavia demonstreras maskiner ur deras produktprogram.



Bild 5.
BySprint 4020 med 4 kW fiberlaser skar 10 mm stålplåt, 8 mm rostfritt stål och aluminium med bra resultat.



Bild 6.
Jämförelse mellan laserskurna detaljer; CO₂-laser t.v. och 4 kW fiberlaser t.h.

Här betonade Hubert särskilt vikten av ett effektivt informationsflöde i processkedjan.

– Tekniken finns! Den ger nya konkurrensfördelar och affärsmöjligheter, men det finns fortfarande få anläggningar i Sverige. Kanske är vi för rädda att investera, avslutar Hubert Wilbs.

Johnny K. Larsson berättade bl.a. att den nya Volvo V60 innehåller 10 m lasersvets. Där svetsas takskarv, vindrutebalk, bakkanten på taket, A- och B-stolpe samt bottensväl-lare med laser. I framtiden förutspår Johnny att fjärrlasersvetsning kommer att öka.

Johan Elster, Bystronic visade sedan många exempel på hur man med smart konstruktion anpassad för laserskärning och böckning kan tillverka mycket komplicerade komponenter utan svetsning eller annan sammanfogning.

Bystronic Scandinavia i nya lokaler

Bystronic Scandinavia har nyss flyttat in i nya egna lokaler i Rosersberg där man har en stor utställningshall för sina maskiner. Vi fick se den nya Bystronic Autonom med 6 kW CO₂-laser, som har övervakning av många



Bild 7.
Steffan Wallén och Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB, studerar intensivt laserskärningen i BySprint 4020 med 4 kW fiberlaser.

vitala funktioner och som åtgärdar det som tekniskt sett är möjligt. Den byter också skärhuvud och skär-munstycken helt automatiskt.

Man visade också en BySprint Fiber 4020 med 4 kW fiberlaser

Change your mindset

LaserGruppens arrangemang ger möjlighet att träffa kollegor och konkurrenter och skapar förbröd-ring i arbetet med att propagera för ökad användning av laserteknik.

Men det behövs nog att många följer Bystronic's slogan "Change your mindset" för att vi ska få en högre takt i införandet av lasersvetsning i Sverige.

Slutsats:

Konstruera smart och tjäna pengar! Här ger lasertekniken möjligheter som bara begränsas av din fantasi!

Högsta internationella kvalitet är målet

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Luleå tekniska universitet har arbetat med industriell laserforskning i snart 33 år.

Sedan några år tillbaka är lasersvetsning är högt prioriterat inom forskargruppen.

– Vi vill nå högsta internationella kvalitet i vår forskning och därför måste vi koncentrera oss. Inom lasersvetsning finns så mycket spännande att upptäcka och utveckla och ett stort behov från industrin, säger Alexander Kaplan, professor vid Avdelningen för Produkt- och produktionsutveckling som leder arbetet inom området.

Vid LTU finns en lång tradition att arbeta med att utveckla lasersvetsning. Redan 1979 så började arbetet inom det första ramprogrammet som lanserades av Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) för att utveckla laserbearbetning i Sverige. Sen dess har åtta doktorer examinerats inom lasersvetsning och otaliga artiklar publicerats.

Publicering betyder mest

I den akademiska/vetenskapliga världen där laserforskningen vid LTU hör hemma, är publicering av resultat i vetenskapliga tidskrifter och vid konferenser det som betyder mest och efter hur vi lyckas med detta bedöms vi av vår akademiska omvärld och våra finansiärer. För att vara en så relativt liten forskargrupp så är produktionen av ”papers” hög, och antalet publikationer varierar mellan cirka 9 till 20 där vi i genomsnitt har 20 publikationer det år som NO-LAMP och en del andra ”bi-annual” konferenser går. Övriga år så ligger antalet på cirka 10 stycken, **bild 1b**.

På senare år har vi också lyckats med publikationer i en variation av betydelsefulla vetenskapliga tidskrifter som ”Applied Surface Science”, Applied Physics Letter” Optical Engineering med flera.

Tredje uppgiften

Men vi också arbetar mycket med den s.k. tredje uppgiften, samverkan med vår omvärld, vilket i vårt fall betyder en hel applikationsutveckling mot industrin och att sprida kunskap om lasertekniken vid olika evenemang i Sverige och Norden.

Genom åren har också många företag testat och utvecklat lasersvetsning i laserlaboratoriet vid LTU.

Det kanske mest framgångsrika utvecklingsarbetet som genomförts inom laser vid LTU under åren kan vara utveckling av lasersvetsningen av bakaxlar tillsammans med Ferruform AB (Scania) i Luleå, **bild 2**. Arbetet pågick under cirka fem år och startade med svetsning av provbitar fram till att Ferruform tog svetsanläggningen i drift 2004. Arbetet resulterade i ett patent som Scania äger med forskare vid LTU och Ferruform som uppfinnare. Samarbetet finns fortfarande men är nu sedan några år tillbaka inriktat på att utveckla laserhybridsvetsning där just nu EU-projektet ”HYBRO” pågår.



Bild 1.

Alexander Kaplan, professor och forskningsledare för laserbearbetningen vid Luleå tekniska universitet.

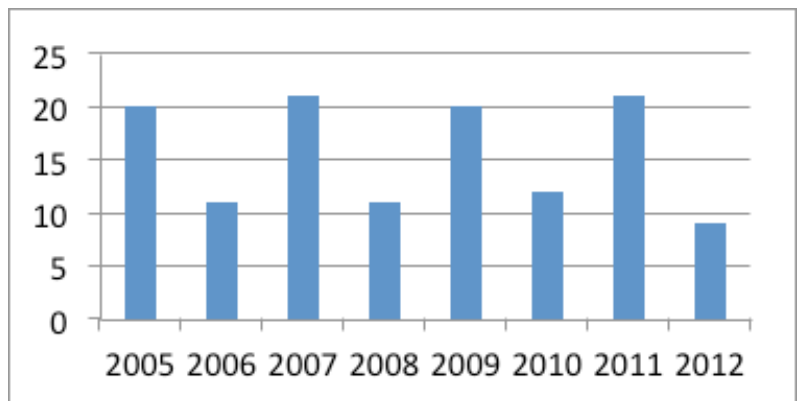


Bild 1b.

Antalet publikationer i vetenskapliga tidskrifter och vid konferenser från laserforskningen vid LTU.

Bred forskning inom lasersvetsning

Laserforskningen idag spänner över ett brett område från rent vetenskapliga projekt till implementeringsprojekt i industri, bild 3. I samtliga projekt deltar industriföretag i arbetet. Laserforskningen vid LTU omsätter cirka 5-7 miljoner kronor per år.

I forskningsarbetet så används simulering av lasersvetsprocessen regelbundet för teoribildning och prediktering av processresultat. Både semi-analytiska modeller och Finit-Element simulering (FEM) används. Höghastighetsfilmning har utvecklats som ett extremt värdefullt verktyg att studera laserprocesserna och vi använder tekniken regelbundet för att dokumentera och analysera svetsförloppen.

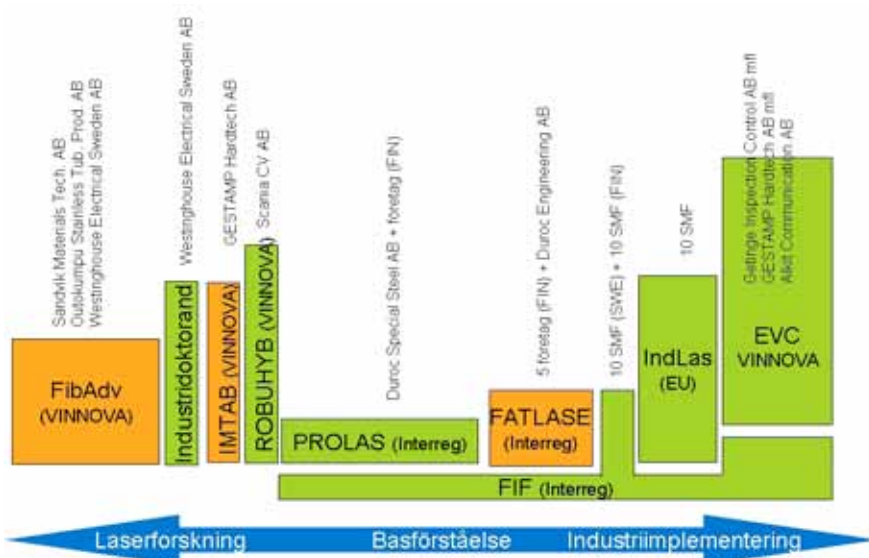


Bild 3. Forskningsprojekt inom laser vid LTU i början av 2012. Sedan dess har flera projekt tillkommit.

Världsunik upptäckt med höghastighetsfilmning

Ingemar Eriksson, doktorand vid avdelningen för Produkt- och produktionsutveckling, har för första gången lyckats filma smältförloppet vid nyckelhålets främre vägg vid lasersvetsning och kunnat analysera flödet och hastigheten på smältans rörelse nedåt längs väggen, bild 4. Genom att zooma in på nyckelhålets framkant kunde ytstrukturen inuti nyckelhålet avbildas. På videofilmerna går det tydligt se att ett kontinuerligt neråtgående flöde på nyckelhålets framkant när man svetsar vid lite högre hastighet. Genom

en egenutvecklad algoritm kunde flödes hastigheten mätas och analyseras och det visar sig att flödet på nyckelhålets front är proportionellt mot lasersereffekten.

– Vid filmningen så använder vi moderna kameror som kan ge upp till 180 000 bilder per sekund och belysningslaser för att se processen utan att störas av ljuset som processen ger, berättar Ingemar.

Man kan titta på filmen via denna länk: <http://dx.doi.org/10.1117/1.3502567> som går till tidskriften Optical Engineering och sedan klicka

vidare på länkarna under rubriken Multimedia. Där kan man också ladda ner artikeln i sin helhet.

– Vi har publicerat resultaten i två vetenskapliga tidskrifter och både vid NOLAMP 2011 och ICALEO 2011. Många tycker att resultaten är mycket intressanta eftersom flera forskare har försökt visa detta tidigare bl.a. genom röntgen och ”svetsning” i is med CO₂- laser. Men detta är alltså första gången vi verkligen kan visa vad som händer i nyckelhålets framkant och dessutom mäta flödes hastigheten.



Bild 2. Lasersvetsning av bakaxlar sker nu i en helautomatiserad anläggning hos Ferrufrom AB i Luleå efter ett långvarigt samarbete med LTU. Bilden visar bryggan med axeltappar och pilarna indikerar svetsarnas läge.

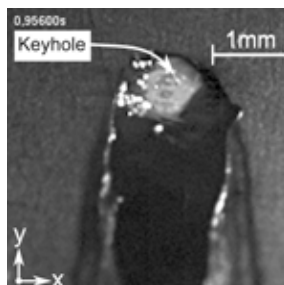


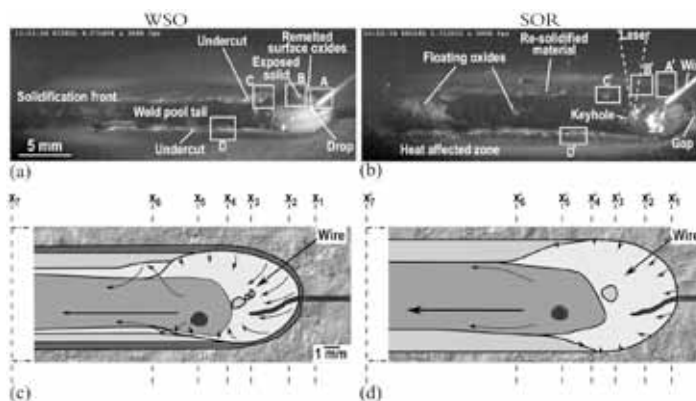
Bild 4. Bild från höghastighetsfilmning av nyckelhålets framkant vid lasersvetsning och en glad Ingemar Erikson vid sin licentiatexamen.



– Resultaten hjälper till att öka förståelsen av lasersvetsprocessen vid höga svets hastigheter. Nu funderar vi på hur vi ska fortsätta forskningen för att ytterligare öka kunskapen.

Ingemar arbetar nu mot att ta sin doktorsexamen i juni 2013.

– Jag tycker det skulle vara intressant att fortsätta forska men då gärna inom industrin, avslutar Ingemar Eriksson.



Orsaker till svetsdiken avslöjade

Jan Karlsson, även han doktorand vid avdelningen, har med hjälp av höghastighetsfilmning kunnat lämna en förklaring till varför det bildas småtdiken vid till exempel laserhybridsvetsning, bild 5, och hur ytoxiderna på plåten som svetsas inverkar på svetsprocessen och svetsresultatet.

Även detta arbete avslöjar fenomen som inte tidigare har blivit klarlagda och förstådda.

– Det är ju självklart viktigt att i grunden förstå vad som orsakar problem som svetsdiken för att kunna eliminera dessa. Den nya kunskapen har lett till att vi nu uppnår bättre svetsresultat i våra projekt. Det har även påverkat industripartners som nu strävar efter att övergå till oxidfria ytor vid svetsning, säger Jan Karlsson.

Jan Karlsson arbetar också med att systematisera och generalisera kunskap om laserhybridsvetsning för att göra den mera överskådlig



Bild 5.

Jan Karlsson, doktorand vid avdelningen för Produkt- och produktionsutveckling har med hjälp av höghastighetsfilmning utvecklat en förklaring till varför svetsdiken bildas vid laserhybridsvetsning och hur inverkan av ytoxiderna påverkar svetsförloppet.

och lättillgänglig och har också publicerat flera artiklar inom området. Jan planerar att ta sin doktorsexamen våren 2014 inom området laserhybridsvetsning av tjockt konstruktionsstål.

Simulering viktigt hjälpmedel

Simulering är som tidigare nämnts ett verktyg för att förstå lasersvetsprocessen och svetsarnas egenskaper. Minhaj Alam, nybliven doktor vid avdelningen för Produkt- och produktionsutveckling, har bl.a. visat

att de ytrippler som bildas vid lasersvetsning ger upphov till spänningskoncentrationer, bild 6, vilket kan inverka negativt på utmattningshållfastheten. Ripplerna kan också styra riktningen på sprickutbredningen.

Tre nya doktorander

Laserforskningen är nu inne i en expansiv fas genom att flera nya större projekt har skapats och i samband med detta så har tre nya doktorander anställts under hösten 2012, bild 7. Jesper Sundqvist kommer att arbeta

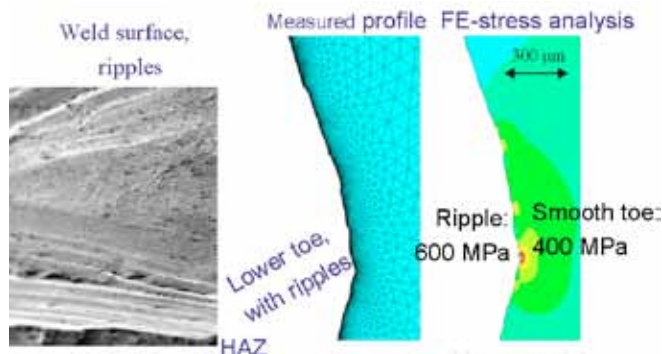


Bild 6.

Lasersvetsning ger upphov till karakteristiska ytrippler. Minhaj Alam har med hjälp av FEM-simulering visat att dessa skapar spänningskoncentrationer vilket kan inverka negativt på utmattningshållfastheten i svetsen. T.h. Minhaj "spikar" sin doktorsavhandling i december 2012 vid LTU's bibliotek.



med projektet PROLAS, som syftar till att vidareutveckla lasersvetsstekniken för höghållfasta stål med speciellt fokus på utmattningshållfasthet. Han är en LTU-student och har gått den produktionstekniska avslutningen inom maskinprogrammet och efter det arbetat en period hos Partab i Kalix.

Jetro Pocorni, kommer ursprungligen från Surinam och har tagit sin MSc vid Twente University. Han kommer att arbeta med laserskärning inom EU-projektet HALO.

Ramiz Matti har tidigare arbetat som universitetslärare i Irak och hans arbetsområde blir också laserskärning inom HALO-projektet till att börja med.

Modernisering av industrin

Lasersvetsforskningen har de senaste åren breddats mot implementering i företagen bland annat genom de regionala projekt som har skapats.

– Det känns bra med dessa projekt, säger Alexander Kaplan. Det ger en helhetsbild och breddning av våra kunskaper. Industrin har också behov att vi ser svetsningen i ett större perspektiv.

– I framtiden vill vi ytterligare stärka oss för att möta industrins behov och vi vill gärna medverka till en kraftfull modernisering av industrin inom svetsområdet. Här ser vi bland annat diodlasern som en viktig laserkälla för framtiden och den kan få en avgörande betydelse för svetssteknikens utveckling, avslutar Alexander Kaplan.

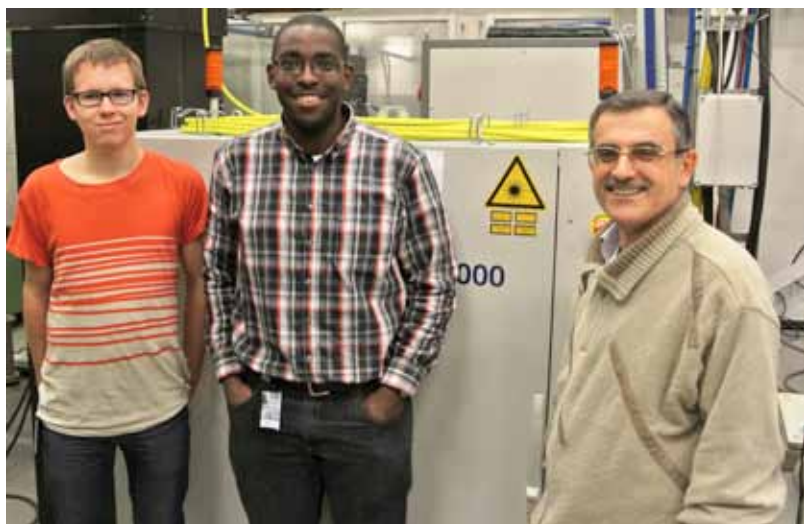


Bild 7.

Fr.v. Jesper Sundqvist, Jetro Pocorni och Ramiz Matti vid den 15 kW fiberlaser som är hjärtat i LTU:s laserlaboratorium

Kort information om de pågående projekten:

PROLAS – Process Optimization of Laser Welding and Fatigue Behaviour of High Strength Steels using High Power Fiber- and Disc Lasers

Projektet syftar till att utveckla lasersvetsning av höghållfasta stål och bidra till ökad användning av lasersvetsning i norra Sverige och norra Finland. Speciellt studeras utmattningsegenskaper hos lasersvetsade fogar som framställts med disk- och fiberlaser.

Partners: LTU, Oulo University samt regionala företag (EU Interreg IVA Nord).

FATLAS – Fatigue durability of laser clad components

Projektet ska öka kunskapen om utmattningsegenskaper hos laserpåsvetsade ytor och att öka användningen av metoden i norra Sverige och norra Finland.

Partners: Mellersta Österbottens Yrkehögskola/CENTRIA Forskning och Utveckling, LTU samt regionala företag. (EU Interreg IV A Nord)

IndLas – Industriell laserteknik för ökad konkurrenskraft hos tillverkande företag i Norr- och Västerbotten

Projektet ska sprida kunskap om laserbearbetning i Norr- och Västerbotten och på sikt bidra till ökad konkurrenskraft hos tillverkande företag genom att öka användningen av laserbearbetning. Men också att skapa ny kunskap genom utveckling av intressanta industriella laserprocesser hos företagen och att utveckla laserverksamheten vid LTU.

Partners: LTU samt regionala företag (EU Strukturfonder)

FIF – Forum for the Industrial Future

Här ska en agenda utvecklas för att öka industrins konkurrensförmåga i norra Sverige och norra Finland genom bättre och vassare svetssteknik. Delar av agendan ska efterhand implementeras och utprovas i de deltagande företagen. *Partners:* LTU, Oulo University samt 20 regionala företag. (EU Interreg IV A Nord)

EVK – Effektiva Värdekedjor för framtagning av premiumprodukter

Här ska värdekedjan för två olika företag i olika branschen effektiviseras. En holistisk IT-plattform anpassad till människors planeringsbeteenden ska utvecklas. Med den ska experter från olika discipliner och fabriker gemensamt utveckla dellösningar som integreras i IT-plattformen. Detta ska leda till avancerad framtagning av premiumprodukter, provning och implementering.

Partners: LTU, Chalmers samt företag.

(VINNOVA Utmaningsdriven Innovation 2011)

HYBRO – Safe Laser Hybrid Welding of Structural Steel by Robust Systems

Den övergripande målsättningen är att utveckla en systematisk metod som möjliggör robust laserhybridsvetsning med 1 mikrometer laser för att erhålla säkra stålkonstruktioner.

Projektet har dessa delmål:

- Fullständig kvalitetsspårning tillbaka till sitt ursprung
- Stort, robust processfönster för 1 mikrometer laserhybridsvetsning
- Två olika storskaliga demonstratorer av hög kvalitet
- Systematisk hantering av data och kunskap

Projektet finansieras av EU:s Research Fund for Coal and Steel. Deltagare är bl.a Scania CV AB, Fronius International GmbH och Luleå tekniska universitet.

COLA – Coaxially Laser Assisted Cold Spray

COLA är ett EU-projekt inom ramen för 7:e ramprogrammet (Infrastructures) och ska pågå tom november 2014. Projektet fokuserar på MRO- (Maintenance, Repair, Overhaul) industrin inom aerospace. I projektet ska man utveckla och kommersialisera en ny kostnadseffektiv laserassisterad kallsprutningsteknik för högkvalitativa reparationer inom aerospace. Där ingår också att utveckla ett nytt laserkallsprutningshuvud som ska kunna passa även befintliga kallsprutningssystem eller bli en del av nya system. Även ett on-line kvalitetsövervakningssystem för processen ska utvecklas.

Målen är att uppnå hög kvalitet på höpresterande beläggningar med ökad deponeringshastigheten jämfört med andra processer.

Projektet koordineras av TWI Ltd, UK och övriga deltagare är Tampere University of Technology, Cavitar Oy, Tampere, Putzier Oberflächentechnik GmbH, Leichlingen, Metalmark Engineering Ltd, Nottingham, TLS Technik GmbH & CO Spezialpulver KG och Luleå tekniska universitet.

HALO – High Power Adaptable Laser Beams for Materials Processing

HALO är ett projekt som finansieras av EU FP7-ICT och pågår till och med augusti 2015.

I projektet lasrar för materialbearbetning ska man utveckla den nästa generationen av materialbearbetnings lasrar som kommer att ha adaptiva stålar som kan optimeras för specifika processer. Dessa kommer att ge bättre bearbetningsresultat genom att använda hittills outnyttjade fördelar med fiber-guidade lasrar för skärning, piko-sekund lasrar med hög medeleffekt och pulsade lasrar med nya våglängder för precisionsskärning av tunna och spröda material.

Inom HALO kommer man bland annat att utveckla

- komponenter för adaptiva stålar och nya strålförmer
- nya koncept för adaptiva ”ihåliga” strålkällor med nya våglängder
- tekniker för formning av strålar
- processoptimering med hjälp av IT-baserade meta-modeller
- adaptiv laserskärning

Projektet koordineras av Gooch & Housego Ltd, UK, och övriga partners är Fraunhofer Gesellschaft zur Foerderung der Angewandten Forschung E.V. ; München, Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH+CO KG, Ditzingen, Trumpf Laser GmbH + Co KG, Schramberg, Vivid Components Ltd, Torquay, Synova SA, Ecublens, University of Southampton, och Luleå tekniska universitet.

AccessWeld

Projektet avser att locka fler elever i Europa till svetsutbildningar liknande de som numera finns vid svenska gymnasier. ACCESSWELD är ett Leonardo da Vinci projekt samfinansierat av EU-kommisionens program för livslångt lärande.

Mera information kan du hitta på projektets hemsida: <http://www.accessweld.net/projects.html>

Nyligen avslutade projekt

FiberTube Advanced

Både kvalitet och produktivitet vid tillverkning av rostfria rör har stor potential att förbättras genom laserbearbetning. Den nya fiberlasern möjliggör utmärkt precision och hög hastighet inom svetsning och skärning, vilket har framkommit i pilotprojektet ”FIBERTUBE”. Tekniken behöver dock utvecklas, instabilitetsfenomen bemästras, process och applikationsteknik måste också anpassas. Genom höghastighetsfilmning med mera ska utveckling ske för olika rörtillämpningar. Rörtillverkare, slutanvändare och institut deltar, för bästa processförståelse och implementering i industrin.

Partners: Swerea Kimab, LTU samt företag. (VINNOVA, Stålforskningsprogrammet)

IMTAB – Förbättrade skräddarsydda ämnen

Inom projektet förväntas en ny robust svetsprocess för ämnessvetsning av ämnen i UHS-stål utvecklas och då i synnerhet för ytbelagda kvalitéter. Den processteknik som utvecklas förväntas i huvudsak ge förbättrad kvalitet, bättre produktivitet och lägre kostnader samt lägre krav på toleranser för de ämnen som ska svetsas ihop i jämförelse med den teknik för ämnessvetsning som används idag. Formbarhet och krockegenskaper för svetsade ämnen förväntas också förbättras i jämförelse med konventionell teknik.

Partners: Swerea Kimab, LTU samt företag. (VINNOVA)

ROBUHYB – Robust Laserhybridsvetsning av fordonskomponenter:

Projektet syftar till betydligt ökad produktivitet i komponenttillverkningen hos Scania och ska långsiktigt stärka Scantias konkurrenskraft. Det ska också ge möjligheter till avancerad produktutveckling, speciellt lättviktskonstruktion genom användande av stål med högre hållfasthet. Dessutom är hybridsvetsning miljövänlig på grund av mindre el- och materialförbrukning och viktminskning.

Partners: LTU, Scania CV AB, Ferruform AB (VINNOVA, FFI)





Nya fiberlasrar och alternativa bearbetningsväglängder uppmärksammades vid 2012 års

Lasers for Manufacturing Event



I oktober i fjol hade jag förmånen att få närvara vid den andra upplagan av Lasers for Manufacturing Event [LME™] som arrangerades av Laser Institute of America [LIA]. Efter 2011 års lyckade arrangemang av denna nordamerikanska lasermässa hade man nu valt att komplettera tvådagarsutställningen med en s.k. "workshop" under titeln "Laser Welding & Joining". Dessutom erbjöds deltagarna några avgiftsfria kortkurser [Fig. 1], liksom två stycken mer djupgående tvåtimmarsutbildningar till vilka man bjudit in "tung" namn som professor **Eckhard Beyer**, Fraunhofer Institut für Werkstoff und Strahltechnik [IWS] och professor **Reinhart Poprawe**, Fraunhofer Institut für Lasertechnik [ILT] som lärare. Den förstnämnde tjänstgjorde även som ordförande för den tidigare nämnda "workshopen". Evenemanget hade liksom året innan förlagts till Schaumburg Convention Center i delstaten Illinois cirka tjugo minuters bilfärd västerut från Chicago O'Hare Airport, och denna gång hade mer än 1.000 delegater sökt sig hit. Här gavs rikliga tillfällen att återförenas med gamla laserbekanta samt att vandra runt hos de inalles 77 stycken utställarna för att uppdatera sig kring olika lasernyheter.

Liksom i Europa är fiberlasrar ett "hett" ämne och de används här i U.S.A. mycket vid fjärrlaserbearbetning eller "Remote Laser Welding" [RLW] – en teknik som tycks ha exploderat på den här sidan av Atlanten, inte då minst inom bilindustrin. **Brad Trees** som "höll ställningarna" i Precitecs monter tillsammans med gamle Luleåbon **Robert Borgström** lät således berätta att både GM och Chrysler har tekniken i produktion; de förstnämnda då det gäller tillverkningen av en lastbilsmodell i Indiana, och för Chryslers del är det i den just nu hårdlanserade modellen Dodge Dart som sidodörrarna sätts samman med fjärrlasertechnik. Brad upplyste mig vidare om att HighYag har varit mycket framgångsrika på marknaden för "remote"-verktyg,

där deras RLSK-version faktiskt säljer bättre än Trumpfs PFO-enhet.

En annan Sverige-bekant är **Bo Lindgren**, verkställande direktör för företaget vanRob Kirchhoff med huvudsäte i Aurora i Canada, och om vars verksamhet jag berättat i tidigare artiklar i LaserNytt. Vid ett av våra frukostsamtal på Renaissance Schaumburg Hotel framkom det att även hans företag använder RLW vid produktion av bilsätetryggar i en av sina Mexico-fabriker och snart också vid en nyöppnad anläggning i Arlington, TX [Fig. 2]. Denna verksamhet kommer att utökas under innevarande år då man påbörjar en ny stororder av s.k. "Rad-supports", d.v.s. konstruktionen kring lastbilsstyrelaren, för General Motors nya GMT800-serie.



Figur 1.

De avgiftsfria kortkurserna rönt stor uppskattning (t.v.), liksom de specialinriktade utbildningar som hölls av Fraunhofer-professorerna Reinhart Poprawe och Eckard Beyer (närmast), den senare skötte även ordförandeskapet vid "workshopen" "Laser Welding and Joining".



Figur 2.
Svenske Bo Lindgren basar över en växande verksamhet hos företaget vanRob Kirchhoff, vars nordamerikanska fabriker nu står att finna från Aurora i Canada till Puebla i Mexico.



Efterfrågan på fiberlasrar, såväl i USA som i Europa, har medfört att vi nu börjar se allt fler aktörer, och därmed konkurrenter till IPG, inom detta område. Vid AKL'12 i Aachen i fjol presenterade ju RofinSinar sin nya produktlinje av fiberlasrar och genom uppköpet av SPI [Southampton Photonics Institute] har numera Trumpf också denna lasertyp i sitt sortiment. Huruvida man däremot avser att konkurrera med effekter över 1 kW är svårt att få några klara besked om från medarbetarna i Ditzingen. Vid mina vandringar på utställningen hittade jag nu också hos Lumonics, numera bekant under namnet JK™ Lasers, en 2 kW Ytterbium-baserad fiberlaser med modellbeteckningen JK2000FL [Fig. 3].

Denna arbetar med en våglängd på 1.080 ± 10 nm och har en strålkvalitet på 5-15 mm*mrad beroende på om man använder en 100 eller 300 µm optisk fiber för stråldistributionen. Modellen som kan levereras med upp till 4 fiberutgångar har de behändiga måtten 970×770×780 mm. Vid vidare samtal med sympatiske Simon Caiger, som titulerar sig produktmanager, framkom att man inom en snar framtid även har för avsikt att lansera en 3 kW-enhet.

Några andra uppskattade inslag vid LME™ var de s.k. "keynote"-föredrag som hölls på ett podium i själva utställningshallen och där man kunde lyssna på föredrag kring lasertrender inom flyg- respektive bilindustri samt om laseranvändning



Figur 3.
Även JK™ Lasers (f.d. Lumonics Ltd.) har gett sig in i att konkurrera på fiberlaserområdet med bl.a. denna behändiga 2 kW-enhet med måtten 970×770×780 mm.



Figur 4.
Välkände "laserprofilen" David Belforte berättade om uppsvinget i amerikansk tillverkningsindustri, där lasertekniken blivit en viktig ingrediens vid tillverkning av allt från solceller och jordbruksmaskiner till blodkärlsförstärkningar och "smartphones".

i plastindustrin. Här höll välkände **David Belforte**, editor-in-chief för magasinet *Industrial Laser Solutions* [ILS], ett mycket intressant föredrag kring marknadssituationen vad gäller laseranvändningen i nordamerikansk tillverkningsindustri. Just nu går industrin på denna sida av Atlanten för högtryck, och där man nu "med råge" tycks ha återhämtat sig från 2009 års recession.

David förklarade att det är 7 olika marknadssegment [Fig. 4] som dominerar i denna tillväxt och där inslagen av laserbearbetning är avsevärda. De sektorer som det gäller är:

- Transport – vilken inkluderar bilar, flygplan och höghastighetståg
- Energi – med gasturbiner, vidkraft-turbiner, pipelines för olja och gas, samt solcellsabsorbenter
- Medicin – där laser används vid tillverkning av katetrar, pacemakers och andra implantat samt vid skärning av blodkärlsförstärkningar, s.k. "stents"
- Jordbruk – vid tillverkning av diverse maskiner som exempelvis skördetröskor
- Flyg- och rymdfart – där laser används vid borrar av kylkanaler i turbinblad men också för att skära till de kompositpaneler som används vid uppbyggnaden av själva flygplanskroppen
- Kommunikation – i form av "smartphones", läsplattor etc.
- och slutligen det som David klassificerade som tillverkning av olika metallprodukter där 2D-laserskärning, precis som här i Sverige, utgör en avsevärd andel.

I det följande kommer jag att referera de olika föredrag som gavs vid "Laser Welding & Joining Workshop" till vilken vi cirka 120 deltagare hälsades välkomna av LIA:s verkställande direktör **Peter Baker** [Fig. 5], som här i sann amerikansk tradition passade på att överlämna den obligatoriska plaketten till "workshopens" ordförande professor **Eckhardt Beyer**, och tackade denne för ett väl komponerat programinnehåll. Därpå var det LIA:s kommunikationsansvariges, **Jim Naugle**, tur att tacka "workshopens" sponsorer vilka var Laserline och Laserstar, det sistnämnda företaget kanske inte är så välkänt här i Europa, men i USA stora då det gäller lasermikrobearbetning vid smycketillverkning!

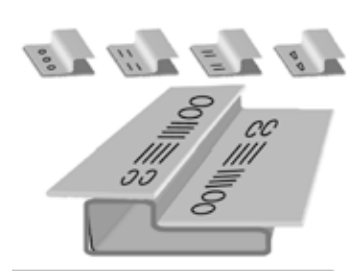
"Workshopen" var uppdelad i flera avsnitt med olika laserteman. Första dagen handlade det om makrobearbetning, fjärrlaseranvändning samt laserlödning, medan den andra dagen hade vikts åt mikrosvetsning, hybridsvetsning och sammanfogning av artolika material.

Först ut i sessionen rörande makrobearbetning, vilken för övrigt leddes av **Eric Stiles** från IPG Photonics, var **David Havrilla** från Trumpf Inc. Hans föredrag handlade om konstruktionsriktlinjer för lasersvetsning – ett ämnesområde som naturligtvis i högsta grad tilltalade mig som konstruktör. David lyfte fram signifikanta laserfördelar som minimal värmepåverkan, och att hållfastheten kan ökas då man har en i princip obegränsad möjlighet att optimera svetsarnas form genom RLW-

tekniken [Fig. 6]. Andra fördelar som omnämndes var enkelsidig bearbetning och därför inget behov av åtkomsthål, samt reducerade flänsbredder i jämförelse med motståndsvetsning. En vidare jämförelse med denna svetsmetod gav vid handen att ett laserstygt med en bredd på 0,8-1,0 mm och en längd på mellan 18-25 mm anses vara jämbördig i hållfasthet med en punktsvets som har cirka 5 mm diameter.

Med tanke på belastning och applikation förde David ett resonemang kring behoven av att skapa breda eller smala svetsar, samt en jämförelse mellan krav på djup penetration alternativt väldigt grund inträngning av svetsen. En intressant jämförelse hade gjorts mellan ett rakt svetsstygn och en C-formad svets vilka båda hade samma totala längd. I skjuvbelastning resulterade de båda svetsformerna i samma brottlast, men vid fläksbelastning presenterade den C-formade svetsen en betydligt högre hållfasthet [Fig. 7].

Det gamla välkända problemet med zinkavgasning vid lasersvetsning av överlappsfogar i zinkbelagd stålplåt fördes också "på tapeten". Ett sätt att skapa en kontrollerad spalt mellan plåtarna är att forma



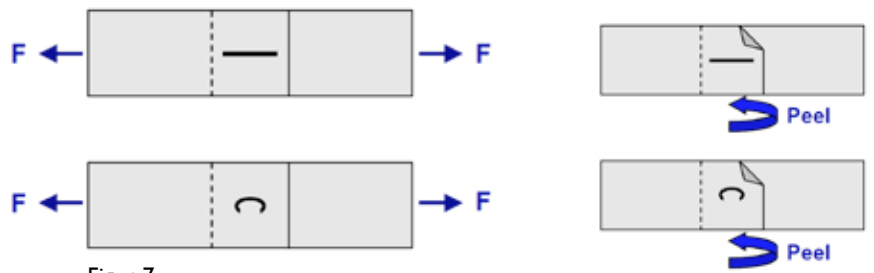
Figur 5. Peter Baker hälsade oss välkomna till "1st Annual Laser Welding and Joining Workshop" varpå det var dags att överlämna den obligatoriska plaketten till ordföranden professor Eckardt Beyer från Institut für Werkstoff- und Strahltechnik i Dresden.

Figur 6. T.v. ställer artikelförfattaren Mr. Havrilla "mot väggen" efter dennes konstruktionsinriktade föredrag, vilket bl.a. innefattade belastningsanpassade svetsmönster (t.h.) utformade med hjälp av RLW-tekniken.

0,15-0,20 höga noppor i en av plåtarna med hjälp av en pulsad laser och ett "scanner"-verktyg [Fig. 8] – en metod som används i stor omfattning av Daimler vid tillverkning av sidodörrar.

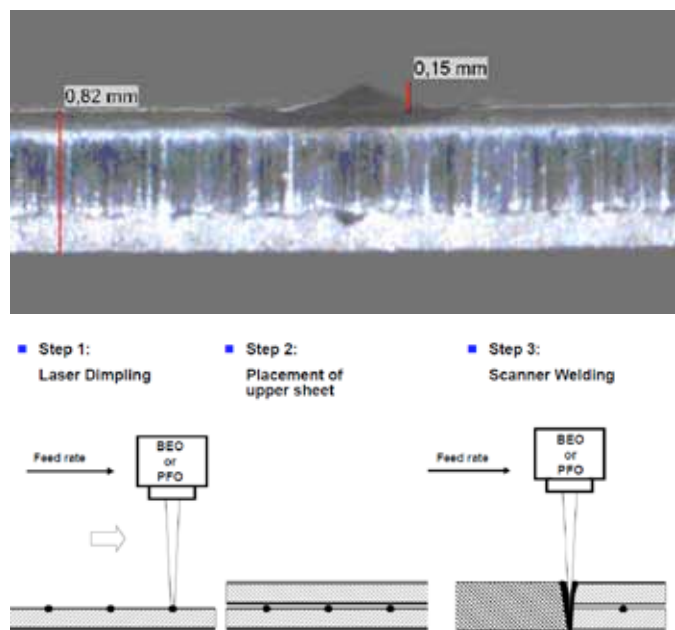
Flera gånger under sitt föredrag tryckte David på nödvändigheten av att geometriskt utforma sin konstruktion på ett sådant sätt att den passar för lasersvetsning. Han visade upp intressanta förslag på hur man i sin konstruktion kan kompensera för olika sammansättningstoleranser [Fig. 9], samt avslutade med några andra geometriska utformningar som vi sett i tidigare Trumpf-presentationer såsom K-fogen, att "bocka och-svetsa" samt s.k. "bajonettkopplingar" [Fig. 10].

Näste talare var Eric Stiles själv som talade om lasertrender inom bilindustrin där han påpekade att 1 µm-våglängden inte absorberas av svetsplasmata, vilket är fallet vid CO₂-svetsning, och därmed erhåller man en mycket effektivare svetsprocess. Annars lyfte han fram fiberlaserns välkända fördelar såsom god strålkvalitet med en BPP [Beam Parameter Product] på mellan 8-10 mm*mrad, vilken gör att man kan bearbeta olika material med ytterst små fokuspunkter eller med långa s.k. "stand-off"-avstånd. Verkningsgraden [WPE = Wall Plug Efficiency] är också mycket högre, cirka 30%, jämfört med exempelvis CO₂-laser [~ 10%] och Nd:YAG-laser [~ 3%]. Den goda fokuserbarheten av laserstrålen gör att man kan utföra smala men djupa svetsar vilket är önskvärt



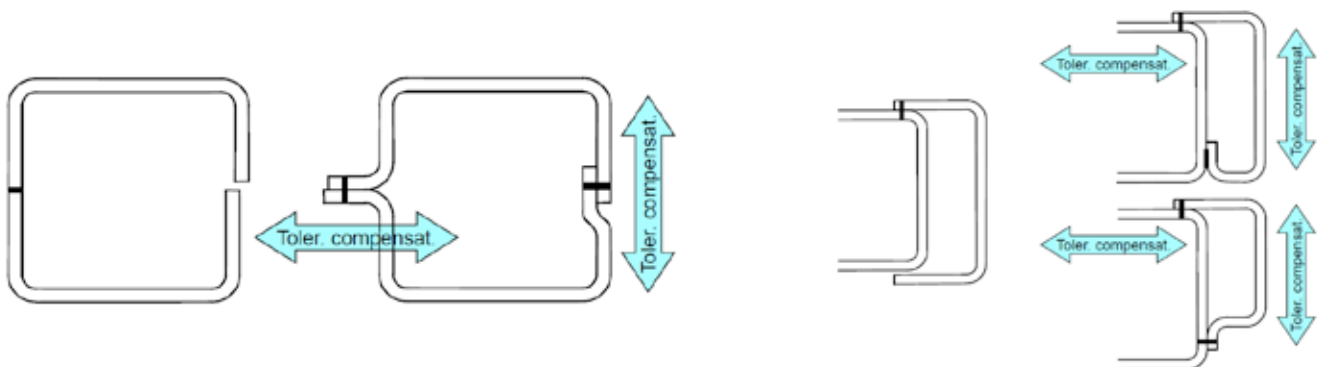
Figur 7.

En intressant konstruktiv aspekt vid korta laserstygn med samma svetslängd men olika form är att hållfastheten är likvärdig vid skjuvbelastning, medan den C-formade svetsen resulterar i högre brottlast vid fläkbekastning.



Figur 8.

Principen vid "scanner"-svetsning av zinkbelagd plåt är den att man först skapar noppor i en av plåtarna med hjälp av en pulsad laser, något som säkerställer att man får en kontrollerad och konstant spalt vid den efterföljande överlapps-svetsningen.



Figur 9.

Några exempel på smart design för att ta hand om sammansättningstoleranser vid lasersvetsning.

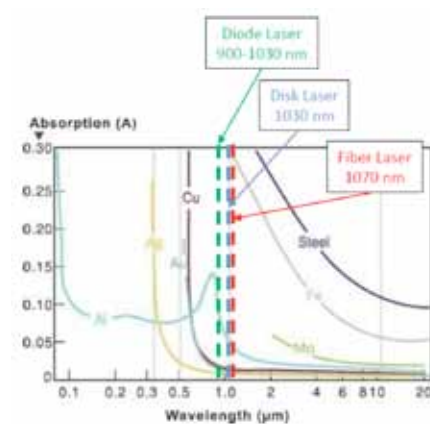


Figur 10.

Laseranpassade fogutformningar som vi känner igen dem från tidigare Trumpf-presentationer; fr.v. den s.k. K-fogen, bocka-och-svetsa-principen samt en bajonettkoppling.

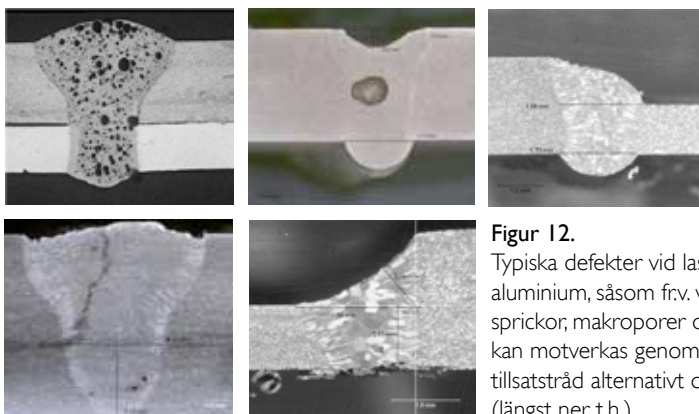
vid tillverkning av drivlinekomponenter inom bilindustrin, något som illustrerades med ett transmissionshjul i 16MnCr5-material som svetsats med 4 mm penetration. Aluminiumsvetsning är som bekant på frammarsch inom bilindustrin och här menade Eric att användning av tillsatsmaterial är ett måste, i varje fall vid svetsning av de mer sprickkänsliga legeringarna i 6000-serien. Andra exempel kände man igen från tidigare IPG-presentationer då de handlade om "scanner"-svetsning samt om företagets s.k. "Seam Stepper", vars verktyg är att likna vid en konventionell punktsvetsstång, och har presenterats i detalj i tidigare nummer av LaserNytt [nummer 3-2011 och 1-2012]. Vid RLW ligger ompositioneringshastigheten idag på över 2 meter i sekunden, vilket gör att man klarar av att sätta 5 stycken 20 mm långa svetsstyggn på ungefär en sekund! Ett praktikfall som belyste detta handlade om "scanner"-svetsning av stolssäten där man klarar av att utföra 105 svetsar på 24 sekunder.

Steffen Mueller från Fraunhofer CCLA [Center for Coatings and Laser Applications], d.v.s. det nordamerikanska utvecklingslaboratoriet lokaliserat i Plymouth, MI, berättade om lasersvetsning av aluminium och titan, material som används alltmer i viktsbesparingssyfte. Han exemplifierade detta med senare års aluminiumkarosser, såsom LandRovers Range Rover och Jaguars XJ-modell, vilka är cirka 195 resp. 165 kg lättare jämfört med motsvarande stålplåtsstrukturer. Lättviktskraven drivs ju i USA främst på av det s.k.



Figur 11.

Jämfört med andra laserkällor täcker diodlaserna ett våglängdsområde som innebär en högre absorption av laserljuset vid bearbetning av aluminium.



Figur 12.

Typiska defekter vid lasersvetsning av aluminium, såsom fr.v. vätgasporer; sprickor; makroporer och ej utfylld svets, kan motverkas genom att använda tillsatstråd alternativt dubbelfokusteknik (längst ner t.h.).

CAFE [Corporate Average Fuel Economy] -regelverket, vilket idag anger ett min.krav på 29,3 MPG [Miles Per Gallon], vilket dock kommer att skärpas till 36,6 MPG år 2017 och ytterligare till 54,5 MPG år 2025! Med tanke på aluminiumsvetsning såg Steffen en viss fördel med att använda sig av diodlaser vars våglängdsområde [900-1030 nm] är något kortare jämfört med disk- och fiberlasrar och har en högre absorp-

tion i aluminium [Fig. 11]. CCLA har ju själva också tillgång till en 10 kW-enhet från Laserline i sitt eget laboratorium. Andra aspekter vid aluminiumlasersvetsning är att undertrycka den porbildning som kan bero på bl.a. instabiliteter i nyckelhålet, utgasning av legeringsämnen som exempelvis magnesium samt föroreningar som är att härleda till ytoxidation [Fig. 12].

Joel DeKock från Preco Inc. talar om lasersvetsning av drivlinekomponenter för s.k. "off-highway"-fordon såsom dumprar, hjullastare och caterpillrar. Här är det viktigt att minimera restspänningar och deformationer varför lasern är ett utmärkt svetsverktyg ställt i jämförelse med traditionell smältsvetsning. Elektronstrålesvetsning må enligt Joel vara ett alternativ, men för denna metod krävs en dyrbar vakuumkammare. Även i detta föredrag påpekades nödvändigheten av goda passningar, där vi visades ett bra lösningsexempel på hur man klarar minimala gap vid hörnradier [Fig. 13], samt att materialen som skall sammansvetsas har ett rimligt kolinnehåll.



Figur 13.

Ett bra exempel på hur man skapar förutsättningar för god passning mot en invändig radie inför lasersvetsning av denna stumfog till en axelkrona.

Några praktikfall som Joel redogjorde för bestod bl.a. av ett växelhjul där man först gjorde en fixeringssvets med lasern och där framföringshastigheten har tämligen snabb, varpå man gick ner i en långsammare hastighet då djuppenetrationssvetsen skulle utföras. Ett annat exempel handlade om induktionsstödd lasersvetsning av en drivaxel [Fig. 14] som var tillverkad i ett material med en kolhalt på över 0,30%. Med denna kombinationsprocess kunde man begränsa martensitbildningen i svetsgodset. Då induktionsspölen arbetade med låg frekvens åstadkom detta en djupare penetration för lasersvetsen medan en högre induktionsfrekvens tillät ett snabbare svetsförlopp. Ytterligare ett praktikfall handlade om svetsning av en komponent tillverkad av karburatoriserat AISI8620-material [Fig. 15]. Vid sådana förutsättningar har det visat sig vara gynnsamt att använda sig av kall- eller varmtråd vid lasersvetsningen. Detta ledde Joel in på ämnet laserhybridsvetsning, vilken han menade är en process att ta till då man inte har tillgång till tillräcklig lasereffekt. Även denna process har visat sig vara möjlig att kombinera med induktionsvärmning för att ytterligare förbättra svetskvalitén.



Figur 14.

Induktionsstödd lasersvetsning gör det möjligt att med god kvalitet svetsa material med kolhalter över 0,30% vilket var fallet med denna drivaxel.



Figur 15.

Detta växellådsdrev tillverkat i karburatoriserat AISI8620-material gick att lasersvetsa genom att använda en Nickel-baserad kalltråd.

Under nästa session, vilken med fast hand leddes av Silke Pflueger från ULO Optics Inc., presenterades en handfull intressanta applikationer inom områdena fjärrlasersvetsning och laserlödning. Förste talare var

f.d. TWI [The Welding Institute] – medarbetaren Brian Victor, vilken numera arbetar för framgångsrika företaget Laserline Inc. Sedan grundandet 1997 har man installerat över 1.500 lasersystem och idag erbjuder man en femårig garanti för sina aktivt kyllda diodpaket. Han berättade om erfarenheter från laserlödning med såväl kall- som varmtråd där, i det senare fallet, tråden uppvärms med hjälp av motståndsvärme gene-

rerat i matarmunstycket. Laserlödning används framförallt då man vill skapa kosmetiskt utseendemässiga fogar vilka kan lackeras utan vidare efterbearbetning. De flesta leverantörer av laserverktyg kan idag tillhandahålla skräddarsydda verktyg för denna process, och här visades på Scansonics ALO3-verktyg och HighYags PDT-dito. Båda dessa är försedda med automatisk höjdhållningskontroll och använder sig av

taktil fogföljning med hjälp av tillsatstråden.

Jag har ju tidigare berört **Bo Lindgren** och hans framgångsrika företag **VanRob-Kirchhoff** och nu fick vi möjlighet att mer i detalj lyssna till en beskrivning av verksamheten. Företaget **VanRob** grundades så sent som 2006 med huvudsäte i Aurora i Canada. Idén bakom fjolårets sammangående med **Kirchhoff** är att man på så sätt även räknar med att även kunna penetrera den europeiska marknaden. Den första storordern som man fick från **General Motors** att leverera mellan 600.000-1.000.000 kylarramar till **GMT800**-plattformen gjorde att man direkt valde att satsa på lasertechniken [Fig. 16].

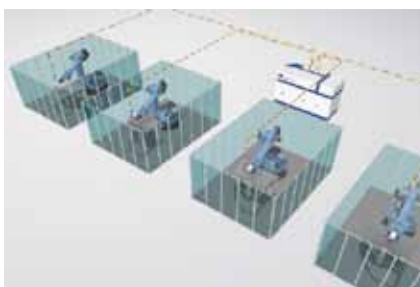
I Aurora-anläggningen använder man CO_2 -lasrar med "beam-sharing" i sex stycken separata svetsceller i vilka man lasersvetsar fyra olika rullformade profiler [övre och nedre tvärbalken, samt en inre resp. yttre stolpe] tillverkade i obelagt **HS-LA420**-material med en tjocklek på 1,0 mm. Totalt representerar detta en svetslängd på 19 kilometer om dagen! Dessa profiler skickas sedan vidare till andra fabriker inom koncernen för den slutliga sammansättningen och det är här som den gode **Bo** och hans medarbetare har planer på att i fortsättningen använda sig av **RLW** [Remote Laser Welding]. Detta kommer initialt att ske i en fabrik i **Puebla** i Mexico där man redan idag använder denna teknik för sammansättningen av sätesryggar till bilstolsstommar [Fig. 17]. Årsvolymen ligger kring 500.000 enheter och svetsningen sker utan skyddsgas och utan den av **Daimler** utvecklade "noppnings"-tekniken för att skapa en kontrollerad spalt i överlappsfog. Det senare kommer emellertid att bli nödvändigt då det gäller den planerade fjärrlasersvetsningen av kylarramarna.

En annan **GM**-applikation som man tillverkar är en stomme som tjänar som bärare av instrumentpaneler. Denna består av cirka 40 enskilda detaljer och sätts samman med 50 stycken kortare lasersvetsar som utförs med "remote"-teknik. Man använder sig här av en 6 kW diskla-



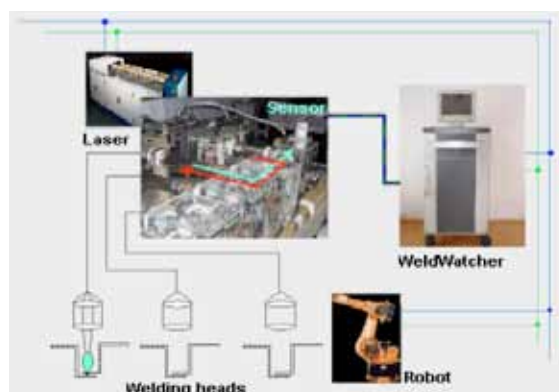
Figur 16.

Storordern som gjorde att **VanRob** tidigt valde att satsa på lasersvetsning; tillverkning av 600.000-1.000.000 kylarramar om året till **General Motors T800**-plattform.



Figur 17.

Principen för "beam-sharing" från en 6 kW diskla- ser till fyra arbetsstationer för "scanner"-svetsning av sätesryggar till bilstommar i **VanRob's Puebla**-fabrik.



Figur 18.

För kvalitetsövervakning av korta lasersvetsar har **VanRob-Kirchhoff** valt verktyget **WeldWatcher™** från företaget **4D**; systemöversikt överst och ett exempel på operatörens bildskärm t.v.



ser vilken genom "beam-sharing" supporterar två stycken svetsceller med industrirobotar försedda med **Trumpf's "scanner"**-verktyg **PFO3**. För kvalitetskontroll "on-line" använder man sig av verktyget **Weld-Watcher™** från företaget **4D** [Fig. 18]. Denna komponent svetsades tidigare samman med **MIG** [Metal Inert Gas], men genom att byta till la-

sersvetsning har man fått en avsevärt bättre formstabilitet på den färdiga instrumentpanelbäraren. Slutligen nämnde sympatiske **Bo** att **RLW**-tekniken är något som man tänker satsa på i än större omfattning i framtiden och håller just nu på att undersöka inverkan av olika svetsgeometrier såsom U-, C- och S-formade svetsar. Vi ser med spänning fram mot kom-

mande presentationer av verksamheten vid VanRob-Kirchhoff där man verkligen tagit lasertekniken till sina hjärtan, men också blivit framgångsrika genom att tänka i lasertermer redan på konstruktionsstadiet.

Paul Denney känner vi ju som en ständigt återkommande gäst vid evenemang som LME™ och ICA-LEO©. Efter att för ett drygt år sedan ha lämnat CCAT [Connecticut Center for Advanced Technology Inc.] i Connecticut hittar vi nu Paul hos Lincoln Electric Company, vars uppköp av lasercellstillverkaren WayneTrial lovar bli en spännande konstellation i branschen. Nu fick vi höra lite kring Lincolns erfarenheter från att lasersvetsa galvaniserad plåt med hjälp av förvärmad tillsatstråd [Fig. 19]. Experimenten hade utförts i laboratoriet i Cleveland, OH, där man har tillgång till en 10 kW fiberlaser. Genom att använda de nya strömkällor som Lincoln har i sin produktportfölj kan man övervaka och kontrollera trådmatningsprocessen på ett helt annat sätt än vad som varit möjligt med tidigare generationer av strömkällor. Om det skulle uppstå instabiliteter under svetsförloppet stängs strömmen momentant av i trådmatarmunstycket under 300 ms för att på så sätt stabilisera nyckelhålet vid lasersvetsningen. Vid försöken hade man främst använt sig av stickande trådmatning vilket kan ha en viss fördel vid svetsning i zinkbelagt material då förångad zink med denna uppställning drivs bort från nyckelhålet. Vid obelagt material har däremot trådmatningsriktningen ringa inflytande på svetsförloppet.

Sessionens sista talare var Jan Hauptmann från Fraunhofer IWS [Institut für Werkstoff- und Strahltechnik] i Dresden. Vid IWS har man utvecklat ett eget "scanner"-verktyg som kan täcka ett så pass stort arbetsområde som 2x2 meter [Fig. 20]. Verktöget har yttermåttarna 65x45x30 cm och påstods kunna arbeta med en noggrannhet på $\pm 0,2$ mm. Initiala svetsförsök hade omfattat lokala förstärkningar i krockstrukturer, s.k. "patch"-påsvetsningar samt fogning av i slitsar instuckna plåtflikar.



Figur 19. Varmtrådstekniken har sitt ursprung från laserpåläggning (LMD = Laser Metal Deposition) och t.v. ser vi hur en platta beläggs med Techalloy®625. Till höger varierande sprutbeteende vid svetsning av galvaniserad plåt; överst svetsning med rörelektrod (0,9 m/min), därunder konventionell MAG-svetsning (0,7 m/min) och nederst överlägsen lasersvetsning med varmtråd (2,0 m/min).

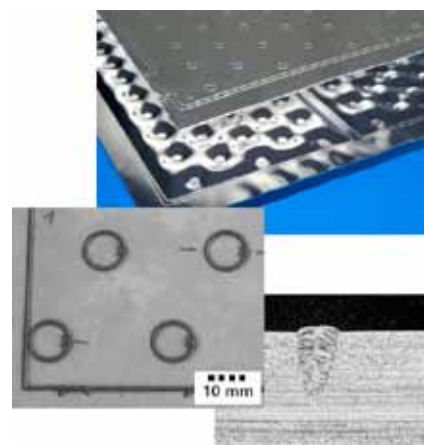


Figur 20. IWS' egenutvecklade "scanner"-verktyg med modell-beteckningen SAO väger 35 kg och kan rikta om laserstrålen med en hastighet av 10 m/sekund och en repeteringnaggrannhet på $\pm 0,2$ mm.

Bland praktikfallen visades på ett innovativt tillverkningsupplägg för avgasvärmväxlare hämtat från företaget Behr i Pforzheim där man använder sig av två stycken 3 kW CO₂-lasrar som betjänar var sitt "scanner"-verktyg [Fig. 21a]. Ett annat exempel handlade om plattvärmväxlare där plana plåtar svetsas samman med cirkulära svetsar varpå de blåses upp och får den för värmväxlarplattor typiska bikakeformen [Fig. 21b]. För positioneringen av svetsarna hade man använt ett "offline"-programmeringsverktyg kallat CASoptWELD. Svetsningen hade genomförts med hjälp av en CO₂-laser med en varierande effekt på mellan 2-5 kW och en fokalpunktsdiameter på 0,35-0,5 mm. Svets hastigheten låg på svindlande 20 m/min och för att ytterligare öka produktiviteten använde man sig av "scanner"-verktyget kombinerat med robotrörelserna i gantry-maskinen för att svetsa "on-the-fly", vilket gav en ompositioneringshastighet på otroliga 600 m/min.

Jan visade också upp ett verktyg, vilket utvecklats inom det statligt finansierade Mabrilas [Materialbearbeitung mit Brillanten Laserstrahlquellen] -projektet och som kombinerar "scanner"-funktionen med en tvådimensionell pendling [Fig. 22]. Denna pendlingsrörelse kan ske med frekvenser upp till 4 kHz varför man har utvecklat ett mjukvaruprogram som kan övervaka så att amplituden kan hållas konstant vid olika pendlingsfrekvenser. En dylik pendlingsrörelse gör att man kan få en extremt jämn toppyta på lasersvetsen.

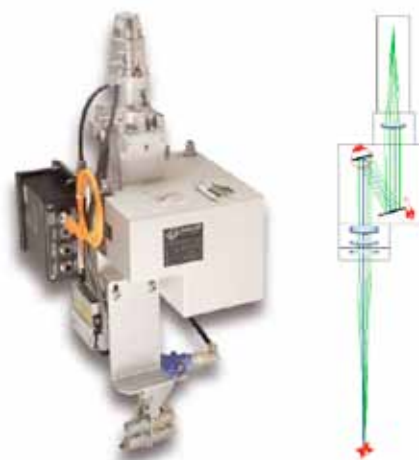
Den andra "workshop"-dagen inleddes med en session kring mikrosvetsning och lasersvetsning av tunna folier, under överinseende av ordförande Dr. Günther Göbl från IWS i Dresden. Förste talare här var Geoff Shannon från Miyachi Unitek Corporation, som är ett företag som specialiserat sig på laserkällor och -system för mikrobearbetning och som till dags datum har levererat över 750 kompletta system. Geoff inledde med att klargöra sin definition av mikrosvetsning som löd att svetsdjup och -bredd vid dylik bear-



Figur 21.

Två innovativa processupplägg/lösningar med "remote laser welding";

- a) T.v. svetsning av avgasvärmväxlare med hjälp av två stycken 3 kW CO₂-lasrar.
- b) T.h. cirkulära svetsar sammanbinder plana plåtar för värmväxlare vilka sedermera blåses upp till den typiska bikakeformen.



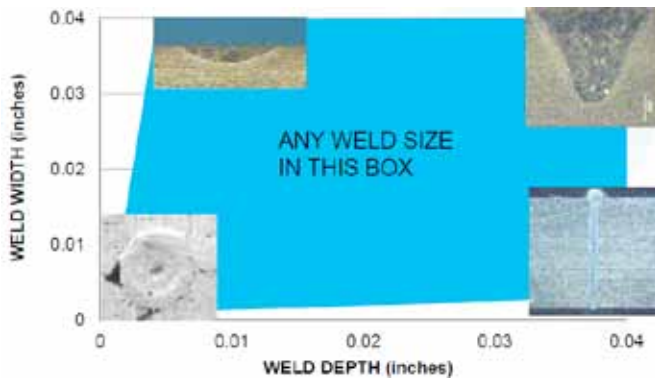
Figur 22.

Inom det av BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] -finansierade projektet Mabrilas har detta verktyg, vilket kombinerar "scanner"-funktionen med en tvådimensionell pendling, utvecklats.

betning understiger 1 mm [Fig. 23].

De huvudsakliga fördelarna med att använda laser vid mikrobearbetning är att tekniken erbjuder en kontaktlös bearbetning med minimal värmetillförsel. Vanligt förekommande material inom denna bransch är rostfritt 304-material samt nickel, titanium, aluminium (AA6061 och AA4047) och koppar. De två senare materialen används i stor omfattning vid tillverkning av elektronikkomponenter. Samtliga här nämnda material ansågs av Geoff vara lättsvets-

sade så länge de svetsades "mot sig själv", däremot avrådde han från att svetsa blandmaterialkombinationer. Vidare är utformningen av svetsfixturer en kritisk detalj vid mikrosvetsning. Bland praktikfall som visades upp kan här nämnas hermetisk förslutning av batterier tillverkade av aluminiumkvaliteterna AA1050, AA1100 och AA3003 [Fig. 24a]. Vidare tätsvetsning av medicintekniska artiklar som hjärtpumpar och pacemakers tillverkade i Ti6-4 där svetsningen hade gjorts med en pulsad la-



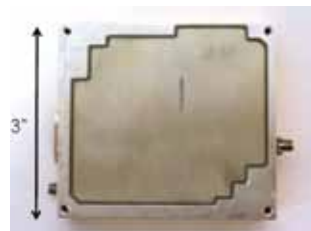
Figur 23. Definitionen av mikrosvetsning med laser framgår av detta diagram som anger gränsvärdena för svetsdjup och -bredd uttryckt i inch.



Figur 24a. Några vackra exempel på hermetiska förslutningar av batterier som gjorts med lasermikrosvetsning.



Figur 24b. Tätsvetsning av hjärtpumpar och pacemakers går att åstadkomma med hjälp av en pulsad laser med 50 W medeleffekt.



Figur 25. Det gamla uttrycket att endast fantasin sätter gränserna för laseranvändning är i högsta grad relevant då det gäller att finna applikationer för mikrobearbetning.

Fr.v. kontaktdon i koppar; tandställning, tätsvetsad armatur till CD-spelare, samt en "mikrokrok" där man kan få en uppfattning om storleken då bakgrunden utgörs av profilen av Abraham Lincoln präglad på ett encents-mynt!

ser med 50 W medeleffekt [Fig. 24b].

Andra komponenter var elektrotekniska kopplingar i koppar som svetsats med 532 nm laservåglängd som har en optimal absorption just i detta material, tandställningar där svetsdjupet begränsades till 0,25 mm samt armaturen till en CD-spelare [Fig. 25]. För den sistnämnda applikationen användes "scanner"-svetsning där man utförde 20 punktsvetsar i sekunden i 2 eller 3 lager av tunna folier med tjocklekar understigande 150 µm. De laserkällor som används

vid mikrobearbetning är vanligtvis pulsade Nd:YAG-lasrar, pulsade eller cw fiberlasrar samt diodlasrar, och de spänner över ett effektintervall som sträcker sig mellan 0,5-1.000 W beroende på applikation och material. En intressant iakttagelse som man gjort var att grönt laserljus [$\lambda = 532 \text{ nm}$] har en förmåga att kompensera för positioneringen av svetsen då man sammansvetsar material med olika absorptionsförmåga som t.ex. aluminium och titan. —

Artikeln fortsätter i LaserNytt nr 2-2013

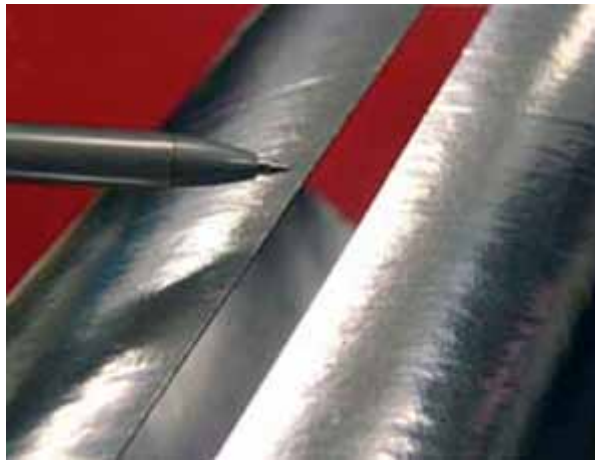
Laserskärning av metallfolierat kartongpapper för förpackningar

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Kartonger tillverkade av papper har en omfattande användning då det gäller förpackning av matvaror eftersom materialet är styvt och ger en bra stabilitet. Genom att laminera kartongmaterialet med en extremt tunn aluminiumfolie blir förpackningen resistent mot syre- och fuktangrepp, vilket hindrar att matvaran förstörs. För produkter som kräver absolut skydd mot bakterieangrepp används också en inre beläggning på förpackningen, vilken då består av polyetylen, och som gör att förpackningen blir absolut tät för vätskediffusion. Dylika material i kombination med en steriliseringsprocess under förhöjd temperatur gör att mjölk- och juice-produkter kan transporteras och förvaras utan att det krävs särskilda kylrum för detta.

I det aktuella applikationsprovet ville kunden undersöka huruvida det var möjligt att laserskära rör med 102 mm diameter till önskvärd längd, vilka var tillverkade av den ovan beskrivna typen av foliebelagt kartongmaterial. Rören hade en vägg tjocklek kring 1 mm och för laserskärningen användes ett dedikerat skärverktyg med en konkavkonvex lins med 63,5 mm lång brännvidd, vilken gav en fokalpunktsdiameter på 100 µm och ett skärpedjup på 1,8 mm. Skärgas med 2,8 bars tryck tillfördes koaxialt för att avlägsna förångat material från skärområdet.

Genom att använda en Firestar f201-laser med 200 W effekt skars dessa foliebelagda kartongrör med en hastighet av 10,2 m/min. För dessa rör, som ju hade en diameter på 102 mm, blev processtiden 1,9



Figur 1. Rör tillverkade av 1 mm tjockt metallfolierat kartongmaterial laserskars med 200 W effekt och en processhastighet på strax över 10 meter per minut. Skärkanterna är rena men uppvisar en svag missfärgning av kartongmaterialet.

sekunder, vilket det tog att laserskära den 320 mm långa omkretsen. Notera i **figur 1** att kartongmaterialets skärkant uppvisar ett exceptionellt rent skärnitt med en mycket svag missfärgning.

Lasermärkning av minnesplattor i anodiserat aluminium
Sedan 1959 utbildas officersaspiranter inom amerikanska flygvapnet vid något som kallas USAFA [United States Air Force Academy]. För att inspirera nyintagna aspiranter vill nu PECA [Prior Enlisted Cadet Assembly], en grupp av individer från tidigare utbildningsårgångar, skapa ett galleri med minnesplattor vid U.S. Air Force Academy i Colorado Springs. Här skall varje avgångsklass sedan 1959 bli ihågkomna med en minnesplatta i anodiserat aluminium där namnen på alla officersaspiranter och årskullens speciella emblem skall finnas ingraverat.

Denna gravering kommer att ske med hjälp av lasermärkning där man använder sig av en 100W CO₂-laser och ett "FH Flyer"-märkverktyg som styrs av den senaste utgåvan av mjukvaruprogrammet "WinMark Pro". För att kunna märka de 215x280 mm stora anodiserade plattorna är märkverktyget försett med en lins med 370 mm lång brännvidd vilken genererar en fokalpunkt på 540 µm i diameter.

Märkfilen för var och en av de totalt 54 minnesplattorna består av "TrueType"-textsnitt och de individuella emblemen, vilka importeras i "WinMark Pro" som gråskaliga .tiff-bilder. Såväl namnen på officersaspiranterna som deras klassemblem graverades med 100W lasereffekt och en processhastighet på 3.810 mm/sekund! Med denna höga "scanning"-hastighet finns naturligtvis risken att man skulle kunna förlora detaljgrannheten i märkningen. Därför

NOLAMP 14



den nordiska laserkonferensen 26-28 augusti 2013 i Göteborg

Den nordiska laserkonferensen NOLAMP 14 hålls nu för fjärde gången i Sverige och denna gång i Göteborg. Programmet blir fullmatat med över 40 presentationer av laserforskare och industrifolk från de nordiska länderna men även Tyskland, England, Polen och Belgien är representerade.

Vi håller till på Hotel Scandic Crown, ett utsökt konferenshotell centralt vid Polhemsplatsen, bara några minuters gångväg från Centralstationen. Programmet börjar den 26 augusti klockan 10.30 och slutar den 28 augusti klockan 12.30.

Key-Note speaker är Dr. Christian Föhl, Trumpf Laser&Systemtechnik GmbH som kommer att presentera laserapplikationer och lasersystem i ett internationellt perspektiv.

Tyngdpunkten på NOLAMP 14 kommer att ligga på lasersvetsning och laserhybridsvetsning vilka fortfarande utvecklas starkt och där nya tillämpningar introduceras löpande i industrin.

32 kW disk laser installerad i Danmark

Vad kan man göra med en 32 kW disk laser? Ja, det kommer forskare från FORCE Technology och Lindö Welding Technology A/S att berätta om under en av svetsessionerna.

Några andra axplock ur programmet: Berthold Kessler, IPG Photonics presenterar hur man kan använda fiberlaser för skärning och svetsning av både små och stora strukturer; J. Siltanen, Rautarukki Oy berättar

om lasersvetsning av sandwich paneler, Rickard Ohlsson, LaserNova AB, ger oss detaljer om applikationer för mikrobearbetning, Erik Vännman, Permanova Lasersystem AB kommer att presentera lasersvetsning hos Brogren Industrier AB; Frederik Klenke, Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology, berättar om applikationer där högdynamiska processhuvuden för laserskärning används, med mera.

Vid sidan av alla laserpresentationer gör vi en kvällsutflukt till Volvo muséet där vi får se alla typer av for-

don som Volvo har tillverkat sedan 1927; lastbilar, bussar, båt- och flygmotorer, bilar och mycket annat.

För mera information om programmet se:
www.ltu.se/nolamp14
eller kontakta Hans Engström, Luleå tekniska universitet.
hans.engstrom@ltu.se

Välkommen till några intressanta och givande laserdagar i Göteborg vid NOLAMP 14. ■



Samma bil, samma plats men 85 år senare. På Volvo muséet gör vi en rundvandring bland Volvos alla fordon man tillverkat under 85 år.

Några ord om slangar för lasergasförsörjning

Bo Williamsson
AGA Gas AB, Region Europe North

Lasergas försörjning har diskuterats flitigt under åren. Kunskapen är ofta hög, men det finns orsak att upprepa den information som spridits i tidigare artiklar i ämnet.

Artikeln ger en övergripande beskrivning av hur gasen kan förorenas på sin väg från flaska till förbrukningsställe. Resonatorgaserna har en särställning i detta sammanhang då inläckage av föroreningar t.o.m. i små mängder kan påverka bl.a. uteffekt, stabilitet och livslängd på optiska komponenter. Ett effektivt sätt att undvika problem är att välja rätt kvalitet på slangar och komponenter i gasförsörjningssystemet.

Resonatorgaser

Resonatorgaserna kan användas som separata gaser och blandning via en mixer i lasern. Oftast används helium, nitrogen och koldioxid av hög kvalitet. I något fall används också små hydrogentillsatser i koldioxiden. Ett annat alternativ är att använda färdigblandad lasergas, också den av hög kvalitet. Vanligen används även här helium, nitrogen och koldioxid, men det finns många exempel på tillsatser av andra komponenter t.ex. kolmonoxid, oxygen, xenon, hydrogen osv. Här är blandningen skraddarsydd för respektive laserresonator och kräver således ingen mixer i lasern. Exempel på kvalitetskrav visas i tabell 1.

Inverkan från olika föroreningar

Kontentan av innehållet i tabell 1 är att kvaliteten på resonatorgaserna är hög, betydligt mycket högre än den kvalitet som normalt används vid svetsning och skärning.

Kvaliteten är specificerad av lasertillverkarna, i vissa fall i samarbete med gasleverantörerna, och fyller ett viktigt syfte, nämligen att upprätthålla stabilitet, effekt och livslängd på komponenterna i resonatorn. Allt detta i syfte att ge en kostnadseffektiv laserbearbetning med hög tillgänglighet till lasern.

Konsekvensen av förorenad resonatorgas är störningar i laserns funktion, i vissa fall kan variationer i effekt ses samtidigt som processtabiliteten påverkas negativt. I extrema fall kan beläggningar på speglar och reaktioner med komponentmaterial i resonatorn skapa störningar och därmed kostnader för försämrade produktionskvalitet och i värsta fall produktionsbortfall.

I själva laserprocessen sönderdelas gaskomponenterna löpande varvid radikaler bildas som skapar förutsättningar för ytterligare reaktioner. Det är därför viktigt att minimera tillförseln av ytterligare föroreningar. Kritiska föroreningar i sammanhanget är framför allt fukt och kolväten, där även små mängder påverkar laserns funktion, Fig 1 och 2. Fluorföreningar är en ofta bortglömd faktor som framför allt påverkar slitaget på speglarna i resonatorn.



Fig 1.
Kondensation av kolväten på en spegel

Mindre kritiska föroreningar i sammanhanget är t.ex. argon och oxygen. Här krävs betydligt högre halter för att påverka processen.

Föroreningskällor

Lasergasflaskorna är i regel specialbehandlade invändigt för att generera minimalt med föroreningar. Det är ovanligt att gaserna inte uppfyller gällande specifikation. En annan möjlig felkälla är att blandningstoleranserna inte uppfylls för en lasergasblandning, även detta ovanligt i praktiken.

Gas	Fukthalt	Kolvätehalt	Renhet
Helium	< 5 ppm	< 1 ppm	4.6 (>99,996 %)
Nitrogen	< 5 ppm	< 1 ppm	5.0 (>99,999 %)
Koldioxid	< 5 ppm	< 1 ppm	4.5 (>99,995 %)
Färdigblandad lasergas (ex Lasermix)	< 5 ppm	< 1 ppm	He 4.6, N ₂ 5.0, CO ₂ 4.5

Tabell 1. Exempel på lasergaskvalitet

Föroreningar kan också introduceras via komponenter i försörjningssystemet. Felaktigt materialval i regulatorer är en felkälla, läckage likaså. Problemen undviks här genom att använda utrustning som är anpassad till gaskvaliteten, dvs. specialgasutrustning. Egengasspolning på regulatorn för att undvika föroreningar i systemet efter flaskbyte är ett annat effektivt sätt att minimera föroreningarna.

En ofta förbisedd faktor är flourföreningar. Normalt är detta inget problem då halterna i luften är försumbara. Dock kan dessa introduceras i systemet via gängtape, vissa ventilerfetter och gänglåsning (Loctite). Om dessa kommer i kontakt med gasen skadas speglarna i resonatorn relativt snabbt. Undvik således att exponera gasen för material som innehåller fluor.

Slangar

Slangval är en viktig parameter som kan göra skillnaden mellan succé och fiasko när det gäller laserns funktion. Generellt gäller att man ska undvika slang så långt det är möjligt, och om slang ska användas så ska den hållas så kort som möjligt och också väljas med omsorg.

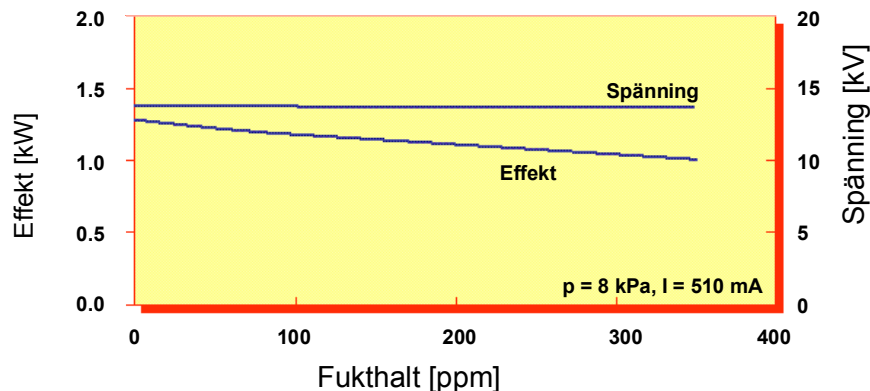


Fig 2. Inverkan från fukt i resonatorgasen.

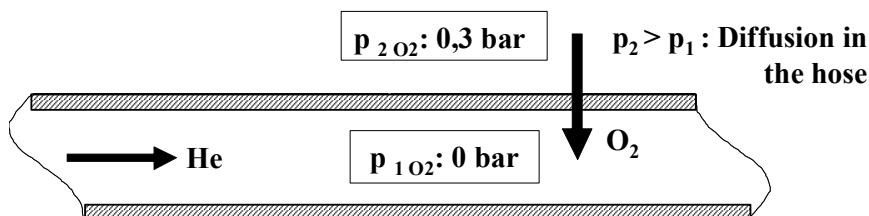


Fig 3. Diffusion av oxygen in i en heliumslang p.g.a partialtryckskillnaden mellan oxygenet i slangen och i den omgivande luften.

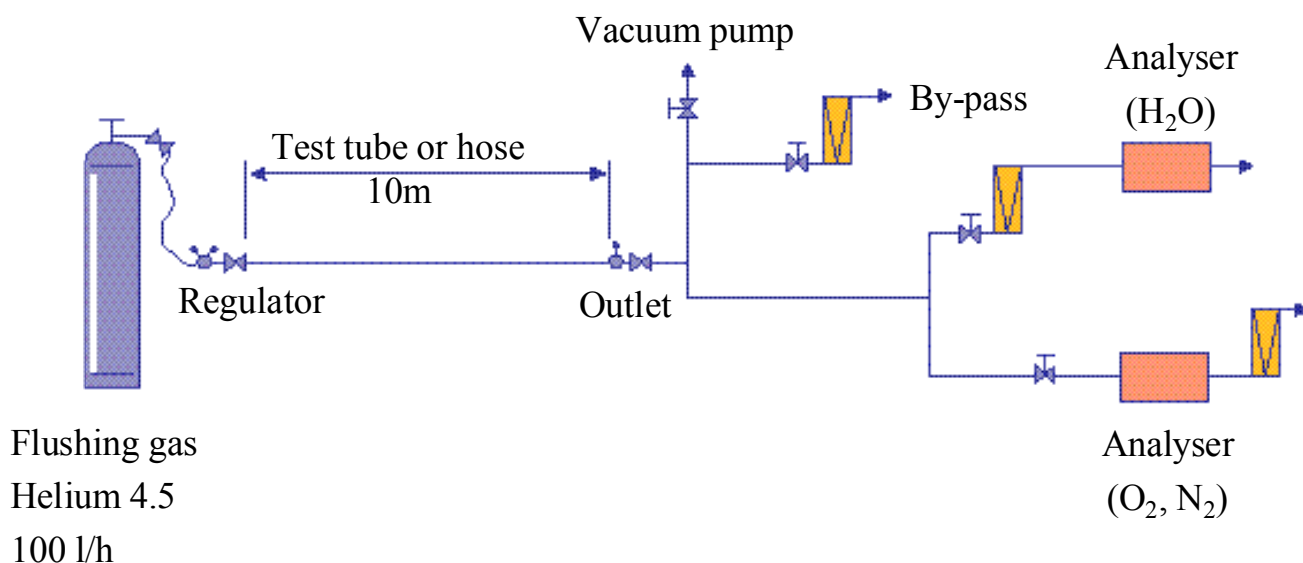


Fig 4. Uppställning för mätning av föroreningshalten i slang

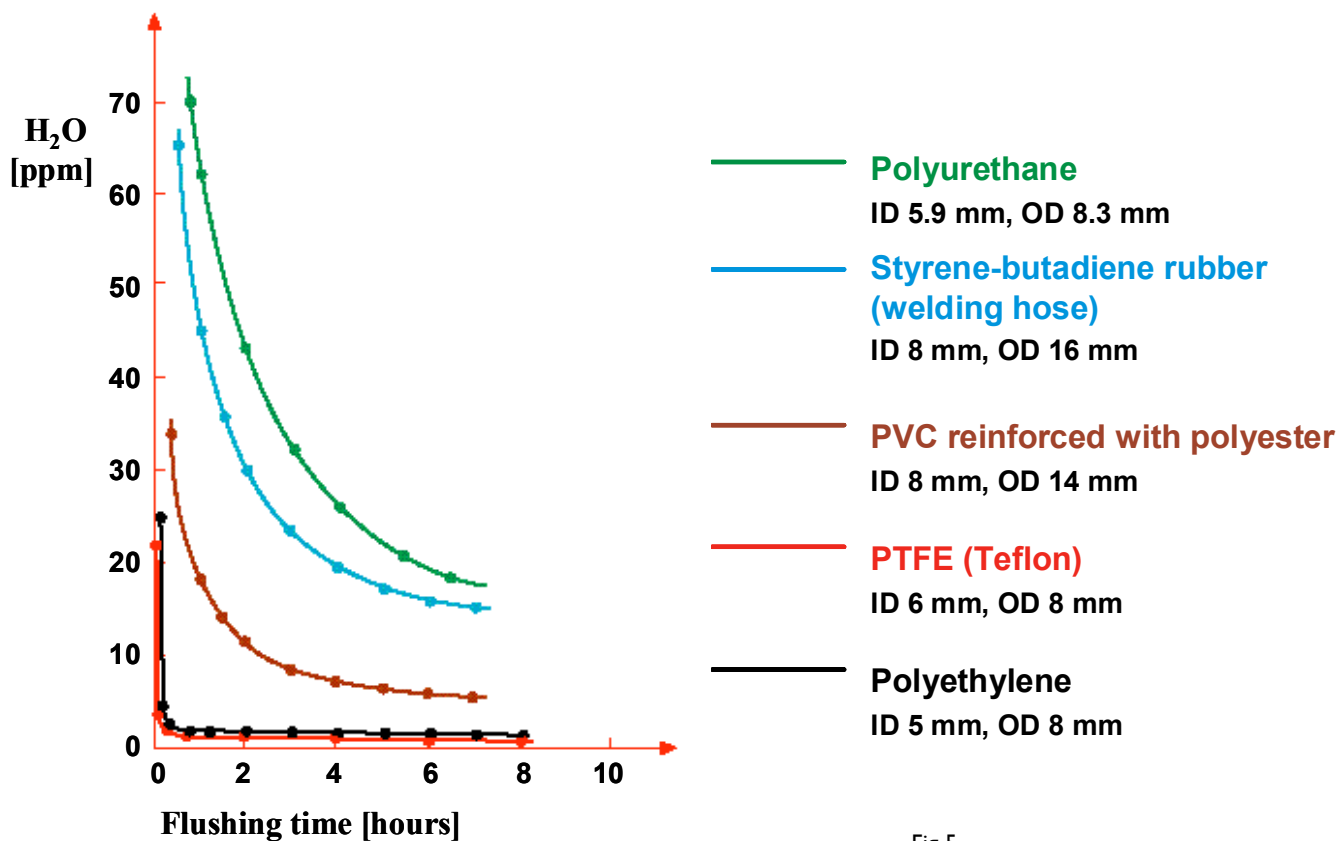


Fig 5.
Resultat från mätningar av fukt i olika slangar

Kan det läcka in i en slang med övertryck?

Svaret på frågan är inte självklart. I gassammanhang måste man titta på trycket hos varje ingående komponent i gasen och skillnaden mot motsvarande tryck i den omgivande luften, den s.k. partialtrycksdifferensen. Om den är skild från noll så kommer gas att läcka in eller ut ur slang, Fig 3.

Faktum är att ALLA polymera material läcker, frågan är bara hur mycket, och vilken förorening vi pratar om. Figur 4 visar en försöksuppsättning där olika slangar har testats. 10 m långa slangar i olika kvaliteter lämnades öppna över natten och spolades sedan med helium av mkt hög kvalitet. Variationen i fukt och syrehalt med tiden mättes sedan.

Resultatet från mätningarna visas i figur 5.

De klart bästa materialen med avseende på fukt är polyetylen (HD) och teflon. Mätning på vanlig svets-slang visade att man efter 7 timmars

spolning fortfarande inte nått ner till spolgasens fukthalt, det verkar till och med som om ett jämviktstillstånd uppstår där det läcker in lika mycket fukt som spolas ut. Mätning på rostfria rör (CQ) visade nivåer i paritet med PE-slang. Oxygenmätningar visade att teflon är något sämre än PE.

Slutsatser

Det är viktigt att välja rätt slangmaterial för lasergasförsörjningen, framför allt i miljöer med förhöjda halter av fukt och kolväten. Den höga gaskvaliteten gör att ett felaktigt val kan ge problem med diffusion av föroreningar in i systemet. Stillastående gas i ett system med olämpliga slangar kan medföra att systemet i princip är fyllt med luft vid uppstarten på måndag morgon. Konsekvensen av detta är ganska lätt att räkna ut. I laserskärningens barndom myntade uttrycket "Monday morning problems", ett fenomen som orsakades av felaktiga val

av slangar till lasergasförsörjningen. I vissa fall kunde det ta upp till en halv dag att få lasern att fungera på ett acceptabelt sätt. Vi talar här om det tid det tog att spola ut föroreningarna ur slang. Idag är problemen mindre på grund av ökad kunskap kring valet av slang och komponenter för gasförsörjningen, men till och från dyker problematiken upp varför det kan finnas skäl till att påminna om denna lilla men nog så viktiga detalj.

Den generella rekommendationen när det gäller val av slangar är att använda PE-slang (HD) eller möjligen Teflon (viss risk för att fluorbase-erade fragment lossnar och påverkar resonatorn), det finns också compoundslangar med olika material som fungerar.

Rostfria rör (CQ) är ett alldeles ypperligt alternativ i detta sammanhang, underhållsfritt och åldringsbeständigt.



Lasertrender vid karosseritillverkning hos Audi AG

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Vi som regelbundet besöker den årliga EALA [European Automotive Laser Applications]-konferensen har på senare tid fått stifta bekantskap med Dr. **Mattias Graudenz** från Audi AG som under senare år tagit över från gamle bekantingen Dr. **Michael Niemeyer** som laserexpert vid det Neckarsulm/Ingolstadt-baserade premiumföretaget. Den alltid lika sympatiske Mattias studerade fysik vid Philipps Universität i Marburg mellan 1995-2000 varpå han disputerade för sin doktorsgrad i experimentell fysik 2006. Där på anställdes han vid Audi AG där han initialt kom att arbeta med bilsakerhetsfragor. 2008 flyttade han till avdelningen för fogningsteknik, där han sedan dess leder den grupp som ansvarar för utveckling och implementering av laserprocesser inom företaget. Eftersom en del av hans aktiviteter handlar om teknikspaning kring framtida innovationer inom lasertekniken var det extra spännande att en kväll, i samband med årets EALA-konferens, få sitta ner med Mattias för att lyssna lite till hans erfarenheter från olika lasersatsningar hos Audi, men också kring framtida förväntningar på nya användningsområden.

Avancerade fogningstekniker är nyckeln till effektiv lättviktskonstruktion, menar Dr. Graudenz. Detta inkluderar naturligtvis också användningen av avancerad laserteknik där laserlödning och fjärrlasersvetsning [Remote Laser Welding = RLW] bidragit till innovationsgraden då det gäller karosseritillverkning hos Audi. Kombinerade med intelligenta processövervakningssystem, processmodellering och beräkningsverktyg visar dessa innovationer på en ytterst

optimerad produktion, samtidigt som de uppfyller de höga kvalitetskrav som ställs på produkten.

Karosseritillverkning ar en synnerligen energikrävande verksamhet, men samtidigt vill Audi eftersträva ett effektivt resursutnyttjande genom att reducera såväl konsumtionen av elektrisk energi som utsläppen av koldioxidgaser, och för att bidra till en sådan måluppfyllnad kan valet av laserkällor ha en signifikant betydelse. Sålunda har Audi ersatt de konventionella Nd:YAG-laserna med avsevärt effektivare källor som fiber-, disk- eller diodlasrar. Jämfört med en lampmpumpad Nd:YAG-laser ar driftskostnaderna för t.ex. en diodlaser avsevärt mycket lägre, då de senare har lägre energiförbrukning och minimalt utsläpp av emissioner. Denna övergång till mer energieffektiva laserkällor har inneburit besparingar i form av 5.600 färre produktionstimmar, 507.000 kWh och 254.000 ton mindre koldioxidutsläpp om året.

Men det är inte bara en hög verkningsgrad som är avgörande vid valet av lasertyp hos Audi. Lasern måste också kunna fungera under tuffa förhållanden i en produktionsmiljö. Tillgängligheten måste vara hög och lasern måste kunna utföra sina fogningsoperationer snabbt, men laserutrustningarna behöver också vara användarvänliga ur ett operatorsperspektiv samt kräva minimalt underhåll. Dessutom måste laserkällorna ha en strålkvalitet som är tillräcklig för varje individuell applikation, samtidigt som de skall fungera för olika materialkombinationer i karossen samt vara multifunktionella. Det ideala ar om en och samma la-



Dr Mattias Graudenz,
Audi AG

serkalla kan användas för svetsning, lödning, skärning och ytbehandling. En annan fördel med lasern är dess kompakta uppbyggnad vilket gör att utrymmeskravet för laserkällan är litet, något som är nog så viktigt då nya karosserifabriker, med ett begränsat ytinnehåll, projekteras.

Vid laserlödning sammanfogas karosseridetaljer i plåt genom att ett koppar-kisel [CuSi3]-baserat lodmaterial smälts ner. För denna process har Audis produktionsutvecklare ersatt den traditionella Nd:YAG-lasern med en diodlaser. Laserkallan har en elektrisk verkningsgrad [Wall Plug Efficiency = WPE] på cirka 40% och framföringshastigheten vid lodningsoperationen brukar ligga kring 3,2 m/min. I jämförelse med Nd:YAG-lasern ar energibesparingen 90% om man även tar hänsyn till "stand-by", värmeförluster och krav på kylning. Med denna teknik fogas taket till karossidorna på bl.a. Audi A3-modellen med s.k. "nollspalt" [Fig. 1]. Resultatet är att man på detta sätt skapar en i princip osynlig fog med "Klass A"-yta. Lodfogarna sträcker sig också runt takets hörn för att på så sätt skapa maximal funktionalitet med fullgott korrosionsskydd. Efterbearbetning i form av en lättare slipning är tillfyllest för att uppfylla Audis höga krav på ytfinish. Där på kan karossen lackeras utan ytterligare efterbehandling eller att lödfogen behöver döljas av en dekorationslist.

Diodlasern uppfyller redan idag många av de produktionskrav som föreligger, och används framförallt vid laserlödning av designade, kosmetiska fogar. Förutom den redan nämnda takapplikationen utnyttjar Audi också tekniken vid tillverkning av bakluckor till A4- och A5 coupé-modellerna, samt för Avant-modellens bakdörr. Kvaliteten på de här nämnda lödfogarna bestäms genom interaktionen mellan flera parametrar, såsom komponentgeometrier och passningar, processparametrar, materialegenskaper och ytkondition. Men diodlasern används redan också för lasersvetsning av aluminiumdetaljer där Audi främst vill utnyttja redundansfördelar för olika karosriapplikationer. Med tanke på framtida flexibla produktionsflöden är det önskvärt att snabbt och enkelt växla laserkällorna mellan olika uppgifter. Dock kan diodlasern idag, p.g.a. fysikaliska begränsningar, inte användas för fjärrlasersvetsning då den har en alltför bristfällig strålkvalitet. Emellertid arbetar diodlasertillverkarna intensivt på att överbrygga dessa begränsningar. Audi kommer att fortsätta att använda lasern som ett ekonomiskt svetsverktyg för både stål- och aluminiumkomponenter, vilket tillverkningen av aluminiumbakdörren för Audi Q5-modellen liksom aluminium-sidodörrarna till Audi A6 utgör prov på.

Audi har också framgångsrikt börjat använda disklasrar vid fjärrlasersvetsning, en teknik som erbjuder ett stort antal fördelar. Med den goda strålkvalitet som disklasern erbjuder blir det möjligt med arbetsavstånd på över en halv meter mellan laserverktyget och arbetsstycket. Därtill medger tekniken korta cykeltider, samtidigt som den säkertställer högsta möjliga flexibilitet i den dagliga karossproduktionen. Med "remote"-tekniken svetsas inner- och ytterdetaljerna till A3-modellens stålsidodörrar samman helt beröringsfritt och med minimala svetsflänsar på under 6 mm:s bredd [Fig. 2]. Detta ger större glasytor och bättre sikt fält för de åkande – alltså kundupplevda fördelar som ett resultat av lasertekniken. Galvospeg-

lar tillsammans med "scanner"-optikens långa fokallängd minimerar omställningstiden från ett svetsläge till ett annat. Dessa speglar har liten massa och låg vikt varför de kan regleras både snabbt och precist så att laserstrålen mycket fort kan flyttas från ett svetsstyg till nästa. Resultatet blir att man kan undvika komplicerad manipulering av de komponenter som skall lasersvetsas liksom s.k. "flygande optik", vilken kräver betydligt kortare brännvidd.

Fjärrlasersvetsning med disklasrar introducerades först på ståldörrar-

na till A4- och Q5-modellerna [Fig. 3] och blev snabbt en succéhistoria som fortfarande löper i produktion idag. Denna lyckosatsning har gjort att tekniken som ovan nämnts även används vid den ytterst effektiva tillverkningsprocessen för A3-modellens dörrar. Den totala tiden för att svetsa 50 stycken 25 mm långa svetsar tar blott 26 sekunder! Avsikten är att i framtiden kunna använda fjärrlasersvetsning även av aluminiumdetaljer och här ställs Audis laserexperter inför en rejäl utmaning i så motto att man p.g.a. produk-



Figur 1. Ett karaktäristiskt tvärsnitt genom en s.k. "nollspalts"-fog. Med en diodlaser med hög verkningsgrad laser-löder Audi taket till karosidorna på A3-modellen. Någon mer omfattande efterbearbetning av lödfogen krävs inte, utan det är tillfyllt med en lätt slipning innan karossen skickas in i lackeringsprocessen.



Figur 2. Disklasrar används vid "remote"-svetsning av sidodörrar i stål. Laserstrålen kan med denna teknik flyttas från ett svetsläge till ett annat på extremt kort tid. Också då enkelsidig åtkomst för svetsverktyget föreligger kan komplexa geometrier, som i detta fall en dörrbåge, lasersvetsas på ett effektivt och enkelt sätt.

tionskrav önskar kunna svetsa olika materialfamiljer med ett och samma laserverktyg. När fjärrlasertekniken används på galvaniserad stålplåt tillkommer ett extra arbetsmoment. För att under dylika förhållanden kunna garantera en högkvalitativ lasersvets krävs en spalt på 0,1-0,2 mm mellan detaljerna så att förångad zink kan utgasas och undvika att man får porositet i svetsgodset. En sådan spalt åstadkoms genom att man pulser disklasern och skapar mindre, lokala smältor på plåtytan, vilka sedan stelnar och bildar små noppor med en höjd på ungefär 0,1 mm. Därmed tjänar dessa noppor som distanshållare mot topplåten, vilket säkerställer den önskade svetskvaliteten vid fjärrlasersvetsning.

Många olika processparametrar behöver övervakas för att vi skall kunna försäkra oss om att innehålla Audis höga kvalitetskrav på våra karosser, berättar Matthias vidare. Vid laserbearbetning är robotar, laserkällor, optiska fibrer och olika optiker exempel på utrustningar vars prestanda måste vara fullgod. Därför övervakas olika parametrar on-line redan idag, och dessa kan vara robothastighet, lasereffekt, positionering av optik eller strömstyrkan i en trådmatningsenhet. Om oegentligheter skulle föreligga upptäcks dessa omedelbart och adekvata justeringar av parametrarna görs då. Ett exempel på detta är t.ex. laserlödning av nollspalten mellan takpanel och karossidor. Här används såväl fogföljning som automatisk kvalitetskontroll av lödfogen. Tyvärr kan justering av parametrarna göras först efter det att lödfogen är utförd, varför ett framtida mål är att utveckla lämpliga sensorer och en kontrollstrategi som kan identifiera defekter tidigt i processflödet och korrigera lödparametrarna i realtid. Hos Audi pågår just nu en intensiv utveckling av olika processövervakningssystem, vilka mestadels bygger på optisk identifiering, med målet att i framtiden kunna använda sig av 100%-igt tillförlitliga NDT [Non-Destructive Testing] – metoder.

Genom att i datorer modellera laserlödningsprocessen kan Audis



Figur 3.

Fjärrlasersvetsning med "scanner"-optik är en etablerad produktionsmetod som används vid tillverkning av bilmodeller som Audi A4. Cykeltiden för att utföra 49 svetsstygn på en sidodörr ligger på svindlande 32,4 sekunder vilket även inkluderar hanteringstider. Själva lasersvetsningen sker på blott 19,5 sekunder.

specialister optimera denna process innan den används i praktiken. Av primärt intresse är processförståelse, energieffektivitet, kvalitet och tillgänglighet. Målen med simuleringen är att upptäcka olika begränsningar, förstå mekanismerna bakom varför olika löddefekter uppstår och komma fram till lämpliga strategier för att motverka dessa. Om man skall kunna genomföra en realistisk simulering av laserlödningsprocessen krävs otaliga parametrar, exempelvis laser- och materialdata, absorptions- och vätningskoefficienter, värmetransfer mellan tillsats- och grundmaterial, temperaturkurvor, utflytning av lodmaterialet samt den önskade geometrin på lödfogen. Med dylika kraftfulla verktyg skapas kunskap som markant ökar mognadsgraden för en laserinstallation långt innan denna har byggts. Detta sparar inte bara tid och pengar utan minimerar också den annars nödvändiga experimentella verksamhet som krävs för att kunna optimera en lasercell. Hos Audi innebär bl.a. motot "Vorsprung durch Technik" att alla tillverkningsprocesser, så långt som möjligt, skall bygga på redan ex-

isterande resurser för att maximera avkastningen. Trots avsevärt ökade produktionsvolymerna och ständigt högre produktkrav har Audi därför lyckats bibehålla energiförbrukningen vid produktionsanläggningarna i Ingolstadt och Neckarsulm på en konstant nivå.

Kontaktlösa och innovativa laserprocesser ger ett värdefullt bidrag till en mer energieffektiv produktion där även användningen av alternativa energikällor främjas. För att kontinuerligt kunna förbättra de intelligenta processer som används vid karosstillverkning måste dessa utvecklas parallellt och vara noggrant avstämnda mot varandra, då ett komplext tillverkningssystem inte är starkare än dess svagaste länk. Nog så kloka avslutningsord från Matthias Graudenz, som tillägger att Audis laserexperter inte bara optimerar själva laserprocesserna, utan samtidigt utvecklar besläktade övervaknings- och kontrollstrategier. Därtill utarbetar man virtuella utvärderingsmodeller för simulering av olika laserprocesser för att uppnå maximal effektivitet, kvalitet och kundnytta.

Flexibel tillverkning och kvalitetsövervakning vid lasersvetsning adresserades vid Laser-Anwenderforum

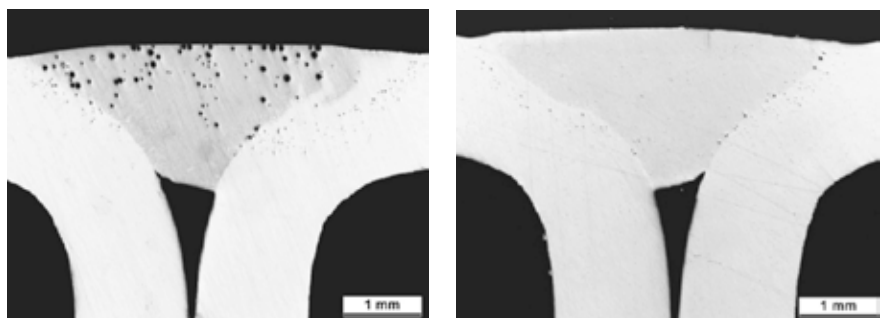
Johnny K Larsson, Volvo Cars

Ett av huvudtemana vid LAF'12 var flexibel tillverkning och under denna session satt Daniel Reitemeyer från BIAS ordförande. Förste man att tala var här kollegan Thomas Seefeld, en av "trotjänarna" vid BIAS [Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik] och bekant som bl.a. föredragshållare vid Laserdag 2 hos Volvo Olofströmsverken hösten 2011. Han inledde med att beskriva verksamheten inom Centr-Al, en avdelning inom BIAS som fokuserar på laserbearbetning av aluminium. Centr-Al grundades 2005 och har idag cirka 10 medarbetare. Bland annat har man supporterat Daimler i samband med lanseringen av Mercedes Roadster R231 i fjol, en produkt som lägligt nog tillverkas i Daimlers Bremen-fabrik. Roadstermodellen är i princip en aluminiumkaross (endast vindruteramen är tillverkad i stålplåt) i vilken såväl plåt, gjutgods som extruderprofiler ingår. Man hade undersökt deformationer vid MIG-svetsning mellan en tryckgjuten hattprofil i AlSi10Mg med 2 mm vägg tjocklek och en 3 mm tjock strängpressad profil i AlMgSi0,5. Tillsatsstråden var AlSi5 med en diameter på 1,2 mm och svetsningen hade utförts som 90 mm långa stegsvetsar vid en framföringshastighet på 0,6 m/min. Dels sker det en deformation under själva svetsförloppet, dels sker en större distorsion då detaljerna tas ur fixturen. Experimenten visade på en god korrelation mellan dessa två deformationsbeteenden.



Ett annat försök rörde laserlödning av aluminium där olika legeringskoncept hade utvärderats. De egentillverkade tillsatsstrådarna med 1,2 mm i diameter hade kompositionerna AlSi7Cu20Sn2Mg1, AlSi10Zn5Cu4, AlSi10Zn10Cu4 samt AlSi10Zn13Cu4 och uppvisade olika egenskaper vad beträffar smälttemperatur, formbarhet, hållfasthet, vätningsförmåga samt korrosionsresistans. De olika legeringskoncepten hade sedan utvärderats vid lödning av aluminiumle-

ringen AA6082. Här använde man en defokuserad stråle med 7,5 mm stor fokuspunkt, en lödhastighet på 0,5 m/min, trådmatningshastigheten var satt till 2 m/min, och vidare användes ett flussmedel med beteckningen F400NH. Resultaten visade inte bara på en bättre och porfri lödkvalitet utan framförallt kunde man konstatera att betydligt lägre laser effekt krävdes vid lödning med AlSi10Zn13Cu4 jämfört med det mer traditionella tillsatsmaterialet AlSi12 [Fig. 1].



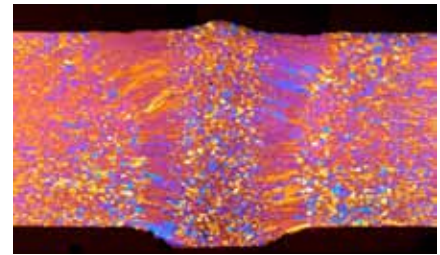
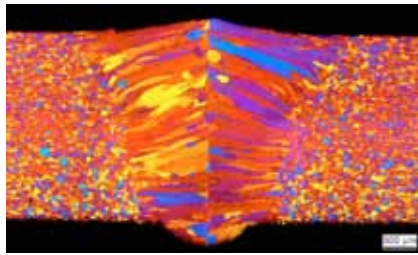
Figur 1.

Vid laserlödning av aluminium ger en tillsatsstråd tillverkad av legeringen AlSi10Zn13Cu4 (t.h.) betydligt lägre porositet jämfört med traditionell AlSi12-tråd (t.v.). Samtidigt krävs för samma processhastighet också lägre lasereffekt; 2,5 kW jämfört med 4 kW.

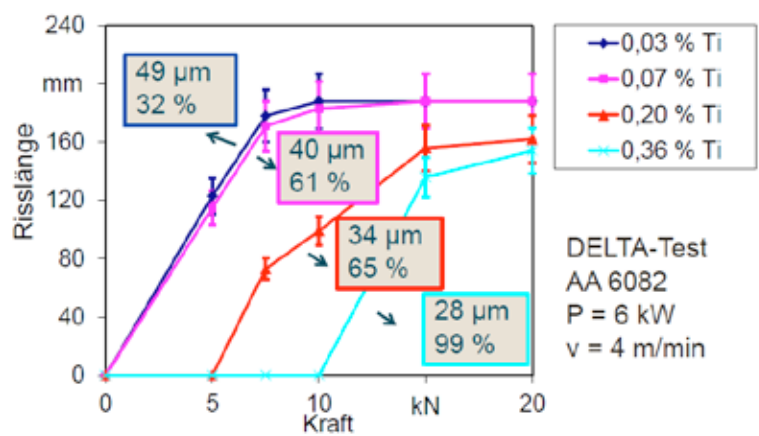
Sättet att arbeta med kornförfining av svetsgodset genom små tillsatser av Titan och Niobium [Fig. 2] har ju presenterats av medarbetare vid BIAS under tidigare konferenser, så inledningsvis blev det nu en repetition av förut redovisade resultat. Genom kornförfining och ökande Titan-mängd kan varmsprickkänsligheten motverkas, vilket hade validerats genom ett s.k. Delta-prov. En AA6082-legering hade här svetsats med 6 kW effekt och en framförings-hastighet på 4 m/min. Det visade sig att då Titan-innehållet ökas till 0,36% krävs hela 10 kN belastning i Delta-provet för att en varmspricka skall uppstå [Fig. 3]. Dr. Seefelds förklaringsmodell var att kornförfiningen leder till en storleksreduktion och jämnare fördelning av de vätgasporer som alltid uppträder i aluminiumsvetsgods.

Då det gäller att foga aluminium till en fiberkomposit har kollegorna vid BIAS redan tidigare presenterat en del innovativa lösningsförslag. I tidigare nummer av LaserNytt har det gått att läsa om hur man integrerat Titanium-öglor i polymeren, vilka sedan kunnat lasersvetsas till aluminiumdetaljen. Nu hade man vidareutvecklat denna idé i så motto att redan vid tillverkningen av fiberkompositen så lamineras det växelvis in tunna Titanmembran, varpå man utförde en överlappsvets med laser genom samtliga membran och därmed erhöll en kantförslutning av fiberkompositen [Fig. 4]. Därpå kunde densamma svetsas till aluminiumkomponenten genom att samtidigt ansätta laserstrålar från båda sidor av fogen [Fig. 5], vilka smälte ner aluminiumet och fick detta att väta mot Titanytorna.

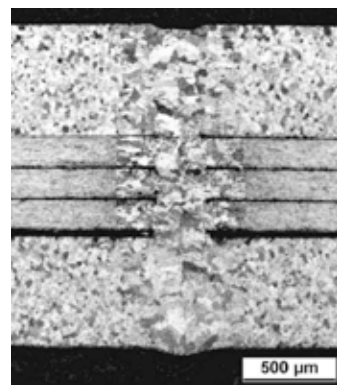
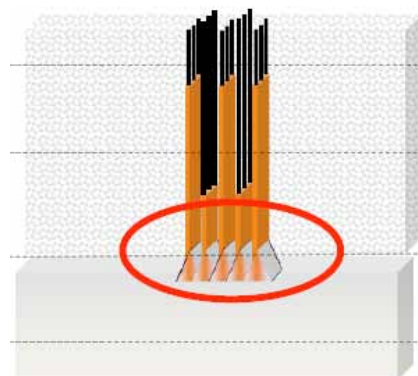
Ett annat mixmaterial-exempel som föredrogs av sympatiske Dr. Seefeld handlade om lasersvetsning av aluminium [AA6016] till varmförningsstålet 22MnB5, båda med en tjocklek på 1,5 mm. För att få en bättre utflytning av det nersmälta aluminiumet på stålytan använde man en induktionsspole för att förvärma materialen [Fig. 6]. Detta visade sig ge den önskade effekten i så motto att vätningsvinkeln minskade



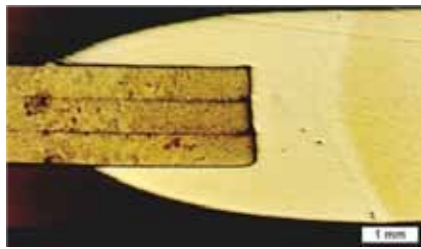
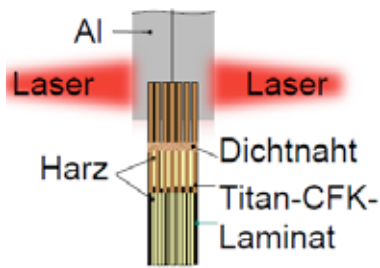
Figur 2. Aluminium AA1050A stumsvetsat med 8 kW lasereffekt och 6/min i framförings-hastighet. Genom tillsats av 0,38%Ti och 0,07% Bor (närmast) får man en avsevärd kornförfining i svetsgodset.



Figur 3. Sprickkänsligheten för svetsar i aluminium brukar bestämmas via s.k. Delta-prov. Om man vid laser-svetsning av aluminium-legeringen AA6082 använder en tillsatsstråd med 0,36% Titan-innehåll uppstår varmsprickor först vid 10 kN belastning av svetsen.



Figur 4. Genom att laminera in tunna Titan-membran i en kolfiberförstärkt polymermatris skapas förutsättningar för att senare kunna lasersvetsa denna till en metall.

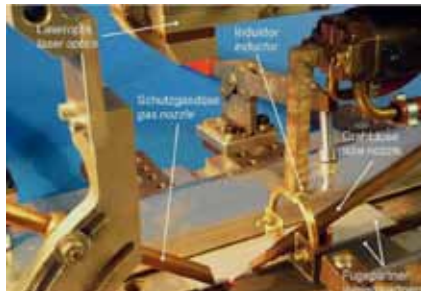


Figur 5. T.v. principen för att sammanfoga en kolfiberförstärkt polymer till aluminium genom att med en laser smälta ner aluminiumet vilket binder mot de i polymeren integrerade Titan-membranen (t.h.)

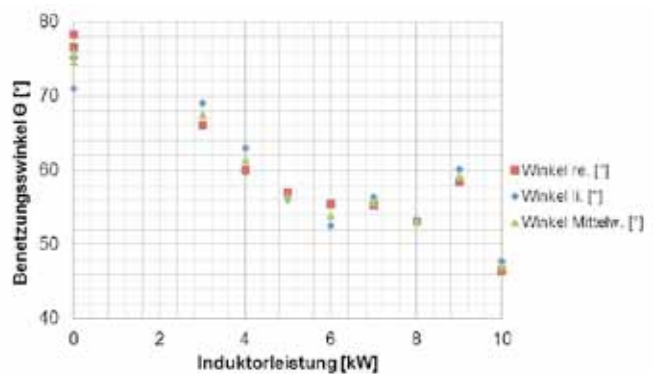
då effekten hos induktionsenheten ökades [Fig. 7]. Vid försöken hade man använt en diodpumpad disk-laser från Trumpf [HL4006D], tillsatsmaterialet AlSi3Mn samt det tidigare nämnda flussmedlet F400NH. Fokuspunkten placerades 10-20 mm ovanför aluminiumplåten, trådmattningen programmerades till 2,6 m/min och framföringshastigheten till 2,0 m/min. Med dessa parametrar blev det möjligt att nå god utflytning och en så pass flack vätningsvinkel som 30°.

Dr. Thomas Harrer från Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH i Ditzingen adresserade ämnet lågvolymproduktion, där mycket av hans presentation handlade om konstruktionsprinciper, s.k. "Lasergerechte Konstruktion", för att möjliggöra en kostnadseffektiv produktion också vid mindre seriestorlekar. Han gav dylika exempel på hur hela processkedjan vid plåtbearbetning kan utnyttjas på ett effektivt sätt; från laserskärning, via kantböckning till lasersvetsning.

Ett alternativ till att med fräsning bearbeta stora metallblock till färdig form är att använda sig av s.k. "multi-layer"-teknik eller flerskiktsteknik. Detta exemplifierades med tillverkning av ledskenor för operationsbord [Fig. 8] där dessa byggdes upp av 3-6 mm tjocka plåtar vilka sedan lasersvetsades samman med en precision på $\pm 0,2$ mm. Kostnadsbesparingen bedömdes till 70% jämfört med då ledskenorna frästes från ett 10 mm tjockt homogent metallblock. Då årsproduktionen hos underleverantören ligger mellan 600-800 ledskenor/år indikerar detta att lasertekniken erbjuder omfattande kostnadsfördelar.



Figur 6. Genom att med en induktionsspole förvärma materialen skapas bättre vätningsförutsättningar för tillsatsmaterialet AlSi3Mn vid denna mixmaterial-svetsning av AA6016 (topplåt) till AlSi-belagt 22MnB5 (basplåt).



Figur 7. Om induktionsspolens effekt ökar skapas en fördelaktigare svetsgeometri i så motto att vätningsvinkeln för det nersmälta tillsatsmaterialet minskar.



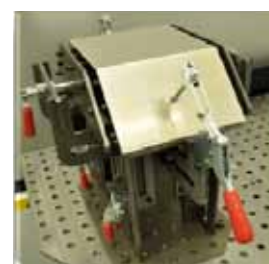
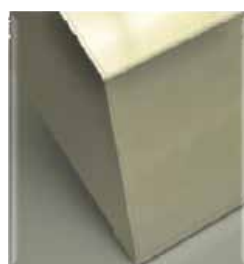
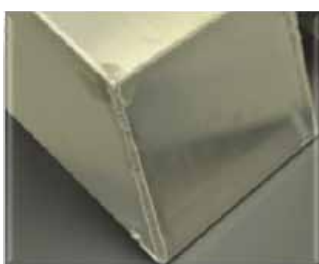
Figur 8. Tillverkning av ledskenor för operationsbord kan med fördel utföras med s.k. "multi-layer"-teknik. Då bygger man upp komponenten genom att lasersvetsa ett antal skikt av 3-6 mm tjocka plåtar och når en kostnadsbesparing på 70% jämfört med då ledskenorna fräses ur ett homogent metallblock.

Vid tillverkning av låga seriestorlekar är det, förutom "off-line"-programmering, viktigt att ha flexibla och helst modulära fixtur-system [Fig. 9] menade Dr. Harrer. Han visade prov på några sådana, tämligen enkla lösningar, där fixturerna byggts upp av svetsade plåtkonstruktioner. Här kunde jag själv le lite igenkännande då det var just denna teknik med egentillverkade plåtfixturer som vi använde vid skärning av detaljer till våra prototypkarosser i Göteborg redan i mitten av 1980-talet! En av lösningarna handlade om tillverkning av tvärsnitt avsedda för ett CO₂-laserkabinett där fixturkostnaden uppgick till blott 3.500 €. Årsproduktionen låg på 1.000 detaljer vilket med en laserbaserad lösning innebar 73% tids- och 40% kostnadsbesparingar jämfört med konventionell tillverkningsteknik. Ungefär detsamma blev resultatet för ett praktikfall som handlade om tillverkning av skyddshus till en kopplingsenhet [Fig. 10]. Av denna komponent tillverkades 500 enheter om året, och även här uppgick fixturkostnaden till 3.500 €. Jämfört med konventionell tillverkning tjänade man 78% i tillverkningstid och cirka 30% i dito kostnad då skyddshuset tillverkades genom processkedjan laserskärning/kantböckning/lasersvetsning.

Det var trevligt att återse Dr. Oliver Meier, med vilken jag hade en del kontakt under hans tid vid LZH [LaserZentrum Hannover]. Dr. Meier driver sedan ett antal år tillbaka företaget LASER on demand GmbH som håller till i Langenhagen i nordvästra Tyskland. Affärsidén med företaget är att kunna erbjuda möjligheter för små- och medelstora företag att utvärdera lasertekniken på "hemmaplan" innan dessa gör den ofta investeringstunga upphandlingen av egen utrustning. För detta ändamål hyr LASER on demand ut en mobil lasercontainer, vilken är klassificerad som "skyddsklass 4" och som består av en 5 kW diodlaser med en 30 m lång 400 µm optisk fiber, en komplett kylanläggning samt övriga nödvändiga tillbehör [Fig. 11], vilket gör att den omgående kan tas i drift



Figur 9. Exempel på några flexibla och modulära fixtursystem som möjliggör en kostnadseffektiv produktion med laserteknik även vid små seriestorlekar.



Figur 10. Genom att utnyttja hela processkedjan laserskärning/kantböckning/lasersvetsning kan såväl svetskvalitet som produktivitet avsevärt förbättras jämfört med konventionell svetssteknik.



Figur 11. Den mobila lasercontainern från LASER on demand GmbH går att hyra för företag som vill prova på lasertekniken innan man själv investerar i densamma.

av den potentielle laserkunden. Man kan också tillhandahålla en mobil sexaxlig robot med 16 kg lastkapacitet, liksom olika mobila linjärxlar samt handhållna laserverktyg för såväl pulsad- som cw-bearbetning.

En annan fördel med dessa mobila enheter är att de gör det möjligt att svetsa och ytbelägga stora stationära komponenter, vilka skulle vara svåra att transportera till en industrifastighet. Ett exempel på detta var en reparationssvetsning vid ett kärnkraftverk som hade genomförts vintertid i -15° C. Andra praktikfall var hämtade från tillverkning av skeppsstrukturer i stora varvslokaler där säkerhetsaspekterna blir uppenbara. Detta var ju ett ämnesområde som också adresserades vid Laserdag 1 2012 i form av ett intressant föredrag av Michel Honoré från FORCE Technology. Laserapplikationerna utgjordes av sektioner och balkar av ett sandwichmaterial, vilket bestod av 7-8 mm tjocka stålskal med aluminiumskum emellan [Fig. 12]. Dessa stumsvetsades med hjälp av den ovan nämnda 5 kW diodlasern

och en linjärxlig robot som garanterade en konstant framföringshastighet. Även en roderkonstruktion av samma sandwichmaterial svetsades med den mobila laserenheten. Ett annat praktikfall rörde reparation av en 40 ton tung rotor till en elektrisk generator, som påläggs svetsades med laser i samarbete med företaget NedClad [Fig. 13]. Andra applikationsexempel handlade om lågserietillverkning (4 stycken/år) av CNC-maskiner med 12 m lasersvets och täthetskrav, lasersvetsning av en skyddsmantel i rostfritt stål med ett handhållet verktyg, samt svetsning av stora paneler till Airbus A350XWB. I det sistnämnda fallet hade man använt en treaxlig portalrobot med säkerhetssensor, och kravet på insvetsdjup i materialet INVAR36 var satt till min. 8 mm.

En namne till en tidigare talare var Thomas Harrer från företaget MediKomp GmbH i Daimlerbekanta Rastatt. Även han talade om hur lasertekniken kan användas framgångsrikt vid svetsning av små seriestorlekar. Som företagsnamnet

antyder tillverkar man olika typer av medicinteknisk utrustning, vilket man gjort i 45 år men då som manuell svetsning med MIG-, MAG-, TIG- och motståndssvetsning. För detta ändamål har man ett tjugotal svetsceller och seriestorlekarna ligger mellan 400-2.000 enheter. Rostfritt [1.4301 och 1.4306], mässing och aluminium är de vanligast förekommande materialen, och det var framförallt de utseendemässiga kraven på svetsarna som ledde till att man valde att satsa på lasertekniken 2007. Idag använder man en 3 kW Nd:YAG-laser med tre arbetsstationer [TruLaser Robot 5020, Fig. 14], och det är främst chassier till diverse medicintekniska apparater som utgör merparten av de produkter som lasersvetsas här. På grund av produkternas höga tillförlitlighetskrav räcker det enligt Herrn Harrer inte enbart med OFP [oförstörande provning] utan med viss frekvens sker också tvärsnittsanalys med tillhörande mikroskopi för att fastlägga svetskvaliteten.



Figur 12. Sektioner i sandwichmaterial lasersvetsas med en 5 kW diodlaser och linjärxlig robot i öppna varvslokaler.

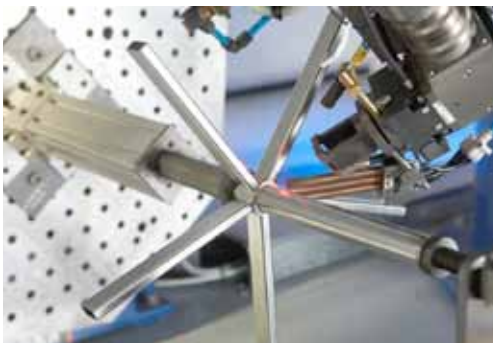


Figur 13. Med hjälp av LASER on demands mobila laserenhet kan denna 40 ton tunga rotor repareras i form av laserpåläggning.

Dr. Uwe Schöler från Olympus Surgical Technologies Europe [OSTE] i Hamburg fortsatte på det inslagna temat rörande medicinteknisk utrustning. Företaget har en historia som går tillbaka till 1919 då man började tillverka mikroskop i Japan. Idag rör den huvudsakliga tillverkningen verktyg för kirurgi, urologi och endoskopi och man har ungefär 1.800 katalogartiklar i sin produktportfölj [Fig. 15]. Detta innebär en volym på cirka 150.000 artiklar och 24 km lasersvets om året, och det är företrädesvis olika legeringar av rostfritt stål som svetsas.

Lasersvetsning introducerades redan 1979 och man har idag i Hamburg 10 stycken svetsceller med huvudsakligen pulsade Nd:YAG-lasrar från Haas med en medeleffekt på 100 W. Automatiseringskoncepten ser lite olika ut och består av såväl 2- som 4- och 5-axliga system samt en cell som är försedd med en liten industrirobot [Fig. 16]. Därutöver har man två stycken handhållna verktyg, två skärmaskiner och sex märkmaskiner. Seriestorlekarna överskrider sällan 50 enheter, varför produktionsflexibilitet är ett måste för att kunna innehålla förutsättningen att ha som mest två veckors leveranstid på artiklarna. Framtida utmaningar, menade Dr. Schöler, ligger i trenden att gå mot allt tunnare vägg tjocklekar i de rör som ingår i företagets produkter samt att artiklarna får komplexare former. Därför har man börjat undersöka möjligheten att använda nya typer av laserkällor. Fogarna utformas också med en mer flexibel och varierande spalt vilket medför problem vid lasersvetsningen. Vid OSTE har man på senare tid även börjat undersöka möjligheterna för "scanner"-svetsning, laserlödning och additiv tillverkning [Fig. 17]. Den senare tekniken syns ju ytterst lämpad för små seriestorlekar och komplexa geometrier, men bedöms ännu vara en för långsam produktionsteknik.

En gammal bekant i LAF-sammanhang är Dr. Johannes Weiser från företaget BBW Lasertechnik GmbH i Prutting. Företaget grundades 1997 och har idag 55 medarbetare, som



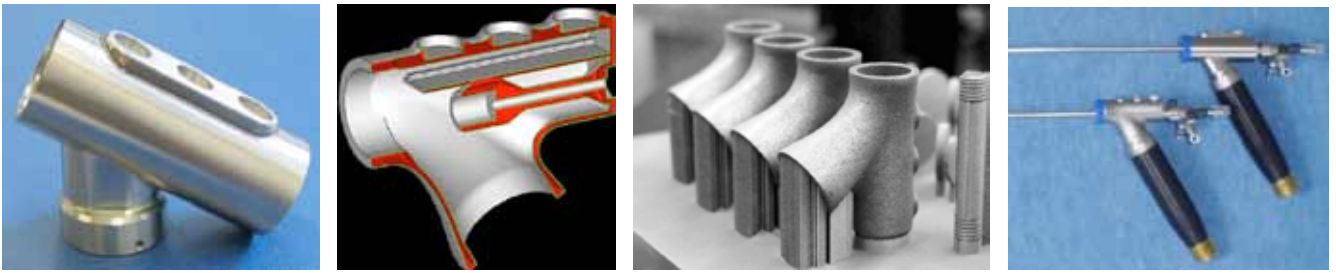
Figur 14. I denna TruLaser Robot 5020 med tre arbetsstationer tillverkas diverse medicinteknisk utrustning hos MediKomp GmbH i Rastatt, bl.a. det lasersvetsade stativet t.h.



Figur 15. Ett axplock av lasersvetsade produkter från Olympus Surgical Technologies Europe.



Figur 16. Olika automatiseringskoncept används för manipulering av laserstrålen från pulsade Nd:YAG-lasrar; linjäraxel t.v. och en liten 6-axlig robot t.h.



Figur 17.
Laser Additive Manufacturing (LAM) kan vara en tänkbar framtida produktionsmetod vid tillverkning av denna typ av fördelarmunstycke!

bl.a. tillverkar egna fixturer för laserbearbetning. Svetsning, skärning, borrar och märkning är de huvudsakliga processerna och på senare tid har man införskaffat en 2,5 kW fiberlaser med vilken man blivit först med att serietillverka komponenter till den tyska rymdfartsindustrin. Vidare har man tillgång till en TruLaser Robot 5020 från Trumpf med en 4 kW disk laser och 4 meter åkbana [Fig. 18], samt en helautomatisk laserborrningsanläggning för borrar av insprutningsrör.

Dr. Weiser uppehöll sig mycket kring kvalificering av såväl maskiner som personal hos sitt ISO 9001-certifierade företag. CO₂-laserarna är kvalificerade enligt ISO 15616-3 och Nd:YAG-laserarna enligt ISO 22837 1-2. Laseroperatörerna certifieras bl.a. enligt ISO 15614-11 och ISO 24394 och måste avlägga nya certifieringsprov vartannat år.

Som praktikfall visade Dr. Weiser upp hur man lasersvetsade en detalj till Airbus A319. Det rörde sig om svetsning inuti en Titanium-hylsa med 150 mm diameter där svetsverktygets vinkel i förhållande till fogen måste justeras kontinuerligt [Fig. 19]. Titan är känsligt för atmosfäriska gaser som syrgas, vätgas och kväve varför man valt att använda Helium som skyddsgas, vars tillförsel var integrerad i fixturen. Avsningen av svetsarna, vilka har den allra högsta fordringsklassen [Sicherheitsklasse 1], skedde i form av allkontroll med röntgen.

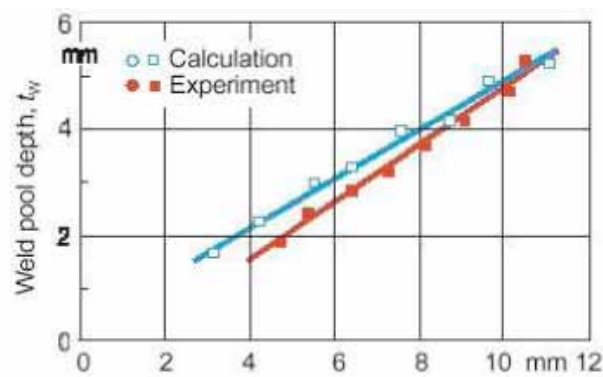
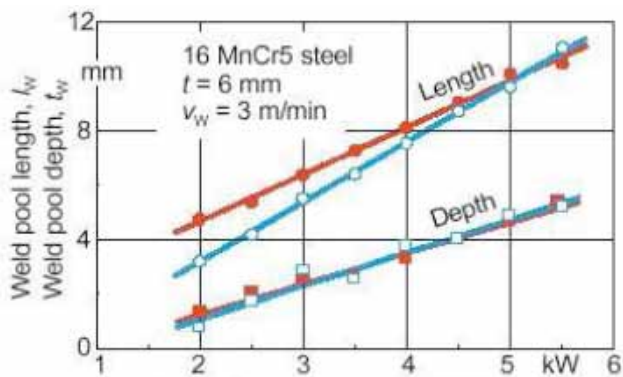
Grundtemat för LAF'12, var kvalitetssäkring vid laserbearbetning och därför avslutades konferensen med en dedikerad session kring detta, där sessionen leddes med fast



Figur 18.
Den tidigare TruLaser Robot 5020 med en 4 kW disk laser och 4 meter åkbana (t.v.) hos BBW Lasertechnik GmbH i Prutting har nu fått sällskap av en 2,5 kW fiberlaser (t.h.)



Figur 19.
Lasersvetsning inuti en Titanium-hylsa som är en detalj till Airbus A319. Längst t.h. ett detaljsnitt av det svetsade området



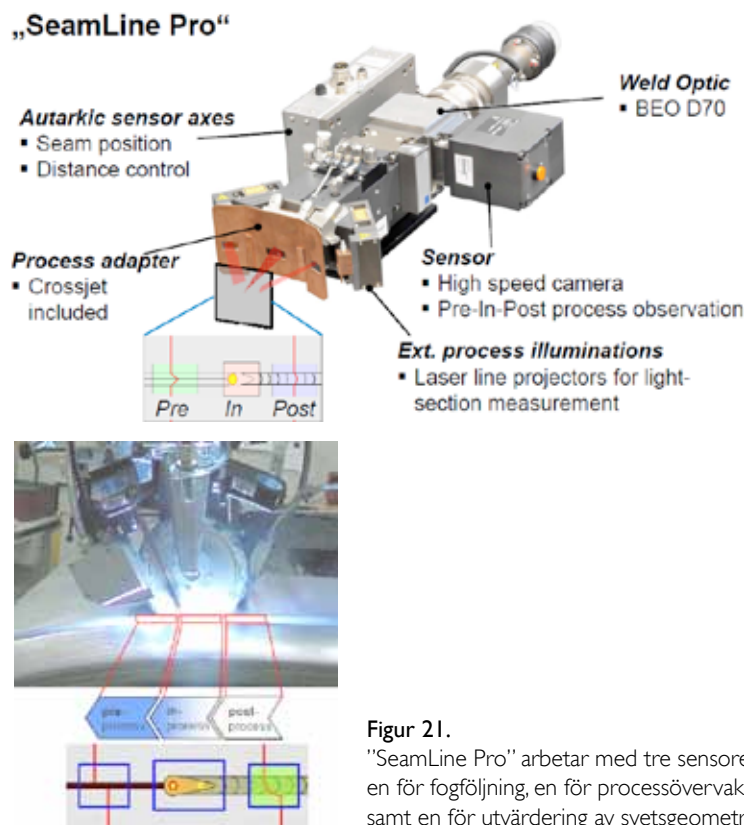
Figur 20. Smältbadets djup och längd är proportionellt mot använd lasereffekt vid svetsning (t.v.), vilket gör att det även finns ett rätlinjigt förhållande mellan smältbadets längd (x-axeln i diagrammet t.h.) och penetrationsdjupet!

hand av BIAS-profilen Dr. Claus Thomy. Förste talare var Dr. Markus Bruns från TÜV NORD i Hannover, och hans angreppssätt för att hantera kvalitetsaspekter vid lasersvetsning var att dela upp bedömningen i tre områden. Dessa var kvalitet och kvalitetssäkring av svetsmetoden, materialet i konstruktionen och slutligen själva konstruktionslösningen. Som bas för bedömningen använde han den år 2006 publicerade standarden ISO 3834, vilken innehåller tre nivåer; omfattande [del 2], standard [del 3] och elementär [del 4]. Som ett exempel där detta regelverk hade använts visade Dr. Bruns på en behållare för utbränt kärnbränsle tillverkad i ett rostfritt, Bor-anriktat 1.4306-material. Här förekommer bl.a. kravet på en maximalt tillåten förskjutning på 1,5 mm över 490 cm svetslängd, varför lasersvetsning blir ett alldeles utmärkt alternativ.

Näste talare var välkände Dr. Markus Kogel-Hollacher från Precitec KG i Gaggenau utanför Frankfurt a.M. Hans presentation byggde till stora delar på innehållet i den som vi hade möjlighet att lyssna på under AKL'12 tidigare under året. Även nu gav han en bred översikt över alla de möjligheter som finns att övervaka processen vid lasersvetsning. Många bygger på att med en kamera registrera emissioner från nyckelhålet i form av återreflekterat ljus i olika våglängder, såsom reflekterad laserstrålning [$\lambda = 1.030-1.070 \text{ nm}$], värmestrålning [$\lambda = 900-2.300 \text{ nm}$] eller metallångorna från plasmat [$\lambda = 400-600 \text{ nm}$]. Ett annat angreppssätt är att övervaka smältbadets geometri då

man i experiment kunnat påvisa ett samband mellan smältbadets längd och penetrationsdjupet [Fig. 20].

Idag finns en hel uppsjö av kommersiella produkter för kvalitetsövervakning vid lasersvetsning och Dr. Kogel-Hollacher visade på exempelvis Trumpfs "SeamLine Pro" som arbetar med tre sensorer; en för fögföljning, en för processövervakning och en för utvärdering av svetsgeometrin [Fig. 21]. Det av Precitec



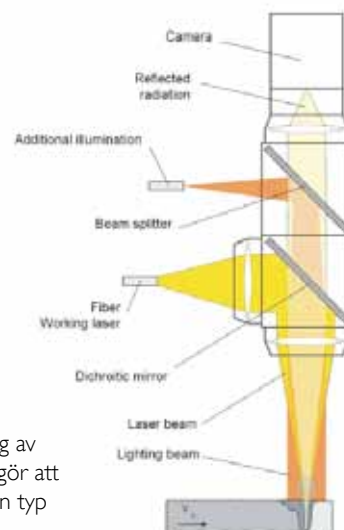
Figur 21. "SeamLine Pro" arbetar med tre sensorer; en för fögföljning, en för processövervakning samt en för utvärdering av svetsgeometrin.

utvecklade Souvis 5000© bygger på en likartad teknik och utvecklades ursprungligen åt företaget Soudronics maskiner för tillverkning av skarvade ämnen. Ett annat exempel är det av ILT [Institut für Lasertechnik, Aachen] utvecklade s.k. CPC-verktyget [Fig. 22], vilket arbetar med koaxial processövervakning kombinerad med extern belysning av svetsmältan. Detta underlättar bedömningen av svetskvalitén då det

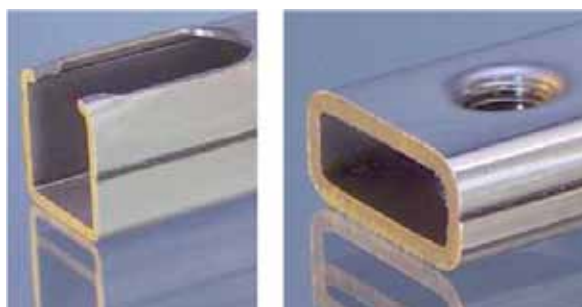
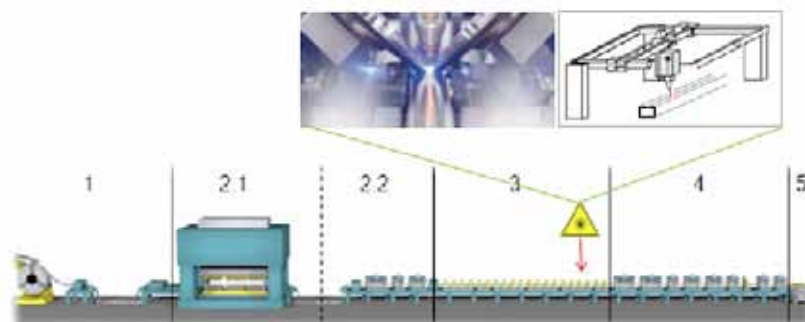
visat sig att olika material ger helt olika förutsättningar för tolkning då de inte är belysta. Avslutningsvis hade Dr. Kogel-Hollacher några idéer kring hur man skulle kunna lasersvetsa adaptivt med någon form av "closed-loop"-system. Ett sådant kunde baseras på effektändring, ändring av fokusläget eller vid användning av tillsatsmaterial reglering av tillförseln av detta.

Därpå var det dags för Andreas Dannheisig att inta talarstolen. Han representerar företaget Johnson Controls GmbH och dess tillverkningsenhet i Burscheid. Företaget är en stor leverantör av säten, interiörpaneler och elektronik till bilindustrin, och det är i det förstnämnda produktsegmentet som man börjat använda lasertekniken i form av svetsning av stommarna till bilsäten. Hittills har detta företrädesvis skett som "scanner"-svetsning med CO₂-laser och portalrobot, men trenden går alltmer i riktning mot att använda Nd:YAG- och fiberlasrar i kombination med "scanner"-verktyg monterade på industrirobotar. Men man använder också kontinuerlig CO₂-lasersvetsning av de rullformade profiler som är utgångsämnen vid tillverkning av sätesskenor [Fig. 23].

Herrn Dannheisig berättade att man i koncernen förfogar över 110 lasermaskiner och 90 stycken "on-line"-system för kvalitetssäkring av sina lasersvetsar, av vilka det enligt honom produceras mer än två miljarder (!) om året. Idag sker kvalitetssäkringen mestadels genom att man med dioder, i kombination med kameraövervakning av svetsmältan, registrerar temperatur och plasmastrålning, och här uttryckte Herrn Dannheisig ett önskemål om att i framtiden kunna ha tillgång till ett verktyg som direkt kunde klassificera och visualisera eventuella svetsdefekter. Beträffande framtida utmaningar nämnde han introduktionen av nya lättviktsmaterial, tunnare plåttjocklekar i komponenterna, en ökad användning av slutna profiler något som inte medger möjlighet att kontrollera svetsarnas rotsida, samt ett önskemål om att kunna reducera omfattningen av kostsam förstö-



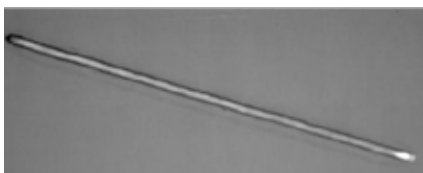
Figur 22. ILT's CPC-verktyg med koaxial kameraövervakning av svetsmältan och extern belysning av densamma gör att bedömningen av svetskvalité blir okänslig för vilken typ av material som bearbetas.



Figur 23. Traditionellt upplägg för CO₂-lasersvetsning av sätesskenor till personbilar.

rande stickprovskontroll. Detta har medfört att man börjat undersöka ytterligare kontrollmetoder såsom röntgen [Fig. 24] för att med sådan teknik kunna detektera bindfel och det som tyskarna kallar "Falscher Freund", d.v.s. att man kan se en genombränning av svetsen men likväl inte har bindning mellan plåtarna i en överlappsvets. Andra potentiella "off-line"-metoder som nämndes var termografi och triangulering,

men man hade även i samarbete med BIAS studerat möjligheterna med s.k. "laser-ultraljud" [Fig. 25] där man använder en laserstråle för att generera ultraljudssignalen och en annan för att detektera det återreflekterade ljudet. Ett annat intressant exempel handlade om en "closed-loop"-kontroll där man med hjälp av ett neuralt nätverk kunde justera svetsparametrarna allteftersom man fick variationer i penetrationen.

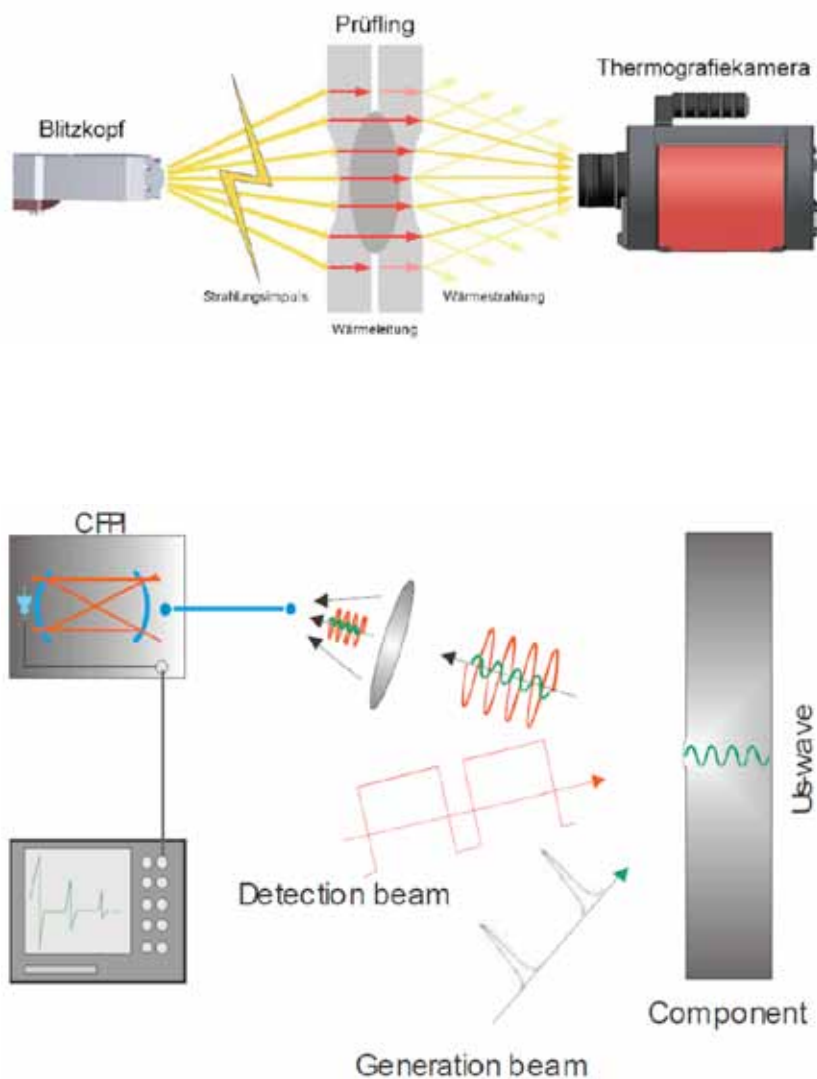


Figur 24.

Idag använder sig Johnson Controls GmbH av bl.a. röntgen för att kvalitetssäkra sina lasersvetsar; i mitten en fullgod svets, t.v. en med bindfel och t.h. en s.k. "Falscher Freund":

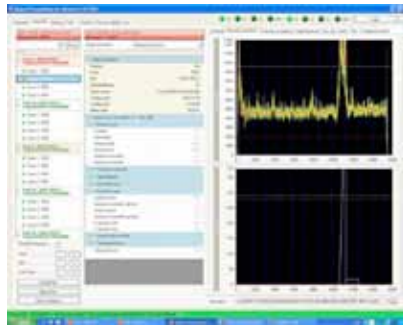
Processen måste ha en återkoppling inom 0,1-1,0 millisekund varför den höghastighetsfilmning som används för övervakning behöver ha en frekvens på 10.000 bilder i sekunden. Detta "closed-loop"-system hade utvecklats i samarbete med Fraunhofer IPM [Institut für Physikalische Messtechnik] och IFSW [Institut Für StrahlWerkzeuge] vid Universität Stuttgart.

Näste talare var min kollega från Volvo Cars, Niclas Palmquist, där han adresserade de utmaningar som förelåg då vi började lasersvetsa i de presshårdade detaljer som utgör en viktig ingrediens i den s.k. "säkerhetsburen". Här rör det sig om ett material med avancerat legeringskoncept och hög kolhalt, samt att komponenterna har komplex form och en kraftig vägg tjocklek, vilket gör dem extremt styva. Därför krävs en god formnoggrannhet om man skall uppnå ett lyckat svetsresultat. Tidigare kvalitetskontroll av lasersvetsar i Volvo-karosser begränsades till f underhåll av utrustningen, visuell stickprovskontroll av svetsarna samt förstörande provning med låg frekvens [1 kaross per 4.000 producerade enheter], men i och med införandet av strukturella svetsar i krockutsatta zoner har man varit tvungen att avsevärt skärpa kvalitetskontrollen. Därför har två nya system införts i produktionen; ett processövervakningssystem från företaget Plasmom som bygger på plasmaövervakning [Fig. 26], samt ett ultraljudsverktyg [Fig. 27] för efterkontroll av svetsarna. Det senare "scannar" ultraljudssignalen [25.000 s.k. C-scans/svets] genom en liten vattenbehållare och kan på så sätt ge en bild över en större yta. Systemet är synnerligen användarvänligt och marknadsförs av det holländska företaget Ams-Tech. Med denna arsenal av verktyg illustrerade Herr Palmquist på ett pe-

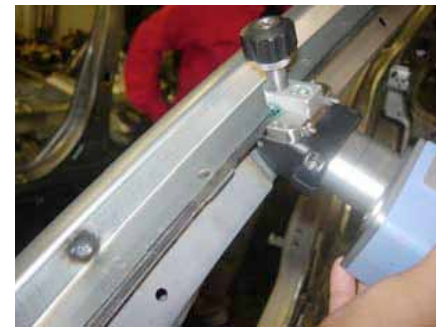
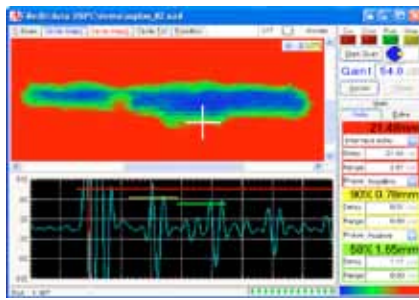


Figur 25.

Andra potentiella metoder för efterkontroll av lasersvetsar är termografi (överst) och "laser-ultraljud" (nederst)



Figur 26.
Svetsverktyg utrustat med processkontroll i form av ett plasmaövervakningssystem från företaget Plasmio.

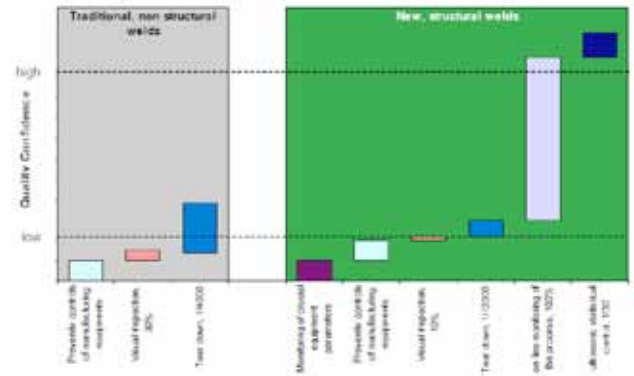


Figur 27.
Efterkontroll av lasersvetsarnas kvalitet görs på Volvo Personvagnar med hjälp av ett synnerligen användarvänligt, ultraljudsbaserat verktyg från holländska företaget AmsTech.

dagogiskt sätt hur man ökat sannolikheten för att upptäcka olika typer av svetsdefekter vid karossproduktionen [Fig. 28].

Siste talare i denna "kvalitets-säkrings-session" var Markus Lachenmeier från BMW Verbindungsstechnik – Karosseriebau FIZ [Forschungs- und IngenieurZentrum] i München. Han berättade om laserapplikationerna i 1- och 3Reihe-modellerna för vilka man använder 4 kW fiberlasrar från IPG [YLS-4000-S2-CL] med 1.070 nm våglängd och en strålkvalitet på 25 mm*mrad. Laserverktygen är av modellen ALO3 från Scansonic med ett "push-pull"-trådmattningsaggregat från företaget Dinse. Lasersvetsning med tillsatstråd [G3SI1] används för tillverkningen av mellanbrädans tvärbalk [Fig. 29]. Denna utgörs av förzinkad stålplåt och svetsas med 3,5 kW lasereffekt och en hastighet på 5 m/min med Argon som skyddsgas. För processövervakning använder man sig av Lessmüllers WeldEye®-verktyg samt en taktillfölgjning.

Vid tillverkning av ytterskalet till bakluckorna är det laserlödning som gäller. Även här är det frågan om zinkbelagd stålplåt, medan lodmaterialet utgörs av en CuSi3-legering. Lasereffekten varierar mellan 1,6



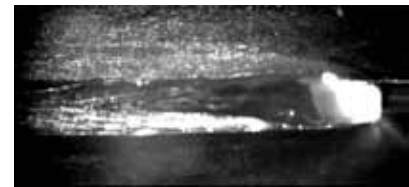
Figur 28.
I och med införandet av strukturella lasersvetsar i karossstommen var det nödvändigt för Volvo Cars att lansera ett helt nytt angreppssätt för TQM (Total Quality Management). Idag är sannolikheten (t.h.) för att upptäcka eventuella svetsdefekter avsevärt högre jämfört med den traditionella kvalitetskontrollen av semi-strukturella svetsar (t.v.).



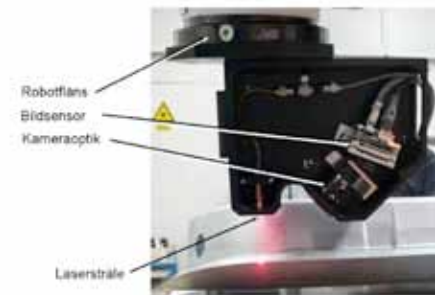
Figur 29.
Mellanbrädans delsamman-sättning för BMWs 1- och 3Reihe-modeller sker i form av lasersvetsning med tillsatstråd (G3SI1). Framföringshastigheten ligger på 5 m/min då man använder 3,5 kW effekt från en fiberlaser och Argon som skyddsgas.

och 2,3 kW och hastigheten mellan 2-3 m/min. Även här använder man sig av taktill följning samt "on-line"-övervakning med hjälp av WeldEye® [Fig. 30], men det sker även en "off-line"-kontroll i form av triangulering av lödfogens form där man nyttjar ett verktyg från firman W+R [Fig. 31]. Med det senare kan man även detektera porer och svets-sprut ner till storleksordningen 0,3 mm. Just detekteringen av fastsittande svets-sprut menade Herrn Lachenmeier var svårt då det här gäller att monitorera en större yta, vilket kräver högre förstoring och därmed en sämre upplösning i bildanalysen.

Sammanfattningsvis kan man säga att det dedikerade temat på kvalitetssäkring vid lasersvetsning gav en god överblick över de olika verktyg som finns att tillgå på marknaden och hur dessa används inom de olika företagen. Bilindustrin dominerar stort då det gäller att använda sig av avancerad kvalitetskontroll, men vi fick ju under tidigare sessioner vid LAF'12 lyssna till hur även några små- och medelstora företag inom laserbranschen hanterar olika kvalitetsaspekter. Intressant var också att kunna jämföra hur TQM [Total Quality Management] hanteras i olika företag. Vad som kommer att bli huvudtema vid LAF'14 om något år är ännu inte bestämt, men en inte alltför vågad gissning torde peka i riktning mot laserbearbetning av nya lättviktsmaterial. Återstår bara att se om detta antagande slår in då professor Vollertsen och hans team bjuder in till en ny, intressant träff i Bremen 12-13 november 2014. Välkomna!

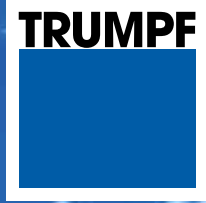


Figur 30. "On-line"-processövervakning av lasersvetsningen av mellanbrädan sker med hjälp av Lessmüllers WeldEye®-verktyg. Ovan t.v. kamera-bilden av en perfekt svets, och t.h. utseendet då laserstrålen hamnat offset i förhållande till kälfgogen.

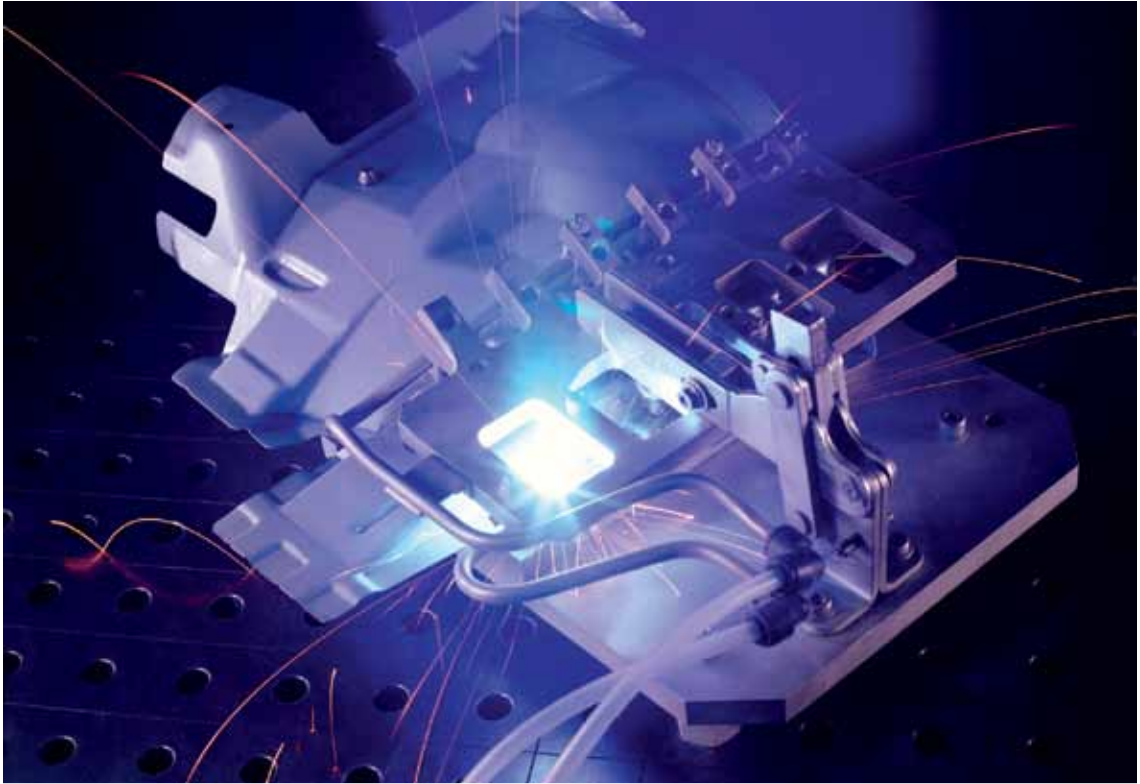


Figur 31. "Off-line"-kvalitetskontroll av laserlödda fogar hos BMW sker idag företrädesvis genom lasertriangulering med ett verktyg från företaget W+R.





Lasersvetsning



LASERSKÄRNING



LASERMÄRKNING



STANSNING



KANTPRESSNING

KALENDARIUM 2013

APRIL		
25	LaserNytt 1-2013	Per Westerhult
MAJ		
13-14	LaserGruppens studieresa till Tyskland	Per Westerhult
17	Bidrag till NOLAMP 14	Hans Engström
JUNI		
8	Senaste registrering till NOLAMP 14, till ordinarie pris	Hans Engström
AUGUSTI		
26-28	NOLAMP 14 14th Nordic Laser Materials Processing Conference, Göteborg	Hans Engström
OKTOBER		
15	LaserNytt 2-2013	Per Westerhult
29	Laserdag i Odense, Danmark	Per Westerhult
NOVEMBER		
28	Konstruera smart – tjäna pengar, Laserseminarium i Alingsås	Per Westerhult
DECEMBER		
6	LaserNytt 3-2013	Per Westerhult