

# LASER

# nytt

3-2012

Lösnummerpris 85 kr

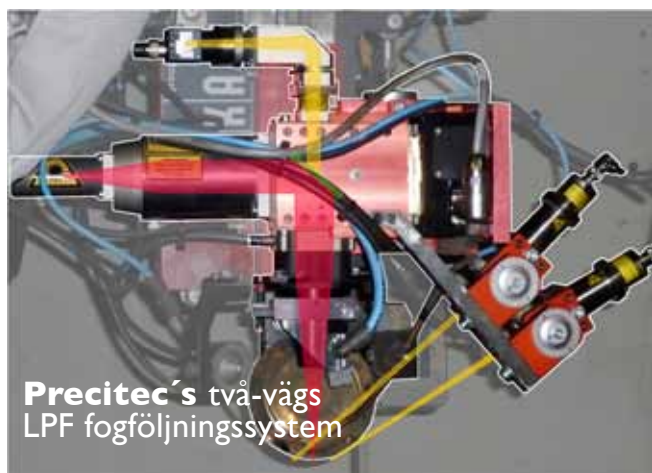
Rapport från AKL'12 laserkonferens

IIW Annual Assembly i Denver

## Andra bullar i ugnsproduktion



**Koaxial**  
processövervakning





#### 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](http://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: Ungsdetaljer hos Electrolux

Produktion: Tagg, Stockholm  
www.tagg.se

Tryck: Modintryckoffset, Stockholm  
www.modintryckoffset.se

Tankar från styrelsen	1
Rapport från årets LAF-konferens.	
Laserteknikens användbarhet vid såväl hög- som lågvolymtillverkning	2
Lasermärkning av pläterat stål	12
Mikrobearbetning med laser	12
Lasertrender inom småföretag	14
NOLAMP 14 – den nordiska laserkonferensen 2013 i Göteborg	15
AKL'12 – världens bästa laserkonferens för industriella tillämpningar?	16
Additiv tillverkning – spännande och växande tillverkningsprocesser baserade på laserteknik	30
Svetspunkten i rampljuset vid tillverkning av Opel Insigna	33
Markus Kogel-Hollacher berättar om ett nyutvecklat verktyg avsett för laserlödning	36
Andra bullar i ugnproduktion	38
IIV Annual Assembly i Denver	40

## TANKAR FRÅN STYRELSEN

# Stephan Boëthius, Air Liquide Gas AB

Välstånd mäts ofta i köpkraftsjusterad BNP per capita och är ett grovt mått på befolkningens levnadsstandard. Men vad är det egentligen som påverkar din och min livskvalitet och levnadsstandard i Sverige? För att få en hållbar ekonomi med möjlighet till bra livskvalitet och välstånd måste statens finanser vara i balans. En effektiv konkurrenskraftig exportindustri är en av grundförutsättningarna för detta.

I Sverige är vi duktiga på laser, det finns för närvarande knappt 1 000 högeffekts koldioxidlasrar för planskärning och utvecklingen går mot allt fler. Användandet av laser inom den svenska industrin har under många år bidragit till att skapa en mer kostnadseffektiv tillverkning vilken i kombination med övrig utveckling lyckats hålla produktionen konkurrenskraftig, i många fall jämförbar eller bättre än låglöneländer-

nas. Att vara bättre än sina konkurrenter på en global marknad är helt avgörande för industrins överlevnad och vårt välstånd.

När det gäller svetsning med laser ligger vi volymmässigt något efter övriga industriländer men de företag som trots allt använder processen är ofta väldigt duktiga vilket medfört stabilitet och lönsamhet. Dessa företag har i ett tidigt skede tänkt och valt rätt design och därigenom kunnat välja den mest kostnadseffektiva tillverkningsmetoden för varje produkt.

Företag välvilliga till investering som har personal med god utbildningsnivå och kunskap, fungerande samarbete mellan konstruktion utveckling och produktion skapar livskraftiga och vinstgivande företag vilket i sin tur bidrar till vårt fortsatta välstånd.



De stora mörka moln som tidigare funnits vid horisonten glider nu in över oss, mörkret sänker sig, det blir tillfälligt mörkt och kallt...

Med optimism, utbildning och rätt investeringar går vi snart en ny väg till mötes och kommer återigen att kunna njuta av en stor skön sol som lyser värmande genom en klarblå himmel. För fortsatt välfärd, investera i utbildning och laserapplikationer!

## Årets Laser-Anwenderforum visade på **Laserteknikens användbarhet vid såväl hög- som lågvolymtillverkning**

Johnny K Larsson, Volvo Cars



**Figur 1.**  
LION ligger granne med BIAS' gamla laboratorielokaler, och finns på behändigt "spårvagnsavstånd" från såväl Bremens flygplats som dess "Hauptbahnhof".

LAF [Laser-Anwenderforum] genomfördes i år [2012] för åttonde gången. Denna laserkonferens, som arrangeras vartannat år på initiativ av BIAS [Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik], hade denna gång lockat 93 deltagare till Park Hotel i Bremen, som i vanlig ordning upplåtit sina ändamålsenliga lokaler för evenemanget. Det genom åren ökande deltagarantalet tyder på att konferensens inriktning mot att presentera olika praktikfall från industriell tillämpning av lasertekniken röner ett stort intresse. En annan förklaring till det rekordhöga deltagarantalet i år kan vara att man samtidigt passade på att inviga de nya lokalerna för optikforskning i nära anslutning till Universität Bremen. De nya faciliteterna, vilka omfattar 5.000 m<sup>2</sup> laboratorieyta och har kostat cirka 15 miljoner euros, går under benämningen LION [Licht- und Optische technologieN] och ligger granne med BIAS' gamla lokaler [Fig. 1]. I samband med den officiella nyckelöverlämningen till institutionsföreståndaren, professor Frank Vollertsen, framfördes ett flertal lyckönskningar, bl.a. av i dessa sammanhang välbekante professor Manfred Geiger, ordförande i BIAS' styrelse, och professor Michael Zäh,

president i WLT [Wissenschaftlichen Gesellschaft für Lasertechnik e.V.]. Innan vi togs med på en intressant rundvandring i de nya laboratorielokalerna hann vi också lyssna till festanförandet som hölls av Dr. Konrad Middeldorf, verkställande direktör vid DVS [Deutscher Verband für Schweibtechnik], över temat "Trender inom fogningstekniken – Värdestegring genom svetsning".

Årets LAF-konferens hade som tema kvalitetssäkring, där jag i min roll som medlem i den industriella programkommittén, lyckats övertala min kollega Niclas Palmquist att hålla ett föredrag om hur Volvo Cars kvalitetssäkrar de strukturella laser-svetsarna i de senaste karossmodellerna – en fogning som kan vara livsavgörande i händelse av att fordonet

hamnar i en krocksituation! Inalles gavs 18 s.k. fackföredrag där andra temapunkter var lasertillämpningar i högvolymproduktion och flexibel tillverkning, och i vanlig ordning hade kollegorna vid BIAS, med herrar Reitemeier, Seefeld, Thomy, Schmidt och Frau Weers i spetsen, komponerat ett innehållsrikt och intressant program. Läggs därtill att man med glädje fick återknyta bekantskapen med flera gamla laserkollegor, bl.a. under den traditionella middagen i Kuppelsaal [Fig. 2], så förstår man att det var två väl använda dagar för att öka på sin laserkompetens.

I denna första rapportering från LAF'12 kommer jag att redogöra för de presentationer som gavs i temablocket "Högvolymproduktion med laser" samt beskriva lite av de



**Figur 2.**

Årets Laser Anwenderforum avhölls traditionsenligt på anrika Park Hotel i Bremen, med bl.a. gemytligt samkväm i "Kuppelsaal" (närmast).

senaste resultaten från pågående laserforskning vid BIAS. Övrig information från konferensen kommer sedan att följa i kommande nummer av LaserNytt.

Förste talare var min gamle kollega från Daimler AG i Sindelfingen, Dr. Michael Zürn, som inledde med att beskriva några "milstolpar" i företagets laserhistoria. Bland dessa nämndes, förutom den allra första taksvet-sapplikationen på S-Klasse-modellen [projektbeteckning W140] som introducerades 1990, aluminiumsvetsning som infördes i produktion 2003 vid tillverkning av sidodörrar till Maybach-modellen. Lasersvetsning av aluminium kom att breddas 2005 då man bl.a. började hybridsvetsa dörrarna till Mercedes S-Klasse [projektbeteckning W221]. 2007 kom den första "scanner"-applikationen, eller RLW [Remote Laser Welding] i form av svetsning av sidodörrarna till Mercedes C-Klasse [projektbeteckning W204], vilka är i stålplåt och sammansätts med inalles 650 C-formade laserstyggn per kaross. RLW har ju blivit ett signum för Daimler som idag använder denna teknik vid tillverkning av A-, B-, C- och E-Klasse-modellerna. Typiska applikationer är svetsning av sidodörrar, bakdörrar, karossidor och bakstycken [Fig. 3], vilket innebär att man utför ungefär 1.550 "scanner"-svetsar i minuten om man beaktar Mercedes-koncernens totala tillverkning "world-wide". En viktig ingrediens i processuppläggen är företagets patenterade Robscan-verktyg. Detta, som utvecklats i samarbete med Trumpf, har genomgått flera utvecklingssteg under årens lopp, och idag använder man s.k. 3D-"scannrar" vilka gör att fokuspunkten även kan positioneras i olika z-lägen. De ovan nämnda C-svetsarna svetsas faktiskt två gånger; en första gång med försvetsning normal fokusering, varpå laserstrålen defokuseras och rör sig i motsatt riktning för att på detta sätt jämna ut svetsrågen.

Andra ämnesområden som torgfördes av Dr. Zürn var termografisk kvalitetsövervakning av svetsningen med hjälp av verktyget VISIR [Fig. 4a], vilket jag beskrev utförligt i förra



**Figur 3.**

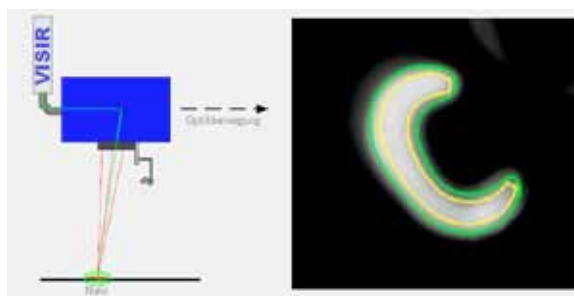
Daimler använder "scanner"-svetsning i stor omfattning vid tillverkningen av olika karossmodeller.

Några applikationsexempel är sidodörrar t.v. samt bakstycket under bakluckeöppningen.

numret av LaserNytt. Vidare s.k. belastningsanpassade fogmönster [Fig. 4b], en annan gammal "käpphäst" från Daimler. Begreppet innebär att man med hjälp av "scanner"-tekniken har möjlighet att positionera varje enskild svets på ett sådant sätt att man utnyttjar dess totala lastkapacitet i förhållande till aktuella belastningsriktningar och därmed kan konstruera på ett optimalt sätt för skjuv- respektive fläklaster och kombinationer av dessa. Flänsbreddsreduktion är ett annat ständigt återkommande tema i branschen, och detta illustrerades under presentationen i form av en vindrutestolpe [Fig. 4c] där lasersvetsningen innebar att

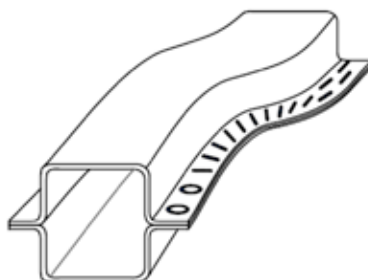
flänsen kunde reduceras med cirka 2 mm jämfört med en punktsvetsad lösning, något som kan utnyttjas för att öka förarens siktfält. Dock menade Dr. Zürn att man måste vara vaktsam för att risken för varmsprickor vid svetsningen ökar vid dylika, extremt korta flänsar.

Bland framtida utmaningar nämndes harmonisering av den globala produktion som Mercedes bedriver och där man redan idag utför "scanner"-svetsning med Robscan i 10 olika fabriker. Annars är lasersvetsning av lättviktsmaterial i form av karosskomponenter i aluminium och magnesium den stora utmaningen just nu. Dr. Zürn förutspådde



**Figur 4a.**

Oförstörande provning i form av termografisk kvalitetsövervakning används för kontroll av C-formade "scanner"-svetsar.



**Figur 4b.**

"Scanner"-svetsning ger också möjlighet att placera de enskilda svetsarna på ett sådant sätt att man får en maximal lastupptagningsförmåga.



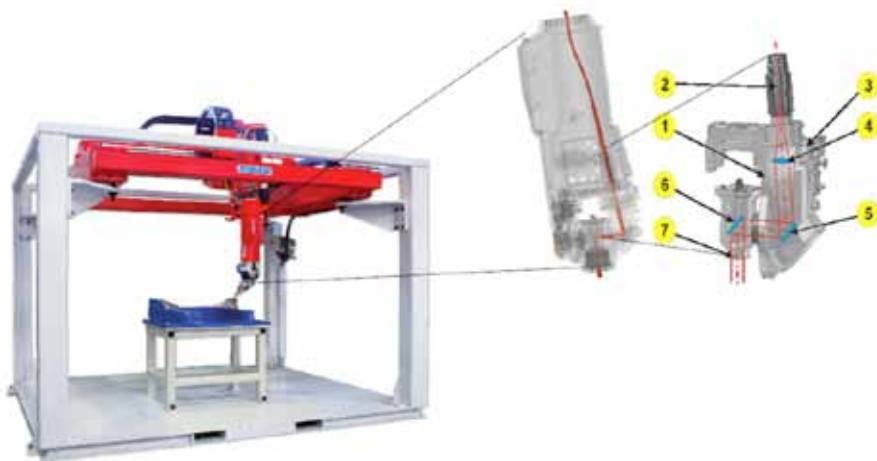
**Figur 4c.**

Lasersvetsning innebär att man kan arbeta med avsevärt kortare flänsar vid t.ex. sammansättning av en vindrutestolpe.

en mycket begränsad användning av magnesium vars låga duktilitet inte passar mot ökande krockkrav, utan det kommer i stället att bli aluminium som blir det förhärskande lättviktsmaterialet i kommande Mercedes-karosser. Därför blir den stora utmaningen RLW av aluminiumkomponenter, och här avslutade Dr. Zürn med uttrycka ett önskemål om att för detta ändamål kunna ha tillgång till någon form av adaptiv lasersvetsningsprocess.

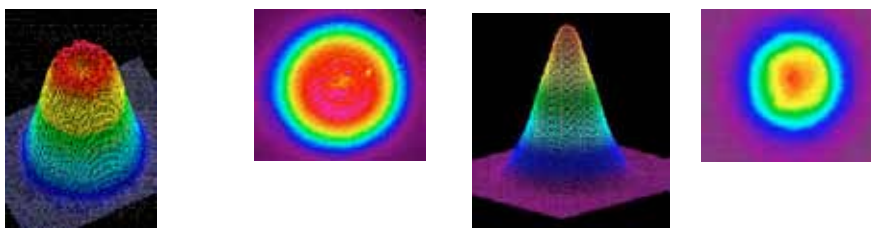
Vi håller oss kvar inom bilindustrin då jag refererar näste talare; Johannes Kraus från KEIPER GmbH & Co. KG. Företaget KEIPER är underleverantör till mer välkända Johnson Controls, som är en av världens största tillverkare av stolar och instrumentbrädor till bilindustrin. I stolskonstruktionen ingår ett antal delsammansatta detaljer, vilka med tanke på sin storlek yppar sig väldigt bra för "scanner"-svetsning, och det var om detta som Herr Kraus föredrag handlade. Han redogjorde för den historiska utvecklingen av laseranvändning hos KEIPER som startade 1999 med en CO<sub>2</sub>-baserad portalrobot. Idag har robotburen "scanner"-svetsning nästan helt tagit över i produktionen, där man sedan 2009 använder såväl disk- som fiberlasrar, men Herr Kraus visade också på en nyligen gjord intressant installation i form av en topphängd Reis-robot i en portal kombinerad med en fiberlaser [Fig. 5]. "Bulken" i tillverkningen utgörs idag av stolskomponenter för VW Sharan-modellen där en TruDisc4002 från Trumpf supporterar två separata svetsceller lokaliserade med ett inbördes avstånd på cirka 60 meter. Man använder sig av en s.k. multi-mode ["tophat spread"], vilken ger en större fokuspunkt med hög energitäthet [Fig. 6] och därmed bredare svetsar.

De huvudsakliga fördelarna med fastkroppslasrar jämfört med CO<sub>2</sub>-lasrar menade Herr Kraus var: bättre verkningsgrad, vilket gör att kylheterna kan göras mindre, enklare stråldistribution, flexibilitet i form av byte av optik och verktyg, lägre underhållskostnader samt något bättre strålkvalitet. Den jämfö-



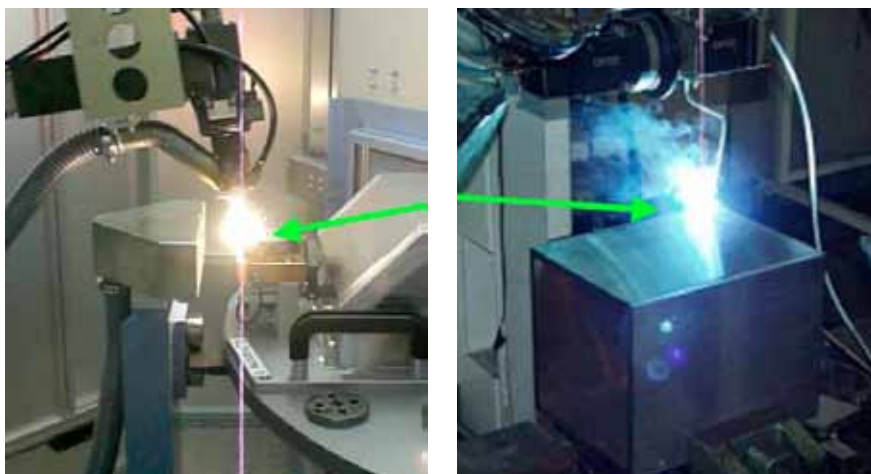
Figur 5.

En intressant laserbearbetningscell med topphängd robot kombinerad med en fiberlaser. Svetsverktyget består av: handledsaxel (1), optisk fiberinkoppling (2), kollimeringslins med lucka (3-4), samt två omlänkingspeglar (5-6) för "scanner"-svetsning.



Figur 6.

Energifördelningen i en s.k. "multimode" eller "tophat spread" (t.v.) ger möjlighet till betydligt bredare svetsar jämfört med då man använder en Gaussisk strålmode.



Figur 7.

Skillnaden i plasmaformering är uppenbar då man jämför en fastkroppslaser (t.v.) med en CO<sub>2</sub>-laser (t.h.).

relsevis kortare våglängden hos fastkroppslasrarna ger också en bättre inkoppling eller absorption i metalliska material, däremot är absorptionen från de olika våglängderna likvärdig så snart svetsprocessen kommit igång och det då blir svetsmältan som absorberar laserstrålen.

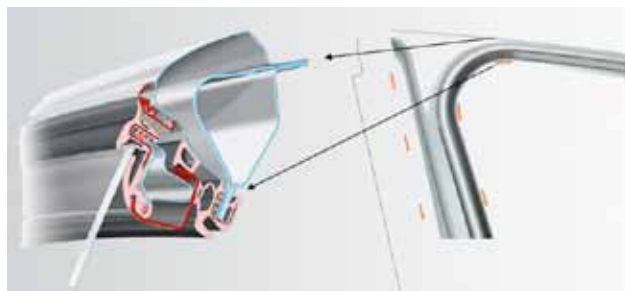
En annan fördel med disk- och fiberlasrar är att man mer eller mindre kommer ifrån den plasmaformering som är signifikant vid CO<sub>2</sub>-laser-svetsning [Fig. 7], vilket gör att behovet av skyddsgas minskar, och för vissa applikationer använder KEIPER ingen skyddsgas alls. Dock me-

nade Herrn Kraus att vid lasersvetsning av aluminium är skyddsgas en nödvändighet och i sådana fall föredrar man att använda sig av Helium. Utvecklingen av fastkroppslasrar går i riktning mot högre effekter per pumpmodul, vilket gör att antalet moduler kan minskas, något som i sin tur bringar ner investeringskostnaderna. Vidare har även diodpaketens livslängd kunnat ökas.

På önskelistan för framtiden står lättare och mindre "scanner"-optiker, då företaget med hänsyn till sitt produktsortiment inte är i behov av så stora arbetsområden att avlänka laserstrålen inom. Andra önskemål som Herrn Kraus uttryckte var bättre strålkvalitet hos diodlasrar samt ett billigare skyddsgasalternativ till Helium vid CO<sub>2</sub>-bearbetning.

Ytterligare en representant från bilindustrin var inbjuden som föredragshållare vid denna session, nämligen Dr. Jan-Philipp Veberpals från Audi AG och dess AluminiumZentrum i Neckarsulm. Denne inledde med att i allmänna ordalag beskriva de krav som hans företag ställer på laserkällorna i form av tillgänglighet, användarvänlighet, underhållsvänlighet, flexibilitet i bemärkelsen olika laserprocesser, samt redundans fördelar.

Idag har även Audi anammat RLW-tekniken, och liksom hos kollegorna vid Daimler används denna speciella lasermetod främst vid tillverkning av stålsidodörrar för modellerna A4 och Q5 där tekniken medger att man kan arbeta med så smala flänsar som 6



**Figur 8.** Med hjälp av "fjärrlaser"-teknik lyckas Audi svetsa blott 6 mm breda flänsar i dörrbågarna till A4- och Q5-modellerna.

mm i fönsterbågarna [Fig. 8]. Eftersom det är fråga om överlappssvetsar krävs en spalt mellan de zinkbelagda plåtarna på mellan 0,1-0,2 mm. Denna spalt säkerställs genom att man på en av detaljerna skapar små noppor, cirka 340 stycken per dörr, med hjälp av en pulsad fastkroppslaser [HL506P] på 7 kW och 2,5 ms pulslängd. Själva svetsningen utförs sedan med en 4 kW disk laser och Trumpfs PFO33-verktyg. Man utför 45-49 svetsar per dörr med varierande längd mellan 25-40 mm [Fig. 9]. Svetstiden per dörr är 19,5 sekunder (!) och den totala takttiden ligger på strax över en halv minut.

Audi-koncernen är ju kända för en omfattande användning av aluminium i sina karosser och därför uppehöll sig Dr. Veberpals en hel del kring lasersvetsning av detta material. För att erhålla en hög, porfri svetskvalitet måste aluminiumytorna rengöras före svetsning. Därför har Audi utvecklat sitt s.k. LaserClean-koncept, vilket utförligt beskrivits i tidigare nummer av LaserNytt. Metoden tillgår så att man med en pulsad laser spränger bort oxidskiktet.

Den därpå renlagda aluminiumytan reflekterar laserstrålen till 100% vilket gör att ingen ytterligare materialavverkning sker. Det hela exemplifierades med ett exempel på baddörren till Q5-modellen, där rengöringen inte bara utförs för lasersvetsningsoperationen utan även som rengöring inför efterföljande CMT [Cold Metal Transfer] -svetsning. Dr. Veberpals påpekade att svetsningen dock måste ske inom 1-2 timmar eftersom därpå börjar aluminiumoxiden växa till igen.

Lasersvetsning av aluminiumsidodörrarna till A8-modellen är en relativt ny applikation. Här förekommer såväl kantfogar [totalt 680 mm] i tjocklekskombinationen 1,2+1,7 mm som överlappsfogar [totalt 1.700 mm] i såväl 1,2+1,7 mm som 1,2+1,5 mm, vilket sammantaget medför ett svetsinnehåll på 2,4 m lasersvets per dörr [Fig. 10]. För ändamålet används kanske något överraskande en diodlaser som laserkälla. Takttiden i lasercellen är förhållandevis långa 300 sekunder, och svetsningen sker med tillsatstråd och Argon som skyddsgas. Framförings-



**Figur 9.** "Scanner"-svetsning av sidodörrar till Audi A4-modellen. Genom att på singeldetaljerna skapa små noppor (t.h.) med hjälp av en pulsad fastkroppslaser säkerställs en god svetskvalitet vid dessa överlappsfogar anbringade på detaljer av zinkbelagd stålplåt.

hastigheten är 3,0 m/min och trådmåtningen är satt till mellan 1,6-2,4 m/min. Tillsatsstråd är en nödvändighet vid lasersvetsning av aluminium menade Dr. Veberpals och visade ytterligare applikationsexempel på detta i form av kopplingen mellan tak och karossidor på TT-modellen [Fig. 11], vilken i övrigt har en lasersvetsad bottensvällare. Företrädesvis använder man sig av AlSi12 som tillsatsmaterial vilket också är fallet vid tillverkning av bakdörren till Q7-modellen, där lasersvetsningen är en utmaning i så motto att den sker i tre olika fogutformningar; kant-, överlapp- samt flänsad stumfog [Fig. 11]! Avslutningsvis nämnde Dr. Veberpals att man även använder sig av laserskärning, t.ex. vid håltagning för radioantennen vilket görs på takpanelen.

En ständigt återkommande gäst vid dessa tillfällen är Dr. Peter Hoffmann, grundare av BLZ [Bayerisches LaserZentrum], men sedan flera år tillbaka ägare till ERLAS [Erlanger Lasertechnik GmbH]. LaserNytts läsare fick ju stifta närmare bekantskap med denna entreprenör och hans framgångsrika företag i artikelserien "Samtal kring lasertrender" i nummer 1-2011. Detta år berättade Dr. Hoffmann om en ny stororder på växelförardetaljer som han erhållit och där uppgiften var att lasersvetsa mindre plåtkomponenter till ett antal av 1,5 miljoner artiklar per år. Med tanke på de stora volymerna hade det varit viktigt att utnyttja maximal produktivitet varför mycket av presentationen handlade om kraven på robotisering och styrsystem. Således används 7 stycken ABB-robotar med inalles 54 axlar enbart för materialhanteringen [Fig. 12].

Själva svetsningen utförs som RLW i två svetsceller av modellen Erlaser® Rotation 100 med växelbord, där växlingstiden i vridfixturen ligger på 2 sekunder [Fig. 13]. Som "scanner"-verktyg används det egenutvecklade Erlaser® Scan med ett arbetsfält på 190x320 mm och en z-positionering av fokuspunkten på ±70 mm. Detta "scanner"-verktyg är monterat i en tvåaxlig portalrobot med 500 mm räckvidd i Y-axeln och



**Figur 10.** Avancerad fixering av detaljerna inför lasersvetsning av aluminiumsidodörrar till Audi A8-modellen. Svetsningen utförs både som överlapps- och kantsvetsar i plåttjocklekar mellan 1,2 och 1,7 mm.



**Figur 11.** Andra exempel på lasersvetsning av aluminium är takskarven på TT-modellen, samt olika fogtyper i Q7-modellens bakdörr.



**Figur 12.** Vid tillverkning av växelförardetaljer hos ERLAS används en avancerad materialhantering vilken innefattar 7 robotar med totalt 54 axlar. T.h. sker den helautomatiserade transfern fram till lasersvetscellen.

400 mm dito i Z-axeln. "Scanning"-hastigheten ligger på 70 m/min, och för att ytterligare öka produktiviteten placeras detaljerna som skall svetsas med en noggrannhet av ±0,1 mm i en verktygshållare som i sin tur monteras i en lägesställare med tre axlar [Z = 280 mm, A = ±75° och

B = ±360°]. Detta är en princip som vi känner igen från tidigare ERLAS-produktion av exempelvis rattstänger till personbilsindustrin. Genom att detaljerna fixeras mot fjäderelement i verktygshållaren undviker man oönskade vibrationer vid de snabba omställningsförloppen och



**Figur 13.**  
Den beprövade svetscellen Erlaser® Rotation 100 kan numera även utrustas med Erlaser® Scan (t.h.) och en lägesställare med tre axlar.

uppnår därmed en hög svetskvalitet vid denna typ av precisionssvetsning med hjälp av RLW.

Vid bl.a. Laserdagen i Nyköping 2010 kunde vi lyssna till Richard Petersen från weil engineering GmbH i Müllheim då han berättade om hur man på ett effektivt sätt lasersvetsade gasflaskor. Vid LAF'12 redogjorde han för en likartad konstruktion för tillverkning av behållare för termobatterier där vi kunde följa alla tillverkningssteg från plåtrulle till färdig produkt och där lasersvetsningen var ett genomgående tema. Initialt tillverkas behållarens mantel genom att man rullformar fram rör i olika diametrar från plan plåt med en tjocklek på 0,9 mm, och den stumfog som därmed uppstår laser-



**Figur 14.**  
Mantlarna till termobatteriernas behållare rullformas och stumsvetsas med en disk laser i denna Flexistar-maskin.

svetsas i en Flexistar-maskin [Fig. 14], vilken klarar rörlängder mellan 80-600 mm.

I en separat station tillverkas locken som senare kommer att sluta behållaren. Här lasersvetsas två muffar [Fig. 15a]; en sätts direkt på locket medan den andra monteras på en vattenfördelare vilken sedan i sin tur svetsas till locket. Därpå svetsas ett rörknippe bestående av 16 individu-

ella rör för varmvattentransporten till de två locken i en bestämd följd för att minimera värmedistorsioner [Fig. 15b]. Rören träs med presspassning genom hål i locken varpå man ”scanner”-svetsar i den typ av flänsad stumfog som uppstår. Slutligen svetsas locken till manteln [Fig. 15c] varpå hela behållaren täthetsprovas. Totalt finns 5 stycken lasersvetsceller i produktionsflödet vilka betjänas av



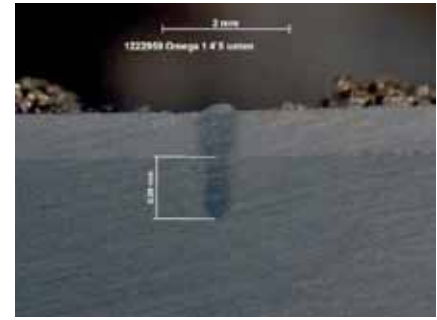
**Figur 15a.**  
Överlappssvetsning av två muffar där en monteras direkt på locket medan den högra svetsas i en s.k. vatten-fördelare.



**Figur 15b.**  
16 stycken rör för varmvattentransport fjärlasersvetsas till locken i en viss följd för att minimera värmedistorsioner.



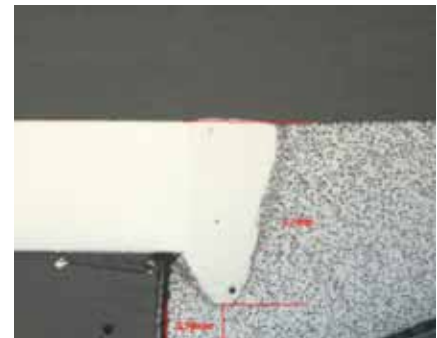
**Figur 15c.**  
Avslutningsvis kopplas manteln samman med locken genom en kontinuerlig trycktät lasersvets.



Figur 16.

CO<sub>2</sub>-lasersvetsning av bromsbeläggsbärare hos NUTECH. Trots den moderata effekten på 2.250 W kombinerad med hög (9 m/min) svets hastighet innehålls kravet på min. 1,5 mm penetrationsdjup.

två stycken diskklasar från Trumpf. Ett avancerat lasernätverk ser till att utnyttja de båda laserkällorna optimalt, och den s.k. "laser-on"-tiden ligger på 96% respektive 84% för de båda källorna. Kravet på taktid låg på max. 120 sekunder per behållare, något som man har uppfyllt med glans. Idag ligger taktiden på 102 sekunder, och det lyckade resultat beror enligt Herrn Petersen på att de aktuella behållarna redan från början konstruerats för att lasersvetsas och att fogutformningar och toleranser anpassats för detta.



Figur 17.

T.v. processupplägget vid Nd:YAG-lasersvetsning av drivhjul, vilka delvis är tillverkade i en krom-nickel-legering. Kravet på insvetsdjup verifieras med hjälp av tvärsnittsanalys (t.h.).

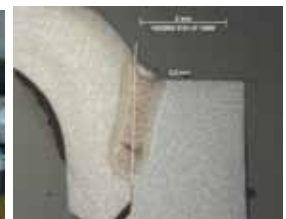
NUTECH GmbH brukar också vara en trogen deltagare vid LAF-arangemangen. Senast berättade dess ägare Dr. Günter Lensch om verksamheten vid det Neumünster-baserade företaget med dess 60 medarbetare, men i år var det kollegan Axel Rach som förde företagets talan. NUTECH GmbH bygger olika typer av laserverktyg men bedriver också en omfattande "job-shop"-verksamhet där man i sitt interna "Laser-Zentrum" erbjuder såväl skärning som svetsning, borrar, härdning, ytbeläggning och upplegering. Lasersvetsningen utgör 80% av laserbearbetningen och man tillverkar såväl enstyckskomponenter som stora serier. Storleken på produkter kan också variera. Sålunda är det minsta man tillverkat blodkärlsförstärkningar, s.k. "stents" med en längd på 4 mm och en vägg tjocklek på 0.07 mm, medan den största komponenten utgjordes av en 5 meter lång vals med 5,5 tons bruttovikt. Eftersom temat för LAF'12 var kvalitetssäkring spenderade Herrn Rach en del tid på att beskriva de kontrollmetoder man

använder sig av på NUTECH. Här förekommer såväl penetrantprovning, mikroskopi och röntgen som OFP-metoder, men en hel del förstörande provning görs också, huvudsakligen i form av tvärsnittsanalys av svetskvaliteten. Detta illustrerades genom att man redan hittills i år gjort 4.500 dylika snittprov. Vid sådan tvärsnittsanalys är det viktigt att snittytan poleras på ett korrekt sätt för att man skall upptäcka bindfel och andra svetsdefekter.

Därefter lyfte Herrn Rach fram ett antal praktikfall från NUTECH:s digra produktportfölj. Först ut var en s.k. bromsbeläggsbärare [Fig. 16],

där det rör sig om överlappssvetsning i materialet ZSTW/QSTE 420. Här hade man använt sig av 2.250 W effekt från en CO<sub>2</sub>-laser, och svets hastigheten hade valts så hög som 9 m/min, vilket motiverades av att man ville minimera distorsioner hos de inspända detaljerna. Detta hade lyckats så väl att man klarade av att innehålla toleranser mellan 0,1-0,2 mm. Kravet på totalt svetsdjup var satt till 1,5 mm, och detta kontrollerades med hjälp av såväl en temperatur- som en plasmasensor.

Nästa praktikfall var ett drivhjul där såväl DD13/S235- som GGG-material lasersvetsades på en CrNi-



Figur 18.

Kugghjul i materialet STE/C35 svetsas med 3 kW lasereffekt och en framföringshastighet på 3/min. Även här sker stickprovskontroll av svetskvalitet och penetration medelst tvärsnittsanalys.

legering. Här hade man använt en Nd:YAG-laser med 3.600 W effekt, och svetsat med 4 m/min vilket gav ett insvetsdjup på cirka 2 mm [Fig. 17]. Även här låg toleranserna på den sammansatta detaljen på mellan 0.1-0,2 mm, och eftersom det förelåg täthetskrav på svetsarna skedde allkontroll av dessa med hjälp av trycksättning.

Ytterligare ett praktikfall handlade om lasersvetsning av kugghjul [Fig. 18] vilka tillverkades i STE/C35-material. 3.000 W från en Nd:YAG-laser resulterade i 2 mm svetsdjup vid en svets hastighet på 3 m/min. Kvalitetskontrollen här skedde i form av stickprov då såväl kugghjulets geometri som svetskvaliteten kontrollerades.

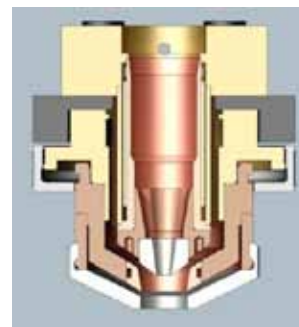
I det sista produktexemplet som Herrn Rach presenterade hade man dels svetsat ett plåthus i varmhållfast X15CrNiSi20-12, dels gjutna hus i 1.4828-material [Fig. 19]. Här hade man tagit ut 2.500 W från en Nd:YAG-laser vilket gav ett insvetsdjup på mellan 1,5-2 mm vid cirka 3 m/min i svets hastighet. Här kombinerades 100% visuell avsyning med stickprov i form av tvärsnittsanalys.

Herrn Rach avslutade sitt föredrag med att nämna några imponerande siffror. Sålunda representerar de ovan beskrivna bromsbelägsbärarna 1.500 km svets per år, och sedan produktionsstarten 1997 har man producerat 15.000 km lasersvets. Förra året levererade NUTECH inte mindre än 15 miljoner lasersvetsade detaljer, och man är ett utmärkt exempel på hur ett mindre företag kan klara av att producera såväl små som stora seriestorlekar.

Första dagen avslutades med att BIAS' institutionsföreståndare, professor Frank Vollertsen, beskrev några av de senast uppnådda forskningsresultaten. Här rörde det sig t.ex. om laserlödning av aluminium AA6063 utan användning av flussmedel genom att kombinera laserstrålen med en ringformad plasmaelektrod [Fig. 20]. Laserkällan var en diodpumpad HL4006D från Trumpf ur vilken man använde 1,2 kW, och plasmaströmmen hade satts till 40A. Framföringshastigheten låg på 1,2



**Figur 19.** Såväl plåthus i X15CrNiSi20-12 (t.v) som gjutna hus i 1.4828-material (t.h.) har med framgång lasersvetsats hos NUTECH GmbH. 2,5 kW effekt från en Nd:YAG-laser ger ett minsta insvetsdjup på 1,5 mm vid en svets hastighet på 3 m/min.



**Figur 20.** Genom att kombinera laserstrålen med en plasmaelektrod kan man svetsa aluminium utan användning av flussmedel. Den ringformade elektroden (t.h.) omges av tre gasflöden; plasmagas, fokusergas och skyddsgas. Man använder sig vidare av en taktlig följning samt en kraftig cross-jet för att skydda optiken.



**Figur 21.** Genom att låta laserstrålen ha en "släpande" infallsvinkel på endast 24° åstadkommer man en förvärmning av plåtytan vilket medger att man kan löda med hastigheter upp till 9 m/min. Tillsatsmaterialet matas däremot fortfarande in i 60° "släpande" (t.v.).

m/min, trådmatningen av AlSi12-tråden på ungefär 2 m/min och ett Argon-skyddsgasföde på 20 l/min hade använts.

Ett annat lödningsexempel handlade om att skapa bättre förvärmning av plåtytan genom att ändra laserstrålens normalt räta infallsvinkel till arbetsstycket till en betydligt flackare vinkel på blott 24°, medan tillsatsstråden matades in med bibehållen 60-gradersvinkel [Fig. 21].

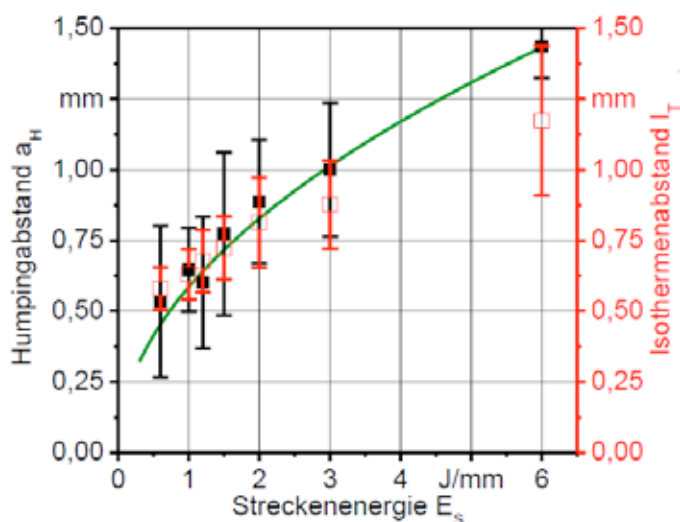
I försöken, som utförts på mjuk DC04-plåt med CuSi<sub>3</sub> tillsatsstråd, hade man använt 4,5 kW från en disk laser. Detta resulterade i lödhastigheter på över 5 m/min, och professor Vollertsen menade att hastigheter kring 9 m/min inte var någon omöjlighet med detta angreppssätt.

Vid höghastighetssvetsning med laser brukar det välkända "humping"-beteendet uppstå vid svets hastigheter över 10 m/min. Svetsprocessen blir

instabil och det uppstår regelbundna bindfel. Avståndet mellan dessa bindfel (humpingavståndet) har visat sig vara proportionellt mot sträckenergin [Fig. 22], varför teorin ger vid handen att en ökad sträckenergi skulle kunna motverka uppkomsten av "humping". Detta hade man tagit fasta på vid BIAS och använde en 1 kW S-M [Single Mode] fiberlaser vilken förvärmde den plåtyta som skulle svetsas. Själva svetsningen gjordes med en 4 kW disk laser med något defokuserad stråle. Båda lasrarna använde 200 mm lång fokuseringsoptik, men där disk lasern arbetade med en 200  $\mu\text{m}$  optisk fiber var det tillräckligt med en 15  $\mu\text{m}$  fiber för fiberlasern med dess suveräna strålkvalitet. Försöksmaterialet utgjordes av 2,5 mm tjockt rostfritt 1.4301 och skyddsgasen var Argon med ett flöde på 20 l/min. Med denna uppställning visade det sig vara möjligt att svetsa näst intill "humpingfritt" t.o.m. vid en så hög framföringshastighet som 30 m/min!

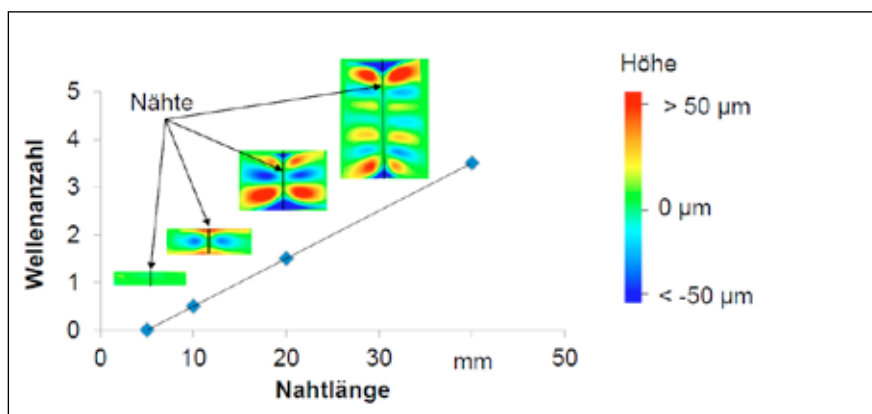
En annan undersökning handlade om att försöka svetsa 50  $\mu\text{m}$  tunna aluminiumfolier i Al99.5 utan att dessa började förvidras. Här hade man påvisat att de s.k. transversalspänningar som är upphovet till distorsionerna ökar med längre svets tid, alltså då svetsarna görs längre. Även en ökad inspänningskraft är negativ ur samma aspekt. Efter att ha genomfört en större provmatris kunde man konstatera att det med laserparametrarna; 133 W effekt, 500 mm/s framföringshastighet, fokalpunkten placerad på foliens toppyta samt en svets tid på 20 ms, gick att svetsa 10 mm långa svetsar deformationsfritt under förutsättning att den fria inspänningslängden var minst 30 mm. Detekteringen av förvidring hade gjorts med s.k. deflektometri [Fig. 23] som är en optisk, beröringsfri mätprocess med en objektivbrännvidd på 25 mm som gör att ett mätfält på 60x60 mm kan avläsas på 8 minuter med en lateralupplösning av 50  $\mu\text{m}$ .

Dr. Vollertsen beskrev vidare den mikroformningsmetod som uppfunnits vid BIAS, vilken första gången presenterades vid LANE 2010. Metoden fungerar som så att man med



Figur 22.

Det s.k. "humpingavståndet" är proportionellt mot sträckenergin vid laser svetsning, varför extra tillförd energi i form av förvärmning med en 1 kW "single mode"-laser gör att "humping"-beteendet kan undertryckas.



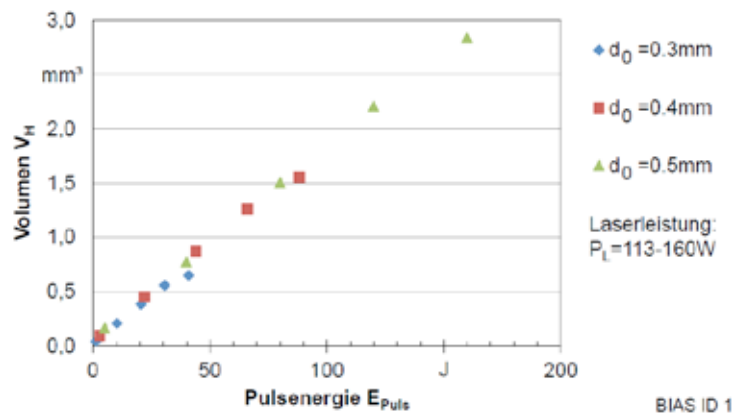
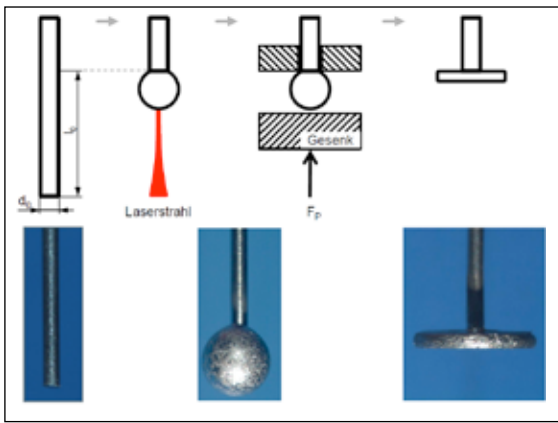
Figur 23.

Vid svetsning av 50  $\mu\text{m}$  tunna aluminiumfolier hade man använt sig av s.k. deflektometri för att illustrera att transversalspänningar och därmed distorsioner tilltar med ökande svetslängd.

hjälp av laserpulser i storleksordningen 100 W under 100 ms smälter upp änden på en vertikalt fixerad metallstång i rostfritt 1.4301-material som har en diameter mellan 0,1-0,5 mm. Genom gravitationskraften får det smälta materialet formen av en kula vilken sedan genom mekanisk omformning kan ges den önskvärda geometriska formen. Försöken hade gett vid handen att det finns ett linjärt förhållande mellan pulsenergi och metallstångens uppsmälta volym [Fig. 24].

Avslutningsvis redogjordes för två kombinationsprocesser för ytbehandling. I den första kombinerades lasern med en plasmprocess döpt till LaPlas med avsikt att diamantbe-

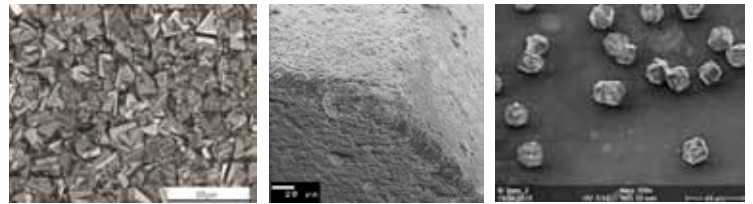
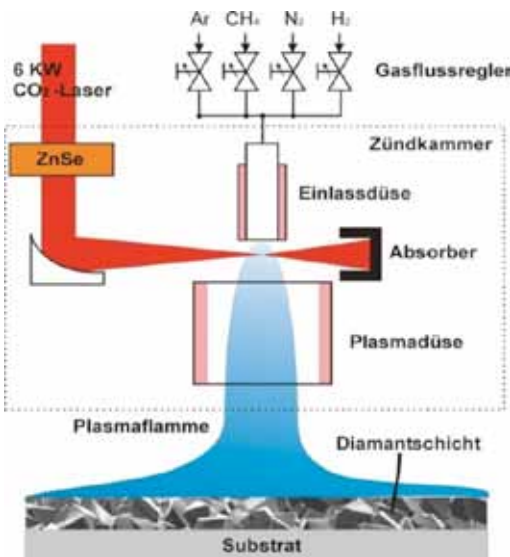
lägga ytor och därigenom förbättra deras slitmotstånd eller att bygga upp s.k. funktionella skikt [Fig. 25]. Lasereffekten låg mellan 3,5-5,5 kW och plasmagasen utgjordes av en blandning bestående av Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> och CH<sub>4</sub>. Framgångsrika försök hade gjorts med att belägga material som Mo, WC-Co och Si. Den andra ytbehandlingsmetoden handlade om polering utan termisk åverkan där laserstrålen ansattes mot ett objekt nedsänkt i en elektrolyt bestående av 5M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> [Fig. 26]. Laserkällan utgjordes av en fiberlaser med 1.080 nm våglängd och en TEM00-strålmot som opererade i cw [continuous wave]-mod. Man kunde visa på lyckade resultat där Titan hade



BIAS ID 1

Figur 24.

T.v. principen för BIAS' mikroformning, och t.h. framgår att det finns ett rätlinjigt förhållande mellan uppsmält volym och pulsenergi oberoende av vilken fokalpunksstorlek man valt att arbeta med.

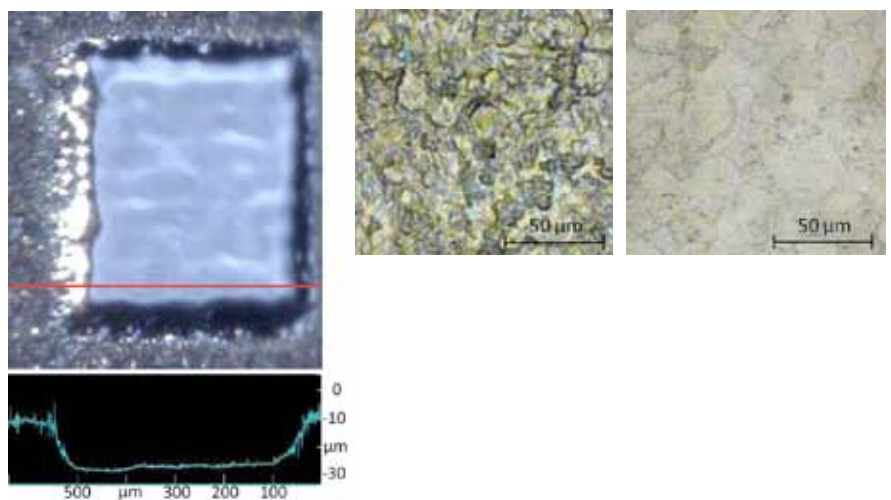


Figur 25.

Med den s.k. LaPlas-processen (t.v.) har det visat sig vara möjligt att diamantbelägga material som (fr.v.) Molybden, Wolframkarbid-Cobolt samt kisel.

polerats på detta sätt med 8 W laser-effekt och en framföringshastighet på 15  $\mu\text{m/s}$ .

Några av de av professor Vollertsen här beskrivna experimenten fick vi se "live" vid den följande dagens "Open House" hos BIAS, då också den högtidliga öppningen av de nya LION-lokalerna skedde och då Bremens universitetsrektor Scholz-Reiter överlämnade den symboliska nyckeln till lokalerna till en mycket nöjd Frank Vollertsen. Tack vare de nya och mer ändamålsenliga lokalerna har vi bara att se fram emot resultaten från ytterligare innovativ laserforskning i Bremen. ■



Figur 26.

Vid "laserkemisk" polering ansätts laserstrålen mot i detta fall Titanplåtar nedsänkta i 5M  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Ovan ses resultaten före (t.v.) och efter (t.h.) bearbetning med 8 W cw lasereffekt och 15  $\mu\text{m/s}$  i processhastighet.

# LASERMÄRKNING AV PLÄTERAT STÅL

Johnny K Larsson, Volvo Cars

CO<sub>2</sub>-lasrar används i väldigt stor utsträckning för att märka olika stålapplikationer. Den här beskrivna tillämpningen visar på möjligheten att med en CO<sub>2</sub>-laser utföra en permanent märkning av en pläterad stålkomponent. Denna är tillverkad i mjuk plåt, vilken sedan härdats och belagts med korrosionsskydd i form av ett zink-nickel-skikt innan märkningsprocessen.

För att skapa en permanent märkning med hög kontrastverkan användes en Firestar t80-laser och ett "FH Flyer"-märkverktyg försett med en högeffektlinns med 125 mm brännvidd, vilken resulterar i en brännfläck med 180 µm diameter och ett skärpedjup på 3 mm! Den korta stigtiden till full effekt (< 75 µs) i kombination med en fyrkantpuls, vilket är ett signum för t-seriens teknologi, innebär att en högre andel laserenergi kan absorberas av det material som skall bearbetas. Detta är särskilt önskvärt då man arbetar med metalliska material vilka i allmänhet har en relativt hög absorptionströskel.

I mjukvaruprogrammet "Win-MArk Pro" skapades ett 15-ställigt textobjekt i teckensnittet "Simple". Texthöjden sattes till 5,52 mm och en extra mellanslagslängd på 0,38 mm lades till. Den relativa pulslängden ställdes in så att den motsvarade 80 W kontinuerlig lasereffekt. Frekvensen sattes till 20 kHz och märkningshastigheten till 25,4 mm per sekund. Med dessa parametrar kunde man skapa en permanent märkning med hög kontrastverkan på de aktuella stålkomponenterna med sin zink-nickel-plätering [Fig. 1], något som tog 4,92 sekunder per detalj.



Figur 1.

Ståldetaljen t.v. är härdad och därefter pläterad med en zink-nickel-beläggning, varpå den har lasermärkts med en textsträng bestående av 15 tecken. Den totala lasermärkningen tog 4,92 sekunder då man använde 80 W effekt och en processhastighet på 25,4 mm/sekund.

## Laserskärning av Mylar®-limtejper

Limtejper i Mylar® används ofta i så pass olika sammanhang som vid hantering av halvledare för integrerade kretskort, isolering av elektriska komponenter, förseglning av dokumentarkiv och t.o.m. för tillverkning av pappersdrakar.

Den här aktuella applikationen krävde trepanneringsskärning av hål med 10 mm diameter i 0,2 mm tjockt, limbelagt Mylar®-material med en 0,05 mm tjock bärare. Eftersom framtida, planerade projekt kommer att kräva komplicerade skärmönster på små ytor valde man,

även för detta lite enklare ändamål, att använda sig av ett "FH Series"-märkverktyg. Detta är försett med en fokuseringslinns med 125 mm brännvidd, och möjliggör rörelser av fokuspunkten i horisontalplanet. Den 180 µm stora fokuspunkten kan därmed täcka ett arbetsområde på 85´105 mm med en positioneringsnoggrannhet inom 0,017 mm.

Vid en effekt på 60 W och en skärhastighet som uppgick till 356 mm/sek skars dessa 10 mm:s hål på 0,12 sekunder. Limtejpen och dess underliggande bärare uppvisar rena skärytor utan förekomst av någon missfärgning eller slag [Fig. 2]



Figur 2.

Med 60 W lasereffekt och en processhastighet på 356 mm/sek går det utmärkt att skära denna Mylar®-tejp och dess bärare utan missfärgning eller förkolning av materialet.

## Lasermärkning av trä med "inverterad" text

För särskilda applikationer önskar kunden en s.k. inverterad textutfyllnad där ett avgränsat område utanför textsträngen märks ut, medan själva typsnitten inte lasermärks. Detta skapar illusionen av ett reliefutseende. Processen är särskilt användbar då man skall skapa gravyrer på material som exempelvis trä där en inverterad märkning skapar djup och bättre läsbarhet av texten. För att lösa detta erbjuder "WinMark Pro":s mjukvaruprogram numera en ny "Invert Text"-modul för att märka typsnitt som "TrueType" (.ttf), "OpenType" (.otf), och "PostScript" (.ps).

För att demonstrera denna nya specialitet märktes ett trävaruprov med företagets logotyp på två olika sätt. Ett med den standardiserade, "fyllda" märkningen och ett med den nya inverterade textfunktionen [Fig. 3]. Detta gjordes för att illustrera skillnader i dels det visuella in-



Figur 3.

Ett trävaruprov med lasermärkt, "inverterad" text där man använt sig av "WinMark Pro":s nya "Invert Text"-modul. Denna typ av märkning ger illusion av ett större märkdjup jämfört med den mer konventionella textmärkningen (t.v.).

trycket men också beträffande processhastigheten. Man använde sig av en laser från Synrad med 25 W effekt försett med ett "FH Flyer"-märkverktyg med 200 mm fokallängd som genererar en brännfläck med 290 µm diameter på träytan.

Märkfilen programmerades med 11,4 mm höga "TrueType"-typsnitt och skärhastigheten ställdes till 508 mm/sek. Samma parametrar användes för båda typerna av märkning, men i det inverterade fallet angavs

även att avverkningen av trämaterial skulle sträcka sig 3,8 mm utanför textsträngens yttre gränser. När dessa logotyper sedan lasermärktes tog standardutförandet 16,53 sekunder medan den inverterade märkningen färdigställdes på 41,11 sekunder. Att cykeltiden för den senare blir längre beror helt enkelt på att ett större område skall märkas/avverkas. Även om graveringsdjupet är detsamma i båda fallen ger den inverterade texten ett större djupintryck. ■

## EWF – SPECIALKURS 2013

# LASERSVETSNING

Ny kurs 6-7 mars, 9-11 april och 22-23 maj

**Kursen ger dig** ingående teoretiska och praktiska kunskaper om lasersvetsning så att du kan analysera och utvärdera potentialen för lasersvetsning av dina applikationer och genomföra lasersvetsprojekt. Ett internationellt diplom, EWF-diplomet, garanterar en utbildning av hög internationell kvalitet som ökar dina karriärmöjligheter inom svetsområdet. Kursen ges av Luleå tekniska universitet i samarbete med Svetskommissionen som är examinator och European Welding Federation, EWF.

**Kursen vänder sig till** svetsingenjörer, svetstekniker, konstruktörer, produktionstekniker, utvecklingsingenjörer och utbildare som vill skaffa sig kunskap om lasersvetsteknikens möjligheter för rationell och effektiv sammanfogning. Den passar även dig som arbetar i job-shops, eller företag som har eller funderar på att använda lasersvetsning i produktionen. I kursen används 15 kW fiberlaser och höghastighetsfilmning. Vi planerar också praktiska laserexperiment på distans med videokonferensteknik vi har utvecklat inom CyberLab.

**Kontakta** Hans Engström, Luleå tekniska universitet för kursinformation  
hans.engstrom@ltu.se Telefon 0920-49 12 69

Nu med  
15 kW  
fiberlaser

# LASERTRENDER inom småföretag

Bengt Johansson, LaserCentrum i Gnosjö AB

Efter cirka 20 års samlad erfarenhet inom laserbranschen har man kunnat se att den nu har mognat. På 90-talet och tidigare var lasertekniken exklusiv. Lasern har nu blivit ett standardverktyg inom plåtindustrin och i takt med att äldre maskiner byts ut hos större företag och kommer ut på en andrahandsmarknad, blir det vanligt med lasermaskiner även hos riktigt små företag.

I Gnosjöbygden och det steniga Småland finns en lång tradition av metallindustrier, pga att jordbruk inte lämpar sig bra och att man även haft god tillgång på järnmalm. Denna tradition sitter fortfarande i, men man har inte undvikit den tekniska utvecklingen. Tillverkningen har blivit modern och automatiserad. Lasertekniken har givetvis följt med och många av de gamla excenterpressarna som kännetecknat bygdens industri har blivit stående tysta allt mer. Numera dominerar istället CNC-stansmaskiner och lasermaskiner som tillverkningsmetod inom plåtbearbetningsbranschen.

Utvecklingen står inte still. Det senaste tillskottet är naturligtvis fiberlasern, som blivit det stora samtalsämnet inom lasertekniken. Att se en fiberlaser med linjärmotordrift skära i tunnplåt med över 40m/min är en överklig upplevelse. Det är fyra-fem gånger snabbare än vad man är van vid.

Märkligt nog är det inte främst hastigheten utan energiförbrukningen som maskinleverantörerna trycker på som en utpräglad fördel. Fiberlasern har hög verkningsgrad men när det gäller helheten med maskin, kylning, skärgas, investeringskostnad, mm är vinsten med den låga energiförbrukningen marginell och överdriven när det gäller skärmaskiner. Vid verkliga tester mellan en 3



Daniel Petterson (VD) och Lennart Karlsson på Gårö Plåtprodukter berättar att valet föll på en 3 kW Salvagnini L5 fiberlaser eftersom den är idealisk för deras produkter vilka mestadels är i tunnplåt.



Lasercentrum i Gnosjö har installerat en Trumpf stans/kombi-laser TruMatic 6000L för att bredda produktionstekniken. Ajdin Kadunic demonstrerar flexibiliteten som kombimaskinen erbjuder.

kW-fiberlasermaskin och en motsvarande CO<sub>2</sub>-maskin är skillnaden i total driftskostnad kostnad per timma inte särskilt påtaglig.

Däremot är hastigheten den stora vinsten. Detta gör givetvis att energi-

kostnaden per detalj blir lägre men den stora vinsten finns ändå i den högre produktionstakten. Detta gäller än så länge bara vid tunnplåt och under förutsättning att man kan ta hand om den stora volymen detaljer

som produceras. En väntande maskin är en dyr maskin!

Trenden kommer förmodligen gå åt att ha en högeffekts CO<sub>2</sub>-laser för tjockplåt och mindre serier samt en helautomatiserad fiberlaser för tunnplåt och lite större serier. En annan trend som också är synlig är det ökade intresset för stans/laser-kombimaskiner. Denna maskintyp är inget nytt utan det var så det började en gång i tiden, man kompletterade en stansmaskin med ett laserhuvud.

Kombimaskiner har ändå inte blivit på långt när så populära som "stand alone"-lasrar eller rena stansmaskiner. Detta pga den mycket höga investeringskostnaden. Det är nästan omöjligt för en mindre legoverksamhet att räkna hem en sådan investering. Däremot vid större produktionsvolym och 24-7 produktion är en kombimaskin mycket lönsam då automatiseringens fördelar väger tungt. Möjligheterna med en kombi är ju nästan oändliga.

Detta är ett utdrag av vad "bransch-snacket" bland småföretagarna just nu är inriktat på.

Lasersvetsning är ännu inte något hett, även om det på senare tid faktiskt har installerats en och annan maskin i regionen. Det är fortfarande trögt i portgången med att få konstruktörerna att tänka på lasersvetsning redan på ritstadiet, vilket är en förutsättning för att få den tekniken att lossna på allvar. ■

## NOLAMP 14

– den nordiska laserkonferensen  
26-28 augusti 2013 i Göteborg

Den nordiska laserkonferensen NOLAMP hålls nu för fjortonde gången sedan starten 1987 och det är den fjärde gången i Sverige. Vi strävar denna gång efter ett riktigt stort deltagande från industrin och förlägger därför konferensen till Göteborg, som är ett starkt laserfäste i Sverige tack vare Volvo. Vid NOLAMP träffas speciellt nordiska laserforskare och industrimänniskor för att berätta om sitt arbete inom lasertekniken och att utbyta erfarenheter under gemytliga former.

### Lätt för industrin att presentera sitt laserarbete

Luleå tekniska universitet genomför NOLAMP 14 i samarbete med Lasergruppen och Svetskommissionen och planerar för en extra intressant konferens för industrin med inbjudna talare som kan berätta om laserteknikens framgångar. Vi vill också göra det lättare för industrin att presentera

framgångsrika arbeten inom lasertekniken vid speciella industriella sessioner, där vi tänker tona ner kraven på skrivna artiklar till förmån för OH-presentationer som dokumentation. Dessutom planerar vi för studiebesök och utställningar i samband med konferensen.

### Nationell organisationskommitté

Alexander Kaplan, LTU  
Johnny K. Larsson, Volvo Cars  
Per Westerhult, LaserGruppen  
Peter Norman, Svetskommissionen  
Hans Engström, LTU

### Kontakta gärna mig redan nu för att diskutera er medverkan i NOLAMP 14

Hans Engström, Luleå tekniska universitet  
hans.engstrom@ltu.se  
0920-49 12 69

[itu.se/nolamp14](http://itu.se/nolamp14)

LULEÅ  
TEKNISKA  
UNIVERSITET

# AKL'12

## Världens bästa laserkonferens för industriella tillämpningar?

Johnny K Larsson, Volvo Cars



Den välrenommerade AKL [Aachener Kolloquium für Lasertechnik]-konferensen arrangeras vartannat år, och mellan 9-11 maj i år var det ånyo dags för laserentusiaster från hela världen att samlas på konferensanläggningen Eurogress, som lämpar sig ytterst väl för dessa sammankomster. Eurogress, som är sammanbyggt med Hotel Pullman Quellenhof, där många av konferensdeltagarna var inkvarterade, erbjuder spatiösa möteslokaler och en större utställningshall, dit många av branschens underleverantörer sökt sig för att visa upp sina senaste produkter. I år kunde arrangerande ILT [Institut für Lasertechnik, Aachen] notera ett nytt deltagarrekord med över 600 delegater. Dessa kom från alla delar av världen, och i vimlet kunde man hitta sådana gamla laserhabituéer som David Belforte [Industrial Laser Solutions, Sturbridge, MA], Dr. Kunihiko Washio [Paradigm Laser Research Ltd. Cambridge, ON] och Dr. Paul Hilton [The Welding Institute, Abington, U.K.].

Konferensupplägget följer ett gammalt beprövat mönster. Första dagen kan den intresserade välja att delta i något av de två s.k. Innovation Forum som arrangeras. Teman för dessa var i år "Laser Additive Manufacturing in Aeronautics and

Power Generation", en session som leddes av bekantingen Dr. Ingomar Kelbassa från Fraunhofer ILT, och "Perspectives of Polymer Welding with Lasers", där det var Dr. Alexander Olowinsky, likaledes från Fraunhofer ILT, som höll i taktpinnen. Ett annat uppskattat inslag under premiärdagen var ett halvdagsseminarium för lasernyborjare, Laser Technology ABC's, som leddes av tidigare ILT-medarbetaren Dr. Stefan Kaieler, som numera arbetar vid LZH [Laser Zentrum Hannover]. Själv valde jag att besöka den s.k. Technology Business Day där professor Peter Loosen [Fraunhofer ILT] satt som ordförande [Fig. 1], och där man fick en inblick i markandssituationen för lasertekniken i Europa, USA respektive Kina. Intrycken härifrån förmedlade jag i LaserNytt 2-2012 i artikelserien "Samtal kring lasertrender".

En nyhet för året var ett s.k. fokusseminarium som behandlade de nog så rykande aktuella kortpulsasrarna under rubriken "Foundations and New Developments in Ultrashort Pulse Laser Technology", och där välbekante Dr. Arnold Gillner, även han från arrangerande Fraunhofer ILT, var den som ledde seminariet. Dagen avslutades under högtidliga former med bankett i "Krönungssaal" i Aachens historiska rådhus, under vilken utdelningen av det prestigefyllda Innovation Award Laser Technology 2012 skedde [Fig. 2]. Detta tillföll denna gång Dr. Stephan Brüning [Schepers GmbH & Co. K.G. i Vreden] och ett stort forskningsteam med medlemmar från Saueressig GmbH & Co. K.G., Lumera Laser GmbH, EdgeWave GmbH och diverse avdelningar inom Fraunhofer ILT. Deras vinnande bi-



Figur 1.

Välbekanta laserprofiler från Aachen, tillika sessionsledare vid AKL'12:

Fr.v. Ingomar Kelbassa, Alexander Olowinsky, Stefan Kaieler och Peter Loosen.



Figur 2.

Deltagarna vid AKL'12 var alla inbjudna till den traditionsenliga galamiddagen i Aachens historiska rådhus då även årets Innovation Award Laser Technology delades ut. Förstapriset tillföll denna gång en forskargrupp med Dr. Stephan Brüning i centrum, vilken utvecklat en "scanner"-teknik anpassad för ultrakorta laserpulser och som t.ex. kan användas vid mikropräglning av tryckvalsar.

drag handlade om hur man med hjälp av ultrakorta laserpulser med hög effekt kan skapa en tredimensionell mikrostruktur över stora ytor något som kan vara applicerbart på präglingsverktyg och tryckerivalsar. Grunden i innovationen, ett resultat från det av BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] finansierade MABRILAS [Materialbearbeitung mit Brillianten Laserstrahlquellen] -projektet, låg i en ny "scanner"-teknik som erbjuder processhastigheter upp till 50 meter per sekund, och där en snabbrotterande cylinder kombineras med en höghastighets-"scanner" baserad på en akusto-optisk deflektor. Därmed kan man använda sig av laserpulser i ps [picosecond] -området med frekvenser på över 10 MHz för att åstadkomma högkvalitativa resultat vid mikrobearbetning.

De resterande två dagarna består av ett mer konventionellt konferensupplägg med dedikerade ämnesområden. Således fanns det möjlighet att lyssna till presentationer som handlade om svetsning, skärning, mikrobearbetning, ytmodifiering, additiv tillverkning, processkontroll och mikrobörning. Men även olika laserkällor avhandlades under vissa presentationsblock, som exempelvis den traditionella Gerd Herzinger Session, vilken i år hade som tema "Laser Solutions for Industrial Challenges of the 21st Century". Andra föreläsningar handlade om fastkroppslasrar, fiberlasrar, diodlasrar, ultrasnabba lasrar och frekvensomvandlade lasrar. Som synes ett gediget konferensprogram, upplagt för

att tillfredsställa alla intresseområden inom industriell laserteknik. Det hela avslutades med den s.k. Laser Technology Life på Fraunhofer ILT, där konferensdeltagarna fick möjlighet att i de olika laboratorierna ta del av mer än 70 olika forskningsprojekt som presenterades av initierade medarbetare vid ILT.

Som ni förstår av det ovan beskrivna utbudet kan min fortsatta redovisning bara täcka ett axplock av all den information som delgavs oss konferensdeltagare under dessa tre laserintensiva dagar i Aachen. Därför har jag försökt välja ut att mer detaljerat beskriva sådana forskningsresultat och innovationer som jag tror att Lasergruppens medlemmar kan ha störst intresse av.

### Senaste nytt inom laserkällor

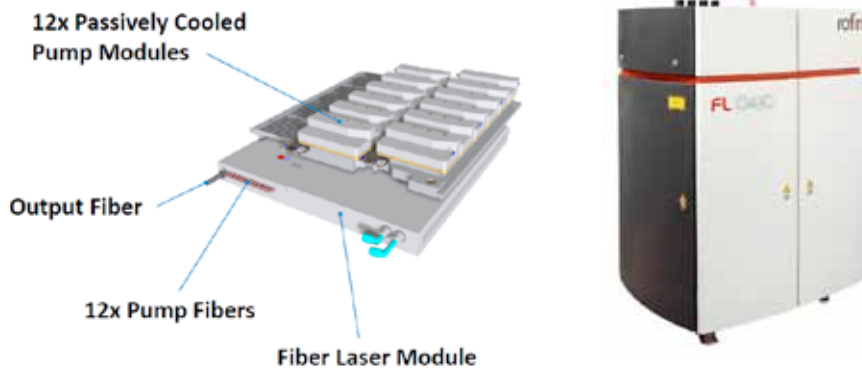
Det "stora numret" vad beträffar nya laserkällor vid AKL'12 var givetvis RofinSinars lansering av fiberlasrar med hög effekt, där man nu tydligt avser att ta upp kampen med IPG främst här i Europa. Stefan Ruppik från företagets högkvarter i Hamburg gav en initierad bild av ut-

vecklingen, som startade med lanseringen av en 1 kW single-mode fiberlaser 2007. Det är denna modul som är basen i uppbyggnaden av multi-mode fiberlasrarna med högre effekt, vilket ledde fram till en marknadsintroduktion år 2009 av en 2 kW fiberlaser med modellbeteckningen FL020. Året därpå lanserades FL040 med 4 kW [Fig. 3] effekt som är konstruerad med fibrer från Optoskand och Corelase, och med dioder från företaget DILAS. Därmed kan man idag erbjuda ett fiberlasersortiment inom högeffektområdet med prestanda enligt [Tabell 1].

1 kW-modulen består av en Ytterbium [Yb] -dopad fiberkärna, ett inre skal som tjänar som pumpfiber och som betjänas av 2x6 fiberkoppade pumpmoduler, samt ett yttre skyddsskal. Fibrerna från pumpmodulerna, vilka f.ö. är passivt kyllda, är försedda med detektorer som larmar vid ett eventuellt fiberbrott [Fig. 3]. Laservåglängden är 1070 nm och verkningsgraden [WPE = Wall Plug Efficiency] sades ligga kring 30%. Laserkällorna levereras med något som Herr Ruppik kallade RCU [Rofin

Tabell 1. Nyckeldata för RofinSinars nya produktfamilj av fiberlasrar med hög effekt.

Modell	Lasereffekt	BPP*	Distributionsfiber
FL020C	2,0 kW	3,8 mm*mrad	100 µm
FL030	3,0 kW	3,6 mm*mrad	100 µm
FL040	4,0 kW	1,8 mm*mrad	50 µm



**Figur 3.**

RofinSinar's nya 4 kW fiberlaser med beteckningen FL040 är redo att ta upp konkurrensen med IPG:s högeffektslasrar. T.v. ses en schematisk skiss på den 1 kW-enhet som utgör basen i konceptet och som förutom den Yb-dopade fiberkärnan består av 12 stycken passivt kylta pumpmoduler.

Control Unit], vilken bl.a. inkluderar ett certifierat säkerhetssystem med "beam-switcher", och är främst tänkt att användas för bearbetningsprocesser som svetsning, skärning och påläggning. Det kommer att bli spännande att se hur marknaden reagerar på detta nya Rofin-erbjudande, men också att följa konkurrenternas "motåtgärder".

Ytterligare uppdateringar kring nya laserkällor fick vi under den traditionella "Gerd Herzinger Session", under vilken Dr. Michael Mertin [Jenoptik AG, Jena], Dr. Christian Schmitz [Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen], Thorsten Frauenpreiß [RofinSinar Laser GmbH, Hamburg] och Dr. Lutz Aschke [LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH, Dortmund] framträdde och presenterade sina senaste produkter [Fig. 4].

Dr. Mertin kunde konstatera att fiber- och diodlasarna är de typer av laserkällor som har den snabbaste tillväxten på marknaden. Med hjälp av strålomformning genom diffraktiva optiker kan man nu även använ-

da diodlasrar vid skärning. Jenoptik kan idag också erbjuda optikkoncept som inte ger någon fokalpunktsförskjutning, samt processanpassade optiska system för strålomformning och flerstråleteknik [Fig. 5].

Dr. Schmitz beskrev utvecklingen av Trumpfs disklasrar där ambitionen nu är att kunna ta ut 10 kW ur en enstaka disk. Man har lyckats med detta konststycke på laboratorienivå genom att låta laserljuset göra 44 passager inuti kaviteten. Andra utvecklingsområden omfattar lasrar med ultrakorta pulser och ultrasnabb "scanner"-teknologi med ompositioneringshastigheter upp till 1.000 m/sekund. Slutligen utlovade Dr. Schmitz att kunna erbjuda direktverkande diodlasrar med hög briljans inom en femårsperiod!

Dr. Aschke redogjorde för företagets innovation L3, vilket skall uttydas LIMO Lane Laser. Denna laserkälla är uppbyggd av en serie av dioder vilka tillsammans skapar en linjeformig fokalfunkt som är 200 mm lång och <100 µm bred. Arbetsavståndet ligger kring 100 mm och

den totala lasereffekten är 12 kW. Användningsområdena för denna typ av laser torde väl ännu ligga i det fördolda, men man kan väl våga sig på en gissning att den skulle kunna användas för olika ytbehandlingsändamål som exempelvis polering med lågt effektuttag eller härdning med högt dito?

Vidare ägnades en hel speciellsession åt kortpulsasrar [USP = Ultra Short Pulse], vilket understryker att denna typ av laserkällor är på stark frammarsch. En ny generation av dessa lasrar med hög tillförlitlighet, lång livslängd och en acceptabel prisbild har lett till att kortpulsasrarna funnit avsättning inom industriell tillverkning. Kortpulsasrar med cw-effekter över 1 kW är idag en realitet och här har inte minst Fraunhofer ILT varit en av pionjärerna då det gällt att skala upp effekterna. Detta gjorde att man, tillsammans med ett flertal andra utvecklingspartners, erhöll tyska Stifterverbands Science Award för år 2012.



**Figur 4.**

Mycket laserkompetens fanns församlat på podiet under den s.k. Gerd Herzinger Session i form av frv. sessionsordföranden Reinhart Poprawe, samt talarna Michael Mertin, Christian Schmitz, Thorsten Frauenpreiß och Lutz Aschke.



**Figur 5.**

Processanpassade diffraktiva optiker är på väg in i industriell laserbearbetning, som i det här fallet en specialoptik från Jenoptik för flerstråleteknik baserad på en F-Theta-lins och grönt laserljus.

## Nya, innovativa laserverktyg

Inte för att jag känner mig vara någon novis på laserområdet, men jag valde trots detta att besöka en del av seminariet för "lasernybörjare", det s.k. Laser Technology ABC's: Anledningen till detta var att eftermiddagsprogrammet utlovade ett spännande program som företrädesvis skulle handla om nya laserverktyg, och jag kom inte att bli besviken! Förste talare var här Dr. Björn Wedel från HighYag Lasertechnologie GmbH i Stansdorf, Berlin, som redogjorde för den aggressiva produktportfölj som man idag erbjuder. Han inledde med att berätta om sin senaste innovation som handlade om att placera prismaelement mellan kollimerings- och fokuseringslinsen, vilket gör att man kan öka brännfläckens storlek [Fig. 6]. I realiteten innebär detta att strålprofilen ändras från gaussisk till "top-hat"-mode vilket då måste kompenseras med en förhöjd lasereffekt för att bibehålla effekttätheten.

Därpå redogjorde den gode Björn för ett axplock av de laserverktyg som HighYag idag kan erbjuda sina kunder:

VDFM, som står för "Variable Twin Spot Module", alltså ett dubbelfokusverktyg med steglös inställning mellan de båda fokuspunkterna

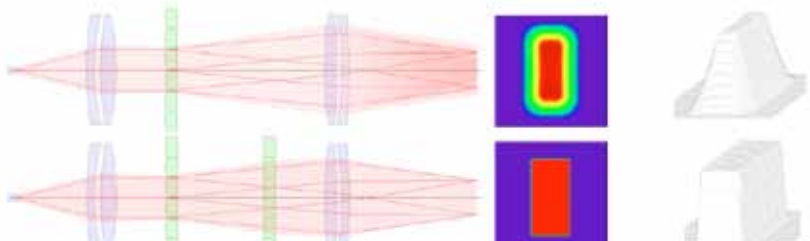
Det numera välbekanta RLSK-verktyget för fjärrlaserbearbetning, där man idag kan variera såväl lasereffekt, fokusläge och svetshastighet för varje enskild lasersvets [Fig. 7].

Det s.k. BIMO-verktyget har ju funnits i sortimentet en längre tid, och nu visades en variant med en linje-"scanner". BIMO-FSC är ett skärverktyg, där varianten BIMO-FSC2 erbjuds med en motoriserad "fokus-modul" med vars hjälp man kan justera fokusläge och brännfläckens diameter, och med vars hjälp man

kan kompensera för fenomenet med fokalpunktsförskjutning, vilket jag redogjorde för i LaserNytt nummer 1 år.

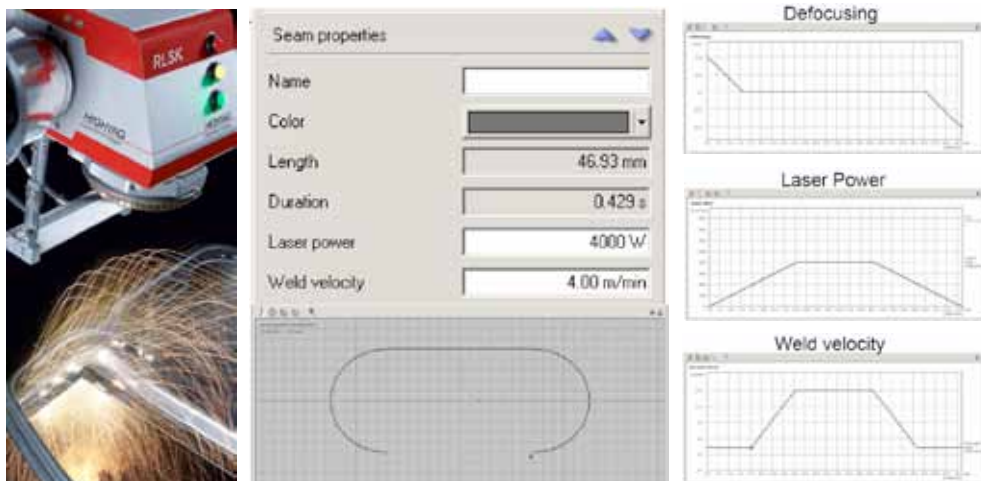
För laserpåläggning har man utvecklat en s.k. "zoom-optik" vilket gör att man kan öka fokalpunkts storlek, något som också är användbart vid laserhårdning [Fig. 8].

Slutligen erbjuder HighYag även sitt RFK-verktyg med ett speciellt ringfokus, där diametern ligger kring 4 mm. Denna produkt är främst avsedd för laserpåläggning där tillsatstråden då matas in koaxiellt genom den ringformade "fokalkanalen"



Figur 6.

Principen för HighYags senaste innovation där man placerar prismaelement mellan kollimerings- och fokuseringslinsen för att på så sätt manipulera fokalkanalens storlek och utseende.



Figur 7.

"Scanner"-verktyget RLSK från HighYag kan nu fås med ett mjukvaruprogram som gör det möjligt att reglera såväl lasereffekt som fokusläge och svetshastighet för varje enskild svets.



Figur 8.

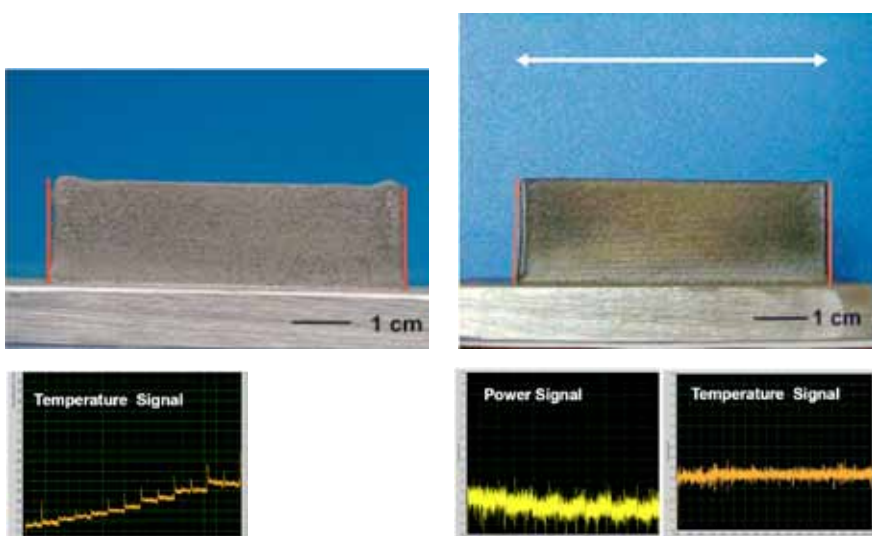
HighYag har utvecklat en "zoom-optik" som medger en förstoring av fokalkanalen med 75%, något som kan vara användbart vid laserpåläggning och -hårdning.

I samma seminarium berättade Dr. Otto Märten från Primes GmbH i Pfungstadt om olika sätt att övervaka och kontrollera laserprocessen. Avståndskontroll kan ske antingen via en s.k. trianguleringsensor eller med en kapacitiv sensor integrerad i exempelvis ett skärverktyg [Fig. 9]. En spännande nyhet som Dr. Märten presenterade var en form av hastighetsberoende effektkontroll, alltså en form av adaptivitet av laser-effekten då framföringshastigheten av någon anledning måste förändras. Detta sker genom en temperaturövervakning där lasereffekten justeras i realtid för att bibehålla en konstant temperatur hos arbetsstycket. Ett bra exempel på detta är i vändlägena vid laserpålning då hastigheten momentant reduceras och man därför har behov av att sänka lasereffekten för att här inte få ett för tjockt uppbyggnadslager [Fig. 10].

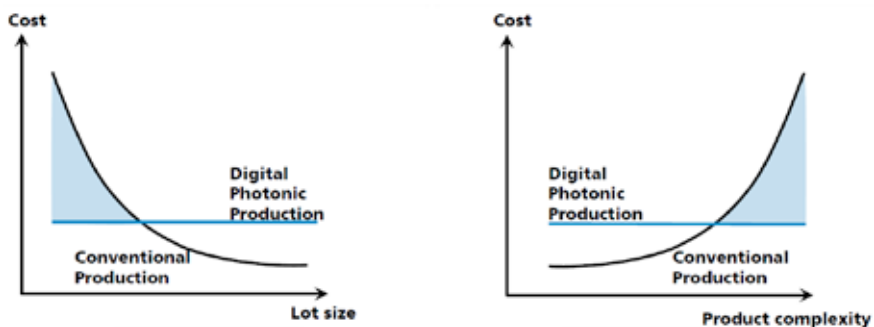
Seminarier avslutades med ett föredrag signerat Christian Hinke från det lokala företaget PhotonAix e.V. Han kom att sjunga något av SLM [Selective Laser Melting] -teknikens lov, där han menade att såväl seriestorlek som produktkomplexitet blir mer eller mindre försumbar vid tillverkning med denna metod. Detta var något som även Dr. Wilhelm Meiners [ILT] kom att återknyta till i den specialsession som behandlade additiv tillverkning. Båda herrarna drog slutsatsen att det med SLM blir möjligt att både individualisera en produkt som att göra den mer komplex utan att detta nämnvärt skulle påverka tillverkningskostnaden och därmed produktpriset [Fig. 11]. Förutom ett antal praktikfall där SLM-tekniken använts berättade Herr Hinke om några andra spännande användningsområden för lasertekniken. Dessa var laseravverkning av tunna skikt med hjälp av ps-laser [ps = picosecond =  $10^{-12}$  sekunder långa laserpulser], samt att strukturera fram figurer inuti transparenta material [s.k. ISLE = In-Volume Selective Laser Etching], en metod som också kan användas för att selektivt modifiera transparenta komponenter med hjälp av en fs-laser [fs = femtosecond =  $10^{-15}$  sekunder långa laserpulser, [Fig. 12].



Figur 9. Avståndskontroll mellan laserverktyg och arbetsstycke kan ske genom att antingen använda en trianguleringsensor (t.v.) eller en kapacitiv sensor inbyggd i exempelvis ett skärmunstycke (t.h.).



Figur 10. Vid laserpålning går hastigheten momentant ner i vändlägena vilket gör att man får en ojämn uppbyggnad (t.v.). Genom att använda sig av en temperatursensor som i realtid anpassar effekten kan dylika fenomen undvikas (t.h.).



Figur 11. Begreppen "Individualization for free" och "Complexity for free" var några begrepp som ofta kom på tal vid AKL'12 då fördelarna med SLM-tekniken skulle beskrivas.



då det gäller pulvermaterial, och just då det rör sig om pulver med högt aluminium och/eller titaninnehåll föreligger det risk för att det skall uppstå sprickor vid påläggningen [Fig. 13]. Detta kan emellertid motverkas genom att man förvärmer den plattform som uppbyggnaden sker på till runt 900 °C [Fig. 14]. Däremot hjälper det inte att förvärma själva pulvret för att undvika uppkomsten av sprickor, eftersom dessa uppstår i själva komponenten. Annars är det idag möjligt att med denna teknik skapa komponenter med näst intill 100%-ig densitet, ytkvaliteter med Rz-värden mellan 20-100 µm samt en geometrisk noggrannhet på ± 50-100 µm. Reproducerbarheten vid volymproduktion nämndes dock vara en begränsning och därför såg Dr. Meiners behovet av och efterlyste processövervakningssystem för SLM.

Då det gäller att öka produktiviteten vid denna typ av tillverknings-teknik kan detta enklast åstadkommas genom att arbeta med högre lasereffekter. Här jämförde Dr. Meiners SLM-försök på aluminium där uppbyggnadshastigheten var 4 mm<sup>3</sup>/sek vid 200 W lasereffekt, men kunde ökas till 21 mm<sup>3</sup>/sek då 1 kW användes. Ett annat sätt att öka produktiviteten är att använda sig av den s.k. "skin/core"-teknik som presenterades av Dr. Kelbassa redan vid LAM-konferensen i februari [Fig. 15]. Här byggs komponentens ytor först upp med låg lasereffekt och i tunna skikt [pulverstorlek 10-60 µm], medan kärnan utförs i tjockare lager med högre lasereffekt. Detta illustrerades med ett praktikfall utfört

med Inconel738 där ytorna byggdes upp med 400 W och kärnan med 1 kW lasereffekt, vilket gjorde att processen var tre gånger så snabb som om uppbyggnaden skett med en konventionell SLM-process och 400 W.

Dr. Andreas Gasser beskrev några av resultaten från det EU-finansierade forskningsprojektet TurPro som haft en omslutningsbudget på 10,25 miljoner euros. Han berättade om det numera klassiska sättet att repa-



Figur 14.

Ett sätt att motverka uppkomsten av sprickor är att ha ett inbyggt värmeelement (pilen t.v.) i den plattform på vilken strukturen byggs upp. Ovan ses skillnaden i sprickkänslighet för materialet MAR M247 processat kallt resp. vid >900°C.

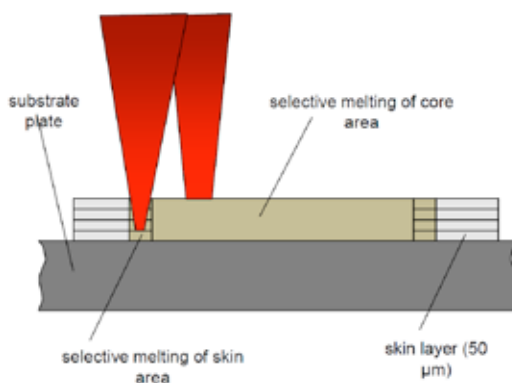
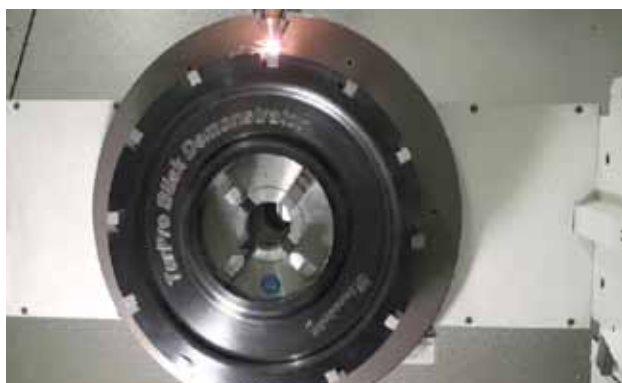


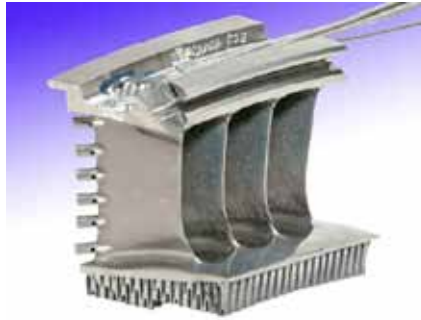
Fig. 15.

Principen för "skin/core"-tekniken vid SLM där ytorna byggs upp med liten fokuspunkt och låg effekt, men där kärnan skapas av pulverlager som är fyra gånger så tjocka som ytorna och där pulvret samman-smälts med en större fokuspunkt och cirka 1 kW lasereffekt.



Figur 16.

Den demonstrator av en BLISK som använts inom TurPro-projektet för att visa att turbinbladen helt kan byggas upp med hjälp av LMD-teknik till fullt funktionsdugliga element med hög densitet.



Figur 17.

Olika kompressorelement med integrerade bikakestrukturer resp. luftkanaler helt uppbyggda medelst additiv tillverkning vid MTU Aero Engines forskningslaboratorium i München.

rera turbinblad med hjälp av laserpåläggning, och där en s.k. ”zoom-optik” används för att variera bladets tjocklek. Detta kräver emellertid att processparametrar som lasereffekt, ”scanning”-hastighet, och pulvertillförsel ligger inom ett visst parameterfönster”. Men TurPro-projektet har även haft som mål att bygga upp hela turbinbladet med hjälp av LMD [Fig. 16]. Andra applikationer där laserpåläggning använts i reparations-syfte omfattade rekonditionering av spår för infästning av dämpande tätningar, reparation av flänsar och rotationstätningar i materialet 17-4PH samt påläggning av lagerytor till kompressorer. Dr Gasser avslutade med att påpeka att vid höga påläggningshastigheter kommer detta att leda till förändrade metallurgiska egenskaper hos det pålagda skiktet.

Sessionen avslutades med två stycken applikationsinriktade föredrag av Thomas Heß [MTU Aero Engines GmbH, München] respektive Ian Mitchell [Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co. KG, Oberursel]. Den förstnämnde berättade om att man idag har tre LAM-maskiner med vilka man bygger t.ex. segment till kompressorblad i form av en bikakestruktur och andra kompressordetaljer med integrerade luftkanaler [Fig. 17]. Han menade att man genom att använda denna additiva teknik kunde reducerade konstruktionstiden med 70%, ledtiden vid tillverkning med 85% och den totala komponentkostnaden med 65%! Liksom några tidigare talare nämnde han att det kan vara



Figur 18.

Laser-entschichtungsanlage (LEA) hos ThyssenKrupp Hotform Blanks® var man i området där man senare kommer att lasersvetsa lokalt avlägsnar AlSi-beläggningen med hjälp av en pulssad laser med omkring 500 W medeleffekt.

problem att erhålla repeterbar formnoggrannhet vid LAM-tillverkning av större serier.

Mr. Mitchell föredrog de numera klassiska exemplen på hur man kan reparera skadade rotorblad, s.k. BLISKS [Integrally Bladed Discs] med hjälp av LMD [Laser Metal Deposition]. Han gav även andra exempel på denna metod där den används för reparation av fläktar och kompressorer, och såg en trend i att kravet på åtkomst driver på behovet av allt mer kompakta påläggsverktyg. Slutligen menade han att det inte bara är den geometriska noggrannheten i uppbyggnadsskikten som är viktig utan att man med LMD-tekniken kan skapa metallurgiska mikrostrukturer som ger unika egenskaper för påläggningarna.

## Lasersvetsning och laserskärning

De ”gamla”, traditionella laserprocesserna svetsning och skärning ägnades var sin dedikerad session vid konferensen och leddes av två välkända ILT-profiler, nämligen Dr. Dirk Petring för svetsningen och professor Wolfgang Schultz för skäravsnittet.

Stefan Wischmann från ThyssenKrupp Steel Europe i Duisburg gav lite aspekter kring laserbearbetning av Bor-legerat 22MnB5-material, vilket används vid presshårdning/varmformning av karosseridetaljer. Materialet har en förhållandevis hög kolhalt [0,234%] och uppvisar hållfasthetsvärden kring 1500 MPa efter varmformningen. Detta gör att hårdhetsprofilen kring lasersvetsen

får en avsevärd sänkning i den värmepåverkade zonen [HAZ = Heat Affected Zone], vilket man måste vara observant på redan i konstruktionsfasen. Samma fenomen uppträder inte då materialet svetsas i sitt mjuka tillstånd, då brottgränsen här ligger på cirka 600 MPa. Detta är förfarandet då materialet används vid ämnesskarvning [LWTB = Laser Welded Tailored Blanking], men här uppstår i stället ett annat problem då materialet är belagt med ett Al-Si-skikt [produktnamn USIBOR® från ArcelorMittal] för att förstärka korrosionsskyddet. Detta betyder att man riskerar att få utlösning av aluminium i svetsgodsets korngränser vilket kan påverka hållfastheten. Därför använder man sig idag av en pulsad laser med vilken man lokalt avlägsnar AlSi-skiktet kring fogen med en processhastighet på 20 m/min [Fig. 18]. Trots den höga processhastigheten innebär detta ett extra bearbetningssteg, vilket man naturligtvis vill undvika i ThyssenKrupps LWTB-anläggningar. Därför håller man på att utveckla alternativa beläggning-koncept av vilka en ZnNi-beläggning, s.k. GammaProtect™, har visat sig vara den mest lovande. För processövervakning vid tillverkningen av laserskarvade ämnen använder man sig av något som Herrn Wischmann kallade LIPS, vilket skall uttydas som Laser Induced Plasma Spectroscopy.

Efter varmformningsoperationen skall detaljerna konturskäras vilket lämpligtvis görs med en fiberlaser, något som visat sig vara överlägset då det gäller skärhastighet. Andra specialiteter vid tillverkning av presshårdade detaljer är s.k. "Tailored Tempering", vilket innebär att man skapar lokala områden i detaljen som får en bättre duktilitet, något som kan vara fördelaktigt vid energiupptagning i händelse av en kollision, men som också kan underlätta efterföljande sammansättningsoperationer som punktsvetsning eller mekanisk fogning. Denna lokala uppjukning kan göras på många sätt, men det som här visades upp var resultat från aktiviteter inom projektet LOKWAB, där man använt en diodlaser från Laserline alternativt



Figur 19.

Olika tekniker för att med lokal värmebehandling förbättra plåt detaljers formningsegenskaper har undersökts i projektet LOKWAB, bl.a. med diodlaser i kombination med "zoom-optik" från Laserline resp. ILT (t.v.) samt med induktor från företaget Neue Materialien Bayreuth.



Figur 20.

Mitsubishi Heavy Industries har utvecklat några laser/MIG-hybridverktyg där trådmattningen sker koaxialt (t.v.). Ett av dessa ses i aktion t.h. där man svetsar cylindertankar i SUS-material med 3,4 kW lasereffekt, 175 A, Argon som skyddsgas och en framföringshastighet på 0,6 m/min.



Figur 21.

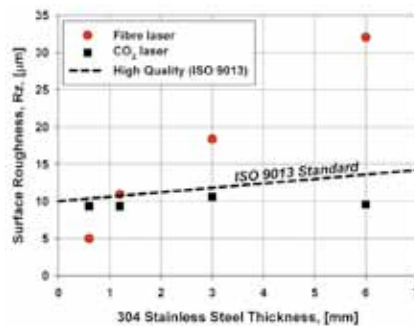
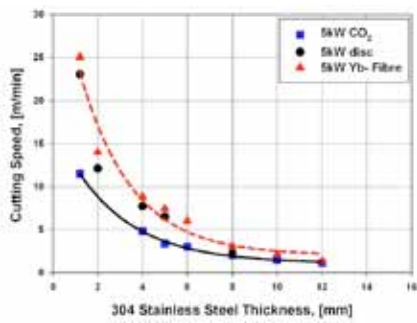
Alltid lika avspände John Powell höll en intressant föreläsning där han jämförde prestandan mellan CO<sub>2</sub>-lasrar och fiberlasrar vid laserskarvning. Inte minst de parallella videosekvenser där laser-källorna fick "tävla" mot varandra var populära.

induktionsvärme för att skapa dessa "mjuka zoner" [Fig. 19].

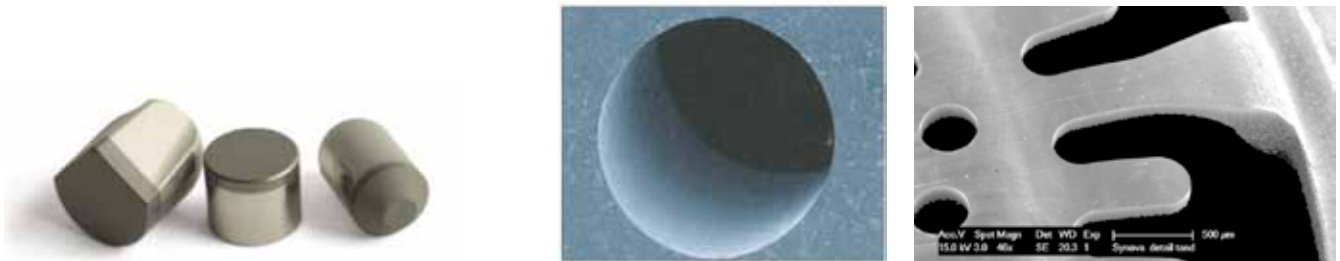
Långväga gästen Dr. Takashi Ishide från Mitsubishi Heavy Industries Ltd. i Hyogo i Japan berättade initierat om några egenutvecklade verktyg för laserbearbetning av grovplåt upp till 55 mm tjocklek. Vid svetsning använder man sig av fyra parallellkopplade fiberlasrar à 10 kW och 300 µm grova distributionsfibrer. Dessa sammanförs i ett koaxialt laser/MIG-hybridsvetsverktyg, men detta är utformat som ett hybridverktyg också i den bemärkelsen att trådmattnings-

enheten går att byta ut mot ett extra gasmunstycke i de fall då man avser att istället använda verktyget för laserskarvning [Fig. 20]. I avsikt att kunna öka skärhastigheten ytterligare arbetar man också med verktyg som bygger på tekniken med ett roterande prisma, något som även kan vara användbart vid laserborring.

I laserskarvningssessionen kunde vi lyssna till Dr. John Powell [Fig. 21] från Laser Expertise Ltd. i Nottingham U.K. som tillsammans med vår egen professor Alexander Kaplan [Luleå Tekniska Universitet] hade



Figur 22. Skärhastighet (t.v.) och snittkvalitet (t.h.) för CO<sub>2</sub>-, disk- och fiberlasrar vid 5 kW lasereffekt.



Figur 23.

LMJ-processen, som kombinerar laser- och vattenskäring lämpar sig särskilt väl vid skärning av spröda, diamantliknande material (t.v.), men skärnsnitten vid mikrobearbetning ovan skäms ju inte heller för sig.

jämfört skäregenskaperna mellan en CO<sub>2</sub>- och en fiberlaser. Alltid lika avslappnade John, vars job-shop [grundad 1984] är en av de verkliga pionjärerna inom brittisk laserbearbetning och som nu vuxit till över 40 medarbetare, gav en handgriplig presentation där några illustrativa filmer spelade ut de två lasertyperna mot varandra. Fiberlasern skär ungefär 2-2,5 gånger fortare än CO<sub>2</sub>-lasern, men skärnsnittet får en sämre kvalitet i synnerhet då plåttjockleken överstiger 5 mm [Fig. 22]. Fiberlaserns höga skärhastighet kan också mest utnyttjas vid långa raka skär-linjer. Blir skärmönstret mera komplext närmar sig de båda lasarna varandra i skärhastighet. Men det är inte bara laserkällan man har att ta hänsyn till då man skall investera i en skäranläggning [en 5 kW CO<sub>2</sub>-laser betingar ungefär samma pris som en 3 kW fiberlaser idag]. Robotens accelerationsprestanda har ett inflytande på processhastigheten, Andra faktorer att beakta kan vara tiden för att initialt penetrera plåten och tiden för laddning och plundring av skärbordet. Med tanke på framtida materialscenarios påpekade Dr. Powell att fiberlasern, med dess 1070 nm-våglängd, inte kan skära plaster eller ens i plastbeläggningar på me-



Figur 24.

Marcus Kogel-Hollacher lägger ut texten inför ett intresserat podium, och t.h. samtalar han med en annan av sessionens föredragshållare, Geert Verhaeghe från Faurecia Autositze där man använder Precitecs verktyg IW50 för processövervakning vid lasersvetsning av glidskenor för personbilssäten.



taller. Därför var hans slutrekommendation till den som står i begrepp att investera i en job-shop för laser-skärning, att den första och andra lasern man köper på sig bör vara av CO<sub>2</sub>-typ. Därefter, då man har fått igång sin verksamhet och denna blivit lönsam, kan man som en tredje skärlaser satsa på en fiberlaser.

Dr. Bernold Richerhagen från Synova S.A. i Ecublens i Schweiz avslutade sessionen med ett föredrag kring skärning med s.k. Laser Micro Jet [LMJ]. Detta koncept innebär att man kombinerar laserstrålen med en

vattenskarstråle, vilket gör att man får en totalreflexion av laserljuset inuti vattenstrålen, något som leder till en ökad penetrationsförmåga och goda skärnsnitt. Man använder sig genomgående av pulslasrar, och här har man sett en annan fördel såtillvida att vatten har en kylande effekt för de höga temperaturer som genereras av kortpuls-lasrarna. Annars innebär Micro Jet-tekniken att man inte får någon HAZ, skärytorna blir rena och man får inga strukturella förändringar i materialet. Skärspalten ligger mellan 25-150 µm och

snittkvaliteten är likvärdig med den som erhålles vid laserskärning med ps- eller fs-lasrar. Grönt ljus med 532 nm våglängd menade Dr. Richerhagen var det optimala då denna våglängd överhuvudtaget inte kan absorberas i vatten. Ett av metodens främsta användningsområden är att skära hårda och spröda material som exempelvis diamanter [Fig. 23], och här har man klarat att skära genom 22 mm tjocka sådana. Tekniken är idag kommersiellt tillgänglig via maskinbyggare som Makino i Japan och Posalux i Schweiz, och framtida forskning kommer att adressera ämnen såsom ännu smalare skärspalter, ner till 15 µm, våglängder <355 nm samt bearbetning med ps-lasrar.

### Processkontroll

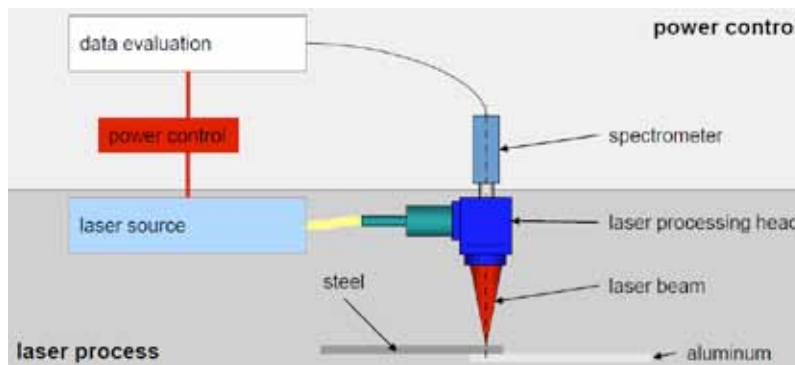
Dr. Peter Abels [Fraunhofer ILT] ledde den session som handlade om olika verktyg och metoder för processövervakning vid laserbearbetning. Förste talare var här välkände Dr. Markus Kogel-Hollacher [Fig. 24] från Precitec Optronik GmbH i Rodgau strax utanför Frankfurt a.M.

Den gode Markus gav en bred exposé över möjliga tekniker för processövervakning, samtidigt som han myntade begreppet "from Lab to Fab". Med detta ville han säga att merparten av den forskning som bedrivits inom området nu lett till kommersiellt tillgängliga produkter vilka idag används i bred omfattning i olika industribranscher. De flesta av dessa system bygger på någon form av kameraövervakning av smältbadet, som exempelvis SeamlinePro™ från Trumpf eller Souvis5000™ från Soudronic. Precitecs senaste skapelse är ett modulbyggt CPC [Coaxial Process Control]-system [Fig. 25], som utvecklats i samarbete med ILT, och där man har en koaxial processövervakning genom lasermunstycket kombinerat med extern belysning med dioder i våglängdsområdet 830 nm. En annan nyhet från Precitec var den spektralkontroll [Fig. 26], resultatet av ett utvecklingsprojekt tillsammans med ILT och LZH, som kan användas vid lasersvetsning av stål till aluminium, och där svetsdjupet kan justeras genom reglering av lasereffekten.



Figur 25.

Precitecs senaste innovation; ett verktyg för koaxial processövervakning, vilket kan kombineras med extern belysning av exempelvis en svetsmåla. Ingående komponenter är bl.a. en stråldelare, en kollimeringsadapter, kamera samt pyrometer.



Figur 26.

Principen för spektralkontroll av svetsdjupet vid lasersvetsning, en innovation utvecklad i samarbete mellan Precitec, Fraunhofer ILT och LaserZentrum Hannover.



Figur 27.

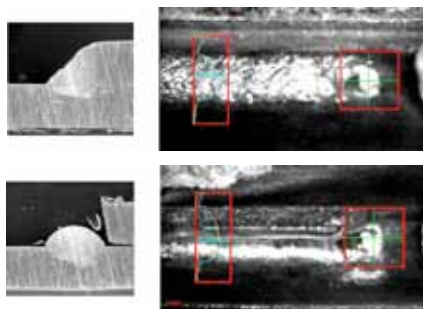
Vid lasersvetsning hos Faurecia Autositze i Stadthagen nyttjas det användarvänliga Precitec-verktyget YW50 för "in-line"-kontroll av svetskvaliteten.

Tidigare TWI-medarbetaren, sedan några år tillbaka verksam som svetsansvarig hos Faurecia Autositze GmbH & Co. KG [Stadthagen], Geert Verhaeghe berättade om kvalitetsaspekter i samband några praktikfall vid tillverkning av företagets sätesramar. Man använder sig av såväl "remote"-svetsning [sedan 2010 med disklasrar], men också av mer konventionell lasersvetsning för sätenas glidskenor. Den senare sker med en TruDisc4002 och 200 mm fokallängd, och här används Precitec-verktyget YW50 och LWM för "in-line"-processövervakning [Fig. 27]. Med detta instrument går det att detektera alltför stora spalter mellan plåtarna i överlappsfog, något som kan leda till genombränning av

topplåten, men också om detaljerna är alltför kontaminerade. Emellertid tvingas man till förstörande provning med jämna mellanrum för att fastlägga eventuella bindfel och insjunkningar. Högst på Mr. Verhaeghes önskelista står just nu ett verktyg för "on-line"-processövervakning vid RLW.

Sista föredraget i sessionen anknöt till den tidigare nämnda kameraövervakningen av smältbadet vid lasersvetsning, och här var det Christian Truckenbrot från det tämligen färskt företaget Lessmüller Lasertechnik GmbH i München som fick göra reklam för företagets produkter. Dessa fick vi som besökte EALA [European Automotive Laser Applications] i februari redan höra om då, och man

har levererat drygt 60 av sina system till tysk bilindustri. 2005 lanserade man systemet Weldcheck™ som analyserar ljusemissioner vilka kan korreleras till energi och temperatur i svetsområdet. En högre temperatur i topplåten vid en överlappsfog kan vara ett tecken på ett alltför stort gap mellan detaljerna. 2008 började Lessmüller marknadsföra sin senaste produkt Weldeye™, vilket är ett videokamerabaserat system med extern illuminering [Fig. 28]. Detta kan nu fås som modulintegrerat i såväl Scansonics ALO3-verktyg som HighYags PDT-huvud [Fig. 29].



Figur 28.

Lessmüllers processövervakningsverktyg Weldeye™ visualiserar svetsmätan vid lasersvetsning och kan direkt särskilja en perfekt fog (överst) med en som saknar bindning (nederst).

### Fascinerande exempel under Reinhart Poprawes inlednings- och avslutningstal

Den officiella konferensdelen av AKL'12 både inleddes och avslutades av ILT:s institutionsföreståndare, alltid lika sympatiska professor Reinhart Poprawe [Fig. 30], vilken sedan januari i år också regerar som president vid LIA [Laser Institute of America]. Vi som tidigare lyssnat till hans utläggningar är vana att han alltid har några nya uttryck på lager, och i år var hans motto "Digital Photonic Production", vilket naturligtvis gick att härleda till LAM-tekniken. Professor Poprawe förutspådde en helt ny värld då det gäller tillverkning av produkter där snart sagt vilka komplexa och detaljnoggranna komponenter som helst snabbt kan tillverkas på beställning direkt från datorbaserade specifikationer, både som enstycksartiklar eller som volymprodukter [Fig. 31]. Den additiva tillverkningen erbjuder hög flexibilitet och maximal kundanpassning utan några egentliga extra kostnader, varför Reinhart kunde summera fördelarna med digital fotonproduktion genom att mynta ytterligare ett nytt bevingat ord – "Complexity and Individualization for Free".

Ett annat uttryck som professor Poprawe använde var "From Bits to Photons to Atoms", med vilket han ville innefatta de i stort sett obegränsade användningsområden som lasertechniken erbjuder – endast fantasin sätter begränsningarna! Han lyfte fram några exempel på kortpulsbearbetning, där ett var den tidigare



Figur 29.

Weldeye™-verktyget består av två huvudsakliga delar; en kameramodul (överst) och en belysningsmodul placerad nära arbetsområdet. Weldeye™ går numera att få integrerat i processverktygen ALO3 från Scansonic och PDT från HighYag.



Figur 30.

Institutionsföreståndaren vid Fraunhofer ILT, Reinhart Poprawe, är den som ytterst ansvarar för AKL-konferensernas genomförande. Traditionenligt brukar han lansera några nya bevingade "laser-uttryck" – så även i år då mottoerna i hans föredragning var "Digital Photonic Production" och "Complexity and Individualization for Free".

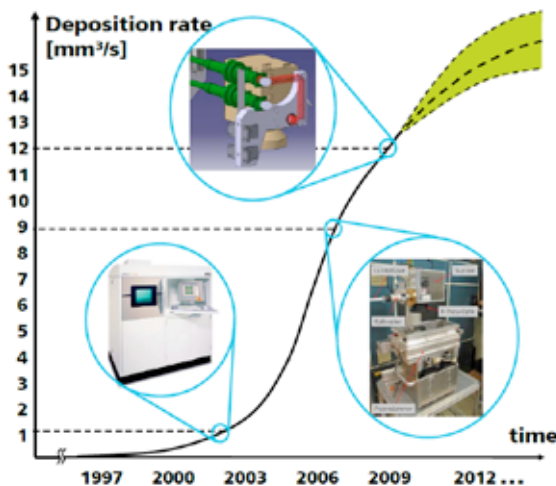
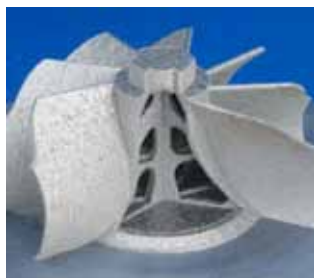
omnämnda ISLE [In-volume Selective Laser Etching] där man inom projektet LightFAB skapat bilder inuti genomskinliga kroppar med fs-pulser, 150 W effekt och en fokusradie på blott 1  $\mu\text{m}$ , vilket medger bearbetningshastigheter på svindlande 12 m/sek [Fig. 32]. Andra exempel rörde ablation av GFRP [Glass Fibre Reinforced Plastics] och CFRP [Carbon Fibre Reinforced Plastics] med 10 ps långa laserpulser med en frekvens kring 100 kHz vilket ger cirka 30  $\mu\text{J}$  per puls [Fig. 33], och ps-glasskärning med 150 W lasereffekt och en avverkningseffektivitet på 3 mm<sup>3</sup>/sek. Vidare kan man med kortpuls-tekniken skapa specifika yttexturer och därigenom skapa såväl hydrofila som hydrofoba ytor [Fig. 34].

Men för att fullt ut kunna utnyttja ps- och fs-teknikerna måste man utveckla nya maskin- och optikkoncept menade Reinhart. Ett sådant exempel är den hybrid-"scanner" som utvecklats vid ILT, och där man kombinerar en akusto-optisk deflektor med en traditionell galvo-spegel [Fig. 35], vilket gör att omställningshastigheten kan nå svindlande 120 meter per sekund. En annan innovation från ILT är den flerstråleteknik som kan skapas via diffraktiva optiker och där man kan arbeta med 64 separata laserstrålar utifrån en enskilda laserkälla [Fig. 36]. Även den tidigare nämnda "skin/core"-tekniken för att öka uppbyggnadshastigheten vid SLM omnämndes, och slutligen berättade professor Poprawe om det

s.k. LASORT-projektet. Detta innefattar ett system byggt på laserspektroskopi [50 Hz] som identifierar olika fragmenterade legeringar på ett transportband, vilka skall åtskiljas för återvinning, och där separationen sker med hjälp av tryckluft där olika legeringar beskriver olika luftbanor och sålunda kan samlas upp i skilda behållare [Fig. 37]. Hur det hela fungerade i detalj kunde inte ens den annars välinformerade Reinhart förklara, utan fascinerades i högsta grad av denna innovation.

Professor Poprawe avslutade med att berätta att det etablerade nätverket Photonics21 idag har över 800 medlemsföretag och -institutioner och att man har för avsikt att söka nya forskningsmedel inom EU:s åttonde ramprogram [FP 8] under projektbeteckningen "Horizon 2020". Här rör det sig om en totalomslutning på svindlande 7 miljarder euros, där man tänker att industrin skall bidra med 5,6 miljarder och resterande 1,4 miljarder erhållas från EU-kommissionen! Men Reinhart "varnade" också för att liknande ambitioner och storsatsningar finns i både USA:s "Harnessing Light II"-konsortium som i Kinas "MP3"-kluster.

Även i Aachen är, som vi sedan tidigare känner till, stora saker i görningen. ILT kommer själva att utvidga sina lokaliteter med ett femte byggnadskomplex, samtidigt som grannen IPT [Institut für ProduktionsTechnologie] bygger ut, och ett nytt parkeringshus håller på att projekteras. Vad gäller ambitionerna med "Campus Cluster Photonics" är dessa nu på väg att förverkligas [Figur 38]. En del av de företag som sponsrar verksamheten, såsom Siemens, Philips, BMW, MAN, MTU och Trumpf, har redan flyttat in i de nybyggda lokalerna, för att på så sätt kunna integrera sin industriella forskning med den forskning som bedrivs vid RWTH [Rheinland-Westfälisches Technische Hochschule]. Slutligen passade professor Poprawe på att bjuda in oss till AKL'14, vilket verkligen kommer att bli något att se fram emot, ett evenemang som är planerat till 7-9 maj 2014. Gör alltså en notering i kalendrarna för dessa datum redan nu!



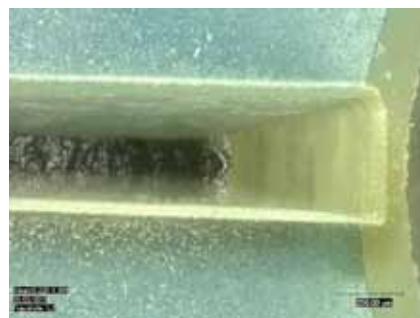
Figur 31.

LAM-tekniken gör det möjligt att på ett relativt billigt sätt bygga komplexa strukturer. Överst t.h. syns gång-jämskonsoler till Airbus A320 där den undre är 64% lättare än originalvarianten tack vare strukturoptimering och additiv tillverkning. Och samtidigt effektiviserar deponeringshastigheten uttryckt i  $\text{mm}^3/\text{s}$  över tiden.



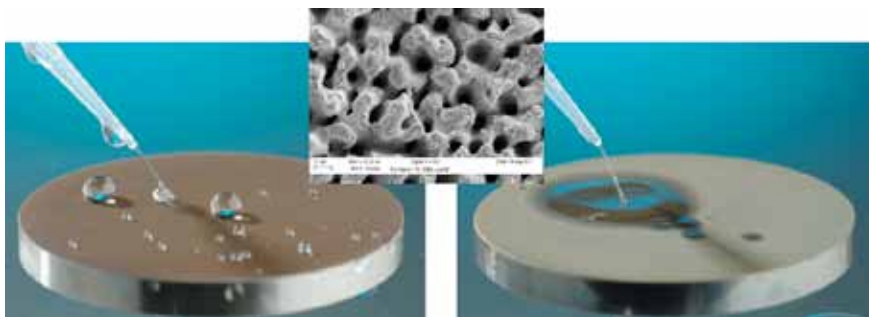
Figur 32.

ISLE-tekniken gör det möjligt att skräddarsy egenskaper inuti transparenta material genom fs-pulser.



Figur 33.

Med 10 ps långa laserpulser och 30  $\mu\text{J}$  pulsenergi kan man avverka glasfiberförstärkta plaster i lager om 25  $\mu\text{m}$  tjocklek.



Figur 34.

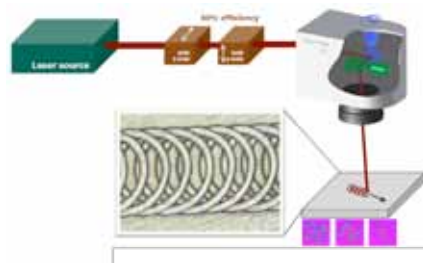
Med kortpulsteknik går det att skapa profildjup på mellan 6-7  $\mu\text{m}$ , vilket gör att man kan få såväl hydrofoba (t.v.) som hydrofila (t.h.) ytegenskaper.

## Laserutställningen på ILT

I traditionell AKL-anda avslutades även årets upplaga med ett besök vid ILT, där institutets medarbetare vid 76 (!) olika stationer informerade deltagarna om olika laserprocesser, allt ifrån industriella tillämpningar till medicintekniska sådana. P.g.a. det stora utbudet var det nödvändigt att göra vissa prioriteringar, och de områden som jag valde att titta närmare på var:

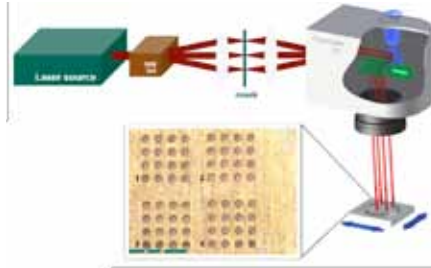
- Kvalitetssäkringssystem vid laserlödning
- Additiv tillverkning med hjälp av LMD
- SLM med hög lasereffekt för volymproduktion
- Laserlösningar för svetsning och skärning i tunnplåt
- ”Scanner”-svetsning av batteri-kontakteringar med fiberlaser
- Laserskärning av fiberförstärkta plaster
- Lokal värmebehandling av presshårdade detaljer med diodlaser
- Laserlödverktyg med koaxial tillförsel av tillsatsstråden
- Höghastighets mikro-”scanner” för ISLE

Som synes en hel del smått och gott, och om något av ovanstående skulle falla läsaren speciellt på läppen är det bara att kontakta undertecknad så lovar jag att delge ytterligare information. Detta får avsluta min rapportering från AKL-konferensen 2012, vilken som vanligt erbjöd ett högtintressant tekniskt innehåll, men också ett välregisserat och friktionsfritt genomförande. Så hatten av för Frau Silke Böhr och Dr. Axel Bauer som var de som ytterst ansvarade för konferensens organisation. ■



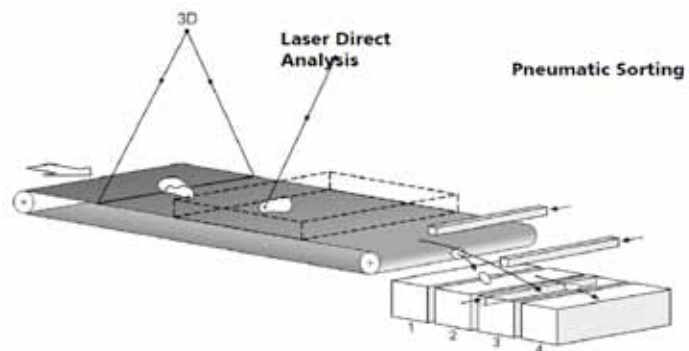
Figur 35.

Principen för den vid Fraunhofer ILT utvecklade hybrid-”scanner” vilken kombinerar en akusto-optisk deflektor med en traditionell galvo-spegel, vilket kan resultera i omställningshastigheter på 120 meter/sekund.



Figur 36.

Principen för en annan ILT-innovation där man via diffraktiva optiker kan arbeta med 64 separata laserstrålar utifrån en enstaka laserkälla



Figur 37.

Något som i högsta grad fascinerade Reinhart Poprawe var den uppfinning för separation av olika metaller i återvinningssyfte, där de olika legeringarna kunde identifieras via laserspektroskopi. Konceptet har fått namnet LASORT och den pulserade lasern arbetar med 40 Hz frekvens och kan då simultant identifiera 16 olika objekt på transportbandet som rör sig med en hastighet av 3 m per sekund.



Figur 38.

Välkomna till RWTH Campus Cluster Photonics, till Fraunhofer Institut für Lasertechnik och inte minst till AKL'14!

# Additiv tillverkning

## – spännande och växande tillverkningsprocesser baserade på laserteknik

Johnny K Larsson, Volvo Cars

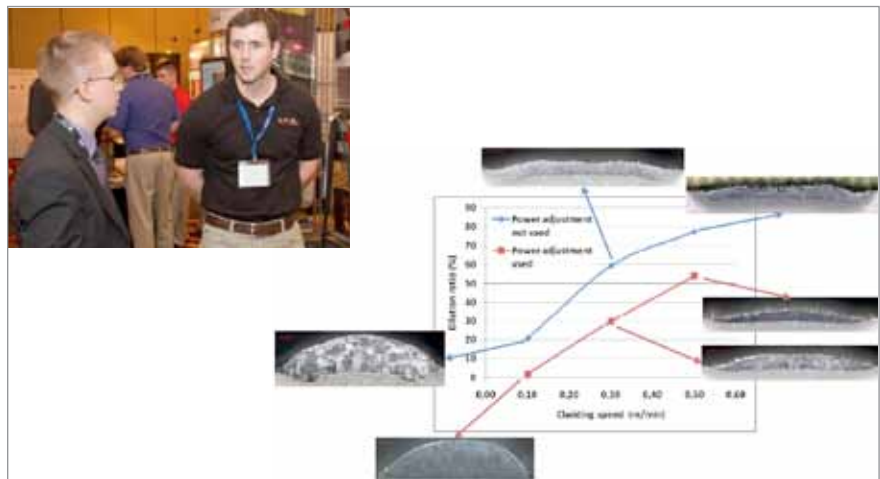
Problemet vid laserpåläggning med hjälp av en "scanner" är att laserstrålen får en minskad hastighet i "vändlägena" vilket leder till att man får ett tjockare påläggnings-skikt där. Hur detta kan motverkas beskrevs av konferensens enda nordiska talare, Iikka Perkkarinen från *Lappeeranta University of Technology [LUT]*. Den ojämna energifördelning som uppkommer då laserstrålen "vänder" kan motverkas genom att man momentant sänker lasereffekten. Denna åtgärd har en annan positiv inverkan, nämligen att man därmed begränsar det pålagda pulvrets uppblandning i substratmaterialet [Fig. 22].

En annan *ILT*-finess som visades upp var ett laborieförsök där man först lade på 4 lager med en hastighet på 200 m/min. Därpå stängdes pulvermataren av och man använde laserstrålen till att omsmälta toppytan och på så sätt åstadkomma en polering. Dr. Kelbassa menade vidare på, att när deponeringshastigheten ökar får detaljernas komplexitet vid *SLM*-tillverkning mindre betydelse. Ett alternativ till "scanning"-tekniken vid *SLM* kan vara att använda sig av en linjär fokuspunkt från en diodlaser som då kan bearbeta en större yta. Ett exempel på detta visade på hur man snabbt byggt upp bulken av en komponent med en stor fokuspunkt och hög effekt, medan skalen skapats med en mindre fokuspunkt [Fig. 23]. Hur uppbyggnadseffektiviteten vid *SLM*-tillverkning ökat över tiden framgår av historiken i **Figur 24**.

*Coherent Inc.* är en av de stora aktörerna vad gäller tillverkning av direktverkande diodlasrar, den la-

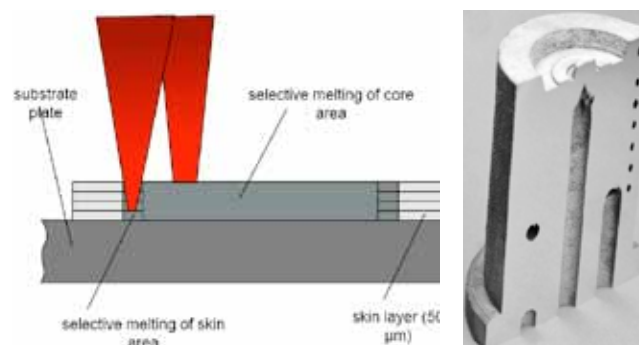
sertyp som kanske lämpar sig bäst för laserpåläggning. Deras representant Keith Parker, som har en bakgrund från *Lumonics Ltd.*, berättade

om framgångsrika försök med att belägga hydrauliska "off-shore"-komponenter med företagets 8 kW-enhet som har en våglängd på 975



**Figur 22.**

*LAM*'s enda nordiska föredragshållare var Iikka Perkkarinen som t.v. syns i samspråk med en representant från *IPG*. Han hade studerat inverkan av effektregering vid laserpåläggning, vilket ger en jämnare påläggningsprofil och mindre risk för uppblandning i substratmaterialet.

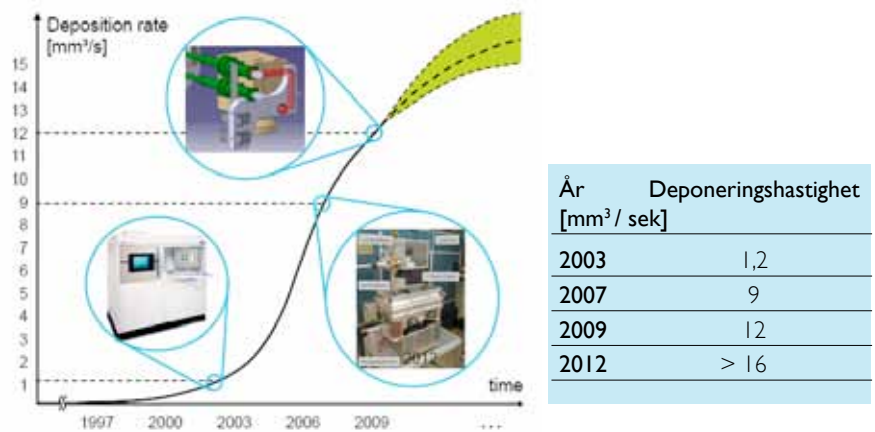


**Figur 23.**

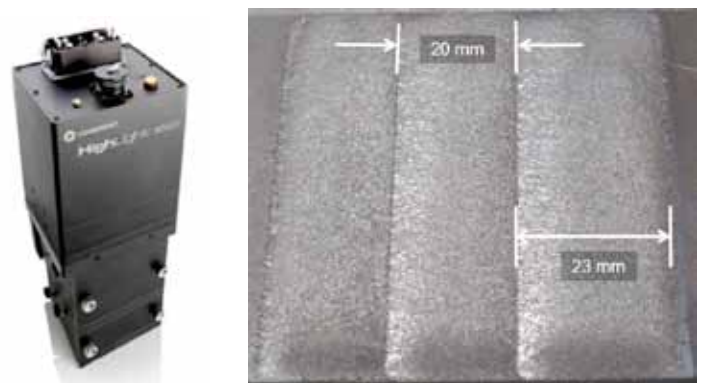
Ökad produktivitet vid *SLM* kan man åstadkomma om man bygger upp bulken med en stor fokuspunkt och hög effekt medan skalen skapas med hjälp av en finare laserstråle. Principen syns t.v. och t.h. en insats till ett formverktyg framtagen med denna metodik.

nm [Fig. 25]. Denna våglängd hade hög absorptivitet i de pulvermaterial som användes, och en så pass låg upplösninghalt i grundmaterialet som mellan 4-7% då man använde en pyrometerbaserad processkontroll. Mr Parker som visste att tala för sin vara utlovade dessutom lanseringen av en 10 kW diodlaser i företagets "HighLight D"-serie senare under året. *Coherent Inc.* tillverkar sina egna dioder, vilka har en påstådd livslängd på 20.000 driftstimmar. För att öka uppmålningshastigheten hade man utvecklat en s.k. "smart optik" som resulterade i en strålgeometri på 1x24 mm vilket gav en deponeringseffektivitet på lite drygt 40 kg/timme. Med en negativ lins kunde man omvandla fokuspunktsstorleken till en yta på 3x24 mm [Fig. 26]. Vid sådana rektangulära former rekommenderade Mr. Parker att man tillförde pulvret från de två långsidorna, medan man vid mer kvadratiska fokuspunkter erhöill bäst resultat med pulvermatning från fyra håll. En annan rekommendation var att använda sig av förvärmning då påläggningslagret överstiger 1,2 mm i tjocklek.

John Haake, som en gång i tiden grundade företaget *Nuvolux Inc.*, vilket var först med att erbjuda diodlasrar med hög effekt på den amerikanska marknaden, har nu bildat ett nytt bolag som fått namnet *Titanova* och som valspråk använder "A new Star for Industry". Liksom *Coherent* föredrar man att arbeta med rektangulära strålprofiler då dessa ger en bättre vätningsvinkel för pulver-smältan gentemot substratet jämfört med vad som erhålls då man använder en gaussisk profil. Detta illustrerades med försök utförda på stålsubstrat med en 4 kW laser och ett 80/20 NiCr-baserat pulver. En stor del av sin presentation ägnade Mr. Haake åt att beskriva de specifika problem som uppstår vid beläggning kring hörn och kanter. Vid invändiga hörn finns risk för uppkomsten av porer och "rotfel", vid utvändiga hörn är det vanligt att man får icke önskvärda överhäng [Fig. 27]. Genom att använda en andra laser med låg effekt vid påläggningsprocessen kan



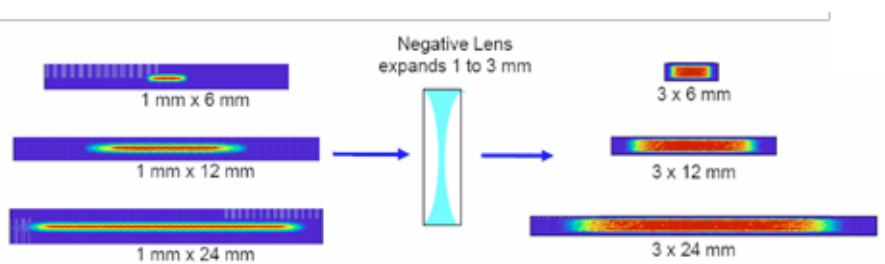
Figur 24. Utvecklingen av SLM-maskiner går mot allt högre deponeringshastigheter och därmed ökad produktivitet.

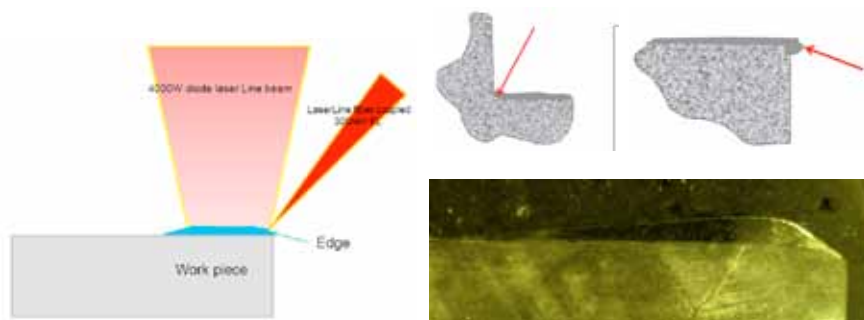


Figur 25. Coherents diodlaser HighLight 8000D väger blott 34,4 kg, och då inkluderar vikten även en strålförningsmodul, kollisionssensor och påläggningsmunstycke. T.h. några exempel där denna laser använts för att belägga 12 mm tjockt kolstål med Höganäspulvret 1559, vilket är en 40/60-blandning av nickel och tungstenkarbid. Nyttjandegraden av pulvret är så hög som 83,8%.



Figur 26. Med en negativ lins integrerad i strålförningsmodulen kan man ändra brännfläckens utbredning. Vid denna typ av rektangulära fokuspunkter bör pulvertillförsel ske längs de två långsidorna.





Figur 27.

Genom att manipulera smältan vid laserpåläggning med hjälp av en lågeffektfiberlaser och en "scanner"-enhet kan defekter som rotfel och oönskade överhäng undvikas.

dessa fenomen undvikas. Primärlasern, som då har hög effekt och tar hand om själva påläggningen, kompletteras med en sekundär källa som är kopplad till en "scanner"-enhet. Med denna lösning kan man lokalt behålla pulvret i smält tillstånd under längre tid och helt enkelt flytta pulversmältan i de kritiska hörn-områdena för att undvika oönskade former på påläggningen. Denna s.k. "Weld Puddle Manipulator" är nu föremål för en patentansökan från Mr. Haakes sida. Vidare sker detekteringen av risker för uppkomsten av ovan beskrivna defekter i realtid med hjälp av ett "in-situ"-program varvid "scanner"-enheten kan kompensera smältans rörelser.

En specialitet hos *Fraunhofer CCLA* i Plymouth, MI är att utveckla verktyg för laserpåläggning inuti trånga rör. Aravind Jonnalagadda berättade om hur man belagt en meter långa rör, som hade en invändig diameter på 88,9 mm, med Inconel625, tungstenkarbid, alternativt Stellite6 och 3 kW lasereffekt, och där deponeringshastigheten låg mellan 1,5-3,0 kg/tim [Fig. 28]. Verktyget är försett med såväl en övervakningsfunktion, vilken registrerar processtemperaturen, som en kollisionssensor, och jag kunde själv inspektera detsamma i *Fraunhofers* utställningsmonter, samtidigt som jag bytte några ord med min gamle vän Craig Bratt som basar för verksamheten i Plymouth. När man arbetar i så trånga utrymmen är risken för att man kontaminerar optiken uppenbar. Därför har man utvecklat en pulvermatningsenhet som reducerar pulverflödet för att på så sätt begränsa processprut. I detta sammanhang



Inconel625; hastighet=1 m/min, deponering 1,8kg/tim



Tungstenkarbid; hastighet=1,1 m/min, deponering 3,0kg/tim

kan det också vara värt att påpeka att Stellite har en tendens att ge mer av den varan jämfört med exempelvis Inconel. Mr Jonnalagadda lät till sist meddela att man senare under året hade för avsikt att lansera ett verktyg med inbyggd vattenkyllning som skulle kunna klara av att belägga rör med en invändig diameter på 3" dvs. cirka 75 mm! Man kan bara ställa sig frågan var den understa gränsen för rördiametrar kommer att hamna då det gäller att invändigt belägga desamma med LMD-teknik?

Sammanfattningsvis kan man säga att 2012 års *LAM*-konferens var ömsom vin ömsom vatten. En del nyheter som exempelvis *ILT*s höghastighetspåläggning och *LMD* i kombination med induktionsuppvärmning av komponenten lade jag



Figur 28.

Aravind Jonnalagadda berättade initierat om hur man vid *Fraunhofer CCLA* i Plymouth, med ett specialutvecklat verktyg, kunnat utföra laserpåläggning inuti rör vilka hade en invändig diameter på blott 88,9 mm. Rören hade belagts med såväl Inconel625, tungstenkarbid som Stellite6, alla med 3 kW lasereffekt men i övrigt med olika parameterinställningar vilka framgår i tvärsnitten t.v.

märke till, men annars handlade många presentationer om mer traditionell användning av *LAM*. Dock tjänar dessa *LIA*-arrangemang också som forum för verktygs- och systemtillverkare att få visa upp sina produkter, samt inte minst att kollegor får möjlighet att komma samman, knyta kontakter och dela med sig av sina erfarenheter. För den som vill lära sig mer om additiv tillverkning med hjälp av laserteknik kan jag därför varmt rekommendera att deltaga vid nästa års *LAM*-konferens. När och var den kommer att gå av stapeln får vi återkomma till i kommande nummer av *LaserNytt*, men jag hörde att *LIA* övervägde att förlägga evenemanget till någon annan region i U.S.A. nästa år. ■

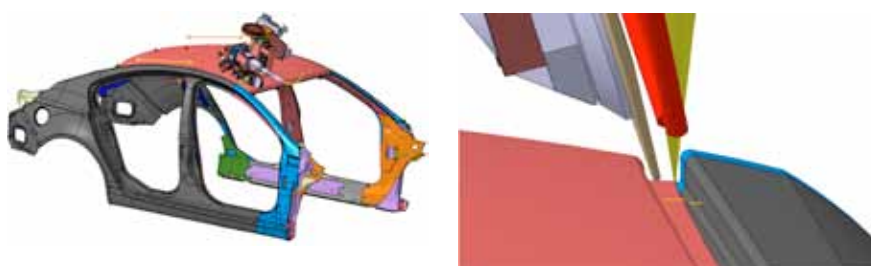
# Svetspunkten i rampljuset vid tillverkning av Opel Insigna

av Volker Bayer, Adam Opel AG, Rüsselsheim  
Thomas Nicolay, Precitec KG, Gaggenau

översatt och bearbetad av Hans Engström, Levitronics Lasersystem AB

Vid tillverkningen av Opels Insigna-modell så lasersvetsas taket till de två sidorna i karossen. I robotsvetscellen så lasersvetsar två industrirobotar med hjälp av fogföljningssystem från Precitec KG den vänstra och högra sidan av taket. Svetsområdet är utformat så att fogarna ligger i två smala spår eller takkanaler, som löper från öppningen fram till öppningen för bakrutan på båda sidor av taket. Laserstrålen riktar mot kanten på takplåten i en viss vinkel och smälter kanten jämt så taket sammanfogas med sidoplåten. Beroende på plattformen så tillverkas taket av obelagd eller galvaniserad plåt medan sidopanelerna är galvaniserade. Resultatet är imponerande: fogen har inte bara tillräcklig hållfasthet, den är också mycket jämn och fri från porer, hål och sprut och uppfyller därmed Opels krav på toleranser och utseende.

Detta är nödvändigt eftersom fogen bara täcks med en tätningsmassa som man målar direkt på. En taklist är inte längre nödvändig. Detta eliminerar också behovet av 100% manuell inspektion i karosstillverkningen. Om något fel upptäcks av övervakningssystemet så stoppas karossen i nästa station. Eftersom plåtarna bara svetsas från ett håll så finns inga öppningar för svetspistolerna i sidopanelerna vilket gör dem styvare och detta kan utnyttjas till viktsbesparing. Dessutom så leder laserkantsvetsningen till mycket kor-



Figur 1.

Lasersvetsning av taket till karosssidorna på Opel Insigna sker med hjälp av fogföljningssystemet "Laser Path Finder", LPF, från Precitec KG. När svetshuvudet kombineras med det koaxiella LPF-systemet och en tryckrulle som pressar samman plåtarna under svetsningen, kan det kompensera för positionsfel, toleranser på flänsen och avvikelser i robotbanan. Detta garanterar en konstant och exakt svetsfog.

tare cykeltider jämfört med andra svetsmetoder.

Kameran i Precitec's fogföljningssystem observerar direkt takfogarna genom svetsoptiken. I detta exempel så genererar två linjegeneratorer, som är positionerade ovanpå varandra två ljuslinjer vinkelrätt mot svetsriktningen cirka 3 till 5 mm framför och bakom svetspunkten. Linjerna analyseras kontinuerligt och gör det möjligt att styra fokuspunkten exakt längs kanten på takflänsen med en hög-precisions linjärxel.

## Kontinuerlig triangulering av kantfogen

De två robotarna i svetscellen arbetar på båda sidor av taket samtidigt men oberoende av varandra. En lamp-pumpad Nd:YAG-laser används till varje robot och laserstrålen leds via fiberoptik till svetsstället. Svetshuvu-

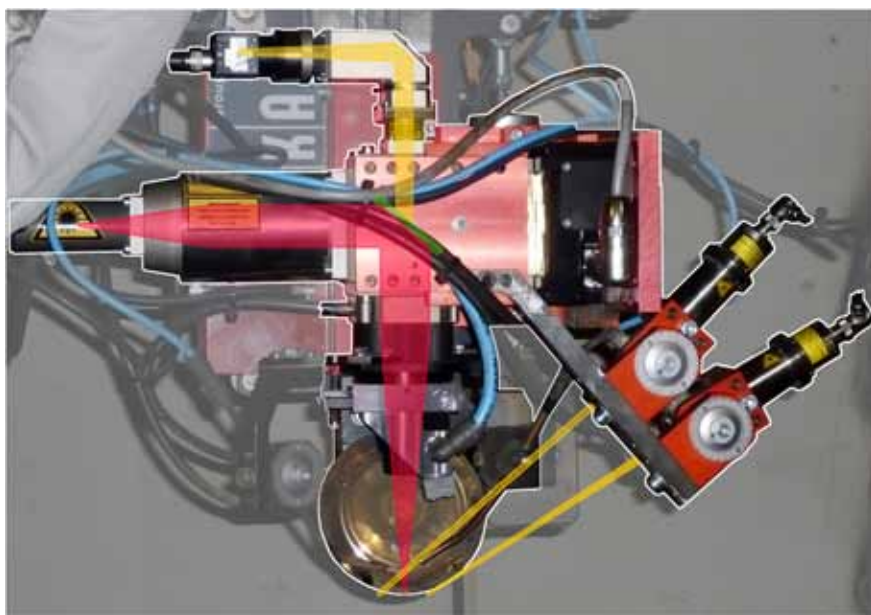
det är vinklat i 90 grader och har en linjärxel och tryckrulle, som pressar plåtarna mot varandra under svetsningen. Eftersom roboten inte kan hålla positionen exakt på plåtkanten så krävs det ett extremt snabbt och exakt system för att kompensera för avvikelserna så att fokuspunkten, som är 0.6 mm, hålls i exakt rätt position. Det är också fördelaktigt att placera systemet långt från svetsområdet så att känsligheten för fel och underhållskostnader minskar. Därför är svetshuvudet utrustat med det koaxiella fogföljningssystemet Laser Path Finder (LPF) från Precitec vars kamera tittar genom optiksystemet, [Fig 2]. Det kompenserar för fel i robotbanan, positioneringsfel och takplåtens toleranser och gör det möjligt att få en kontinuerlig och högst exakt fog.

Systemet arbetar med två linjegeratorer som är monterade framför svetshuvudet. Varje av dessa projicerar en ljuslinje 3 till 5 mm framför och bakom svetspunkten och vinkelrät mot svetsriktningen. Tack vare kamerans 10x10 mm observationsområde så kan den övervaka båda ljuslinjerna där den är placerad i svetshuvudet. Beroende på svetsriktning så utvärderar kameran ljuslinjen framför svetspunkten för korrekt fogföljning. Eftersom dessa linjer projiceras framåt med en vinkel till den överlappande plåten så plottar de en stegkontur på arbetsstycket som matchar kantlinjen på plåten. Genom optisk triangulering så kalkyleras positionen kontinuerligt och snabbt. Resultatet från dessa beräkningar matas in till styrningen för linjäraxeln, som är monterad på robotens handled och som styr laserstrålens position vinkelrät mot svetsriktningen. Kombinationen av den beräknade positionen och den nuvarande positionen hos linjäraxeln, på vilken optiken är monterad, är grunden för positioneringen av fokuspunkten längs kanten på plåten som ska svetsas. Den korrekta vertikala positionen av laserhuvudet säkerställs av tryckrullen i robotsystemet.

### Svetsning i båda riktningarna

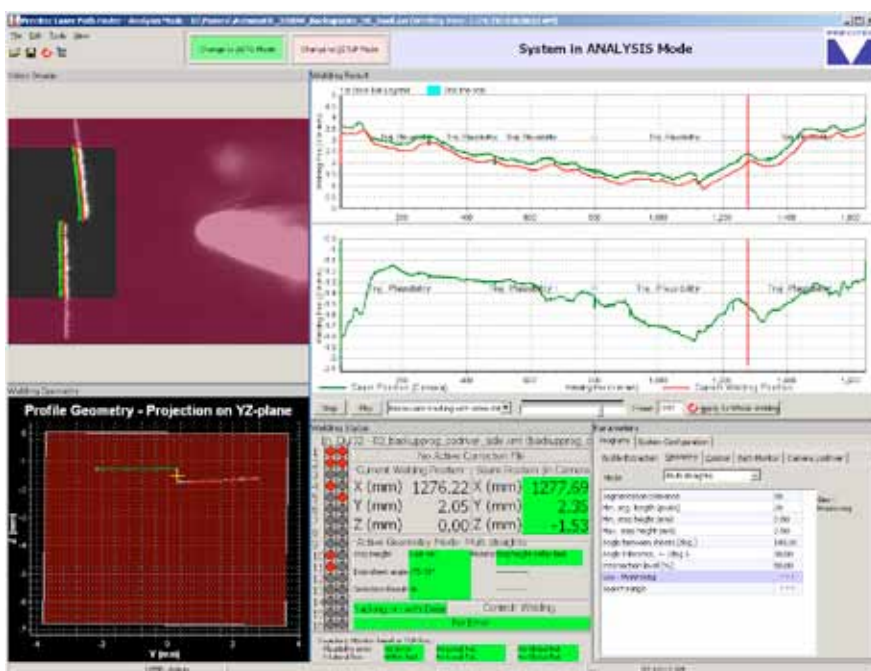
Eftersom ljuslinjerna projiceras både framför och bakom laserstrålen så kan roboten svetsa i båda riktningarna. Svetsning i den motsatta riktningen kan snabbt bli verklighet om en av de två robotarna fallerar. Om detta händer så får den andra roboten ta över svetsuppgiften från den som inte fungerar.

Svetsriktningen kan väljas godtyckligt för denna "back-up" aktion. Detta koncept garanterar en hög tillgänglighet på svetsoperationen. Ljuslinjerna genereras av laserdioder i linjegeratorerna och cylindriska linser. "Cross-jet" munstycken finns i linjegeratorerna för att förhindra att ljuslinjerna, vars geometri är viktiga för noggrannheten i detekteringen av kanten, påverkas under svetsprocessen. De optiska komponenterna är alltså skyddade av en



Figur 2.

Precitec's två-vägs LPF fogföljningssystem arbetar med två linjegeratorer som är monterade framför svetshuvudet. De projicerar en ljuslinje 3 till 5 mm framför och bakom laserns fokuspunkt och vinkelrät mot svetsriktningen. Positionen avläses av kameran som är monterad i svetshuvudet.



Figur 3.

Användarens bildskärm: "live" videobild med profilanalys (överst t.v.), geometribild med taktantsprofilen extraherad (nederst t.v.), fogföljningsbild med fog och axelposition (överst t.h), resultatfönster (nederst t.h.).

luftgardin och därmed ökar komponenternas processsäkerhet och livslängd. Skyddsfönstren framför linjegeratorerna är lätta att byta.

Robusta algoritmer och validering kompenserar för eventuell överexponering i videobilderna på grund av den extremt ljusa svetspunkten.

## Passar många material och foggeometrier

Fogföljningssystemet väl lämpat för att följa fogar med små radier fastän detta inte behövs i denna applikation. Som beskrivits ovan så gör linjegeneratorerna det möjligt för ljuslinjen att projiceras på arbetsstycket med ett minimalt avstånd till svetspunkten, och detta gör det i sin tur möjligt att detektera fogen även i hörn. Men svetsning av applikationer med små radier förutsätter naturligtvis en viss rörlighet i robotens svetshuvud.

Fogföljningssystemet passar inte bara stål utan även koppar, titan, magnesium, zink och aluminium och tack vare systemets modulära mjukvara så kan en mängd olika fogtyper

som T-fog, hörnfog, V/Y-fog och kantfogar detekteras. Genom att ansluta en extra ljusenhet med gräskalebehandling passar också systemet för stumfog med plåtar av samma materialtjocklek. Systemet visar också sin användbarhet genom längre "stand-off" avstånd. LPF-systemet får också högt betyg för sin flexibilitet vad gäller svetsning av produktversioner som inte är lika, eftersom inställningarna för fogföljning kan sammanställas i olika konfigurationer vilka kan sparas i 256 olika program. Dessa kan sedan kallas fram vid behov. En "offline" analys gör parameterisering av profildetektering möjlig genom videoanalyser och simulering. Data från detekteringen kan också sparas för dokumentering

av processflöde. Kommunikationen med PLC system är enkelt tack vare standard industribus-system. Systemoperatören har hela tiden en klar och självförklarande överblick över svetsproceduren samt en detaljerad insikt i alla parametrar, [Fig 3].

LPF-systemet passar inte bara Nd:YAG-lasrar utan även disk-, fiber- och diodlasrar, samt kan användas i robot-, gantry- och orbitalsvets-system. LPF-systemet finns också för olika fokallängder och har bevisat sin förmåga i många olika applikationer som drivlina, skeppsbyggnad, och olika former av komponenttillverkning. Systemet används också av andra ledande biltillverkare än Opel.

## Flexibelt system med speciella egenskaper

Opels projektteam har rapporterat att LPF-fogföljningssystem är ett av de rekommenderade systemen för Kuka som är s.k. 2nd tier leverantör, dvs. man har levererat systemet som beskrivs i denna artikel. Rapporten berättar också att LPF-systemet har andra uppskattade funktioner som t.ex. en mjukvarugränsbrytare för linjäxeln, möjligheten att återuppta fogföljning efter signalförlust eller att sätta "outputs" när speciella händelser inträffar under svetsprocessen. Det kan t.ex. vara "spaltbredd för stor" eller "gränsläget uppnått" i LPF's mjukvara. Systemet kan också användas för åtta olika takvarianter. Det erbjuder också användarvänliga metoder för kontrolloperationer som t.ex. i simuleringsmode eller med "Laser av" brytare när kanten inte kan detekteras.

Användarna uppskattar också en annan fördel som inte får underskattas, nämligen global support tack vare Precitecs närvaro över hela världen. GM, t.ex. utför den taksvetsning som beskrivs här i flera olika länder i världen. Opel i Rüsselsheim har två sådana robotsvetsceller. I dessa fabriker så bidrar Precitecs LPF-fogföljningssystem till ekonomiskt framgångsrik tillverkning av utmanande och moderna fordon. ■

Mer information: [www.levitronics.se](http://www.levitronics.se)

The poster features a blue background with a white grid pattern and a central burst of light. The text is white and blue. At the top left is the logo for The Northernmost University of Technology in Scandinavia. The main title 'NOLAMP 14' is in large, bold, blue letters. Below it, the dates 'August 26th - 28th 2013' and location 'Gothenburg, Sweden' are in white. A dark blue banner at the bottom contains the text 'First Announcement and Call for Papers' in white. At the bottom left is the URL 'itu.se/nolamp14' and at the bottom right is the logo for Luleå University of Technology.

THE NORTHERNMOST UNIVERSITY  
of Technology in Scandinavia

The 14th Nordic Laser Materials Processing Conference

# NOLAMP 14

August 26th - 28th 2013  
Gothenburg, Sweden

**First Announcement and  
Call for Papers**

[itu.se/nolamp14](http://itu.se/nolamp14)

LULEÅ  
UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY

# Markus Kogel-Hollacher berättar om ett nyutvecklat verktyg avsett för laserlödning



Johnny K. Larsson, Volvo Cars

Inom laserbranschen finns åtskilliga profiler och veteraner och till denna krets av lysande kompetenser måste vi räkna ”mannen med det märkliga efternamnet” – Dr. Markus Kogel-Hollacher. Denne man erbjuder sedan många år tillbaka företaget Precitec Optronik GmbH sina specialkunskaper och ansvarar för tillkomsten av nya innovationer vid laboratoriet i Rodgau strax utanför Frankfurt a.M. Dr. Kogel-Hollachers specialområde är framförallt kvalitetskontroll vid laserbearbetning i alla dess former, där han under årens lopp hjälpt till att ta fram åtskilliga av de verktyg för kvalitetsövervakning som idag ingår i Precitecs produktportfölj. Detta var något som sympatiske Markus sammanfattade i ett uppskattat föredrag vid årets AKL [Aachener Kolloquium für Lasertechnik] -konferens, vilket jag redogör för på annan plats i detta nummer av LaserNytt. Vid samma tillfälle delades det prestigefyllda Innovation Award Laser Technology 2012 ut, och här utgjorde Marcus och hans team en av de slutliga finalisterna. Gruppen innehöll forskare från, förutom Precitec Optronik GmbH, också AMPHOS GmbH, JENOPTIK Laser GmbH, RWTH [Rheinland-Westphälisches Technische Hochschule] samt ILT [Institut für Lasertechnik] i Aachen. Nu lyckades man inte med att ”nä

ända fram”, utan fick nöja sig med den nog så hedrande tredjeplatsen [Fig. 1], men gruppens tävlingsbidrag var nog det av semifinalisterna som hade mest bäring på verkstadsindustrins behov då det handlade om ett laserlödningssystem med koaxial trådmatning, ringformad fokuspunkt

och integrerad fogföljning avsett för lödning av tredimensionella komponenter [Fig. 2]. Detta fann jag vara nog så intressant, varför jag passade på att få en mer utförlig beskrivning av innovationen över några weissbier en kväll på Hotel Pullman Quellenhof.



Figur 1.

AKL e.V.'s president Ulrich Berners (t.v.) och vice president Reinhart Poprawe (tvåa fr.h.) presenterar vinnarna deras diplom; tvåan Rainer Pätzel, Coherent GmbH, trean Markus Kogel-Hollacher, Precitec Optronik GmbH, och segraren Stephan Brüning, Schepers GmbH & Co KG.



Figur 2.

T.v. Precitecs innovativa verktyg med koaxial trådmatning och integrerad fogföljning för laserlödning av komplexa tredimensionella geometrier och därin till illuminering av processområdet för det optiska fogföljningssystemet.

***Vilka är de huvudsakliga problemen med dagens verktyg för laserlödning och vilken målinriktning har ni med er nya systemlösning?***

Dagens State-of-the-Art-verktyg för laserlödning har den nackdelen att de är väldigt beroende av i vilken riktning lödningen sker. Man har en tråd som matas in framför laserstrålen, något som bestämmer i vilken riktning man kan löda. Därtill krävs att en precis inmatning av tillsatstråden relativt fogen kan garanteras annars kommer processen inte att fungera. En koaxial trådmatning löser dessa problem. Den medger en mindre vinkelkänslighet för trådmatningen såväl lateralt som i framföringsriktningen. Faktum är att man kan löda runt hörn med radier under 10 mm, då processverktygets rörelser är fullständigt obegränsade. Ävenledes får användaren med detta verktyg och dess optiska koncept tillgång till en teknik som är mycket mer tolerant för vissa foggeometrier. Detta gör lödprocessen mycket enklare och robustare och man kan realisera ganska komplicerade fogar. Därtill kommer att vi nu kan arbeta med betydligt högre processhastigheter. Detta beror på att med vårt stråldistributionskoncept kommer laserstrålen att träffa tillsatstråden innan denna når fram till arbetsstycket och på så sätt får man en förvärmning av tråden. Idag kan man säga att 3,5 m/min är standardhastigheten vid laserlödning. Om man tänker sig att hastigheten kan fördubblas kan en biltillverkare bearbeta en hel bilkaross med ett enda verktyg, vilket i sin tur innebär behovet av blott en laserkälla och en robot. Dylika kostnadsincitament argumenterar självklart för att använda vårt nya processverktyg. De OEMs [Original Equipment Manufacturer] som vi samarbetat med anger att man idag kan få spendera två hela arbetsdagar på s.k. "teach-in" av en lödfog på en ny karossmodell. Inledningsvis sker en grov inprogrammering av lödverktyget vis-a-vis lödfogen, varefter man använder olika mjukvaruprogram för att optimera robotbanan, och detta är något som måste repeteras åtskilliga gånger. Med det nya verktygets flexibilitet med hänsyn till vinkelorientering mellan verktyget och lödfogen krävs det nu endast ett fåtal timmar för att göra motsvarande inprogrammering av en ny fog. Detta tillåter användaren att utvärdera nya konceptlösningar mycket snabbare, något som är intressant inte bara i serieproduktion utan även vid mera experimentell verksamhet.

***Så allt man behöver göra är alltså att byta ut befintligt lödverktyg med ert nya koncept medan all övrig utrustning kan behållas intakt?***

Exakt så! Vårt koncept är konstruerat för diodlasrar vilket är den typ av laserkälla som typiskt används vid laserlödning. M.a.o. vår principlösning kräver inte några särskilt sofistikerade lasersystem. De initiala förutsättningar vi utgick ifrån var en diodlaser med 4 kW uteffekt för fiberdiametrar mellan 0,6-1,5 mm, och en numerisk apertur [N.A.] på 0.22. Andra förutsättningar var att avståndet mellan det sista optiska elementet och arbetsstycket skulle vara större än 100 mm,

samt att transparensen genom det optiska systemet skulle överstiga 90%. Utifrån denna kravspecifikation började vi konstruera hela vårt optiska koncept. Visst är det så att idag erbjuder också våra konkurrenter koaxiala trådmatningsverktyg, men deras koncept kräver en högre strålkvalitet [BPP = Beam Parameter Product], medan vår teknik fungerar med betydligt billigare laserkällor.

***Vi har alltså konstaterat att ert koncept kan fördubbla hastigheten vid laserlödning och därmed också produktiviteten, men innebär den nya systemlösningen också något för lödkvalitén?***

Genom att, som jag nämnde tidigare, tillsatstråden förvärms anpassar den sig lättare till fogen och väter mycket bättre mot fogytorna. Övergången mellan grundmaterial och lödfog blir precis så homogen som kunder önskar sig för att därigenom kunna anbringa en ytbeläggning utan ytterligare efterbearbetning. Våra slutanvändare imponerades också av den lödkvalitet som resultaten från tvärsnittsanalys av fogen demonstrerade.

***Vad utgjorde den största svårigheten i termer av teknik eller samarbete inom projektgruppen?***

Vad gäller det senare kan jag lugnt påstå att det inte förekom några samarbetssvårigheter över huvud taget. Det problem som vi inledningsvis upplevde rörde justeringen av de optiska komponenterna. Då hade vi inga verktyg för precisionsjustering av optiken utan vi fick justera och sedan snabbt sätta samman komponenterna och hoppas på att de skulle förbli i sina tilltänkta lägen. Dessa förhållanden förbättrades under de följande utvecklingsstegen, men för att vara frank så måste jag tillstå att vår lösning är väldigt mycket "rakt på sak" och faktiskt ganska enkel. Självfallet hade vi en stor fördel i det faktum att merparten av de ingående komponenterna kunde vi hitta i Precitecs normala sortiment, då vi tillverkar processverktyg för många olika laseranvändningsområden. Vi har t.ex. kollimeringslinser, strålavlänkare, stråldelare för att addera kamerautrustning och så vidare. Dylika komponenter kunde vi mer eller mindre "plocka från hyllan".

***Finns det idéer kring ytterligare utveckling av detta verktyg, och skulle man kunde tänka sig att kunna använda det inom andra branscher?***

Vi har tanke på att undersöka om detta optiska koncept kan användas inom andra laserbearbetningsområden där tillsatsmaterial krävs, men närmast gäller det att börja producera lödverktyget som en kommersiell produkt och sedan få återkoppling av erfarenheter från användning av verktyget på verkstadsgolvet. Inte desto mindre vill jag framhålla den ringformade projektion av laserstrålen som man får på arbetsstycket, vilken medger att man kan använda sig av fogföljning. Mjukvaran för detta innehåller en avsevärd mängd innovationer, vilka säkert kan vara till nytta i andra applikationer också.

Avslutningsvis kan jag konstatera att Precitec Optronik GmbH med denna konceptlösning adderat ytterligare ett användbart laserverktyg till sin produktportfölj, och jag uppmanar verkligen LaserNytts medlemmar att hålla ögonen öppna för

deras kommande innovationer, vilka säkert kommer att vara lika verkstadsanpassade som de man redan idag kan tillhandahålla. Eller varför inte ta en direkt kontakt med trevlige Markus Kogel-Hollacher som gärna pratar initierat om laserteknik,

men också har förmågan att lyssna till kundernas önskemål. I så fall när man honom lättast per telefon +49-172-933 84 53 eller via e-post [m.kogel-hollacher@precitec.de](mailto:m.kogel-hollacher@precitec.de) ■

# Andra bullar i ugnproduktion

Trumpf

Översättning Stefan Wallén, Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

## Svetsning och laserskärning – ganska ovanligt vid ugnproduktion. Electrolux tog risken och bröt gamla traditioner. Belöningen: ett kvalitativt språng.

”Tre svetsade plåtar plus emaljskiktet – och du har en ugnslåda, eller hur?” Bernd Ebert, chef för Global Manufacturing Engineering från Electrolux, skrattar: ”Varför är Electrolux fabrik i Rothenburg en av Europas mest moderna inom tillverkning av hushållsmaskiner? Ett hårum som en ugn har allt i sig – Det gäller fixturer av svetsfogar, svetsning, emaljer och bränning”. Fabriken producerar runt 700.000 inbyggnadsugnar per år för internationella marknader. 2009 gjordes skiftet till den nuvarande generationen Apollo ”Neue Klasse”. De definierade kvalitetsegenskaperna skulle leda till en helt automatiserad linje för lasersvetsning och laserskärning – för första gången inom ugnstillverkning.

Kravet var en ugnslåda med en volym på 65 liter, utrustad med standardkomponenter såsom värmeelement och belysning och skulle vara

variabel i höjd. ”Spis-serien Apollo förgrenar sig i 500 varianter med ångkokningsfunktioner och pyrolytisk självrengöring“, beskriver teknikern och företagsekonomerna Ebert detaljerat.

”Vår vision var, att endast en typ från grundkomponenterna skulle matas in i anläggningen. Processen i anläggningen skall definiera vilken variant som skall produceras”. Samtidigt planerade teamet ett kvalitativt språng: Den emaljerade ytan skall vara fri från störande kanter. Just därför valde teamet att bryta mot traditionella processer: lasersvetsning istället för motståndsvetsning, laserskärning istället för stansning. Teamet ifrågasatte dessa kända och beprövade metoder, tekniker utanför teamet reserverade sig för den nya tekniken. För att uppnå en processoptimering startade Electrolux projektet ändå. Deltagare var de tre europeiska produktionsanläggningarna och integratören FFT EDAG Produktionssystem (PS).

### Maximalt automatiserad

Fabriken i Rothenburg visade vägen. Här inleddes serietillverkningen i februari 2010. Komponenterna hölje,

lock och botten består av höglegerat stål. Metallhöljet formas i en bock-enhet till en C-formad plåt detalj och överlämnas till en paletttransportör. Lock och bottenplåtar tillförs via ett paternosterverk och även dessa överlämnas till paletttransportören. Sedan försvinner allt genom tunneln in i svetskabinen.

”Genom en elektronisk kanban process kan operatören se vilka ugnskomponenter som behövs och skickar produktionsprogrammet till anläggningen. På anläggningens styrning ser man alla aktiva och pågående order i bildskärmen, förklarar Dipl.-Ing. Christian Ehninger, en nära medarbetare till produktionsdirektören Ebert. En styrbar kamera zoomar in den fartfyllda kabinens innanmäte. Två svetsrobotar arbetar med en TruDisk 5302 och fyra skärrobotar med vardera en Tru-Fiber 400 från TRUMPF. Först fixeras detaljerna med hög precision till varandra på svetspaletten följt av en tre meter lång svets. De sex-axliga robotarna lyfter ugnskomponenterna och lägger dem på skärpaletten där skärslasarna från TRUMPF skär de komplicerade hålgeometrierna. Därefter passerar ugnskomponenterna ytterligare en



Ungsfamiljen ”Apollo” tillverkas i 500 olika varianter. Därför rekommenderade ingenjörerna från EDAG sin kund Electrolux en laserprocess som i bilindustrin.



Programstyrt matas komponenter på transportband in i den automatiserade tillverkningslinjen.



Robotar placerar lock, mantel och bottenplåt i 0,6 mm stål på en paletttransportör.

rengöringsanläggning innan emalj-pulvret fördelas i ett tunt jämnt skikt. Slutligen bränns de i över 800 grader Celsius. Efter en kvalitetsprövning fortsätter ugnskomponenterna till en vänteposition vid den nya linjen för slutmontage – en tretimmarsbuffert förhindrar störningar i det automatiserade flödet.

”Iterativa förbättringar, övertygelse att vara på rätt spår och samarbete med externa specialister” – dessa är de faktorer som, enligt Bernd Ebert, har lett till att projektet blivit framgångsrikt. I en matris utvärderades svetskonceptet och tillverkningsprocessen med förutsättningarna för ugnslådan.

”Problemet med den tre meter långa svets som inte skulle synas efter emaljering, hade vi definierat som en utmaning – men vi lämnade processen öppen“, säger Ebert. De potentiella maskinleverantörerna producerade provdetaljer med olika metoder, som testades intensivt av Electrolux Rothenburg. FFT EDAG PS var den enda som rekommenderade laserteknik. ”Standardprocessen skulle ha varit sömsvetsning“, medger Jean Heußner, projektledare på FFT Edag PS.

”Men vid sömsvetsning var det hörnfogarna på lådan som orsakade problem – dessutom hade Electrolux behövt använda flera maskiner för att klara takttiden.”

FFT EDAG PS drog nytta av sina erfarenheter vid fogningsprocesser inom bilindustrin – och testresultaten talade, enligt Ebert, sitt tydliga språk.

«Den kritiska svetsen var helt fri från grader, så att tidigare nödvändiga processteg inte behövdes längre»



I svetskabinen fogas komponenterna ihop med en 3 m lång svets. Skärlaser skär olika komplicerade hålbild för att framställa olika varianter.

### Från idé till verkstad

För svetscellen gjordes ett vibrationsfritt fundament, i våningen under ställdes laseraggregaten. Ombyggnationen var väl värt det, den nya högkvalitativa processen fasades in. Svetsparametrarna och detaljgeometrin framtagen av TRUMPF Lasersystems erbjöd en god grund för processen och krävde bara mindre justeringar.

Före leverans startade FFT EDAG PS en försöksserie tillsammans med TRUMPF, för att definiera utrustningen i labbet och att validera processen. ”Att placera maskinerna i en produktionslinje, var inte det svåra,» säger Jean Heußner FFT EDAG PS. Huvuduppgiften var validering av den övergripande processen med utformningen av geometrier, undersökning av tillgänglighet och processsäkerhet.» Endast på detta sätt kan man uppnå en reproducerbar kvalitet i serieproduktion.»

Att systemet även integrerade skärprocessen, har två viktiga fördelar. För det första finns det inga avbrott i kommunikationsutbytet vid överlämningsställena mellan olika komponenter – vilket säkerställer stabiliteten i processen. För det andra kan man snabbt och till låg kostnad göra nya varianter och anpassningar: förändringarna i skärnings- och svetsgeometrier är gemensamma och fritt programmerbara, genom att konturer och hål skärs med laser. Ingen behöver vänta på justering och ändringar av dyra pressverktyg. Och det viktigaste målet är uppnått: kvalitetskriterierna för ugnslådan är uppfyllda båda av visuella och taktila kriterier.



Avslutningsvis transporteras ugnarna i 12 sekunders takt till avfettning och emaljering.

2011 överfördes erfarenheterna från arbetet i Rothenburg till andra europeiska Electroluxfabriker. Nu har produktionen i italienska Forli och i polska Świdnica startats. Lasersvets- och skärningsutrustning för dessa fabriker har levererats av FFT EDAG PS. Under tiden har även kolleger från fabriken i USA blivit intresserade. Ebert och hans team har en bra känsla: ”Vi är stolta över detta spännande projekt - och know-how-försprånget säkrar vår plats i den internationella koncernen.» ■

### Kontakt:

Bernd Ebert, chef för Global Manufacturing Engineering, Electrolux Rothenburg GmbH



Vi bestämde att varianterna skulle produceras i anläggningen, Bernd Ebert, Director Global Manufacturing Engineering, Electrolux Rothenburg.



Vår batchstorlek är idag 12 eller ett multiplet av 12, Christian Ehninger, Central Manufacturing Engineering, Electrolux Rothenburg

IIW ANNUAL ASSEMBLY I DENVER

# Ett trevligt och lärorikt möte med all världens svetsexpertis

Hans Engström, Luleå tekniska universitet



Fig. 1.  
Det mäktiga Denver Convention Center där IIW Annual Assembly hölls den 9–11 juli.

Årets stora evenemang inom International Institute of Welding (IIW), den årliga Annual Assembly ägde rum i Denver 9-11 juli i det väldiga Denver Convention Center. Ca 700 deltagare räknades in av arrangörerna och där är också konferensen ”IIW International Conference on Welding for Repair and Life Extension of Plants and Infrastructure” inräknad.

IIW organiseras i ett antal kommissioner och arbetsgrupper. Commission IV (Com IV) där jag deltog omfattar laser-, laserhybridsvetsning och elektronstrålesvetsning (EBW). En av de tre dagarna ägnades åt en intressant blandning av föredrag inom ljusbågssvetsning och laser/laserhybrid/EBW-svetsning. I år dominerade lasersvetsning, följt av ljusbågssvetsning, EBW, laserhybridsvetsning, Non Vacuum EBW och några övriga föredrag. En presentation kom från Sverige genom undertecknad. Annars har laserhybridsvetsning dominerat de senaste IIW mötena.

Denver, ”the mile high city” vid foten av Klippiga bergen, där solen lär lysa 300 dagar per år bjöd fak-

tiskt på ett växlande väder med soliga varma dagar blandat med dagar med regnskurar, men det glädde Denverborna eftersom området hade lidit av svår torka hela året. I Denver lär det bo cirka 3 miljoner männis-

kor men det märktes inte eftersom stads kärnan är relativt liten.

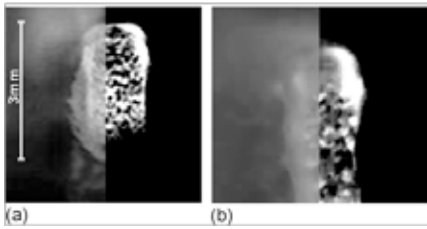
Com IV leddes av Herbert Staufer, Fronius och min vän sedan tidigare IIW konferenser Ernest Levert, Lockheed Martin Corporation, eftersom ordföranden Jens Kristensen hade fått förhinder.

Jag redovisar här några av presentationer som jag tyckte var intressanta.

Undertecknad var först ut bland laserpresentationerna och jag berättade om ett arbete som är utfört av mina kollegor Alexander Kaplan och



Figur 2.  
Herbert Staufer, Fronius (tv) och Ernst Levert, Lockheed Martin Corporation ledde Commission IV:s arbete under IIW Annual Assembly.



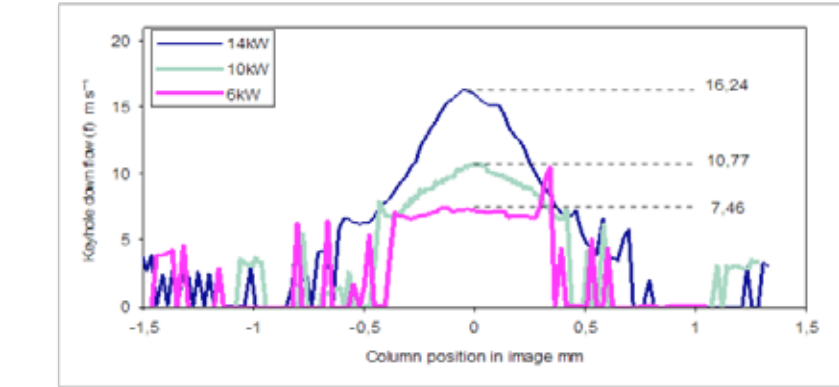
Figur 3.

Ovan vågfronten vid nyckelhålet vägg, och t.h. hastighetsprofil tvärs nyckelhålsfronten vid 60 J/mm.

Ingemar Eriksson. Ingemar lyckades som den förste i världen att höghastighetsfilma nyckelhålsfronten vid lasersvetsning och därifrån tolka bilderna som vågrörelser, samt beräkna strömningshastigheten av smältan nedför nyckelhålets vägg, [Fig. 3]. Det visar sig att smältan strömmar snabbast i mitten av nyckelhålet för att minska ut mot kanterna. Alexander kopplade på en simulering av absorptionen på en ojämn "vågig" yta och visade hur den beror på lutningen av nyckelhålets vägg samt ytjämnheten.

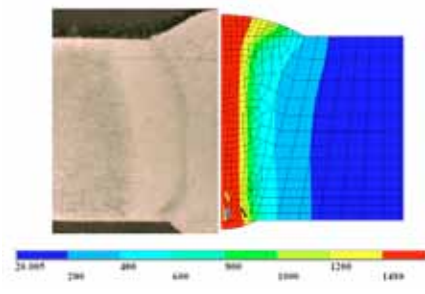
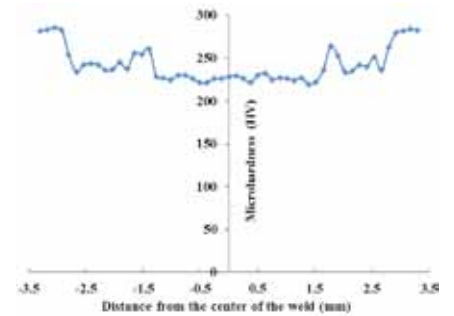
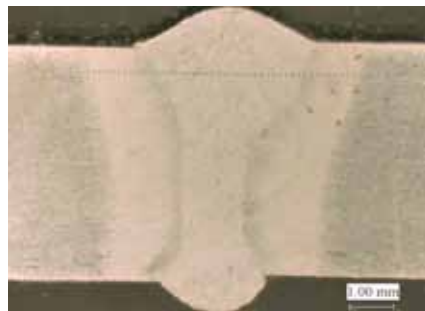
Alexanders simulering visade att små ytojämnheter (2-7 $\mu$ m) ger en förhållandevis stark modulation av absorptiviteten och att vid 10  $\mu$ m ytojämnheter så får man en skugg effekt av varje ojämnheter. Men medelabsorptansen tenderar att närma sig medelvärdet av Fresnel absorptiviteten (33 % för 1  $\mu$ m lasrar). Vågigheten i nyckelhålsfronten kan dock starkt påverka de fysikaliska mekanismer som kopplade till absorptiviteten, t.ex. förångning och tillhörande "recoil pressure". Papret blev väl mottaget och rekommenderades till publicering i *Welding in the World*.

F. Kong, m.fl. från Lyle School of Engineering, Southern Methodist University, Dallas har tillsammans med E. Levert, Lockheed Martin studerat och jämfört lasersvetsning med tillsatstråd och laserhybridsvetsning vid svetsning av I-fog i 7 mm tjockt höghållfast stål med brottgräns 550-700 N/mm<sup>2</sup>. Vid försöken har man använt sig av en 4 kW fiberlaser och 6-axlig robot. Tillsatstråden var legerad med Cu < 0,5%, Ni < 5%, Mn < 5%, Mo < 0,5% och resten Fe. Resultaten visar att svetsning med tillsatstråd ger god svetskvalitet utan



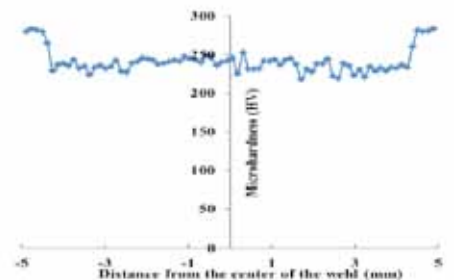
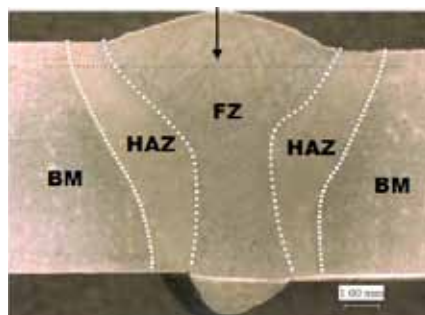
fogberedning som man annars ofta behöver utföra inför laserhybrids svetsning. Hårdheten blir också jämnare med svetsning med tillsatstråd. Men den spalt som kan överbryggas är mindre än vid laserhybrids svetsning. Bra svetsresultat har uppnåtts för en spalt på ca 1 mm i 7 mm tjockt material och med en tråddiameter av

0.9 mm, [Fig 4]. Fong och Levert har också använt 3D FEM-simulering för att förutsäga sambandet mellan processparametrar och den termiska profilen i svetsen. Även laserhybrids svetsning, [Fig. 5] har gett bra svetsresultat med por- och sprickfria svetsar med bra hållfasthet.



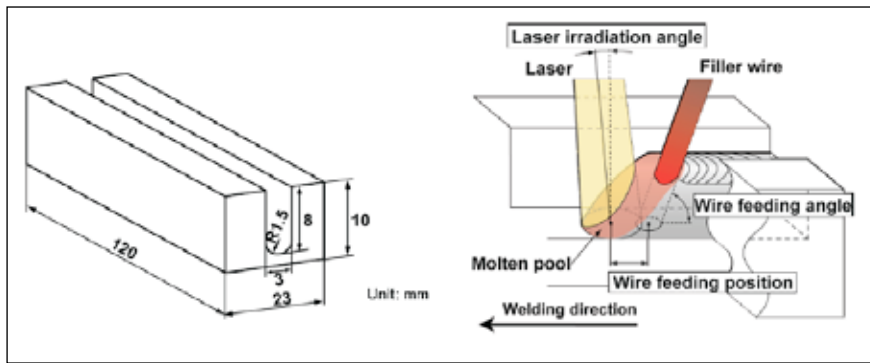
Figur 4.

- a) Lasersvets med tillsatstråd, I-fog, lasereffekt = 4 kW, svets hastighet 10 mm/s, trådmattning 33.8 mm/s.
- b) Hårdhetsfördelning tvärs svetsen.
- c) jämförelse av isotermer med svets tvärsnitt

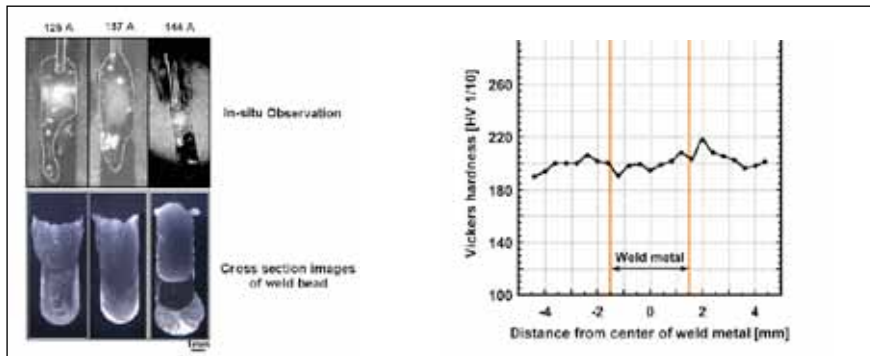


Figur 5.

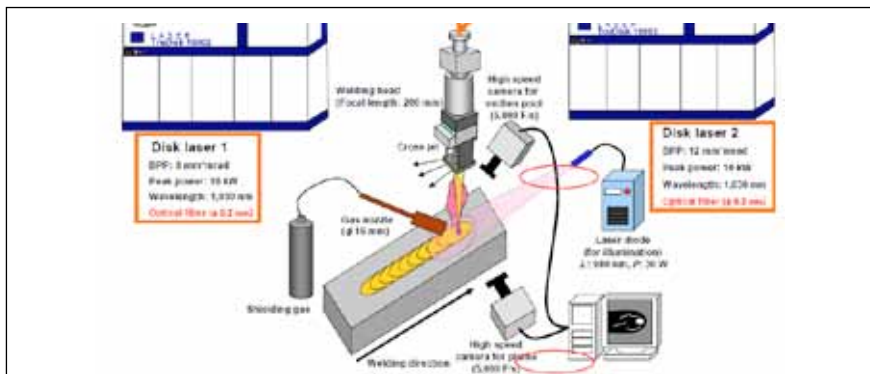
Laserhybridsvetsning med: lasereffekt=3.5 kW, trådmattning 5.5 m/min, svets hastighet 10 mm/s, ström 96A, spänning 22V och avstånd mellan laser och ljusbåge 10 mm; Hårdhetsprofil tvärs svetsen t.h.



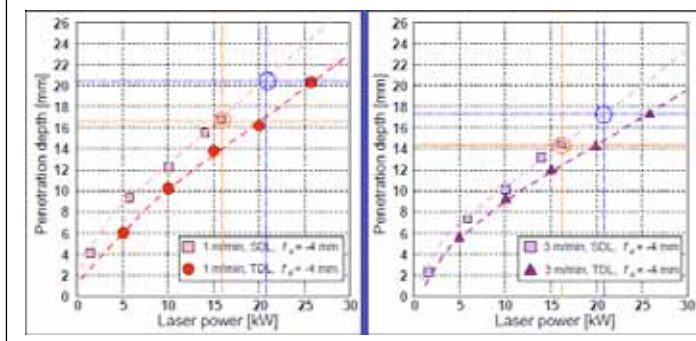
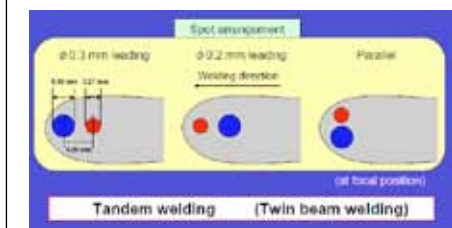
Figur 6. Svetsning av spår med varmtråd.  
a) provbitar b) schematisk skiss över svetsprocessen



Figur 7. Svetsning med varmtråd.  
a) Höghastighetsfoto och svetsvärnsnitt vid olika strömstyrkor.  
b) hårdhetsprofil över svetsvärnsnittet



Figur 8.  
a) Försökupställning vid svetsning med tandemstråle  
b) Strålarnas positionering vid tandemstråle  
c) penetration som funktion av lasereffekt.



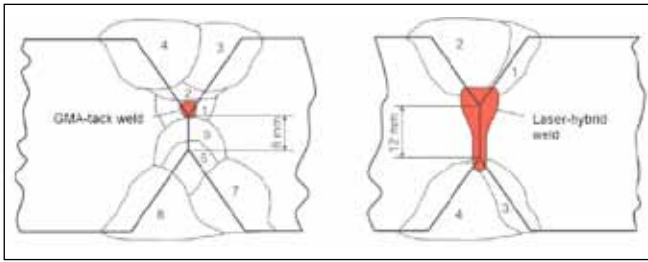
K. Shinozaki, Hiroshima University, presenterade ett arbete med lasersvetsning och varmtråd för svetsning av 3mm breda spår, där man hade använt höghastighetsfilmning för att studera processen. Materialet som svetsades var 304 rostfritt stål och som tillsatstråd användes ER Ni-CrFe-3. Som laserkälla användes en Yb: YAG fiber laser med strålkvalitet 5.4 mmxrad. Stålen defokuserades till en diameter på 3 mm och svets-hastigheten var 0,5 m/min och trådmatningen 6 och 8 m/min. Argon användes som skyddsgas.

De parametrar som påverkade svetsresultatet var trådströmmen, trådposition och vinkeln på tillsatstråden, [Fig. 6]. En fullständig svets erhöles med 3 kW och 3 mm defokuserad stråle, 5 graders vinkel på laserstrålen, svets-hastighet 0.5 m/min trådmatning 8 m/min, trådvinke 80 grader, och trådström 137 A med trådposition på 1 mm. En jämn hårdhet erhöles över svetsvärnsnittet och grundmaterialet, [Fig. 7].

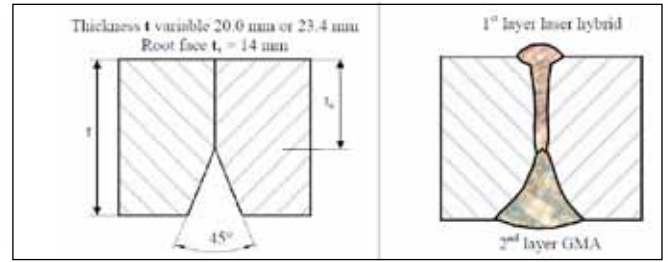
För att försäkra sig om att det blev tillräcklig hållfasthet i bindzonen till grundmaterialet gjordes dragprov som visade att brottet uppstod i svetszonen. Med dessa försök anser sig Shinozaki ha visat att det också är möjligt att utföra flersträngssvetsar i smala spår.

J. Neubert och B. Kranz, SLV, Halle presenterade en studie av laserhybridsvetsning av stum och T-fog med utmattningsprovning där man också gav en översikt av aktuella standarder inom området. De konstaterar att laserhybridsvetsning kan ge samma goda svetsresultat som lasersvetsning. De säger också att för större materialtjocklekar kan det vara fördelaktigt att kombinera laserhybridsvetsningen med en ljusbågssvetsningsoperation.


S. Katayama, Joining and Welding Research Institute, Osaka University, är en auktoritet inom lasersvetsområdet och en trogen deltagare i IIFW konferenser. Denna gång presenterade han en studie av lasersvetsning med en disk-laser samt två kombinerade disk-lasrar på 16 och 10 kW, alltså totalt 26 kW i två fokuserade strålar på arbetsstycket, [Fig. 8a]. Till



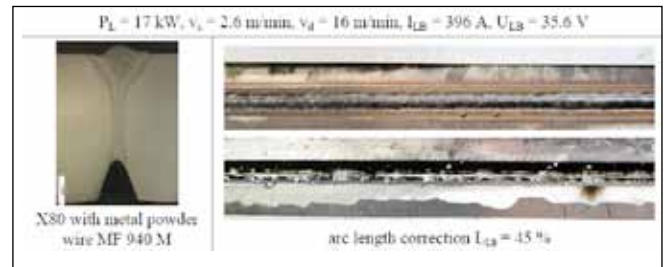
**Figur 9.**  
Jämförelse mellan två svetssteknologier; längdsvets med GMA häftsveitsning och SAW (Submerged Arc Weld) (t.v.) samt laserhybridsveitsning med SAW (t.h.)



**Figur 10.**  
Fogberedning (t.v.) och sveitssekvens (t.h.)

Process arrangement	Process parameters		
 <p>welding direction →</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- leading arc, backhand</li> <li>- stick out 16 mm</li> <li>- distance from laser beam to wire 3.5 mm</li> <li>- focus position -4 mm</li> </ul>	Welding processes	1 <sup>st</sup> layer laser hybrid	2 <sup>nd</sup> layer GMA normal
	$P_L$ , kW	16...17	-
	$v_w$ , m/min	2.2...2.6	0.5
	$v_d$ , m/min	16	10
	$U_{LB}$ , V (max)	42	29
	$I_{LB}$ , A (max)	513	300
	shielding gas flow rate, l/min	20	
	correction of the arc length $L_{LB}$ , %	0...45	30

**Figur 11.**  
Försökupställning och parametrar



**Figur 12.**  
Laserhybridsveitsning med modifierad spraybåge och optimerad båg­längd

16 kW lasern (BPP= 8mm x mrad) användes en optisk fiber på 0.2 mm och till 10 kW lasern (BPP= 12 mm x mrad) en fiber på 0.3 mm, och han undersökte tre varianter av hur strålarna positionerades, [Fig. 8b].

Han konstaterar att penetrationen öka med ökande lasereffekt och att djupa svetsar kan fås med tandemståle men att penetrationen med tandemståle blir ca 80 % av en "single" stråle, [Fig. 8c].

M. Rethmeier, Federal Institute for Materials Research and testing (BAM), Berlin har undersökt längdsvetsning med laserhybridsveitsning av X80 och X120 vilket är höghållfasta material som kan användas i pipe-lines i stället för de vanliga använda X65 och X70-materialen. Här koncentrerade man sig på att undersöka svetsarnas seghet vid låga temperaturer, -40 till -60 grader. Genom att använda laserhybridsveitsning i kombination med gasetallbågsveitsning (GMA) så kan man signifikant reducera produktionstiden för sveitsningen, [Fig. 9].

Sveitsningen skedde först med laserhybrid med > 14 mm penetra-

tionsdjup och sedan som pass 2 med GMA. För laserhybridsveitsningen så gav en modifierad spraybåge större penetrationsdjup än den konventionella pulssade spraybågen. [Fig. 10, 11, 12].

Hårdheten i sveitsen för X80 låg väl inom toleranserna medan maxhårdheten för X120 låg över specifikationerna. Men jämfört med den höga hårdheten i grundmaterialet så bedöms detta inte som kritiskt.

Slagsegheten i X80 sveitsad med rörtråd MF 940 M gav höga Charpy-värden på 190 J i medeltal vid 60 grader och detta möter specifikationerna. Även X120 karade kraven vid -40 grader.

Hållfastheten för sveitsgodset X80 var klart större än i basmaterialet, där brott skedde i samtliga försök. Brottet för X120 skedde i HAZ och sveitsarna uppfyller kraven.

Nästa år hålls IIW Annual Assembly i Tyskland och närmare bestämt i Essen i samband med den stora sveits- och skärmässan "Schweissen und Schneiden".

Då kommer Com IV under ledning av den nyvalde ordföranden

Herbert Staufer att organiseras med tre underkommittéer:

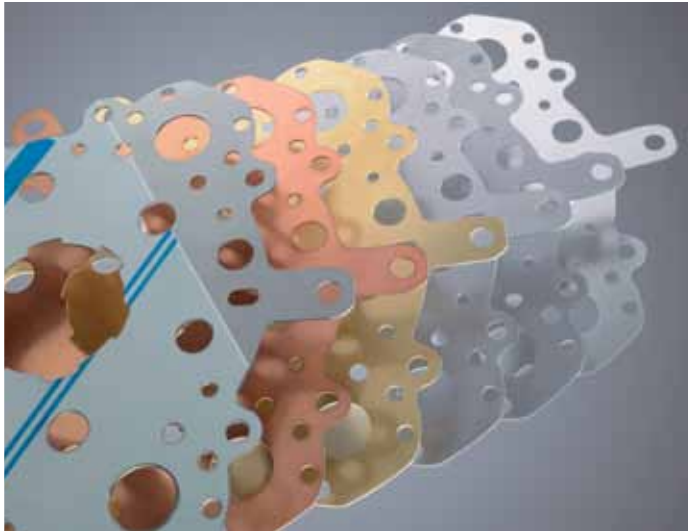
- Laser Beam Welding  
*Frank Vollertsen*
- Electron Beam Welding  
*Ernst Levert*
- Laser Hybrid Welding  
*Herbert Staufer*

Man gör denna uppdelning för att engagera flera att samla in föredrag till nästa möte.

Sammanfattningsvis tycker jag att IIW Annual Assembly var trevligt och intressant och höll en bra nivå på presentationer och paper. Man måste dock komma ihåg att mötet inte är en officiell konferens utan att det snarast kan betraktas som ett välarrangerat och officiellt arbetsmöte för respektive kommittéer. Som vanligt är styrkan i dessa arrangemang möjligheterna att träffa kollegor från hela världen som arbetar med sveitsning i någon form och utbyta erfarenheter och tankar med dessa. ■

**TRUMPF**

## Laserskärning fiber



Lasermärkning  
Stansning

Kantpressning  
Lasersvetsning

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

Vi tackar våra läsare  
för det gångna året  
och önskar er alla

God Jul  
&  
Gott  
Nytt År!

Vi ses 2013  
med nya nummer och  
intressant läsning.

Hälsning  
Lasergruppen



Bystronic

Best choice.

24/7

Lågbemannad produktion av delar under dygnets alla timmar. Laserskärmaskinen **ByAutonom** gör det möjligt, även om råmaterialet ändras. Maskinen ändrar fokuslängden, byter och centrerar skärmunstycket, upptäcker kollisioner och rättar dess konsekvenser. Och allt görs automatiskt.

**Laserskäring | Bockning | Vattenskäring**  
[bystronic.com](http://bystronic.com)



Bystronic iPhone + Android App

# KALENDARIUM 2013

## FEBRUARI

15	Abstract till NOLAMP 14, 14th Nordic Laser Materials Processing Conference, Göteborg, 26-28 augusti, 2013	Hans Engström
----	---	---------------

## MARS

6-7	Del 1. EWF Specialkurs Lasersvetsning, Luleå	Hans Engström
21	Laserdag 1. Lasergruppens årsmöte, Scania, Södertälje	Per Westerhult

## APRIL

9-11	Del 2. EWF Specialkurs Lasersvetsning, Luleå	Hans Engström
------	--	---------------

## MAJ

15	LaserNytt 1-2013	
17	Bidrag till NOLAMP 14	Hans Engström
22-23	Del 3. EWF Specialkurs Lasersvetsning, Luleå	Hans Engström

## JUNI

8	Senaste registrering till NOLAMP 14	Hans Engström
---	-------------------------------------	---------------

## AUGUSTI

26-28	NOLAMP 14 14th Nordic Laser Materials Processing Conference, Göteborg	Hans Engström
-------	--	---------------

## OKTOBER

15	LaserNytt 2-2013	Per Westerhult
----	------------------	----------------

## DECEMBER

15	LaserNytt 3-2013	Per Westerhult
----	------------------	----------------