

LASER

nytt

I-09

Lösnummerpris 85 kr

Laserbearbetning i Japan
– Översikt över den
lokala marknaden och
utvecklingstrenderna

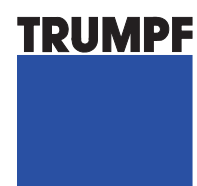
**Tyskarna i frontlinjen
för applikationsinriktad
laserforskning**

- Laser Deposition Welding ■ Skärning med fiberlaser i USA
- ICALFO 2008 ■ Disklasern – en mogen teknik med oöverträffad prestanda
- Armoring oil drill strings ■ Nu kan diodlasrar ersätta lampumpade stavlasrar

www.se.trumpf.com



Laser:TRUMPF.



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

Redaktör

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

Redaktionellt arbete och kansli

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

Ansvarig utgivare

Per Westerhult

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.eu

Produktion: Breakwater Publishing AB,
www.breakwater.se, info@breakwater.se
Tryck: Lindgren & Söner AB, Göteborg 2009
Omslagsbild: Laserpåsveltsning används på borrhör inom
oljeindustrin, se sid 19.

- 4 Några intryck från ICALEO 2008
- 10 Tyskarna i frontlinjen för applikationsinriktad laserforskning
- 18 Laser Deposition Welding
- 19 Armoring oil drill strings
- 20 Volvos nya stadsjeep med världens första karosstruktur designad för lasersveltsning
- 24 Nu kan diodlasrar ersätta lampumpade stavlasrar
- 30 Disklasern – en mogen teknik med oöverträffad prestanda
- 32 Laserbearbetning i Japan – Översikt över den lokala marknaden och utvecklingstrenderna
- 36 Skärning med fiberlaser i USA
- 40 Kalendarium 2009

Tankar från styrelsen

Bengt Johansson, LaserCentrum i Gnosjö AB



Jag tror nog att alla upplevt en ganska turbulent och dyster period den senaste tiden. Knappast någon bransch har undgått att påverkas av den ekonomiska situationen. Många sitter trångt med stora investeringar som inte producerar i den takt de borde och det stora antalet laserverkstäder ger en pressad prisbild, vilket sänker lönsamheten. Vad innebär då detta för laserbranschen? Man bör försöka anpassa sig till de nya förutsättningarna!

De stora möjligheterna tekniken erbjuder gör att det finns goda möjligheter att lägga om produktionen. Lasertechniken medger till exempel att man tillverkar små serier, vilket inte binder så mycket kapital och ger en större flexibilitet. Detta är något som talar för att lasertechniken kan bli en vinnare även i dessa tider.

Vi ser en ökande efterfrågan på lasersveltsning. Mycket rör sig om objekt främst för 5-axlig sveltsning i relativt

små serier perfekta för legolasersveltsning. Detta är anmärkningsvärt då vi tidigare sett en nedåtgående trend i småskalig lasersveltsning under de senaste goda åren.

Vi ser detta som ett mycket positivt tecken på att kunskapen om tekniken börjar nå ut i de svenska verkstäderna.

Man blir lätt van vid att allt lunkar på och att pengarna rullar in, men idag behövs att entusiasten och uppfinnaren lockas fram för att kunna krama ut det optimala ur en befintlig produktionsapparat. Det är inte längre bara att köpa det nyaste och häftigaste. En trend jag ser är att leverantörer blir mer kompletta och tar tillbaks tempon till det egna huset istället för att lägga ut på ytterligare underleverantörer.

I dessa tider behöver tänkandet inom företagen ändra sig och det viktiga är att vara flexibel och kunna hantera en ryckig produktion. Detta kan vara påfrestande för personalen men det är något man måste försöka vänja sig vid. De som lyckas med detta kommer att bli stärkta och bli stora vinnare när det vänder.

Jag är optimistisk och har förhoppningar om en för-siktig vändning uppåt till hösten.



Några intryck från ICALEO 2008

av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Så var det dags för ICALEO 2008 och för mig var det sju år sen sist, så jag var förväntansfull på vad som väntade. Dessutom hade man denna gång lagt konferensen på Pechanga Resort & Casino i Temecula, ett casino i en liten stad i ett indianreservat ca två timmar nordost om San Diego, så det var också en nyhet att bo och vistas i en sådan anläggning. De enarmade banditerna är numera elektroniska underverk och de fanns i tusentals blandat med mängder av spelbord för kortspel. Jag kan väl redan nu säga att det inte var någon riktig höjddare ...

ICALEO är fortfarande ett stort evenemang och denna gång deltog mer än 400 personer från 30 länder. Men den svenska delegationen var liten – jag räknade till fyra personer! ICALEO 2008 innehöll tre konferenser, Laser Material Processing Conference (LMP), Laser Micro-processing Conference och Nano Manufacturing Conference, samt kortkurser, poster presentationer och naturligtvis en hel del nätver-

kande. Jag var där för att presentera resultat från DATLAS, ett pågående projekt om processövervakning vid lasersvetsning, så det föll sig naturligt att ägna största delen av tiden åt att ta del av andra presentationer om lasersvetsning, men även en session om lasersystem lockade.

Utveckling genom att inte förändras

ICALEO LMP som konferens har inte förändrats nämnvärt under de sju år jag inte har deltagit. Man kör ett tre parallella sessioner under större delen av de fyra dagar som konferensen pågår. Men i år så hade man lagt in en hyllningssession till professor Bill (William) Steen, som en uppskattning för hans livsverk inom laserforskningen. Annars var allt sig likt. Ett stort hotell med enorma "ball roms" som delats upp i mindre konferenssalar, kaffe, coca cola och tilltugg i pauserna, "meetings and greetings" med live band som spelade så högt att det inte gick att prata (vi flydde efter två glas vin till en restaurang för att få lite tystnad), LIAs årsmöte med lunch och utdelningen av Schawlow Award (denna

gång till prof. Eckhard Beyer, Univ. of Dresden och IWS Dresden), kort kurser och posterpresentationer. Det var som Peter Baker, LIAs exekutiva direktör påpekade att LIA och ICALEO utvecklas genom att inte förändras. Men om nu formerna är cementerade så får väl presentationerna spegla utvecklingen i laserområdet istället. LIA firade 40 års jubileum 2008.

Stor och bred

ICALEO LMP är som jag påpekat en stor konferens och i år så hölls 19 sessioner där flera innehöll upp



Finland deltar oftast med stor styrka vid ICALEO. Här är delar ur den finska delegationen under "Meetings and Greetings". Fr. v Paul Kah, Heidi Piili, Toumas Purtonen och Antti Salminen.

till tio föredrag. Ser vi till innehållet så ägnas mest forskning åt svetsning där de tre sessionerna var uppdelad på tre teman; "High Brightness", "Automotive" och "Aerospace". Men det finns också ett stort intresse för andra områden där man körde två sessioner; "Direct Metal Deposition", ytbehandling, hybridsvetsning, skärning och påsvetsning. Och sedan hade man sessioner om lasersystem, borrar, mikrobearbetning, plastbearbetning, övervakning samt "Peening" och "Assisted machining".

Många av de tongivande forskarna i världen fanns på plats. Där fanns Katayama från Japan, Beyer, Poprawe, Petring, Ostendorf från Tyskland, Fabbro från Frankrike för att nämna några.

Laser för framtidens energiproduktion

ICALEO bjöd på en mycket intressant introduktionsföreläsning av Thomas Diaz de la Rubia vid Lawrence Livermore National Lab. Den handlade om, som jag förstod, en ny "revolutionerade" process för att skapa elektrisk energi med hjälp av laser. Den kallas LIFE (Laser Inertial Confinement Fission-Fusion Energy) och kombinerar fusion och fission som kan generera tusentals MW elektrisk energi per "reaktor".

Ett LIFE-system behöver inte anrikas uran inte heller ger den något avfall som behöver bearbetas. LIFE kan förbränna utbränt kärnavfall och plutonium och därmed reducera de stora lagren av dessa farliga material. En LIFE-reaktor kan generera 1500 MW elektrisk energi under 50 års tid utan att behöva bränslepåfyllning. Men vägen dit är lång och svår enligt de la Rubia och innehåller många tekniska utmaningar. År 2020–2025 ska en LIFE-reaktor på 20MW vara i drift enligt planerna och på sikt planeras 1000 LIFE-reaktorer till år 2100. På LLNL ser man LIFE som lösningen på att producera CO₂-fri energi under 2100-talet. Kanske är detta räddningen för jorden och mäskligheten? Vi får hoppas att forskarna lyckas!

Som sagt, ICALEO 2008 bjöd på ett stort antal föredrag och om jag redan nu ska föröka summera mina intryck och vad jag hann uppleva så kändes konferensen lite fattig på nya innovationer inom laserbearbetning (förmodligen hade jag för stora förhoppningar efter de sju årens frånvaro). Däremot fanns det gott om bra hantverk inom forskningen, alltså tekniskt gedigna arbeten på kända teman som steg för steg för kunskapen framåt. Men det fanns också direkta bottennapp som inte hör hemma på en internationell kon-

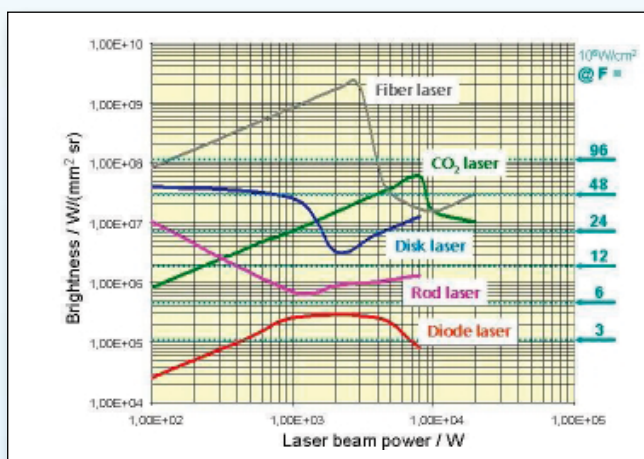
ferens. Man ska inte behöva höra på en nybliven forskarstuderande som presenterar en dålig litteraturstudie!

Ljusstarka lasrar

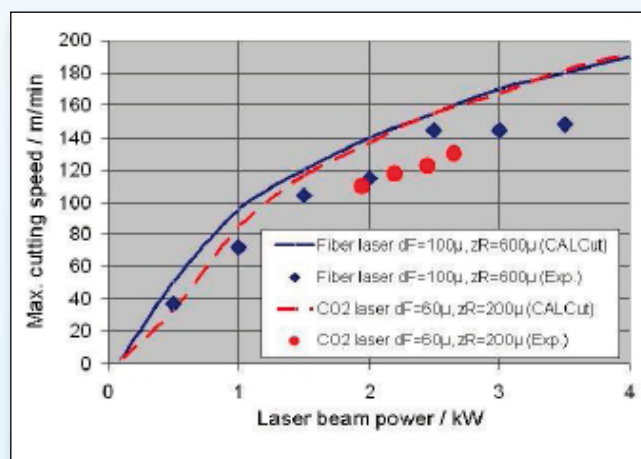
Sedan fiber- och disklasern har gjort entré på lasermarknaden har det diskuterats om betydelsen av hög strålkvalitet eller brightness (sv. ljusstyrka) för laserbearbetningsprocesserna. Dirk Petring, Fraunhofer ILT, en auktoritet inom skärning och svetsning hade tagit sig an att analysera detta för dessa processer. Brightness definieras som uteffekt per area per solid vinkel (W/m² sr) vilket är proportionellt med effekten dividerat med roten ur stråLPARAMETERPRODUKTEN. Ljusstyrkan hos olika lasertyper, figur 1, visar att den är högst för fiberlaser upp till 4 kW. Mellan 4 till 9 kW är den högst för CO₂-laser, men även skivlasern når denna nivå.

Skärhastighet som funktion av effekt vid skärning med fiber och CO₂-laser visas i figur 2, där dels experimentella resultat och resultat beräknade med ett program kallat CalCut visas. Att notera är att samma skärhastighet kan uppnås med fiberlaser som CO₂-laser trots större fokallpunkt (dF) och skärpedjup (zR) vilket beror på högre kopplingseffektivitet hos 1 µm våglängd.

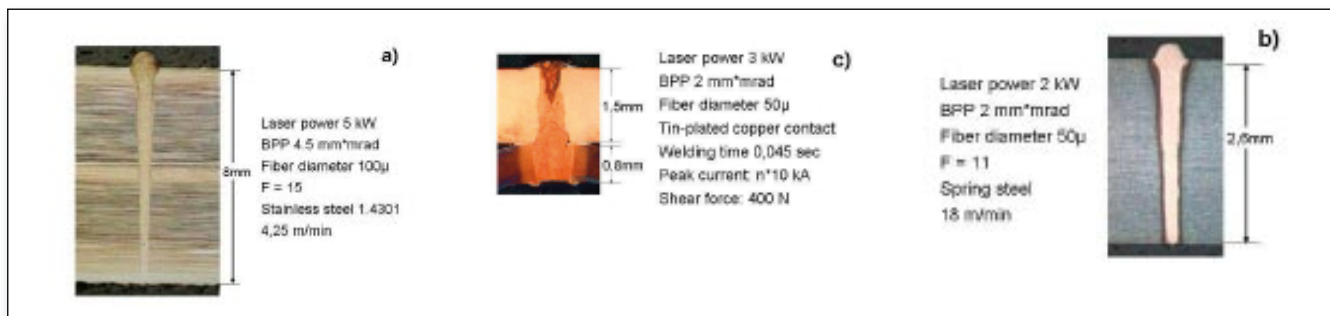
Under skärningsprocessen vid hög-



Figur 1. Brightness (ljusstyrka) hos kommersiella lasertyper som funktion av effekt.



Figur 2. Skärhastighet för fiber- och CO₂-laser som funktion av lasereffekt (experimentell och beräknad).



Figur 3a. Svets i rostfritt stål, med fiberlaser ger minimal värmeförlust och distorsion.

Figur 3b. Hög svets hastighet utan humping.

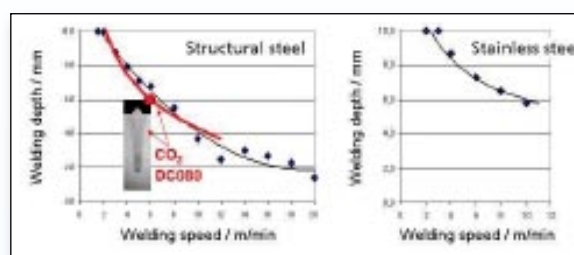
Figur 3c. Svets med hög reproducerbarhet.

hastighetsskärning är det ångtrycksgradienten som är den drivande kraften för att transportera smältan ut ur interaktionszonen menar Petring. "Remote cutting" är en förlängning av denna effekt.

"Remote cutting" är en ganska ny företeelse. Här länkas laserstrålen via scanning optik och sveper över skärgeometrin ett flertal gånger. Vid varje svep så förångas materialet till ett viss djup och metallångan sprutar ut från interaktionszonen. Hög ljusstyrka (brightness) och kort våglängd (åtminstone 1 µm) är ett krav enligt Petring. Vad man behöver är helt enkelt hög effekttäthet i fokus och hög kopplingsgrad i den tunna interaktionszonen. Det är en öppen fråga om vilka tjocklekar man kommer att kunna skära med god ekonomi i framtiden. I dagsläget så tycks tjocklekar från några hundra till ca 1 mm vara realistiskt.

Petring ger också exempel på svetsning med hög ljusstyrka, figur 3. Men menar han, det kan inte tas att hög ljusstyrka ger tillfredsställande resultat för alla applikationer.

Petring gör också en enkel jämförelse mellan skiv- och CO₂-slab laser, figur 4. Den visar att i tjockleksintervallet 5 till 10 mm så uppnås i princip samma svets hastigheter. Men i detta fall så behöver slab CO₂-lasern nästan dubbelt så hög strålkvalitet för att matcha skivlasern i hastighet. Effektbehovet är också mer än



Figur 4. Jämförelse av svets hastighet mellan skiv- och slab CO₂-laser i konstruktionsstål.

dubbelt mot skivlasern men priset är fortfarande mycket lägre (ca en faktor på två) och processfönstret är större, säger Petring, figur 4.

Nyckelfaktorer när man optimerar svetskvalitet på topp och botten:

- * F-numret måste vara tillräckligt stort
- * Fokuspunkten ska vara tillräckligt djupt in i materialet
- * En koaxiell dysa med anpassat gasflöde ger bästa resultat

När man svetsar och skär med laser är det viktigt att känna till var fokuspunkten befinner sig i förhållande till arbetsstycket och att läget inte ändras under processen. Om man använder linser och annan transmissiv optik kan man under ogynnsamma förhållanden få distorsion i de optiska komponenterna vilket leder till att fokuspunkten ändrar läge (längs strålen). Distorsionen beror på ökad temperatur i optiken vilken också ger en radiell gradient i brytningsindex. Detta problem accentueras när man använder lasrar med hög effekt och hög strålkvalitet som fiber- och skivlasrar. Den höga strålkvaliteten gör att intensiteten i strålen koncentreras i mitten av opti-

ken vilket förvärrar problemet.

En som studerar detta är Felix Abt vid FGSW (Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge) i Stuttgart. Han konstaterar inledningsvis i sin presentation att fokushiftet längs strålen beror på lasereffekt och förstöringsgrad på kollimator/fokuseringsoptik, figur 5.

Förstöringsgraden definieras som fokallängden för fokuseringsoptiken dividerat med fokallängden för kollimatoren. Man kan enligt Abt approximativt säga att fokushiftet är kvadratisk beroende av förstöringsgraden. Från figur 5 kan ses att fokushiftet är 1.4 mm/kW för förstöring 1.77 och 5.7 mm/kW för förstöring 3.42.

Men, om man ökar förstöringsgraden så ökar focal(skärpe)djupet (ofta uttryckt som Rayleighlängden) också det med ett kvadratisk förhållande. Abt introducerar ett begrepp "fokus shift faktor" (FSF) som fokushiftet dividerat med Rayleighlängden för en gaussisk stråle. Han definierar också ett normaliserat fokushift som kvoten mellan fokushiftet och förstöringsgraden och visar detta i figur 6.

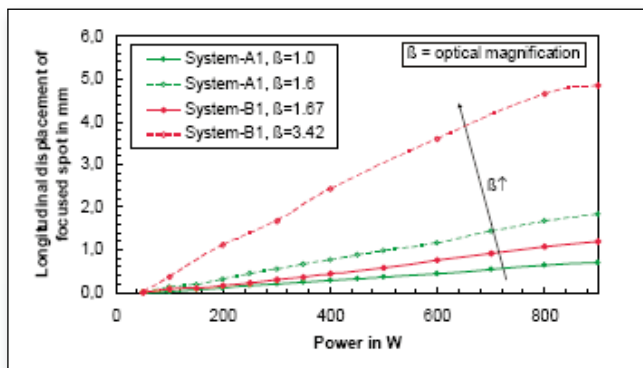


Figure 5. Fokalshift som funktion av effekt vid olika förstöringsgrad på optiken.

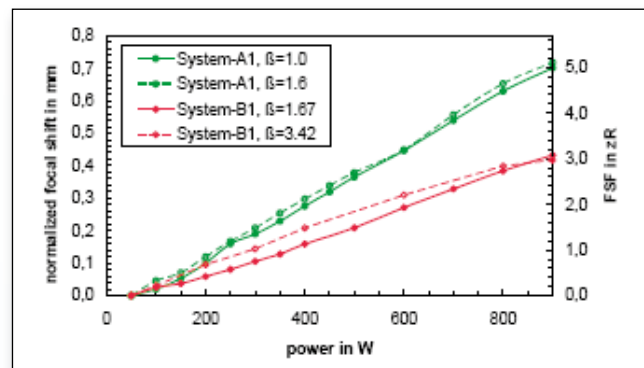


Figure 6. Normaliserat fokalshift som funktion av effekt för olika optikkombinationer.

Konsekvensen av figur 6, menar Abt, är att det inte är viktigt vilken förstöringsgrad man använder.

Däremot är tidsfaktorn när detta fokalshift inträffar ytterst viktigt enligt Abt och han visar detta genom att testa ett flertal optikuppsättningar för single-mode Nd:YAG-lasrar, figur 7–8.

Abt konstaterar att för de flesta testade optikenheterna så nås ett stabilt tillstånd efter bara 3 sekunder och att ett fokalshift på 0.5 zR (zR=

Rayleighlängd) till 1 zR inträffar inom 0.3 s.

Oavsett resultat så är det viktigt att känna till tidskaraktistiken för fokalshiftet för den optik man använder, avslutar Abt.

Detta var en hel del resultat för de nya laserkällorna som kan vara viktigt att känna till för att kunna utnyttja dessa till fullo och för att förstå resultat som avviker från vad man är van vid.

Utvecklingen av de nya laserkal-

lorna fiber- och skiv(disk) laser fortsätter. Dr Rüdiger Brockman, Trumpf Laser GmbH & Co KG i Schramberg berättade att Trumf kommer att lansera en ny serie skivlasrar under 2009 med en uteffekt av 4 kW per skiva. Serien kommer att innehålla lasrar upp till 16 kW. Figur 9 visar karakteristika för en laboratorielaser som ligger till grund för 8 kW modellen. Här syns att maximala effekten når 10 kW-nivån vid en optisk verkningsgrad (förhåll-

ID	col. unit	foc. unit	β	lens diameter
A2	BK7 doublet 90 mm	BK7 doublet 90 mm	1.0	20 mm
B1	quartz doublet 60 mm	quartz doublet 100 mm quartz singlet 205 mm	1.67 3.42	25 mm
C1	quartz doublet 100 mm	quartz doublet 200 mm	2.0	50 mm
D1	quartz doublet 127 mm	F-Theta 254 mm	2.0	n/a
E*	quartz doublet 60 mm	quartz doublet 200 mm	3.33	25 mm/ 50 mm

Figure 7a. Testade optikuppsättningar från olika tillverkare för att undersöka tidsfaktorn för fokalshift.

	τ in s (@500W)	τ in s (@700W)
A2	4.8	n/a
B1 ($\beta = 1.67$)	1.4	1.0
B1 ($\beta = 3.42$)	1.3	1.1
C1	1.9	1.8
D1	8.7	11.8
E*	2.2	2.3

Figure 7b. Tidskonstanter [s] för fokalshift (tid till fokalshiftet har nått en konstant storlek)

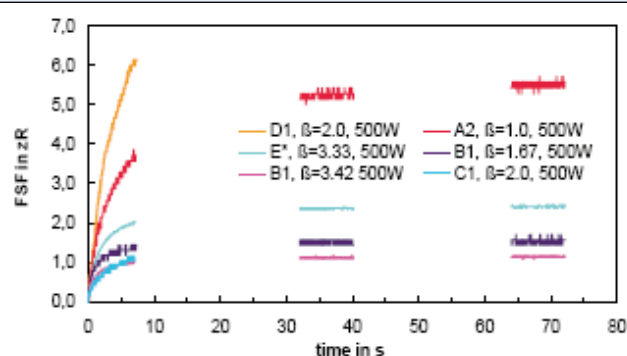
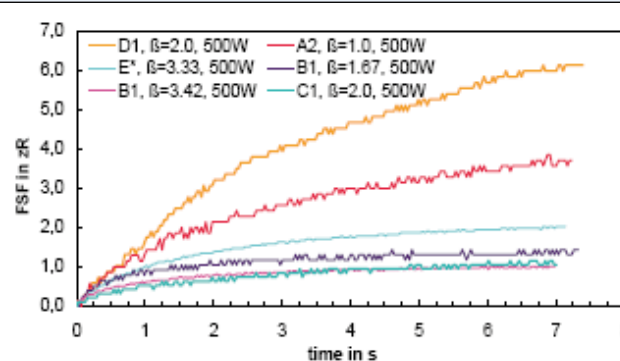
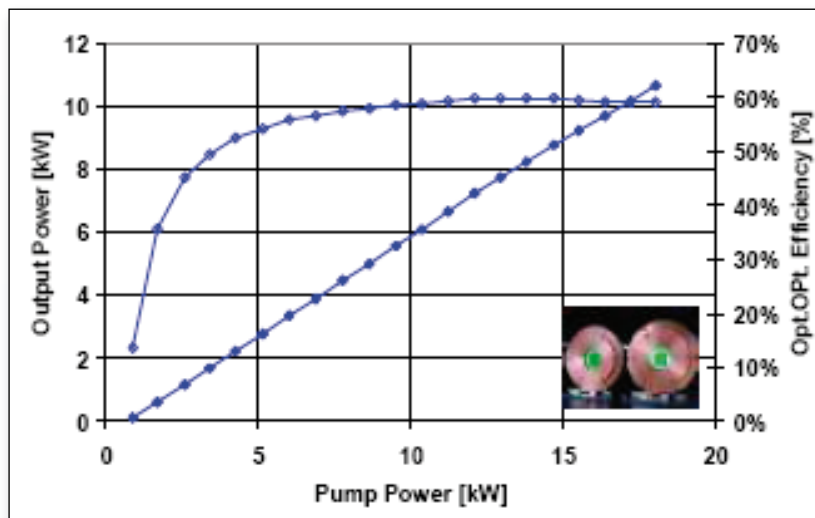
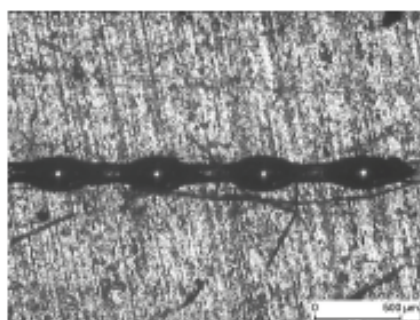


Figure 8. Fokalshift som funktion av tid för optik enligt Fig. 7.

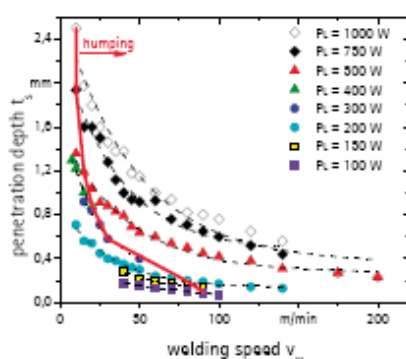




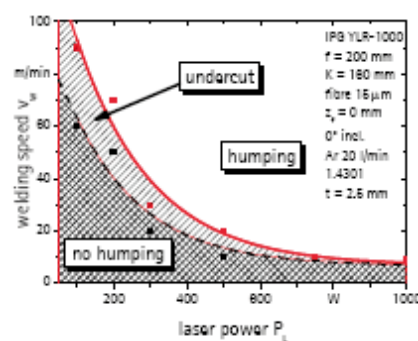
Figur 9. Uteffekt och optisk verkningsgrad från en skivlaser med två skivor. Systemet ligger till grund för Trumpf nya 8 kW skivlaser som kommer att lanseras under 2009.



Figur 10a. Svetsning vid höga svetshastigheter kan ge "humping".



10b. Penetrationsdjup som funktion av svetshastighet i rostfritt stål för 1 kW fiberlaser. Svetsdata enligt figur 9c.



10c. Humping begränsar den praktiska svetshastigheten vid ökad lasereffekt.

landet mellan uteffekt och pumpeffekt) på ca 60 %.

Simuleringar vid IFSW i Stuttgart visar att en uteffekt på tiotals-kW per skiva är möjlig enligt Brockman så vi kommer nog att få se mycket större skivlasrar i framtiden. Redan nu har Boeing demonstrerat en 25 kW laser med utomordentligt hög strålkvalitet.

Ett välkänt fenomen inom laser-svetsning är att man vid höga svetshastigheter (aktuellt vid svetsning med fiber- och skivlaser) får en mycket oregelbunden svets med kraftig, periodisk droppbildning. Fenomenet kallas "humping". Med CO₂- eller Nd:YAG laser där den fokuserade stråldiametern är större än ca 0.15 mm kan fenomenet inträffa vis så pass låga svetshastigheter som

10 m/min. Vid mikrosvetsning har man visat att gränsen för humping kan vara så hög som 200 m/min. Steffen Neuman vid BIAS i Bremen har studerat humping ur ett parameterperspektiv med ansatsen att undersöka om de nya laserkällorna med hög effekt och hög strålkvalitet kan förskjuta gränsen för humping uppåt mot de värden som demonstrerats för mikrosvetsning, figur 10, 11 och 12.

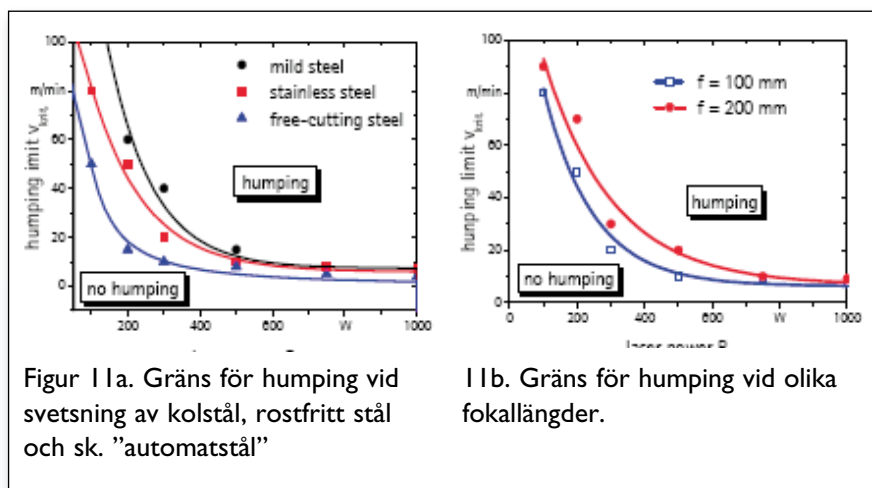
Figur 11a visar att gränsen för humping vid lägre effekter är mycket lägre för automatstålet som innehåller svavel. Neumann menar att detta beror på att svavlet påverkar ytspänningarna i smältan och att detta förorsakar skillnaden, vilket också har observerats av andra forskare. Figur 11b visar att det är

bara vid lägre effekter som olika fokallängder inverkar på gränsen för humping.

Genom att placera fokuspunkten inne i eller utanför materialet kan man öka den praktiska svetshastigheten med uppemot 50 % vid lägre effekter, figur 12a. Vid högre effekter har fokuseringen underordnad betydelse.

Att luta laserstrålen framåt (positiv lutning) i rörelseriktningen kan tredubbla svetshastigheten. Vid negativ lutning får man dock olika effekt beroende på lasereffekten, figur 12c.

Svetsstrut är också ett fenomen som har accentuerats vid svetsning med de nya laserkällorna och här presenterade Jan Weberpals, TGSW, Stuttgart och Alexander Kaplan stu-



dier som försöker illustrera och förklara varför det inträffar.

Nordisk medverkan

Laserhybridsvetsning tilldrar sig fortfarande ett stort intresse bland forskarna och i de två sessionerna fanns bidrag från bl.a. Antti Salminen/Heidi Pihli och Anna Fellman alla från Lappenranta. De har använt en 5 kW fiberlaser som laserkälla och Schlieren teknik för att dokumentera och analysera svetsprocessen. Även Veli Kujanpää bidrog med ett föredrag om laserhybridsvetsning. Elin Westin, Outokumpu Stainless AB fortsätter sitt arbete mot doktors-examen och hon presenterade ett arbete om laser- och laserhybridsvetsning av ett s.k. Lean duplex stål.

Vi får inte glömma Flemming Olsen som presenterade en ny innovativ optisk teknik att använda flera laserstrålar vid skärning med

högeffekt fiberlaser. En huvudstråle gör det mesta av skärjobbet medan 8 mindre strålar används för att förbättra borttransporten av smältan och för att få ett jämnare skärnitt. Hoppas Flemming får det att fungera industriellt också!

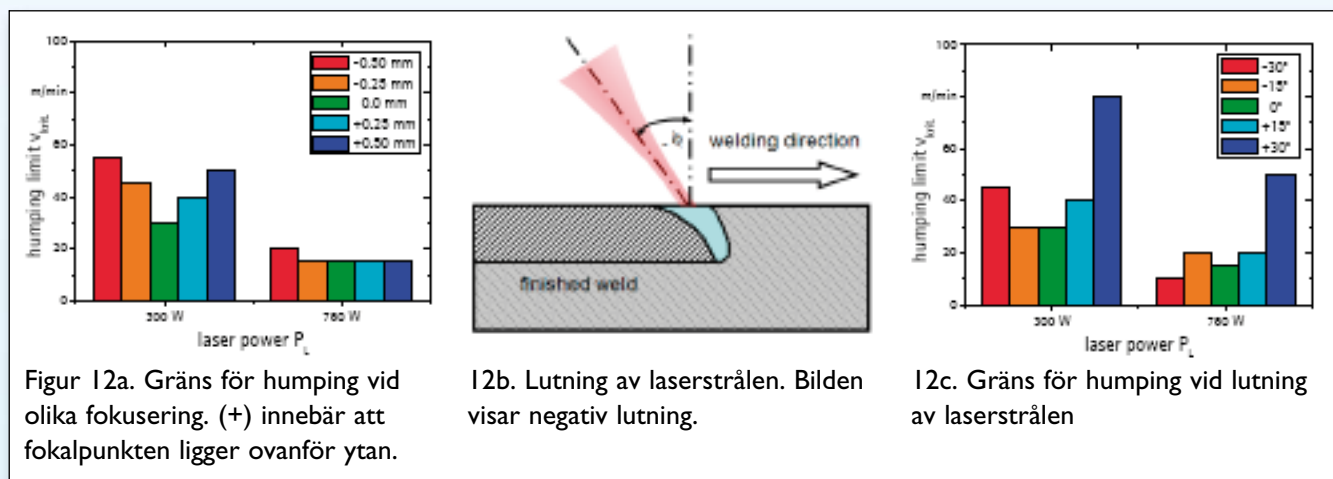
Slutintryck

Slutintrycken från ICALEO 2008 är att konferensen befäster sin ställning som den stora (förmodligen den största) konferensen i världen om laserbearbetning med tre parallella konferenser. Vi fick höra många förnämliga föredrag, speciellt imponeras jag av de unga tyska forskarna, som uppträder mycket professionellt. Förmodligen får de träna bra mycket på hemmaplan innan de släpps iväg på de stora uppgifterna. Det gör som sagt mycket bra forskning och utvecklingsarbete runt världen och ICALEO är ett bra tillfälle att ta del

av detta. Det vore också spännande att ta del av vad som händer inom mikro och nanoområdet men det får anstå tills vidare.

Men trots allt det storslagna så saknar jag innovationer och större framsteg på ICALEO bland de föredrag jag hade möjlighet att bevista. Mycket av forskningen kändes som ganska rutinmässiga framträdanden, där framsteg inom en "hantverksmässig" forskning presenterades. Undantaget må vara Flemming Olsens nya skäroptik för fiberlaser! Kanske är det så att solen i Kalifornien (eller Florida) lockar mer än att man vinnlägger sig om att verkligen bidra med nya "viktiga" forskningsresultat. Och att lägga konferensen på en casinoanläggning ute på vischan var ingen höjdare i sig. Man blev ganska isolerad (speciellt utan tillgång till hyrbil) men å andra sidan blev det tillfälle att förbrödra sig med delar ur den finska delegationen och det var trevligt. Jag höll också mitt spelbegär i strama tyglar och förlorade bara en dollar!

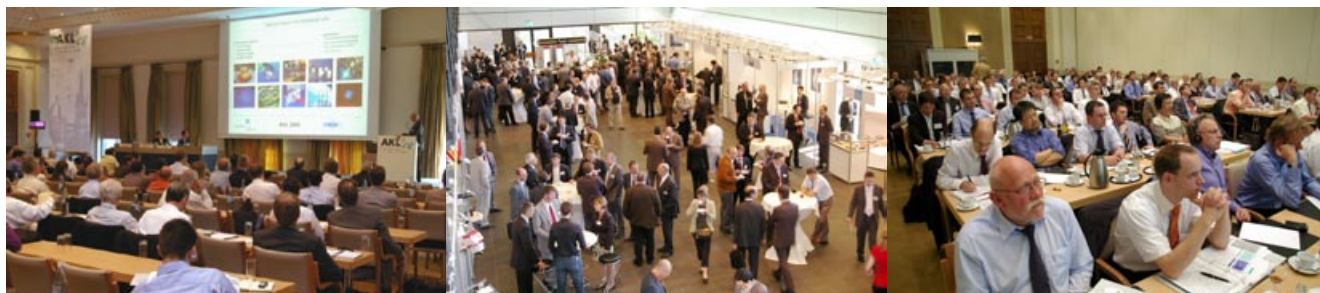
Men Presidents Reception på vingården La Cereza var en riktig fullträff som förlåter det mesta. Och naturligtvis är nätverkandet och möjligheten att träffa och umgås med kollegor och vänner en viktig del vid en sådan tillställning som ICALEO. Så ICALEO vi syns nog igen om tillfälle gives ... ☺



Tyskarna i frontlinjen för applikationsinriktad laserforskning

Del I.

Rapport från AKL'08, Eurogress, Aachen, GER, 7–9/5 2008



av Johnny K. Larsson, Volvo Cars

Allt sedan 1996 arrangerar Fraunhofer Institut für Lasertechnik [ILT] något som kallas AKL, vilket skall uttydas Aachener Kolloquium für Lasertechnik. Därmed blev det i år sjunde gången som arrangemanget gick av stapeln. Traditionellt brukar det röra sig om en tvådagars konferens med blandade tekniska föredrag till vilken är kopplad en leverantörsutställning samt ett avslutande besök vid ILTs berömda laserlaboratorium. I år hade emellertid arrangörerna valt att utöka sammankomsten med en dag, där man under den första dagen kunde välja mellan olika inriktningar. Här gavs möjlig-

het att delta i antingen EU Innovation Forum, Laser Technology ABCs eller Technology Business Day.

EU Innovation Forum redogjorde för läget inom ett antal pågående EU-finansierade laserprojekt och var indelad i tre moduler:

- * Additive Manufacturing and Laser Drilling med Dr. Ingomar Kelbassa från LLT/RWTH [Lehrstuhl LaserTechnik/Rheinland Westfalen Technisches Hochschule] som ordförande
- * Laser Welding där Delphine Allehaux från EADS France Innovation Works i Suresnes [FRA] hade ordföranderollen, samt
- * Laser Cleaning, Ablating, Structuring med Edwin Büchter från

Clean-Lasersysteme GmbH, Herzogenrath som ordförande

Varje block avslutades på eftermiddagen med en intressant rundabords-konferens, där deltagarna gjorde en gemensam utvärdering, men där det även spekulerades kring framtida utmaningar och hur dessa skulle kunna lösas med hjälp av laserteknik [Fig. 1]. Detta forum avslöjade med all önskvärd tydlighet den breda omfattning av laserbearbetning som har anammats av flygindustrin. Här fick vi höra om EU-projekten FANTASIA och AROSA-TEC, vilka handlar om reparation och "near-net-shape" tillverkning med hjälp av LMD [Laser Metal Deposition] och DLF [Direct Laser



Figur 1. Engagerade deltagare vid EU Innovation Forum.



Figur 2. Thorge Hammer (närmast) från Volkswagen lyssnar uppmärksamt då professor Poprawe inviger AKL'08. I publiken kan vidare igenkännas Bert Brenner, IWS, Arnold Gillner, ILT och Klaus Behler Fachhochschule Gießen-Friedberg m.fl.

Forming], respektive management och kvalitetsövervakning vid bl.a. automatiserad lasertillverkning.

Själv fick jag lite tid över till att lyssna på föredragen i den modul som behandlade lasersvetsning och även här dominerade exemplet från flygindustrin. Madame Allehaux föredrog resultaten från WEL-AIR-projektet med dess CO₂-lasersvetsning av förstärkningsribbor till flygplanspaneler. Denna teknik har visserligen använts i produktion av Airbus-modellerna A318, A380 och A340-600 HGW sedan 1999, men det man nu tittar på är att introducera mer lättsvetsade legeringar som AA6156-T6 och AA8056-T78 än de mer traditionella AA2024 och AA4047 som hittills använts. Hittills har lasersvetsningen mest använts i de undre delarna av flygplanskroppen, men för att reducera kostnader, minska vikt och förbättra korrosionsegenskaperna vill man nu även byta ut nitförbanden i den övre strukturen mot lasersvetsning. Proceduren vid svetsning är att man först sätter några 30 mm långa fixeringssvetsar och sedan svetsar T-fogar kontinuerligt och simultant med hjälp av två laserkällor. Svetsprocessen är "autogenous" och det är bara vid reparationer av defekta svetsar som tillsatstråd i AA4047-kvalitet används. Några nya designer för

framtiden visades också. En var s.k. omega-formade förstärkningsribbor, en annan var extruderade ribbor med integrerade förstärkningar i form av stålvastrar, något som kan bli aktuellt för flygplanskroppens övre del där utmattningsbelastningar är mera förekommande. Beträffande kvalitetsövervakning används mekaniska fogföljarsensorer, läckströmsmätning för att detektera förekomsten av porer, kameraövervakning av svetskonturens ovansida, samt analys av laserplasma, vilket kan korreleras till den förekommande kiselhalten.

Bekantingen Markus Kogel-Hollacher [Precitec Optronik GmbH i Rodgau, GER] spann vidare på kvalitetsövervakningstemat där han menade att konventionella sensorer som exempelvis läckströmsmätning fungerar dåligt vid de höga temperaturer som förekommer vid laserbearbetning. En intressant metod vid lasersvetsning av aluminium är att man belyser smältan med ljus av en våglängd större än 800 nm. Det blir då möjligt att bättre urskilja aluminium i smält respektive fast form. Vid laserpåläggning ökar processtemperaturen allteftersom man bygger upp fler lager och därför måste man ha någon form av temperaturkontroll som kan återkoppla och reducera lasereffekten. Annars

är den gode Markus generellt emot dylika former av "closed-loop control" eftersom det endast är möjligt att reglera en processparameter, och vid lasersvetsning är det åtskilliga variabler som samverkar till att man får en viss svetskvalitet. Vid mikrobearbetning används med fördel s.k. bolometrisk kameror som kan övervaka positionering och skyddsgastemperatur, och för makrobearbetning kan man använda CMOS kameror för efterkontroll av svetsprofilen med hjälp av trianguleringsmetoden. Om detta kombineras med belysning från fogens baksida kan även förekomsten av eventuella porer upptäckas.

I den tredje modulen som handlade om rengöring, avverkning och strukturer med hjälp av laser gick det att bilda sig en uppfattning om vad som pågår i EU-projekten COINS, TOPPCOAT och SENARIO. Även här var inslagen från flygindustrin påtagliga. Sålunda handlar TOPPCOAT om att utveckla och förbättra mer hållbara TBC-system [Thermal Barrier Coatings] där laserpåläggning används för att fästa sådana ytor till substratet. SENARIO handlar om just utveckling av sensorer och processövervakning för att garantera styrka och kvalitet på bindningar vid laserreparation av komponenter till flygplansmotorer.



Potocnik, Poprawe, Mertin, Pankert, Kroth, Holt, Schmitt

För de som tyckte sig vara något av lasernoviser gavs ett utmärkt tillfälle att i samband med AKL'08 lära sig mer om laserns ABC genom att delta i det endagarseminarium som erbjöds parallellt med EU Innovative Forum. Dr. Stefan Kaierle från ILT ledde på ett förtjänstfullt sätt denna utbildning, och han hade god hjälp av erfarna laserprofiler som Dr. Christoph Hertzler [Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen, GER], Volvo-entusiasten Markus Rütering [RofinSinar Laser GmbH, Hamburg, GER] och Dr. Otto Märten [Primes GmbH, Pfungstadt, GER].

Själv valde jag att under första dagens eftermiddag delta i ytterligare ett arrangemang, nämligen Technology Business Day [TBD] där det gavs utmärkta tillfällen att uppdatera sig om lasersituationen i Europa, USA och Japan, såväl som om de senaste utvecklingstrenderna beträffande mikrobearbetning samt laserprocesser inom bil- och metallindustrin. Men detta avser jag att återkomma till i fyligare rapporter i kommande nummer av LaserNytt.

Denna nya kostym för AKL gjorde att professor Reinhart Poprawe, konferensens huvudansvarige och tillika institutionsföreståndare vid ILT, glädjande kunde konstatera ett nytt rekorddeltagande på ungefär 500 delegater, varav ett hundratal var icke-tyskar [Fig. 2]. Detta var också första gången som man försökt lansera konferensen som varande internationell, vilket innebar att man för första gången använde sig av simultantolkning till engelska då

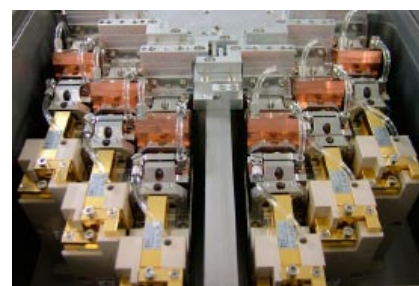
merparten av talarna som naturligt är i AKL-sammanhang kommer från Tyskland.

Nya laserkällor och systemlösningar

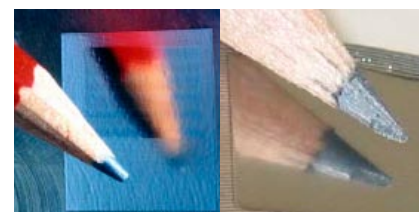
Då den egentliga delen av AKL-konferensen startade på torsdagen var tanken att Dr. Janez Potocnik från Europakommissionen skulle hålla inledningsanförandet. Dock var han förhindrad att närvara utan fick i stället medelst en videohälsning hälsa oss välkomna. Han kunde konstatera att lasrar används inom alla tänkbara områden såsom för klimatomätningar, kommunikation inom olika transportsystem, för medicinska implantat och inom energisektorn vid t.ex. tillverkning av bränsleceller. Ett speciellt område som Dr. Potocnik särskilt ville lyfta fram var den där lasern används i det behjälpliga syftet att förstöra landminor. Tydligt används bakteriekulturer för att hitta minorna (!), varpå dessa kan förstöras med hjälp av riktad laserenergi.

Därpå tog institutionsföreståndaren vid Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Dr. Reinhart Poprawe, över föreställningen och kunde hälsa oss välkomna med frasen "The laser community meets again – in 2 Jahres Rythmus". Den synnerligen sympatiska Dr. Poprawe visade på den förväntade utvecklingen fram till år 2010 vad det gäller användningen av olika typer av laserkällor. Lampumpade Nd:YAG-lasrar och excimerlasrar menade han skulle ligga kvar på ganska konstanta försäljningsvolymmer, medan en ökning

förväntas ske beträffande CO₂-, diodpumpade och fiberlasrar. Störst tillväxt trodde dock den gode Reinhart skulle ske för diodlasrar med hög effekt s.k. HPDL [High Power Diode Lasers]. Dessa representerar idag en världsomspännande försäljning på 40 miljoner dollars per år, men denna siffra prognostiseras växa till 500 miljoner år 2010 då nya marknader och användningsområden blir aktuella för denna typ av laser. Bland de senare nämndes olika former av värmebearbetning, RLC [Remote Laser Cutting] och RLW [Remote Laser Welding], vil-



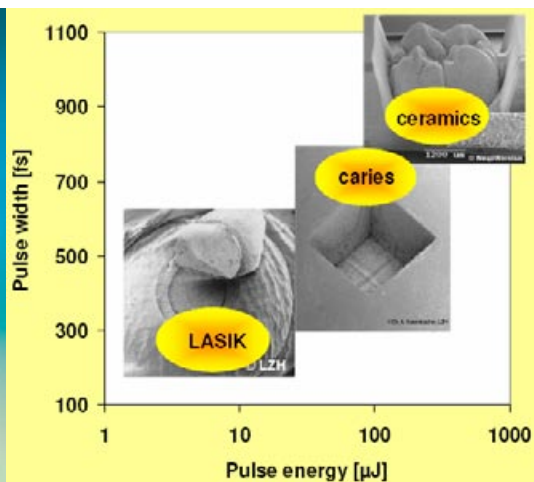
Figur 3. Den hos ILT utvecklade 1 kW diodlaser som bygger på "multiplexing" inom våglängdsområdet 910–976 nm, och som är uppbyggd av 12 stycken diodstaplar om vardera 125 W.



Figur 4. År 2002 kunde man polera rostfritt material med laser ner till ett Ra-värde kring 0,35 µm (t.v.). Idag klarar man med laseromsållning att uppnå nästan osannolika Ra = 0,09 µm (t.h.).



Figur 5a. Jenoptiks D2.fs femtosecondlaser med 1.025 nm våglängd och en strålkvalitet $M^2 \leq 1,1$.



Figur 5b. Tankbara användningsområden för D2.fs-lasern m.h.t. pulstider och pulsenergi.

ket möjliggörs av den för diodlasrar allt mer förbättrade strålkvaliteten. Sålunda kunde Dr. Poprawe avslöja att man i sitt laboratorium har en superpulsad 1 kW diodlaser med en N.A. [Numerisk Apertur] på 0,15 [Fig. 3]. Denna kan användas vid t.ex. plastsvetsning där ILTs patenterade TWIST-lösning används. Förkortningen skall uttydas Transmission Welding Incremental Scanning Technology, och där laserstrålen samtidigt med framföringen har en roterande rörelse för att förbättra svetskvaliteten. Andra användningsområden för denna diodlaser var polering i form av ytomsmältning där en ytfinitet [Ra-värde] på 0,09 μm kunde erhållas [Fig. 4] samt vid SLM [Selective Laser Melting] av keramer på PEEK-polymerer. Dr. Poprawe brukar ju alltid avsluta sina föredragningar med någon form av bevingat ord. Så också denna gång, där han konstaterade att "Ten ideas a day keep the competitor away", m.a.o. lasertekniken ger obegränsade möjligheter till nya innovationer att användas i konkurrensen med kanske framförallt de nya framväxande BRIC-ekonomierna [Brasilien, Ryssland, Indien och Kina].

Näste talare var Jenoptik AGs CEO [Chief Executive Officer] Dr. Michael Mertin som berättade om företagets skraddarsydda lösningar

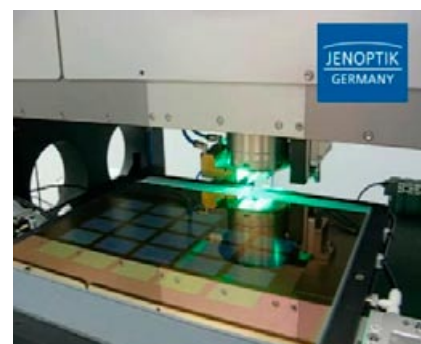
av lasrar och laseroptik. Särskilt framhöll han sitt företags senaste produkt, JENOPTIK D2.fs, en femtosecond DPSSL [Diode Pumped Solid State Laser] som är en form av hybridlösning där en fiberlaseroscillator kombineras med en DPSSFörstärkare för att generera skalbar pulsenergi från 6 μJ till 1.000 μJ [Fig. 5a]. Strålkvaliteten uttryckt i M^2 ligger kring 1,1 för denna laser som arbetar i ett våglängdsområde kring 1.025 nm. Pulstiderna ligger kring 400 fs med frekvenser mellan 30 och 200 kHz. Användningsområden är t.ex. kariesbehandling, ögonoperationer [s.k. LASIK = Laser in-situ keratomileusis] samt strukturering av keramer och bearbetning av kiseloxyd [Fig. 5b]. En annan innovation är företagets ASAMA-laser som är en högeffekt DPSSL inom det gröna våglängdsområdet kring 515 nm [Fig. 6]. Denna lämpar sig väl för härdning av s.k. plattskärmar och annan produktion inom halvledarområdet, en marknad inom vilken lasertekniken har en förväntat hög tillväxtpotential. Pulslängden för denna laser ligger mellan 300 och 600 ns med pulsenergier från 2 μJ till 8 μJ . Vid frekvenser mellan 10 och 50 kHz är det möjligt att generera cw-effekter mellan 80 och 100 W. ASAMA-lasern kombineras med fördel med något av de optiska

systemen LAVA eller VOLCANO. Dessa inkluderar lensarrangemang för optimal fokusering av laserstrålen. Den s.k. EAGLE-optiken är en sfärisk lins som ger en brännfläck på 8 $\mu\text{m} \times 5\text{--}10 \mu\text{m}$, medan den cylindriska linsen FALCON har den något större fokalkpunkten 100 $\mu\text{m} \times 5\text{--}10 \mu\text{m}$.

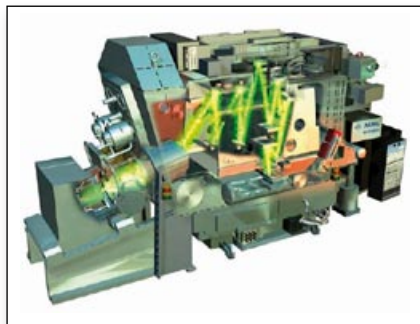
Avslutningsvis avslöjade Dr. Mertin att man bildat ett joint-venture [JV] med Trumpf för att utveckla fiberlasrar. Lanseringen i närtid ser ut så här:

2008: En 300 W cw laser byggd på s.k. monolitisk design, 1.085 nm våglängd och med en $M^2 < 1,2$

2009: En pulsad 20 W-enhet



Figur 6. Jenoptiks ASAMA-laser – en kristallaser inom det gröna våglängdsområdet 515 nm. Pulslängderna ligger mellan 300 och 600 ns, och med en variabel, avlång brännfläck mellan 2, 8 eller 45 mm $\times$ 5, 10 eller 40 μm lämpar den sig synnerligen väl för härdning av plattskärmar.

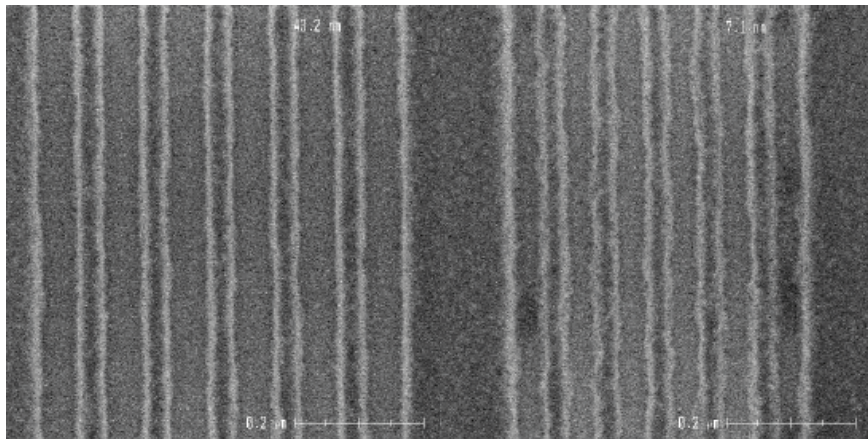


Figur 7. Principskiss över en maskin för EUV-litografi (Extreme Ultra Violet) som utvecklats i samarbete mellan Philips och ILT.

byggd på MOPA-design [Master Oscillation Power Amplifier], med 1.064 nm våglängd och $M^2 < 1,5$

2010: En högeffektlaser med kapacitet för ultrakorta pulser

Dr. Joseph Pankert från Philips Lighting B.V. i Eindhoven [NEL] beskrev en ny teknik under fram-marsch, s.k. EUVL [Extreme Ultra Violet Lithography], avsedd att användas för märkning av kisel-chips inom halvledarindustrin [Fig. 7]. Kraven på allt finare mikrobearbetning gör att dagens maskinteknik med belysning med hjälp av en ArF excimerlaser och 193 nm våglängd inte ger tillräckligt bra resultat. Därför har Philips under de senaste åtta åren tillsammans med ILT bedrivit



Figur 8. Gränserna för lasermärkning töjs ytterligare med hjälp av EUVL-tekniken. T.v. 50 nm L/S med en linjenoggrannhet [LER] på 2,7 nm, och t.h. 40 L/S med LER = 5,1 nm.

ett utvecklingsarbete för att möjliggöra ännu finare mönster och märkningar. Man använder sig av en betydligt kortare laservåglängd [13,5 nm], vilken aktiverar en urladdningsprocess i de elektriska fält som läggs över den kiselplatta som skall märkas. På så sätt är det möjligt att öka finheten uttryckt i L/S [= Lines and Space] dock på viss bekostnad av linjenoggrannheten [Fig. 8].

Robotiserade laserlösningar var ämnet för Dr. Eberhardt Kroths [Reis Robotics, Obernburg, GER] föredrag. Vi känner väl alla till Reis' patenterade lösning från 1994 med en CO₂-laser monterad direkt på

robotarmen [Fig. 9]. Denna lösning kom att flitigt användas vid t.ex. skärning av polymera inredningsdetaljer till bilindustrin och då med lasereffekter kring 300 W. Ett annat verktyg utvecklat av Reis Lasertec är en s.k. BCO [Beam Control Optics] avsedd för processövervakning vid TWB [Tailored Welded Blanks]-svetsning där man använder en diodlaserstråle för fogföljning och en annan för kontroll av utseendet på svetsens toppsida [Fig. 10]. På senare år har man i samarbete med Thyssen tagit fram ett verktyg med zoom-optik som arbetar med en linjärmotor och som kan variera bränn-



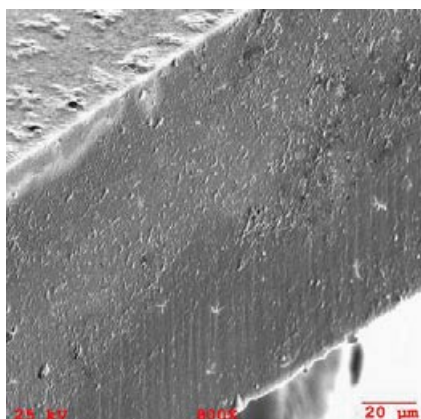
Figur 9. Reis Lasertecs patenterade lösning med en CO₂-laser monterad direkt på robotarmen. I det här fallet rör det sig om en placering på robotens 3:e arm, men man har en motsvarande lösning för montering på robotarm nr. 2.



Figur 10. Spännande laserverktyg från Reis Lasertec: Närmast en i bearbetningsverktyget integrerad processövervakning (BCO) och längst t.h. en zoom-optik som kan variera fokallängden mellan 200-800 mm.



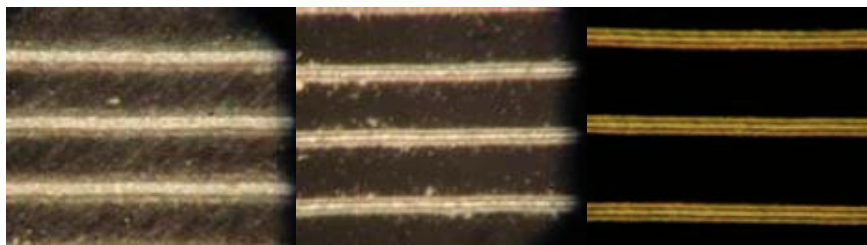
Figur 11. SPIs produktsortiment av single-mode fiberlasrar: fr.v. 2–20 W cw och pulsade, 10–100 W luftkylda och 50–200 W vattenkylda.



Figur 12. Fiberlaserskärning av en 0,2 mm tjock silikonplatta, skuren med 50 W cw och en processhastighet på 2,5 m/min.

vidden 200–800 mm. Man visade på exempel där denna optik använts vid laserpåläggning och där man då kunnat variera påläggningsbredden 0,6–4,0 mm [Fig. 10].

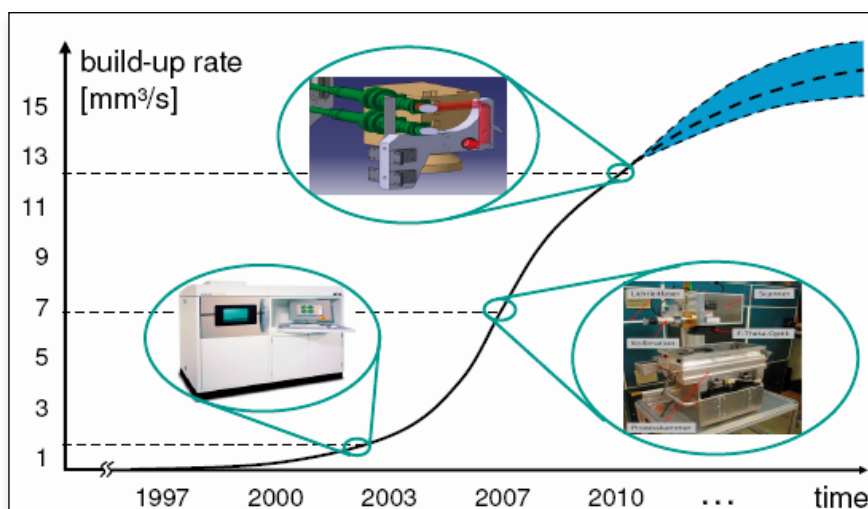
Näste man till rakning var alltså starkt engagerade Tony Holt från SPI Lasers LLC i Santa Clara [USA]. Tyngdpunkten i SPIs produktprogram ligger inom lågeffektområdet där man erbjuder produkter som 2–20 W cw och pulsade, 10–100 W luftkylda och 50–200 W vattenkylda fiberlasrar, alla byggda på s.k. single mode-teknik [Fig. 11]. Genom god fokuserbarhet [500 MW/cm^2] och hög repeterbarhet vid pulsning [500 kHz] har det visat sig vara möjligt att nyckelhållssvetsa med en laser-källa på blott 40 W. Annars är det främst inom skärning och märkning/gravering av kiselplattor för halvledarindustrin som dessa lasertyper har sitt huvudsakliga användningsområde. 0,2 mm tjock silikon hade skurits med 50 W cw och 2,5 m/



Figur 13. Pulsfrekvensens inverkan på gravyrkvaliteten; fr.v. 125 Hz, 250 Hz resp. 500 Hz. Alla försöken genomförda med identiska laserparametrar: Effekt 20 W, fokallängd 163 mm och framföringshastighet 1 m/sek.

min i skärhastighet [Fig. 12], och den gode Tony påstod att upp till 1 mm tjocka chips kunde skäras med enbart en passage. Gravering, eller ”blind cutting”, görs lämpligtvis med en pulsad laser med en frekvens kring 500 Hz, då 50 W-lasern ger en energi kring 0,05 mJ. Det är då möjligt att gravera 60 µm djupa och 50 µm breda spår med en hastighet av 1 m/s (!). Experiment hade visat på att ju högre pulsfrekvens som användes desto smalare kunde gravyrspåret göras [Fig. 13]. Eftersom korta laservåglängder absorberas

bättre i kiselbaserat material borde 532 och 355 nm våglängderna vara att föredra, men Mr. Holt påpekade att dessa egenskaper blott gäller vid rumstemperatur och att NIR-lasrar [Near InfraRed] är konkurrenskraftiga för denna typ av chips-märkning så länge pulsfrekvensen är tillräckligt hög. Inte minst priset per genererad effekt menade Tony talade i favör för fiberlasern, något som vi har hört åtskilliga gånger vid det här laget. Han menade att för fiberlasrar gäller tumregeln 1.000 dollars/W, medan motsvarande siffra för ps- och fs-



Figur 14. Utvecklingen över tiden visar vad som är möjligt i form av produktivitet vid lasersintring eller LMD (Laser Metal Deposition).

lasrar ligger över 5.000 dollars/W.

Plenarsessionens sista föredrag var av mer strategifilosofisk karaktär och hölls av professor Robert Schmitt från RWTH [Rheinland Westfalen Technisches Hochschule] i Aachen. Det handlade i mångt och mycket om hur vi i höglöneländer skall kunna möta den anstormning som kommer från de nya industriella stormakterna i Kina och Indien med dess betydligt lägre lönesättning. Några av nyckelorden för att kunna möta dessa hot var: anpassning, produktionsplanering, högt materialutnyttjande och teknologitveckling. Som ett exempel på det senare visade Dr. Schmitt att 2003 kunde man vid lasersintring på en sekund bygga upp en volym på 1,2 mm³. Idag ligger den siffran på 6,5 mm³ [Fig. 14].

Hur som helst, vi i västvärlden måste skapa värdeoptimerade produktionssystem som gör det möjligt att skapa produktflexibilitet till kostnader motsvarande dem som är resultatet vid massfabrikation. Ett holistiskt synsätt och därför nödvändigheten av interdisciplinära utbildningar kommer att vara viktiga i framtiden. Därför har man vid RWTH skapat ett "excellence cluster" benämnt Integrative Production Technology for High-Wage Countries, ett nog så ambitiöst försök väl värt att ta efter för våra svenska universitet och högskolor.



Petring, Polzin, Arzner, Höppe

Laserskärning

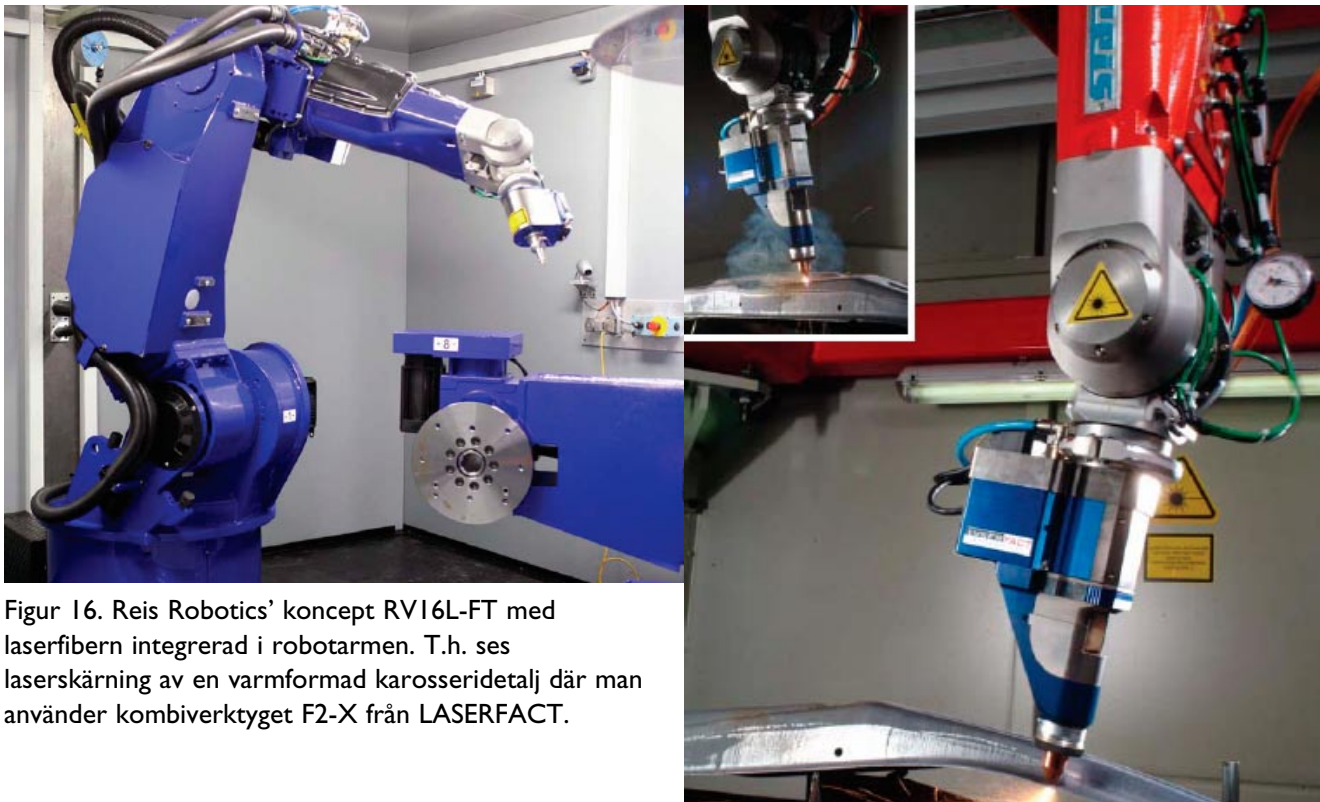
Sessionen kring laserskärning leddes av min gamle vän och kollega Dirk Petring från ILT. Här fick vi höra två representanter från tyska KMU [Kleinerer, Mittlerer Unternehmen], eller som vi säger i Sverige SMF [Små- och Medelstora Företag] berätta om erfarenheter från sin dagliga verksamhet. Först fick vi lyssna till Dr. Ralf Polzin från VIA Lasertec GmbH & Co. KG från Kirchhundem [GER]. VIA skall utläsas Verbund Innovativer Automobilzulieferer, och beskriver därmed vilka som är Dr. Polzins huvudsakliga kunder. Man har fem lasermaskiner till sitt förfogande vilka används till såväl 2D- som 3D-skärning och svetsning [Fig. 15]. För 2D-verksamheten rör det sig mest om begränsade seriestorlekar avsedda för prototypdetaljer, men vid 3D-bearbetning kan seriestorlekarna vara så stora som 800.000 detaljer per år. Ett av de mera utmanande jobben på senare tid hade varit laserskärning av folie-

belagd djuppressningsplåt i rostfritt där det gällde att inte skada eller påverka denna skyddsfolie vid laserskärningen.

Näste representant från KMU-världen var Hartmut Arzner från Feinwerk Hago GmbH i Küssaberg [GER]. Hago är ju en välkänd underleverantör till bilindustrin och har bl.a. levererat den s.k. torsionsboxen till Jaguar XK-modellerna, vilken lasersvetsas med hjälp av en CO₂-laser, något som jag beskrev i Lasernytt #3 2007. Företaget förfogar över inte mindre än 16 Trumpf-maskiner som mest används för skärbeten, men även lasersvetsning förekommer alltså. Vid 2D-bearbetning är den högsta använda effekten 7 kW, medan man vid tredimensionellt arbete nöjer sig med maximalt 6 kW. En fascinerande kund som man hade var biltillverkaren Bugatti åt vilken man tillverkar sidodörrarna till en lyxvariant som kostar 1,2 miljoner euros, men så har denna bil också prestanda som max.hastighet 420



Figur 15. Ovan tre av de fem lasermaskinerna hos VIA Lasertec GmbH, och t.h. pågående legoarbeten för laserskärning resp. svetsning.



Figur 16. Reis Robotics' koncept RV16L-FT med laserfibern integrerad i robotarmen. T.h. ses laserskärning av en varmformad karosseridetalj där man använder kombiverktyget F2-X från LASERFACT.

km/tim och 1.001 hk motorstyrka. Annars var skärning av varmformade detaljer en omfattande verksamhet, något som tycks ligga i tiden då detta ämne var föremål för flera presentationer under AKL'08.

Siste talare i denna session var Norbert Höppe som representerar Reis Robotics GmbH Co. KG Maschinenfabrik [Obernburg, GER]. Under plenarsessionen hade vi ju lyssnat till Dr. Kroth från samma företag, varför en del av den information som nu gavs blev något av en repetition. Reis Robotics var tidigt ute med sin RV16L-CO₂-modell med laserskällan monterad direkt

på robotarmen. Nu har man lanserat en ny produkt baserad på fiberlaserteknik med benämningen RV16L-FT [Fiber Transfer]. Finessen med denna är att den optiska fibern är integrerad i robotarmen, vilket avsevärt skyddar densamma och förlänger dess livslängd [Fig. 16].

För bearbetning av större detaljer kan även s.k. «gantry-system», eller portalrobotar, erbjudas. Modellen RLP16-FT har således ett arbetsområde på 5,5×3,0×1,0 m. Med den senare varianten, kombinerad med en 1 kW fiberlaser YLR-1000, har man skurit detaljer till byggnadsindustrin, och med samma laser och en

industrirobot visades på ett praktikkfall från tillverkning av detaljer till avgassystem. Säkerhetsprodukter är en annan viktig verksamhetsgren för Reis Robotics och här erbjuder man modulära, kompakta laserkabinetter. Dessa bygger på en dubbelväggsprincip och sensorer med produktnamnet LASER-SPY [Fig. 17]. Dessa sensorer registrerar om laserstrålen skulle penetrera en av väggarna, varpå laserkällan i så fall stängs av. ☺

Del 2 publiceras i LaserNytt 2 2009.



Figur 17. Ingredienser i säkerhetssystemet LASER-SPY. T.v. det hermetiskt tillslutna laserkabinettet, i mitten den modulärt uppbyggbara dubbelväggen och t.h. en detalj som visar på sensormonteringen.

Mission Protect. The answer to aggressive wearing, critical applications and tight resources:

Laser Deposition Welding

av Jürgen Metzger,
TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH

The steel fist pounds its way relentlessly deeper. Searching for oil, the multi-ton drill head gnaws at rock formations millions of years old, guided by sensors around stony corners and edges, eating down to the deep sources of black gold. In its wake is a drill string, equipped with electronics and filled with a fluid that drives the head downward and the drilling mud upward along the outside of the string under maximum pressure. Nothing can stop this drilling worm. Except for its natural enemies abrasion, tribochemical reactions and surface breakdown. Wear-and-tear goes by many names – and is a central problem for oil explorers. If a pipe is no longer able to withstand the enormous stresses and strains of being far underground, the resulting downtime of the drilling system can cost up to a million dollars. A day. A good reason for the oilfield industry and its suppliers to search for reliable protection against wearing.

Now engineers have discovered laser deposition welding, also called laser metal deposition or LMD. LMD is a generative laser process in which metal is deposited on existing tools and components in layers. The laser generates a molten pool on an existing surface in which one or more metal powders are sprayed through a nozzle. The powder melts simultaneously and bonds with the underlying surface. The gradual result is a new material layer. For example, this process thoroughly armors the particularly sensitive areas of oil drill strings. A highly wear-resistant nickel alloy layer forms the basis for spherical wolfram carbide particles. This “hardfacing” stands up to the toughest stresses, has no pores and reliably adheres to the pipe’s base material. It’s a huge improvement over the old protective process of soldering hard metal platelets.

Raw power and aggressive fluids

Grinding, scouring, pressure, heat, acid, moisture – abrasion and corrosion take their toll in more than just the oil drilling industry. Troublesome material changes and the loss of valuable components create an enormous expense in aviation and aeronautics, machine and

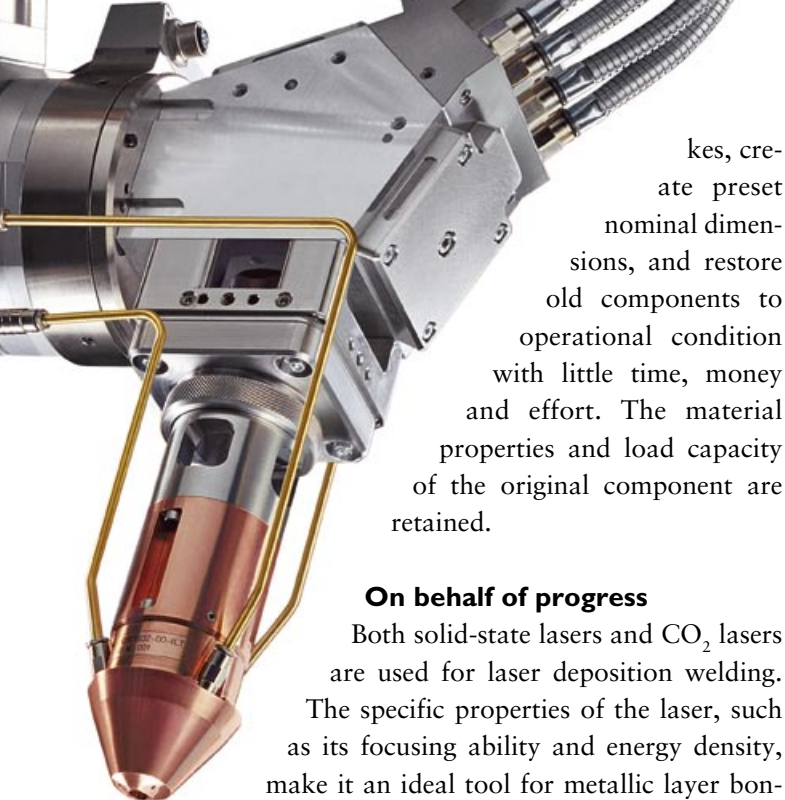
tool construction as well as in many areas of heavy industry. To counter these problems, a wide range of thermal, mechanical, electrochemical and other surface treatment methods are available. One of the most recent and effective methods is laser metal deposition, which was developed in the USA in the 1970s, but whose use was restricted for many years to the military, research laboratories and scientific institutions. And, it has only been in recent years that complete technology packages have been available for the automated industrial use of this laser-based welding process.

Optimize, correct, repair

There are many uses for laser deposition welding. Surface finishing, as is practiced for example with oil drilling systems, can optimize specific material properties and can be customized to particular requests. Engineers can specify preferred properties for certain surfaces by combining several materials. Different metal powders can be deposited alternately, forming specific layer systems. Ductile material can contain hard surfaces. Thermally insulating substrates can be given conductive layers. In addition to improving the quality of components, LMD can also save resources and money. For many applications it is sufficient to deposit a thin layer of high grade material onto an inexpensive base material like cast iron.

Repairs offer a number of possibilities for the use of this method. Instead of having to scrap components and tools prematurely and replace them with new ones, damaged structures can be restored by laser deposition. Airplane engine components for example, can be repaired more often. When birds fly into and damage the turbine blades, repairs made by LMD are faster and six to seven times less expensive than a new part – with the same quality and functional reliability. Car makers regularly use laser deposition to restore expensive forming tools. In addition to these industrial, fully automated applications, there are also manual systems with a wire feed or semi-automatic powder nozzle, used for example in mold and tool construction. The laser welding process offers enormous savings for small modifications and design changes to the end product and for correcting processing errors. Volume deposition can correct mista-





kes, create preset nominal dimensions, and restore old components to operational condition with little time, money and effort. The material properties and load capacity of the original component are retained.

On behalf of progress

Both solid-state lasers and CO₂ lasers are used for laser deposition welding. The specific properties of the laser, such as its focusing ability and energy density, make it an ideal tool for metallic layer bonding. Compared with other welding processes,

LMD's quality with respect to joints, connection, intermixing, distortion and reproducibility is impressive. The metallurgically critical heat-affected zone is very small. Fast cool down times enable almost distortion-free welding. Various materials can also be mixed, and welding is possible in areas unreachable by conventional methods. For microscopic tasks, the laser beam can be focused to less than 50 micrometers. If flat layers are needed, the beam is strongly defocused. The amount of energy can be controlled precisely and the risk of weld penetration or joint modifications through excessive heat entry is minimal. Structuring rates of up to 300 cm³/hour are possible depending on the spot size, power and track speed. The layer thickness ranges between 0.1 mm to 2 mm depending on the application. The powder efficiency during deposition approaches 90 percent – the supplemental material, which is often very expensive, is well used. →

The base material of the workpiece can be made of iron, nickel, titanium or cobalt alloys. In addition to the same base materials, the supplemental material could also be wolfram, titanium and chrome carbide – typically in a cobalt or nickel matrix. The component can be refinished by milling, grinding, drilling, turning or eroding. Heat treating is also possible. The workpiece can then be polished, etched or coated with PVD/CVD methods.

Laser deposition welding is still a new procedure with a variety of potential uses. Repair applications are currently the most common — the repair welding process often pays for itself with small quantities due to the significant added value. Finishing methods, on the other hand, are still

comparatively rare because the specific improvement of workpiece properties by systematically combining materials is still unfamiliar. The wide range of part geometries, batch sizes and the manifold process parameters and variables present great challenges to system and laser technology. Applications already exist in the offshore industry, in aviation, and the construction and agricultural machinery industries while some top-of-the-line manufacturers use them for engine production. In addition to the growing maturity of the methods and systems, the development factors include growing cost consciousness – the “total cost of ownership” – and unpredictable raw material prices for high-grade substances. ☼

Contact: Phone: +49 (0)7156 303 – 36 194,
juergen.metzger@de.trumpf-laser.com



Armoring oil drill strings

The greatest challenge in drilling for oil is not finding oil, but rather protecting the drill rod from wear and tear and costly breakdowns. That's why Schoeller Bleckmann Oilfield Technology GmbH in Austria uses the technology of Laser Metal Deposition (LMD) to armor his drill string components. A five-axis laser system welds a protective coat to the individual pipes. The coat consist of a supporting layer and up to three extremely durable layers. Up to 40 kg of material is layered in total for each drill string. Because the heat-affected zone must be kept small, the base material of the drill rod is not harmed and distortion is minimal. This prevents cracks under the rib that could cause the armor to chip off or the pipe to break. By the same principle, worn out rods can be repaired or re-manufactured. Certain coatings can be reproduced again and again with constant quality as all laser parameters are stored.

Volvos nya stadsjeep med världens första karosstruktur designad för lasersvetsning

av Johnny K Larsson, Volvo Cars

Vecka 35 förra hösten var det stor festivitas i Volvos fabrik i belgiska Gent. Då rullade nämligen det första produktionsexemplaret av företagets nya stadsjeep, med modellbeteckningen XC60, av bandet. Produkten klassificeras som en s.k. CUV [Crossover Utility Vehicle] och måste betecknas som den mest säkra och lyxiga varianten i just det produktsegmentet. Säkerhetsmässigt innehåller nya XC60 en mängd nya innovationer, där begreppet CitySafety kanske rönt mest uppmärksamhet [Fig. 1]. Via ett avancerat sensor/kamera-system kan bilen stannas utan förarens ingripande i hastigheter under 15 km/t [9 mph] om ett billiknande objekt identifieras framför. Vid hastigheter under 30 km/t [18 mph] bromsas bilen upp, igen utan förarens engagemang, för att på så sätt mildra effekten av dylika lågfartskrockar. I högre hastigheter är CitySafety-funktionen inaktiv, men vid kollisioner i sådana fall träder andra typer av aktiva och passiva säkerhetssystem i funktion. Med CitySafety räknar Volvo med att avsevärt nedbringa antalet lågfartsolyckor i stadstrafik, vilket självklart är fördelaktigt för trafikanternas välbefinnande, men också kommer att påverka försäkringspremien för XC60-ägare.

Andra säkerhetsdetaljer värda att nämna är t.ex. RSC [Roll Stability Control], DSTC [Dynamic Stability Traction Control], ROPS [Roll-Over Protection System], WHIPS [Whiplash Protection System], LDW [Lane Departure Warning], BLIS



[Blind Spot Information System], DAC [Driver Alert Control] mm. mm. Och när inget av dessa system hjälper kan den som sitter i en Volvo XC60 lugnt förlita sig på karossens integrerade säkerhetsstruktur uppbyggd av komponenter tillverkade i avancerade höghållfasta stål med brottgränser upp till 1.500 MPa, vilka är sammanfogade med hjälp av lasersvetsning! Jo, ni hörde rätt; vi hittar inte mindre än 10 meter lasersvets i strukturen, och inte varsohelst, utan i ur krocksäkerhet synnerligen kritiska områden som vindrutestolpar, B-stolpar och

bottensvällare. Men låt oss berätta denna saga från början!

Efter Volvos succé med lanseringen av XC90-modellen år 2000 insåg företagsledningen att bilar av typen stadsjeepar attraherar en bred kundkrets, men samtidigt ville man hitta en unik nisch för nästa produkt i detta segment. Därför började företagets designers skissa på en mindre och mer kompakt variant med klara miljömål i form av bränslesnålhet, materialval, kupéklimat etc. Vidare skulle produkten interiörmässigt positioneras i ett premiumsegment,



Figur 1. Så fungerar Volvos CitySafety! Med hjälp av radar och kameror identifieras ett framförvarande fordon varpå inbromsning sker innan en kollision uppstår. Systemet är standard-utrustning för XC60-modellen och verkar i hastigheter upp till 30 km/t.



Figur 2. Några av pådrivarna för en utökad lasersvetsning i XC60-karossen: fr.v. Stevan Nedic, Henrik Ljungquist, Erik Hollander, Niclas Palmquist och Alain Cottenee.

TABELL 1. LASERSVETSAPPLIKATIONER I VOLVO XC60-KAROSSEN

Applikation	Längd [mm]	Laserstation
Tak till karossidor, vä+hö	2 × 1.786	55-080
Tak till tvärbalk, fram vä+hö	2 × 100	55-080
Tak till tvärbalk, bak	1.033	55-080
A-stolpe, vä+hö	2 × 680	55-090
B-stolpe, främre fläns, vä+hö	2 × 590	55-090
B-stolpe, bakre fläns, vä+hö	2 × 500	55-090
D-stolpe, ringfame, vä+hö	2 × 152	55-080
Bottensvällare, främre, vä+hö	2 × 531	55-090
Bottensvällare, bakre, vä+hö	2 × 220	55-090



Figur 3. Schematisk layout över den nya lasersvetsstationen, vilken betjänas av en diodpumpad Nd:YAG-laser och en dito Yr:YAG-skilaser, båda med 4 kW effekt.

samtidigt som Volvos säkerhetstänkande ytterligare skulle understrykas i form av ett antal nya "features". Förstudier kom igång under 2003, vilka året därpå konkretiserades i projektet med namnet Y413. Redan under koncept- och förstudiefaserna diskuterades en utökad användning av lasertekniken, vilket sedan fick goda möjligheter att realiseras då ledningen för karossteamet tillsattes. Såväl Stevan Nedic [karossprojektledare], Henrik Ljungquist [produktansvarig, kaross] som Erik Hollander [processansvarig, kaross] tillhör en ny, ung generation av civilingenjörer på Volvo, vilka visar stor entusiasm för att utveckla och använda nya tekniker [Fig. 2]. Tillsammans med gamla "laserrävar" som Niclas Palmquist [teknisk specialist, laserprocesser] och Alain Cottenee [produktionsledare, karossfabrik] och hans medarbetare i Gentfabriken var pusselbitarna på plats för att skapa något som jag vill kalla branschens

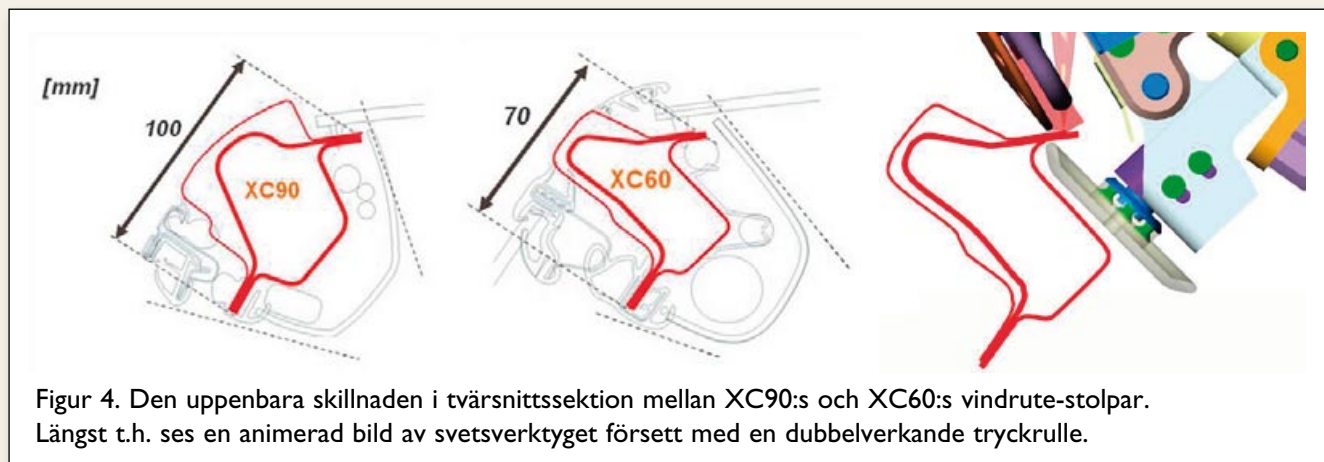
första karosstruktur som verkligen konstruerats för att på ett optimalt sätt ta tillvara laserteknikens unika egenskaper.

Tidigare lasersvetsapplikationer har ju mest handlat om att komplettera eller ersätta traditionell punktsvetsning, men ingen anpassning har gjorts av själva fogutformningen. Jag har ju tidigare framfört kritik mot våra tyska konkurrenter, som visserligen lasersvetsar i stor omfattning, men där designen är sådan att det hade gått lika bra med punktsvetsning.

Som sagt innehåller XC60 karossen ungefär 10 meter lasersvets fördelat på 17 individuella svetsar vilka framgår av Tabell 1.

I tabellen kan man också se i vilken av de två lasercellerna i den s.k. GA3-linjen som svetsningen sker. Denna karosslinje har av tradition varit förbehållen tillverkningen av de större Volvomodellerna, men i samband med förändrad efterfrågan

på marknaden och därmed anpassade produktionsvolymmer samsas XC60 med modellerna S60 och C30 i detta flöde. Dock sker den flexibla produktionen enligt Volvos eget palettsystem vilket utvecklades under 1990-talet av en annan laser-guru, nämligen den numera pensionerade Lutz Hanicke. Värt att nämna är också att XC60-modellen i många hänseenden innebar flera utmaningar för produktionspersonalen i Gent då det är den första EuCD-baserade modellen som byggs i Belgienfabriken. Tidigare har ju Volvo S80 [2006] och V70 / XC70 [2007] sett dagens ljus i Torslanda i Göteborg. Alla de här nämnda produkterna byggs alltså på den gemensamma bottenplatta som utvecklats i samarbete med Ford, Jaguar och LandRover, och som bl.a. innehåller drygt 30 meter strukturbärande konstruktionslim för att ytterligare öka Volvobilarnas krockprestanda och livslängd.



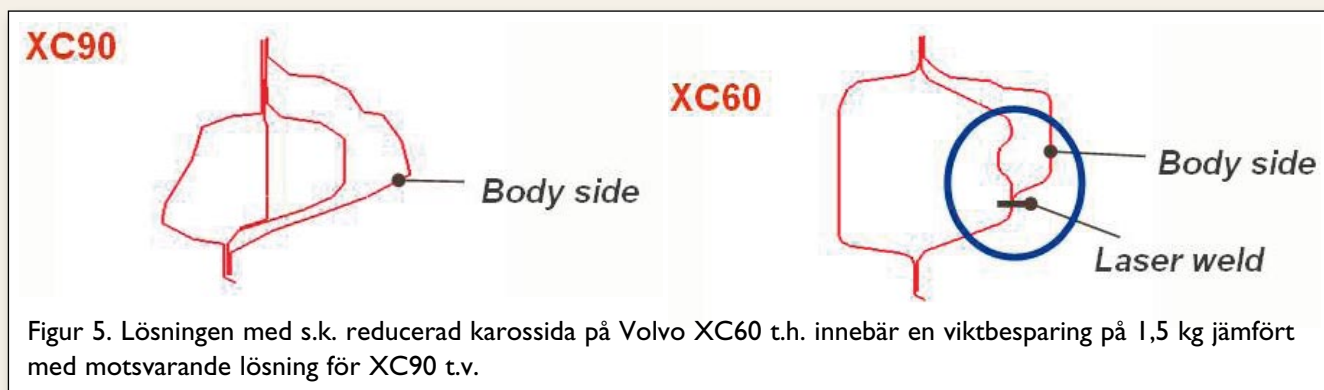
För att klara den omfattande lasersvetsningen har station 55-080 från år 1996 måst kompletteras med en ny station [55-090] som ligger direkt efter den gamla. Denna har också uppgraderats så att den idag innehåller två stycken lappumpade Nd:YAG-lasrar från Trumpf [HL4006D], två stycken H4L-robotar från Comau, vilka båda är monterade på åkbanor för bättre räckvidd och utrustade med fogföljnings- och dubbeltryckrulleverket WT^{03ST} från Permanova Lasersystem. I den nya lasercell 5-090 [Fig. 3] har vi valt att utvärdera nya typer av laserkällor. Därför hittar vi här en diodpumpad Nd:YAG-laser [Trumpf HL4406D] och en diodpumpad Yb:YAG diskaser [TruDisc 4002]. I övrigt ser utrustning och upplägg ut på samma sätt som i station 55-080 vilket skapar goda möjligheter för back-up och redundans i händelse av att någon laser eller robot skulle falla. Annars är den normala stationscykeltiden i GA3-flödet 67 sekunder.

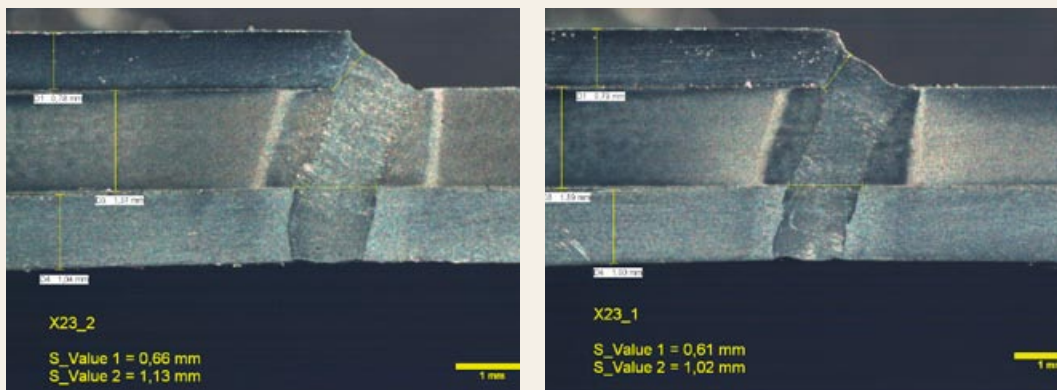
Vissa av de ovan nämnda lasersvetsapplikationerna förtjänar att särskilt lyftas fram som goda exempel på hur man förbättrat produktens egenskaper genom att ha lasertekniken med i beaktande redan i konstruktionsstadiet. Här skall vi först titta på lösningen av vindrute- eller A-stolpen vars konstruktiva utformning är en delikat uppgift eftersom man här ställs inför motstridiga krav. Å ena sidan skall stolpen vara stark och styv för att kunna stå emot de belastningar som uppstår vid exempelvis en rundslagningsolycka. Å andra sidan bör den vara så slank som möjligt för att förbättra förarens synfält, vilket också är en viktig säkerhetsaspekt. För att lösa denna konstruktiva utmaning har Borlegerat ultrahöghållfast stål använts för såväl A-stolpeförstärkningen [tjocklek 1,7 mm] som den övre A-stolpedelen [tjocklek 1,2 mm]. Detaljerna lasersvetsas samman till en längd av 680 mm per sida.

Genom att använda denna typ av UHSS [Ultra High Strength Steel] har

det varit möjligt att med bibehållen prestanda reducera vindrustestolpens tvärsnittsarea med 30% jämfört med den större XC90-modellen [Fig. 4], vilket motsvarar en viktsbesparing på 40%. Den mindre tvärsnittssektionen ökar förarens bifokala synfält kring A-stolpen, men för att förbättra dessa förutsättningar ytterligare har vindrute-flänsen vinklats avsevärt, vilket skulle omöjliggöra en sammanfogning med hjälp av punktsvetsning eftersom det då inte finns någon åtkomstmöjlighet för en punktsvetsstång. Den enda tänkbara metoden är enkelsidig lasersvetsning, vilken här utförs som en konventionell överlappssvets.

Ett idag kraftigt debatterat tema inom bilindustrin är viktsbesparingsåtgärder för att minimera utsläppen av växthusgaser och reducera bränsleförbrukningen. Varje sparat kilo är till gagn för kund och samhälle, och ett lovande exempel hittar vi i bottenställarlösningen på Volvo XC60 [Fig. 5]. Även i bottenställaren har ett varmformat Borstål





Figur 6. Hög kvalitet på lasersvetsarna som binder samman tre olika komponenter i B-stolpestrukturen.

med 1,3 mm tjocklek valts, vilket tillåter en tjockleksminskning på 0,7 mm jämfört med XC90-modellen där motsvarande komponent är tillverkad i 2,0 mm tjockt DP [DualPhase] 600-material. Normalt är sedan karossidan nerdragen till botten svällarens undre fläns och där punktsvetsad till densamma.

I XC60 är däremot karossidan avklippt cirka 5 cm högre upp och ligger här an mot en plan yta på botten svällaren. En sådan lösning tillåter endast en enkelsidig fogmetod och därför sker sammansättningen i form av två stycken, 531 resp. 220 mm långa laserkälsvetsar per sida. Den totala viktsbesparingen för denna nya botten svällarlösning är cirka 8 kg, varav 1,5 kg finns att härleda från den reducerade karossidan.

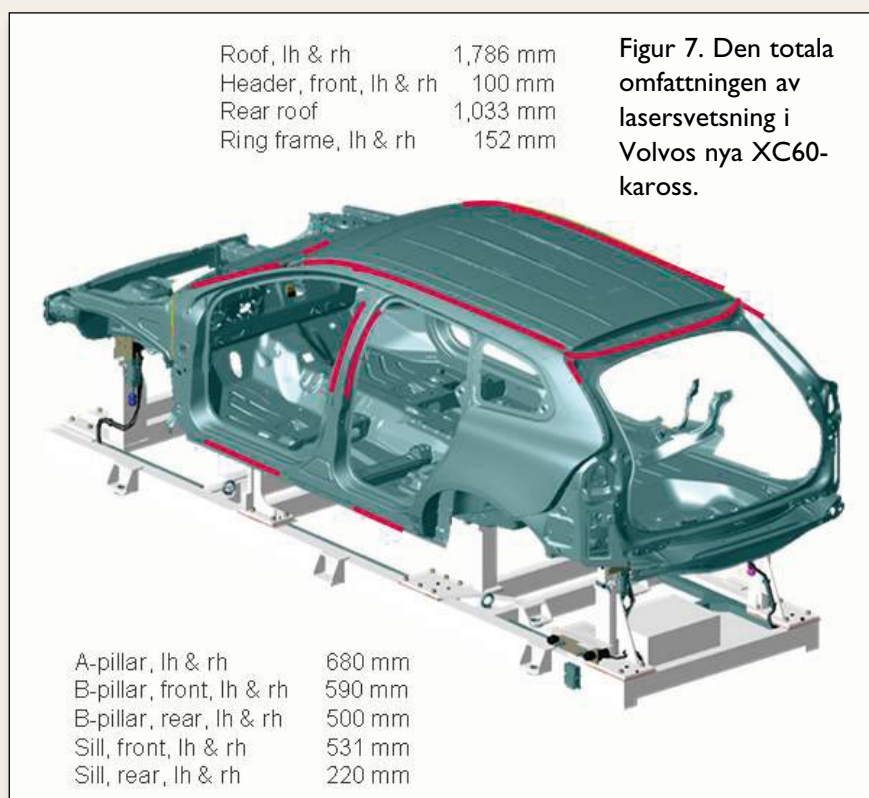
I B-stolpen hittar vi mer Borstål i form av den 1,5 mm tjocka B-stolpeförstärkningen. Denna är företrädesvis punktsvetsad till en inre detalj i 1,05 mm s.k. Rephosstål med 220 MPa sträckgräns. Härigenom bildar de två detaljerna en kraftfull sektion, vilket är en förutsättning för att klara de lastfall som en bil kan utsättas för vid en eventuell sidokrock. Just ett dylikt högt krockvåld resulterar i höga spänningskoncentrationer kring vissa punktsvetsar vilket i sin tur kan leda till sprödbrott i och kring dessa punkter. Detta var något som också observerades i tidiga sidokrockprov, och för att motverka ett sådant beteende byttes punktsvetsarna mitt på B-stolpen ut mot kontinuerliga

lasersvetsar vilka är 590 [främre fläns] respektive 500 [bakre fläns] mm långa. Dessa lasersvetsar är egentligen treplåtsförband eftersom karossidan svetsas till B-stolpen i samma operation. M.a.o. har man en kälsvets mellan karossida och B-stolpeförstärkning och en överlappssvets mellan B-stolpeförstärkningen och den inre B-stolpen [Fig. 6].

Förutom de här ovan nämnda laserapplikationerna finns Volvos traditionella svetsning av taket till karossidorna, utförd i ett designmässigt mycket smalt takspår där lasersvetsarna täcks med tunna PVC-tätningar över vilka sedan de olika ytbehandlings- och lackskikten läggs. Vidare är takets framkant och

bakkant lasersvetsat till strukturbärande tvärbalkar, och slutligen hittar vi också några kortare lasersvetsar i bakkörroppningen, vilka bidrar till en ökad vridstvyhet i ett annars vekt område av karossen [Fig. 7].

I och med introduktionen av Volvo XC60 kan man med rätta påstå att vi har sett ett paradigmskifte vad gäller laseranvändning vid karosseritillverkning. Frågan är bara om detta är en optimal omfattning beträffande lasersvetsning av en kaross som vi ser här, eller om det bara är början på en vida mer omfattande användning av lasertekniken. Författaren av denna artikel lär väl sitta inne med en del av de svaren, men nödgas i dagsläget lägga locket på av sekretesskäl! ☺



Figur 7. Den totala omfattningen av lasersvetsning i Volvos nya XC60-kaross.



En gammal trotjänare tar farväl?

Nu kan diodlasrar ersätta lamppumpade stavlasrar

En statusrapport från 10th European Automotive Laser Application 2009, 2–4 februari i Bad Nauheim, Frankfurt am Main

av Johnny K Larsson, Volvo Cars

Vid 2009 års EALA-konferens [European Automotive Laser Application] fick deltagarna bekanta sig med en hel del nyheter, varav kanske diodlasrar med hög effekt och för nyckelhållsvetsning tillräckligt bra strålkvalitet [$\leq 30 \text{ mm} \cdot \text{mrad}$] var den största ögonöppnaren. Mer om detta och andra intressanta innovationer kommer att presenteras i en artikelserie med start i detta nummer av LaserNytt.

Att kärva ekonomiska tider även drabbar konferens- och seminarie-

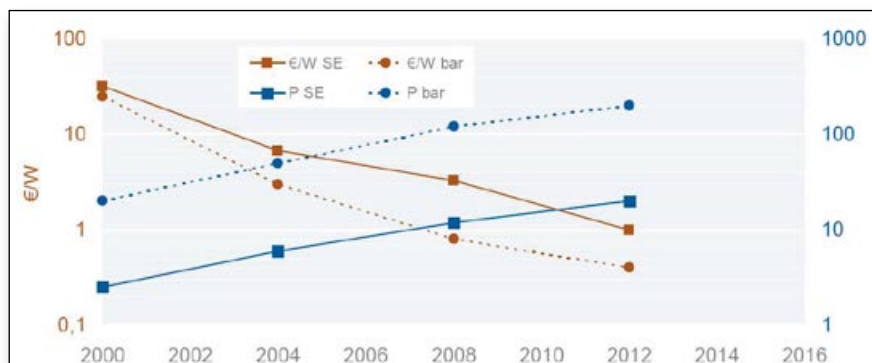
verksamheter är uppenbart. Detta var något som bekräftades vid årets EALA konferens i Bad Nauheim som genomfördes under 2½ dagar mellan 2 och 4 februari. Så sent som en vecka innan konferensen skulle starta hade blott strax under 100 delegater anmält sitt intresse, men i slutändan räknades totalt 145 deltagare, inklusive utställare, in – en siffra som med tanke på omständigheterna får betecknas som godkänd. Numera har ju ACIs [Automotive Circle International] starke man Fritz Ebert dragit sig tillbaka och överlåtit verksamheten till företaget Vincentz i Hannover som är något av specialist på konferensarrangemang. Under året arrangerar man ett tiotal specialkonferenser med olika teman för bilindustrin i Bad Nauheim, och just då det gäller laserkonferensen EALA så är det Frau Mönnig som tagit taktpinnen [Fig. 1].

Förutom den traditionella tvådagars expertkonferensen anordnade Vincentz en halvdags introduktionskurs i laserbearbetning där professor Dr. Bernt Brenner från IWS [Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik] i Dresden stod för den mer teoretiska delen, medan

”nykomlingen” Dr. Lars Engelbrecht från VW [Volkswagen AG] i Wolfsburg redogjorde för praktiska tillämpningar. Tyvärr hade bara tio intressenter anmält sig till denna ”Pre-Conference Tutorial”, varför man kan förmoda att Franziska Mönnig med hjälp av sina olika rådgivare kommer med nya infallsvinklar till nästa år. Annars var det mesta sig likt vid denna den tionde EALA-konferensen, vilket innebär högklassiga tekniska presentationer och samvaro och networking under gemytliga former. Tråkigt bara att på nytt konstatera att så få svenska deltagare söker sig till kurhotellet Dolce Bad Nauheim vid Elvis-Presley-Platz 1 [bara det kan ju vara värt ett besök]. Denna gång var vi tre – jag själv och min kollega Niclas Palmquist från Volvo Cars samt Björn Lekander från Permanova Lasersystem. Dock träffade vi på en svensk i forskningsringen i form av Bo Lindgren, Vice President Van-Rob, Aurora, ON, Canada, som höll en mycket handfast presentation av ett praktikfall rörande lasersvetsning av en kylarstruktur i aluminium för GMs [General Motors Corp.] GMT900 plattform. Men mera om



Figur 1. Franziska Mönnig från Vincentz och Automotive Circle International invigningstalar vid 2009 års EALA-konferens och hälsar de cirka 150 deltagarna välkomna till dryga två dagars diskussioner kring de senaste lasertrenderna inom bilindustrin.



Figur 2. Utveckling över tiden av pris per watt samt effekt för dioder ("single emitters") och "diode laser bars".

TABELL 1. UTVECKLINGEN AV LASERLINES PRODUKTER BETRÄFFANDE EFFEKT OCH DISTRIBUTIONSFIBRER

2008		2009	
Lasereffekt (W)	Fiberdiameter (μm)	Lasereffekt (W)	Fiberdiameter (μm)
2.000	300	4.000	300
4.000	400	5.000	400
8.000	1.000	10.000	1.000

detta senare.

Konferensens första temablock hade fått namnet "Smart Lasering", dvs. smart laserbearbetning, och leddes med fast hand av gamle bekantingen Dr. Michael Niemeyer från Audi AG. Det var under denna session som man kunde konstatera att diodlasrar med hög effekt hör framtiden till med tanke på hög verkningsgrad, kompakta enheter, låga driftskostnader och låga investeringskostnader per W [40 €/W för system i kW-klassen].

Förste talare var Dr. Guido Bonati från Jenoptik Laser Solution GmbH. Han berättade att produktionskostnaderna vid tillverkning av dioder och diodpaket har minskat signifikant. Idag kan man erbjuda lågeffektlasrar [≤ 10 W] till en kostnad av 10 €/W, medan priset för diodlasrar i kW-området ligger kring 40 €/W [Fig. 2]. De senare byggs enligt Jenoptiks koncept upp av 2,5 W dioder som byggs samman till "bars" med en uteffekt på 120 W. Även vid tillverkningen av dessa används laserteknik då man löder fast fokuseringslinserna till diodsta-

varna [Fig. 3]. Dr. Bonati förutspådde att miljöaspekter med tillhörande låg energiförbrukning kommer att gynna ytterligare användning av diodlasrar, och trodde även att regeringsbeslut i olika länder rörande bättre energiutnyttjande kommer att spå på en sådan trend. Beträffande Jenoptiks framtida produkter fick vi veta att fiberkopplade dioder, s.k. single emitters med 100 W effekt och stråldistribution via 100 μm fiber kommer att vara tillgängliga till en kostnad under 15 €/W inom de närmaste två åren, resp. under 10 €/W inom tre år. 4–6 kW direktverkande diodlasrar bör inom fem år gå att införskaffa till det facila priset av 20–30 €/W.

Därpå fortsatte Dr. Christophe Ullmann från Laserline GmbH att sjunga diodlasrarnas lov. Företagets multi-kW produkter kallas LDF och har idag strålkvaliteter mellan 40–100 mm*mrاد. Utvecklingen som är kopplad till detta i form av möjlig fiberdiameter för transmission av höga effekter framgår av Tabell 1.

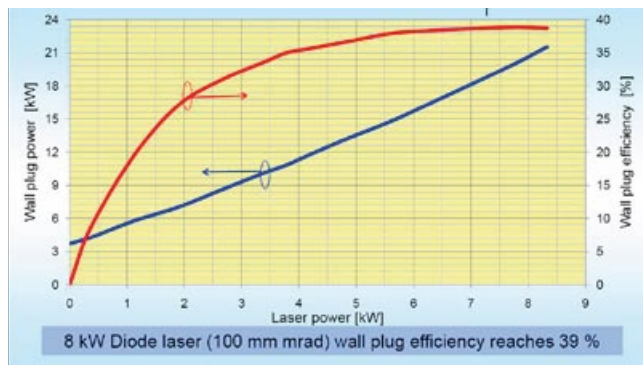
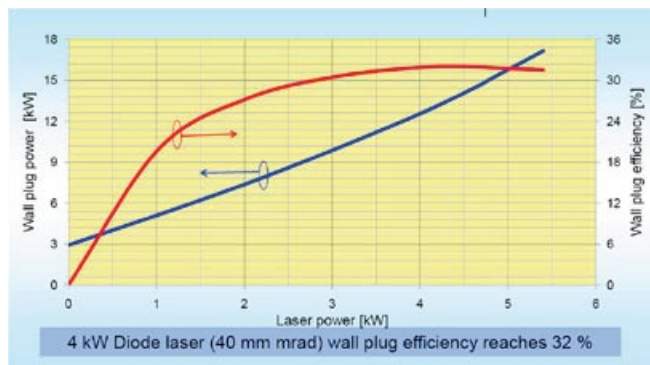
Man har redan nu levererat en



Figur 3. Här kan man tala om mikrobearbetning med laser! Montering av fokuseringslinserna på en diodlaserstav med hjälp av laserlödning där lodmaterialet tillförs som små mikrokulor.

10 kW enhet avsedd för svetsning och påläggning, men Dr. Ullmann var mycket förtegen med att avslöja vem kunden var. Han menade att med de strålkvaliteter som dagens 4–5 kW diodlasrar uppvisar är man fullt i nivå med vad motsvarande lamp- och diod-pumpade stavlasrar har att erbjuda! Med verkningsgrader [WPE = Wall Plug Efficiency] för högeffektdiodlasrar som närmar sig 40% [Fig. 4] prognostiserade Dr. Ullmann att dessa inom en snar framtid kommer att slå ut de mindre effektiva stavlasrarna.

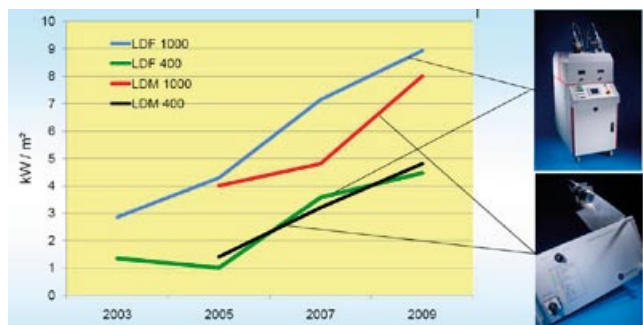
Den förbättrade strålkvaliteten i kombination med höga effekter gör att diodlasrarna inte längre bara duger till lödning utan även för nyckelhållssvetsning av aluminium och zinkbelagd plåt, något som vi fick åtskilliga exempel på under den fortsatta konferensen. Detta gör dem till ett synnerligen attraktivt alternativ sett ur kostnadssynpunkt [Fig. 5]. Inom området RLW [Remote Laser Welding] kan emellertid diodlasrarna inte konkurrera utan här krävs ytterligare bättre strålkvalitet vilket gör att man då är hänvisad till disk- eller fiberlasrar. Ett annat försäljningsargument är diodlasrarnas kompakta uppbyggnad vilken ger ett s.k. litet



Figur 4. Elektrisk verkningsgrad eller s.k. Wall Plug Efficiency (WPE) för en 4 kW (t.v) resp. en 8 kW (t.h.) diodlaser vid olika effektuttag.



Figur 5. En kostnadsjämförelse mellan direktverkande diodlasrar och disk-/fiberlasrar samt vilken strålkvalitet som krävs för olika former av bearbetning.



Figur 6. Diodlasrar kan byggas ytterst kompakta vilket framgår av detta diagram som beskriver utvecklingen över tiden för s.k. foot print eller ytbehov uttryckt i kW/m².

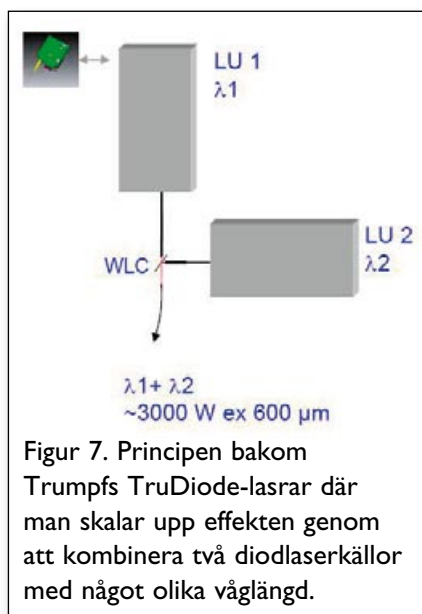
footprint, och här illustrerade Dr. Ullmann hur ytbehovet minskat med en faktor 2–3 sedan 2003 [Fig. 6]. Vidare kan Laserline gå i god för att uteffekten är mer eller mindre konstant under 1.000 timmars kontinuerlig drift. Interna prov hade gett en energiförlust som var mindre än

0,8%. Livslängden för diodstavarna ligger på över 80.000 driftstimmar och de enskilda dioderna har en förväntad livslängd på 30.000 timmar. Detta sammantaget innebär att man kan ge en femårig garanti på sina produkter. Aktiv kylning sker via den kylkropp som dioderna är monterade på och som har en förväntad livslängd på 50.000 timmar. Genom den aktiva kylningen har man kunnat konstatera att det efter 15.000 timmars driftstid inte skett någon våglängdsförändring!

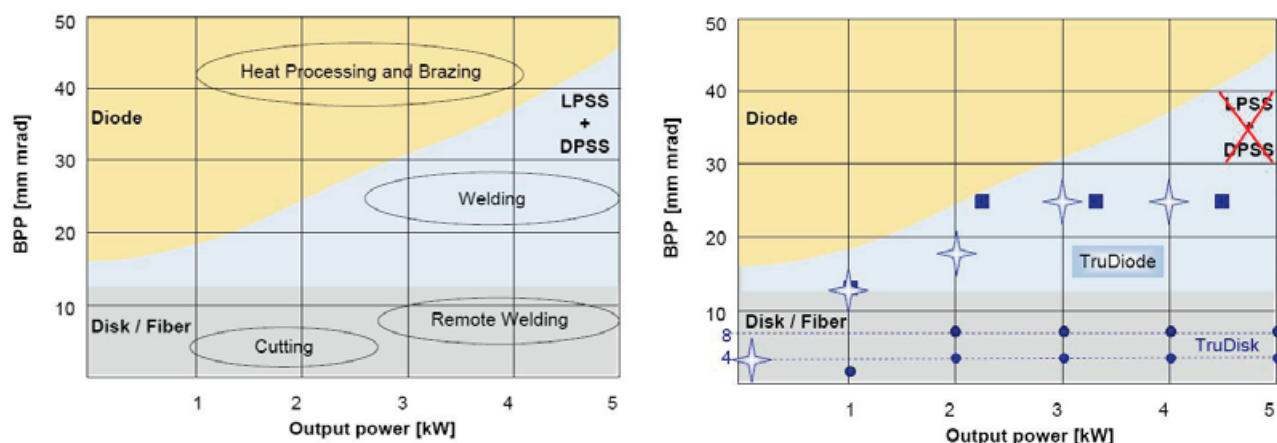
Den tredje musketören från ett diodlasertillverkande företag var den alltid lika sympatiska Dr. Kurt Mann från Trumpf Laser GmbH i Schramberg. Trumpf har ju gett sig in i leken kring högeffektdiodlasrar med benäget samarbetsbistånd från Jenoptik. Lasrarna byggs upp av basmoduler på 100 W med stråldistribution via 100 µm fiber och med en numerisk apertur [N.A.] som är lägre än 0.12.

Effekten skalas sedan upp genom att fibrerna samlas i knippen av upp till 19 stycken enskilda fibrer, men den verkliga innovationen i Trumpfs koncept är att man för att erhålla ytterligare effekttökning kombinerar två lasrar med något olika våglängd [Fig. 7]. Produktnamnet för dessa diodlasrar är TruDiode, och under ett frukostsamtal med Dr. Mann avslöjade han att man avser att presentera en 3 kW-enhet [TruDiode 3006] under lasermässan i München i juni för att därpå erbjuda den kommersiellt till eventuellt hugade spekulanter under hösten! Strålkvaliteten räknar man med skall ligga kring 30 mm*mrad eller bättre, diodlivslängden kring 50.000 driftstimmar och verkningsgraden [WPE] mellan 40 och 50%.

Med dessa nya TruDiode-produkter och de uppenbara fördelar som de erbjuder, menade Dr. Mann att de kommer att ta över de svetsope-



Figur 7. Principen bakom Trumpfs TruDiode-lasrar där man skalar upp effekten genom att kombinera två diodlaserkällor med något olika våglängd.



Figur 8. Då och nu! Dr. Manns vision över hur de traditionella lamp- och diodpumpade stavlasarna för svetsning (t.v.) kommer att slå ut av diodlasrar med förbättrad strålkvalitet (t.h.).

rationer som tidigare varit vikta åt lamp- och diodpumpade stavlasrar med effekter kring 3–5 kW [Fig. 8]. Trumpf har ju även införskaffat företaget SPI [Southampton Photonics Inc.] för att kunna erbjuda diodlaserprodukter i lågeffektområdet [< 200 W]. Med den fortsatta utveckling som sker i laboratorierna i Schramberg prognostiserade Dr. Mann att det inte kommer att dröja länge förrän man kan erbjuda typiska strålkvaliteter i lågeffektområdet [100 W] på 3 mm*mmrad alt. 20 mm*mmrad i högeffektområdet [5 kW].

Därpå var det dags att lyssna till bilindustrins erfarenheter från diodlaseranvändning. Detta skedde i form av två högklassiga presentationer, en om laserlödning [VW] och en om lasersvetsning av aluminium [Audi]. Låt oss börja med VW-presentationen där Dr. Lars Engelbrecht redogjorde för det teknikskifte från Nd:YAG-laser till dioddito som är på gång beträffande laserlödningen av taken på företagets karosser. Med tanke på att VW använder laserbearbetning i 22 fabriker world-wide samt att elpriset ökat med i storleksordningen 100% under den senaste sexårsperioden finns en rad starka argument för diodlaseranvändning som kan sammanfattas som följer.

* Jämfört med lampumpade stavlasrar har diodlasarna en tiopo-

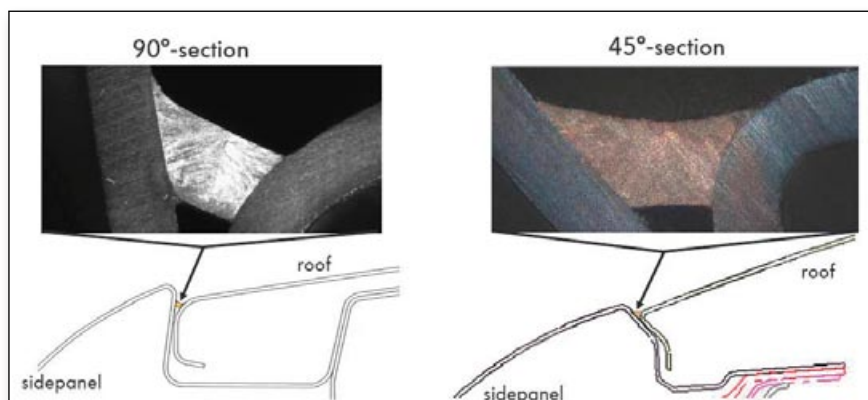
tens högre verkningsgrad vilket medför en avsevärd reduktion av såväl el- som kylvattenförbrukning.

- * Livslängden på laserdioder är cirka 30.000 timmar att jämföras med 3.200 timmar för pump-lampor.
- * Ungefär 25% lägre investering för ett 3 kW diodlasersystem, inkl. kylvatten, beam switch och fiber, jämfört med en Nd:YAG-laser.
- * Större flexibilitet i handhavande samt mindre golvyta [floor space].

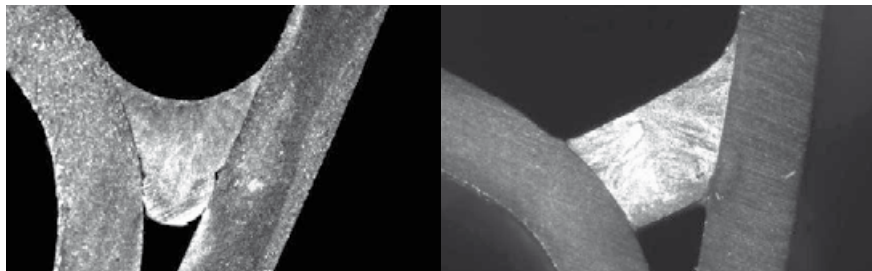
VW löder idag karosstaken med den fogutformning som syns t.v. i Figur 9, vilken är snarlik den som används på Ford Mondeo, men man

avser att gå över till den ur process-teknisk synvinkel enklare "Audilösningen" t.h.

Vid initiala lödförsök i laboratoriet i Halle 18 i Wolfsburg utvärderades en 6 kW Laserline LDF-6000 med 1000 µm fiber och inverkan av olika våglängder [915, 940 och 980 nm] kartlades. Likaså undersökte man olika lödverktyg från såväl Scansonic som HighYAG samt en trådmatningsenhet från Dinse [DIX WD 300]. Plåtmateriel som motsvarar takplåt och karossidea var elförzinkad mjuk DC05-pressplåt och tillsatsmaterialet utgjordes av klassiskt CuSi3 med en tråddiameter på 1,6 mm. Vid dessa grundläggande experiment visade sig kalltråd ge bättre vätning mot plåtytorna medan



Figur 9. Skillnaden i fogutformning vid lödning av tak till karossidorna på VW t.v. och Audi t.h. Samstämmiga röster från EALA lät emellertid göra gällande att förståttvis kommer endast den processtekniskt enklare lösningen t.h. att användas för både VW- och Audi-bilar.



Figur 10. Lödning med kalltråd närmast och förvärm CuSi3 längst t.h. Den senare ger en bättre inträngning, men för kosmetiska fogar torde en kalltrådslösning vara att föredra.

en förvärm tråd resulterade i en bättre inträngningsprofil [Fig. 10].

Det mest intressanta resultatet var emellertid att diodlasern ger en väldigt distinkt s.k. tophat-mod med 1.000 μm fiber, vilket resulterar i ett överlägset lödresultat jämfört med den defokuseringsteknik som hittills används för dylika applikationer. Den senare metoden resulterar i ungefär 25% högre andel kantdefekter på lödfogen [Fig. 11]. Även produktiviteten påverkas då Dr. Engelbrecht påstod att man ökat framföringshastigheten från 2,34 m/min till 4,4 m/min genom att gå från defokuserad stråle till tophat-profil.

För att undvika rengöring av lödfogen från sotrester hade man provat en form av luftstråle, vilken emellertid visade sig ge negativa effekter på lödfogens tvärsnitt och kvalitet [Fig. 12], varför konklusionen var att man efter laserlödningen

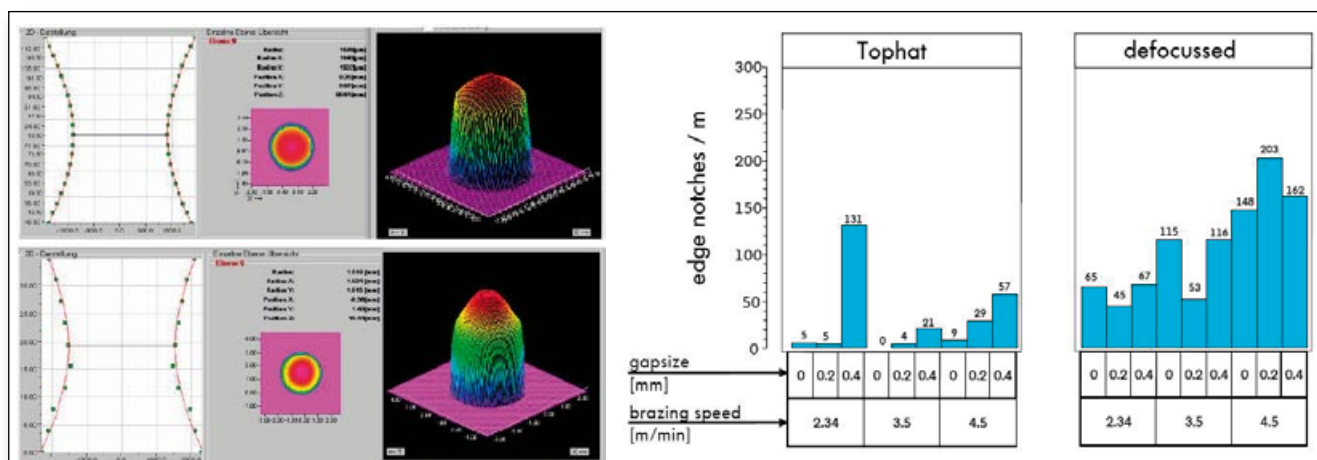
måste fortsätta med en efterföljande rengöring vanligen utförd med hjälp av roterande borstar. Vidare hade inverkan av olika trådmatningshastigheter undersökts och här menade Dr. Engelbrecht att en god tumregel för ett bra resultat var att välja samma trådmatningshastighet som framföringshastighet, i varje fall i det aktuella fallet med en 1,6 mm tjock tillsatstråd. Ett produktionsprov hade därpå genomförts vid VW Touran-tillverkningen i Wolfsburg med en 6 kW diodlaser från Laserline och lödverktyget PDT-B från HighYAG. Även i produktionsprovet hade man kunnat bibehålla den höga framföringshastigheten på 4,4 m/min.

För oss som varit med i branschen länge vet att lasersvetsning av aluminium är en grannliga uppgift. Men även här tycks diodlasern vara en möjliggörare, vilket framgick av

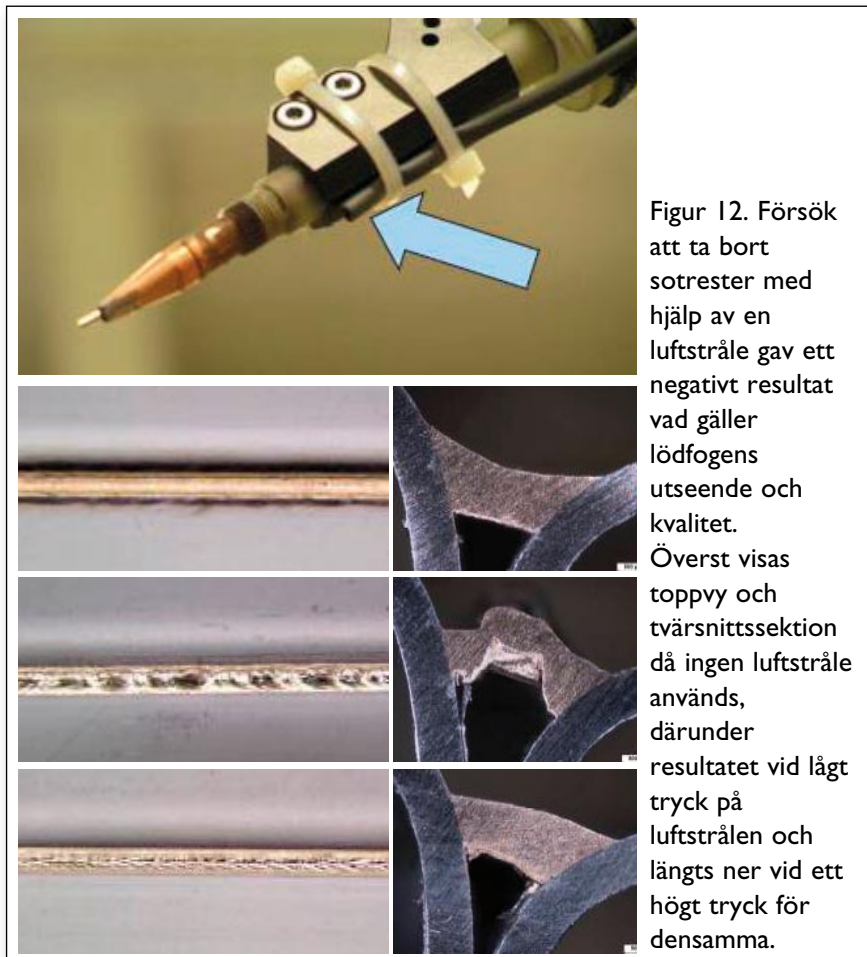
Christian Eberts redogörelse som handlade om diodlasersvetsning av baddörren på Audis nyligen lanserade Q5-modell. Vid EALA 2006 redogjorde ju nämnde Herrn Ebert för lasersvetsningen av Q7-modellens baddörr som då utfördes med en konventionell Nd:YAG-laser, men med tanke på att såväl investeringskostnader [–20%] som driftkostnader [–35%] är lägre för en diodlaser med motsvarande effekt, är det lätt att förstå Ingolstadt-kollegornas förkärlek för denna typ av laserkälla. Även laserljusets absorptionsförmåga i aluminium är gynnsammare för diodlaserns våglängdsområde.

Inför produktionsinförandet provades först en LDF 1000/6000 [skall uttolkas 1.000 μm fiber och 6.000 W effekt] från Laserline, men denna visade sig blott resultera i värmeledningssvetsning. För att få igång en nyckelhålsprocess var man istället tvungna att använda en mindre fiberdiameter varför valet slutligen föll på en LDF 400/4000-källa.

Som för Audis övriga lasersvetsade aluminiumapplikationer använder man sig av LaserClean©-processen [Fig. 13], vilken togfördes första gången vid EALA 2007. Här rör det sig om en partiell rengöring av aluminiumytan från oxider med hjälp av en pulsad laser med 500 W



Figur 11. Överst en tophat-profil för en diodlaser genererad med ett lödverktyg från Scansonic (ALO3) och därunder motsvarande profil för HighYAGs PDT-verktyg. T.h. framgår den förbättrade lödkvalitet som erhålls vid en tophat-profil jämfört med då en större fokuspunkt på arbetsstycket skapas genom defokusering av laserstrålen.



Figur 12. Försök att ta bort sotrester med hjälp av en luftstråle gav ett negativt resultat vad gäller lödfogens utseende och kvalitet. Överst visas toppvy och tvärsnittssektion då ingen luftstråle används, därunder resultatet vid lågt tryck på luftstrålen och längst ner vid ett högt tryck för densamma.



Figur 14. Svetsverktyg med taktill sensor för fogföljning vid lasersvetsning av Audi Q5-modellens baddörr utförd med en 4 kW diodlaser.

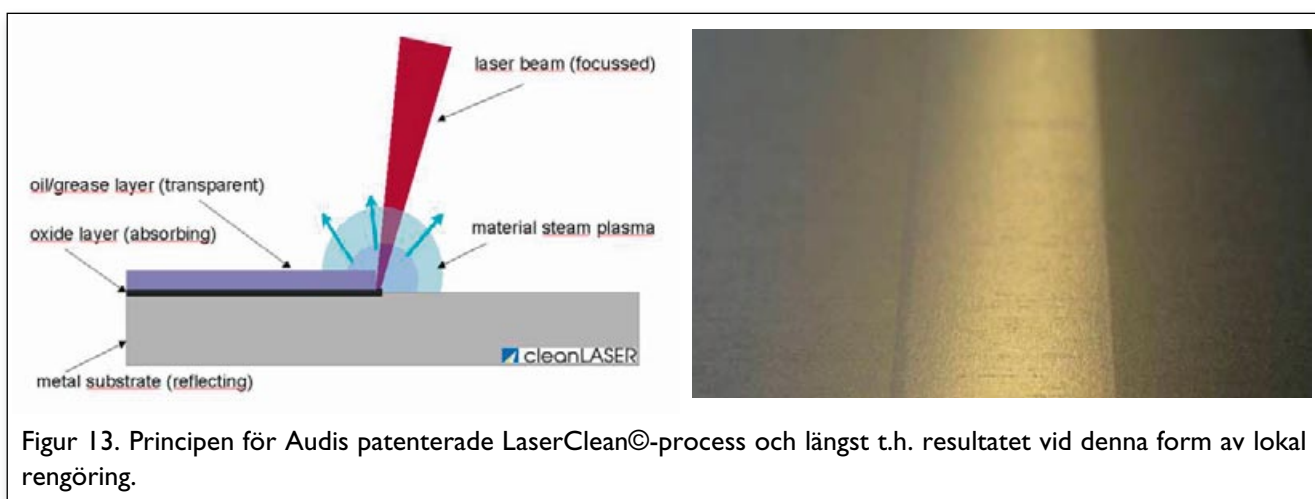
medeleffekt i kombination med en scanner-enhet. Framföringshastigheten ligger kring 3 m/min. Denna rengöringsprocess sker i en tidigare arbetsstation och alltså inte simultant med lasersvetsningen.

Den aktuella foggeometrin är en s.k. strålfälleslösning som svetsas med tillsatstråd AlSi12 som tillförs via ett matarverk från Dinse, och vidare använder man sig av en taktill

sensor för svetsverktyget [Fig 14]. Svetslängden per baddörr är 800 mm och svetshastigheten ungefär 3 m/min. Detta resulterar i en total cykeltid på 132 sekunder och produktionsvolymen ligger kring 400 dörrar per dag.

Sammanfattningsvis kan man säga att det var väl använda dagar i Bad Nauheim! Just EALA-konferensen får nog klassificeras som den kva-

litetsmässigt bästa laserkonferensen då det gäller bilindustrin. Själv har jag ju genom åren också besökt den motsvarande nordamerikanska varianten ALAW [Automotive Laser Applications Workshop], under överinseende av Frank DiPietro, "still going strong", men jag vill nog påstå att EALA är snäppet vassare. Inte minst de informella samtalen laserkollegor emellan har genom åren skänkt mig ovärderliga kunskaper. Därför är det också roligt att kunna erbjuda LaserNytts läsare denna kvalificerade information, och jag kan utlova att ytterligare artiklar kommer att följa i kommande nummer av vår tidning. Så håll ögonen öppna! ☺



Figur 13. Principen för Audis patenterade LaserClean©-process och längst t.h. resultatet vid denna form av lokal rengöring.

Disklasern – en mogen teknik med oöverträffad prestanda

Av Mikael Mimer,
TRUMPF maskin AB



År 2004 introducerades disklasern, eller skivlasern som den också kallas, som ett alternativ till de så framgångsrika lampumpade stavlasrarna. Den nya tekniken för att generera en laserstråle innebar både möjligheter till en fantastisk strålkvalitet, men även en verkningsgrad i storleksordningen tio gånger så hög som den äldre tekniken.

Under utvecklingsarbetet av disklasern [Fig 1] har man återanvänt och vidareutvecklat välkända och lyckade funktioner från de lampumpade föregångarna så som en kontinuerlig mätning av laserns uteffekt med en realtidsåterkoppling till styrningen. Därmed kan det garanteras att det är programmerad effekt som även kommer ut ur lasern. Det

är en nödvändighet för många av dagens krävande användare.

En ytterligare fördel med disklasern är att den är totalt okänslig mot återreflekterat ljus. I andra lasertyper kan återreflekterad strålning p.g.a. deras fundamentala uppbyggnad orsaka skador i laserresonatoren. Det handlar om att effekttätheten i optiska komponenter ligger nära gränsen på vad de tål. I disklasern är effekttätheten i resonatorn och dess optiska komponenter mycket låg och därmed långt ifrån de gränsvärden där skador kan uppstå.

I ett pressmeddelande från juni 2008 skriver amerikanska Boeing om disklaserns förträfflighet. Med kommersiella disklaserkomponenter har de satt samman en egen laser med en kontinuerlig uteffekt på över 25kW (!) som dessutom har en i det närmaste perfekt strålkvalitet. Boeing skriver att disklasrarna representerar den laserteknik som har bäst potential med avseende på verkningsgrad och prestanda.



Fig 1. Den senaste generation av disklasern

Även inom traditionell tillverkningsteknik där bilindustrin ligger i täten har disklasern vunnit stor respekt. Under mars 2009 offentliggjorde PSA-gruppen med Peugeot och Citroën att de har investerat i elva 4kW disklasrar från TRUMPF.

”Vi var intresserade i den starka utvecklingen som den nya disklasern har genomgått. Den har lett till förbättringar både med avseende på investering och även driftskostnader”, säger Boubakar Sehili, ansvarig för laseranvändningar inom PSA.

Även den tyska tillverkaren Daimler använder sig av disklasern i stor skala.

Nyligen tilldelades TRUMPF en utmärkelse av Daimler som bästa leverantör med avseende på innovationer [Fig 2]. Det gäller utvecklingen av scannersvetssystemet Robscan [Fig 3], där disklasrarna är hjärtat i innovationen.

”Vi har i TRUMPF hittat den ideala partnern för utveckling av Robscan. För både Daimler och TRUMPF är innovation inte bara ett ord, utan en del av företagskulturen”, säger Dr. Thomas Weber, styrelsemedlem i Daimler med ansvar för forskning



Fig 2. Jens Bleher, verkställande direktör på TRUMPF Laser und Systemtechnik tar emot innovationspriset från Dr. Thomas Weber.

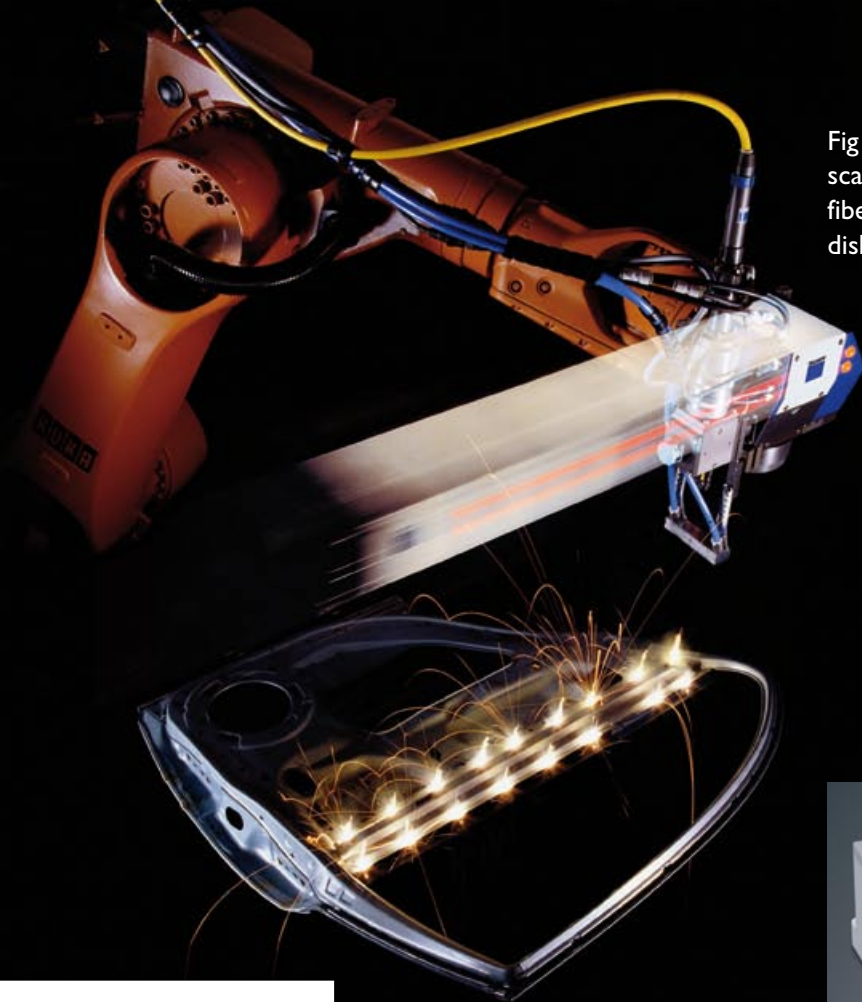


Fig 3. Robscan består av en scanneroptik kopplad med fiberoptisk kabel till TRUMPF's disklasrar.

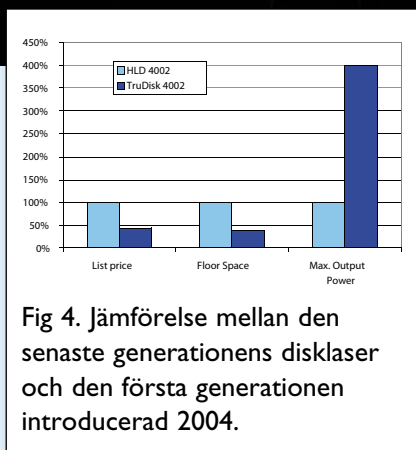


Fig 4. Jämförelse mellan den senaste generationens disklasrar och den första generationen introducerad 2004.

och utveckling i sitt hyllningstal till TRUMPF.

Antalet levererade och installerade lasrar har accelererat det senaste året och är nu uppe i över 500. Endast det senaste året har totalt fem stycken multikilowatts disklasrar beställts till Sverige. Den senaste generationen av disklasrar, som presenterades på TRUMPF:s innovationsdagar i mars erbjuder fantastiska egenskaper. Från att vid introduktionen 2004 kunna erbjuda 1kW per disk, så levererar den nya disklasern hela 4kW per disk. Det har realiserats med helt nya passivt kylta dioder från TRUMPF:s

eget dotterbolag i Princeton, USA. Utvecklingen ger en rad fördelar för användaren. Högre effekt per disk ger färre komponenter i lasern som i sin tur ger ett lägre pris och en kompaktare produkt. Även högre uteffekter är en följd av utvecklingen [Fig 4]. Numera finns kommersiella standardprodukter med en uteffekt på upp till 16kW.

Samtidigt som prestanda och pris har förbättrats har användarens driftskostnader sänkts genom bl.a. längre livslängd på dioder och en optimerad verkningsgrad.

Disklasern är ett erkänt industriellt verktyg vars mognadsgrad nu är väldigt hög. Det innebär inte att TRUMPF som ett innovationsinriktat företag inte tittar på nya produkter. Som ett kommande alternativ till disklasern inom lasersvetsning finns den nya fiberkopplade diodlasern TruDiode. Det är en produkt som kommer att ha en strålkvalitet som motsvarar vad de lampumpade



Fig 5. De nya diodmodulerna är stora som en cigarettask och levererar 100W lasereffekt med en numerisk apertur $<0,12$.

lasrarna har, men då med en verkningsgrad som överstiger 40%.

I TruDiode skapas en användbar laserstråle genom direkt omvandling av elektricitet till laserljus utan att gå via en stav, disk eller fiber. TruDiode baseras på helt nya 100W diodmoduler som har en numerisk apertur $<0,12$ [Fig 5]. Sammankoppling av de här diodmodulerna resulterar i en helt ny serie lasrar kallade TruDiode med en uteffekt på upp till 4kW. TruDiode kommer att lanseras på marknaden i samband med lasermässan i München under sommaren 2009. 🌐

För mer information kontakta gärna Mikael Mimer på TRUMPF, mikael.mimer@se.trumpf.com

Laserbearbetning i Japan – Översikt över den lokala marknaden och utvecklingstrenderna

av Johnny K. Larsson, Volvo Cars

Professor Isamu Miyamoto är en av de verkliga åldermännen i laser-världen och påbörjade sin forskning kring materialbearbetning med laser redan 1965. Inom detta område har han bedrivit ett antal pionjärarbete, alltifrån fundamentala förklaringsmodeller vid laserbearbetning till tillämpad industriell forskning. Dr. Miyamoto är ordförande i Japan Laser Processing Society [JLPS] och tillika en av initiativtagarna till de populära LAMP-konferenserna [Laser Advanced Materials Processing]. 2004 pensionerade han sig från Osaka University och arbetar idag som gästprofessor vid BLZ [Bayerisches LaserZentrum] i Erlangen där han forskar kring smältsvetsning av glas med hjälp av ultrakorta laserpulser. Vid samtal kollegor emellan med Johnny K Larsson framkom de fakta som presenteras i den följande artikeln.

Lasermarknaden i Japan expanderar med en stabil årlig tillväxt på mer än 10% vad gäller antalet installerade system. I figur 2 är CO₂-lasrarna uppdelade i vanliga konstantflödeslasrar för främst skärning, samt pulsade lasrar för hålbörning, märkning och annan bearbetning. På samma sätt är kristallasrarna uppdelade i sina huvudsakliga användningsområden såsom svetsning, borrar, justering, reparation, märkning och övrigt.

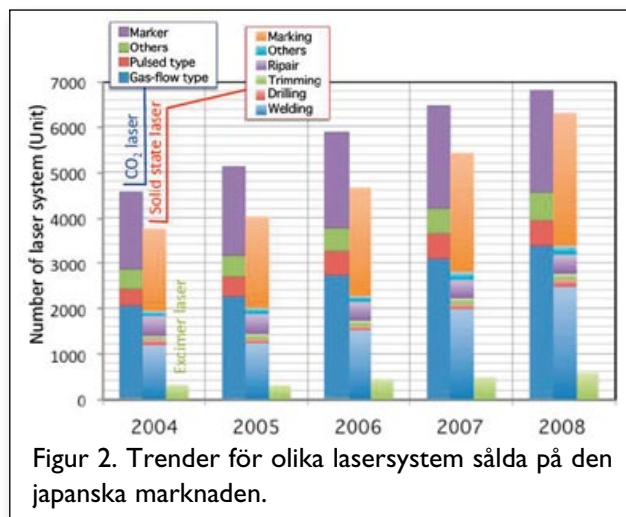
2006 nådde siffran för antalet sålda lasersystem på den japanska marknaden (inklusive import och export) 11.000 enheter, vilket då var en ökning med 15,8% jämfört med året innan. Volymen motsvarar en omsättning på 471 miljarder yen vilket framgår av figur 3. Fördelningen mellan olika lasertyper är 5.890 CO₂-lasrar, 4.670 kristallasrar samt 447 excimerlasrar. Försäljningen 2006 av konventionella CO₂-lasrar var 2.720 system vilka användes för

2D-skärning (76,6%), 3D-skärning (12,2%) samt laserstans-kombinationsmaskiner (9,2%). Tendensen är att röra sig mot högre effekter för att möjliggöra högre processhastigheter. Antalet pulsade CO₂-lasrar för hålbörning uppgick till 533 enheter motsvarande en omsättning på 32 miljarder yen.

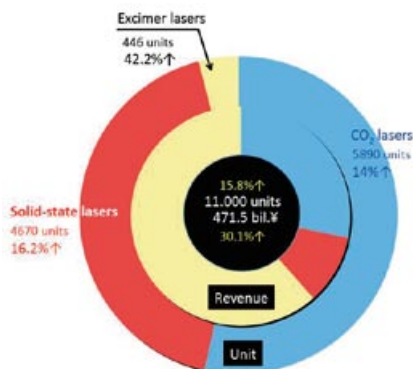
Beträffande antalet sålda fasta tillståndets lasrar uppgick dessa till 2.282 stycken, men då är lasrar avsedda för märkning exkluderade från siffran. 2006 innebar en ökning på 13,2% i försäljningsvolym jämfört med året innan, vilket motsvarar 35 miljarder yen, jämnt fördelade på lasrar för svetsning och skärning respektive mikrobearbetning inom halvledarindustrin. Svetsapplikationerna för lågeffektlasrar (< 1kW) ökade med 26% där användningsområdena främst står att finna inom bilelektronik och digital hemelektronik. I motsats till detta kunde endast en begränsad ökning av hög-



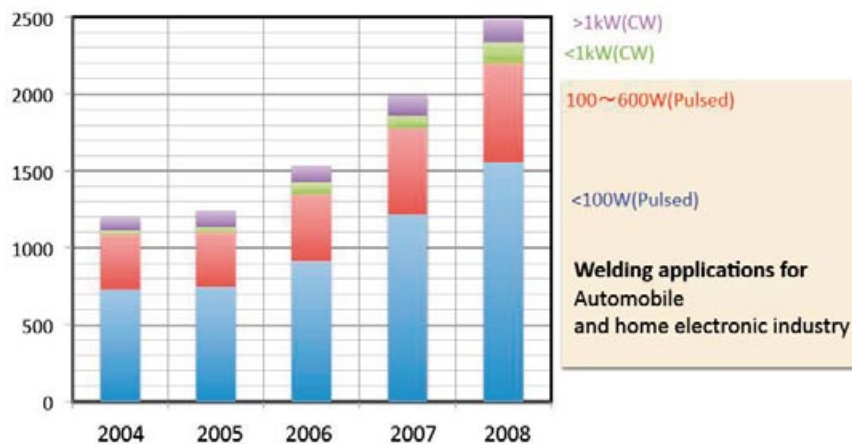
Figur 1. Professor Isamu Miyamoto i samtal med en kollega vid AKL'08 i maj 2008.



Figur 2. Trender för olika lasersystem sålda på den japanska marknaden.



Figur 3. CO₂-, kristall- och excimer-lasrar sålda i Japan under 2006; antal och omsättning.



Figur 4. Antalet sålda kristallasrar i Japan, exklusive märklasrar. Siffrorna avslöjar den japanska industrins förkärlek för lågeffekt, pulsade Nd:YAG-lasrar.

effektlasrar (> 1kW) observeras [Fig. 4]. Detta förklaras främst av att introduktionen av lasrar i bilindustrin inte varit tillnärmelsevis lika framgångsrik i Japan som i Europa. Ett lysande undantag från detta är den rygglåttssvetsning som infördes på Toyotas Zero Crown-modell i december 2003. Laserlösningen innebar att karossens vridstyvhet kunde ökas med 5%, samtidigt som man uppnådde en viktsbesparing på 2,8 kg. Ett annat exempel från bilindustrins underleverantörer är förknippad med de hybridmotorer vi hittar i Toyota Prius-modellen. Sedan introduktionen 1997 har mer än 1 miljon nickel-hydridd-batterier tillverkats där lampumpade

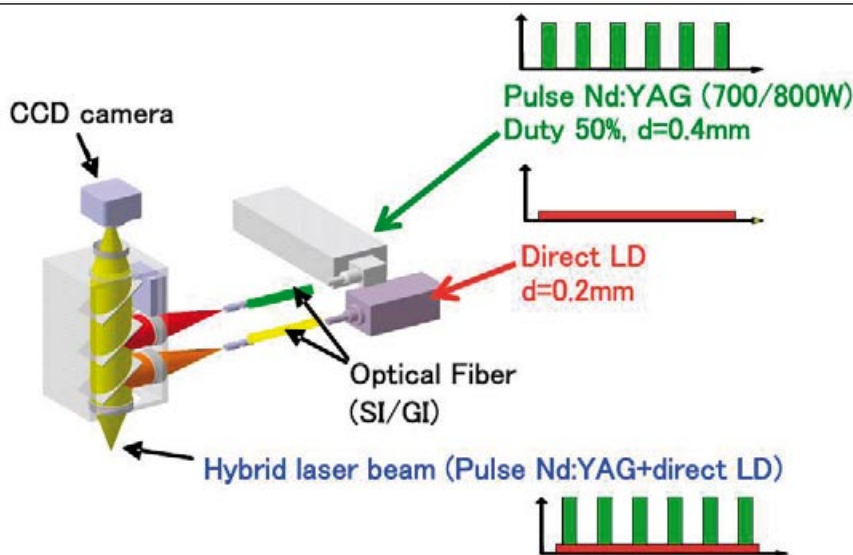
Nd:YAG-lasrar med medeleffekter på 750 W används i kombination med 140 W cw laserdioder [Fig. 5], en lösning som innebär fördubblad penetration och minskad porositet. Toyotas prognos är att man år 2011 når en årlig produktion av 1 miljon hybridmotorförsedda bilar. Då har man också gått över till Lithiumjon-batterier vilka har en större lagringskapacitet.

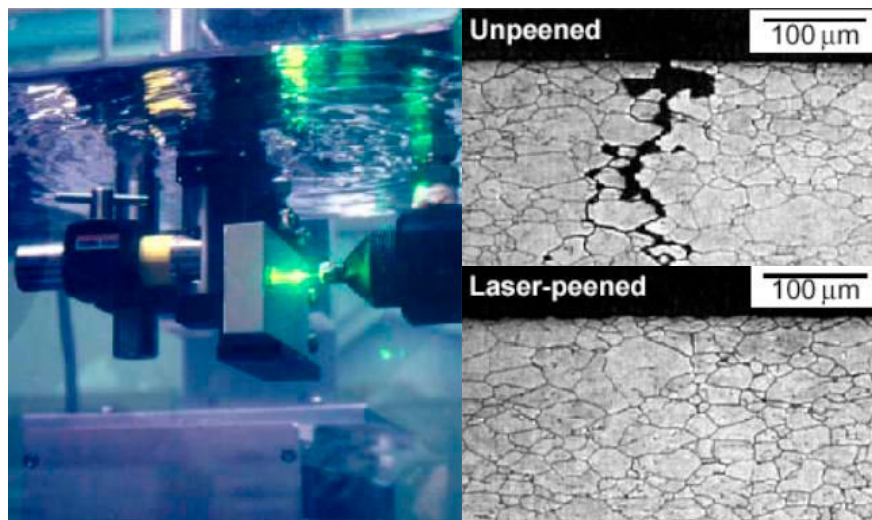
Att förhindra uppkomsten av sprickor genererade av spänningskorrosion är en av de viktigaste aspekterna vid tillverkning av svetsade konstruktioner. Därför har två laserbaserade tekniker utvecklats inom japansk tung industri för att motverka denna typ av sprickupp-

komst. Metoderna är laserblästring och L-SIP (Laser Stress Improvement Process). Laserblästringstekniken har utvecklats hos Toshiba genom att använda en q-switchad SHG-Nd:YAG-laser i stället för mer traditionell sandblästring för att åstadkomma en plastisk deformation i det laserbestrålade området så att restspänningar omvandlas från drag- till tryckspänningar. Laserbearbetningen sker under vatten för att på detta sätt öka trycket på den bearbetade ytan [Fig. 6]. Efter framgångsrika tillämpningar inom kärnkraftsindustrin har man nu för avsikt att även använda metoden inom flyg- och bilindustrin för att förbättra olika komponenters utmattningsgenskaper. Med L-SIP

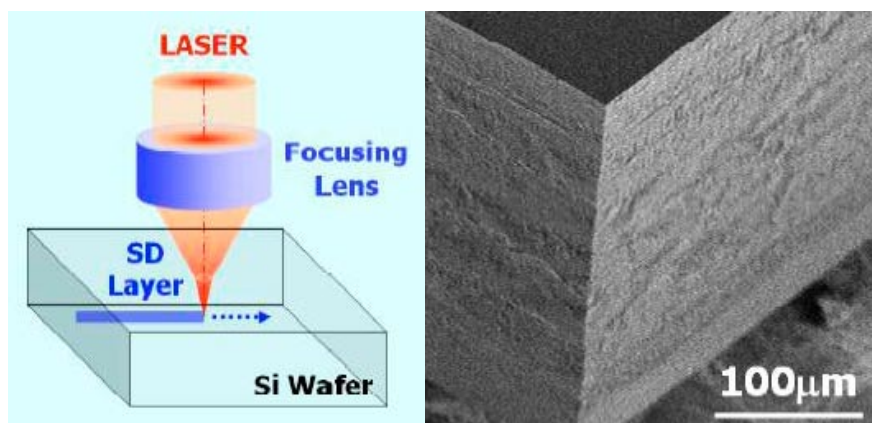


Figur 5. För att erhålla högkvalitativa, porfria lasersvetsar vid tillverkning av NiH-batterier kombineras en pulsad Nd:YAG-laser med en cw diod-dito.





Figur 6. Laserblästring under vatten! Längst t.h. tvärsnitt som visar sprickbenägenheten hos oblästrat resp. blästrat (underst) rostfritt 304-material.



Figur 7. "Stealth Dicing" av kiselchips där laserstrålen fokuseras inuti materialet och ger upphov till mikrosprickor som resulterar i en kontrollerad sönderdelning med snittytor av yttersta kvalitet som resultat.

metoden är det möjligt att ändra restspänningsbilden inuti ett svetsat rör från drag till tryck genom att bestråla rörets utsida med laser. I denna process sker den plastiska deformationen av rörets invändiga yta genom de stora temperaturskillnader som uppstår mellan rörväggens båda sidor under denna uppvärmningsprocess, och tryckspänningarna på rörets insida skapas då röret kyls av. För rör med 100 mm väggdjocklek har en fiberlaser med 36 kW effekt framgångsrikt använts för att omvandla dragspänningar på 300 MPa till tryckspänningar.

Laserskärning av spröda material som t.ex. kiselchips är ett lovande

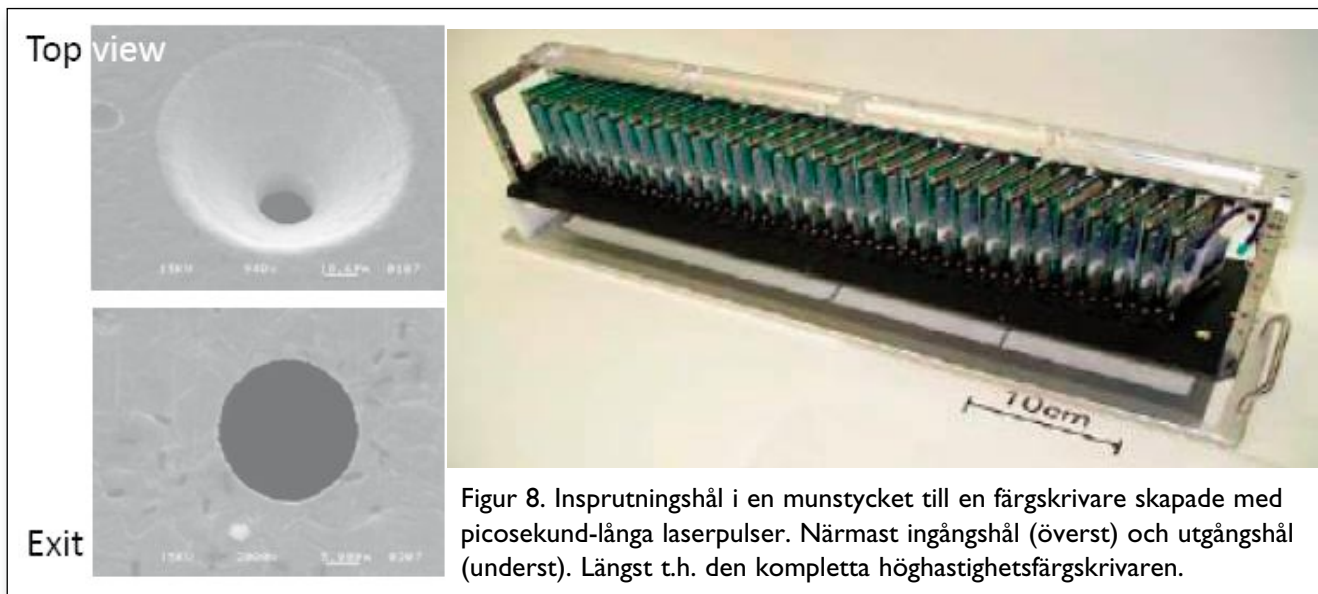
alternativ till mekanisk bearbetning då risken för spånbildning och delaminering hindras. Dessa problem accentueras alltmer då trenden är att gå mot allt tunnare chips, och där man idag är nere på tjocklekar kring 30 µm. Ett helt laserbaserat system för skärning av kiselchips har utvecklats av det japanska företaget Disco.

En ny teknik, benämnd "Stealth Dicing" har utvecklats av Hamamatsu Photonics där laserstrålen fokuseras inuti kiselchipset och där ger upphov till mikrosprickor vilka propagerar och sönderdelar chipset med resultatet av snittkanter med högsta kvalitet [Fig. 7]. Processen

är helt torr och kan användas för sönderdelning av ytterst tunna chips utan uppkomst av några föroreningar.

En dylik laserinducerad värmskärning resulterar i sprickfri tudelning av tunna glaspaneler och används där krav på hög snittkvalitet föreligger, som vid exempelvis tillverkning av plattbildskärmar. Här krävs emellertid en efterföljande lossbrytning eftersom en CO₂-laser, som används vid denna typ av bearbetning endast absorberas i glasets yttersta skikt. Verklig laserskärning av glas, utan efterföljande lossbrytning, har utvecklats av företaget Lemi. Här används en direktverkande laserdiod med 976 nm våglängd, samtidigt som själva glasspanelen dopas med Ytterbium. Ungefär 80% av laserenergin absorberas i det 0,7 mm tjocka Yb-dopade glaset. Denna teknik möjliggör inte bara skärning av glasprofiler med olika form, men kan också användas för tudelning av laminerade glas där man bara vill ta bort ett av laminaten.

Världsmarknaden för elektroniska kretskort ökar stadigt tack vare expansionen av olika digitala konsumentprodukter som mobiltelefoner och datoriserade anteckningsböcker. Mer än 500 lasersystem för håltagning i dylika kretskort såldes under 2006. Vanligtvis används pulsade CO₂-lasrar med en våglängd på 9,3 µm för att borra dessa hål som har typiska diametrar mellan 60-80 µm. Antalet hål i moderkortet till en mobiltelefon ligger idag nära 20.000, vilket är en sjufaldig ökning jämfört med 1998, och beror på att allt fler funktioner har tillförts telefonen. Processhastigheter i tal som 2.800 hål per sekund har realiserats av Mitsubishi Electric Co. genom att använda en eller två galvospeglar som har ompositioneringshastigheter i storleksordningen 1.400/s. Genom förbättringar av fokuseringsoptiken är det möjligt att borra hål med så



Figur 8. Insprutningshål i en munstycket till en färgskrivare skapade med picosekund-långa laserpulser. Närmast ingångshål (överst) och utgångshål (underst). Längst t.h. den kompletta höghastighetsfärgskrivaren.

pass små diametrar som 50 μm . Med en THG-Nd:YAG-laser är det teoretiskt möjligt att skapa ännu mindre hål, men CO_2 -lasern anses kunna täcka behovet av kretskortsbörning fram till 2010.

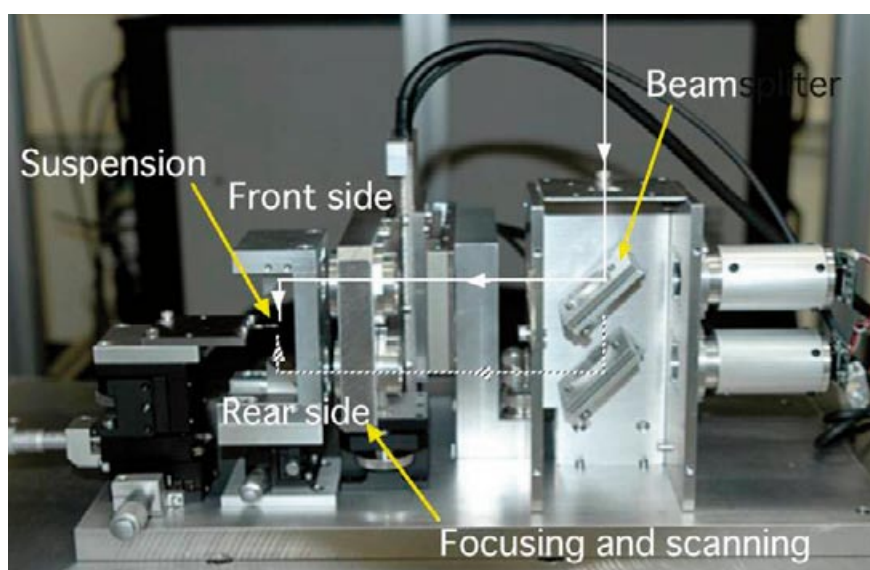
Panasonic har utvecklat en ny teknik för att borra hål i munstycken till höghastighetsfärgskrivare. En Nd:YLF-laser med pulslängder på 20 ps och en fokalpunktsdiameter på 10 μm , vilket ger en energitäthet på 1 J/ cm^2 eller 1 μJ per puls, används för att borra koniskt utformade hål med en utgångsdiameter på 20 μm [Fig. 8]. Borrningsprocessen genomförs som spiralslipning i den konformade delen av hålet och som trepanering i den raka delen. Eftersom det tar mer än en minut att borra ett sådant hål med endast en fokalfunkt använder man sig av en speciellt utformad optik som delar upp laserstrålen i 400 separata strålar, vilka används simultant och därmed kan öka produktiviteten. Själva slutprodukten, färgprintern, har en upplösning på 600 dpi och en skrivhastighet på 40 m/min.

Lasermikroböjning är en teknik som kan användas för precis och kontaktlös formjustering, och ett antal olika applikationsområden har sett dagens ljus, såsom höjjustering

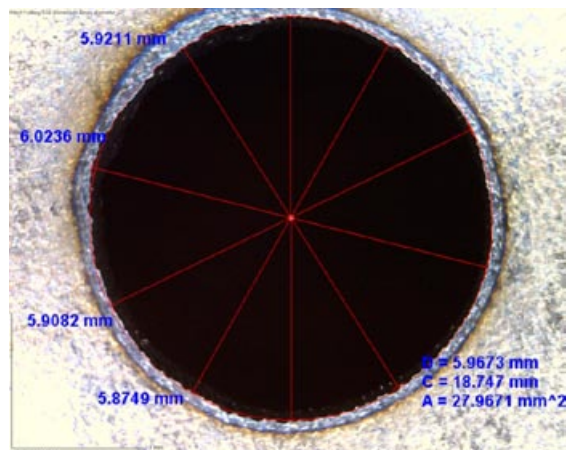
av magnethuvuden, frigångsmontering av strömbrytare etc.

Nyligen har en metod för precisionsjustering vid tillverkning av fjädringar till CD-spelare utvecklats hos Fujitsu [Fig. 9]. Höjden på själva magnethuvudet i en CD-spelare blir mindre och mindre allteftersom minneskapaciteten hos CD:n ökar. Fram till 2010 räknar man med en minneskapacitet på 320 GB/in², vilket innebär en höjd på magnethuvudet på 8 nm. För att överhuvudtaget kunna ha ett stabilt beteende under rörelse är det viktigt att kunna justera pitch-

och roll-vinklarna i fjädringen med en noggrannhet som är snävare än $\pm 0,1$ grad. Företaget har utvecklat ett system där justeringen kan utföras inom en noggrannhet på 0,03 grader vid en produktionsvolym av 1.800 enheter per timme. För ändamålet används en Q-switchad Nd:YAG-laser vilken kan utföra lasermikroböjning med en noggrannhet som är 2–3 gånger bättre än för normalt pulsade lasrar, genom att höja temperaturen till just under materialens smältpunkt hos de komponenter i fjädringen vilka skall justeras. ☼



Figur 9. Uppställning hos företaget Fujitsu för precisionsjustering och mätning av fjädringskomponenterna i en CD-spelare med hjälp av en q-switchad Nd:YAG-laser.



Skärning med robot och fiberlaser sker med hastigheter på upp emot 20 m/min. T.h. ett hål skuret med 2.5 m/min.

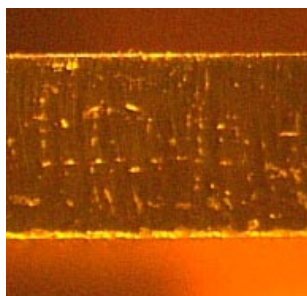
Skärning med fiberlaser i USA

av Robert Borgström, Precitec Inc., USA

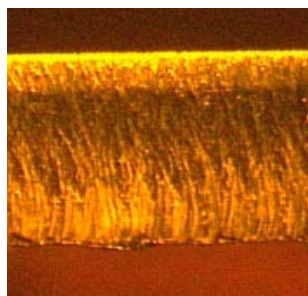


Jag har blivit ombedd att ge en överblick gällande industriella skärtillämpningar med fiber laser i USA. Jag är verksam i huvudsak inom bilindustrin och kommer i huvudsak att beröra tillämpningar från ett par hundra watt och uppåt.

Det är onekligen med viss förundran man ser tillbaka på de senaste årens utveckling vad gäller lasrar med excellent strålkvalitet och vad det i sin tur innebär för applikationer. För ungefär fem år sedan fick jag tillfälle att utvärdera en 100 Watts fiber laser under några veckor. Det krävde ingen större tankeförmåga för att inse vad detta kan komma att innebära för industriella tillämpningar. Utmärkt strålkvalitet, verkningsgrad, styrbarhet mm i ett mycket kompakt format, gör denna typ av lasertyp till en vinnare. För observation av skärnittets bredd krävdes nu ett mikroskop!



4 mm godstjocklek.
Skärgas oxygen,
Lasereffekt, 1000W,
skärhastighet 4.2 meter/
minut.



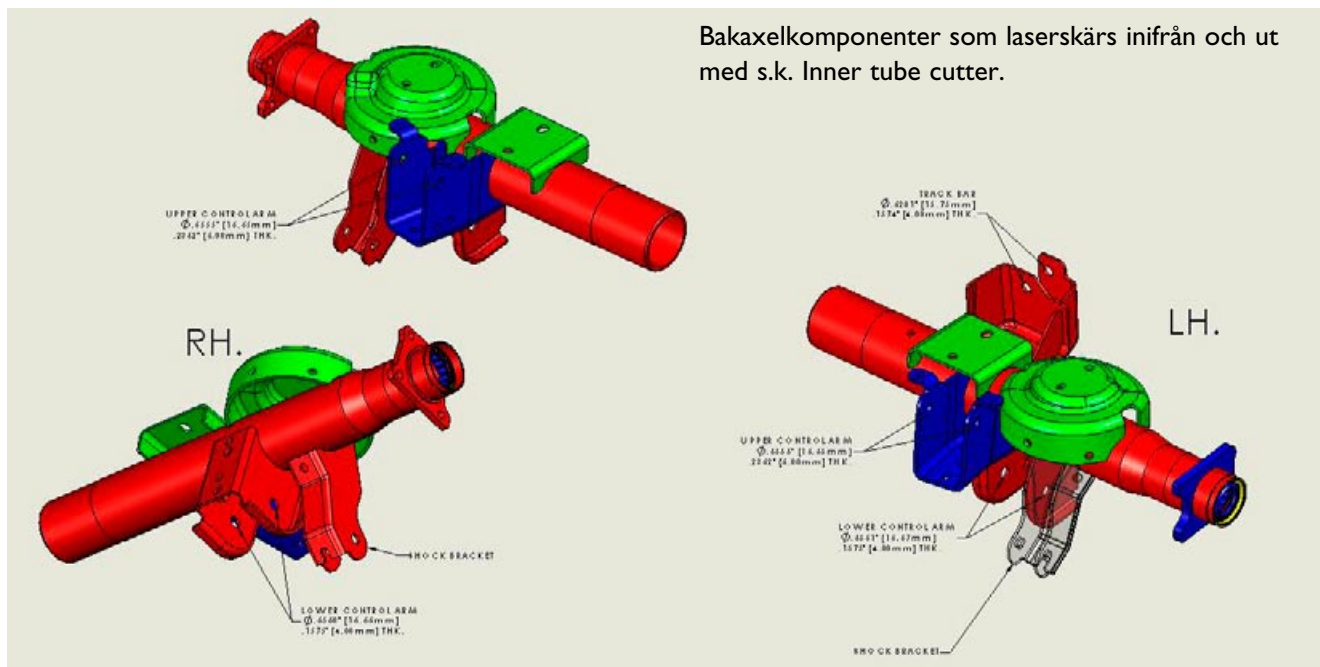
4 mm godstjocklek.
Skärgas nitrogen,
Lasereffekt, 5000W,
skärhastighet 9 meter/
minut.

En kort tid senare började Dana, Elizabethtown visa genuint intresse för fiberlasrar inom skärning av ram-balkar för lätta transportfordon. Man kan nog säga att här skedde avstampet för många andra aktörer som väntat på att någon skall göra grovjobbet. Fördelarna var många. Effektbehovet för samma produktivitetstakt var nära hälften av vad som krävs av en konventionell YAG-laser. Listan kan göras lång: drastiskt minskat underhåll, reducerad golvyta, el-besparing samt nya och effektivare sätt att bygga produktionsmaskiner, mm. I dagsläget har man ca 20 fiberlasrar in klassen 1kW och kan därmed räknas som den största enskilda installationen.

Dana har sedan följts av ett flertal andra företag inom samma näring, Formet (Magna), Variform, Marada, Chrysler mfl. Ökningstakten har dock mattats avsevärt de två senaste åren i och med en marknadsförskjutning från stadsjeepar och pickuper till icke-rambaserade fordon.

Minskat behov av ramkomponenter har fått tillverkare att titta på nya användningsområden vad gäller användningen av fiberlaser. Presshårdade produkter är definitivt en stor volymprodukt, framdrivet av behovet av lätta och formstyva karosser.

Traditionellt har CO₂-lasrar och CNC-maskiner varit förhärskande inom detta segment men i nuläget kan ingen nonchalera vad man kan åstadkomma med moderna absolutkalibrerade robotar i kombination med fiberlaser. Jag har själv deltagit i ett par utvecklingsprojekt för denna teknik och det ser mycket lovande ut. Nu senast har man nått skärhastigheter på uppemot 20 m/minut för ytterkonturer. På grund av materialets beskaffenhet så är det svårt att skära fritt från slagg med oxygen. Högtrycksskärning med nitrogen är således alternativet. En tveksamhet har tidigare varit robotars



brist på noggrannhet men rundhet på hål har förbättrats dramatiskt likaså absolutnoggrannhet. På bilden nedan ses ett hål på 6 mm vid en skärhastighet på 2.5 m/minut. Produktivitetstakten är väl i paritet med vad en motsvarande CO₂-lösning kan presteras och för en betydligt lägre investeringskostnad.

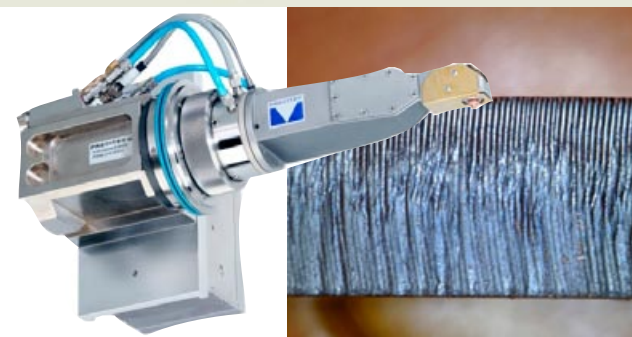
Observationer

Det är stundom lätt, åtminstone i USA, att tro att större = bättre. Lasereffekt är definitivt inte undantaget från den föreställningen. Faktum är att man börjat inse att för att erhålla en produktivitet baserad på erfarenheterna av en 1kW lampumpad YAG så kan det räcka med halva effekten fiberlaser. Nu i dagarna installeras till och med luftkylda 300W fiberlasrar för en bildelsleverantör i Detroit-området.

Skärning med fiberlaser följer inte i alla avseenden vad man lärde sig under studietiden. Placering av fokus relativt en yta vid skärning av kolstål samt den relativa okänsligheten för avståndet mellan dysa och objekt är minst sagt otraditionellt. För många har detta varit lite av en omställningsprocedur.

Den allt mindre fiberdiametern gör att den resulterande fokuspunktens storlek ibland uppgår till endast 50 mikrometer (med 1:1 avbildning i optiken). Det har inte visat sig vara ett nämnvärt hinder för att skrotbiten skall falla ur som befarats. En annan positiv bieffekt är att konsumtionen av skyddsglas är minimal beroende på att en så ytterst liten volym smälta produceras vid håltagning. Det finns rapporter om skyddsglas som inte byttes under ett helt års drift. För skärmunstycken gäller samma sak. I många fall kan livslängden räknas i veckor.

Bakaxelkomponenter som laserskärs inifrån och ut med s.k. Inner tube cutter.

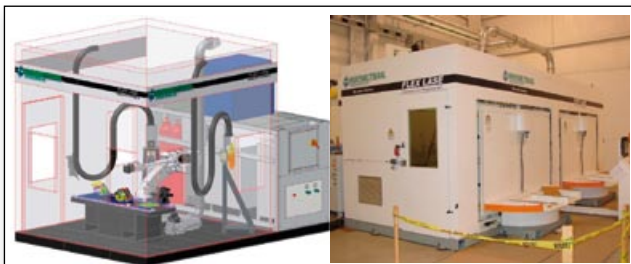


Precitec Inner Tube Cutter (ITC). Skärprov 6.6 mm godstjocklek och 3 m/minut.

Om man på typiskt svenskt maner skall försöka hitta något negativt i sammanhanget så skulle det kunna vara det rigorösa behovet av renlighet när det gäller optik. Generellt så är renhetskraven för applikationer med YAG-laser tämligen generösa i en jämförelse. Att avgöra vad som är acceptabelt kan vara svårt och en till synes helt perfekt lins kan absorbera mer än man kan tro. Regelbunden in/ur-koppling av fibern är inte att rekommendera. Resultatet blir som regel en icke önskad fokalpunktsförskjutning som kan vara svår att diagnosticera. För en del användare kan det här vara tämligen frustrerande.

Bilderna nedan visar skärnsnittskvalitet för ett typiskt kolstål för rambalkar. Fortfarande kan man inte gärna motivera oxidfri skärning ur kostnadssynpunkt.

Nedan är ett exempel på skärning av bakaxelkomponenter med en ITC, Inner Tube Cutter, ett verktyg som kan skära från insidan av en profil i syfte att hindra oönskad beläggning på inre ytor. Tjockleken är 6.6 mm och skärhastigheten ca 3 m/minut med 1 kW. LaserChrysler, Marysville Plant har investerat i utrust-



Skärning av hyttprodukter till brandbilar med ett system tillverkat av Motoman med Precitec YRC skärhuvud.



Laser Photonics TITAN 48.

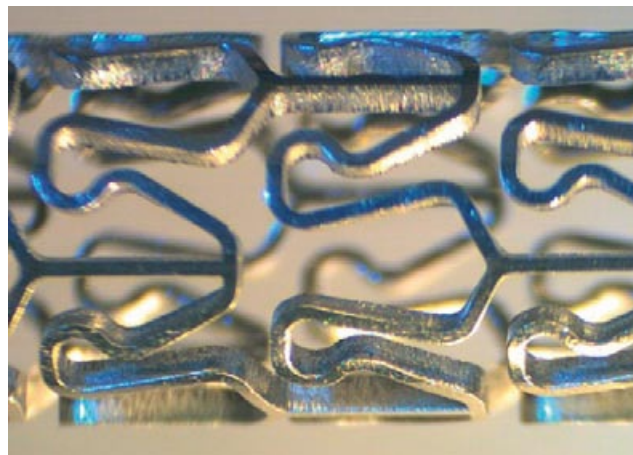
ning för hålskärning av svetsade enheter. Totalt ingår fyra fiberlasrar.

Tillverkare av 3D-skärustrustning.

I nuläget finns ett flertal tillverkare av laser-robot celler. Praktiskt taget alla robottillverkare har egna lösningar. Bland fristående tillverkare kan nämnas Wayne Trail Technologies. Unikt i sammanhanget är verktygsväxling – laserskärning och lasersvetsning i samma maskin. I sitt grundutförande är alla väsentliga enheter montera-



Preco SL-5000 med Precitec HP SSL skärhuvud.



Skärning av s.k. stents sker i storskalig drift med fiberlaser.

de på en och samma fundament och hela maskinen kan bäras in på gaffeltruck. Inom bilindustrin har YAG-lasrar med tillhörande kylare av tradition monterats på ett mezzanine i ett tempererat utrymme. Detta kräver stort utrymme i höjddled. Konstruktionsfördelarna är som synes många.

Nästa bild är från en nylig installation hos företaget J.M. Hutton. Hutton är USA:s äldsta tillverkare av likkistor! Maskinen på bilden används dock för skärning av hyttprodukter till brandbilar. Tillverkare är Motoman.

Något om 2D

Vad som har talats om i branschen under en tid är när man kommer att se 2D tillämpningar med fiberlasrar. Då avses främst makro området och maskiner som kan hantera formatplåt. Fördelarna är tämligen uppenbara men avsaknaden av livskraftiga inhemska maskintillverkare gör att vi får inskränka oss till ett par företag såsom Laser Photonics och Preco. Utöver dessa, finns givetvis ett antal maskinbyggare som tillverkar specialmaskiner för olika ändamål, främst inom mikrobearbetning. Nedan ses modell Titan 48 från företaget Laser Photonics i Florida. Valbar lasereffekt på 1–5 kW. Gissningsvis finns det mellan 5 och 10 maskiner i industriell drift.

Medicinsk industri

Fiberlasern har sedan ett par år haft en given plats inom tillverkning av endovaskulära implantat (stents). Här rör det sig om storskalig tillverkning och flera företag har upp till 50 maskiner i drift för ändamålet. Skärhastigheter på 2–3 gånger vad en konventionell YAG-laser kan prestera har rapporterats och en skärnittsbredd på 8–10 µm är möjligt. Materialet som vanligen används är Nitinol – en s.k. minnesmetall. Implantatet på bilden har en diameter på 1.5 mm. ☺

Nyckelfärdiga lasersystem

- från produktidé till produktion -



- Svetsning, 3D-skärning, hybridsvetsning, märkning, påsvetsning, lödning, härdning
- Snabb variantanpassning
- Hög tillförlitlighet
- Egenutvecklade flexibla processverktyg

Vi erbjuder Dig:



Laser-robot-celler

- Ett färdigt arbetssätt med korta ledtider
- Lönsamhet i små batcher
- Ny designfrihet för Dina produkter

Applikationslabb

- 6 kW laser + robot
- Processutveckling
- Förstudier

Tjänster

- Service, reservdelar
- Utbildning
- Konsulting

Kontakta oss redan idag!



PERMANOVA
Lasersystem ab

Kalendarium 2009

Maj

- 12 LaserNytt 1
14 Laserdag 1 och Lasergruppens årsmöte,
Högskolan Väst, Trollhättan
Per Westerhult
27–28 Kurs Svetsning och skärning med fiberlaser
Luleå tekniska universitet
Hans Engström

Juni

- 15–18 Laser World of Photonics, München
www.world-of-photonics.net/en/laser/start
17–19 Lasergruppens studieresa
Södra Tyskland, Österrike
Per Westerhult

Augusti

- 24–26 NOLAMP 12
Köpenhamn, Danmark
www.nolamp12.dk

September

- 23–24 EWF Specialkurs Lasersvetsning startar
Luleå tekniska universitet
Hans Engström

Oktober

- 20 LaserNytt 2
22 Laserdag 2
Transpo Konstruktions AB, Älmhult
Per Westerhult

November

- 2–5 ICALEO 2009
Orlando, Florida, USA
www.laserinstitute.org
26 Workshop Lasersvetsning
LaserCentrum i Gnosjö
Per Westerhult

December

- 15 LaserNytt 3

EWF – SPECIALKURS LASERSVETSNING

**Nu med
15 kW
fiberlaser!**

Ny kurs genomförs under hösten 2009

Datum: 23–24/9, 6–8/10 och 11–12/11

Kursen ger Dig ingående teoretiska och praktiska kunskaper om lasersvetsning så att Du kan analysera och utvärdera potentialen för lasersvetsning av Dina applikationer och genomföra lasersvetsprojekt. Ett internationellt diplom, EWF-diplomet, garanterar en utbildning av hög internationell kvalitet som ökar Dina karriärmöjligheter inom svetsområdet.

Kursen ges av Luleå tekniska universitet i samarbete med Svetskommissionen och European Welding Federation, EWF.

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