

LASER

1-2012

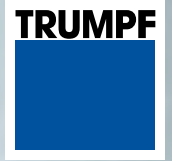
Lösnummerpris 85 kr

nytt

Fokalpunktsförskjutning – de nya laserkällornas akilleshä

Laserbearbetning
och kvalitetssäkring
vid lasersvetsning
på årets EALA-konferens





Choice: Lasers by TRUMPF.



The right laser solution
for every application.

YOU WANT all laser technologies: CO₂ and solid-state - WE HAVE IT.
YOU WANT the experience from the largest installed base - WE HAVE IT.
YOU WANT application expertise to refine your processes - WE HAVE IT.
YOU WANT choice today and a roadmap for the future - WE HAVE IT.

www.se.trumpf.com

Lasernytt utkommer med 3 nummer/år och ges ut av

Lasergruppen c/o Svetskommissionen
Box 5073, 102 42 Stockholm
Telefon: 08-791 29 37

Redaktör

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

Redaktionellt arbete och kansli

Per Westerhult
Telefon: 08-791 29 37
E-post: per.westerhult@svets.se

Ansvarig utgivare

Per Westerhult

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.eu

Omslagsbild:

Lasersvetsning
Foto: Trumpf

Produktion

Tagg, Stockholm

Tryck

Modintryckoffset, Stockholm

Tankar från styrelsen	2
Laserbearbetning av "nya" material och kvalitetssäkring vid lasersvetsning på årets EALA-konferens	4
Additiv tillverkning – en teknik på frammarsch	11
Ytmodifiering, skärning och borming – klassiska användningsområden för laserteknik	18
Vännäs Verkstads AB investerar stort i Prima 3d laser och Safan e-kantpress från Din Maskin	22
WM Press gör storinvestering med 3d-laser och laserkombimaskin från Prima Power och Din Maskin	23
Fokalpunktsförskjutning – de nya laserkällornas akilleshäls	24
Avancerade processgaser för svetsning med CO ₂ och fiberlaser	28
Laserutbildning i Finland	30
Mikrobearbetning med laser	31
Lasrar för produktion av batterier	32
Vill du veta allt om vad som händer beträffande laseranvändning inom nordamerikansk bilindustri?	35

Högdynamisk laserskärning i kontinuerlig produktion – Volkswagens första TruLaserCell 8030 nu i serieproduktion

Trumpf, översättning Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

TruLaser Cell 8030 har utvecklats för laserskärning av varmformade 3-D-komponenter i produktionsmiljöer med stora serier. Denna dynamiska maskin uppnår en hög produktionskapacitet tack vare sin exceptionella skärhastighet.

Ett speciellt optimerad arbetsområde, och med elskåpen integrerade i maskinkroppen, ger TruLaserCell 8030 en mindre Layout än jämförbara maskiner, improduktiva tider har minskat avsevärt genom optimerade processer i CNC-styrningen.

Dessutom har TruLaserCell 8030 ett mycket dynamiskt Rotationsbord med minimala växlingstider.

Den integrerade Disklasern ger både utmärkt strålkvalitet och imponerande energieffektivitet – en viktig faktor för att hålla driftkostnaderna nere. Skärvaliteten garanteras

genom FocusLine automatisk fokusjustering; som garanterar perfekt strålfokusering, även på komponenter med varierande tjocklek – såsom ofta finns inom fordonsindustrin. TruLaserCell 8030 kan enkelt integreras i ett automatiserat produktionsflöde tack vare det inbyggda robot gränssnittet.

Denna höga nivå av produktivitet i kombination med resurseffektivitet och enkel automatisering innebär att TruLaserCell 8030 är speciellt lämpad för bearbetning av presshårdade komponenter. Till exempel använder Volkswagen AG TruLaser Cell 8030 att skära presshårdade 3-D karosseridetaljer för Body-in-White strukturer av framtida bilmoddeller i Volkswagen portföljen.

Sommaren 2011 placerade Volkswagen AG en stor beställning hos

TRUMPF Laser-und Systemtechnik GmbH på 50 TruLaser Cell 8030 maskiner. Volkswagen kommer att ha samtliga maskiner i produktion 2015, med majoriteten i bruk 2013. Den avgörande faktorn för Volkswagen vid placering av detta avtal var att TruLaserCell 8030 hade de lägsta bearbetningskostnaderna – och därmed den lägsta kostnaden per detalj – jämfört med alternativen.

Företaget är också nöjd med TRUMPFs lasermaskiner som har använts för tillverkning av strukturella komponenter för Volkswagen Passat sedan 2004. TRUMPF levererade den första omgången nya maskiner för laserskärning till Volkswagens fabriker i Wolfsburg och Kassel i augusti 2011. Detta markerade början på leveranserna av storordern som hade aviserats i maj. □

Svensk laserforskning – Quo vadis?

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Då jag senast hade förmånen att få framföra mina tankar i denna förträffliga publikation var situationen för oss på Volvo Personvagnar minst sagt kaotisk. Vi talar om hösten 2009 då, ett halvår tidigare, vår dåvarande VD Steven Odell fick det smärtsamma uppdraget att meddela mer än 6000 av våra medarbetare att de inte kunde stanna kvar på företaget p.g.a. den rådande ekonomiska situationen. Detta var ju en åtgärd som även kom att drabba vår underleverantörsstruktur och därmed stora delar av svensk verkstadsindustri. Samtidigt var företaget föremål för utförsäljning för att förbättra vår dåvarande ägares, Ford Motor Company, finansiella resultat, varför en lång rad kinesiska intressenter stod i kö som potentiella köpare av Volvo Personvagnar. Som läsaren förstår var det inte precis klackarna i taket på Torslandaverken och framtiden tedde sig minst sagt dystert.

Idag är emellertid humöret på topp här i Göteborg, då ett antal lyckliga omständigheter, tillsammans med

vårt eget fokuserade engagemang, lyckats vända det ovan beskrivna skräckscenariot till en ny framgångshistoria för Volvo Personvagnar. Vi har fått en stark ekonomisk bas från vilken vi kan driva vårt utvecklingsarbete, tack vare att vi under 2010 fick en ny kinesisk ägare i form av Zhejiang Geely. Vår nye VD Mr. Li Shufu, som började sin industriella bana med att tillverka kylskåp (!) är en klassisk entreprenör med ett genuint bilintresse. Att denne herre är villig att satsa på Volvo Personvagnar är uppenbart då det för tillfället projekteras för två Kina-fabriker, en i Chengdu och en i Daqing, där den förstnämnda skall vara operativ redan 2014 för att kunna producera de första Volvo-modeller som har vår nya, egenutvecklade plattform som bas. Lägg därtill att vår försäljning 2011 på 449.255 enheter var snudd på rekord, och en ökning med 20,3 % jämfört med 2010, samt att vi just i dagarna är på väg att rulla ut två nya produkter på vår lilla C-plattform; V40 och XC40.

Dessa nya modeller kommer att produceras i vår Gent-fabrik där två nya parallella laserstationer har installerats för ändamålet. Det unika processupplägget för lasersvetsning och laserlödning, projekterat av KUKA, består av 6 disklasrar från Trumpf på vardera 4 kW. Dessa är kopplade till laserverktyg av Permanovas fabrikat och lödverktyg från HighYag och manipuleras av 6 styck- en ABB-robotar. Andra nya, attraktiva produkter som hårdlanseras idag är V60 PHEV [Plug-in Hybrid Electric Vehicle] och C30 PEV [Pure Electric Vehicle]. Därefter kommer produktprogrammet att innehålla en mängd nya modeller byggda på den nya plattformstrukturen SPA [Scalable Platform Structure], och när Kinaproduktionen [Kina är f.ö. Volvo Personvagnars tredje största marknad redan idag med 47.140 sålda bilar under 2011] väl kommer igång i de nya fabrikena tror Mr. Shufu att det är fullt realistiskt att vårt mål på 800.000 producerade bilar år 2020 kommer att uppnås.



Kinesisk noggrannhet och professionellt engagemang kommer att garantera "europaisk kvalitet" även vid våra produktionsanläggningar i Chengdu och Daqing.



Som ni förstår är det inte konstigt att man som Volvo-medarbetare ibland måste nypa sig i armen för att övertyga sig om att man inte drömmer, detta med de dystra utsikterna från 2008/09 i färskt minne.

Men om Volvo Personvagnar tycks gå en ljus framtid till mötes, är det svårt att se huruvida svensk laserforskning kommer att göra det samma! Den forskning som idag bedrivs är i huvudsak koncentrerad till Luleå Tekniska Universitet, där professor Alexander Kaplan och hans team gör beundransvärda insatser med begränsade resurser. Den geografiska placeringen har emellertid alltid legat Luleå i fatet då man av förklarliga skäl har svårt att supportera hela Sveriges verkstadsindustri med kontinuerlig laserkompetens. Därför var det positivt då satsningen på regionala högskolor drogs igång. Därmed etablerades ju bl.a. Högskolan Väst i Trollhättan som med sitt Produktionstekniska Centrum [PTC] också satsar på lasertekniken. Men där tar egentligen det man kan kalla svensk laserforskning slut och min bestämda uppfattning är att om inte Utbildningsdepartementet väljer att göra en riktad satsning på ämnesområdet är risken uppenbar att vi om några år kommer att stå oss slätt i utländsk konkurrens.

För några år sedan skapades ett 20-tal s.k. "Centra of Excellence" inom olika områden i forskarbranschen, och där Luleås laserforskning deltog i ansökningsprocessen, men

tyvärr föll på målnöret i den slutgiltiga utgallringen. Konsekvensen för svensk verkstadsindustri blir då att vi inte nyttjar lasertekniken till dess fulla potential, vilket idag illustreras med att laserskärning fortfarande är den dominerande laserprocessen i Sverige, något som är unikt jämfört med de flesta andra länder som har en betydligt bredare användning av lasertekniken, som t.ex. svetsning, lödning, påläggning, härdning, ytmodifiering etc. Men för att våra medlemsföretag skall våga ta steget från skärning till andra processer krävs kompetensstöd i form av bl.a. forskning inom laserområdet, och detta illustrerades också väl i den marknadsundersökning som Lasergruppen genomförde tillsammans med Luleå Tekniska Universitet 2010 och där det klart och tydligt framgick att det som avhåller företagen från att satsa på mer avancerad laserbearbetning är just att man saknar internt know-how och behöver hjälp i form av parallell, stödjande forskning.

Men lasertekniken behöver också profilera sig tidigt i svensk skolundervisning för att på så sätt skapa ett intresse för vidare laserforskning, och det är därför som Lasergruppen tillsammans med Svetskommissionen kommer att trycka på för att få in mer laserorienterad utbildning redan på gymnasienivå. Bl.a. pågår ett pilotprojekt på Strömbackaskolan i Piteå där vår styrelsemedlem Hasse Engström från Luleå Tekniska Uni-

versitet gör behjärtansvärda insatser, och det är min förhoppning att detta initiativ kommer att få många efterföljare på andra håll i landet.

Under många år har jag och andra svenska industrirepresentanter och forskare avundsjukt kunnat titta på de förutsättningar för laserforskning som finns i Tyskland med renommerade institut som ILT [Institut für LaserTechnik, Aachen], LZH [LaserZentrum Hannover], BLZ [Bayerisches LaserZentrum, Erlangen], BIAS [Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik] m.fl. Via BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] har i ett antal satsningar avsevärda bidrag avsatts till laserforskningen – vi talar om åttasiffriga Eurobelopp! Då är det lätt att förstå att svensk verkstadsindustri alltmer kommer att halka efter i den internationella konkurrensen då företagen inte på ett optimalt sätt kan nyttja den kostnadseffektiva och rationella produktion som lasertekniken tillhandahåller!

Men det är inte bara i Tyskland som det förekommer ett starkt stöd för laserforskning, utan här måste jag konstatera att även våra finska grannar vid främst LUT [Lappeenranta University of Technology] ligger mer än snäppet före oss i Sverige. De finska kollegorna har ju en lång tradition att visa upp sina forskningsresultat vid diverse konferenser som exempelvis ICALEO [International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics], LIM [Lasers in Manufacturing] och vår egen nordiska laserkonferens NOLAMP [Nordic Countries' Laser Manufacturing Processing]. Vid den senaste NOLAMP-konferensen i Trondheim i fjol gjorde jag dessutom reflektionen, att det är ju minst sagt frustrerande att konstatera, att det vid en nordisk laserkonferens förekommer fler tyska än svenska presentationer! Därför är nu min uppmaning och önskan att få se en bättre svensk profilering då vi själv står som arrangör för NOLAMP 2013, så att vi kan visa på att avancerad bearbetning med laserteknik verkligen har en framtid också i Sverige! □



Laserbearbetning av ”nya” material och kvalitetssäkring vid lasersvetsning på årets EALA-konferens

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Den 7-8 februari var det högtidsdagar för bilindustrins laserhabituéer. Då gick nämligen den trettonde EALA [European Automotive Laser Applications]-konferensen av stapeln på anrika Dolce Kurpark Hotel i Bad Nauheim strax utanför Frankfurt am Main. Att tiderna förbättrats och den ekonomiska situationen stabiliserats i åtminstone vissa delar av Europa bevisades av det höga deltagarantalet. Med 179 delegater [Tab. 1a,b] börjar man nu att komma i närheten av de siffror som gällde under succéåren strax efter millenniumskiftet, och att inte mindre än 17 företag valde att ställa ut sina senaste, innovativa produkter för laserbearbetning och processimulering [Fig. 1] är ju tydliga tecken på att laserbranschen åter befinner sig i uppsving. De företag som denna gång tog möjligheten att profilera sig vid detta, för bilindustrins laserspecialister, unika tillfälle var:

- Raylase AG
- Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH
- Blackbird Robotersysteme GmbH
- Laservision GmbH & Co. KG
- Protect-Laserschutz GmbH@
- Laserline GmbH
- Dinse GmbH
- Rosenberger-OSI GmbH & Co. KG
- Precitec KG
- LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH
- Bergmann & Steffen GmbH
- Primes GmbH
- HighYag Lasertechnologie GmbH
- well engineering gmbh
- Rofin-Sinar Laser GmbH
- Simufact Engineering GmbH
- Inocon Technologie GmbH

Som synes en kompakt tysk dominans då vi detta år saknade Perma-nova Lasersystem från Mölndal i

Göteborg, som annars brukar vara en regelbunden utställare. Även beträffande konferensdeltagarna var tyskarna i majoritet och utgjorde 63% av samtliga delegater, men att EALA genom åren fått en alltmer internationell prägel visade sig i form

Tabell 1a.

Antal deltagare per nation

Tyskland	114
Östernike	8
Belgien	7
Japan	7
Frankrike	6
Spanien	6
Korea	5
Schweiz	5
Sverige	4
Italien	3
Storbritannien	3
Canada	2
Luxemburg	2
Nederländerna	2
Turkiet	2
Danmark	1
Tjeckien	1
USA	1
Totalt	179



Figur 1.

Blackbird Robotersysteme, HighYag Lasertechnologi, Laserline, Primes och Precitec var några av de företag som tog tillfället i akt att visa upp sina senaste produkter vid årets EALA-konferens.

av representanter från såväl Österrike, Belgien och Sverige som från Japan och Korea! 30% av deltagarna kom från bilindustrin, 43% från utrustningsleverantörer och 14% från forskningsinstitut.

Tabell 1b.

Antal representanter per bilföretag

Volkswagen AG	11
Audi AG	9
Daimler AG	6
Hyundai-Kia Motors	5
Volvo Car Corporation	5
BMW AG	4
Ford Motor Co.	4
Toyota Motor Europe	2
Centro Ricerche Fiat	1
Honda Eng. Europe	1
Jaguar & LandRover	1
Adam Opel AG	1
PSA Peugeot-Citroën	1
Renault SAS	1
Totalt	52

I år leddes konferensen av Andrea Huber från arrangörsföretaget Vincentz, som ju vissa av våra medlemmar hade möjlighet att besöka i Hannover under Lasergruppens succéfyllda studieresa hösten 2010. Frau Huber är relativt ny i organisationen, och vi har ju valt oss vid att det är Franziska Mönnig som håller i rodret vid EALA, men detta år var den sistnämnda upptagen med att i Korea värva nya medlemmar till ACI [Automotive Circle International]. Till sin hjälp hade Frau Huber den alltid lika sympatiske Dr. Mattias Graudenz [Fig. 2] från Audi AG som under senare år tagit över från gamle bekantingen Dr. Michael Niemeyer som laserexpert vid det Neckarsulm/Ingolstadt-baserade premiumföre-

taget. Som vanligt gavs rika tillfällen till att uppdatera sig vad gäller senaste nytt kring laseranvändning i bilindustrin, och träffa såväl nya som gamla kollegor i branschen. Nytt för i år var de s.k. "Meet the Experts" där delegaterna direkt efter de olika presentationsblocken fick möjlighet att i mindre grupper ställa de olika föredragshållarna mot väggen med konkreta frågeställningar.

I mina sammanfattningar kommer jag att, förutom några nya intressanta bilapplikationer, berätta om det senaste inom laserkällor och -verktyg, samt referera ett ämnesområde som avhandlades i flera presentationer, och som känns angeläget ur ett lättvikts- och miljöperspektiv, nämligen laserfogning av artolika materialkombinationer.

Laserfogning av mixade materialkombinationer

Att olika materialkombinationer kommer att bli alltmera vanliga i framtidens bilar var något som berördes redan under konferensens inledningsanförande som denna gång hölls av välkände professor Eckhard Beyer från IWS [Institut für Werkstoff- und Strahltechnik] i Dresden. Hans miljörelaterad föredrag handlade främst om hur andelen eldrivna fordon i framtiden kommer att öka på bekostnad av traditionellt bensin- och dieseldrivna, och vilken roll lasertekniken kommer att spela vid tillverkningen av nödvändiga batte-

ripaket. Han visade på hur man med RLC [Remote Laser Cutting] -teknik skar tunna membran [150 µm] för Litium-celler med en 1 kW SM [Single Mode] -fiberlaser och 120 m/min i skärhastighet. Men denna "scanner"-teknik kan även användas vid svetsning av kontaktdon där aluminium skall fogas till koppar. Fogarna är överlappsfogar och med en 5 kW fiberlaser skapas ett 100 mm långt vågformigt svetsmönster med en amplitud på 3 mm och en våglängd på 1 mm [Fig. 3]. Svetstiden för de två kontaktdon som krävs för varje battericell låg på 2,3 sekunder. Konduktiviteten i dessa kontaktdon hade jämförts med andra som var sammansatta med för detta ändamål mer traditionell ultraljudssvetsning, och där Dr. Beyer glädjande nog kunde konstatera att lasersvetsarna resulterade i en höger elektrisk ledningsförmåga!

Professor Berndt Brenner, även han från IWS, spann vidare på detta tema och pekade på den stora skillnaden i smälttemperatur mellan aluminium och koppar. Därför är det vid svetsning av en sådan materialkombination rekommendabelt att använda en laserkälla med hög strålkvalitet och -briljans. I de refererade försöken hade därför en YLR5000-SM från IPG utnyttjats tillsammans med en speciell fixturplåt med vilken man kunde garantera nollspalt mellan de olika aluminium- och kopparmembranen.

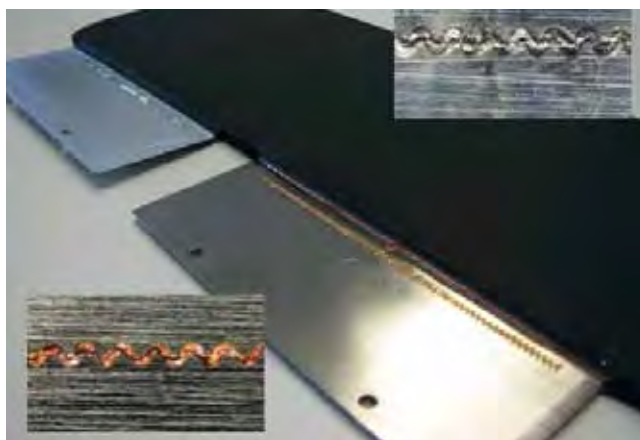
En annan innovation som Dr. Brenner berättade om var att skapa bimetalliska folier genom s.k. "Laser Induction Roll Cladding" där två artolika metaller induktionsvärms med hjälp av en laserkälla till en sådan temperatur att materialen under ett kort tidssteg tillåts difundera in i varandra samtidigt som de sammanvälls under högt tryck mellan två roterande cylindrar [Fig. 4]. Processhastigheten ligger mellan 5-20 m/min beroende på foliernas bredd [22-5 mm], och det förekommer i princip inga intermetalliska faser mellan de två sammanfogade materialen. Lyckade exempel visades upp där stål fogats till aluminium, mässing respektive brons med denna teknik.

Ett annat sätt att undvika intermetalliska faser vid lasersvetsning av aluminium till koppar är att undvika höga temperaturgradienter och på så sätt minimera utspädningen av koppar i svetsmältan. Detta går att åstadkomma genom att oscillera en kraftigt fokuserad laserstråle och att noggrant kontrollera dess positionering. För detta ändamål har IWS utvecklat ett särskilt svetsverktyg [Fig. 5] med tvådimensionella oscilleringsmöjligheter över 2 kHz. Fokallängden är 245 mm, kollimeringslinsen har en brännvidd på 140 mm och arbetsfältet är 10×10 mm. Vidare är verktyget konstruerat för att klara våglängder mellan 1030-1090 nm och lasereffekter upp till 4 kW från en SM-laser.



Figur 2.

Dr. Michael Graudenz från Audi AG är den som numera håller i rodret för EALA-konferenserna. Sedan 2011 är han företagets laseransvarige där han har tagit över efter gamle "trotsjänaaren" Dr. Michael Niemeyer.



Figur 3.

Kontaktdon, där aluminium lasersvetsas till koppar, visar sig ha nästintill dubbelt så hög elektrisk ledningsförmåga jämfört med kontaktdon sammansatta med ultraljudssvetsning. Dessutom är svetsstiden med laser för de två kontaktdonen t.h. svindlande 2,3 sekunder!

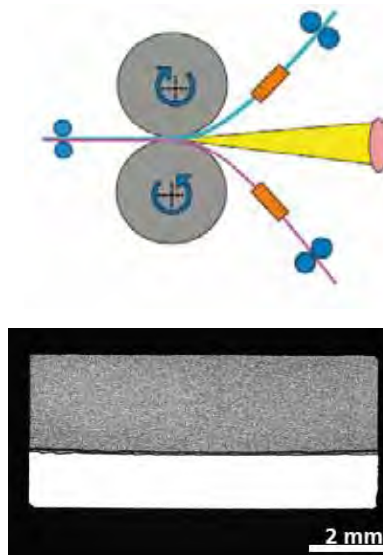
Ett något annorlunda angreppssätt för att foga aluminium till stål togfördes av professor Tobias Solchenbach från Universität Luxemburg, Fakulteten för Naturvetenskap, Teknologi och Kommunikation. Här hade kopparytan aktiverats med ett flussmedel, varpå aluminiummembranet, som kunde vara upp till 0,5 mm tjockt, placerades ovanpå med ett maximalt överlapp på 2 mm. Därpå ansattes laserstrålen från en 400 W fiberlaser på ett sådant sätt att endast aluminiumet smältes ned och kopparmaterialet kvarstod i fast fas [Fig. 6]. Flussmedlet hjälpte till att skapa en battare vätning för det smälta aluminiumet och genom att även i detta fall använda sig av en pendling av laserstrålen kunde en större smälta upprathallas och därigenom minimera uppkomsten av s.k. IMPs [Inter Metallic Phase], vilka i experimenten kunde begränsas till under 10 μm i tjocklek.

Nya laserkällor

Som alltid var tillverkarna av laserkällor där för att redogöra för sina senaste produkter. Således fick vi av Dr. Berthold Kessler från IPG Laser GmbH höra om deras luftkylda fiberlaser på 600 W med 6 kW topp-effekt [Fig. 7], som är lämplig just vid tillverkning av batterier, bränsleceller och elektriska kontakton, då denna lasertyp kan användas till svetsning av aluminium/koppar-kombinationer, finjustering och RLC. Den kompakta laserkällan energiforsorsjs via 240 V enfassspanning.

Då IPG alltid satsat på egen diodtillverkning, där man f.ö. räknar med ett dagspris på 3 dollar per Watt, har det därför blivit naturligt att man även adderat direktverkande diodlasrar till sitt produktsortiment [Fig. 8]. Dessa arbetar med en vaglangd på 980 nm och en WPE [Wall Plug Efficiency] på 40-45%, och kan fås med cw-effekter upp till 1,5 kW.

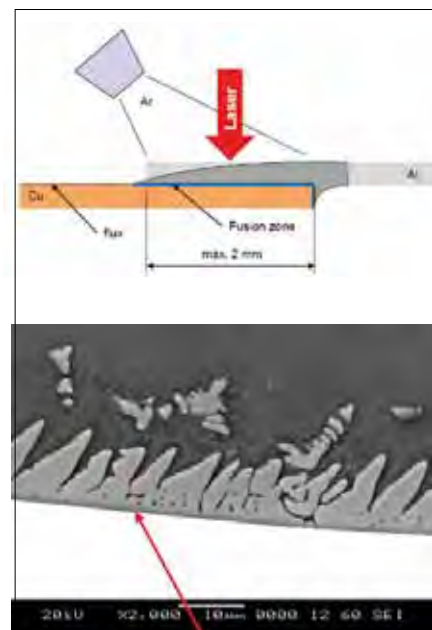
Tabell 2.
IPGs produktsortiment av direktverkande diodlasrar.



Figur 4. Överst t.v. principen för "Laser Induction Roll Cladding", en metod som mer eller mindre eliminerar uppkomsten av intermetalliska faser mellan artolika material. Till höger en översiktsbild över forsoksuppstanningen på IWS.



Figur 5. Ett av IWS speciellt utvecklade verktyg för att undvika höga temperaturgradienter och därmed uppkomsten av intermetalliska faser vid lasersvetsning av aluminium till koppar. Verktyget kan oscillera laserstrålen i x/y-planet med 2 kHz frekvens och arbetar med en fokallängd på 245 mm. Det är dimensionerat för lasereffekter upp till 4 kW och har ett arbetsområde på 10x10 mm.



Figur 6. Ovan, principen för diffusionssvetsning av aluminium till koppar med hjälp av laser, vilket kan resultera i IMPs ner till 1 μm i tjocklek.

Modell	Effekt [W]	Stralkvalitet [mm*mrad]	Fiberdiameter [μm]
DLR-50	50	12	100
DLR-100	100	12	100
DLR-200	200	22	200
DLR-300	300	33	300
DLR-700	700	55	450
DLR-1000	1000	55	450
DLR-1500	1500	55	450

Bland högeffektlasrarna gjorde Dr. Kessler reklam för en ny kompakt 4 kW-enhet [Fig. 9] med en BPP [Beam Parameter Product] på 25 mm*mrad och 32% elektrisk verkningsgrad. Våglängden är 1070 nm och laserstrålen kan matas i fibrer med 600, 800 eller 1000 µm diameter. Den kompakta lösningen gör att den endast upptar 1 m² golvyta, och lika lite utrymme kräver en 6 kW-enhet avsedd för "remote"-bearbetning [Fig. 9], vilken bygger på 100 µm grova processfibrer och som kan leverera en BPP på häpnadsväckande 4 mm*mrad.

Dr Kessler visade också på intressanta jämförelser mellan fiber- och CO₂-lasrar då det gäller energiförbrukning och skärhastighet [Fig. 10]. Den förra påstås ligga i genomsnitt 70% lägre för fiberlasern, och beträffande skärhastigheten är skillnaden 120% (0,8 mm galvaniserad plåt), 180% (1,0 mm aluminium) och 75% (2,0 mm rostfritt), allt till fördel för fiberlasern.

Den s.k. "Seam Steppern" har vi ju hört talas om vid tidigare IPG-presentationer. Denna utgörs av en punktsvetsliknande tång där en oscillerande laserstråle åstadkommer ett 40 mm långt stygn [Fig. 11], vilket då skall motsvara hållfastheten för två konventionella punktsvetsar utförda med konventionell motståndssvetssteknik. I samband med presentationen av LSS1 [Laser Seam Stepper, version 1] gjordes även här en intressant energiförbrukningsjämförelse, vilken framgår av tabell 3. Här hade två 1,0 mm stålplåtar av låghållfast kvalitet sammansvetsats med några olika metoder, och inte



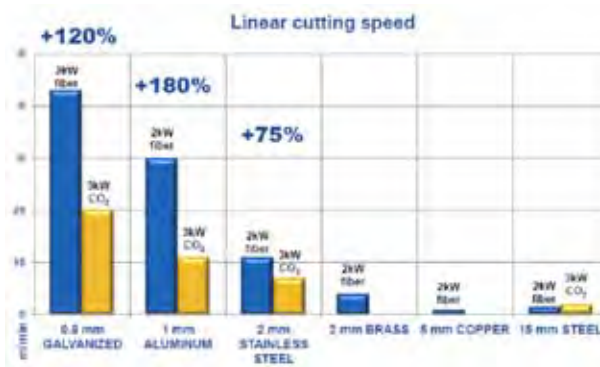
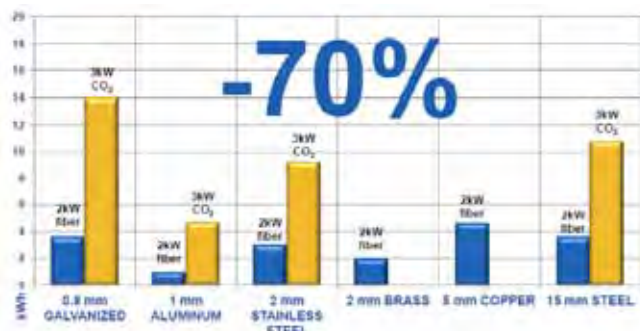
Figur 7. Dr. Berthold Kessler från IPG talade sig bl.a. varm om företagets senaste 600 W luftkylda fiberlaser t.h., lämplig för svetsning av aluminium/koppar-kombinationer.



Figur 8. Några av IPGs direktverkande diodlasrar; t.v. den luftkylda DLR-300 och t.h. den vattenkylda DLR-1500.



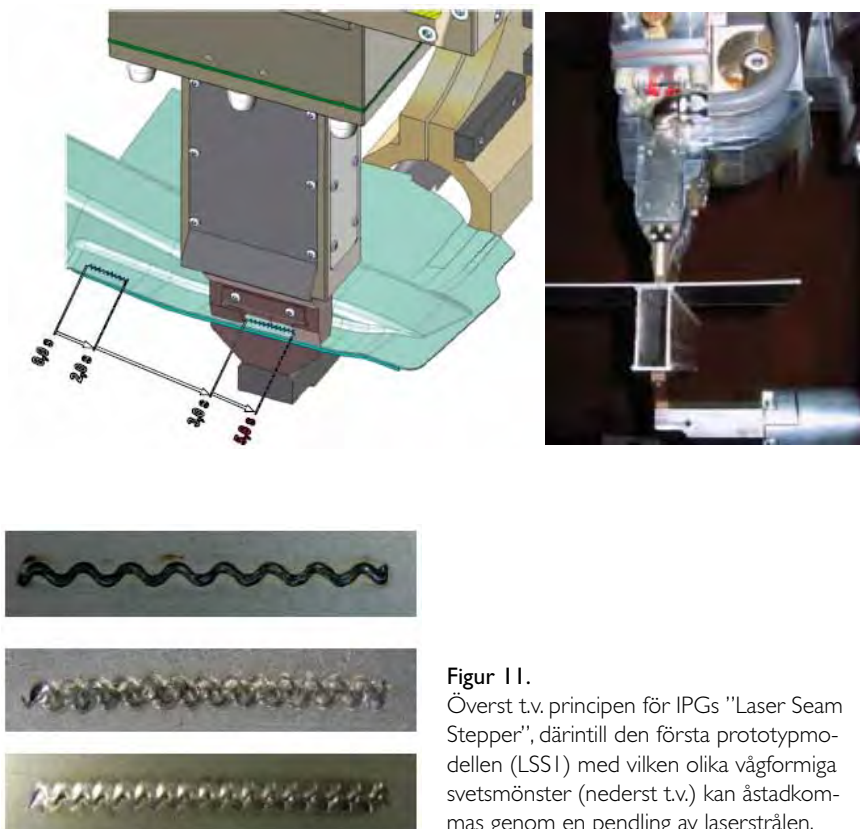
Figur 9. Kompakta fiberlasrar från IPG vilka båda endast kräver 1 m² golvyta. Längst t.v. YLS-4000-CL med 4 kW uteffekt, 25 mm*mrad i strålkvalitet och en elektrisk verkningsgrad på 32%. Närmast en 6 kW-enhet med s.k. "beam switcher" och med en BPP på 4 mm*mrad. Denna lasertyp lämpar sig speciellt väl för fjärrlasersvetsning.



Figur 10. Intressanta jämförelser mellan fiber- och CO₂-lasrar med avseende på energiförbrukning (t.v.) och skärhastighet (t.h.).

helt överraskande talade resultaten till "Seam Steppers" förmån. Frågan är bara när vi kommer att få se den första industriella tillämpningen av denna uppfinning, då bilindustrin fortfarande tycks ställa sig kallsinnig till idén?

Att IPG gett sig in på marknaden för direktverkande diodlasrar är ju intressant, men frågan är hur man står sig i konkurrens med de mer etablerade aktörerna som t.ex. Laserline. Detta företag representerades vid EALA av Dr. Christoph Ullmann, som har en bakgrund från ett annat diodtillverkande företag, nämligen DILAS. Alltid sympatiska och ödmjuka Dr. Ullmann berättade nu att man klarar att få ut 4 kW lasers effekt ur en enda diodstapel, vilken har måtten 13,5x6x8 cm, vilket innebär en energidensitet på 6,2 W/cm³! Detta gör att Laserline idag kan erbjuda sina kunder en 13 kW fiberkopplad diodlaser.

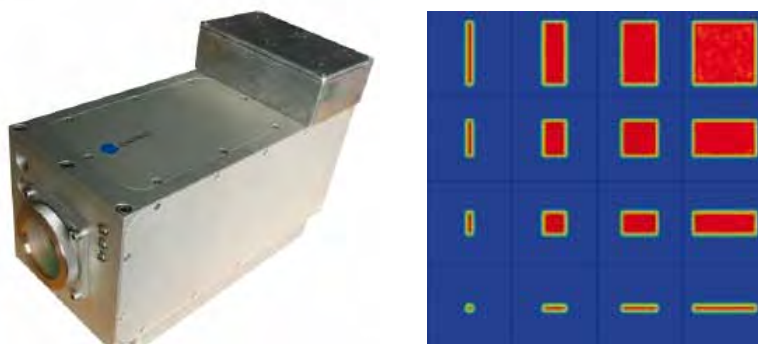


Figur 11. Överst t.v. principen för IPGs "Laser Seam Stepper", därintill den första prototypmodellen (LSS1) med vilken olika vågformiga svetsmönster (nederst t.v.) kan åstadkommas genom en pendling av laserstrålen.

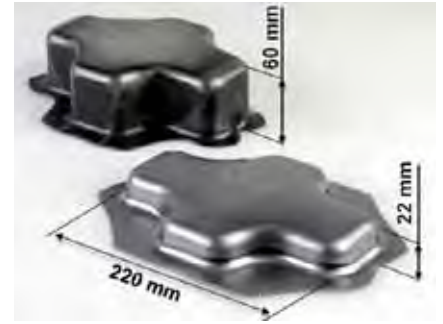
	LSSI	RLW	RSW*
Fogtyp	40 mm laserstygn	20 mm C-stygn	5,5 mm diameter
Fogyta	50 mm ²	16 mm ²	25 mm ²
Skjuvhållfasthet	25 kN	8 kN	12 kN
Antal svetsar (motsvarande högsta hållfasthet)	1	3	2
Energiförbrukning per svets	12 kJ 3 kW laser med kylare: 12 kW Svetstid 1 sek	4,4 kJ 6 kW laser med kylare: 24 kW Svetstid 180 msek	18 kJ 90 kVA svetstång Svetstid 200 msek
Energiförbrukning (motsvarande högsta hållfasthet)	12 kJ	13,2 kJ	36 kJ

Tabell 3. Energiförbrukning vid svetsning med olika koncept.

*) RSW = Resistance Spot Welding = Motståndspunktsvetsning



Figur 12. Dr. Christoph Ullmann från Koblenz-baserade Laserline GmbH redogjorde bl.a. för företagets nya "zoom"-optik vilken möjliggör en variation av av fokuspunkts utsträckning i två dimensioner.



Figur 13.

Exempel på innovativ användning av lasertekniken; t.v. laminering av fiberförstärkta termoplaster och t.h. har djupdragningsförmågan ökat från 22 till 60 mm tack vare förvärmning förvärmning av plåtmaterialet med hjälp av en diodlaser.

En annan intressant nyhet var en s.k. "zoom"-optik [Fig. 12] med vilken man kan variera fokuspunktens utsträckning i två dimensioner samt dess storlek upp till 8 gångers förstoring. Detta innebär att man allt efter behov kan ha fyrkantiga fokuspunkter mellan 6×6 mm och 100×100 mm, men även skraddarsy dess utbredning till 520×2 mm (direktverkande diodlaser) eller 520×6 mm (fiberkopplad diodlaser).

Bland intressanta applikationsexempel visades på hur man med hjälp av värmen från en avlång fokuspunkt laminerade fiberförstärkta termoplaster [Fig. 13]. Andra exempel handlade om hur man vid mekanisk bearbetning av plåt använde diodlasern till att förvärma materialet för att på så sätt erhålla bättre snittkanter vid klippning och möjliggöra djupdragning [Fig. 13] och bockning av mer höghållfasta stålkaliteter.

Att lokalt sänka hållfastheten och därmed öka duktiliteten i materialet är något som bilindustrin börjat ägna sig åt under senare år, detta för att förbättra prestanda och egenskaper hos vissa komponenter. Även här kommer diodlasern till användning menade Dr. Ullmann och visade på en B-stolpeförstärkning från Audi AG tillverkad i presshärdat Borstål med 1500 MPa brottgräns och mindre än 5% i förlängningsvärde. Så hög hållfasthet inger naturligtvis ett visst förtroende om sagda B-stolpe skulle utsättas för extremt våld vid t.ex. en krocksituation. Däremot gör de låga förlängningsvärdena att stol-

pen tidigt spricker och därmed inte har den önskvärda förmågan att absorbera energi och därmed minska våldet på de åkande i bilen. Därför kan det vara gynnsamt att med en diodlaser lokalt mjuka upp materialet [Fig. 14] så att B-stolpen i sprickkänsliga områden ges en bättre duktilitet och förlängningsvärden upp till 25%. Att skraddarsy ett sådant mjukare område underlättas ytterligare genom att använda den ovan nämnda "zoom"-tekniken med vilken man då kan variera bredden på dessa mjuka zoner.

Nya laserverktyg (inkl. handhållna verktyg)

Scansonic-verktyget ALO3 för taktill följning är ju en välkänd produkt i laserkretsar och Thorsten Kimpel från Scansonic IPT GmbH berättade att det idag finns mer än 1000 system installerade "world-wide". En variant på detta verktyg är det nyutvecklade ALO3-CX som är försett med dubbelfokusoptik och koaxial trådmatning [Fig. 15], och som är



planerat för industriella tester under första kvartalet i år. Den huvudsakliga fördelen med konceptet är att man åstadkommer mer nersmält tillsatsmaterial, och därmed större tvärsnittsytta på lödfogen, med lägre lasereffekt.

Typiska framföringshastigheter vid 5 kW effekt ligger kring 4,5 m/min, och ALO3-CX-verktyget påstods också ge en slätare toppyta och mindre porer eller andra defekter i lödgodset. Vid svetsning av aluminium kan den ena fokuspunkten användas för rengöring av ytan, innan svetsningen sker med den andra fokuspunkten som då har merparten av energiinnehållet.

Vidare har Scansonic utvecklat ett verktyg för fjärrlasersvetsning av kälffogar som bygger på optisk följning [Fig. 16]. Med hjälp av tre lysdioder identifieras fogen, och genom den pendling av laserstrålen som är möjlig, kan man kompensera för gap och dåliga passningar mellan de detaljer som skall sammansvetsas. En viss inbesparing av tillsatsmate-

Figur 14.

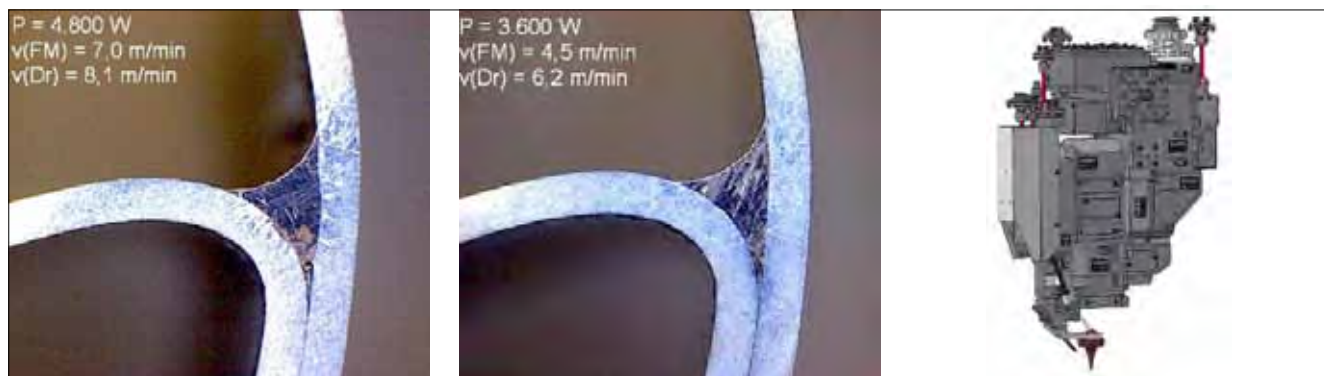
Lokal uppvärmning med diodlaser av karosskomponenter; i detta fallet en B-stolpe från Audi AG, ökar materialets duktilitet och kan därför bidra till ett gynnsammare deformationsbeteende i händelse av en krock.

rial påstods också vara möjlig, och Herr Kimpel räknade med att ha en prototyp av att visa upp 2013.

Ett tredje verktyg i Scansonic s.k. "Scapacs® kit"-serie kallar man FSO, och detta verktyg är avsett för svetsning av mycket korta flänsar. Idag är ju överlappssvetsar den gängse metoden att svetsa flänsar på

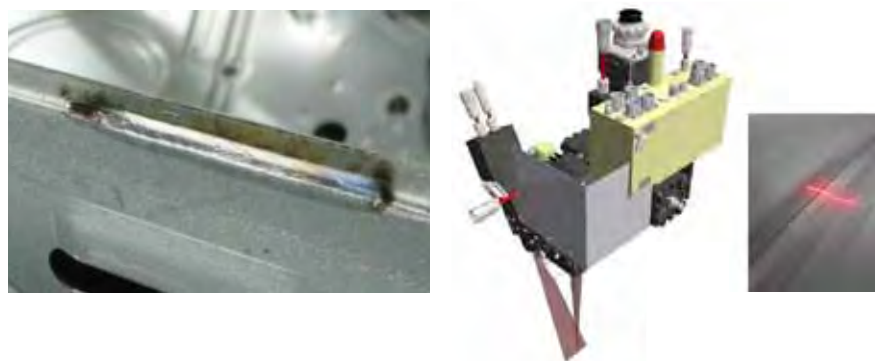
karosser, d.v.s. man klämmer samman detaljerna i samma riktning som man svetsar. Med FSO-verktyget svetsar man däremot vinkelrätt i förhållande till inspänningen [Fig. 17], vilket innebär att svetsfogen snarast blir att likna vid en stumfog. Med denna teknik är det fullt möjligt att skapa så smala flänsar som 5 mm,

samtidigt som man åstadkommer en större bindningsarea mellan plåt-detaljerna. Via galvospeglar, vilka är integrerade i FSO-verktyget kan laserstrålen avlänkas och växlas mellan två interface i den händelse man arbetar med tre- eller flerplåtsförband. □



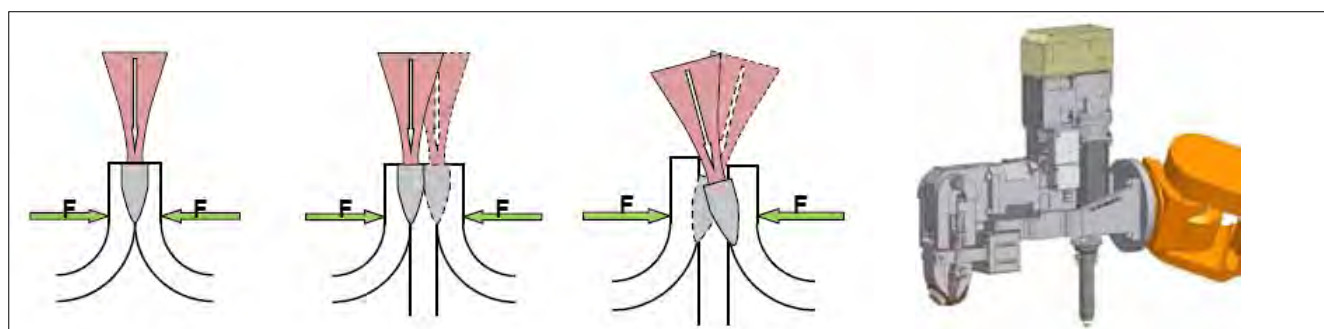
Figur 15.

Med Scansonic's nya ALO3-CX-verktyg med dubbelfokusoptik och koaxial trådmatning kan mer tillsatsmaterial smältas ner per tidsenhet och därmed öka fogens tvärsnittsytta vid laserlödning.



Figur 16.

Att svetsa kantfogar med "remote"-tekniken har nu blivit en realitet tack vare detta Scansonic-verktyg där fogens läge identifieras på optisk väg och laserstrålens position justeras i realtid med hjälp av "scanner"-enheten.



Figur 17.

En helt ny fogutformning blir möjlig tack vare Scansonic's FSO-verktyg vilket ingår i företagets Scapacs® kit-serie. Genom att svetsa vinkelrätt mot inspänningsriktningen möjliggörs såväl kortare flänsar som treplåtsförband på ett enkelt sätt.

Additiv tillverkning – en teknik på frammarsch

Johnny K Larsson, Volvo Cars



Jag har ju i tidigare artiklar berättat om den fascinerande laserteknik som kallas LAM [Laser Additive Manufacturing] eller DMD [Direct Metal Deposition], och vars användningsområden tycks vara obegränsade. Detta illustreras ju inte minst av att det nu börjar dyka upp dedikerade konferenser kring detta ämnesområde, såsom LAM i Houston TX, vilken arrangeras årligen av LIA [Laser Institute of America], och ICTM [International Conference on Turbomachinery Manufacturing]-konferensen som arrangerades i Aachen för första gången i februari 2011. Även vid årets LiM-konferens var bidragen i ämnet många och jag skall här återge ett axplock av de presentationer som jag särskilt lade på minnet.

Förste man ut under förmiddagssejournen, vilken f.ö. leddes av den i dessa sammanhang välbekante Dr. Pascal Aubry från Arts et Métiers ParisTech, var Jürgen Metzger, Trumpf Laser- und Systemtechnik. Han gav en grundläggande presentation av tekniken för LAM där idag fastkroppslasrar och diodlasrar dominerar, och visade på några av sitt företags produkter, vilka skräddarsyts för ändamålet. Det finns tre grundtyper av munstycken vid laserpåläggning; Koaxiala med fo-

kalpunkter $\geq 0,5$ mm lämpliga för lasereffekter upp till 1,5 kW, multi-jet typ med fokalkpunkter $\geq 2,5$ mm för effekter upp till 6 kW, och slutligen off-axis konceptet för höga lasereffekter på maximalt 12 kW. Med denna uppsättning verktyg är det möjligt att skapa påläggningsbredder mellan 0,3- 7,0 mm. Teoretiskt sett finns det ingen begränsning för hur små kornen kan vara i det pulver som används, men p.g.a säkerhets- och hälsoaspekter rekommenderas 20 μm diameter som minsta kornstorlek.

Irina Kovaleva från Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics i Novosibirsk presenterade en simuleringsmodell för hur pulverpartiklarna accelereras under processen. Hon hade utvecklat en algoritm där partikelhastigheten kunde bestämmas som en funktion av pulsenergin. Dock erhöll hon en del kritik från auditoriet i så motto att modellen inte tar hänsyn till återreflektion från det nersmälta pulvret.

Professor Igor Smurov från ENISE [Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne] gjorde jag bekantskap med redan under LANE [Laser Assisted Net Shape Engineering] – konferensen i Erlangen hösten 2010, där han visade upp ett antal intressanta ”poster”-presentationer. Nu visade



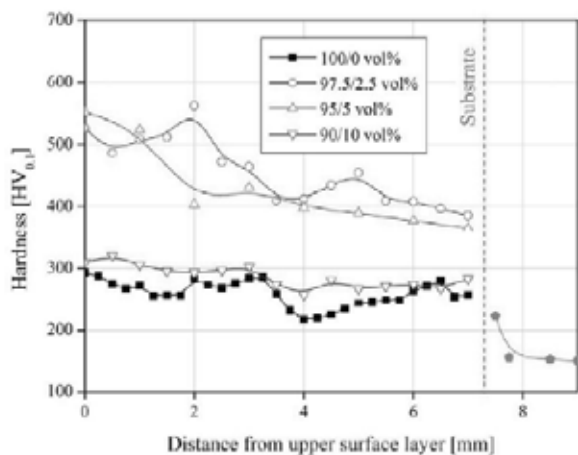
han upp resultat från experiment där ett S235 gjutgodssubstrat belagts med en pulverblandning bestående av 14NiCrMo13-4 och TiC för att på så sätt skapa en s.k. MMC [Metal Matrix Composite]. En CO₂-laserbaserad DMD505-maskin hade använts vid försöken tillsammans med ett sofistikerat påläggningsmunstycke med kanaler för inte mindre än tre separata gasflöden; en bärgas, en skyddsgas och en gas som geometriskt kunde forma pulverstrålen. Processdiagnostiken gjordes av såväl en pyrometer som en IR [InfraRed]-kamera. Man hade tagit fram en form av processfönster genom att ange pulvermatningen dividerad med framföringshastigheten [g/m] som en funktion av lasereffekt. Effekten av inblandning av olika volymer TiC hade studerats där 2,5 och 5% resulterade i en hårdhetsökning till 550

Hv_{0,1}, en effekt som inte erhöles vid 10% TiC-inblandning [Fig. 1]. Skillnaden mellan laserpåläggning och laserupplegering förklarades av Richard Görgl från f.d. LaserZentrum Loeben, som numera är om döpt till Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, och han illustrerade detta med två praktikfall. Vid laserpåläggning skapas en metallisk bindning mellan påläggningsmaterialet och substratet varför det är viktigt att båda är lösliga i varandra. För att undvika varmsprickor bör substratet ha en högre smältpunkt än påläggningspulvret. Företaget Schoelle Bleckman Oilfield Technology har kommersialiserat metoden för att belägga borrkronor för oljeborrning. Fyra olika lager läggs på; ett buffertlager och ett interfacialt lager båda bestående av NiCrBSi, och ovanpå dessa läggs två lager med W₂C alternativt WC. Den totala påläggningen är 4 mm tjock och deponeringshastigheten av pulvren ligger kring 3 cm³/min vilket innebär att det tar ungefär 3 timmar

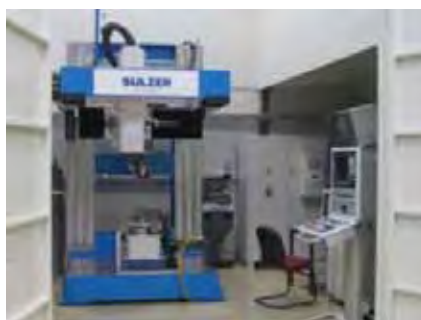
att belägga en borrkrona. Vid laserupplegering arbetar man med en lägre pulvermatning och här upplöses partiklarna helt i den uppsmälta ytan av grundsubstratet. Den enda kända kommersiella användningen hittat vi hos företaget Engel som belägger ventiler till formsprutningsverktyg. Här används pulvermaterial som exempelvis VC, NbC eller TiC, vilka ger ythårdheter mellan 2000-2500 Hv.

Sulzer Innotec är ett företag som specialiserat sig på att leverera skräddarsydda utrustningar för laserpåläggning. Vid LiM berättade Benjamin Gertsch, att man i sitt applikationslaboratorium i Winterthur förfogar över gantrybaserade CO₂-lasrar i effektområdet mellan 200W och 2,2 kW, Yb-fiberlasrar mellan 50 W och 1,5 kW, samt en 150 W pulsad Nd:YAG-laser. Fördelen med fiberlasrar är den att de kan integreras i mobila enheter [Fig. 2], vilket är en fördel då många av de objekt som skall beläggas är svåra att flytta från sin arbetsmiljö. Detta

exemplifierades med en 3,5 meter lång kompressoraxel som väger 4 ton. Påläggningen här var av ganska enkel karaktär, men vid påläggning av mer komplexa geometrier är det möjligt att koppla data från en CAD [Computer Aided Design] -modell direkt till styrprogrammet för laserpåläggningen. Ett exempel på detta var rekonstruktion av en turbo-kompressor där Inconel625 lades på som förstärkning av komponentens grundmaterial Inconel718. Skikt-tjockleken var 0,8 mm och det tog cirka 3 timmar att belägga en kompressor. En annan applikation var en skruvtransportör som belades med Metoclad™, som är ett Stellite-material. Även här var skikt-tjockleken 0,8 mm och överlappet över tidigare lagda strängar var 40%. Slutligen visades på en stenkross som belades med TC, 1 mm skikt-tjocklek och 20% överlapp. Samtliga applikationer som Herrn Gertsch visade hade bara ett påläggningslager. Han avslutade med att säga att då man belägger stora ytor hos detaljer som har



Figur 1. Mikrohärdheten i ett påläggningskikt bestående av huvudsakligen 14NiCrMo13-4, men med olika inblandningsgrader av titankarbider.

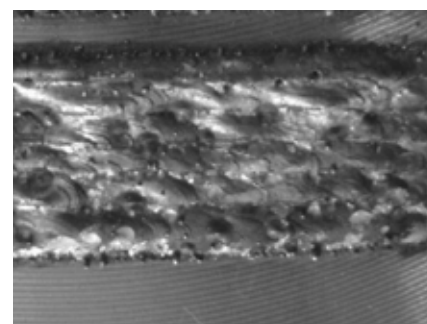
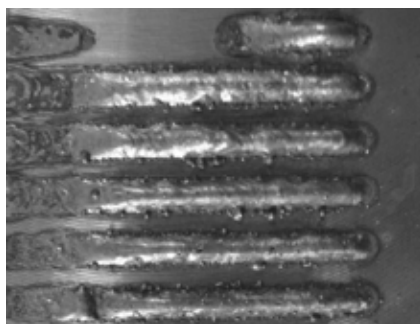


Figur 2. Olika utrustningar för laserpåläggning hos Sulzer Innotec; Längst t.v. en station baserad på en 2 kW CO₂-laser och därefter mobila enheter med en 1,5 kW fiber- resp. en 150 W Nd:YAG-laser.

relativt liten volym kan detta leda till värmeförvriddningar hos komponenten. Motmedel mot detta kan vara att antingen utföra beläggningen i särskilda sekvenser, alternativt att se till så att man har en god avkylning av detaljen.

En i mitt tycke intressant presentation var den som hölls av Xiaoyang Ye från Tsinghua University, alltså en av välkände Minlin Zhongs adepter. Man hade utvecklat en ny, s.k. högentropisk legering, lämplig för påläggning av komponenter utsatta för höga driftstemperaturer. En högentropisk legering kan sägas bestå av legeringselement som har ungefär lika stora atomära innehåll, men där inget enskilt grundämne har mer än 35% av det atomära innehållet. Här handlade det om legeringen $Al_xFeCoNiCuCr$ [Fig. 3], där x varierades med värdena 1, 1,3, 1,5, och 1,8. Ökat aluminiuminnehåll gav en högre mikrohärdhet och denna härdhetsökning var mest uttalad i temperaturintervallet 600-800 °C. Även korrosionsmotståndet ökade och påstods uppträda bättre än exempelvis rostfritt 304L-material. Påläggningen hade gjorts med en processhastighet på 10-15 mm/sekund och med 1,2-1,5 kW lasereffekt.

Härpå tog professor Claus Emmelmann från TU Hamburg-Harburg över ordförandeskapet och började med att introducera Jesus Sampredo från AIDO i Spanien. Han och hans kollegor hade studerat möjligheter att förbättra egenskaperna hos s.k. "Titanium Grade 2" genom att belägga detta med ett 45-100 µm tjockt lager av Ti6Al4V, och ovanpå detta placera ett 10-30 µm tjockt lager av ett pulver bestående av en blandning av Ti6Al4V och TiC. På detta sätt gick det att öka ythårdheten från 145 till 300 Hv, vilket skulle innebära en 30%-ig förbättring av nötningsmotståndet. Vid försöken hade man använt en 1 kW Nd:YAG-laser och helium som bärgas för pulvret. Förhållandet mellan bredd och höjd på påläggningsspåret var >5, där bredden främst styrs av lasereffekten medan höjden bestäms av framföringshastigheten. Dock bör man undvika att använda sig av



Figur 3. Laserpåläggning av det högentropiska pulvret $Al_xFeCoNiCuCr$; separata strängar t.v. och överlappande dito t.h.

Pulverblandning	Lasereffekt (W)	Ythårdhet (Hv=0,5)
100% Ti6Al4V (ref.)	–	360
70% Ti6Al4V / 30% TiC	600	1032
70% Ti6Al4V / 30% TiC	800	480
40% Ti6Al4V / 60% TiC	600	1120

Tabell 1. Ythårdheten vid laserpåläggning med pulver av olika blandningsförhållanden (Ti6Al4V / TiC) och med olika lasereffekter.

alltför hög lasereffekt vilket tillför ökad värme och därmed en upplösning av karbiderna, något som gör att ythårdheten minskar. Detta hade kunnat observeras redan vid 800 W varför rekommendationen var att i det här aktuella fallet inte använda högre lasereffekt än 600 W [Tab. 1].

Näste talare var en kollega till min gamle vän från Swinburne University of Technology Milan Brandt, nämligen Dr. Ryan Edwin Cottam. Denne berättade om hur man använde laserpåläggning för att reparera komponenter till stridsflygplan. Man hade således belagt Ti6Al4V med ett pulver av samma material och en kornstorlek på 60 µm. En 2,5 kW Nd:YAG-laser hade använts i experimenten och man hade utvecklat en parametermodell för att uppnå bästa resultat, där framföringshastigheten anpassades efter lasereffekten. Detta innebär att man har kontroll över svalningsförloppet, och det gick att konstatera att det uppstår en högre

andel martensitiska fjäll vid långsamma avkylningshastigheter.

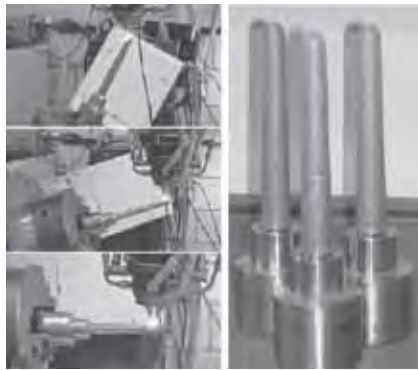
Jo Verwimp, som representerade VITO [Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek] från Mol i Belgien torgförde några applikationsexempel där man använt en blandning av metalliskt och keramiskt pulver vid påläggningen. Metallpulvret var nickelbaserat och innehöll legeringselementen 7,5Cr1,6B,3,5Si0,3C2,6Fe medan keramen var wolframkarbid [WC]. En 3 kW diodlaser från LaserLine utgjorde laserkälla och Argon användes som såväl bärgas som skyddsgas. Herr Verwimp menade att diodlasern var den för ändamålet bäst lämpade lasertypen för påläggning då den erbjuder en bättre absorptivitet p.g.a. sin något kortare våglängd.

Den första applikationen var en rostfri [AISI316L] kniv för asfaltskärning, där livslängden tack vare laserpåläggningen kunde ökas från 24 till 75 timmar. Nästa exempel var

en tryckkolv [Fig.4] som används för att forma glas, och där materialet i kolven är stål [SAE8620]. Jämfört med standardlösningen som är beläggning med hjälp av HVOF [High Velocity Oxide Fuel] termisk sprutning uppvisade de laserbelagda kolvorna mellan 2-4 gånger längre livslängd. Det sista exemplet handlade om ett pressverktyg i H11-material. Detta hade förvärmats till 450 °C för att undvika sprickor i beläggningen, något som lyckats trots verktygets relativt höga kolhalt. Jämfört med alternativet nitrering påstods laserpåläggningen resultera i en 10 gånger högre livslängd.

En annan spånsk delegat var Jose Manuel Amado Paz från Universi-dade de Coruna. Även här hade man utvecklat några blandpulver mellan WC och olika NiCr-metaller som man kallade Technolase. De senare hade tilläggsbeteckningarna 30, 40 och 60 beroende på krominnehållet, vilket varierades mellan 6-14% och därmed erhöles varierande hårdheter mellan 300-700 Hv. Påläggningsexperimenten hade utförts med en 2 kW Nd:YAG-laser på C25-stål, vilket förvärmades till 400 °C. Konklusionen av experimenten var att högre krominnehåll gjorde beläggningen mer sprickkänslig [Fig. 5], men samtidigt kunde man konstatera att en lägre kromhalt inte nödvändigtvis behövde betyda ett sämre slitmotstånd.

Spanien var synnerligen väl presenterat i denna LAM-session och även de två följande presentationerna bar iberisk signatur. Carlos



Figur 4.

Laserpåläggning av tryckkolvar för glastillverkning, där beläggningen resulterar i en 2-4 gånger längre livslängd jämfört med termiskt sprutade kolvar. Observera att kolven roteras under påläggning så att ytan alltid befinner sig i optimalt förhållande till laserstrålen.

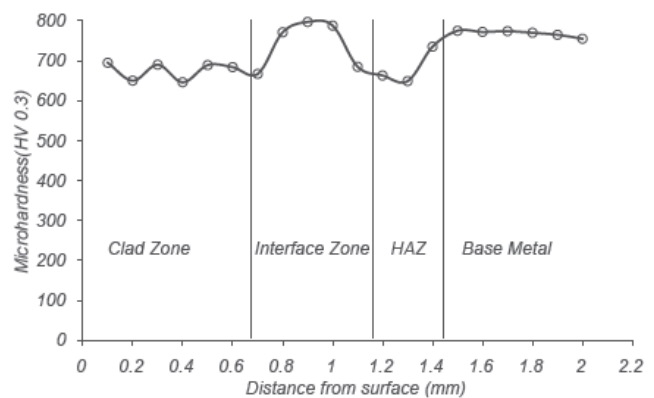
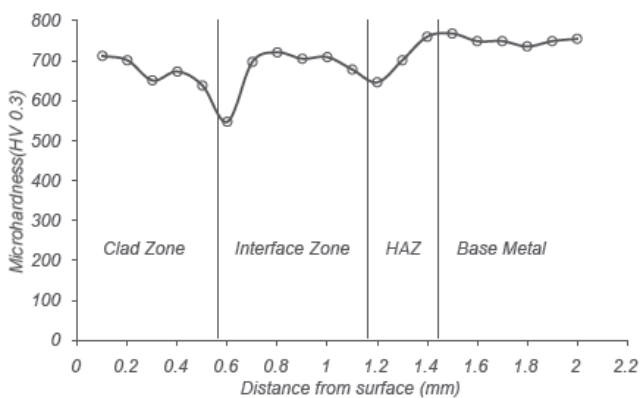


Figur 5.

Sprickkänsligheten ökar med ökad andel krom i påläggningspulvret, här illustrerat med SEM [Scanning Electron Microscope] -bilder på "Technolase60" med mellan 12-14% krom. Pilarna indikerar den plastiska töjningen i Ni-fasendriterna med påföljande brott i de utfällda volframkarbiderna.

Soriano från Tekniker-IK4 berättade om påläggning av pulvermetallurgiska verktygsstål i reparationssyfte. Laserpåläggning fann man vara den bästa reparationsmetoden p.g.a. den låga värmetillförseln. Det av vanadinkarbid bestående verktygsstålet Vanadis4Extra hade belagts med CPM10V-pulver alternativt med Vanadis4Extra. En 2,2 kW Nd:YAG-laser hade använts i kombination

med ett coaxialt påläggningsmunstycke, och verktygs materialet hade förvärmats till 250 °C. Med 1,2 kW lasereffekt kunde man nå en deponeringsvolym på mellan 5-15 g/min vid en skikt tjocklek på 0,6 mm. Beläggningarna uppvisade en något lägre hårdhet än grundmaterialet [Fig. 6], vilket kanske inte var vad man hade eftersträvat. Detta menade senör Soriano kunde motverkas om man



Figur 6.

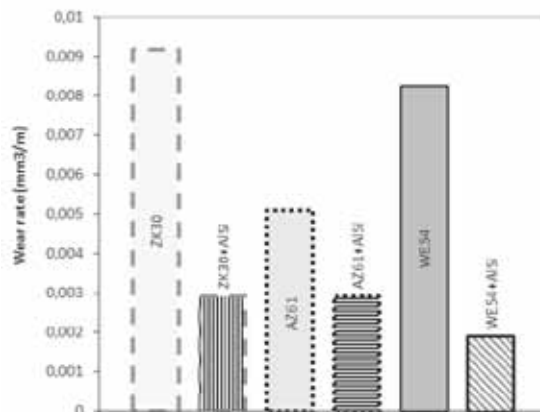
Mikrohårdhetsprofiler genom beläggning (CPM10V t.v. och Vanadis4 t.h) och substrat indikerar en något lägre hårdhet för ytbeläggningen.

använde sig av en eftervärmning av verktygen.

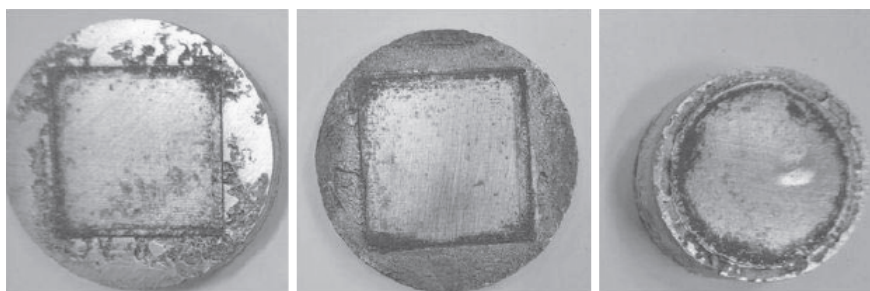
Bernabe Carcel från AIDO hade studerat förbättringspotentialen för korrosions- och nötningsmotstånd genom att belägga magnesiumlegeringar med AlSi-pulver. De legeringar som undersökts var AZ61, WE54 och ZK30. Typiskt för magnesium är att det uppstår ett högt ångtryck då materialet går över i smält form, vilket är en utmaning vid alla former av laserbearbetning. Vid försöken hade man använt en 1 kW Nd:YAG-laser med defokuserad stråle som gav en brännfläck med 1,5 mm diameter. Pulverkornen var i storleksordningen 45-90 µm och Helium användes som skyddsgas. Effekten av laserpåläggningen märktes främst i form av en fördubbling av ythården, vilket i sin tur ökade nötningsmotståndet med mellan 49-75% beroende på legeringstyp [Fig. 7a]. Däremot vann man inga fördelar i korrosionsskydd utan här var det snarare så att den belagda ytan betedde sig mer korrosivt [Fig. 7b]. Detta kan förklaras av att magnesiumpartiklar blir kvar på ytan varpå det uppstår en galvanisk korrosion gentemot AlSi-beläggningen.

Efter en välförtjänt lunch kombinerat med ett snabbt besök på mässan, där man naturligtvis stötte på alla gamla välkända "laserprofiler", var det dags att ta sig an eftermiddagspasset, nu med Igor Smurov som ordförande. Här inledde Janis Kranz från TU Hamburg-Harburg och berättade om hur man kombinerat ett strukturoptimeringsprogram med processen "laserformning" eller LAM [Laser Additive Manufacturing]. Praktisk fallet var en konsol till Airbus som lager för lager byggdes upp med Ti-6Al4V. I dag tillverkas komponenten i aluminium, närmare bestämt AA7075, men genom strukturoptimeringsprogrammet hade man åstadkommit en 43% lättare detalj trots att densamma nu byggdes upp av ett material med avsevärt högre densitet [Fig. 8].

Scandium [kemisk beteckning Sc] är ett grundämne som man inte precis träffar på varje dag, men nu fick vi lära oss lite mera genom den presen-



Figur 7a. Förhöjt slidskydd hos samtliga tre magnesiumlegeringar vid laserpåläggning med AlSi.



Figur 7b. Däremot erhöles inget förbättrat korrosionsskydd. AlSi-belagda provobjekt av AZ61, ZK30 och WE54 efter 24 timmars saltspruttest.



Figur 8. Framgångsrik lättviktsoptimering av en konsol för Airbus där man genom att kombinera LAM-processen med ett strukturoptimeringsprogram lyckats halvera vikten trots materialbytet från Aluminium till Titan.

tation som hölls av Katja Schmidtke. Hon arbetar idag för EADS Innovation Works men har en bakgrund från TU Hamburg-Harburg, där hon började utveckla det patentskyddade materialkonceptet Scalloy RP®. Detta är en aluminiumlegering där

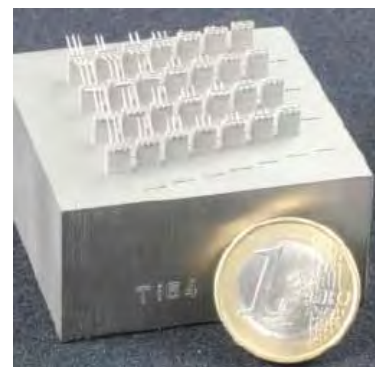
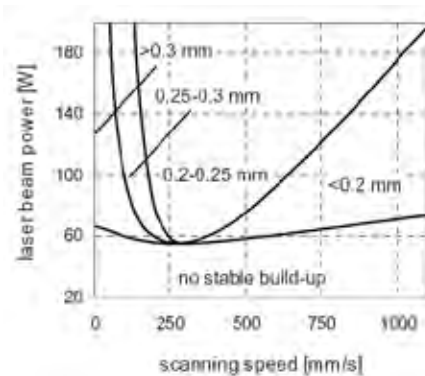
de viktigaste tillsatserna består av Mg, Zr och just Sc. Den kemiska beteckningen är Al3Sc och med hjälp av LAM och 20 µm tjocka skikt hade man byggt upp små kuber avsedda för diverse prov. Pulverstorleken var £ 63 µm och uppbyggnaden

av kuberna utfördes med blott 200 W lasereffekt. Man hade gjort observationen att om "scanning"-hastigheten ökades erhöill man en högre densitet hos kuberna. Efter tillverkningen åldrades materialet under 4 timmar i 325 °C, vilket gav en hårdhetsökning från 100 till 180 Hv. De slutliga egenskaperna hos Scalmalloy RP® är: sträckgräns 520 MPa, brottgräns 530 MPa och brottförlängning 14%. Dessutom sades legeringen ha utmärkta svetsbarhetsegenskaper.

Vanessa Seyda från LaserZentrum Nord GmbH, vilket kan sägas vara en avknoppning från TU Hamburg-Harburg, berättade om hur man tillverkade implantat i form av öppna cellstrukturer, vilka var mer biologiskt riktiga än de alltför styva och homogena Titan-implantat som används för exempelvis utslitna höftleder. Med SLM [Selective Laser Melting] hade man byggt upp hexagonala celler av Ti6Al4V med 20-195 W lasereffekt och 50-1000 mm/sekund i "scanning"-hastighet. Det är i huvudsak dessa två variabler som bestämmer storleken på stängerna i cellstrukturen, vilka hade uppmätts till mellan 0,2-0,35 mm i tjocklek [Fig. 9]. Porositeten för den nya implantatstrukturen ligger mellan 60-90%, där en högre energidensitet vid cellupbyggnaden resulterar i lägre porositet och därmed en ökad E-modul.

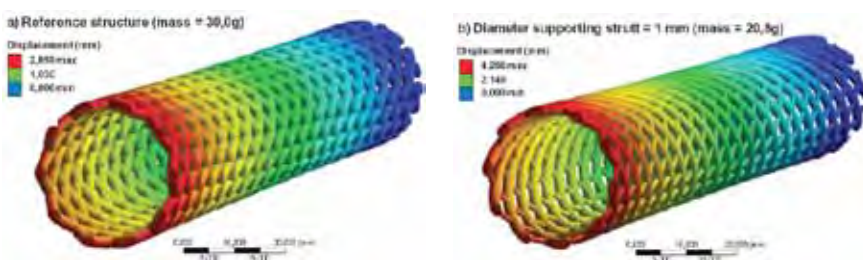
Stefan Teufelhart, Fraunhofer IWU [Institut für Werkzeuge und Umformung], myntade det nya begreppet ALM [Additive Layer Manufacturing]. Denna hade praktiserats vid uppbyggnaden av ihåliga axlar, 150 mm långa och 25 mm i diameter, utsatta för torsionsbelastning. Genom att bygga upp axlarnas väggar som en spiralstruktur erhöill man en viktsoptimerad och belastningsanpassad design [Fig. 10]. Nu var ju de här uppbyggda axlarna tämligen enkla till sin utformning, men målsättningen vid IWU är att skapa homogena spänningsförhållanden i mer komplexa geometrier, något som man hoppas uppnå med hjälp av en nyutvecklad beräkningsmodell.

Dr. Konrad Bartkowiak [Univer-



Figur 9.

Lasereffekt och "scanning"-hastighet är de två variabler som bestämmer väggjockleken i de stavar av Ti6Al4V som byggs upp med hjälp av SLM vid LaserZentrum Nord (överst t.v.). Övriga bilder ger en uppfattning om de tillverkade stavarnas storlek (i förstoring t.v.).



Figur 10.

Simulering av torsionsbelastade axlar uppbyggda via ALM. Ett optimeringsprogram kan räkna fram lämplig väggjocklek som i vissa fall kan bli så tunn som 1 mm. T.v. referensstrukturen och t.h. den cirka 30% lättare optimerade lösningen.

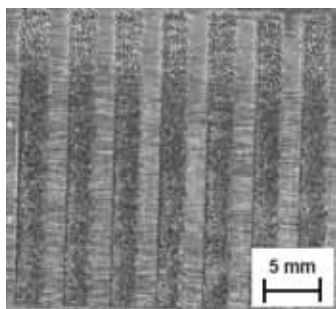
sity Erlangen-Nürnberg] träffade jag på redan vid LANE-konferensen hösten 2010. Här berättade han om pålägningsförsök med olika aluminiumpulver. Initiala experiment hade utförts med AlSi12- och AlSi10Mg-pulver och en 200 W single-mode laser från IPG, YLR-200SM. Brännvidden var 50 mm, fokuspunktsdiametern 160 µm och skyddsgasatmosfären var argon. På senare tid har man även börjat forska på pulver av den kopparlegerade AA2024- och zinklegerade AA7075-varianten. Här ligger kornstorleken på mellan

25-45 µm, och pulvren hade lagts på ett substrat av AA6082 [Fig. 11]. För kopparvarianten hade "scanning"-hastigheten varierat mellan 10-30 mm/sekund, medan 50 mm/sekund hade använts för det zinklegerade pulvret, vilket matats in i en 20 µm stor fokuspunkt. Beroende på kopparinnehållet fick man lite olika ytstruktur, och en ökad andel koppar (upp till 11,8% hade undersökts) driver upp hårdheten i ytskiktet. Försöken med zinklegerat pulver såg mycket lovande ut. Inblandningsandelen zink varierades mellan 2, 5

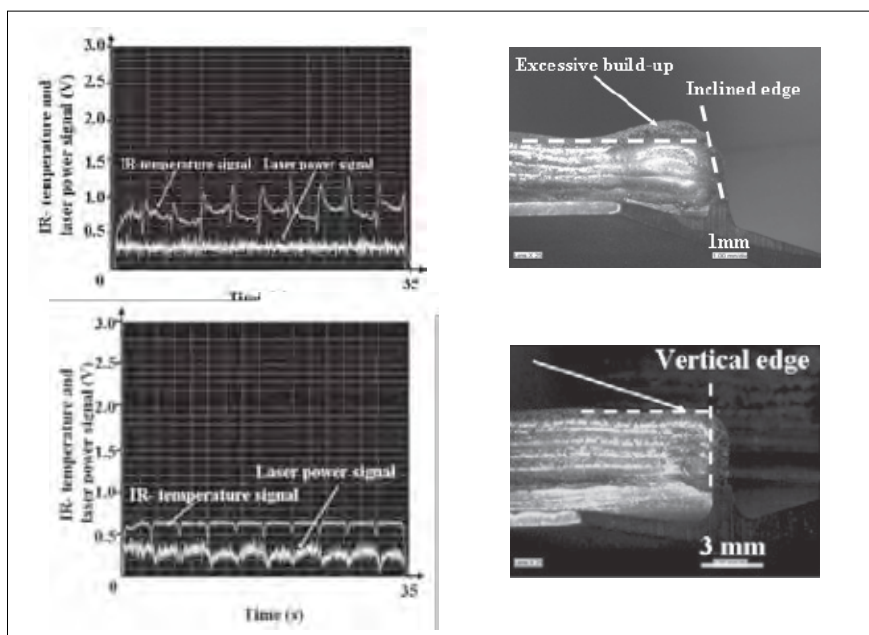
och 10%, och inte i något fall hade det gått att upptäcka sprickor eller spröda och hårda aluminiumoxider.

En mer handgriplig övning presenterades av Guijun Bi från Singapore Institute of Manufacturing Technology, vilken som mentor haft välbekante Andreas Gasser från ILT i Aachen. Här handlade det om reparation av turbinblad med hjälp av ett nickelbaserat pulver med hög andel Al och Ti. Vid försöken hade en Trumpf HL3006D använts, dock nyttjades blott 300 W vid påläggningen vilken utfördes med en framföringshastighet på 500 mm/min. Man kunde observera att man fick en för hög uppbyggnad vid start- och stoppunkterna, alltså i de områden där laserstrålen byter riktning. För att avhjälpa detta hade man utvecklat en "closed-loop"-process [Fig. 12] där en infraröd temperatursignal används för att övervaka uppbyggnadshöjden och kopplar signalen till en reglerfunktion av lasereffekten. Utförda hårdhetsmätningar visade på en konstant hårdhet över hela deponeringslagret [Fig. 13].

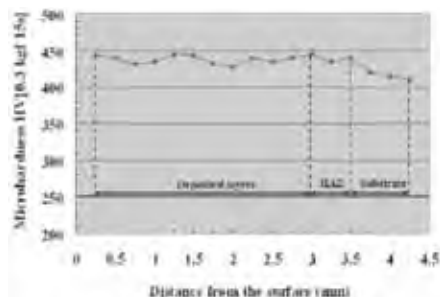
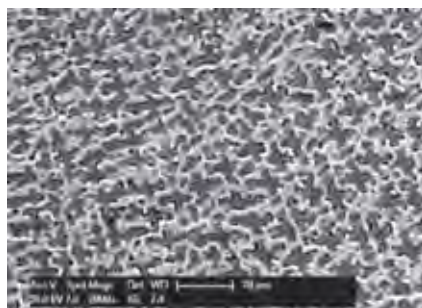
Det här var som sagt endast ett axplock av de presentationer som gjordes under sessionerna rörande laserpåläggning eller s.k. LAM [Laser Additive Manufacturing]. Som läsaren torde förstå tycks användningsområdena vara obegränsade och sträcka sig från prototyp tillverkning, över produktförbättringar som ökat slitmotstånd eller bättre korrosionsbeständighet, till reparation av dyra komponenter inom t.ex. flyg- och rymdindustrin. Personligen tror jag, när nu laseranvändningen börjar nå en mättnadsgrad då det gäller traditionell lasertillämpning som skärning och svetsning, att detta kommer att bli nästa stora tillväxtområde inom laserbearbetningen. Jag ser med spänning fram emot vad som kommer att presenteras vid kommande konferenser, som exempelvis LAM och ICTM, och uppmanar våra svenska laseranvändare att hålla ögonen öppna för nya användningsområden, vilka kanske ger en bättre utnyttjandegrad av den laserutrustning som man sedan tidiager har införskaffat! Lycka till! □



Figur 11. SLM (Selective Laser Melting) av ett Al-Cu-pulver på ett substrat bestående av aluminiumlegeringen AA6082.



Figur 12. Överst en oreglerad process med för hög pulveruppbyggnad där laserstrålen byter riktning, medan en processövervakning med regleringen av lasereffekten (underst) ger ett närmast perfekt resultat!



Figur 13. T.v. en SEM-bild av det pålagda, nickelbaserade pulvret, vilket ger en ythårdhet som överglänser grundmaterialets (Ti6Al4V) hårdhet t.h.

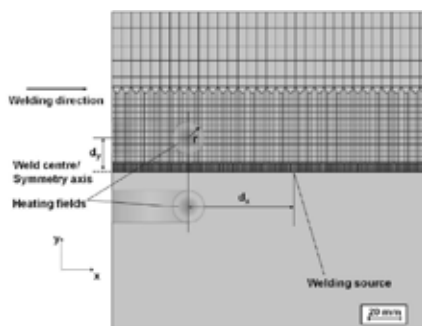
Ytmodifiering, skärning och borrarning – klassiska användningsområden för laserteknik

Johnny K Larsson, Volvo Cars



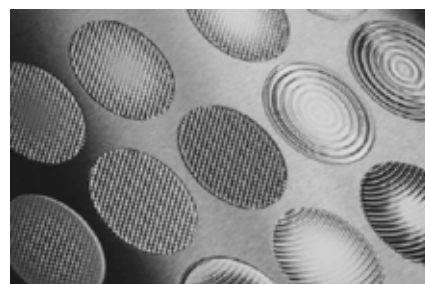
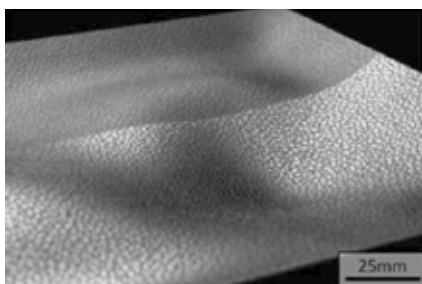
Denna session sträckte sig över något mer än en dag och inleddes med Dr. Andreas Wetzig från IWS i Dresden som ordförande, och denne introducerade nu Florian Tölle från BAM [Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung]. Han berättade om hur man med en svepande, defokuserad laserstråle, tvärs svetsriktningen, kunde minska restspänningarna i en lasersvets genom denna form av omedelbar eftervärmning. Resultaten byggde till stora delar på simuleringar i Sysweld där 5 mm tjockt S355J2-material hade använts som substrat [Fig. 1]. 700 °C ansågs vara en lämplig eftervärmningstemperatur, vilken åstadkoms vid en "scanning"-hastighet på 15 mm/sekund. Ju mindre fokuspunkten var desto större blev reduktionseffekten, och när man använde en större defokuserad brännfläck måste denna flyttas längre bort från svetsen. De bästa resultaten fick man då avståndet var $r+12$ mm, där är brännfläckens radie.

Näste talare var André Temmler från ILT i Aachen, och hans föredrag handlade om att skapa designnytor genom omsmältning med hjälp av en laserstråle. Vid denna metod är det endast ett mycket tunt skikt av toppytan som omsmälts. För en cw-laser rör det sig om ett djup på 100 μ m, medan man med en pulsad laser



Figur 1.

Simuleringsmodell i Sysweld för att utvärdera eftervärmning av en lasersvets i syfte att reducera förekommande restspänningar. Viktiga geometriska processparametrar är den defokuserade laserstrålens fokuspunkt samt dess placering i längs- och tvärlängd relativt till den svetsande laserns fokuspunkt.



Figur 2.

T.v. ett exempel på hur man med hjälp av selektiv laseromsältning skapat en läderliknande struktur på ett rostfritt 1.2343-verktygsstål, och t.h. olika mönster skapade genom effektmodulering.

kan omsmäla ett så pass tunt skikt som 5 μ m.

Ett praktikfall handlade om hur man strukturerade en verktygsinsats av X38CrMoV5-1 via selektiv polering genom att lasern repetetivt slogs av och på. Processhastigheten är dock tämligen långsam och ligger

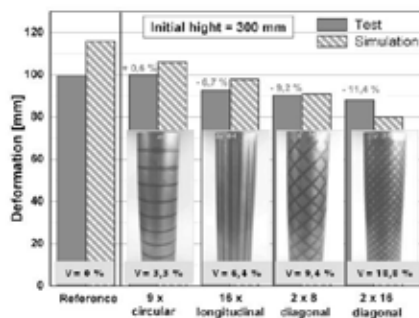
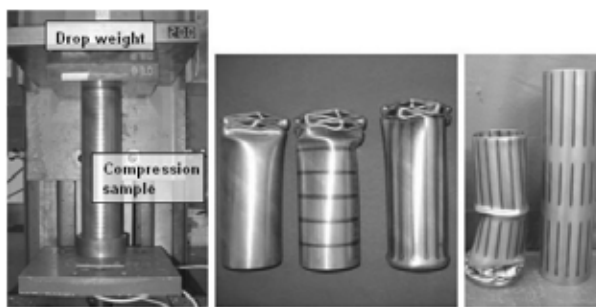
mellan 20-30 sekunder per bearbetad cm^2 . Genom effektmodulering kan man även skapa ett mönster på ytan, så tillvida att vid högre effekter har smältan en tendens att lyfta. På så sätt kan höjdvariationer mellan 2-250 μ m åstadkommas och där våglängden i mönstret kan bli ända ner

till 0,125 mm. Detta exemplifierades med försök på rostfritt 1.2343-material utförda med en Nd:YAG-laser med 450 W medeleffekt [Fig. 2]. Intressant var att få veta att denna forskning finansierats av VWs forskningsstiftelse, varför man undrar vad kollegorna i Wolfsburg har för tilltänkta användningsområden.

En gammal idé är att skapa lokala förstärkningar genom att lägga blindsvetsar med laser i speciellt belastade områden av en komponent. Axel Jahn berättade om de senaste experimenten utförda hos IWS [Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden]. Effekten hade initialt undersökts på dragprovstavar i olika material som DC05, HX340LAD, HCT600X, HVT690T och 22MnB5. Laserkällan var en DY044 från Ro-finSinar ur vilken man utnyttjade 2,5 kW fokuserat till en brännfläck på 600 µm. Intressanta resultat hade erhållits när olika, såväl raka som cirkulära mönster, applicerats på rör av 22MnB5 med en ytterdiameter på 80 mm, vilka provats i axiell tryckning [Fig. 3] och 3-punkts böjprovning [Fig. 4]. Med de mest optimala mönstren kunde deformationen reduceras med cirka 15 resp. 60% jämfört med ett opreparerat referensrör!

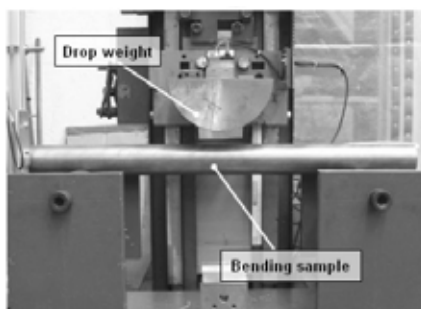
S.k. "laserhamring" kan vara ett alternativ till blåstring för att förstärka komponenter genom att bygga in tryckspänningar i ytan. Dr. Roberto Ocana från AIDO, Instituto Tecnológico de Optica, Color e Imagen i Valencia, hade studerat fenomenet genom att observera de chockvågor som alstras i vatten då man pulsat en Nd:YAG-laser med 200 mm brännvidd. Inte helt överraskande kunde man konstatera att vågfronten måste minskas då en större vattenvolym skall passeras.

Christian Nüsser och hans kollegor vid ILT i Aachen hade undersökt inflytandet av energidistribution och pulslängd vid mikropolerling med laser. Yträheten vid mikropolerling skall normalt ligga under 10 µm. Två olika laserkällor hade använts vid försöken, dels en kommersiell produkt från Trumpf TruMicro 7051 som är en disk laser samt ILTs egenutvecklade stavlaser HPQL2.



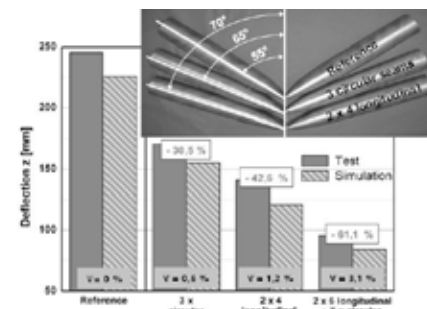
Figur 3.

Axiell kompression av rör förstärkta genom olika mönster av blindsvetsar utförda med en diodpumpad Nd:YAG-laser och 2,5 kW effekt. Nederst tv. anges den procentuella hop-tryckningsreduktionen, där V skall uttolkas som procentandelen förstärkt mantelyta.



Figur 4.

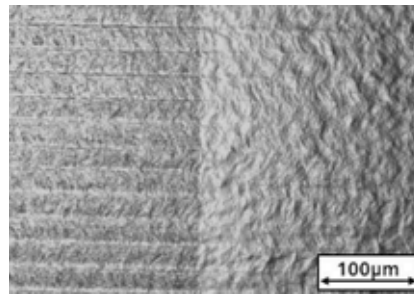
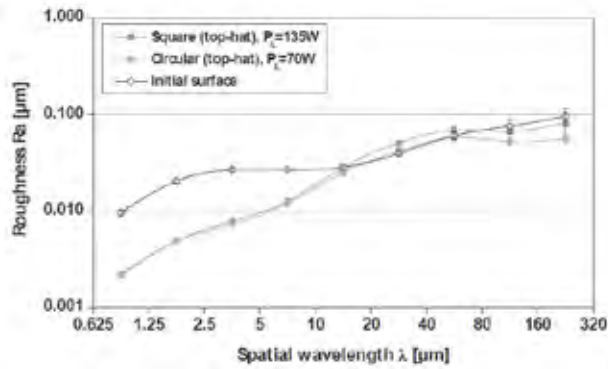
Böjprov av laserförstärkta rör där reduktionen i böjningsdeformation kan bli så stor som 60%.



Såväl cirkulära som fyrkantiga fokuspunkter hade undersöks liksom inverkan av Gaussisk- respektive "top-hat"-strålprofil. Materialet som laserpolerats var i detta fall rostfritt 1.2343-stål. Resultaten hade plotats i diagram med yträheten som en funktion av ytans våglängd. Pulslängderna som gav bäst ytfinhet låg i regel kring 1,25 µs för disklasern respektive 164 ns för stavlasern, och bästa ytjämnhet fick man då man använde en "top-hat"-profil med cirkulär fokuspunkt [Fig. 5]. En kortare pulslängd ger också en bättre ytfinhet. Ett applikationsexempel var

en pacemaker eller VAD [Ventricular Assist Device] där en konventionell polering tar 3 minuter medan samma operation klaras av med laser på mindre än 5 sekunder! Ett annat exempel rörde ett tandimplantat i TiGrade2 som laserpoleras på en sekund och där ytstrukturen dessutom uppvisar en god biokompatibilitet.

I Ryssland finns en lång tradition då det gäller simulering av laserprocesser och vi hade ju tidigare under konferensen fått lyssna till Irina Kovalevas arbete rörande pulverpartiklars rörelse vid laserpåläggning. Nu kom en landsmaninna till henne,

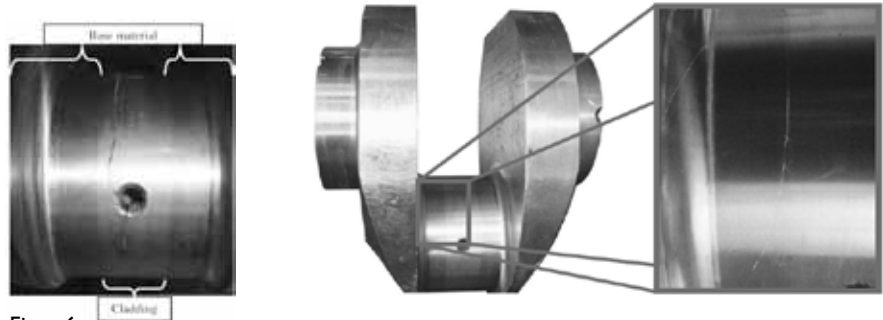


Figur 5. Bästa ytfinhet vid mikropolerering med laser får man då man använder en cirkulär fokalpunkt med Gaussisk energifördelning i strålen, vilket framgår av diagram t.v. samt den bearbetade högra delen i mikrofotot t.h.

Elena Smirnova från Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, och redogjorde för en annan simuleringsaktivitet. Hon hade utvecklat en matematisk modell där man kunde beräkna värmetransporten i en lasersmälta och studera hur legeringselementen fördelades i densamma. Modellen hade använts för att undersöka vad som sker vid laserupplegering med hjälp av en pulsad Nd:YAG-laser.

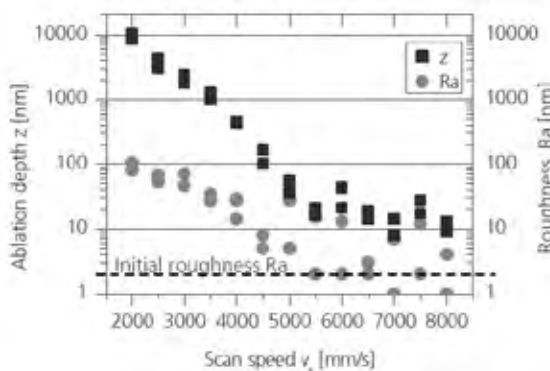
Alla experiment utförda med laser leder inte alltid till positiva resultat, något som framkom under Henry Köhlers presentation. Denne gentleman kommer från BIAS [Bremer Institute für Angewandte Strahltechnik], och berättade om hur man rekonditionerade varmsmidna kamaxlar för marina dieselmotorer med hjälp av laserpåläggning. Dessa kamaxlar var tillverkade i AISI4140 [42CrMo4]-material och påläggningspulvret utgjordes av Delord Stellite21, som är en CoCrMo-legering. Som laserkälla hade man använt en diodlaser [DL035Q] från RofinSinar med en fokallängd på 300 mm och pulvret hade tillförts från sidan. Genomförda utmattningsprov visade på att de reparerade axlarna klarade en medelspanning på 135 MPa vid 5 miljoner lastcykler, men då motsvarande värde för grundmaterialet ligger på 346 MPa, var det bara att konstatera att de s.k. CIMAC [International Council on Combustion Engines]-kraven inte innehölls. Skälet till den låga utmattningshållfasthet stod att finna i att det uppstod sprickor såväl i det pålagda skiktet som i interfacet mellan Stellite-beläggningen och grundmaterialet.

Sebastian Heidrich, en av Dr. Ed-



Figur 6.

Mindre framgångsrika resultat vid laserpåläggning med Stellite21 på varmsmidna kamaxlar i 42CrMo4. T.v. har en spricka initierats från ett oljepåfyllningshål och propagerat genom beläggningen och t.h. en spricka som uppstått i interfacet mellan beläggningen och grundmaterialet.



Figur 7.

Ablationsdjup och ytfinhet hos optikkomponenter behandlade med laserpolering med hög precision.

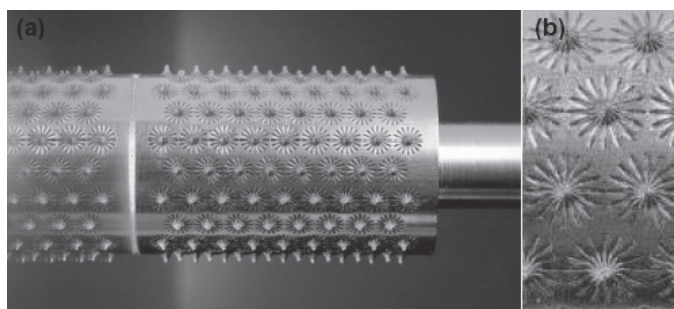
gar Willenborgs lärjungar vid ILT [Institut für Lasertechnik] i Aachen berättade om hur man med laserbearbetning kan tillverka s.k. friformsoptiker. Från en förform skapas en grundgeometri med laserablation. Därefter sker en polering med hjälp av omsmältning av ytan samt slutligen en formkorrigering av ytan via en lätt förångningsavverkning. En CO₂-källa med 1 kW cw-effekt hade använts vid bearbetningen där laserstrålen fokuserades på ytan vid ablationsprocessen då materialet förångas, medan man arbetade med en defokuserad fokalpunkt vid poleringen.

Materialet i optikkomponenterna är kvarts, som är syntetiskt framställt kiseloxid där absorptionen av laserljuset ligger på omkring 80%. Ablationen sker med en processhastighet på 20 mm³/sekund och resulterar i ytor med ett R_a-värde < 5 µm. Poleringshastigheten ligger på 1 cm/sekund och den slutliga precisionsavverknings, som utförs med mindre än 150 W lasersereffekt och en "scanning"-hastighet på upp till 8 m per sekund, sker i 2 nm tjocka lager och resulterar därför i en ytfinhet < 2nm för den färdiga optikytan [Fig. 7].

Surfi-Sculpt®-processen har ju

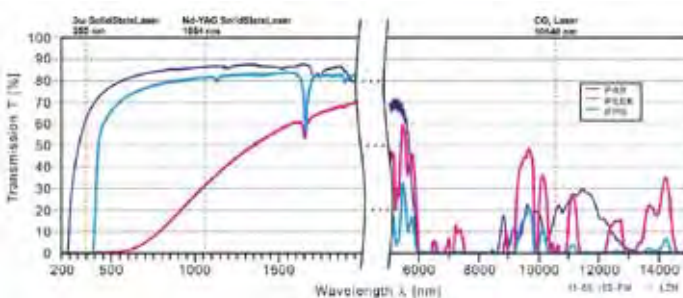
beskrivits vid tidigare konferenser av Dr. Paul Hilton från TWI [The Welding Institute] i Abington, U.K. Då sympatiske Paul nu råkade sitta som ordförande för sessionen hade han lämnat över ansvaret för presentationen till sin kollega Jonathan Blackburn. Surfi-Sculpt® är egentligen en uppfinning som härstammar från elektronstrålsvetsning, och där man genom att med energipulser flytta material för att på så sätt bygga upp mindre strukturer. I de experiment som det redogjordes för här, hade man använt en 200 W Yb-fiberlaser med en BPP [Beam Parameter Product] på 0,33 mm*mrad. För att möjliggöra denna form av bearbetning anslöts laserfibern till en ”scanner”-optik från företaget *Nutfield* med en fokallängd på 125 mm vilken resulterar i ett arbetsområde på 60x60 mm och ger en brännfläck som är 40 µm i diameter. Processen sker i en argonfylld kammare och exempel på material som hade bearbetats var rostfritt 304- och 316-material, nickellegerat Stellite718 och Ti6Al4V. Svephastigheten för laserstrålen ligger på 800 mm/sekund, och det är fördröjningen mellan de olika svepen som är avgörande för ett bra resultat. Uppsmältningen får vare sig bli för varm eller för kall. Ett exempel på en tänkbar applikation var en rostfri vals där man med Surfi-Sculpt® byggt upp små stanselement med vars hjälp man avsåg att perforera tunna filmer [Fig. 8]. Ytterligare applikationer står att finna inom biomedicin och för värmeöverföring, och Surfi-Sculpt® med laser bedöms vara billigare än elektronstrålbearbetning och snabbare än laser-DMD [Direct Metal Deposition].

Frank Völkermeier från Laser-Zentrum Hannover redogjorde för hur man reparerade kompositmaterial med hjälp av laserteknik. Han jämförde olika våglängdsområden och kom fram till att inget egentligen var optimalt för ändamålet [Fig. 9]! UV-laserstrålningen har god absorption i polymermaterial och ger liten termisk påverkan, men resulterar i en låg bearbetningshastighet.



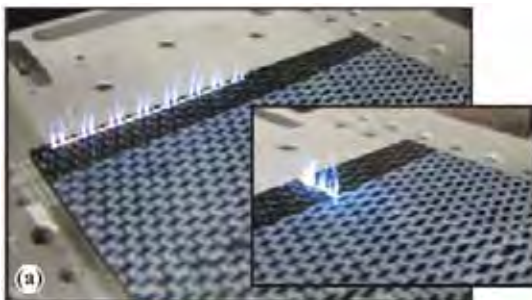
Figur 8.

En rostfri vals i 316-material på vilken man med Surfi-Sculpt®-tekniken byggt upp 170 identiska stansemönster avsedda för perforering av tunna filmer; och t.h. ett detaljsnitt av mönstret.



Figur 9.

Transmissionsvärden för några olika termoplaster med hänsyn till olika laservåglängder



Figur 10.

Selektiv laserablation av matris-materialet i en fiberkomposit utan att man skadar kolfibrerna.

NIR [Near InfraRed] – våglängden är lätt att integrera medelst fibertransmission av laserstrålen, men har å andra sidan låga absorptions-egenskaper. I det senare avseendet är lasrar inom FIR [Far InfraRed] –våglängdsområdet avsevärt fördelaktigare, men ger en hög termisk påverkan. I experimenten hade man använt en mobil CLEAN-laser med 355 µm våglängd, pulslängder på 30 ns och en pulsfrekvens kring 300

kHz. Processen tillgår så att man med en framföringshastighet på 4 m/sek lager för lager avverkar det skadade området [Fig. 10] och att man med laserpulser också klipper av fiberförstärkningarna. Därefter limmas ersättningsmaterialet på plats. Slående var att hållfastheten hos de reparerade CF-PEEK [CarbonFiber – PolyEter-Eter-Keton] -proven överträffade originalmaterialets egenskaper. □

Vännäs Verkstads AB investerar stort i Prima 3d laser och Safan e-kantpress från Din Maskin

Vännäs Verkstads AB är ett legoföretag med optimistisk framtidstro och 3 givna ledstjärnor: Snabbhet, Närhet och Kvalitet. Målsättningen är att tillfredsställa och överträffa sina kunders behov. Företaget startade 1974 men de nuvarande ägarna köpte företaget i augusti 2010 och har idag 6 anställda.

Vännäs Verkstads AB erbjuder tjänster inom områdena laserskärning, svarvning, bockning, gravering, svetsning samt konstruktion för tillverkande industri och vänder sig till kunder som jobbar med allt från tandvård till skogsmaskinbyggare.

Daniel Wallberg, chef på företaget, berättar om hur tankarna gick inför investeringen:

– Vi behövde investera i en laserskärningsmaskin och ville ta tekniken ett steg längre för att ligga i framkant konkurrensmässigt. En 3D planlaser stod högt på önskelistan och vi insåg att det endast var Din Maskin som kunde erbjuda den maskintypen i Sverige i form av Prima DOMINO. Noggrannheten och precisionen som maskinen presterade imponerade på oss! Vi behövde även köpa en ny kantpress och det var naturligt att investera i en elektrisk maskin. Även här föll valet på Din Maskin och en Safan E-Brake då vi kunde köpa båda maskinerna från dem och därigenom få synergieffekter i form av service och underhåll.

DOMINO från Prima Power är den snabbaste 2D/3D lasermaskinen i världen. Men detta räcker inte för att vara bäst: det krävs även noggrannhet, tillgänglighet och flexibilitet.

Det är en ideal lösning, att med samma system hantera såväl 2D som 3D-skärning och svetsning, vinkel-skärning och rörbearbetning. DO-



Operatören Jonas Lindström vid den nya servoelektriska kantpressen.

MINO är en maskin designad för dagens industriella verklighet som kräver hög produktivitet, hög effektivitet, extrem mångsidighet, maximal noggrannhet och begränsade kostnader.

DOMINO är extremt mångsidig: det finns inga begränsningar för vilka applikationer den kan hantera. Den är den enda 3D maskinen som har en NC-styrd axel som automatiskt kontrollerar fokuspunktens position: stor produktionsflexibilitet utan någon manuell justering för hela arbetsområdet, olika material och tjocklekar vilket ger säker och stabil kontroll av processen.

Safans kantpress, E-Brake, har en servoelektriskt driven pressbalk med en extrem noggrannhet. De faktorer som gör så många kunder nöjda med

sin E-Brake är bland annat dess tysta gång och exakthet i bockningsoperationen samt att den är extremt användarvänlig. Vännäs Verkstad har även valt att installera Autopol direkt i kantpressningens styrning vilket kommer att underlätta vid programmering och ger möjlighet att importera 3D filer. Viktigt att nämna är att en E-brake är fri från hydraulolja genom servodriften.

För ytterligare information om laserskärningsmaskiner från Prima och Safans servoelektriska kantpressar, kontakta en säljare på Din Maskin på telefon 0370-693400. □

WM Press gör storinvestering med 3d-laser och laserkombimaskin från Prima Power och Din Maskin

WM Press i Helsingborg är en liten verkstadskoncern (Innovation AB), där de rörelsedrivande bolagen WM Press och AGAB Pressautomation ingår. Rörelsen bedrivs i huvudsak i Ramlösa/Helsingborg.

WM Press designar, tillverkar, formar och djupdrar plåt detaljer i olika kvalitéer, laserskär, rundformar, stansar, svetsar (mig, mag, tig, plasma) såväl konventionellt som mekaniserat och robotiserat o.s.v. Man har även en maskinbearbetningsavdelning med flerop-bearbetning, CNC-svarvning, montage o.s.v.

Systerbolaget AGAB konstruerar och säljer i huvudsak verktygsväxlingssystem för att minimera ställtider i pressar och presslinjer. Kundsegmentet är främst fordonsindustrin och dess underleverantörer. 80 procent av anläggningarna exporteras world-wide.

Lars Winqvist, VD på företaget;

För att snabba upp processer och flöden, storsatsar vi nu bland annat på senaste tekniken vad gäller laser och stansning. Samtidigt som flertalet av företagets presslinjer under året har uppgraderats med nya styrsystem, så investerar vi nu också i några nya maskintyper för att göra verksamheten än mer effektiv och konkurrenskraftig. Vi har en mycket god orderstock och många nya, spännande projekt på väg in. När vi insåg investeringsbehovet var det främst 3D-lasern DOMINO från Prima Power som väckte vårt intresse. Den är unik i sitt slag i Sverige. Eftersom vi även tittade på en laserkombi föll det sig naturligt att vi köpte också denna av Din Maskin.



Jasmin är operatör vid den nya Prima DOMINO.

WM Press investerar nu i en Prima Power DOMINO, 2D-3D laser samt en PRIMA POWER LPe6, servoelektrisk laserkombi

DOMINO från Prima Power är den snabbaste 2D/3D lasermaskinen i världen. Men detta räcker inte för att vara bäst: det krävs även noggrannhet, tillgänglighet och flexibilitet.

Det är en ideal lösning, att med samma system hantera såväl 2D som 3D skärning och svetsning, vinkel-skärning och rörbearbetning. DOMINO är en maskin designad för dagens industriella verklighet som kräver hög produktivitet, hög effektivitet, extrem mångsidighet, maximal noggrannhet och begränsade kostnader.

DOMINO är extremt mångsidig: det finns inga begränsningar för vilka applikationer den kan hantera. Den är den enda 3D maskinen som har en NC-styrd axel som automatiskt kontrollerar fokalpunktens position: stor produktionsflexibilitet utan någon manuell justering för hela arbetsområdet, olika material och tjocklekar vilket ger säker och stabil kontroll av processen.

Finn-Power LPe6 laserkombimaskin är ett servoelektriskt, automatiskt arbetscenter som integrerar flera processer i en maskin. Med Finn-Power LPe6 kan avancerade plåt detaljer stansas, formas, bockas och gängas för att därefter laserskäras ut och sorteras eller staplas. Allt i en enda automatisk process och med en oöverträffad flexibilitet och med ett operatörsgränssnitt som är anpassat till att förkorta ställtider till ett minimum. Den nya laserkombin, LPe6, är utrustad med ett helautomatiskt hanteringssystem för laddning av material och stapling av detaljer.

Finn-Power LPe6 reducerar tillverkningskostnaderna genom flexibilitet, reduktion av materialspill samt en oöverträffad produktivitet. Finn-Power LPe6 är utrustad med Rofin Sinar 2500W CO₂ SLAB laser som är en högeffektiv och driftsäker laser med låga service- och driftkostnader.

WM Press har även utrustat sin laserkombi med upformningsverktyg så att man kan slutforma och bocka mindre detaljer till färdig detalj. □

Fokalpunktsförskjutning – de nya laserkällornas akilleshä

Johnny K Larsson, Volvo Cars

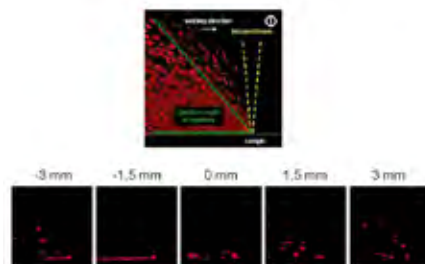
”Allt är inte guld som glimmar” heter det ju, och detta uttryck skulle också kunna användas om de nya laserkällor med extremt bra strålkvalitet som idag erbjuds på marknaden. Vi känner ju alla till de fördelar som strålkvaliteter ner mot 10 mm*mråd har att erbjuda:

- En liten fokalkpunkt vilken medger höga bearbetningshastigheter
- Långa arbetsavstånd som medför mindre nedsmutsning av optiken
- Ett långt skärpedjup som gör positioneringen av fokalkpunkten mindre känslig

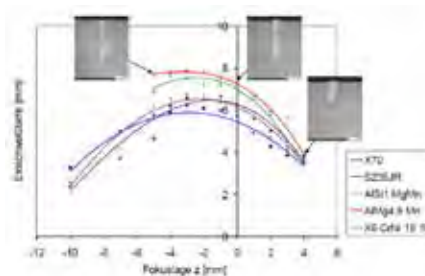
Det senare motverkas emellertid av den fokalpunktsförskjutning som börjar uppträda då man arbetar med laserstrålar med mycket hög energitäthet. Den senare gör att man får en termisk påverkan på såväl kollimerings- som fokuseringsoptiken med en mer eller mindre oförutsägbar förflyttning av fokalkpunkten [Fig. 1]. Omfattningen av detta problem föranledde exempelvis en dedikerad session kring temat vid förra årets ICA-LEO-konferens i Anaheim, CA, men var också ”på tapeten” vid LAF’10 [Laser Anwender Forum] i Bremen hösten 2010.

Dr. Daniel Reitemeyer från BIAS [Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik] berättade om de erfarenheter man hade vid institutet. BIAS var ju tidigt ute med att införskaffa en högeffektfiberlaser [YLS-8000 från IPG] och genomförde inledningsvis en hel del svetsförsök åt tysk varvsindustri. Vid svetsning med denna typ av laser med hög strålkvalitet blir förekomsten av svetsssprut ofta ett problem. Enligt Dr. Reitemeyer bör man eftersträva att placera fokalkpunkten cirka 1,5 mm in i materialet [Fig. 2], men önskas ett större insvetsdjup åstadkoms detta med en fokalpunktsplacering på mellan 2-4 mm in i materialet [Fig. 3]. Att däremot försöka placera fokalkpunkten ovanför arbetsstycket visade sig däremot alltid ge upphov till svetsssprut.

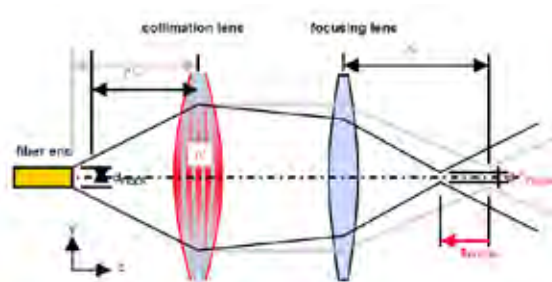
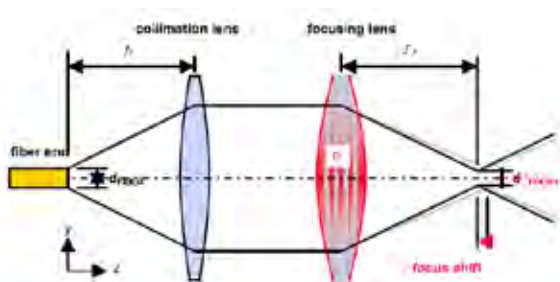
En bred undersökning där kollimeringen varierades mellan 160-200 mm och fokallängden mellan 200-400 mm gav vid handen att upp till 1 kW lasereffekt förekom ingen fokalpunktsförskjutning, men vid högre effekter blev detta problem uppenbart [Fig. 4]. För att motverka dylika effekter hade forskargruppen vid BIAS tagit fram en försöksuppställning där en CCD [Charge Coupled



Figur 2. Förekomsten av svetsssprut vid olika fokalpunktsplaceringar i förhållande till arbetsstyckets toppyta.



Figur 3. Fokalpunkts placering i förhållande till toppytan påverkar även insvetsdjupet.

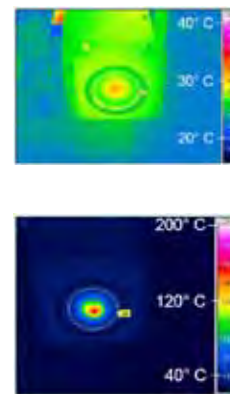
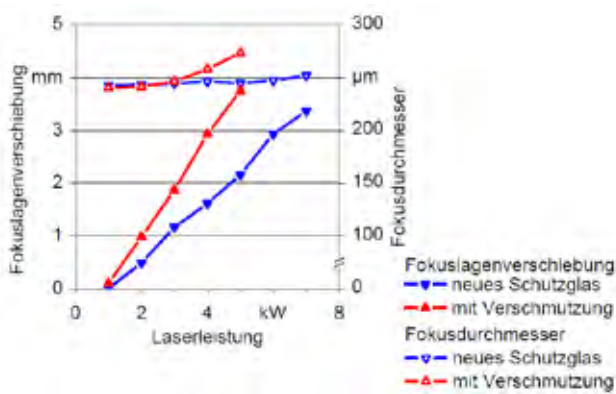
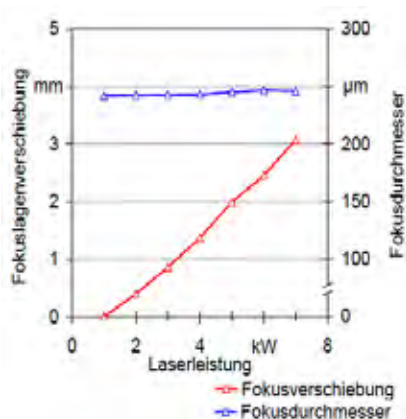


Figur 1. Fokalpunktsförskjutning som ett resultat av termisk påverkan på fokuseringslinsen (t.v.) respektive kollimeringslinsen (t.h.).

Device] -kamera registrerar förändringar hos fokuspunktens utseende och en motoriserad kollimering kan reglera och kompensera i de fall då fokuspunktsförskjutningar uppstår. Dr. Björn Wedel från företaget High Yag i Stansdorf, Berlin var av den mening att en viss fokuspunktsförskjutning kan tolereras p.g.a. det större skärpedjup som den goda strålkvalitén medför, men vid förskjutningar som är större än halva

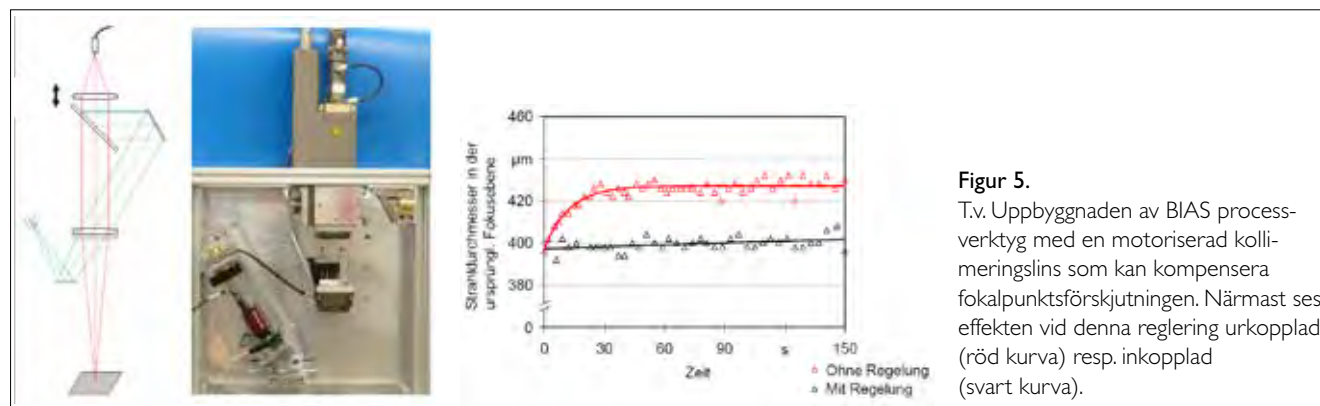
Rayleigh-våglängden blir problemet uppenbart [Fig. 6]. Annars presenterade den gode Björn några av sitt företags olika laserverktyg, såsom ett modulärt fokussystem kallat BIMO, där fasetterade integrationselement kan generera skräddarsydda fokuspunkter, t.ex. rektangulära sådana [Fig. 7]. För pipeline-svetsning kan man komplettera detta verktyg med ett fogföljningssystem som bygger på en endimensionell linje-”scanner”

med ± 10 mm amplitud och 1 kHz scanningfrekvens [Fig. 8]. Vidare visades på processverktyget RFK med vilket det går att åstadkomma ringformiga svetsar [Fig. 9], samt slutligen ”scanner”-verktyget RLSK [Fig. 10] som teoretiskt kan täcka ett arbetsfält på 1750×1750 mm under förutsättning att man använder en ”single mode” fiberlaser med en fiberdiameter på $30 \mu\text{m}$ [Tabell 1].

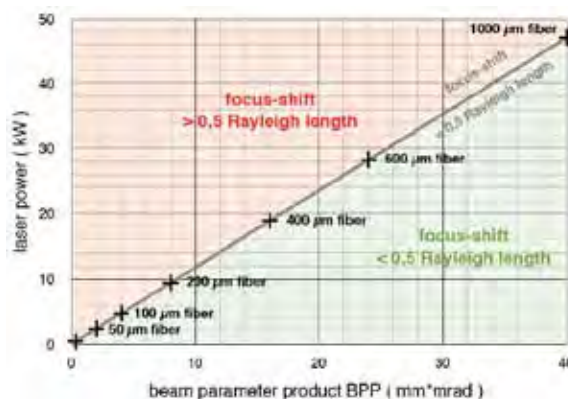


Figur 4. I diagrammet t.v. framgår att det med bibehållen fokuspunktsstorlek sker en avsevärd förskjutning av densamma vid lasereffekter över 1 kW p.g.a. värmedistorsioner i kollimer- och fokuseringslinserna.

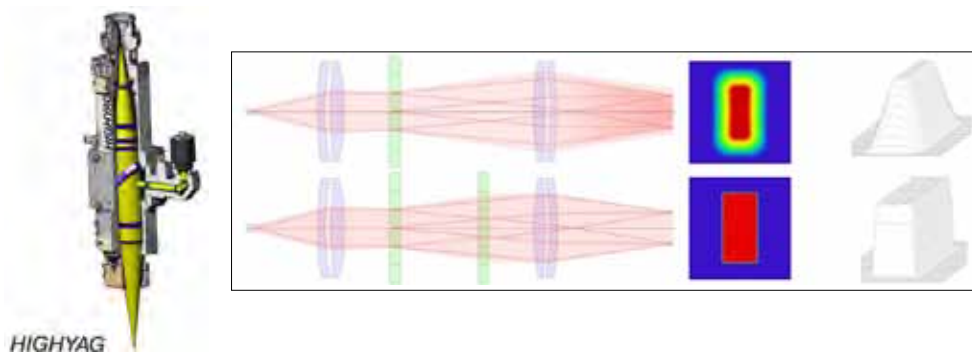
Inverkan att ett smutsigt skyddsglas förstärker denna effekt, och termografibilderna t.h. illustrerar temperaturnivåer och -fördelning i ett nytt skyddsglas (ovan) jämfört med ett smutsigt (underst).



Figur 5. T.v. Uppbyggnaden av BIAS processverktyg med en motoriserad kollimeringslinse som kan kompensera fokuspunktsförskjutningen. Närmast ses effekten vid denna reglering urkopplad (röd kurva) resp. inkopplad (svart kurva).



Figur 6. En kritisk gräns uppnås då fokuspunktsförskjutningen överstiger halva Rayleigh-våglängden! I diagrammet syns den kritiska gränsen angiven som funktion mellan lasereffekt och strålkvalitet.



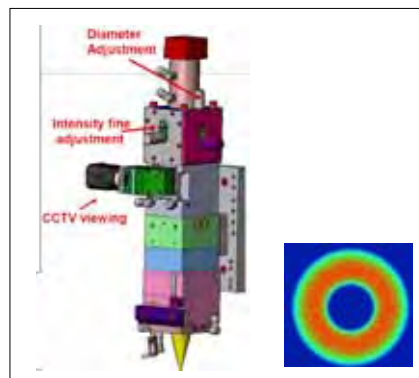
Figur 7. Principupbyggnaden av High-Yags modulära BIMO-verktyg längst t.v., vilket kan kombineras med olika fasetterade integrationselement ovan. Med ett enkelt element erhåller man en tophat-profil med något lutande sidor, medan element i två steg skapar en verklig tophat-profil.

Dr. Markus Kogel-Hollacher från Precitec Optronik GmbH i Rodgau utanför Frankfurt a.M. gav sin syn på problemet med fokalpunktsförskjutning, men där han även tog tillfället i akt att visa upp några av Precitecs senaste innovationer. En sådan är fogföljningsverktyget LPF, kanske mera bekant som "Precitec Wobble-Tracker System", vilket bygger på en extern linjeprojektion kombinerad med en kamera, där korrigeringen av fokalpunktspositionen sker med en "scanner"-spegel [Fig. 11]. Bildfrekvensen hos CMOS [Complementary Metal Oxide Semiconductor] -kameran ligger på 3 kHz och återger två separata s.k. "Region Of Interest" [ROI] – ett för övervakning av linjärfogföljaren och ett annat för analys av nyckelhålet. LPF-verktyget går att kombinera med Weldmaster®, ett avbildningssystem där svetsfogens form kan visualiseras.

Företaget Primes har fram till idag sålt cirka 3.500 mätsystem för bedömning av strålkvalitet, och vid LAF'10 visade Dr. Otto Märten på några av de produkter som kan vara behjälpliga med att övervaka fokalpunktens status. Ett är det s.k. CPM [Compact Power Monitor, Fig. 12], ett effektmättningsverktyg som kan användas för laserkällor med effekter mellan 0,5-10 kW.



Figur 8. BIMO-verktyget kan kombineras med en endimensionell linje-scanner vilken använts vid lasersvetsning av pipelines t.v. Med en spalt på 0,5 mm ses resultaten utan inkopplad scanner-funktion närmast, att jämföras med en 0,7 mm stor pendling med 200 Hz frekvens t.h.



Figur 9. Med HighYags processverktyg RFK går det att skapa runda svetsar med hjälp av en ringformig fokalpunkt.



Figur 10. Tvärsnitt genom "scanner"-verktyget RLSK, vilket bl.a. är kompatibelt med Optiskands optiska fibrer.

Tabell 1.

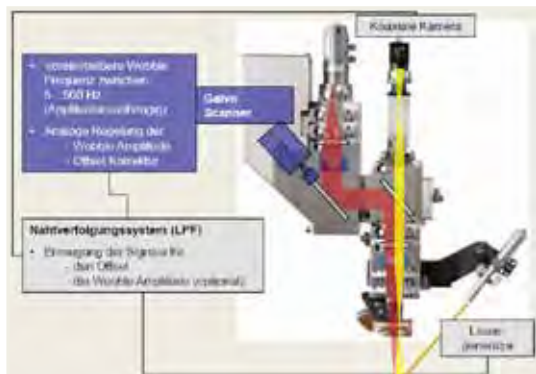
Fiberdiameter [ϵ_{fib} , μm]	Fokallängd [F_{foc} , mm]	Fokusdiameter/Fiberdiameter [$\epsilon_{\text{foc}} / \epsilon_{\text{fib}}$]	Arbetsfält* [mm]
600	200	1	90 x 90
200	600	3	275 x 275
100	1200	6	550 x 550
30 (TEM ₀₀)	4000	20	1750 x 1750

*) Beräknad på en "scanning"-vinkel av $\pm 18^\circ$

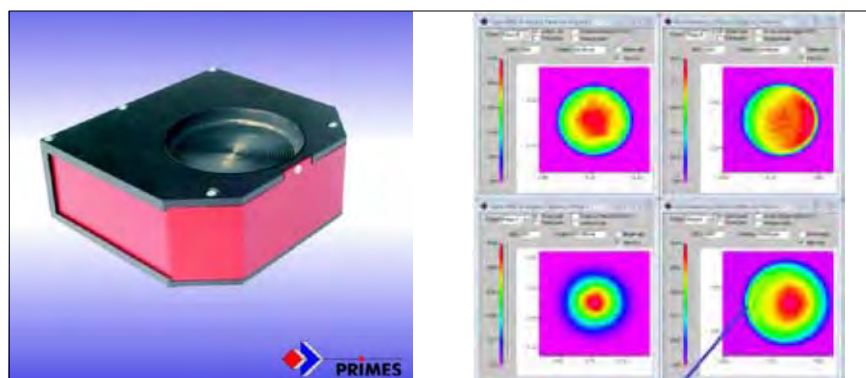
Ett annat verktyg kallas HighPower-MSM [Micro-SpotMonitore, [Fig. 13] och kan mäta den geometriska formen hos laserstrålen, vilket omfattar:

- Fokalpunktens läge i rummen
 - Fokalpunktens diameter
 - Rayleigh-våglängden
 - Laserstrålens divergens
- Strålkvaliteten uttryckt som BPP [Beam Parameter Product]

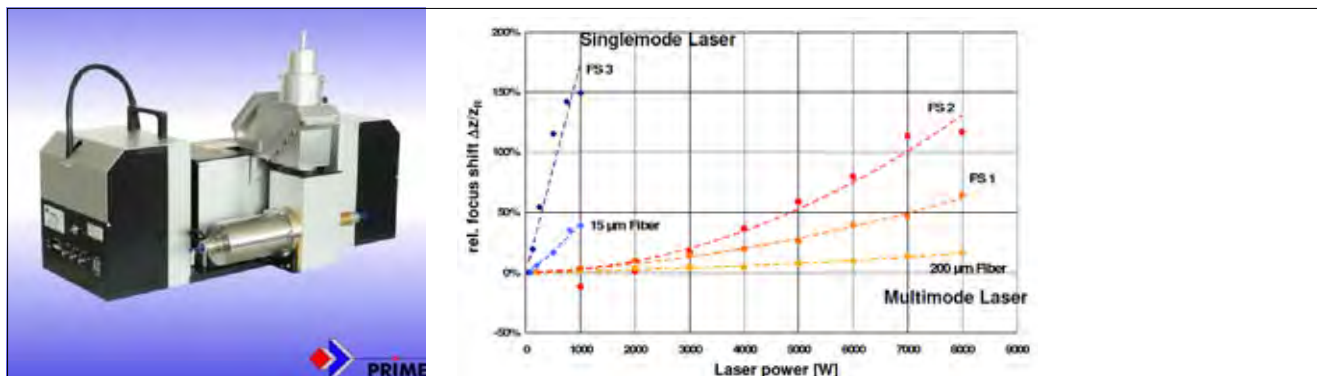
Sammanfattningsvis kan man konstatera att de nya laserkällornas suveräna strålkvalitet med tillhörande höga energitäthet har gett oss laseranvändare ett nytt problem på halset – fokalpunktsförskjutning. Men som framgår ovan har våra kära laserverktygsleverantörer utvecklat en hel del hjälpmedel som med all sannolikhet gör det möjligt att hantera även detta problem i framtida laserbearbetningsprocesser! □



Figur 11. Principen för Precitecs följningsverktyg LPF där en linjärprojektion på arbetsstycket analyseras av en CMOS-kamera för att upprätthålla korrekt följning vid exempelvis lasersvetsning. Eventuella avvikelser kompenseras med att laserstrålens läge justeras med hjälp av en "scanner"-spegel.



Figur 12. Primes' effektmättningsverktyg CPM är lämpligt för lasereffekter mellan 0,5 och 10 kW.T.h. kan man se hur verktyget visualiserar en korrekt effektfördelning (exemplen t.v.) att jämföras med en av olika orsaker uppkommen ojämn effekt.



Figur 13. En annan produkt från Primes är den s.k. HighPower-MSM, vilken bl.a. möjliggör kontroll av en eventuell fokalpunktsförskjutning. I diagrammet t.h. framgår att risken för en sådan ökar vid mindre fiberdiametrar och blir speciellt accentuerad för "single-mode"-lasrar.



Avancerade processgaser för svetsning med CO₂- och fiberlaser

Bo Williamsson, AGA Gas AB

Inledning

Vid svetsning med laser krävs i regel tillförsel av processgas, både skyddsgas och rotskyddsgas förekommer i många fall. Problem med plasma, porer, bindfel, inträngning och smältdicken mm är välkända fenomen bland lasersvetsoperatörer. Denna artikel är en sammanfattning av ett föredrag som hölls vid NOLAMP-konferensen i Trondheim 2011 och beskriver grundläggande frågor kring processgasval vid lasersvetsning.

Klassisk processgas för lasersvetsning med högeffekts CO₂-laser är helium, en beprövad lösning som fungerar i de flesta fall. Valet av helium är dock idag en smula kontroversiellt. De globala heliumtillgångarna är begränsade, och kommer med stor säkerhet att sina någon gång i framtiden. Helium är också ett relativt kostbart alternativ. Hittills har valet av helium motiverats av tekniska fördelar som svets hastighet, inträngning etc. men vad kommer att hända framöver?

Denna artikel tar upp grundläggande fakta kring användandet av processgaser, också alternativa sådana. Några aspekter kring arrangemanget av gastillförseln tas också upp. Större delen av informationen beskriver svetsning med CO₂-laser, men svetsning med fastkroppslaser, t.ex. fiberlaser beskrivs också kort. Det ter sig ganska uppenbart att fördelar finns att hämta i valet av alternativ processgasblandning när det gäller svets hastighet, inträngning och svetsgodskvalitet. Resultatet förstärks om gasvalet görs i kombination med en korrekt konfiguration av gasmunstyckena.

1. Faktorer att se upp med

Normalt utförs svetsningen i en kontrollerad atmosfär. En störning i gasflödet kan dock påverka svetsresultatet dramatiskt. Föroreningshalterna i form av partiklar, kolväten och fukt kan också variera kraftigt beroende på omgivning och väderförhållanden.

Vad händer om luft kommer i kontakt med svetsprocessen? Beroende på lasereffekt och energidensitet hettas N₂-, H₂O- och O₂-molekylerna upp kraftigt genom interaktion med plasmat, vilket resulterar i dissociation av gasmolekylerna. Penetrationsförmågan i smält metall för de enskilda (små) atomerna är betydligt högre än för molekylerna. Reaktionsförmågan ökar också. Problem vid lasersvetsning kan visa sig exempelvis vid en höjning av lasereffekten, t.ex. vid krav på ökad

svets hastighet eller efter service. Ett effektivt sätt att lösa problemet är att arbeta med optimering av gasval och gasmunstycken.

2. Nitrogen

Svetsdefekter orsakade av felaktigt gasskydd är inte alltid lätta att härleda. Vid cirkulär svetsning med överlapp kan porer bildas i överlappsområdet trots att svetskvaliteten i övrigt är utmärkt. Problemet uppstår när luft (el. Nitrogen) kommer i kontakt med smältan. Troligen diffunderar nitrogen in i smältan under svetsprocessen, något som också underlättas av den lilla diametern hos de dissocierade gasatomerna och den höga temperaturen. Enligt Wada och Pehlke kan 440-500 mg nitrogen per gram järn lösas i processen (beroende på temperatur och parti-altryck hos nitrogenet). Exakt hur

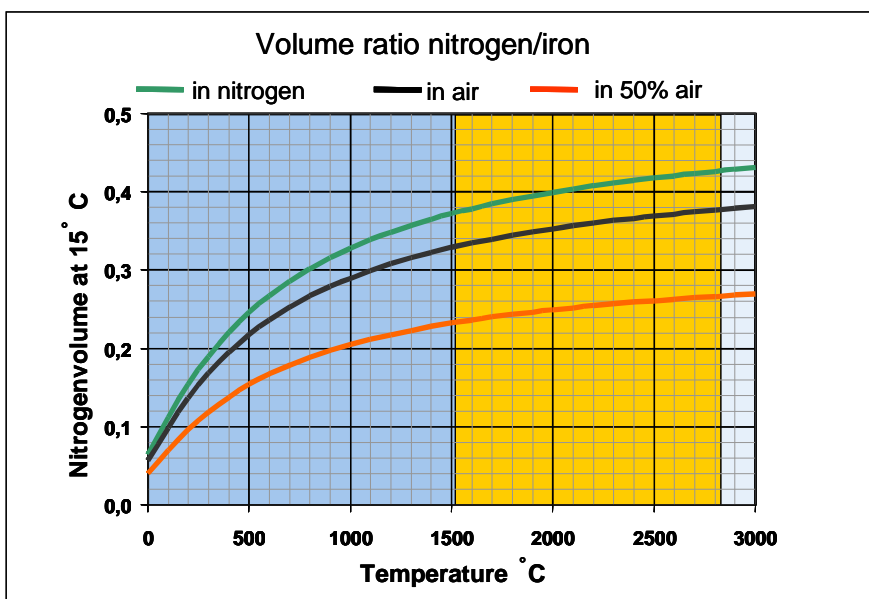


Fig 1. Lösighet för nitrogen i järn.

mycket nitrogen som kan lösas beror också på legeringssammansättningen hos materialet. Krom och mangan ökar lösligheten medan kol, kisel och nickel reducerar densamma. Om smältan innehåller nitridbildare som titan eller aluminium minskas lösligheten. Mängden nitrogen i viktprocent är inte särskilt hög. Gasvolymen som kan innehållas i 1 liter järn vid 15 °C är dock så hög som 0,3 liter. [Fig 1]. Gasen hålls kvar i järnet så länge järnet befinner sig i fast tillstånd. Under svetsningen distribueras nitrogenet längs svetsen med hjälp av konvektion. Den höga avkylningshastigheten hindrar nitrogenet från att evakueras trots den minskade lösligheten vid lägre temperaturer. Nitrogen är mer eller mindre "infrost" i stålet då tiden inte räcker till för att tillåta dissociation ut ur materialet. Porerna är dock små och jämnt distribuerade i svetsgodset. När laserstrålen når startpositionen på den cirkulära svetsen värms materialet upp en andra gång. Gasen i porerna värms varvid de expanderar. Porerna rör sig uppåt i smältan, förenar sig med andra porer, växer till och blir synliga på svetsen yta. Det är mer än en gång som laseroperatören tittat på de svetsade bitarna och undrat var porerna kom ifrån helt plötsligt.

3. Fukt och hydrogen

Atmosfärens nitrogeninnehåll är "konstant" och dess effekter är repeterbara. Vatteninnehållet i luft är dock en variabel som fluktuerar väsentligt. [Fig 2]. Låt oss ta en närmare titt på fukthalten i den omgivande luften. Vid lasersvetsning används ofta processgaser med 99,995% (4.5) renhet eller högre för att ge önskad kvalitet och prestanda. Svetsprocessen är omgiven av luft med en fukthalt som varierar beroende på klimatzon, årstid, temperatur och väderlek. Under varma sommardagar har vi väl alla funderat över vattendropparna på väggar och tak i våra källarutrymmen. Fenomenet beror förstås på kondensering av den fuktiga varma luften som leds in i källaren. Naturligtvis är utomhustemperaturen inte alltid 35°C, fukthalten är inte heller alltid 100% (motsvarande ett vatteninnehåll i luften på ca 40 g eller 40 ml per m³ luft). Vid denna punkt, om inte tidigare ökar risken radikalt för produktionsstillestånd p.g.a att svetssträngarna i konstruktionsstål spricker, eller att svetsarna i aluminium innehåller alltför många och stora porer.

Ofta, efter några veckors produktion av stora mängder skrot (ingen

vet exakt varför) så fungerar plötsligt processen normalt igen. Arbetet fortskrider sedan normalt fram till nästa stora väderomslag. Problem orsakade av hydrogen eller fukt kan lätt uppstå vid svetsning i stål eller aluminium. Den höga intensiteten hos laserstrålen och bildandet av en ångkapillär gör att mycket varmt, i vissa fall t.o.m joniserat material evakueras från svetsen. Det upphettade materialet värmer upp den omgivande luften vilket skapar förutsättningar för dissociation av luftens fuktinnehåll varvid fria hydrogen- och oxygenatomer skapas. Atomärt hydrogen är den minsta av alla atomer och penetrerar lätt svetsen där rekombination sker till molekylärt hydrogen vilket blir kvar efter stelningsprocessen vilket resulterar i dislokationer. Den påföljande ökningen av trycket skapar spänningar och sprödhet hos materialet med påföljande risk för sprickbildning. Stål med höga martensithalter är känsligare för väteförspädning än andra material.

I motsats till stål, där hydrogenet orsakar sprickor (oftast med start i svetsgodset), är hydrogeninducerad porbildning det stora problemet vid svetsning av aluminium. Porer orsakas oftast av hydrogen som absorberas under svetsprocessen och sedan avges från smältan under stelningsprocessen. Smältan kan lösa stora kvantiteter hydrogen jämfört med aluminium i fast form [Fig. 3]. Överskottet avges som gasbubblor vid stelningsfronten. Då aluminium har en låg smältpunkt och hög termisk ledningsförmåga sker stelningsprocessen snabbt och gasbubblor som avgivits hinner inte ta sig upp till smältans yta. Bubblorna fastnar i stelningsfronten, förenar sig till större bubblor och blir kvar i svetsgodset som porer.

Summa summarum, skillnaden mellan problem orsakade av hydrogen kan beskrivas enligt följande:

Båda metallerna kan absorbera hydrogen i smältan vid höga temperaturer. Vid stelning minskar hydrogens löslighet. Hos stålet stängs hydrogenet inne lokalt under stelningsförloppet. I kontrast till detta

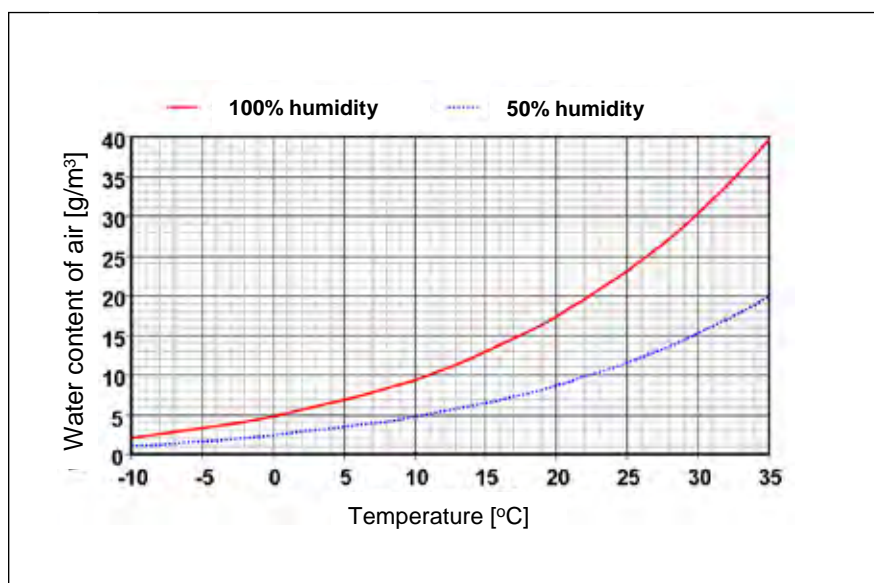


Fig 2. Vatteninnehållet i luft beror på fukthalten och temperaturen.

skjuter the stelningsfronten i aluminium hydrogenet framför sig. De enskilda bubblorna bildar större enheter som sedan avsätts i form av porer mellan de individuella kristallerna. Om antalet kärnbildningspunkter ökas i aluminium, antingen genom tillsats av legeringselement eller tillatser i processgasen, bildas fler men mindre kristaller i materialet. Porer blir också mindre, mer findistribuerade och utgör därför ett mindre problem.

För att minimera porproblem bör följande åtgärder vidtas:

- Säkerställ att rätt gaskvalitet används. (Gasen ska ju förhindra att luft och fukt kommer i kontakt med svetsprocessen)
- Se till att detaljerna som ska svetsas är väl rengjorda och att de är tempererade för att undvika kondens på ytan.
- Vid svetsning av känsliga material skall självklart processgaser innehållande hydrogen undvikas, detta gäller även rotskyddsgaser.
- Se till att tillförseln av processgas görs på rätt sätt, också att rätt gasflöden används.

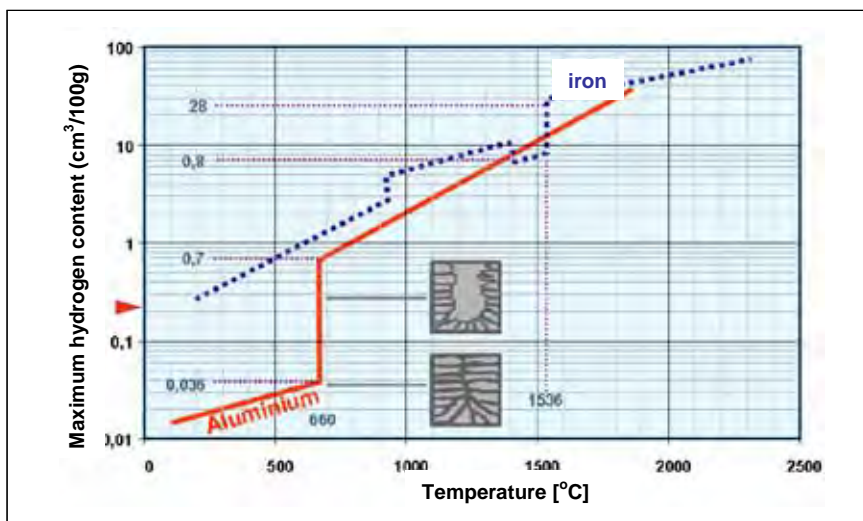


Fig 3. Hydrogeninnehåll i aluminium och stål i relation till temperaturen.

4. Oxygen

Oxygeninnehållet i luften påverkar också svetsresultatet, dock inte lika dramatiskt som i fallet med hydrogen. Dessutom syns effekterna snabbt i form av ytoxidation. Ytoxider accepteras ofta slentrianmässigt utan att man tänker på att ett överskott av oxider kan påverka bildandet av smältdiken. Oxidation av legeringsämnen kan också påverka

materialegenskaperna, exempelvis vid svetsning av rostfria material där korrosionsskyddet kan slås ut vid oxidation av svetsens yta. En intressant effekt är att tillsats av oxygen i små mängder kan effektivisera svetsprocessen i vissa material. Mer om detta i den avslutande delen av artikeln. □

Del 2 publiceras i LaserNytt nr 2-2012.

Laserutbildning i Finland

Per Westerhult, Lasergruppen

I Finland finns sedan ett flera år ett antal skolor eller utbildningscentra som har lagt in laserutbildning i det ordinarie schemat. Följande utbildningsenheter finns idag samt vilken laserutrustning de förfogar över:

Winnova Oy, Laitila (fortsättningsutbildning)

- Trumpf Disc laser, 12 kW
- Trumpf Nf:YAG, 4 kW

Ketek Oy, Kokkola (Teknologiskt center)

- Rofin Sinar Nd:YAG, 3,5 kW plus några lågeffekt lasrar

West – Lapland Yrkes Skola, Tornio

- Trumpf Disc Laser, 4 kW
- Trumpf CO2 Laser, 3 kW

Bakom finansieringen av utrustningen står den Finska Staten och EU medel. Det bör även nämnas att Lappeenranta University och Tampere University of Technology förfogar över ett stort antal lasermaskiner till undervisning och forskning.

Machine Technology Center Oy

(mellanting mellan universitet och yrkes skola)

- IPG Fiber Laser, 10 kW
- IPG Single Mode Fiber Laser, 2 kW

North – Carelian Yrkes Skola

- Finn Power Punch Laser Machining Center, 2,5 kW

Southern Oulu Institute, Nivala

(tillhör universitetet i Oulu)

- Trumpf Disc Laser, 4 kW
- Trumpf Disc Laser, 3 kW

Mikrobearbetning med laser

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Lasermärkning av rostfria multiverktyg

Att märka mindre rostfria handverktyg är en utmärkt tillämpning för CO₂-lasermärkning. Märkningen kan vara såväl komplex, som t.ex. en företagslogotyp i reklamsyfte, eller en enkel alfanumerisk sträng för att identifiera ett företag eller en avdelning. Den hårda miljön i vilken dessa typer av verktyg används medför ett kraftigt slitage, speciellt i de områden som handen griper kring. Detta innebär att bläck eller annan pålagd märkning snabbt försvinner. Att däremot använda sig av en direktmärkning med hjälp av en CO₂-laser skapar en permanent prägling, vilket ger verktygen ett varaktigt utseende över en längre tidsperiod.

För den här aktuella applikationen märktes ett rostfritt multiverktyg med en komplex företagslogotyp. Utrustningen bestod av ett "FH Flyer"-märkverktyg och en 100 W laser vilken styrdes via mjukvaruprogrammet "WinMark Pro". Märkverktyget var försett med en fokuserlins med 125 mm brännvidd vilket resulterar i en fokuspunkt med 180 µm diameter på arbetsstycket.



Figur 1.

Denna permanenta lasermärkning med hög kontrastverkan utfördes på ungefär 7 sekunder med hjälp av en 100 W CO₂-laser.

Denna lilla fokuspunkt i kombination med en relativt hög lasereffekt är nödvändig för att erhålla den energitäthet som krävs vid märkning i rostfritt stål.

Företagets logotyp utgjordes av en vektorgrafik av konturen av ett kattdjur [Fig. 1], vilken mätte 15,2'8,9 mm, och som importerades till "WinMark Pro"-programmet från en .ai-file. Därtill skrevs ett 3,3 mm högt TrueType® textobjekt in direkt i mjukvaran. För båda dessa föremål användes vid märkningen en processhastighet på 50 mm/sek och 100 W lasereffekt. Den slutgiltiga, permanenta svarta märkningen som får en hög kontrastverkan utfördes med en cykeltid kring 7 sekunder per detalj.



Figur 2.

En 25 W CO₂-laser användes här för att lokalt ta bort det svarta lacksiktet på denna flaska. Därmed exponeras det rostfria material som flaskan tillverkas i och skapar en logotyp med hög kontrastverkan.

Lasermärkning av lackerade rostfria stålflaskor

Vattenflaskor i rostfritt stål ökar i popularitet p.g.a. de miljö- och hälsoaspekter som aktualiserats med hänsyn till vissa kemikalier som förekommer i plastflaskor. Rostfria flaskor är robusta men också lätta då de tillverkas med extremt tunn väggtjocklek. Därtill lackeras dessa flaskor så att de får en slät och attraktiv yta, som dessutom adderar ett skydd för extern åverkan. Medan direktmärkning med en CO₂-laser i rostfritt stål vanligtvis kräver effekter på mellan 60-100 W kan lokal borttagning av ett färgskikt lätt åstadkommas med så låg lasereffekt som 25 W.

Den här aktuella applikationen utgjordes av en svartlackerad vattenflaska i rostfritt stål [Fig. 2] som skulle märkas med företagets relativt komplexa logotyp. Här användes ett dedikerat märkverktyg, en 25 W CO₂-laser samt en programvara speciellt framtagen för lasermärkning. Märkverktyget arbetade med en fokallängd på 125 mm vilket ger en fokuspunkt på 180 µm i diameter. En så pass liten fokuspunkt visade sig



Figur 3.

Detta provstycke i PETG illustrerar den snittkvalitet som uppnås vid laserskäring. Objektet är 2 mm tjockt och skars med en hastighet strax under 2 m/min vid 100 W lasereffekt.

vara nödvändig för att skapa de fina detaljerna i logotypen.

Det grafiska objektet mätte 38,1'28,0 mm och importerades i mjukvaruprogrammet med en upplösning på 300 LPI [Lines Per Inch]. Företagsnamnet under logotypen lades till genom att skapa ett textobjekt av 5,3 mm höga TrueTypeÖ-bokstäver. Märkningshastigheten låg på 1900 mm/sek för såväl logotyp som text. Genom denna ablationsprocess, som tog ungefär 7,5 sekunder per flaska, frilades den underliggande rostfria ytan, vilket gav en skinande markering med hög kontrastverkan.

Laserskärning av skivor i PETG

PETG, vilket skall uttydas som glykolmodifierad polyetylen tereftal,

används för att tillverka konturförpackningar, bildskärmar och flaskor för tvål och rengöringsmedel. Många mat- och farmaceutiska produkter förpackas i PETG p.g.a. dess renhet.

PETG erbjuder ungefär samma fördelar som polykarbonater [PC], men till en mycket lägre kostnad. Produkter tillverkade i PETG erbjuder en hög transparens men också mycket bra slagåtlighet. PETG-produkter kan bearbetas med konventionella skärverktyg och varmformas utan att dess struktur påverkas. Vidare är det lätt att trycka olika former av grafik på materialet, och slutligen bleks inte PETG när det utsätts för böjspänningar.

Då det gäller produktkrav som bara kan uppfyllas genom CO₂-laserbearbetning, som t.ex. skärning, borrarbning eller gravering erbjuder

PETG en annan utmärkande fördel över polykarbonat, nämligen en ren skärnya utan gulnande eller annan missfärgning.

För att bearbeta en 2 mm tjock skiva i PETG användes ett X/Y-bord och en konvex lins som ger en 100 µm stor fokuspunkt med 1,8 mm skärpedjup. Ren luft med 5,5 bars tryck användes som skärgas för att avlägsna ånga och smält material från skärkanterna. Med en lasereffekt på 100 W lyckades man skära med en hastighet av 1,9 m/min. Skärkanten, vilken visas i detalj i **Figur 3**, är ren men med en liten tendens till slagg. Däremot skall man lägga märke till att det inte förekommer något gulnande eller utfällning av förångningsprodukter vilket ofta är fallet vid laserskärning av polykarbonater.

Lasrar för produktion av batterier

Trumpf. översättning Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

Under de senaste åren har e-mobilitet vuxit till en megatrend. Höjningar av bränslepriser och den framtida bristen på fossila bränslen är viktiga faktorer i denna utveckling. Elektriska drivlinor blir allt viktigare när vi går mot en elektrisk värld. För många företag innefattar e-mobilitet hög tillväxtpotential, vilket förklarar varför de har satt detta ämne överst på sina strategiska agendor. Vid utvecklingen av teknik med låga utsläpp för elbilar som hybrider, plug-in-hybrider eller batteridrivna fordon är den viktigaste komponenten batteriet. Det är batteriet som bestämmer ett fordonets räckvidd, dess storlek och majoriteten av produktionskostnaderna. Det favoriserade batterietkonceptet är litium-jonbatteriet: dess höga effekttäthet och

utmärkta laddningsbeteende gör det mer attraktivt än alternativa batterityper. Produktionsprocessen för litium-jon-batterier innehåller många tillämpningar av laserteknik, från svetsning av huset och kontakter till att lasermärka det färdigproducerade batteriet.

Industriell tillämpning

Litium-jon batterier för elektriska fordon är mycket lika de litium-jon-batterier som finns i elektronikindustrin – åtminstone ur produktionsvinkel. Den största och mest uppenbara skillnaden är deras storlek. Litium-jon batterier för mobiltelefoner, handhållna enheter och bärbara datorer är mer kompakta än för eldrivna fordon, men tillverkningsprocesserna är desamma.

En viktig uppgift är den hermetiska tätningen av aluminiumhöljen. Inom elektronikindustrin har lasersvetsning använts i många år nu för att hermetiskt försluta batterihuset genom att lasersvetsa ett plåtlock på en burk. Det är en state-of-the-art produktionsteknik och räknas som en väl etablerad och pålitlig tillverkningsprocess. Andra processer, som mikroplasmavetsning anses inte uppfylla branschens krav.

Pulsade Nd: YAG lasrar står för flest installerade produktionsenheter vid svetsning av litium-jon-batteri hus. De skapar homogena, perfekt hermetiskt tillslutna svetsfogar utan hål och sprickor. Lasereffekten måste regleras exakt för att säkerställa svetskvaliteten. Eftersom detta också säkerställer ett konstant svets djup,

hindrar det också skador på de inre delarna av batteriet. Det är därför TruPulse pulsade Nd: YAG lasrar från TRUMPF har effektstyrning i realtid.

Även om värmetillförsel är låg vid lasersvetsning, används speciellt konstruerade fixturer gjorda av koppar för att avleda överskottsvärme från batteriet och även för att förbättra svetsfogens kvalitet. Med en genomsnittlig effekt på flera hundra watt, är svetshastigheter på upp till några meter per minut möjliga med pulsade Nd: YAG-lasrar.

Lasrar och e-mobilitet

Tillverkare av Litium-jon batteri för elektriska fordon utnyttjar nu den breda erfarenheten som finns inom elektronikindustrin. Flertalet av dessa tillverkare vidarutvecklas nu i flera avseenden från elektronik in i det snabbt växande området för e-mobilitet, så de har redan kunskapen i huset. Nyckelfaktorn för dem är att öka produktiviteten, för att minska de totala kostnaderna för batteritillverkningen.

Detta är på grund av det stora antalet enskilda battericeller som krävs för att göra det möjligt för en elektrisk bil att köra i flera timmar och med en räckvidd på flera hundra kilometer. Det förväntas att miljontals batterier kommer att tillverkas varje år för elektriska fordon inom en snar framtid – och antalet fortsätter att växa.

Ett alternativ är att använda solid-state lasrar med kontinuerlig stråle med en uteffekt av 1-6 kilowatt. TruDisk serien av högbrillianta disk-lasrar är det perfekta verktyget för svetsning av kraftigt reflekterande material som aluminium och koppar. De är okänsliga för reflektioner och möjliggör högre svetshastigheter än pulsade Nd:YAG-lasrar. Disk-lasrens svetshastigheter på flera meter per minut är en förutsättning för att begränsa värmetillförseln och bildningen av sprut. Processen kan ofta göras ännu mer lönsamt genom att använda scanner fokuseringsoptik, eftersom dessa kan styra laserstrålen mycket snabbare.



Bild 1.
Litium ion batteri för mobiltelefoner med en pulsad svets och lasermärkning.



Bild 2.
Lasersvetsat batterihölje för en single cell i ett batteriblock till en elbil.



Bild 3.
"Cell connector" tillverkas ofta av en kombination av aluminium och koppar.

Remote svetsning i batteritillverkning

Remote svetsning tillåter att flera batterier svetsas i en fixtur utan behov av några rörliga axlar i optiken. Improduktiv tid kan elimineras eftersom scannern hoppar inom millisekunder från ett batteri till nästa. Med hjälp av time-sharing, med två eller flera fiberoptiska kablar LLK anslutna till en laserkälla kan växel-tiden i samband med in- och utmatning vid en station användas för att svetsa på en annan station.

I många installationer bidrar bildbehandling till att optimera svetsprocessen genom exakt positionering av laserstrålen på svetslömmen. Den kan kompensera för toleranser i ingående detaljer och fixturer och kan dessutom användas för kvalitetskontroll, om så behövs. Av spårbarhetsskäl är alla batterier märkta med ett serienummer och ofta med ytterligare produktions-relevanta uppgifter. Märklasrar är idealiska för att generera en permanent märkning. De kan vara direkt integrerad i tillverkningslinjen. Tack vare tillväxten i e-mobilitetsmarknaden, kommer efterfrågan på litium-jon-batterier att öka under de kommande åren. Höljen för litium-jon-batterier kommer i framtiden i allt högre grad att svetsas med laserteknik. Dess många fördelar, inklusive perfekta och hermetiskt täta svetsar utan hål och sprickor och med låg värmetillförsel, gör lasersvetsning till en väsentlig komponent i tillverkningsprocessen.

TruDisk lasrar är mycket lämpliga för dessa svetsapplikationer. Höggradigt reflekterande material, såsom aluminium eller koppar kan bearbetas tillförlitligt med TruDisk

lasrar. En viktig aspekt är deras höga produktivitet. Genom att använda ytterligare scanner fokuseringsoptik för remote svetsning, kan produktiviteten höjas ytterligare. Tack vare det låga totala Cost-of-Ownership, är Remote Welding med TruDisk laser en idealisk lösning för svetsning av litium-jon-batterier. Användare ställer alltid nya ambitiösa krav på laserteknologin. TRUMPF anpassar och vidareutvecklar funktionalitet och systemegenskaperna av sina laserprodukter kontinuerligt i takt med marknadens krav.

NY BEFATTNING!

Gert Olofsson, försäljningschef på Din Maskin, går vidare mot nya utmaningar!

Gert tillträder från och med den 1 jan 2012 en tjänst som platschef på Din Maskin's norska systerbolag Din Maskin AS.



Gert Olofsson

The Bystronic logo consists of the word "Bystronic" in white, bold, sans-serif font, positioned above a red square. The square contains a white, stylized grid pattern that tapers to a point at the top, resembling a laser beam or a fiber optic cable.

Bystronic

Best choice.

Snabb Sprinter

**BySprint Fiber 3015: Snabb
laserskärning med högteknologisk
fiberlaser för industriell bearbetning av
tunnplåt.**

**Laserskärning | Bockning | Vattenskärning
bystronic.com**



Vill du veta allt om vad som händer beträffande laseranvändning inom nordamerikansk bilindustri?

Då skall du fråga Mariana Forrest!



Dr. Mariana G Forrest har en lång karriär inom bilindustrin bakom sig. Under många år var hon utvecklingsansvarig för nya material och fogningstekniker hos Chrysler, och det var i denna roll vid företagets utvecklingslaboratorium i Auburn Hills som jag först lärde känna Mariana. Numera driver hon sin egen konsultbyrå LasAp Inc., och som namnet ger vid handen ligger fokus i verksamheten på laserteknik, där hon gör olika marknadsstudier på uppdrag av såväl "The Big Three" [GM, Ford och Chrysler] som till olika statliga instanser. Jag har ju tidigare nämnt för Lasergruppens medlemmar [LaserNytt # 1-08], att om man har funderingar på en etablering på andra sidan Atlanten, ställer Mariana sina tjänster till förfogande med hjälp av sitt breda kontaktnät.

Inför EALA [European Automotive Laser Applications] 2011 gjorde hon en avstickare till Göteborg där hon träffade mig och andra Volvo-kollegor för ett gemensamt utbyte av teknisk information, och bl.a. kunde Mariana då ge en detaljerad beskrivning av vad som pågår inom nordamerikansk bildindustri då det

gäller laserprocesser. Några av dessa guldkorn vill jag i det följande be att få delge tidningens läsare.

Låt oss börja med att konstatera att amerikansk bilindustri fortfarande ligger långt efter sina europeiska konkurrenter då det gäller att nyttja lasertekniken i sin tillverkning, och merparten av de applikationer som lasersvetsas alternativt – lödes är begränsade till tak- och bakluckeområdena. Sålunda har Chryslergruppen introducerat laserlödda tak på modellerna Dodge Charger och Chrysler 300 [Fig. 1], vilka lanserades i november förra året. Som laserkälla används en 4 kW diodlaser från Laserline, och produktionstakten ligger på imponerande 80 karosser i timmen. Annars har Chrysler erfarenhet av laserlödning sedan 2007 då man införde denna metod för sammansättningen av en delad baklucka till Sebring-modellen [Fig. 1]. Idag är företagets tillämpade forskning främst inriktad på att laserlöda stål till aluminium, helst då utan någon form av efterbearbetning, samt fjärrlasersvetsning [Remote Laser Welding, RLW] av sidodörrar.

USA:s mest sålda bilmodell under

de senaste 30 åren har varit *Fords* lätta lastbil [Light Weight Truck, LWT] med modellbeteckningen F-150. När det var dags att lansera en ny generation för modellåret 2011 stod lasersvetsning högt på önskelistan bland företagets utvecklingsingenjörer. Detta inte minst beroende på att hyttstommens vindrutestolpe utgörs av en hydroformad profil, varför enkelständig access krävs vid monteringen av ytterpanelen till denna slutna sektion. Därför valde man lasersvetsning som fogmetod, och lät fortsätta svetsen även upp över taket där en kälfog kopplar samman takpanelen till hytt-sidorna. Andra modeller som använder sig av lasersvetsade tak, men då istället med överlappssvets, är *Ford* Taurus och Lincoln MKS, samt den i mexikanska Hermosillo producerade Fusion-modellen. Alla de här nämnda modellerna har obelagda plåttak för att eliminera problemet med zinkavgasning. *Ford* har idag inga laserlödda applikationer, men satsningen på s.k. globala modeller avsedda för tillverkning i såväl USA som Europa lär på sikt komma att ändra på detta. Däremot är varianthållsskärning med laser en omfattande process vid till-

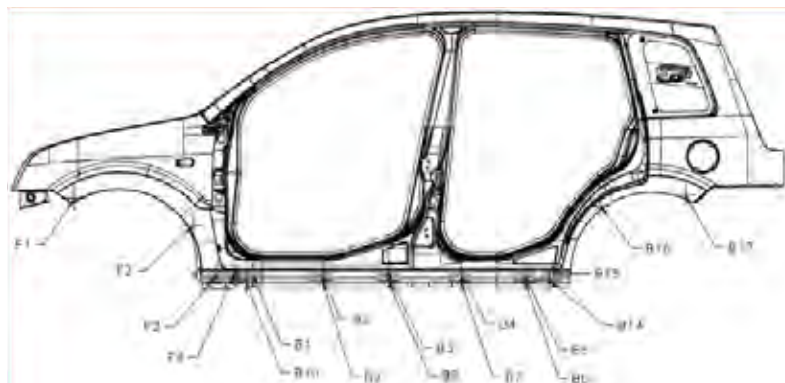


Figur 1. Några av Chryslers laserlödda modeller; t.v. Chrysler 300 med ett laserlött tak, och t.h. cabrioletvarianten av Chrysler Sebring som använder en tvådelad, laserlödd baklucka.

verkningen av de F-150-modeller som produceras i Michigan Truck Plant [MTP] i Dearborn [Fig. 2]. Här använder man sig av en 700 W Nd:YAG-laser från *Trumpf* och *Precitecs* skärverktyg YH27. Detta sitter monterat på en *Kawasaki*-robot tillsammans med ett visionsystem från *Perceptron*. Med denna utrustning skärs såväl cirkulära som ovala hål med en hastighet kring 1 m/min och med syrgas som skärgas.



Figur 2. Varianthållsskäring av F150-hytten i MTP i Dearborn med hjälp av en *Kawasaki*-robot. Man använder 700W från en *Trumpf*-laser; skärverktyg från *Precitec*, samt ett visionsystem av fabrikatet *Perceptron*.

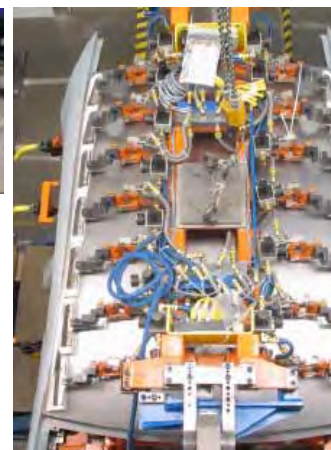
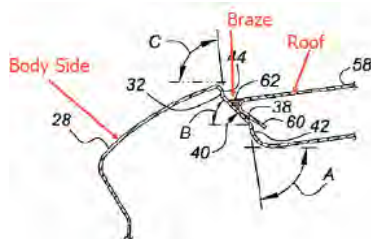


Figur 3. Totalt 36 monteringshål skärs i karosidorna på Fusion UAV-modellen, där skärverktyget manipuleras av *Comaus* s.k. *SmartRobot* med en optisk fiber integrerad i robotarmen.

Ett annat exempel på laserskäring inom *Ford*-koncernen hittar vi på modellen Fusion UAV där man skär monteringshål för trimlister i karosidorna och skärmarna [Fig. 3]. Laserkällan är en lamppumpad Nd:YAG HL703D från *Trumpf*. Laserstrålen skickas härifrån genom en 300 μm grov och 30 meter lång optisk fiber till ett skärverktyg, som faktiskt har levererats av våra svenska kollegor på *Permanova Lasersystem*. Detta verktyg är försett med ett munstycke genom vilket den utskurna skrotbiten sugas bort, en lösning som är snarlik den som används vid tillverkningen av *Volvo XC70*-varianterna i Torslanda. Skärverktyget manipuleras av en s.k. *Smart-robot* från *Comau* där den optiska fibern sitter integrerad i robotarmen. 18 stycken hål skärs på vardera karosidan, och dessa har olika former som t.ex. runda, fyrkantiga eller vinklade. Dimensionstoleranserna är $-0,0/+0,2$ mm, och positioneringstoleranserna för hålen ligger på $\pm 0,5$ mm.

Hos *General Motors* [GM] hittar vi ett laserlött tak på Cadillac CTS [Fig. 4]. Drivkrafterna för denna lösning har varit att den tillåter en större designfrihet utan att påverka karossens strukturella integritet. Vidare att det klassiska takdiket kan elimi-

neras och härigenom skapas bättre förutsättningar för vattenavrinning i takområdet. Slutligen går det att tillgodoräkna sig kostnadsbesparingar på mellan \$ 15-20, då behovet av plasttäckningar, tätningmedel och lim utgår vid denna nya geometri-



Figur 4. U.S. patent 7,290,831 säkerställer att GM kan laserlöda taket till karosidorna på Cadillac CTS-modellen med ovanstående "strålfälle"-geometri. T.h. ses den speciella fixtur som positionerar taket så att ett perfekt lödresultat kan uppnås.

utformning [US patent 7,290,831], som har gjorts möjlig tack vare laserlödningen. Lödapplikation har varit i produktion sedan 2005, och utrustningen består av två stycken 4 kW lampumpade Nd:YAG-lasrar [HAAS HL4006D] med en strålkvalitet på 25 mm*mråd, och där stråldistributionen sker via 600 µm grova fibrer till två Fanuc2000-robotar. På dessa finns monterat lödverktyg från Scansonic [modell ALO 1YHGS2.5], vilka är försedda med kollisionssensorer och med kameraövervakning av tillsatstrådens position. Den senare är en 1,2 mm grov CuSi3-tråd vilken matas via en Fronius TPS 5000-strömkälla. Man löder idag utan någon skyddsgas även om utrustningen är förberedd för att använda argon. Kvalitetskontroll sker "on-line" med ett system från Soudronic.

Bland de mera spännande bilmoddellerna i USA, som använder sig av laserbearbetning, kan man nämna den sedan 2006 i produktion varande Chevrolet Corvette Z06. Karossen för denna s.k. nischprodukt [7.000 producerade enheter/år] utgörs av en spaceframe-lösning i aluminium, vilket innebär att den blir ungefär 30% lättare jämfört med en konventionell stålkaross. Strukturen är uppbyggd av cirka 90 detaljer och omfattar såväl gjutgods som extruderprofiler och pressade aluminiumplåtar. Sammansättningen sker företrädesvis med stansnitar [Self-Piercing Rivets, SPR] till ett antal av 238 stycken per kaross, men även med hjälp av cirka 14 meter lasersvets. Den senare hittar vi främst i golvstrukturen, bl.a. i tunnelområdet [Fig. 5], och drivkrafterna för införandet av lasersvetsning har varit dels eliminering av

tättningsmedel, dels att undvika att ta upp åtkomsthål för nittänger, då SPR-metoden kräver s.k. dubbelsidig åtkomst av fogen. En av de stora utmaningarna har varit att justera fokalpunktsläget under svetsförloppet då variationen i materialtjocklek är stor i golvstrukturen. Dock löper produktionen idag friktionsfritt hos Dana Corp. i Hopkinsville, Kentucky, vilka anlätts av GM för tillverkningen av denna modell.

Detta för oss automatiskt in på de förhållanden som råder inom amerikansk bilindustri, och som skiljer sig från situationen i exempelvis Europa. I USA får underleverantörerna till bilindustrin vanligtvis ett större åtagande, och det är alls inte ovanligt att de etablerade biltillverkarna lägger ut hela bilprojekt till speciella samarbetspartners, menar Mariana Forrest. Ett dylikt förhållningssätt är tydligt då det gäller laserskärning. Historiskt sett har det alltid funnits en stor marknad för rambyggda bilar i USA, till skillnad från Europa där merparten av karosserna är av s.k. självbärande typ. Dessa rambyggda chassier är vanligtvis uppbyggda av hydroformade rör och i slutet av 1990-talet blev det mycket populärt och lönsamt att variant- och trimskära dessa rör med hjälp av laser. Således sålde ABB mer än 100 robotar avsedda för laserskärning under perioden 1998-2002 till bl.a. projekt som Ford F-150 och Dodge Ram. Emellertid är denna konstruktionsteknik på tillbakamarsch, vilket illustreras av att den senaste generationen av F-150 är en självbärande konstruktion. Lyckligtvis har de underleverantörer vars huvudsakliga näring består i laserskärning nu

hittat en ny nisch i form av håltagning och kanttrimning av varmformade detaljer, ett komponentområde som tycks växa explosionsartat. En summering av vad som är State-of-the-Art inom denna bransch ger vid handen att skärhastigheten vid håltagning ligger kring 3-6 m/min. Avvikelser från absolut rundhet är mindre än 0,3 mm, variationen i hålgeometri lägre än 0,050 mm. Vid kantskärning kan skärhastigheten vara så hög som 18 m/min, och typiska formtoleranser hos de varmformade komponenterna ligger på ±0,7 mm! De vanligast förekommande skärverktygen är Precitecs YRC-variant och FiberCut 0° från LaserMech. Det senare företaget är kanske mindre känt här i Europa, men är en stor laseraktör på andra sidan Atlanten. Deras huvudprodukter för laserskärning är verk-



Figur 6. Laserskärverktyget FiberCut 90° (överst) och FiberCut 0° från företaget LaserMech är storsäljare hos amerikanska biltillverkare, inte minst då det gäller håltagning och konturskärning av varmformade karosseridetalljer.



Figur 5. Karosstrukturen i aluminium för nischmodellen Chevrolet Corvette Z06 innehåller en stor mängd stansnitar, men också hela 14 meter lasersvets.

tygen FiberCut 0° och FiberCut 90°, vilka väger 3,5 resp. 4,5 kg [Fig. 6]. Båda har automatisk höjjustering via en integrerad z-axel med 25 mm slaglängd. Verktygen är lämpade för lasereffekter upp till 4 kW och klarar ett processgastryck på 20 bar. Vidare är de försedda med såväl internt som externs kollisionsskydd och utformade på ett sådant sätt att skyddsglasbyte underlättas.

För att använda CAD [Computer Aided Design] till att programmera rörelserna vid robotbaserad laserskärning erbjuder ABB två programvaror; Bullseye™ och Navigator™. Den förra kalibrerar robotens TCP [Tool Center Point] till skärverktygets dito med en noggrannhet på 0,05 mm [Fig. 7], medan Navigator™ kalibrerar robotrörelsen i förhållande till geometrin på den komponent som skall laserskäras. Programmen har dessutom en trimningsfunktion som gör det möjligt att ytterligare förbättra skärnoggrannheten.

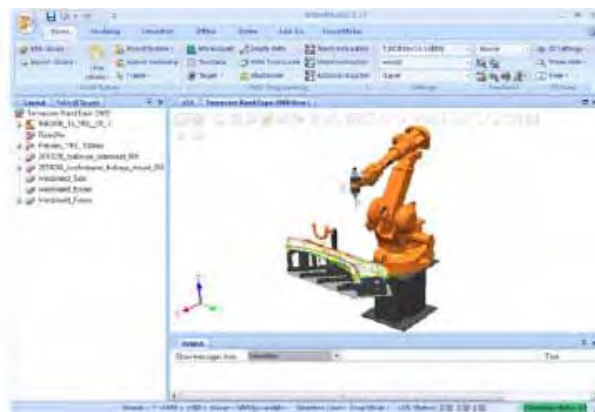
Det sista exemplet på laserskärning som Mariana ville berätta om var en delvis hydroformad A-stolpe i det höghållfasta plåtmaterialet DP [Dual Phase] 980 avsedd för en lastbilshytt. Stolpen punktsvetsas med 4 punkter i vindruteflänsen, men för att förbättra förarens siktinklar laserskärs en del av denna fläns senare bort i tillverkningen. Skärsträckan är ungefär 0,7 m, och man skär alltså samtidigt genom två plåttjocklekar med gott resultat. Tillverkningen sker hos Nutech Engineering Inc. och det krävs två parallella celler, en för vänster- och en för högerdetaljen, för att klara de höga volymer det här är frågan om. För övrigt har Nutech en annan intressant applikation i produktion. Man skär nämligen varianthål och ändtrimmar 1,6 mm tjocka hydroformade rör till chassiramar med en 400 W SM [Single Mode] -fiberlaser, där skärhuvudet är monterat på en industrirobot och komponenten i en manipulator, allt för största möjliga flexibilitet och processhastighet.

Tekniken med RLW [Remote Laser Welding] är egentligen en amerikansk uppfinning som såg dagens ljus 1992 då företaget Optical Engi-

neering introducerade en CO₂-laser kombinerad med ett "scanner"-verktyg för skärning av papper. 1997 visade Shelby Township-baserade Utica Engineering att denna process även kunde användas för metallbearbetning. Bland de första komponenter som blev föremål för denna teknik var IP [Instrument Panel]-balkar, och mellan åren 2001-2007 kom Utica att installera 50 system i Japan, och i USA levererades 12 celler till s.k. "transplants" hos asiatiska biltillverkare för dylik IP-svetsning [Fig. 8]. De senare representerar ungefär 150 miljoner svetsar per år. En fjäder i hatten blev det för Mariana Forrest och hennes kollegor då Chrysler var först i världen med att introducera en fjärr-

lasersvetsad karossdetalj i form av baddörren till Grand Jeep Cherokee år 2001, och i det senare samarbetet under DaimlerChrysler-eran kom det numera välbekanta Mercedes-konceptet Robscan med det robotburna "scanner"-verktyget PFO [Programmable Focus Optics] att utvecklas till ett tillförlitligt verktyg för högvolymproduktion.

En annan stor produkt för RLW i amerikansk bilindustri, vilken också är underleverantörsbaserad, är tillverkningen av sätesramar [Fig. 9]. Denna startade 2004 hos Johnson Controls, men är numera att betrakta som State-of-the-Art hos andra aktörer som t.ex. Lear, Keiper, Brose och Magna International. För att kringgå de patent som skyddar



Figur 7.

ABBs programvara Bullseye™ är ett viktigt verktyg då det gäller att överföra CAD-data till en robotbaserad laserskärning. Närmare bestämt kan Bullseye™ kalibrera robotens och skärverktygets olika TCP med en noggrannhet på 0,05 mm eller mindre.



Figur 8.

Utica Engineering har levererat system för fjärrlasersvetsning av IP-balkar i såväl Japan som USA. Ovan ses den uppenbara kvalitets-skillnaden mellan lasersvetsade (t.v.) och MIG-svetsade (t.h.) balkar.

Robscan-konceptet finns idag ett stort intresse i USA för lösningar med fast optik och där omställning av laserstrålens infallsriktning sker via sista axeln på en industrirobot. ABB har tillsammans med en samarbetspartner som heter Degen Development Ventures LLC tagit fram dylika lösningar där lägre investeringar och robustare verktyg är de huvudsakliga drivkrafterna. Dock blir ompositioneringshastigheten från ett svetsläge till ett annat längre jämfört med då ett PFO-verktyg används, men man tror sig kunna komma ner i omställningar under 100 ms. Ett sätt att kompensera för den längre cykeltiden kan vara att använda ett dual-robot system [Fig. 10] vilket i ABB:s demonstrationscell sammankopplats med en IPG YLS-5000 laserkälla och Precitecs Long FL [Focus Length] RWH [Remote Welding Head].

Flexibla laserceller är vanligt efterfrågade på den amerikanska marknaden. Företaget VIL Laser Systems erbjuder två koncept; FlexLase och FlexLase Pro [Fig. 11]. Den förstnämnda introducerades på Fabtech-mässan i Chicago 2007 och har en IPG fiberlaser som standard. Här erbjuds snabba verktygsbyten allt efter behovet för svetsning, skärning, märkning etc. Totalt har man byggt och levererat 19 sådana celler för lasereffekter mellan 150 W och 10 kW! FlexLase Pro är främst avsedd för "remote"-bearbetning. Den är dimensionerad för lasereffekter upp till 4 kW, såväl single- som multi-mode, har ett arbetsfält på



Figur 9. Fixering inför fjärrlasersvetsning av sätesramar i en flexibel tillverkningscell levererad av VIL Laser Systems.

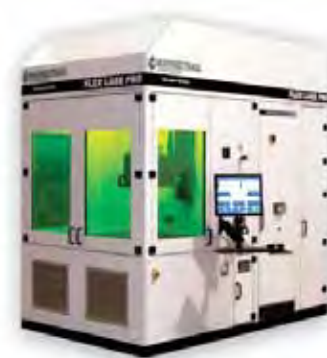


Figur 10. ABBs dual-robot system erbjuder hög produktivitet vid fjärrlasersvetsning. Tillsammans med Degen Development Ventures LLC erbjuder man ett kostnadseffektivt alternativ till Daimlers Robscan-lösning.

1x1 meter, klarar processhastigheter upp till 10 m/sek och möter kraven på säkerhetsklass 1. Även RofinSinjar erbjuder en dylik flexibel laser cell baserad på deras 1 kW fiberlaser FL010. 3D-noggrannheten påstås ligga på $\pm 2,5 \mu\text{m}$ och arbetsvolymen är $12 \times 20 \times 20$ ". Fokallängden är 75 mm med en option på 100 mm och vid skärning används en kapacitiv sensor. Rotationsaxlarna är 370° [horisontellt] och $\pm 110^\circ$ [vertikalt] med en noggrannhet på $\pm 0,01^\circ$. Denna typ av laser cell lämpar sig utmärkt för serietillverkning i låga och medelstora volymer där operationer

som svetsning och skärning ingår.

Bland nya lasertekniker som just nu ägnas stor uppmärksamhet i USA är härdning av formverktyg [Fig. 12] och laserhybridsvetsning där Fronius och Lincoln Electric tycks vara de dominerande aktörerna [Fig. 13]. Dock finns det enligt Mariana Forrest fortfarande många hinder för ett bredare införande av framförallt lasersvetsning i amerikansk bilindustri. Bland dessa hinder kan nämnas de välkända problemen vid svetsning i zinkbelagd karosseriplåt, de snävare kraven på komponenternas geometriska variation, samt kostba-



Figur 11. De flexibla lasercellerna FlexLase (t.v.) och FlexLase Pro (t.h.) vilka marknadsförs av VIL Laser Systems. Cellerna kan hantera de flesta laserprocesser såsom skärning, svetsning, borrarning, påläggning och härdning, men är även lämpliga för "remote"-bearbetning och hybridsvetsning.

ra lösningar för fixering. Höga investeringskostnader för laserkällor och kringutrustning tillsammans med hög konsumtion av dyr elektrisk energi är andra ”stoppers”. Lägg därtill utrustningens komplexitet, vilket kan leda till en försämrad tillgänglighet och tillförlitlighet, samt de speciella säkerhetskrav som förekommer i samband med laserbearbetning, så är det lätt att förstå att de flesta laserentusiaster i Nordamerika arbetar i ”uppförsbacke”. Två viktiga saker som enligt Mariana hittills saknats i amerikansk bilindustri är förmågan att tänka i termer av laser redan i tidiga konstruktionsfaser, samt bristen på externa applikationscentra där det har varit möjligt för biltillverkarna att prova ut nya laserprocesser. Glädjande nog kunde hon konstatera att det senare hindret numera är på väg att undanröjas då flera utvecklingscentra på senare tid börjat etableras i Detroit-området. Sålunda kan vi idag hitta applikationslaboratorier hos lasertillverkare som *IPG* i Novi, *RofinSinar* och *Trumpf* i Plymouth och *Jenoptik* i Brighton. Vidare finner vi systemleverantörer och -integratörer som *ABB* i Auburn Hills, *Comau* i Southfield [Fig. 14], *KUKA* i Sterling Heights och *Utica Engineering* i Shelby Township.

Så även om den amerikanska bilindustrin haft svårt att ta lasertekniken till sitt hjärta, kanske vi kan förvänta oss en framtida ökning av laserapplikationer ”over there”. Inte minst en s.k. global produktion, som exempelvis den som *Ford* kommer att bedriva, lär driva utvecklingen dithän. I fortsättningen lär det nog också bli uppenbart för ”the Big Three” att det inte enbart går att konkurrera med prislappen om man skall finnas med leken i fortsättningen. Europeisk bilindustri har ju lyckats hålla ställningarna i den konkurrensutsatta personbilsbranschen just genom att profilera sig som ”high-tech”-företag. Återstår endast att hoppas att en dylik profetia om ökad laseranvändning i amerikansk bilindustri blir en realitet i framtiden – något som jag tror inte minst Mariana Forrest skulle uppskatta.



Figur 12. Laserhårdning av komplexa formverktyg hos Magna Stronach med temperaturkontroll i realtid för bästa resultat.



Figur 13. T.v. ett laserhybridverktyg utvecklat av Fronius och med optik från Precitec. Med 3,5 kW lasereffekt sammansvetsas 6 mm tjockt kolstål med en hastighet på 2,5 m/min. T.h. en prototypcell från Lincoln Electric för hybridsvetsning med en 10 kW fiberlaser.



Figur 14. Interiörbilder från Comaus applikationscenter i Southfield.



LasAp 

The Laser Marker with Triple Effect

The PowerLine Prime 15 is ROFIN's unbelievably compact laser marker with the triple effect that convinces every expert.



The Profitability Effect

- Best quality laser
- No consumables
- Low operating costs

The Application Effect

- Marks metals and plastics
- Best application results
- High throughput

The Integration Effect

- Extremely compact
- Detachable connections
- Easy service

A-V-N Maskin AS, Kontaktperson Ove Wahlbeck, Tlf. +46 702871004, Mail owa@avnmaskin.se

THE MARK OF EXCELLENCE

KALENDARIVM 2012

DATUM		UPPLYSNINGAR
MAJ		
3	Årsmöte Lasergruppen och Laserdag Swegon AB, Kvånum	Per Westerhult
	LaserNytt 1-2012	
31	Laserseminarium, Konstruera för laser, Bystronic Rosersberg	Per Westerhult
JUNI		
13-15	Studieresa i södra Tyskland i samband med "LASYS", Stuttgart	Per Westerhult
OKTOBER		
11	Laserdag 2, SSAB, Borlänge LaserNytt 2-2012	Per Westerhult
NOVEMBER		
Ej fastställt	Workshop Lasersvetsning	Per Westerhult
DECEMBER		
15	LaserNytt 3-2012	

