

Lasernytt



1-2016



Lasergruppen besöker
laserföretag och
F&U-institut i Tyskland



NOLAMP 15



Rapport från 17th
European Automotive Laser
Applications



Kombihuvud för laserskärning
och lasersvetsning

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: 070-626 90 96
E-post: hans.engstrom@levitronics.se

Redaktionellt arbete och kansli

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

Ansvarig utgivare

Per Westerhult

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.eu

Omslagsbild

Mathias Krieg, vd, Krieg Elektronik,
Gehäusebau GmbH
Foto: Hans Engström

Produktion: Ineko Creative, Stockholm

Tryck: Ineko Production, Stockholm
www.ineko.se

Annonsörer

Permanova, Yarapraxair

LASER
LASERGRUPPEN

INNEHÅLL

Tankar från styrelsen	1
LASERGRUPPENS STUDIERESA	
Imponerande forskning och lasersatsande företag	2
NORDISKA LASERKONFERENSEN, 15	
NOLAMP 15 i Lappeenranta med internationell prägel	6
LASER PROCESSING AROUND THE WORLD - DEL 1	
Integration av två separata skärsystem	9
RAPPORT FRÅN 17TH EUROPEAN AUTOMOTIVE LASER APPLICATIONS	
Laserlödning av varmförzinkad plåt och lasersvetsning av aluminium	11
PRESSRELEASE	
Ytterligare en laser med helautomatisk obemannad sortering och stapling	20
PRESSRELEASE	
Proton Engineering fortsätter investera för breddad produktion	21
Mikrobearbetning med laser, del 18	22
Ny laserlicentiat	23
SAMTAL KRING LASERTRENDER - DEL 23	
Jürgen Hover och Ted Coon berättar om Laserhistorik inom Ford-koncernen	24
Laserbeläggning med pulver, del 2	28
LASERGRUPPENS STUDIERESA	
Två familjeföretag med kraftfull lasersatsning	30
RAPPORT FRÅN 34RD ICALEO - DEL 1	
Det var dags för "damernas" under ICALEO:s plenarsession	33
Fråga laserdoktorn	44
Teknisk och kommersiell jämförelse mellan fiber- och CO ₂ -laser för skärning	46



TANKAR FRÅN STYRELSEN

BENGT JOHANSSON, TEKNIKCENTRUM I GNOSJÖ AB

Lasertekniken har tagit stora steg framåt de sista 10 åren, inte minst vad gäller hastighet och automatisering. Det vet vi alla. Men hur är det på mjukvarusidan? Där kan det skilja en hel del beroende på vad man använder.

De stora leverantörerna ligger väl till. Framförallt har de största förändringarna skett på mjukvaran inom laserskärningen och det har underlättat användningen av lasermaskinerna. Årtionden av utveckling och feedback från kunderna har resulterat i bättre parametrar och styrning av laserprocessen.

Förr var det lite av en konst och känsla att få ett rent och snyggt snitt i alla material, särskilt de lite svårare. Man fick med tiden en ryggmärgskänsla hur parametrarna effekt, gstryck, pulsning mm skulle ställas in för bästa resultat. Idag kan i stort sett vem som helst utan kunskap om processen köra en lasermaskin med bra resultat tack vare de färdiga parametrarna.

Växling av dysor sker automatiskt på vissa maskiner. Om resultatet trots allt skulle bli dåligt, beror det nästan enbart på yttre faktorer eller maskinfel. Den förbättrade processtyrningen har högst väsentligt dragit ner ställtiden och därmed kostnaderna. Vid automatiserad och obemannad produktion möjliggörs automatiska byten mellan olika materialtyper och tjocklekar, vilket tidigare varit svårt.

Dock kvarstår lasersvetsningen. Här har också mycket hänt, men lasersvetsningen är en mer komplex och flerdimensionell process

som fortfarande kräver stor kunskap hos operatören.

Lasersvetsning är vanligtvis starkt produktspecialiserad, ofta med en ganska lång utvecklingstid mellan första svetsförsöket till löpande produktion. Det gör att den skiljer sig ganska markant från de färdiga "plug-and-play" lösningarna som finns för laserskärning.

På mjukvarusidan tror jag att vi kommer att få se mer. Det finns ett behov av lättillgängliga 3D-CAD-program. De större leverantörerna av mjukvara är redan väletablerade och mycket kraftfulla, men är dyra och kräver utbildning. Här ligger de enklare mjukvarorna, efter särskilt när det gäller användarvänlighet och intuitivitet.

Tack vare 3D-printerns intåg ser vi nu ett ökande intresse hos gemene man för produktion och konstruktion. Det är 3D-vågen på nätet som gjort att konstruktion och produktion på något sätt flyttat närmre konsumenten. Tusentals CAD-filer finns att ladda ner gratis för både 3D och 2D och forumen på nätet är livaktiga.

Det finns idag utöver 3D-printrar till och med billiga desktop laserskärningsmaskiner för skärning i plast och trä. För hobbybruk! Denna revolution behöver inte alls vara negativ för industrin, utan tvärt om kan både kunskap och skapande öka hos människor som tidigare inte ens haft möjligheten. Därför ser jag att framtidens toppkompetenta människor inom produktion och konstruktion kanske inte bara kommer från högskolor utan från helt oväntat håll!

Imponerande forskning och lasersatsande företag

Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Lasergruppen har de senaste åren arrangerat korta studieresor till Tyskland för gruppens medlemmar. Syftet med dessa arrangemang har varit att sprida kunskap om laserteknik och hur företag i andra länder arbetar med laserteknik och under vilka förutsättningar de arbetar samt att inspirera våra medlemmar att introducera ”nya” lasertekniker som lasersvetsning i sin produktion.

I år gick resan till Aachen-området den 27-28 oktober 2015 och där kombinerade vi besök på två välkända forskningsinstitut FhG-IPT (Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie) och FhG-ILT (Fraunhofer Institut für Lasertechnik) båda starkt kopplade till RWTH (Rheinisch Westfälische Technische Hochschule) med besök hos två företag som arbetar med tunnplåtsbearbetning med laser, Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH och Steland Apparatebau GmbH & Co KG.

De två dagarna belyste synnerligen väl de stora satsningar som Tyskland har gjort och fortfarande gör på forskning och utveckling och det stora genomslag som lasertekniken har fått hos små och medelstora tillverkande företag.

Laser och produktionsteknik hos FhG-IPT

Resan startade hos IPT i Aachen och WZL (Werkzeugmaschinenlabor) vid RWTH där Dr Kristian Arnzt som är ansvarig för laserbearbetning vid institutet och hans kollega Jannik Henser berättade om verksamheten.

IPT, som är en del av Fraunhofer Gesellschaft, leds av en kvartett professorer som också leder verksamhet vid RWTH, vilket speglar att det finns starka kopplingar mellan dessa verksamheter. Förenklat kan man säga att RWTH sysslar med utbildning och traditionell akademisk forskning medan Fraunhofer Gesellschaft arbetar med tillämpad FoU och teknikutveckling mot industrin.

Laserverksamheten vid IPT finns inom området ”Processteknologi” och övergripande arbetar man med lasersvetsning, laserytbehandling i olika processer, additiv

tillverkning och hybridprocesser där laser kombineras med skärande bearbetning

Laserstrukturering

Låt mig ge några exempel på de processer som IPT arbetar med och börjar då med laserstrukturering. Där utvecklar ILT system för funktionella strukturerade ytor genom att använda pulserade lasrar som ger precis och exakt materialavverkning för applikationer inom verktygstillverkning, biomedicin och tribologi. **Bild 3** visar ett exempel på strukturering av en verktygsyta i ett formsprutverktyg som används för att tillverka ett rattnav till en välkänd biltillverkare. Med hjälp av laser och intelligent CAM-teknik och processstyrning kan man skapa ett nästan vilka ytstrukturer som helst.

Laserassisterad svarvning

En teknik som är lite mera ovanlig men som har börjat att användas inom industrin är laserassisterad svarvning. Processen kan användas för svårbearbetade material och utnyttjar energin i laserstrålen att lokalt förvärma arbetsstycket i området strax



Bild 1.
J. Henzel (t.v) och Dr. Kristian Arnzt var värdar vid besöket hos Fraunhofer-IPT i Aachen.



Bild 2.
Ledningen vid IPT i Aachen. Professorerna Robert Schmitt, Fritz Klocke, Günter Schuh, Christian Brecher.

framför skärverktyget. Därigenom så minskar skärkrafterna och verktygsslitage, **bild 4**.

Laser kan också integreras i verktygsmaskiner för att utföra ytbehandlingsprocesser som härdning och påsvetsning. **Bild 5** visar en maskin där laserhuvudet är inbyggt i maskinen för att utföra lokal ythärdning.

Laserlödning med dubbla strålar

IPT utvecklar också teknik med dubbla laserstrålar för t.ex. lödning av aluminium utan fluxmedel eller för sammanfogning av olikartade material som aluminium och stål, **bild 6**. Systemet består av en pulsad laserstråle och en kontinuerlig. Aluminium kan normalt bara laserlödning genom att använda fluxmedel som bryter ner oxidlagret på ytan men det medför nackdelar som sämre ytkvalitet eller extra för- eller efterbehandlingsprocesser. Men i den process som IPT har utvecklat så förstör den pulshade lasern oxidskiktet utan att tillföra någon större mängd värme till materialet.

Detta ger mindre formförändringar vilket kan användas vid fogning av tunnväggiga aluminium detaljer.

Vid IPT har man också skapat ett flertal "Business Units" som t.ex. för "Lättviktsproduktionsteknik", där man på olika sätt och genom olika samarbeten, t.ex. med WZL vid RWTH, kan stödja företag som tillverkar lättviktsprodukter.

Mera information om IPT: <http://www.ipt.fraunhofer.de/>

ILT - laserforskning i absolut världsklass

Från IPT var steget inte långt till Fraunhofer-ILT, Institut für Lasertechnik, det världsberömda och kanske världens största laserforskningsinstitut. Vård för besöket var Dr Dirk Petring, **bild 7** som är ansvarig för gruppen "Macro-Joining and Cutting". Dirk Petring är en erkänd internationell expert inom skärning och svetsning och har sedan en tid ett samarbete med Luleå tekniska universitet inom båda områdena via två EU-projekt.

ILT har verksamhet inom fyra teknologiområden:

1. Laser and Optics
2. Laser Material Processing
3. Medical Technology and Biophotonics
4. Laser Measurement Technology

Även Dirk's grupp arbetar inom fyra områden, **bild 8**, där man täcker det mesta från processutveckling till test och kvalificering av system och införande av nya processer i produktion. Det är inte möjligt att ge en heltäckande bild av verksamheten utan vi får nöja oss med ett axplock som jag tycker är intressant.

– Det finns alltid en strävan att laser-skära snabbare med högre kvalitet och effektivitet, berättar Dirk.

Laser remote cutting

Ett exempel på ILT's arbete inom detta område är en teoretisk och praktisk jämförelse mellan "remote cutting" och gas-assisterad laserskärning där man har undersökt pressstål och rostfritt stål. Teo-



Bild 3. Strukturering med pulshade lasrar av ytor är en av de många processer som IPT arbetar med. Här visas verktyget till ett rattnav med laserstrukturerad yta och det färdiga resultatet som har en välliknande läderlook.



Bild 5. Laser integrerad i verktygsmaskin hos IPT för lokal ythärdning.



Bild 4. Laserassisterad svarvning utvecklas hos IPT.



Bild 7. Dr. Dirk Petring leder gruppen "Macro-Joining and Cutting" vid ILT i Aachen.



Bild 6. Laserlödning med dubbla laserstrålar där den ena är pulsad gör det möjligt att löda med hög kvalitet utan att använda fluxmedel. Den röda strålen är pulsad och bryter ner oxidskiktet på aluminiumytan.

retiskt har man utfört simuleringar med programmet CALcut och praktiskt med 3- och 4 kW lasrar med hög strålkvalitet. Resultaten visar utmärkt överensstämmelse mellan simulering och praktiska experiment i båda fallen, **bild 9**.

För sina experiment har ILT utvecklat en arbetsstation med ett xy-bord och robot för höghastighetsbearbetning där interaktionszonen är stationär, och därmed kan man t.ex. filma skär- och svetsprocesserna med höghastighetsvideo, **bild 10**.

Laserhybridsvetsning stort

Ett stort utvecklingsområden hos ILT är laserhybridsvetsning. För att säkerställa en stabil svetsprocess har man utvecklat ett "hybriddysa" där trådmatningen är integrerad i dysan och därmed ska man uppnå ett effektivt gasskydd och en stabil ljusbåge närmare laserstrålen, **bild 11**.

FhG-ILT kombinerar teoretisk forskning med kvalificerade uppdrag åt industrin och skapar därmed en intressant möjlighet till utveckling och implementering av laserteknik i produktionen. Detta arbete, som naturligtvis också sker vid många an-

dra forskningsinstitut i Tyskland, har i allra högsta grad bidragit till att lasertekniken är så väl utvecklad och spridd inom tysk industri. Här har Sverige mycket lära!

Från "ax till limpa"

Dirk Petring berättar om ett exempel där man var involverad i arbetet från produktutveckling till att den första maskinen gick i serieproduktion. Applikationen var lasersvetsning av ventiler i stötdämpare, **bild 12**. Arbetet började med att fastställa processfönstret, följt av design och optimering av konceptet för fixturering. Sedan kördes pilotproduktion och kvalitetssäkring innan den första produktionsmaskinen kunde beställas och sättas i produktion. En order på en andra maskin är lagd.

One tool – two processes

Dirk Petring har ett speciellt skötebarn och det är ett kombihuvud för skärning och svetsning som han har utvecklat och som säljs via hans företag Laserfact GmbH, **bild 13**. Att kunna kombinera två processer i ett processhuvud har många fördelar enligt Dirk:

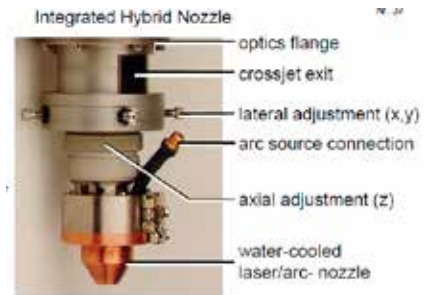
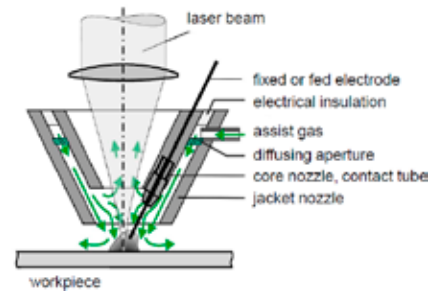


Bild 11. Integrerad "hybriddysa" utvecklad vid ILT ger effektivt gasskydd och stabil ljusbåge vid laserhybridsvetsning.

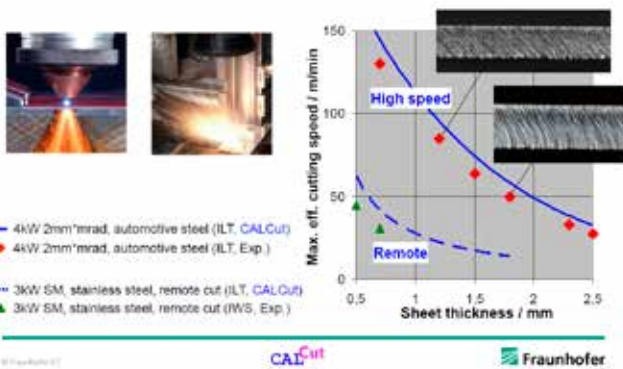


Bild 9. Jämförelse mellan teoretisk simulering av maximal skärhastighet som funktion av plåttjocklek med programmet CALcut och experiment för två olika material. Resultaten visar god överensstämmelse mellan teori och experiment.

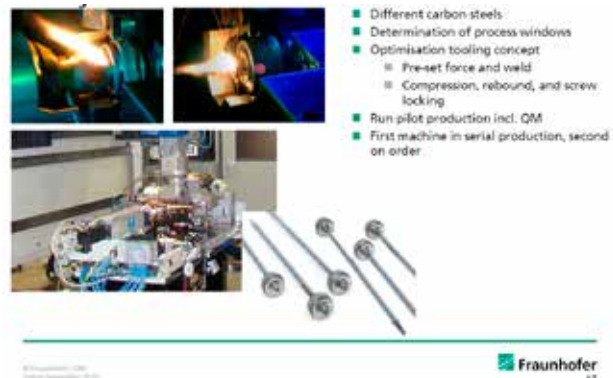


Bild 12. Utveckling av svetssteknik och produktionsutrustning för svetsning av ventiler till stötdämpare är bara ett exempel på det industrinära produktutvecklingsarbete som bedrivs inom ILT.

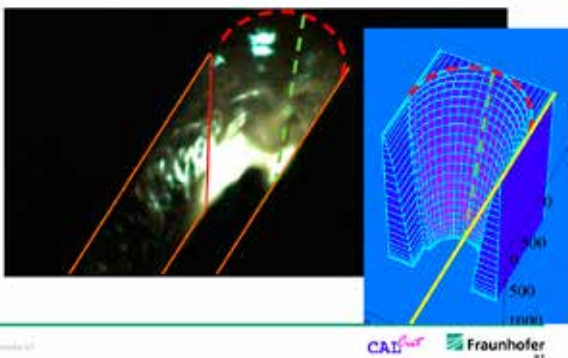


Bild 10. Med CALcut kan geometrin i skärfronten och många andra egenskaper beräknas. Verifiering av beräkningarna sker med höghastighetsvideo.



Bild 13. Laserfact GmbH säljer ett kombihuvud för laserskärning och lasersvetsning som är utvecklat av Dirk Petring vid ILT.

- Flexibilitet
- Produktivitet
- Hög noggrannhet

Huvudet väger mindre än 7 kg och kan utrustas med bl.a. crossjet, skyddsglaskasset, kapacitiv höjdhållning och dysmodul som tillåter skärtryck på upp till 30 bar (för skärning).

Huvudet från Laserfact har funnit ett flertal användningsområden bl.a. skärning och svetsning av flexslang, **bild 14**, där tillverkaren Westfalia har 8 system med fiberlaser i drift i Tyskland, USA och Kina.

Enormt laserlab vid ILT

En rundvandring i högeffekt laserlaboratoriet vid ILT är en speciell upplevelse. Där finns en uppsjö av utrustning för alla ändamål inom tillämpad laserforskning, **bild 15**. Laserkällor av olika typ och effekt används i en mängd olika arbetsstationer, där gantry-typen fortfarande är aktuell. Det är mycket stora resurser som forskarna har till sitt förfogande och de används flitigt för det mångfacetterade FoU-arbetet som utförs vid ILT. Men utrustning i all

ära – det är till syvende och sist människan som är helt avgörande för den stora framgång som ILT har haft och som man även fortsättningsvis med full kraft eftersträvar.

Detta var bara ett axplock från verksamheten hos två världsledande forskningsinstitut, IPT och ILT i Aachen. Då har jag inte berättat om ILT's arbete med lasersvetsning av sandwich-paneler, lasersvetsning av svärsvetsade material, lasersvetsning av koppar och kopparlegeringar, lasersvetsning av polymera material mm. Jag kan bara rekommendera ett besök om det finns tillfälle för att få uppleva den massiva satsningen på utveckling av lasertekniken. Den fortsätter med stor kraft och kommer även fortsättningsvis att bidra till den tyska industrins framgångar. Mera information: www.ilt.fraunhofer.de

Besök hos laserföretag

Studieresan fortsatte med besök hos två medelstora företag som satar hårt på laserteknik; Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH och Steland Apparatebau GmbH & Co KG och om detta kan du läsa i en separat artikel, sid 30 i LaserNytt. ■



Bild 14.

Skärning och svetsning av flexslang är ett tillämpningsområde för kombihuvudet från Laserfact. Först svetsas två överlappsfogar i slangen och sedan skärs flexslangen mellan svetsarna.



Bild 15.

Högeffekt laserlaboratoriet vid FhG-ILT i Aachen är fyllt med laserutrustning och arbetsstationer och är en av grundstenarna för framgångsrik tillämpad FoU till nytta för tysk industri.

Fraunhofer Gesellschaft

Fraunhofer Gesellschaft grundades 1949 som en icke-vinstdrivande organisation och består idag av 66 institut med 24 000 anställda och en sammanlagd omsättning av ca 20 000 miljoner SEK, varav ca 75 % kommer från kontraktsforskning. Institutet är relativt jämt fördelade över hela Tyskland och huvudkontoret finns i München. FhG har också verksamhet över hela världen.

Fraunhofer Gesellschaft har en klart uttalad mission:

- The Fraunhofer-Gesellschaft promotes and conducts applied research in an international context to benefit private and public enterprise and is an asset to society as a whole.
- By developing technological innovations and novel systems solutions for their customers, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their region, throughout Germany and in Europe. Their research activities are aimed at promoting the economic development of our industrial society, with particular regard for social welfare and environmental compatibility.
- As an employer, the Fraunhofer-Gesellschaft offers a platform that enables its staff to develop the necessary professional and personal skills that will enable them to assume positions of responsibility within their institute, in industry and in other scientific domains.

Forskare, innovatör, entreprenör

FhG har fått sitt namn av Joseph von Fraunhofer, (1787-1826) en tysk vetenskapsman som är känd för sin upptäckt av "Fraunhofer-linjerna" i solens spektrum. Han uppfann också ett nytt sätt att tillverka linser, och blev också delägare och direktör i ett glasbruk. Han var alltså forskare, innovatör och entreprenör, och dessa egenskaper/roller ser man gärna att personalen och verksamheten vid FhG uppvisar ännu idag.



FhG är indelat i 7 grupper där laserforskningen och ILT återfinns inom gruppen "Light and Surfaces". Både IPT och ILT finns inom RWTH's Campus Melaten. RWTH har startat en gigantiskt utbyggnad av verksamheten och uppför en mängd nya byggnader för de 11 kluster som man ska skapa. Bl.a. annat skapar man ett kluster för "Digital Photonics Production", där "Laser Additive Manufacturing" ingår, med ett flertal nya byggnader för undervisning och forskning där en del av lokalerna ska hyras ut till RWTH's forskningspartners.

Fraunhofer Institut für Lasertechnik

FhG- Institute für Laser Technik (FhG-ILT) om-satte 2014 ca 310 miljoner kronor med ca 400 anställda varav 152 är forskare och 178 studenter som arbetar deltid inom forskningen. Ca 75 % av omsättningen är kontraktforskning och 25 % är basanslag. Investeringarna var 34 miljoner kronor 2014.

ILT uppger att man i snitt söker ett patent i månaden, att man skapar två "spin-offs" i form av nya företag varje år och att man examinerar 15 tekniska doktorer vid RWTH's fakulteter årligen. ILT har fyra teknologi områden:

Lasers and Optics, Laser Material Processing, Medical Technology and Biophotonics, samt Laser Measurement Technology.

Chet för ILT är Prof. Dr. rer. nat Reinhart Poprawe, som också innehar professuren för laserteknologi vid RWTH.

NOLAMP 15 i Lappeenranta med internationell prägel

Jesper Sundqvist,
Luleå tekniska universitet

”Om jag har en flygplats och ger den till en vän samtidigt som min vän äger en annan flygplats och ger den till mig, då kommer vi båda äga en flygplats var efteråt. Om jag istället har en idé och ger den till min vän, som i sin tur också har en idé, som han ger till mig, då kommer vi båda ha två idéer efteråt, och därför vill jag utbringa en skål för konferenser.”

Citatet är fritt översatt från Professor Vadim Veiko, vid ITMO i St Petersburg, han yttrade orden under konferensbanketten som detta år hölls på en kryssning på Saimasjön.

Citatet speglar väl syftet med konferenser och förhoppningsvis utbyttes många idéer under den femtonde nordiska laserkonferensen, NOLAMP15, som detta år hölls i Lappeenranta eller Villmanstrand som det svenska namnet är.

Additiv tillverkning med laser ökar

Arrangören Lappeenranta University of Technology lyckades locka hela 69 deltagare från elva olika nationer till årets konferens vilket gav en mer internationell prägel än vanligt. En nyhet i år var att de vetenskapliga bidragen var peer-reviewed men det fanns fortfarande möjlighet för industrin att skippa detta vilket innebär att framförallt många tyska företag presenterade nyheter inom utrustning och laserkällor. Bland presentationerna märktes det att lasersvetsning/laserhybridsvetsning fortfarande är det dominerande området men en trend som kan skönjas är att laser additiv tillverkning blir mer och mer populärt och i år handlade hela tre



Bild 1.
M/S Camilla som tog konferensdeltagarna på en uppskattad kryssning i Saima sjö och kanal.

sessioner om detta. Till nästa NOLAMP kan detta ha ökat ytterligare då vi på LTU har valt att lägga mer forskningsfokus på additiv tillverkning med laser.

”Key-note”- fördrag om ytrenigörning

I år var det även två ”Key-note speakers” där Professor Veli Kujanpää från VTT

inledde med att presentera 30 år av finsk laserforskning. Han visade filmklipp och bilder från 80-talet och berättade att när han började arbeta i Lappeenranta så spenderades alltid första timmen av dagen på att starta lasern och justera speglarna för CO₂-laserns strålgång. Han berättade även om NOLAMPs historia som är en av de mest

anrika gällande ständigt återkommande laserkonferenser, kanske endast ICALEO som har en längre historia. Den första konferensen hölls redan 1987 i Oslo och vissa av deltagarna då är fortfarande aktiva inom laserforskningen, själv är jag född det året.

Andre key-note speaker var Professor Vadim Veiko som talade om ytrensning av metaller med hjälp av laser. Han berättade om fysiken bakom denna ganska ovanliga laserprocess där man kan använda sig av antingen tryckvågor eller explosioner för att bli av med smutsen. Metoden är bland annat passande för rengöring och bevaring av gamla kulturminnen och objekt. Den går även att använda till rengöring av rörens insida på värmeväxlare och för att rengöra samt deaktivera komponenter från kärnkraftverk.

Land	Antal presentationer
Finland	32
Tyskland	11
Sverige	9
Danmark	4
Ryssland	3
Storbritannien	2
Tjeckien	2
Norge	1
Sydkorea	1

Tabell 1. Presentationer fördelat över deltagarländer

Kunskapen ökar om laserhybridsvetsning

Alexander Kaplan, LTU, presenterade en utökning av kunskapsmatrisen [för laserhybridsvetsning] som han tagit fram tillsammans med Jan Frostevarg. Målet med matrisen är att kunna förutsäga vilken effekt en parameterändring har på svetsresultatet, tanken är att den ska vara levande och hela tiden ska kunna fyllas på med ny kunskap. I övrigt på ämnet laserhybridsvetsning så talade Steen Erik Nielsen vid FORCE Technology om hybridsvetsning av tjocka material (40-100 mm) som kan vara intressant för större maskiner och vindkraftverk. Anna Unt, Lappeenranta Universitet, presenterade en studie om hur trådmatningen och optiken har inverkan på fogkvaliteten för en T-fog. Till exempel visade det sig att diametern på processfibern har stor inverkan där en 300 µm fiber gav mycket porositet medan 200 µm och 600 µm gav svetsfogar av god kvalitet. Som ett alternativ till laserhybridsvetsning presenterade Jonas Näsström en ”State of the Art”-artikel samt en experimentell del om lasersvetsning med varmtråd, metoden är framförallt intressant när fogen är bred och djup. Kontroll över smältningen av tråden samt smältpölen i fogen är viktig för processresultatet. Veli Kujanpää berättade om liknande experiment men med kalltråd istället för varmtråd. Här användes en defokuserad laserstråle för att smälta kanterna i fogen i en mer värmeledningsorienterad metod. Plåtar upp till 60 mm tjocka hade svetsats.

Finländsk bastukväll

Som avslutning på första dagen arrangerades en traditionell finsk bastukväll. På bara 10 minuters gångavstånd från kon-

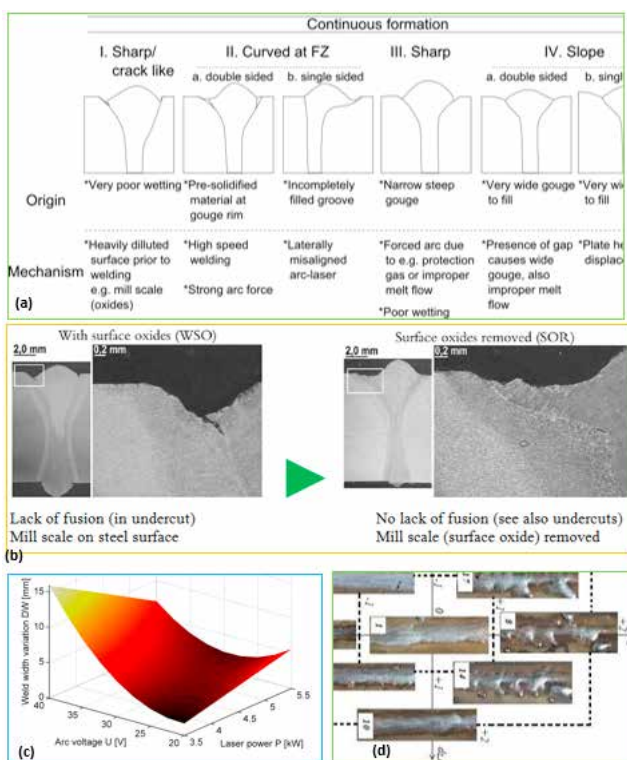


Bild 2. En del av Alexander Kaplans presentation om kartläggning av laserhybridprocessen.

ferenslokalen låg bastun vackert belägen vid Saimas strand. Förutom en storslagen utsikt och härligt sensommarväder bjöds det på finsk makkara (korp), bastubad och bad i Saima som hade oväntat komfortabel temperatur.

Lasersvetsning simuleras

Andra dagen startade med internationell prägel där Professor Na, Suck-Joo, KAIST, Sydkorea, var keynote speaker. Den karismatiska Professor Na är världsledande inom simulering av lasersvetsning och

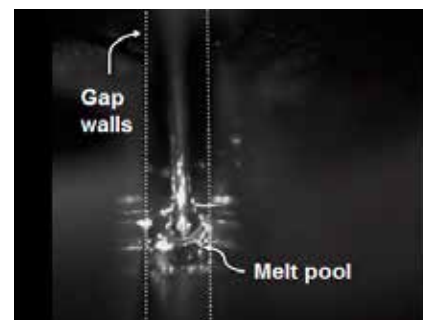


Bild 3. Höghastighetsfilmning av lasersvetsning med varmtråd.



Bild 4.
Vy från bastulokalen
intill Saimas strand

presenterade ett xplock av många imponerade simuleringar tillsammans med bilder från en bergsvandring han gjort i Himalaya. De olika delmålen på vandringen och dess höjder symboliserade de olika simuleringar han gjort, men han hade ännu inte bestigit Mount Everest. Martin Dahmen, Fraunhofer ILT höll två föredrag om svetsning av martensitiska rostfria stål. Vid svetsning blir kornstorleken grövre och karbider urskiljs vilket kan orsaka ett tunt korrosionsskikt vilket i sin tur leder till sprickor. För att förebygga det krävs en noggrann kontroll över energin som tillförs materialet vilket sker genom lasersvetsning kombinerat med värmebehandling under processen.

Jon Blackburn från TWI höll ett föredrag titulerat "New laser welding techniques for the automotive industry" där han bland annat visade att svetsning av Al-60XX serien kunde underlättas med att innan svetsning belägga aluminiumet med Si-pulver via "cold spray"-teknik. På TWI hade de även lyckats med att svetsa ihop aluminium och koppar i en överlappsconfiguration genom att med en galvanometrisk scanner cirkulera strålen samtidigt som traverserar arbetsstycket, denna metod gav nästan samma hållfasthet som en Al-Al fog.

Kjell Hurtig, Högskolan Väst, presenterade ett arbete om att kartlägga risken för varmsprickor i lasersvetsade austenitiska rostfria stål. Stålen karakteriserades via Hammar och Svenssons krom- och nickel-ekvivalenter och sedan testades



Bild 5.
Professor Na Suck-Joo presenterar
några av sina beräkningsresultat

avsvalningshastigheter motsvarande lasersvetsning och ljusbågssvetsning. Lasersvetsningens höga avsvalningshastigheter innebär en högre risk för varmsprickor för en större andel rostfria stål. Resultaten jämfördes med en numerisk modell och visade bra överensstämmelse.

Laserskärning med "remote"-teknik

Även inom laserskärning hölls det intressanta presentationer, Ålborg universitet hade två presentationer om "remote fusion cutting" där experiment utförts och en modell utvecklats för att hitta bra processparametrar. I traditionell lasersvetsning presenterade Jetto Pocorni, LTU, höghastighetsfilmning av laserskärning med fiberlaser och kväve som assistgas. Till skillnad från de flesta andra experiment som gjorts inom området användes



Bild 6.
Antti Salminen (t.v.) avslutar årets konferens och lämnar över värdskapet till Morten Kristiansen (t.h.)

en kommersiell skärstation och inte labbutrustning som oftast är konfigurerad på annat sätt.

Nästa NOLAMP i Ålborg 2017

Sista dagen avslutades med att Antti Salminen lämnade över NOLAMP stafettspinnen till Morten Kristiansen vid Ålborg Universitet, som välkomnade alla till NOLAMP16 som hålls 22-24 augusti 2017. Han kunde redan nu presentera att Fleming Olsen kommer hålla key-note föredrag.

Konferensen bjöd på många intressanta presentationer och det var givande att träffa nya och gamla kollegor inom laserområdet och se vad som pågår inom laserforskningen i övriga Norden. Till sist vill jag uppmana er att skriva in 22-24/8 2017 i kalendern så syns vi i Ålborg. ■



Integration av två separata skärsystem

Johnny K. Larsson,
Volvo Cars

I och med det här numret av Laser-Nytt introducerar vi en ny serie som avser att kontinuerligt avrapportera nya industriella lasertillämpningar från olika delar av världen, vilka vi tror kan intressera och inspirera Lasergruppens medlemsföretag. Och det första "nedslaget" väljer vi att göra i Nordamerika, närmare bestämt hos företaget Monroe Truck Equipment [MTE] i Monroe, MI.

Det torde inte komma som någon överraskning för dem som genomlevt de senaste årens stränga vintrar i Canada och Nordamerika, med isande minusgrader och ovanligt stora mängder snö och is, att detta företag verkligen kommit att blomstra. Man tillverkar nämligen produkter för hantering av just snö och is parallellt med olika utrustningar för lastbilar, och man har på senare tid haft en orderstock som överträffar alla förväntningar. MTE grundades 1958 som en enmansmedja, men har idag vuxit till en personalstyrka på 550 medarbetare med "around-the-clock"-tillverkning i flera delstater. Totalt utrustar man mer än 18.000 lastbilar om året, och har licensierade avtal där man levererar vinterutrustade lastbilar direkt för Detroit's "tre storas" [Big-3 = GM, Ford, Chrysler] räkning.

Eftersom deras produkter omfattar flera användningsområden och olika materialkvaliteter föreligger krav på att kunna skära de senare på ett effektivt sätt. För ett antal år sedan beslöt man att det var dags att uppgradera sin laserutrustning som vid det laget var mer än 10 år gammal. Bl.a. investerade man i en ny kombi-



*"nya nivåer sätts
beträffande kvalitet
och produktivitet vid
plåtbearbetning"*

skin för plasmaskärning, men också i en 4 kW CO₂-laser med komplett helautomatiskt materialhanteringssystem. Dessutom utökades maskinparken med en lösning som kombinerar laser och plasma på ett gemensamt skärbord för ökad flexibilitet och produktivitet [Fig. 1].

Skärbordet som levererades från Messer Cutting Systems var unikt i den bemärkelsen att här kombinerades plasmabrännaren med en fiberlaser, och inte med den vanligare lösningen med CO₂-laser. Genom möjligheten att distribuera laserstrålen via



Figur 1.
Monroe Truck Equipment använder ett skärsystem levererat av Messer Cutting Systems, utrustat med såväl plasmabrännare som fiberlaser, i sin produktion.

en optisk fiber blev det ganska enkelt att integrera utrustningen och MTE fick sitt första dylika system levererat för cirka två år sedan.

Det finns dock andra unika egenskaper med denna lösning förutom själva integrationen av de två skärprocesserna. Eftersom skärbordet ursprungligen var byggt för en fackmässa skapade MTE en "övervåning" för effektförsörjning och kylutrustning i akt och mening att spara golvyta i utställningshallen. När sedan utrustningen levererades till verkstadsgolvet

valde man att behålla samma koncept för att även här spara golvyta, men dessutom skydda den dyrbara utrustningen från gaffeltruckar och annan materialhantering.

”Med tanke på vårt breda produkt-sortiment ger den här lösningen oss en stor flexibilitet då det gäller att bearbeta olika material”, säger Chris Barber som är produktionsansvarig för företagets ”Snow & Ice Division”. Fiberlasern tillåter oss att på ett effektivt sätt producera små och fina skärkonturer samtidigt som vi kan utnyttja plasmateknikens fördelar med hög produktivitet och skärhastighet av komponenternas ytterkonturer. En annan tilltalande egenskap är att driftkostnaden för de två processerna är tämligen snarlik, men att användningsområde och produktivitet är större än vad de enskilda processerna ensamma kan erbjuda.”

Många anser att fiberlaser och plasma är konkurrerande skärmetoder, medan de i själva verket kompletterar varandra. Metoderna kan användas sida vid sida och på så sätt hjälpa företag att expandera sina tillverkningsmöjligheter och att ”ta tillbaka” produkter som man tidigare tvingats lägga ut. Eftersom de båda metoderna kan använda samma skärbord och CNC [Computer Numerical Controller] -styrning blir kapitalinvesteringarna rimliga. Det bästa scenariot för en slutanvändare är där kraven på produktflora och volym kan uppfyllas av en maskin som arbetar vid nästintill full kapacitet, oavsett integrerade skärteknologier.

Integrationen av två separata skärverktyg i ett och samma maskinkoncept bjuder emellertid på några unika utmaningar. Eftersom det föreligger en mekanisk offset mellan de båda verktygen måste man ta noggrann hänsyn till att denna skillnad justeras korrekt i kontrollenheten. Det krävs stickprovskontroll av de tillverkade detaljerna, men för merparten av dem som tillverkas hos MTE är detta inget större

problem. ”Mer är 97% av våra leveranser har toleranskrav som lätt uppfylls av vår maskinpark”, förklarar Chris Barber.

Positioneringstoleranserna har validerats av företaget Hypertherm i Hanover, NH vid dess interna provning av en liknande variant av kombinationsmaskin. Det är välbekant att laserprocessen kan hålla snävare toleranser jämfört med en plasmautrustning, men moderna, precisa plasmasytem kan möta så pass tuffa positioneringskrav som inom 750 µm, vilket som sagt bevisats vid mätningar hos Hypertherm.

Det är värt att påpeka skillnaden mellan dimensionstoleranser på håldiametrar, slitsbredder, parallellitet etc. och positioneringstoleranser, d.v.s. läget på ett hål relativt ett annat. Dimensionstoleranser används exempelvis för att säkerställa att en bult passar i ett hål utan alltför stort spel, medan positioneringstoleransen ser till att en bult alltid passar igenom två detaljer då dessa skall sammanfogas. P.g.a. verktygsbytet mellan laserns precisionsskärning av hål och slitsar och den plasmaskurna externa konturen blir det positioneringstoleransen för hålen vis-a-vis detaljens kanter som kan komma att variera under ett produktions-skift beroende på olika faktorer.

Varje utrustning hos MTE har en speciell uppgift för att skära till detaljer avsedda för snöplogar, sandnings- och spridarutrustningar, dumper samt bärgningsfordon. På det stora arbetsbordet kan man skära upp till 6 m långa plåtar i en mångfald olika material. ”Utrustningen är inte enbart avsedd för grovplåtsskärning med den 400 A kraftiga plasmabrännaren”, tillägger Mr. Barber, ”utan vi kan också laserskära stora, tunna plåtar som inte ryms i våra andra laserskärmaskiner” [Fig. 2].

Den tidigare nämnda kombimaskinen [stans/plasma] stansar ut hål med svindlande hastighet och skär sedan till plåten med hög precision. Vissa modifikationer på produkter hos kunderna har gjort att

man fått ompositionera plåtarna då dessa överskrider längden för arbetsområdet.

Den nya CO₂-lasern med sin helautomatiska materialhantering körs i princip obemannad och skär medeltjockt material av olika kvaliteter. ”Vi kan ladda den på lördagen och sedan starta produktionen på måndag morgon och då redan ligga 60 till 70 plåtar före betinget – det har verkligen blivit en ’produktivitetshöjare’” menar Chris Barber. Kombinationen av en 2,2 kW fiberlaser och en HPR400XD finplasmautrustning hanterar övrig tunnplåtsskärning av mjukt och rostfritt stål upp till 6 mm tjocklek, och maskinen kan köras både med enbart lasern eller enbart med plasma och på så sätt balansera tillgänglig kapacitet i övriga maskiner [Fig. 3].

”Vi uppskattar verkligen de unika möjligheter som den här kombinationsprocessen ger oss” säger Mr. Barber. Det råder ingen tvekan om att man här funnit en lösning som ger bra avkastning åt MTE och som förser företaget med en flexibilitet som man aldrig kunnat uppnå med enskilda processer. Kombinations-skärning öppnar nya möjligheter även för mindre företag, och många använder sig redan av dylika system. Istället för att behöva investera och hitta utrymme för två separata skärbord behöver företagen endast spendera pengar på ett, vilket omedelbart sänker kapitalinvesteringen. Därtill kommer den ökade flexibiliteten hos kombinationsprocessen, vilket gör att mindre företag kan ”ta hem” jobb som man tidigare lagt ut, och därmed ytterligare maximera vinster och kunna leverera snabbare, något som MTE kan bekräfta. Med tanke på den anhopning av beställningar som företaget fick som ett resultat av föregående vinters ”härjningar” kommer den ineliggande orderstocken att hålla igång samtliga maskiner under lång tid, och ”det är inget tråkigt problem att behöva hantera!” avslutar Chris Barber. ■



Figur 2. Kombinationen av plasma- och laserskärning i ett och samma maskin erbjuder enorm flexibilitet i materialanvändning hos MTE, där plåttjocklekarna sträcker sig från några tiondels millimeter till som mest 6 mm.



Figur 3. Genom att använda denna form av ”kombinationsprocess” kan MTE på ett effektivt sätt producera små och fina skärkonturer med fiberlasern innan man snabbt ställer om till plasmaskärning av ytterkonturerna. Detta gör att företaget kan dra nytta av det bästa som de två skärteknikerna har att erbjuda.

Laserlödning av varmförzinkad plåt och lasersvetsning av aluminium

Johnny K Larsson
 Volvo Cars

Efter några mellanår bjöd i år EALA [European Automotive Laser Applications]-konferensen på några verkliga nyheter, något som återspeglade sig i det höga deltagarantalet. Hela 195 delegater hade sökt sig till anrika Dolce Kurpark Hotel i Bad Nauheim strax utanför Frankfurt am Main, som är den traditionella hemvisten för denna laserkonferens vilken är dedikerad åt bilindustrins representanter. EALA har ju blivit något av en årlig mötesplats för oss laserentusiaster, och inte minst är den viktig för branschens leveratörsföretag, s.k. OES [Original Equipment Suppliers], att marknadsföra sina senaste, innovativa produkter för laserbearbetning och processimulering samt att knyta kontakter med såväl befintliga som potentiella kunder. Vid en genomgång av deltagarförteckningen kunde jag konstatera att hela 67 sådana företag var representerade av vilka 20 stycken tagit möjligheten att profilera sig vid den ”table-top”-utställning som fanns placerad i anslutning till åhörarsalen. Dessa var:

- Automation W+R GmbH
- Laserline GmbH
- Bergmann & Steffen GmbH
- Lasermet
- Blackbird Robotersysteme GmbH
- New Infrared Technologies S.L.
- Dinse GmbH
- Lessmüller Lasertechnik GmbH
- EHR GmbH & Co.KG
- Precitec GmbH & Co. KG
- GVB GmbH – Solutions in Glass
- PRIMES GmbH
- HIGHYAG Lasertechnologie GmbH
- Rofin-Sinar Laser GmbH
- IPG Laser GmbH
- Schuler Automation GmbH & Co. KG
- Jenoptik Automatisierungstechnik GmbH
- Scansonic IPT GmbH
- KKT chillers – a brand of ait-deutschland GmbH
- TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH



EALA fortsätter att växa internationellt, även om majoriteten av deltagarna fortfarande kommer från Tyskland, och till detta bidrar säkert den professionella simultantolkningen på engelska som erbjuds sedan några år tillbaka. I auditoriet kunde vi nu hitta så långväga gäster som från USA, Canada, Kina, Japan, Korea och faktiskt en deltagare från Mexiko! Totalt fanns 19 nationer representerade [Tab. 1a,b], och glädjande nog hela fyra deltagare från Sverige, vilket kunde varit fem om inte min Volvo-kollega Urban Todal oturligt brutit benet vid sin jiu-jitsu-träning veckan innan.

Tabell 1a.
 Antal representanter per bilföretag

Volkswagen AG	13
Honda R&D Co. Ltd.	11
Audi AG	5
BMW AG	3
Hyundai-Kia Motors	3
Volvo Cars	3
Adam Opel AG	2
Daimler AG	2
PSA Peugeot-Citroën	2
Toyota Motor Europe	2
Centro Ricerche Fiat	1
Ford Motor Co.	1
Renault SAS	1
Totalt	49

Dagen innan själva konferensen hade jag och Dr. Jens Standfuß från Fraunhofer IWS [Institut für Werkstoff- und Strahltechnik] i Dresden genomfört en fyra timmar lång utbildning för ”lasernyborjare” vilken hade lockat 11 elever. Något förvånande kom sex av dessa från Volkswagen AG som vi vet ligger i framkant då det gäller laserbearbetning i karosfabrikerna. Förklaring gavs dock såtillvida att dessa medarbetare kom från Hannover-fabriken där främst transportfordon i T5-serien,

Tabell 1b.
 Antal deltagare per nation

Tyskland	121
Japan	13
Spanien	9
Korea	6
USA	6
Frankrike	5
Korea	5
Österrike	5
Storbritannien	4
Sverige	4
Belgien	3
Nederländerna	3
Schweiz	3
Canada	2
Italien	2
Kina	1
Mexico	1
Tjeckien	1
Slovakien	1
Totalt	195

som exempelvis VW Transporter och VW Multiva, produceras, och här har laserutvecklingen hittills gått något långsammare. Efter dessa ”förpostfäktningar” tog den traditionella och välbesökta ”Speakers’ Dinner” vid på kvällen, och morgonen därpå hälsades vi välkomna till EALA 2016 av Frau Andrea Huber från organiserande ACI [Automotive Circle International]. Hon lämnade därpå över taktpinnen till Dr. Jan-Philipp Weberpals från Audi AG, som är ny ordförande i EALAs programstyrelse där han efterträder Dr. Henning Löser som hade ett kort gästspel i denna roll 2015. På så sätt bibehåller Audi ”successionsordningen” vad gäller ordförandeskapet i konferensen sett till föregångarna Dr. Mattias Graudenz, Dr. Michael Niemeyer och Dr. Kirsten Oberschelp, vilka samtliga har kommit från det Ingolstadt-baserade företaget.

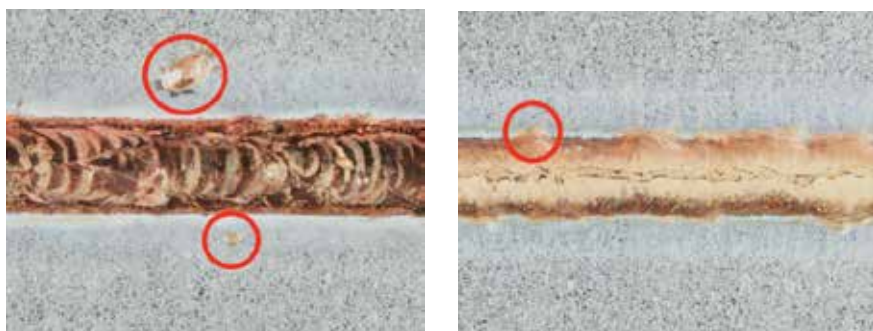
Konferensen var uppdelad i fyra olika temablock med följande rubriker:

- Advances in the Laser Manufacturing Process
- In the Focus: 3D Generation
- Utilisation of Advanced Materials in the Laser Process
- Sensor Technology and process Monitoring

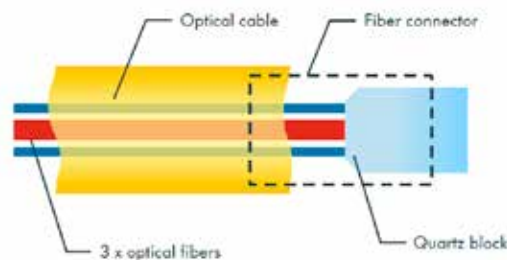
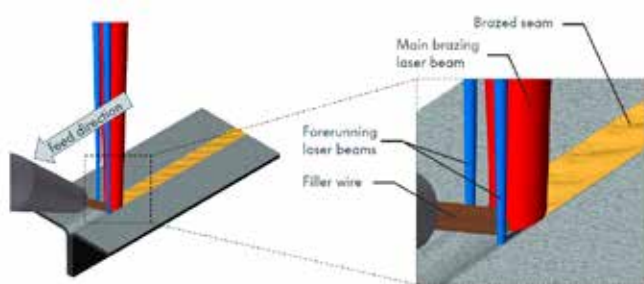
Ett av de ämnesområden som tilldrog sig mest intresse vid årets EALA-konferens var en ny metod för laserlödning, s.k. trifokal bearbetning. Denna syftar till att förbättra den utseendemässiga kvalitén hos lödfogen vid framförallt laserlödning av varmförzinkad stålplåt. Den förste att adressera detta var Wilfried Reimann från Volkswagen AG, med vilken jag för övrigt hade ett givande samtal redan under den ”Speakers’ Dinner” kvällen innan konferensen. Denne mycket ambitiöse herre inledde med att beskriva de problem som uppstått vid laserlödning av takspåret och bakdörrsöppningen på senaste Golf-

modellen. Tidigare har VW använt sig av elektrolytiskt förzinkad plåt för yttertyr, men har av kostnadsskäl, bättre korrosionsmotstånd samt högre global tillgänglighet numera gått över till varmförzinkat material. Dessa båda ytbelägningsformer uppvisar emellertid avsevärda skillnader i bemärkelsen att elektrolytiskt förzinkad beläggning har en tjocklek på mellan 4-8 µm och en 20%-ig reflexion av laserljuset, att jämföras med 7-11 µm respektive 40% reflexion för den varmförzinkade. Med konventionell laserlödning innebär detta att man fick en mer orolig process med lödsprut, vågiga kanter hos lödfogen samt en oönskad interaktion mellan den uppsmälta zinken och det smälta tillsatsmaterialiet [Fig. 1]. Allt sammantaget ledde till ett betydligt mindre processfönster.

Den lösning man kommit fram till var att dela upp lasereffekten i tre stycken fokuspunkter där två av dessa avverkade zinksiktet i de områden som skulle utgöra lödfogens kanter medan den tredje fokuspunkten med sitt större energiinnehåll utförde själva lödprocessen. Tillsammans med IPG har man tagit fram en optisk fiber med tre olika kärnor; två stycken med en diameter på 100 µm och en större med 600 µm diameter [Fig. 2]. Med denna trifokal-lösning ligger framföringshastigheten vid laserlödning av de för VW aktuella applikationerna på 3 m/min, och tillsatstråden utgörs av klassisk CuSi3-legering med en diameter av 1,6



Figur 1. Typiska defekter vid laserlödning av varmförzinkad plåt; lödsprut (närmast) och vågiga, visuellt oacceptabla, kanter hos lödfogen.



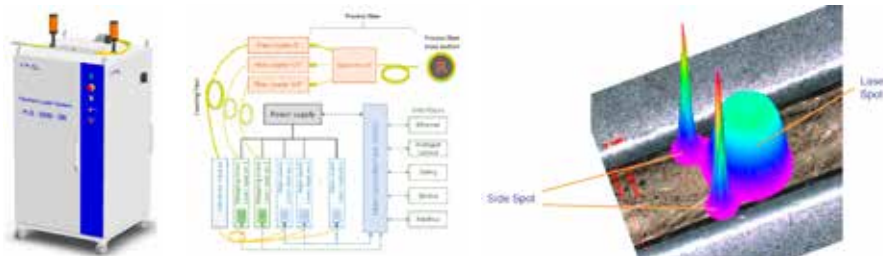
Figur 2. T.v. principen för trifokal laserlödning och t.h. den optiska fibern med tre olika kärnor vilka sammankopplas i ett kvartsblock.



Figur 3. T.v. toppvy och tvärsnitt för en laserlörd fog utförd med trifokal-tekniken och t.h. motsvarande utseende då konventionell laserlödning använts.

mm. Man erhåller extremt raka kanter hos lödfogen samtidigt som man får en liksint bindningsyta som vid konventionell laserlödning [Fig. 3]. Genom att lokalt ta bort zinkbeläggningen undviker man lödsprut eftersom det inte längre finns något förångat zink som kan komma i kontakt med den nedsmälta tillsatstråden. Herrn Reimann avslutade sin uppskattade presentation med att påpeka att trifokal-metoden även möjliggör att spalter upp till 0,2 mm kan överbryggas.

Det var nog knappast något slumpartat sammanträffande att nästa föredragshållare var Dr. Klaus Krastel från just IPG Laser GmbH. Företaget har utvecklat en produktserie speciellt avsedd för laserlödning som har beteckningen YLS-BR, och denna rekommenderas nu i kombination med trifokal-tekniken där effekten i de tre fokuspunkterna kan regleras individuellt



Figur 4. IPG har utvecklat en produktserie benämnd YLS-BR som är dedikerad för laserlödning. Denna är då lämplig att kombinera med företagets fiber som kan leverera tre fokuspunkter mellan vilka lasereffekten kan fördelas individuellt.

[Fig. 4]. Dr. Krastel redogjorde för försök utförda med YLS-5000-BR som har en WPE [Wall Plug Efficiency] på 42% och kräver en golvyta på blott 0,7 m². Laserlödning hade genomförts på plåtmaterialiet Litecore® som är en sandwich med tunna, galvaniserade metallytterskal och en polymer kärna. Här hade 1,7 kW använts för nedsmältning av den 1,2 mm grova CuSi3-tråden medan effekten i de zinkrengörande sidopunkterna var satt till 320 W. Processhastigheten blev då 3,0 m/min med en trådmatningshastighet på 3,3 m/min.

Även vid aluminiumsvetsning har trifokal-tekniken en positiv effekt på svetskvaliteten då de två främre fokuspunkterna lokalt avlägsnar aluminiumoxider. Detta illustrerades med försök genomförda på 1,1 mm tjockt AA6016-material där man valt 3,6 kW effekt i huvudfokuspunkten och 400 W i vardera av de framförvarande

fokalpunkterna. Svets hastigheten uppgick då till 4,0 m/min med en anpassad trådmatning på 4,2 m/min och den använda skyddsgasen var Argon 4.8 med ett flöde av 10 l/min.

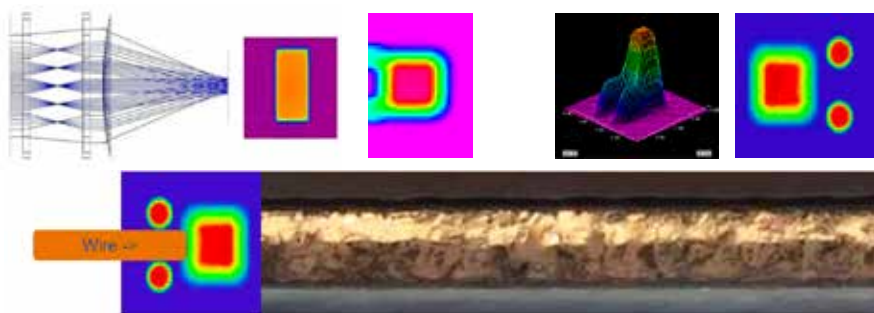
IPGs "Seam Stepper" torde vid det här laget vara välbekant för LaserNyttas läsare, och denna använd i kombination med trifokal-lösningen gav sprutfri svetsning av zinkbelagd plåt även då nollspalt förelåg [Fig. 5]. Avslutningsvis presenterade Dr. Krastel en jämförelse vid laserlödning mellan IPGs YLS-5000-BR och en traditionell 4 kW fastkroppslaser där han kunde konstatera en 30%-ig ökning i processhastighet, 30% högre hållfasthet i lödfogen och hela 60% i minskad energi förbrukning, allt till fördel för den förstnämnda laserkällan. Till sist delgavs vi information kring IPGs s.k. ECO-series med verkningsgrader över 50%. Upp till 6 kW lasereffekt stannar strålkvaliteten vid 2 mm*mrad med distributionsmöjlighet av laserstrålen via en 50 µm grov optisk fiber, medan man över 6 kW kan garantera en strålkvalitet på 4 mm*mrad med en 100 µm distributionsfiber.

En snarlik lösning för att öka processhastigheten vid laserlödning och förbättra lödfogens utseende presenterades av Laserline genom ett föredrag av den alltid lika sympatiske Dr. Axel Luft. Tidigare försök har gett vid handen att man genom att arbeta med en rektangulär fokalpunkt, i stället för en traditionellt cirkulär sådan, tillför mer värme på den substratyta mot vilken det nedsmälta lodmaterialet skall väta. På så sätt kan lödningshastigheten ökas från 4,5 till 7,5 m/minut samtidigt som man får en färre andel kantdefekter och ytporer i lödfogen liksom mindre lödsprut. Optiken som möjliggör denna rektangulära fokalpunkt, och som bygger på en homogeniseringsmodul som ursprungligen utvecklades för laserhårdning, kan man redan idag få integrerad i Scansonics ALO₃-verktyg. Nu hade en ny optik utvecklats som Laserline valt att kalla "OR-spot", som liksom IPGs lösning arbetar med tre separata fokuspunkter. Skillnaden ligger i att Laserline inte kombinerar tre olika kärnfibrer utan uppdelningen i de tre fokalpunkterna sker med en speciell diffraktiv optik. Här ges huvudfokuspunkten en kvadratisk form med en jämn energifördelning, som skall garantera en optimal nedsmältning av tillsatstråden [Fig. 6].

Via defokusering kan avståndet mellan de två framförliggande punkterna varieras mellan 1,26 och 1,75 mm allt efter behov, och defokuseringen används främst då



Figur 5. Med IPGs "Seam Stepper" kan man lasersvetsa zinkbelagd plåt, även då nollspalt föreligger, om trifokal-tekniken används.



Figur 6. Att använda sig av en rektangulär fokalpunkt som värmer substratyten vid laserlödning har visat sig vara fördelaktig, och en vidareutveckling av konceptet med diffraktiva optiker har lett fram till Laserlines variant av trifokal-lösning.

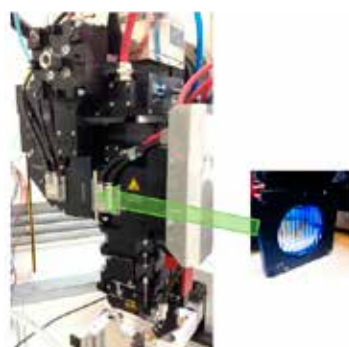
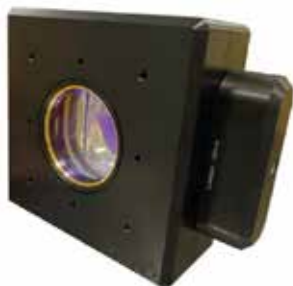
elektrolytiskt förzinkat material skall lödas. För övrigt kan samma processparametrar användas vid lödning av varmförzinkat alternativt elektrolytiskt förzinkat plåtmaterial. Genom att använda olika strålkvalitet kan storleken på de två framföriggande fokuspunkterna varieras liksom att energifördelningen i punkterna kan förskjutas såväl längs som tvärs bearbetningsriktningen. Laserline erbjuder idag tre olika typer av optiska och diffraktiva element och "OR-spot"-funktionen kan numera fås integrerad i ett ALO3-verktyg [Fig. 7]. Avslutningsvis slog den gode Axel ett slag för företagets nya VG6-familj som utgör sjätte generationen av Laserlines LDF-lasrar som är extremt kompakta och påstods ha en tillgänglighet över 99,8%. Den förväntade livslängden hos ingående diodpaket ligger på mellan 40-50.000 driftstimmar vilket gör att man kan lämna en 5-årig produktgaranti.

Liksom vid fjolårets EALA-konferens fanns även i år ett starkt fokus på laser-

svetsning av aluminium samt fjärlasersvetsning [RLW = Remote Laser Welding]. Det förstnämnda temat adresserades först av Markus Lachenmaier från BMW som berättade om lasersvetsning av bakluckan och sidodörrarna på den nya 7 Reihe-modellen [Fig. 8]. Förutom sagda applikationer hittar vi även aluminium i motorhuv och takpanel. Bakluckan tillverkas av aluminiumlegeringar ur 6000-serien, en materialgrupp som utgör 7% av karossens sammanlagda vikt. Utmaningar vid svetsning i denna legeringstyp är uppkomsten av varmsprickor, försämrad ytkvalitet hos fogen och en ökad korrosionsrisk. Bakluckan består av 9 separata artiklar och den totala svetslängden uppgår till 2.622 mm. Förutom en jämn svetsråge krävs att eventuellt kvarsittande svetssprut och ytporer inte överstiger 0,3 mm i storlek. Svetsningen omfattar invändiga förstärkningar för gångjärn och låsplatta, samt att ytterpanelen är tredelad och därför kräver två längre, kontinuerliga lasersvet-

sar. En AlSi0,6Mg0,5-legering används i sidodörrarnas ytterpaneler medan BMW beträffande dörrarnas strukturdetaljer valt att byta ut det för RLW utvecklade "Fusion8840"-materialet från Novelis till den mindre exotiska AA5182-legeringen, troligtvis p.g.a. ett betydligt lägre materialpris för den senare. Såväl baklucka som dörrar svetsas nämligen med taktillfölgjning med hjälp av en 1,2 mm grov tillsatstråd i legeringen AlMg4,5Mn0,7. Att man valt ett 5000-material i tråden framför ett mer kiselrikt tillsatsmaterial förklarades av att denna legering ger en styvare tråd och därför lämpar sig bättre vid taktillfölgjning.

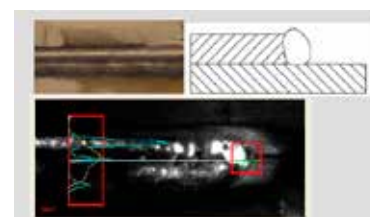
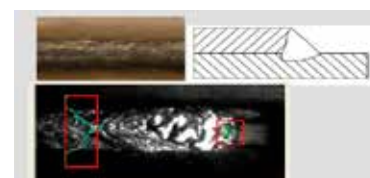
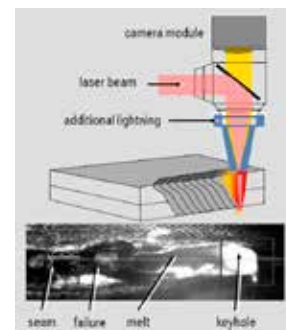
Drivkraften för att implementera lasersvetsning i dörrarna är att man genom den kontinuerliga lasersvetsen i dörrbågen får en mycket styv sådan, vilket förhindrar att denna böjs ut vid höga hastigheter, något som annars skulle resultera i ett oönskat vindbrus! Produktionsutrustningen består av en 4 kW fiberlaser från



Figur 7. Med en homogeniseringsmodul som ursprungligen utvecklades för laserhårdning går det att få "OR-spot"-funktionen integrerad i Scansonics ALO3-verktyg.



Figur 8. BMWs nya 7 Reihe har baklucka och sidodörrar av aluminium, där lasersvetsningen sker medelst taktillfölgjning med hjälp av den 1,2 mm grova tillsatstråden i legeringen AlMg4,5Mn0,7



Figur 9. Överst principen för Lessmüllers processövervakning WeldEye®, och ovan visualiseringen av en korrekt svets jämfört med en där fokuspunkt och tillsatstråd missat topplåtens kant.

IPG med en 30 m lång och 600 μm grov optisk fiber. KUKA har levererat såväl robot som övrig hanteringsutrustning och svetsverket är Scansonics ALO3-version. Argon används som skyddsgas och för processövervakningen använder man sig av Lessmüllers WeldEye® [Fig. 9] medan effektmätning sker med hjälp av Primes' PMM [Power Measuring Module]. För efterföljande kvalitetskontroll använder BMW en lasertriangleringslösning från företaget W+R-System [Fig. 10]. Porositeter upp till 3 mm repareras med Vitralit®, som är en form av lim som injiceras i poren. Större reparationer sker med ett handhållet laserverktyg och utförs i en separat station i Dingolfing-fabriken. Målet är att nå ner till 3-5% efterbearbetning av dessa påhångsdetaljer i aluminium, men Herrn Lachenmaier var nödsakad att erkänna att dit hade man ännu inte nått. Däremot var det intressant att få höra att BMW framgent kommer att frånga taktill lasersvetsning av sina påhångsdetaljer,

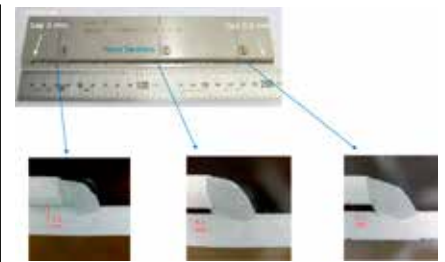
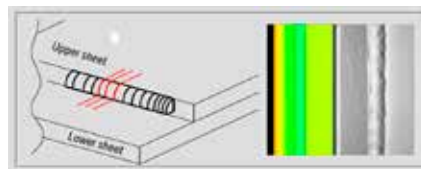
både vad gäller aluminium- och stålapplikationer, till förmån för tekniken med fjärrlasersvetsning.

Cristoph Franz från Scansonic, som f.ö. snart kommer att figurera i artikelserien "Samtal kring lasertrender", redogjorde för aluminiumsvetsning såväl med som utan tillsatstråd. Han inledde emellertid med att stolt visa upp några bilder från företagets helt nybyggda lokaler i stadsdelen Marzahn i Berlin dit man nu flyttat från sina tidigare trångbudda laboratorierutrymmen på Rudolf-Baschant-Straße 2. Fram till idag har Scansonic gjort 119 installationer för lasersvetsning och -lödning fördelade på 63 stycken bakluckeapplikationer, 41 stycken taklösningar och 15 stycken dörrtillämpningar. De senare illustrerades med ett exempel från Audi A8-modellen där man svetsar såväl 6- som 5000-legeringar med tillsatstråd och laserverktyget ALO3 med en spaltöverbrygnadsförmåga på 0,5 mm. Här använder man 2,3 kW lasereffekt med en

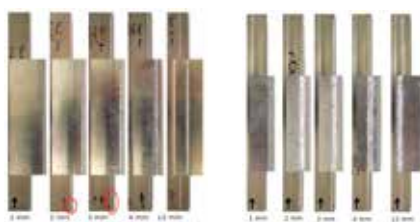
framföringshastighet på 4,0 m/min, 4,2 m i trådmatningsdito samt en brännfläck med 680 μm diameter. Annars tycks trenden vara att gå mot lösningar som bygger på fjärrlasersvetsning med Scansonic-verktyget RLW-A, och där överlappssvetsar tillåter relativt stora positioneringstoleranser. Emellertid är risken att man får varmsprickor i svetsgodset, allra helst om det är frågan om 6000-material. Även kantavståndet är av avgörande betydelse för detta fenomen, varför man undersökt överlappssvetsar utförda på AA6082-legering [Fig. 11]. Svets hastigheten låg kring 4 m/min med 4 kW lasereffekt och en 560 μm fokalfunkt. Avståndet till topplåtens kant hade varierats, och om detta låg mellan 2-12 mm blev resultatet varmsprickor. Genom att oscillera laserstrålen med 100 Hz och 0,4 mm amplitud kan man undvika problemet, något som då sker indirekt genom att man går från full till partiell penetration, vilket är en önskvärd effekt då det gäller att undvika uppkomsten av



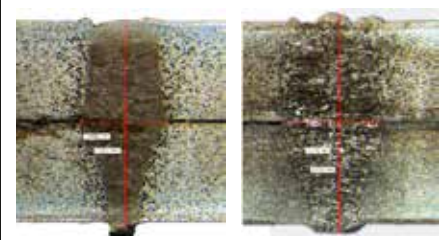
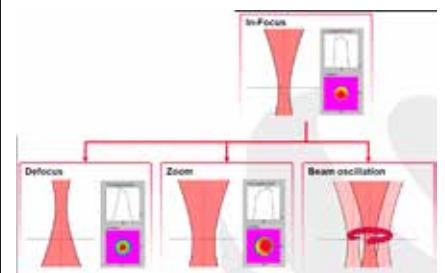
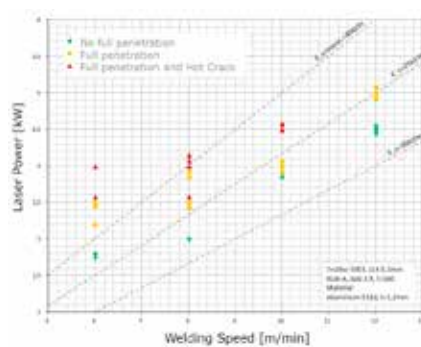
Figur 10. T.h. principen för W+R-Systems trianguleringslösning för kontroll av svetsars geometri, och ovan några bilder på typiska svetsdefekter; ytporer, svetsprut och felpositionerad svets.



Figur 12. Genom att pendla laserstrålen tvärs svetsriktningen blir det möjligt att överbrygga spalter upp till 0,8 mm i en överlappsfog.



Figur 11. Vid lasersvetsning av exempelvis AA6082-legering är uppkomsten av varmsprickor (t.v.) uppenbar då svetsen placeras alltför nära topplåtens kant. Detta kan undvikas genom oscillering av laserstrålen som gör att full penetration undviks.



Figur 13. Med en "zoom"-optik integrerad i "scanner"-verktyget IntelliWELD FT kan svetsbredden ändras med bibehållt penetrationsdjup.

varmsprickor. Bästa sättet att undvika varmsprickor är emellertid att utföra en kälsvets, m.a.o. där kantavståndet är noll, och genom att göra detta i kombination med stråloscillering kan gap upp till 0,8 mm överbryggas [Fig. 12]. Som avslutning på föredraget menade Christoph att man även kan undvika varmsprickor genom att begränsa värmeförlusten till materialet vilket går att åstadkomma med vad han kallade ”μ-stitch”, d.v.s. mycket korta, intermittenta lasersvetsar.

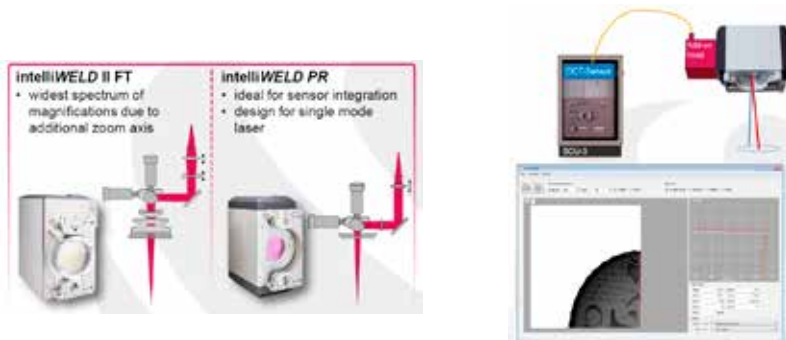
I och med Dr. Franz’ presentation ledde vi åhörare in i temablocket ”Remote Laser Welding” eller ”scanner”-svetsning, och förste talare här var Dr. Jan Musiol från Blackbird Robotersysteme GmbH, som numera är ett helägt dotterbolag till Scanlab. Han berättade att företagets ”3D scanner”-verktyg intelliWELD FT numera kan fås med en extra ”zoom”-optik med vilken svetsbredden kan påverkas utan att för den skull penetrationen förändras. Detta fungerar som så att då man initialt har en ”tophat”-energifördelning i fokuspunkten, men defokuserar strålen för att erhålla en bredare svets ändras i vanliga fall energifördelningen i fokus till en Gaussisk profil. Genom att då kompensera detta med ”zoom”-funktionen

återfår man ”tophat”-fördelningen i fokuspunkten [Fig. 13]. FT-versionen har galvospeglarna positionerade bakom fokuseringsoptiken, medan placeringen är den omvända för PR-versionen som är speciellt anpassad för SM [Single Mode]-lasrar [Fig. 14]. Med stråloscillering kan man skräddarsy energifördelningen så att man t.ex. vid kälsvetsning tillför mer energi på toppplåten än på basplåten. Till sist visade Dr. Musiol en OCT [Optical Coherence Tomography]-sensor lämplig för kvalitetskontroll då den mäter avståndet mellan optik och arbetsstycke med hjälp av laserstrålens återreflexion. Denna sensor kan enkelt monteras som en extra modul på ”scanner”-verktyget, och då mäta avståndet inom hela verktygets arbetsområde [Fig. 14]. Datasamlingen sker med en frekvens över 70 kHz och kan användas för såväl fogföljning, kontroll av penetrationsdjupet samt efterkontroll av svetsens topologi.

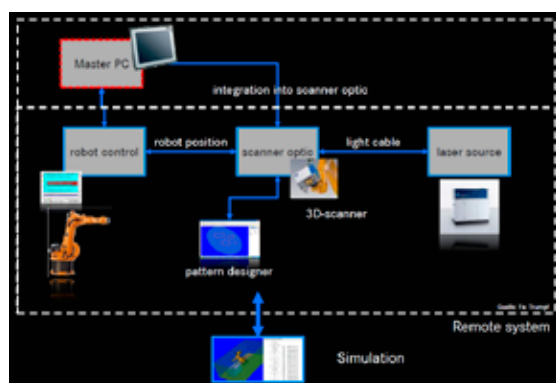
Nästa presentation gjordes av ”tandemparet” Andreas Müllegger [Trumpf Laser und Systemtechnik GmbH] och Mike Paelmer [Daimler AG]. Daimler var ju först i branschen med att presentera ett robotbaserat ”scanner”-verktyg med sin patenterade ”Robscan”-lösning. Nu hade

man tillsammans med Trumpf vidareutvecklat detta till något som man valt att kalla I-PFO [Intelligent – Programmable Focus Optics] där nyheten var att man använder ”scanner”-verktyget som s.k. Master för att styra fjärrlasersvetsningen [Fig. 15]. Tidigare var man tvungen att individuellt programmera laserkälla, robot och ”scanner” var för sig. Det nya konceptet möjliggör såväl ”offline”- som ”teach-in”-programmering.

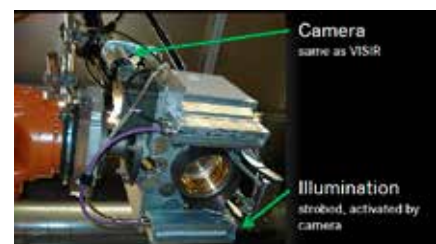
Lösningen visualiserades med en video-upptagning från Daimlers TecFabriki Sindelfingen där man svetsade den klassiska karossdetaljen ”Heckmittelstück” [balken under bakluckan], som varit något av ett genomgående provobjekt under utvecklingen av ”Robscan”-tekniken. På 2014 års S-Klasse-modell består denna av det för fjärrlasersvetsning speciellt utvecklade Novelis-materialet ”Fusion 8840”. Därpå redogjorde Herrn Paelmer för ”scanner”-svetsningen av nya E-Klasse-modellens baklucka. Den består av detaljer i 5000-legeringen AlMg4,5Mn som är mera kostnadseffektivt än en 6000-legering, men som i gengäld inbjuder till en mer instabil svetsprocess med varierande penetrationsdjup och oregelbunden rotsida vid full penetration. Detaljernas tjocklek varierar



Figur 14. Scanlabs ”scanner”-verktyg FT och PR med galvospeglarna placerade bakom respektive framför fokuseringsoptiken. Med en OCT-sensor placerad på verktyget kan avståndet mellan optik och arbetsstycke mätas ”on-line” (t.h.).



Figur 15. För att undvika alla problem som kan uppstå om laserkälla, robot och ”scanner”-verktyg skall programmeras individuellt vid fjärrlasersvetsning har Trumpf utvecklat sitt I-PFO-verktyg vilket fungerar som ”Master” vid svetsoperationen



Figur 16. Med det kamerabaserade övervakningssystemet VISAL analyseras en gråskalebild av svetsen och man kan på så sätt bl.a. avgöra penetrationsdjupet.

mellan 1,2-2,0 mm och det förekommer även tätningsmedel mellan plåtarna. Svetsarna är i form av raka stygn med en längd på 30 mm, vilka tar vardera 0,5 sekunder att utföra. Efter varje svets defokuseras laserstrålen och reverserar över svetsen på 0,2 sekunder för att jämna ut svetsrågen. På så sätt utför man 36 överlappssvetsar på 48 sekunder, att jämföras med C-Klasse-modellen där samma tid åtgår för att göra 28 kantsvetsar med taktill optik. I det senare fallet rör det sig inte om nyckelhållsvetsning utan värmeledningsdito vilket är en del av förklaringen till den långsammare svets hastigheten. Vidare har Daimler utvecklat ett kvalitetsövervakningssystem kallat VISAL där man med en kamera från företaget Hema analyserar en gråskalebild av svetsen och med hjälp av intensiteten i denna bl.a. kan avgöra penetrationsdjupet [Fig. 16]. Målsättningen hos Daimler är att kunna använda sig av ett och samma "scanner"-verktyg för såväl käl- som överlappssvetsar i både stål- och aluminiumkonstruktioner.

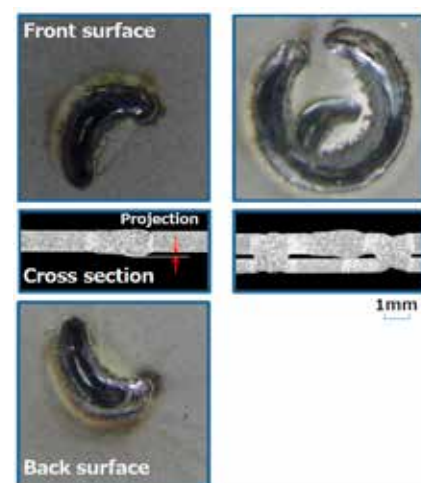
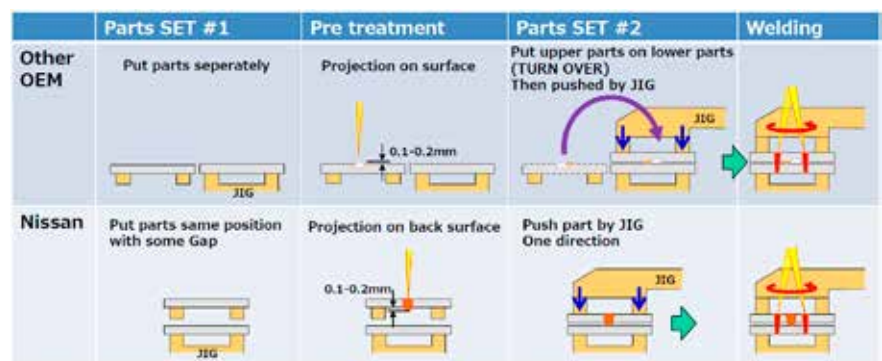
Då Taishi Tarui fått förhinder att delta vid årets EALA-konferens blev det i stället hans Renault-kollega Hichame Roumadni som fick hålla dennes Nissan-presentation. Han gav en kort historisk återblick över Nissans "scanner"-applikationer där de första introducerades 2004 i form av RLW av motorhuvar, bakdörrar och bakluckor. De senaste exemplen hittar vi emellertid i form av fjärrlasersvetsade sidodörrar på andra generationens Leaf-modell, vilken tillverkas i Nissans Oppama-fabrik, samt Nissan Infinity Q30 som produceras i Sunderland. För den senare modellen har 150 punktsvetsar i dörrarna ersatts med 256 korta "scanner"-svetsar. Eftersom det är fråga om zinkbelagda plåtar i tjocklekarna 0,6 och 0,8 mm krävs den obligatoriska noppningsprocessen av singeldetaljerna för att säkerställa goda avgasningsmöjligheter för den förångade zinken. Normalt görs ju detta med hjälp av en pulsad laser som "flyttar" materialet på passningsytorna. Nu gjorde Monsieur Roumadni en stor sak av att Nissan istället skapar dessa noppor genom att göra blindsvetsar från motsidan så att den svetsrot som uppstår kommer att tjäna som distanshållare. Fördelen med detta är att den detalj som noppningen utförs på inte behöver vändas inför den efterföljande svetsoperationen, och därmed kan en och samma fixtur användas för såväl noppningsprocess som fjärrlasersvetsning [Fig. 17].

Med detta angreppssätt blir nopphöjden 0,18 mm att jämföras med de mer

toleranskänsliga 0,08 mm höga noppor som blir resultatet om man istället på konventionellt sätt skjuter korta laserpulser. Längden på dessa blindsvetsar var blott 3,5 mm. Själva svetsningen utförs inte "on-the-fly" utan Fanuc-robotarna som används positionerar "scanner"-verktyget över det område som för stunden skall svetsas. Svetsarna är antingen raka stygn eller öppna cirklar med en längd på 16 mm. Cykeltiden ligger på 53 sekunder under vilken man hinner utföra 82 dylika svetsar, och kapabiliteten för produktionscellen i Sunderland sades ligga på Cpk = 2,88! Kvalitetssäkringen sker "in-line" med FFT [Fast Fourier Transformation] frekvensanalys, och det går att detektera svetsdefekter som porositet, insjunkna svets, ingen bindning mellan plåtarna ["False Friend"] samt genomgående hål. För detta kan man använda samma laserälla som vid svetsningen, vilket gör att det går att reducera såväl cykeltid som investeringskostnader. Svetsningen utförs med 4 kW lasereffekt och en hastighet på 100 mm/sek, medan man vid FFT-analysen använder 500 W och en kontrollhastighet av 500 mm/sek.

Anja Rosiak-Deblon har ju övertagit USA-emigrerade Jürgen Hovers roll som

Fords representant i EALAs programstyrrelse. Nu redogjorde hon för "remote"-svetsningen av den nyligen lanserade 2015 YM [Year Model] Ford Mustang, en verklig ikon inom bilvärlden. Därför var det naturligt att hon inledde med en historisk kring modellen som första gången såg dagens ljus den 17 april 1964. Introduktionsåret såldes 417.000 exemplar av bilen och i mars 1966 passerades miljonstrecket. Den nya modellen representerar den sjätte generationen och är planerad för en årsvolym kring 125.000 enheter. För produktionen har Ford-koncernen investerat i hela 18 laserkällor, varav 14 stycken är avsedda för "remote"-svetsning, två för laserlödning av taken på coupé-varianten samt två för taktill lasersvetsning. För laserlödningen använder man sig av en 4 kW diodlaser från Laserline, HighYags PDT-verktyg samt ett matarverk från Abicor Binzel. Men för att skärskåda fjärrlasersvetsningen hittar vi den som 32 strukturella svetsar per sida vid tillverkning av den inre karosidostrukturen. Raka och cirkulära svetsar med en längd på 25 mm sammanfogar detaljer i materialkvaliteter som DP [Dual-Phase] 600, DP1000, HSLA [High Strength Low Alloy] 340, Borstål och M [Martensitic] 1100. Då vissa kombinationer omfattar



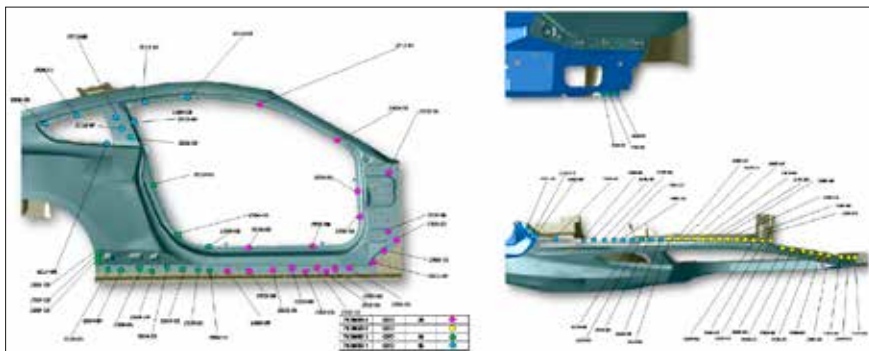
Figur 17. Nissans metodik för att skapa noppor genom blindsvetsar för efterföljande fjärrlasersvetsning. På så sätt kan noppning och svetsning göras i samma fixtur utan att behöva vända den bearbetade singeldetaljen.

plättjocklekar som exempelvis 2,0+2,0 mm måste laserstrålen oscilleras för att skapa tillräcklig bred bindzon mellan komponenterna. Vidare fjärrlasersvetsas den yttre karossidan till den lastbärande stommen med 79 cirkulära svetsar på coupé-modellen och 61 dito för cabriolet-modellen [Fig. 18]. Installationen för de sistnämnda applikationerna består av fyra stycken 6 kW fiberlasrar från IPG, som var och en betjänar en industrirobot försedd med HighYags RLSK-”scanner”. Liksom Nissan använder man sig inte av ”remote”-svetsning ”on-the-fly”, vilket motiveras av att man på så sätt får en mer användarvänlig programmering av robotbanan. Beroende på materialkombination varieras lasereffekten mellan 3,0 och 5,2 kW och svets hastigheten mellan 3,6-5,2 m/min. Man använder sig av effektrapning i såväl start- som stoppositionerna av svetsen, samt högtrycksluft för att undertrycka plasmaformering. En intressant jämförelse hade gjorts mellan detta koncept och ett punktsvetsat produktionsupplägg. Med samma antal svetsar [79 stycken] och cykeltid [45 sekunder] låg den

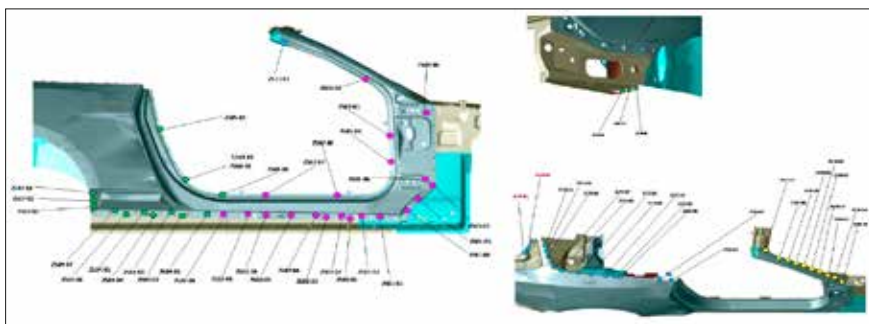
faktiska svets tiden i ”remote”-fallet på 22 sekunder medan punktsvetsningen krävde 111 sekunder, och därtill ytterligare 8 svets- och 2 extra hanteringsrobotar. Noppornas höjd ligger mellan 0,10-0,15 mm och två olika mönster används; ett triangelformat trepunktsmönster och något som man valt att kalla ”Etch”, vilket kan liknas vid två koncentriska cirklar mellan vilka de cirkulära svetsarna är avsedda att placeras [Fig. 19]. På en avslutande fråga angående kvalitetskontroll svarade ambitiösa Anja att denna bestod i förstörande provning av en delsammansättning per skift samt 100 %-ig visuell avsyning av ”remote”-svetsarna.

Ett speciellt sätt att dra nytta av fjärrlasertekniken är då man behöver ha noggrann kontroll över värmeförseln vilket är fallet då aluminium skall fogas till zinkbelagt stål. Några olika angreppssätt finns att tillgå och för detta redogjorde Dr. Rudolf Weber från IFSW [Institut für StrahlWerkzeuge] vid Stuttgarts universitet. Materialkombinationen var 1,0 mm tjockt 6000-material som fogades till 0,8 mm zinkbelagt DX56D och där laserstrå-

len ansattes från aluminiumsidan. För ett lyckat resultat krävs att tillförd energi resulterar i en temperatur som överstiger aluminiumlegeringens smältpunkt på 585°C, men inte når upp till zinkens förångningstemperatur vilken ligger på 907°C. Vid en sådan temperatur diffunderar järnet in i aluminium och det uppstår en bindning i form av intermetalliska FeAl₃-faser, vilka är spröda och därför inte bör överstiga 10 µm i tjocklek! Denna kontrollerade temperatur kan åstadkommas med exempelvis 0,1 sekunder långa pulser och 3 kW lasereffekt. Ett annat sätt är att använda sig av ”twin-spot”-teknik där Dr. Weber visade på försök med en TruDisc 5001 disk laser från Trumpf och en optik som gav två 750 µm stora fokuspunkter positionerade tvärs svetsriktningen och med ett inbördes avstånd på 1,7 mm. I dessa försök hade Argon använts som skyddsgas och en pyrometer från företaget Dr. Mergenthaler GmbH & Co. KG försedd med en kontrollenhet som kunde reglera lasereffekten så att processtemperaturen bibehölls [Fig. 20]. Den lösning



Figur 18. På ny Ford Mustang-modellen fjärrlaser-svetsas karossidan till den lastbärande stommen med 79 resp. 61 cirkulära svetsar beroende på om det är frågan om en coupé- eller cabriolet-variant.

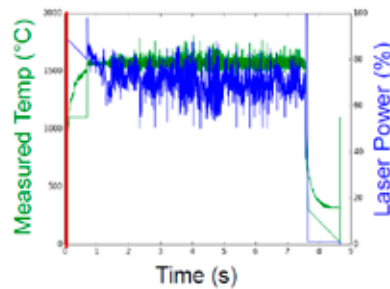
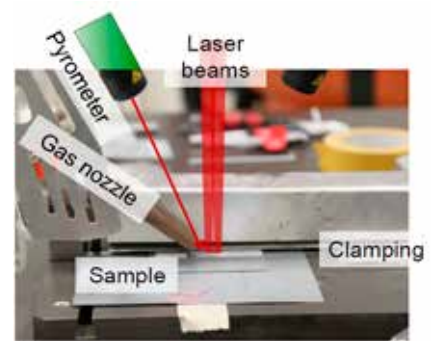
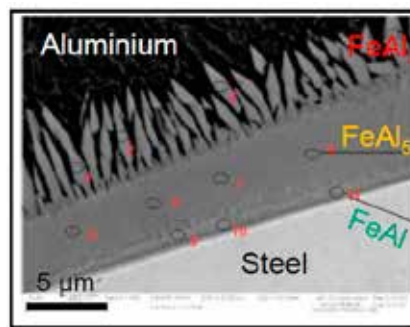


Figur 19. För cirkulära ”remote”-svetsar använder sig Ford av två olika mönster vid noppnings-operationen; ett triangelformat trepunkts-mönster (t.v.) och ett s.k. Etch-mönster som består av två inte helt fullt slutna koncentriska cirklar.

som emellertid syntes mest tilltalande var att använda det för fjärrlasersvetsning av aluminium speciellt utvecklade "Fusion"-materialer. Här hade fogningsförsöken gjorts med en laserkälla från Laserline, ett "scanner"-verktyg från Scansonic samt den ovannämnda pyrometerbaserade effektkontrollen. Genom att rotera laserstrålen längs aluminiumplåtens kant kunde man på så sätt minimera yttemperaturen, tillväxten av intermetalliska skikt och bredden på HAZ [Heat Affected Zone], samt öka svets hastigheten [Fig. 21].

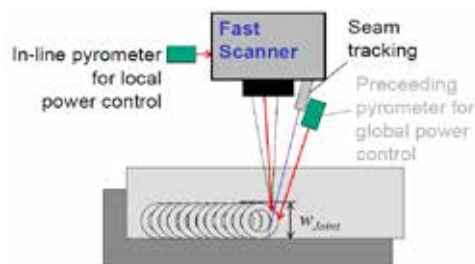
Den sista presentationen i ämnet fjärrlasersvetsning var tillika också konferensens slutanförande och hölls därför i vederbörlig ordning av programstyrelsens ordförande Dr. Jan-Philipp Weberpals [Audi AG]. Denne gentleman hade ju bibringat oss likvärdig information vid fjolårets EALA, och anknöt nu till det angreppssätt som presenterats av Dr. Weber. Alltså rörde sig hans presentation kring rumslig och termisk modulering av laserstråle och -effekt, här kombinerad med trianguleringsteknik för fogföljning. Den huvudsakliga fördelen med modulering av laserstrålen är en avsevärd reduktion av svets sprut och om detta ändå sker skjuts partiklarna ut vinkelrätt mot svetsriktningen, och inte i densamma, vilket är fallet vid oreglerad lasersvetsning [Fig. 22]. Den beskrivna tekniken används sedan en tid tillbaka vid tillverkning av aluminiumsidodörrar till den senaste Audi A8-modellen, där trianguleringen även används för att kontrollera den färdiga fogens form med avseende på svetsbredd, svetsråge, insjunk svets och svetsvolym [Fig. 23]. Dr. Weberpals menade att man med denna form av kvalitetskontroll kan få en indirekt indikation om huruvida full penetration föreligger.

Detta får avsluta första delen av min rapportering från EALA 2016, men jag återkommer i nästa nummer av LaserNytt med en fortsättning som då kommer att handla om laserapplikationer i fransk bilindustri samt några nya verktyg för processövervakning. ■



Figur 20.

För att minimera tillväxten av spröda intermetalliska faser då aluminium svetsas till zinkbelagd stålplåt måste värmetillförseln optimeras samt hållas konstant. Detta gör man lämpligtvis med ett "twin-spot"-arrangemang kombinerat med en pyrometer (längst ned t.h.) för "closed loop"-kontroll.

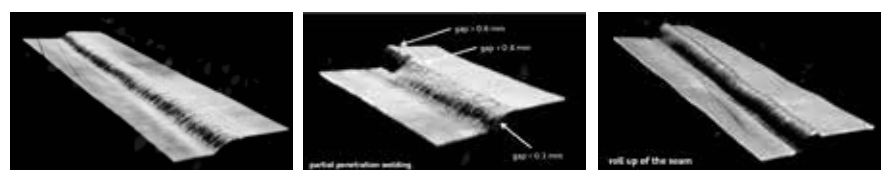
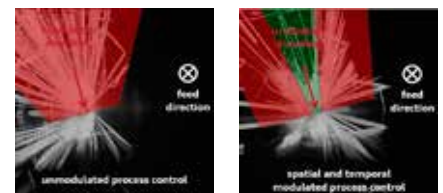


Figur 21.

Att rotera laserstrålen med hjälp av ett "scanner"-verktyg är ett annat sätt att minimera och kontrollera värmetillförseln vid sammanfogning av artolika material. I de av Dr. Weber refererade experimenten tillhandahöll Scansonic svetsverktyget och Laserline laserkällan.

Figur 22.

Genom att amplitud- och effektmodulera laserstrålen kan svets sprut vid lasersvetsning av aluminium minimeras. Då det likvärl förekommer skjuts partiklarna ut vinkelrätt mot svetsriktningen (längst t.h.) i motsats till vad som är fallet vid oreglerad svetsning.



Figur 23.

Vid svetsning av aluminiumsidodörrarna till den senaste Audi A8-modellen används trianguleringsteknik för fogföljning men också till avsyning av svetsens form (ovan).

Ytterligare en laser med helautomatisk obemannad sortering och stapling – LST laser från Prima Power!

Din Maskin har sålt ytterligare en laser med helautomatisk obemannad sortering och stapling – LST laser från Prima Power!

Sedan 1956 har Trådartiklar stått fram som den kluriga problemlösaren inom trådbockning. Hur omsätter man kundens problem till rationell produktion så snabbt som möjligt? idag är det självklara svaret automatiserade maskiner med robotar som jobbar dag och natt.

Deras automatiserade trådlinjer bockar tråd och svetsar nät och skenor till färdiga hyllor. 2015 kompletterades de med en ny plåtlinje bestående av laserskärning med automatisk in- och utlastning, samt en kantpress. Fler investeringar i produktionen står på tur.

Filosofin bakom investeringarna är enkel. Dels vill de ha korta ställtider och flexibilitet för att leva upp till sitt rykte som problemlösare. Dels vill de ha alla resurser under ett tak för att rationellt tillverka kompletta produkter i stora volymer.

Ytterligare en liten, men inte oviktig, del av filosofin är att de fortfarande bygger en del av maskinparken själva. Hemligheten med lång erfarenhet är ju att inte tappa bort den när man moderniserar – Trådartiklar bygger in sin samlade erfarenhet i nästa generation maskiner.

På så vis kan de producera gammal hederlig kvalitet i modernt tempo, till nöjda leverantörer av butiksinredning och byggprodukter, möbel- och fordonsindustri, med flera.

Leveransen består av ett lagertorn (Compact Server) med 10 fack för



Prima Power ZAPHIRO med Compact Tower, LST sortering och stapling

totalt upp till 30 ton material i format 1500x3000mm.

Tornet förser automatiskt laserskärningsmaskinen med plåtämnen som bearbetas. LST roboten plockar de skurna detaljerna direkt inne på skärbordet så de separeras från skrotet och staplas dessa på pallar på två motoriserade vagnar. LST roboten hanterar detaljer upp till full format 1500x3000mm och med tjocklekar från 0,7mm och uppåt utan tjockleksbegränsning. Max vikt för detaljer 200kg. Skrotet hanteras automatiskt av tornet när ett nytt ämne laddats på ett av borden i palettväxlaren för transport in i lasermaskinen.

LST-laser roboten, som unikt skiljer sig från andra system på marknaden, plockar detaljerna inne på skärbordet i lasermaskinen så de inte ges möjlighet att låsa sig i skrotet, vilket lätt kan ske

i tunt material eller generellt sett vid rörelser under växling av bordspallett ut ur lasermaskinen.

LST roboten har också en funktion där detaljen kan gripas fast precis innan det sista kontursnittet, Robot Assist Last Cut (RALC) för riktigt komplicerade detaljer.

2st motoriserade staplingsbord och säkerhetssluss (S4) ger möjlighet till plundring av ett bord samtidigt som sortering/stapling sker på det andra bordet.

Programmering av hela systemet inklusive LST roboten sker enkelt och smidigt i Prima Powers program NCx.

För ytterligare information om Prima Power helautomatiserade laser, kontakta en säljare på Din Maskin.

Proton Engineering fortsätter investera för breddad produktion

Proton Engineering är en komplett leverantör av komplexa produkter som består av rörböckning, ändformning, plåtbearbetning och svetsning med hög automationsgrad samt komplett montering till fordons- och verkstadsindustrin. De erbjuder sina kunder en helhet i form av konstruktionshjälp, produktutveckling, provning, prototyp-tillverkning, serieproduktion, ytbehandling och direktleveranser.

På Engineering arbetar man med kvalificerade helhetslösningar kring rörböckning och svetsning. Alltifrån prototyper och serieproduktion, till montering och olika former av leverans- och logistiklösningar. Företaget tillverkar komponenter till världsledande fordon- och verkstadsindustrier och arbetar ständigt med renhetskrav, läckagetester och andra typer av provningar.

Laserskäring och kantböckning står näst på tur när Proton Engineering satsar vidare mot att bli en så komplett leverantör som möjligt till fordons- och verkstadsindustrin. I april tas de nyinvesterade maskinerna i drift och skapar nya möjligheter för företaget.

– Vår målsättning är att växa med nya och befintliga kunder. Den här investeringen ger oss stora möjligheter att kombinera vår långa erfarenhet inom avancerad rörböckning och robot-svetsning med utökad plåtbearbetning, säger Fredrik Ottosson, VD.

Med en 4 kilowatt fiber planlaser och 80 ton kantpress på plats skapar Proton Engineering möjligheten att själva tillhandahålla ingående plåt detaljer till de produkter som idag levereras och på så sätt både leverera snabbare och bli mer kostnadseffektiva. Investeringen innebär också ökad möjlighet, att utöver de komplexa rörkonstruktioner som Skillingarydsbolaget tillverkar idag, även leverera svetsade plåtkonstruktioner.

Proton Engineering investerar nu i en Platino 2.0 fiber 1530 för plåtformat 1500x3000 mm från Prima Power!

Platino är en flexibel och pålitlig maskin designad för dagens och morgondagens behov. Den skär ett brett register av material och tjocklekar med hög hastighet och precision utan behov av manuella justeringar. Maskinen utrustas med toppmoderna laseragregat



Prima Power Platino 2.0 fiber



SafanDarley E-Brake



Fredrik Ottosson, VD på Proton Engineering

med hög energieffektivitet och kvalitet, med valbar topp effekt för alla typer av applikationer.

De mest utmärkande egenskaperna/möjligheterna för Platino är:

- Kompakt design – kräver liten yta för installation (23m²) exklusive palettväxlare, skydd, filter och kylare.
- Hög hastighet och acceleration ger korta cykeltider; acceleration 12m/s², maxhastighet 140 m/min.
- Maskinstativ i granit med lasergenerator integrerad – krävs inget speciellt fundament.
- Open cabin för maximal åtkomlighet
- Smartcut, Maxcut, Nightcut – Nya teknologier för snabba cykeltider och processsäker skärning.
- Semi automatisk linscentrering – maskinen kontrollerar automatiskt och ger sedan operatören instruktion om justering krävs.

Kantpressen som Proton Engineering samtidigt investerar i är en SafanDarley E-Brake 80-2550. Den servoelektriska kantpressen som så många av våra kunder har installerat!

E-Brake finns i tental från 20 till 300 ton och med presslängder från 850 – 4000 mm. Programmeringssystemet är dessutom mycket enkelt och användarvänligt.

Maskinen är utrustad med linjärskalor för hög noggrannhet, har låg ljudnivå och låg energiförbrukning. Returslaget utförs med säkerhetsfjädrar som garanterar att balken går tillbaka även vid strömavbrott. Sist men inte minst viktigt är att en E-brake är fri från oljeläckage!

För ytterligare information om Prima Power laserskärmaskiner eller kantpressar, kontakta en säljare på Din Maskin, eller gå in på dinmaskin.se

Mikrobearbetning med laser

Johnny K Larsson,
Volvo Cars

Laserskäring av plaster med inlägg av glimmerflingor

Glimmer är ett i naturen förekommande mineral som uppträder i olika former och som används i en mångfald olika applikationer. Dessa omfattar allt från konsumentprodukter som utnyttjar glimrets textuuregenskaper (som exempelvis kosmetiska krämer och färger) där en pulverbaserad form av glimmer används, till industriella tillämpningar där fördelar som glimrets kemiska stabilitet och isolerande förmåga (t.ex. i elektriska komponenter och isolerande skikt) kommer till användning i form av tunna skivor eller ark av glimmer.

För den här speciella industriella applikationen ville man skära ut mellanläggsbrickor ur mycket tunna, 0,15 mm tjocka, plastark med inlägga av glimmerflingor. Eftersom dessa tenderar att böjas och lätt kan spricka, vilket gör traditionell mekanisk skärning med någon form av klinga mycket svårt, blir därför den kontaktlösa bearbetningen med laser perfekt.

Den utrustning som användes bestod av en 60 W CO₂-laser, ett ”FH Flyer”-märkverktyg försett med en optik som gav en fokallängd på 370 mm och mjukvaran WinMark Pro avsedd för lasermärkning. Laserstrålen fokuserades till en brännfläck med 540 µm diameter på glimmerbrickans yta. Energitätheten vid 60 W är tillräckligt hög för att skära med acceptabla hastigheter, varför den huvudsakliga fördelen med den 370 mm långa brännvidden är att man får ett stort arbetsfält och därmed kan skära ut många detaljer ur ett enstaka ark.

Mellanläggsbrickorna med 20 mm diameter skapades med hjälp av mjukvarumodulen ”Circle” [Fig. 1]. Lasereffekten

var som tidigare sagts 60 W och skärhastigheten uppgick till 76,2 mm/sek. Detta innebar att den totala tiden för att skära en bricka var 1,23 sekunder! Skärkanten blev jämn och ren med endast en svag blekning längs mellanläggsbrickans kant.

Märkning av lackerade komponenter av zink

Gjutna zinkkomponenter används vanligtvis vid tillverkning av konsument- och industriprodukter, speciellt inom bilindustrin. Många komponenter i bilar, stationära och handhållna verktyg samt hushållsartiklar som blandare till diskbänkar och tvättställ är gjutna zinkdetaljer.

Dessa artiklar kan tillverkas med snäva dimensionstoleranser, mycket god ytkvalitet och har visat sig vara ytterst tåliga. Särskilt bibehåller zinkkomponenterna sin styrka även då de gjuts med mycket tunna vägg tjocklekar. P.g.a. sin höga ytkvalitet kan gjutna detaljer lätt pläteras eller målas med minimal förbehandling av zinkytan.

För den här applikationen var uppgiften att märka uttaget på ett lackerat luftreglage tillverkat i gjuten zink [Fig. 2]. Märkningsutrustningen bestod av ett



Figur 1.
Denna mellanläggsbricka med 20 mm diameter skars med 60 W lasereffekt och en processhastighet på 3"/sec [= 76,2 mm/sek] under en cykeltid på 1,23 sekunder per bricka.

”FH Flyer”-verktyg och en 25 W laser, vilka styrdes av mjukvaruprogrammet WinMark Pro. Märkverktyget hade en fokallängd på 125 mm vilket resulterade i en fokalpunktsdiameter på 180 µm. Den lilla fokalpunkten innebär att man trots den låga lasereffekten får en tillräckligt hög energitäthet för att förångas färgskiktet men också uppnå en utmärkt detaljnoggrannhet i märkningen.



Figur 2.
Denna märkning av ett lackerat, industriellt luftreglage fick en hög kontrastverkan genom att använda 25 W lasereffekt och en processhastighet på 20"/sec [- 500 mm/sek] vilket innebär en total märkningstid på 5,42 sekunder.

Märkningsfilen bestod av feta och fyll-da tecken med en höjd på 13 mm och en upplösning på 450 linjer per tum [= 25,4 mm]. Märkningshastigheten sattes till 508 mm/sek och lasereffekten till motsvarande 25 W. Märkningen genomfördes på en cykeltid av 5,42 sekunder och exponerade den underliggande zinkytan varför en hög kontrastverkan uppstod mot det kringlig-gande lackerade området.



Figur 3.
Detta 0,25 mm tjocka papper belagt med 30 µm aluminiumoxid skars upp i 6,4 mm breda remsor genom att använda 100 W lasereffekt och en skärhastighet på 15 "/sec [- 380 mm/sek].

Laserskärning av papper belagt med mikropartiklar av aluminiumoxid

Aluminiumoxidbelagt papper är en vanlig form av sandpapper vilket ofta används vid slipning av metallkomponenter. Med hänsyn till ändamålet verkar därför en sådan grov yta aggressivt på traditionella klippverktyg. De abrasiva partiklarna försliter snabbt skäreppen vilket resulterar i höga underhållskostnader i form av frekvent utbyte av klippverktygen eller reparation av desamma. Detta problem gör att laserskärning blir en långsiktig, attraktiv lösning tack vare sin kontaktlösa bearbetning.

Den aktuella applikationen var ett 0,25 mm tjockt papper belagt med ett 30 µm tjockt lager bestående av mikropartiklar av aluminiumoxid som skulle skäras upp

i 6,4 mm breda remsor [Fig. 3]. Då materialet var så tunt krävdes ingen tillförsel av assistgas genom verktyget utan ett "FH Flyer" märkverktyg kunde användas för att skära upp hela arket som mätte 6'11,5" [~15'30 cm].

Utrustningen bestod av en 100 W laser och ett "FH Flyer" märkverktyg försett med en optik med 370 mm brännvidd, allt styrt med mjukvaruprogrammet WinMark Pro. Det hela resulterade i en 540 µm stor fokuspunkt på pappersytan. Den extra stora fokallängden valdes med avseende på att den gav ett märkningsfält som stämde väl överens med pappersytans storlek.

I programmet WinMark skapades

en 280 mm lång vertikal linje i modulen "Line Tool". Denna längd hade specificerats av kunden liksom avståndet 6,4 mm till papprets kant. Lasereffekten sattes till maximala 100 W och processhastigheten var 380 mm/sekund. För att snabbt kunna skapa ett flertal skärlinjer med samma egenskaper, vilka täckte hela pappret, programmerades modulen "Array Columns" till 23 och modulen "Column Spacing" till 6,4 mm. Med dessa parametrar kunde hela det aluminiumoxidbelagda pappret skäras upp i 24 remsor under en cykeltid på cirka 18 sekunder. De tunna remsorna uppvisade en hög snittkantskvalitet med rena, distinkta kanter.

Jetro Pocorni – ny laserlicentiat

Jetro Pocorni avlade licentiatexamen med sin avhandling "Experimental and Theoretical Investigation of the Laser Cutting Process" vid LTU den 11 december 2015.

Avhandlingen handlar om experimentella studier av laserskärningsprocessen med teoretiska och praktiska diskussioner av resultaten och består av tre artiklar som var och en handlar om olika aspekter på laserskärning.

CO₂- och fiberlaser jämförda – resultat i en databas

I avhandlingens första del så jämför Jetro CO₂-och fiberlaser med hjälp av en egen definition av skäreffektivitet, vilken beräknas som den area av skärnittet som skapas per Joule tillförd laserenergi. Här har Jetro undersökt hur olika material,

materialjocklekar, laservåglängd och lasereffekt påverkar effektiviteten i skärprocessen när man skär med en industriell Bystronic laserskärmaskin. Resultaten has samlats och utvärderas från en databas med 103 optimerade prover. Databasen innehåller bl.a. bilder av snittbredder, grader, SEM-bilder och optiska profilmätningar av ytjämnheten i lasersnittet.

Ny experimentell teknik för att filma skärfronten

I den andra artikeln så har skärfronten filmats med höghastighetsvideo för att ge information om smältans flöde i skärfronten. Jetro har här utvecklat en ny teknik som gör det möjligt att filma skärfronten med standard skärparametrar. Resultaten antyder att skärfronten uppvisar vågor, avsatser som är täckta av en tunn smältfilm, när man skär 10 mm rostfritt stål med fiberlaser och nitrogen.



Håltagning studerad

I den tredje delen har Jetro studerat processen när skärprocessen startar, vilket kallas piercing. Två fundamentala aspekter på piercing processen är hur lång tid det tar att komma igenom materialet och hur brett starthålet blir. Om detta inte är bredare än skärspalten så kan materialet börja skäras längs skärlinjen. En höghastighets videokamera har här använts för att studera tiden för piercingprocessen och interaktionen mellan laserstrålen och materialet.

Diskutant vid licentiatseminariet var Dr Ali Kahn, The Welding Institute (TWI Ltd), Cambridge, England.



Jürgen Hover och Ted Coon berättar om Laserhistorik inom Ford-koncernen

Johnny K. Larsson,
Volvo Cars

Laser var länge ett tabubelagt begrepp hos Ford Motor Company [FMC], och detta mycket beroende på de dåliga erfarenheter man fick under 1970-talet. Då satsade koncernen stort med att införskaffa flera högeffektlasrar med avsikten att lasersvetsa golven för en aktuell karossmodell. Dock hade man glömt bort att göra det grundläggande förarbete som alltid krävs då man står inför att anamma ny teknik i volymproduktion. Konsekvenserna av zinkbelagda plåtar och stora toleransvariationer hos ingående artiklar hade missbedömts och därför blev de första lasersvetsade karosserna en ren katastrof [Fig. 1], något som ledde till att tekniken var mer eller mindre bannlyst hos Ford fram till slutet av 1990-talet.

1998 köpte som bekant FMC personbilsdivisionen i Volvo-koncernen, och detta blev något av en "revival" för lasertekniken hos Ford, mycket beroende på de positiva erfarenheter vi på Volvo haft alltsedan den första taklasersvetsningen av 850-modellen 1991. Våra kompetenser blev "guld värda" för våra kollegor i såväl Dearborn, MI som Köln, och jag fick personligen möjlighet att i nära samarbete med många Ford-ingenjörer vara med om att införa lasersvetsade tak på Ford Free-style [projektbeteckning D219, Fig. 2] och Ford Taurus [D258, Fig. 2], samt den i mexikanska Hermosillo producerade Fusion-modellen [CD338]. Även den tidigare versionen av den lätta lastbilen [LWT = Light Weight Truck] F-150 hade ett lasersvetsat tak, men här lät vi den lasersvetsade kälffogen gå över i en överlappsfog då vindrutestolpens täckpanel skulle fogas till den lastbärande stolpen som var en hydroformad, slutna profil som endast tillät enkelsidig åtkomst över fogområdet.

Dessutom bedrevs omfattande studier kring lasersvetsning i aluminium i projektet U263 från vilket vi idag ser resultatet i form av aluminiumhytten till den senaste generationen av F-150-modellen, vilken liksom sin föregångare har ett lasersvetsat tak, men däremot inte lasersvetsade vindrutestolpar som den tidigare modellen med stålkaross hade.

De kollegor som jag under den här tiden hade mest samarbete med var Jürgen Hover vid John Andrews Research Center i Merkenich [Köln] och Ted Coon vid Vehicle Operations i Dearborn, två herrar som jag fortfarande har ett fruktsamt tekniskt utbyte med och där Jürgen just nu arbetar på ett tvåårskontrakt i Dearborn med att harmonisera Ford-koncernens utveckling av sammanfogningstekniker. Så varför inte låta dessa gentleman fortsätta med att ge en status-rapport kring andra laserapplikationer inom Ford-koncernen? "The floor is yours!"

Ford Transit och Ford Turneo Custom är två s.k. van-modeller vilka båda förekommer med två hjulbasalternativ och två olika höjder. I motsats till taklasersvetsningen av tidigare modeller, där takpanelerna var obelagda, är de i dessa fall zinkbelagda med ungefär 100 g/m². Därför har takflänsen överbockats cirka 10° för att säkerställa en tillfredsställande zinkavgasning för denna kantsvetsning [Fig. 3]. Produktionen sker i Turkiet, närmare bestämt hos Ford Otosan i Izmit, Kocaeli, och för nämnda svetsprocess använder vi en 4 kW disk laser [TruDisc 4002] från Trumpf och HighYags laserverktyg PDT.

Fords prestige-modell heter Mondeo och för att skapa en bättre design hade vi valt att laserlöda dess tak till karosidorna i stället för den mer traditionella laser-



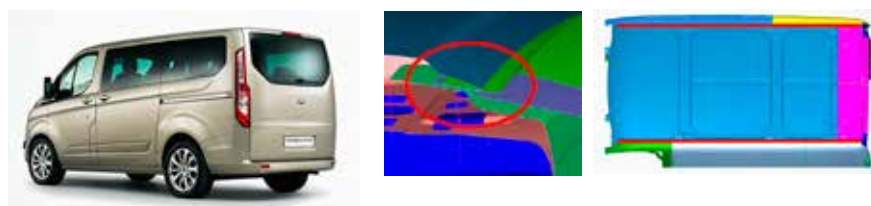
Figur 1. Mycket gick fel då Ford Motor Company försökte införa lasersvetsning i karossproduktionen under tidigt 1970-tal.

svetsningen. Fogen är närmast att likna vid en dubbelflänsad stumfog som det använda CuSi₃-lodet får fylla ut. Produktionen är numera flyttad till Valencia i Spanien då den tidigare produktionsorten, som var Genk i Belgien, vi tvingats lägga ner. Processlösningen var extremt komplicerad då takbågarna ligger lösa under själva laserlödningen, varpå hela karossen roteras 180° så att takbågarna kan bågglödas till sidorna i bästa PB-läge. Därför har vi valt en enklare sammansättning då vi började producera 2014 års modell [projektbeteckning CD391], bl.a. avsedd för den nordamerikanska marknaden, och då under modellnamnet "Fusion", i Hermosillo. I detta fall punktsvetsas takbågarna på plats innan laserlödningen påbörjas [Fig. 4]. Laserkällan är en LDF-4000-400 diodlaser från Laserline, och även här används HighYags PDT-verktyg. Däremot har vi kvar svetsapplikationen för vindrutestolpen, som fortfarande utgörs av en hydroformad, slutna balksektion. Lasersvetsen är applicerad på en överlappsfog och här används en fiberlaser från IPG, nämligen YLS-4000, tillsammans med HighYags RSK-verktyg.

Det hetaste laserämnet inom Ford-koncernen är emellertid för tillfället fjärrlasersvetsning eller Remote Laser Welding [RLW]. Här startade vi under tidigt 2010-tal med omfattande svetsförsök där man studerade inverkan av olika svetsmönster, såsom raka stygn, C-formade och S-formade geometrier med olika total svetslängd, på svetsarnas hållfasthet då dessa applicerades på såväl medelhållfasta HSLA [High Strength Low Alloy]-stål som höghållfasta DP [DualPhase]-kvaliteter och presshärdat Borstål med en 150 g/m²-aluminium/kiselbeläggning. Plåttjocklekarna varierade mellan 1,6 och 2,0 mm. Svetsförsöken utfördes hos Bergmann & Steffen i Spenge och den utrustning som vi då använde var Scanlabs 3D-”scanner, en 4 kW RofinSinar fiberlaser FL040 och en ABB-robot med Blackbirds styrprogram ”RobotSyncUnit”. Eftersom vi på Ford kravsätter bredden på våra överlappssvetsar som min. 90% av den tunnaste plåtens tjocklek, krävs det att laserstrålen pendlas för att innehålla detta krav då plåttjockleken överstiger 1,0 mm. Därför hade man vid svetsförsöken satt pendlingsamplituden till 0,5 mm tvärs svetsriktningen med en frekvens på 80 Hz, och använt sig av upp- respektive nedrampning av den 4 kW maximala lasereffekten under de första och sista fem procenten av svetslängden. Svets hastigheten var i samtliga försök 2,3 m/min och Argon hade använts som skyddsgas. Nio olika svetsgeometrier ingick i studien; 2 raka stygn, 25 respektive 35 mm långa, 2 cirklar med 7,4 respektive 9,5 mm diameter, samt 2 C-formade och 3 S-formade mönster [Fig. 5]. Materialen var HSLA340, zinkbelagt HCT800X, obelagt HCT980X samt AlSi-belagt 22MnB5.



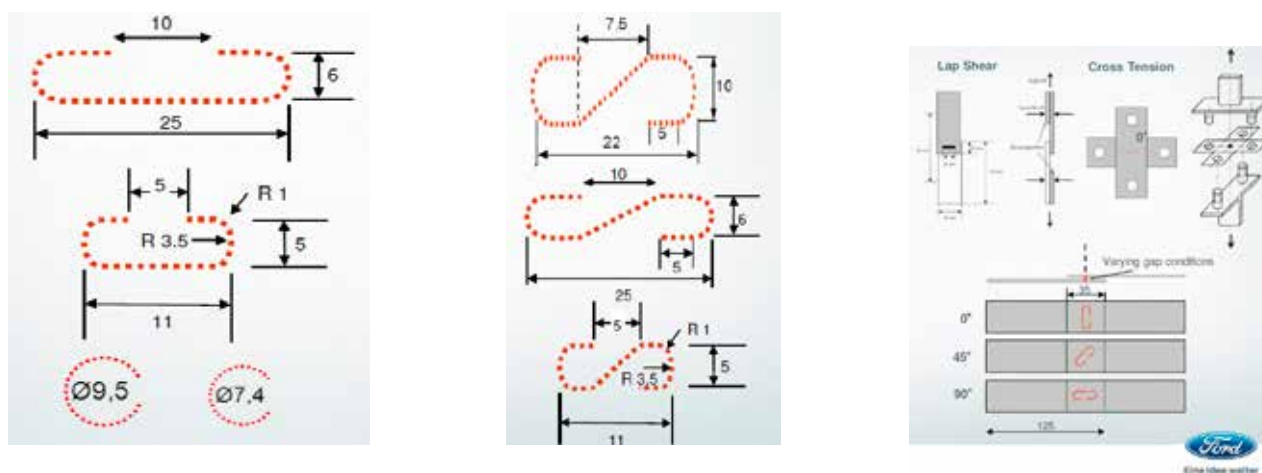
Figur 2. Taklasersvetsning vid prototyp tillverkning av Ford-modellerna Freestyle och Taurus hos KUKA i Sterling Heights våren 2003.



Figur 3. Ford Transit med lasersvetsat tak. Tvärsnittet ovan visar den överbockade takflänsen som säkerställer zinkavgasningen och t.h. en CAD-modell av tak-panelen med lasersvetsarna markerade med rött.



Figur 4. Genom en annan design av takskarven för 2014 års Ford Mondeo-modell har det blivit möjligt att laserlöda taket utan att därefter behöva rotera hela karossen 180°, vilket var fallet med den tidigare generationen (CD345) i Genk-fabrikens ökända ”Elephant Grille” (t.h.).

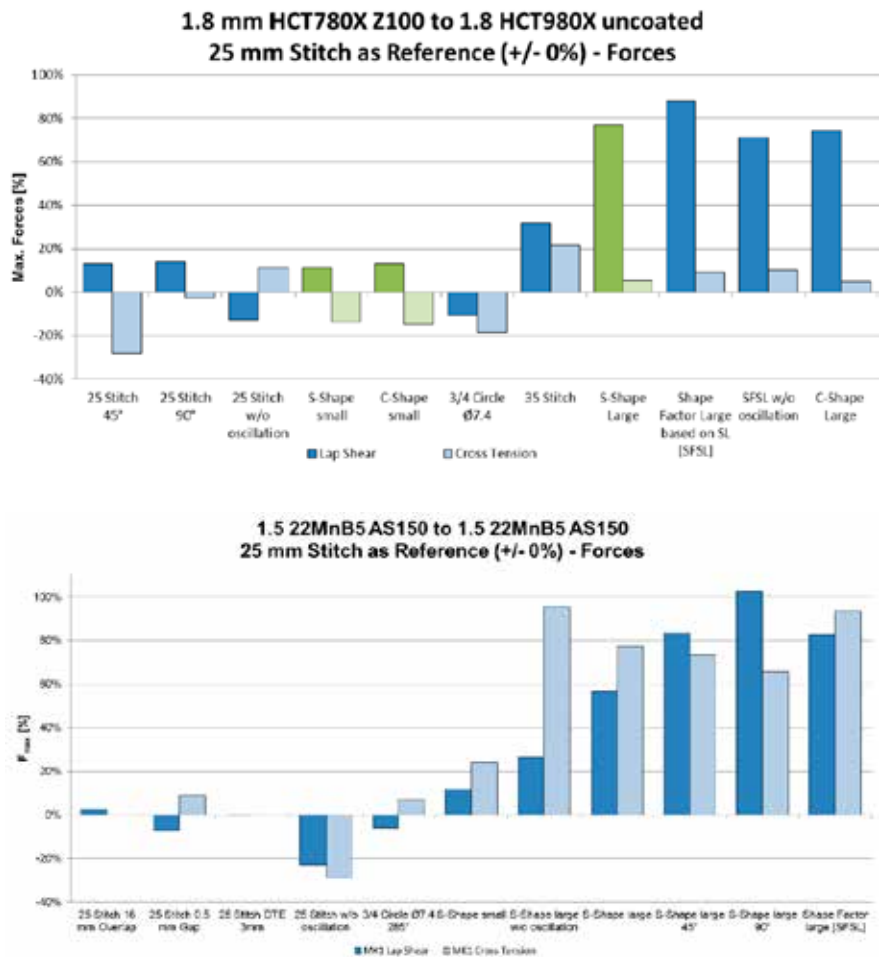


Figur 5. Förutom 25 och 35 mm raka svetsstygn ingick ovanstående 7 varianter i den hållfasthetsprovning av fjärrlasersvetsarna som utfördes enligt lastfallen t.h.

Lärdomarna från dessa försök, som utfördes i samarbete med Benteler Automobiltechnik GmbH, kan sammanfattas så här:

- Svetsarna uppvisade höga brottlaster och ett bra materialutnyttjande då de applicerades i kallformningsstäl
- Däremot försämrades hållfasthet och materialutnyttjande så snart svetsarnas anbringades i kombinationer som innehöll AlSi-belagt Borstål
- Dessa försämringar kan emellertid kompenseras med ett längre svetsstyg eller C- respektive S-format svetsmönster
- Korta svetsar och små svetsmönster är likvärdiga i hållfasthet, medan energiupptagningen är generellt sett låg men något högre för de senare
- Större svetsbredd och längre svetsar leder till högre hållfasthet
- Ett svetsmönster med smalare svetsbredd uppvisar trots detta hög hållfasthet, men en avsevärt lägre energiupptagning vad gäller kallformningsstäl, medan förhållandet är det omvända då svetsarna appliceras i presshärdat material
- Relationen mellan drag- och skjuvhållfasthet varierar mellan 20-50% beroende på materialkombination, där skillnaden är minst för kallformningsstäl
- Med de olika svetsmönstren är det främst skjuvhållfastheten som kan förbättras medan draghållfastheten inte påverkas över en viss materialhållfasthet [Fig. 6]
- Det är framförallt för större C- och S-formade svetsmönster som lastriktningen har betydelse
- Genom att arbeta med mönster, placering samt storlek på lasersvetsarna kan dessa skraddarsys för att uppfylla specifika krav

Drivkraften bakom dessa studier hade att göra med den ovannämnda hydroformade vindrutestolpen/taksvällaren. För att kunna fästa andra karossdetaljer, som takbågar och vindrutebalk, till denna måste den hydroformade komponenten förses med ett antal konsoler vilka initialt punktsvetsades till densamma. P.g.a. den slutna sektionen tvingades vi då ta upp ett antal åtkomsthål för svetselektrodena, något som underminerade bärförmågan hos den slutna sektionen. Därför har vi valt fjärrlasersvetsning istället, inte bara för att öka prestanda hos strukturen, utan också därför att det hydroformade lösningsalternativet erbjuder en viktsbesparing på strax under 5 kg, förkortad cykeltid och en betydligt mer kostnadseffektiv



Figur 6. Skjuv- och draghållfasthet hos olika svetsmönster med "remote"-svetsarna applicerade i kallformningsstäl (överst) och presshärdat Borstäl (ovan).



Figur 7. Fords "flaggskepp" Mondeo-modellen har hydroformade vindrutestolpar/taksvällare till vilka 5 olika konsoler monterats med hjälp av fjärrlasersvetsning.

lösning jämfört med de presshårdade alternativ som många av våra konkurrenter använder. Den hydroformade vindrutestolpen/taksvällaren tillverkas i 2,2 mm tjock HCT980X [= DP1000] och till denna fogas 5 olika konsoler och förstärkningar med RLW [Fig. 7]. Två av förstärkningarna är tillverkade i 1,2 mm tjock HSLA340-material medan resterande görs i HCT800X; en i tjockleken 1,2 mm medan de resterande två är 2,0 mm

tjocka. Komponenterna tillverkas idag hos Benteler Automobiltechnik GmbH, men allteftersom volymerna ökar överväger vi att "ta hem" tillverkningen till oss själva! Totalt talar vi om 8 raka svetsstyg och 22 C-formade svetsar per karosside. Jämfört med gasmetallbågsvetsning, vilket kunde ha varit ett alternativ, ger RLW högre hållfasthet, bättre energiabsorption och framförallt ett stabilare geometriskt utfall med minimala distorsioner.

En hel del arbete har lagts på att skapa konstruktionsriktlinjer för RLW, vilka i mångt och mycket bygger på ovanstående grundläggande provning, men som också innefattar regler för svetsarnas placering i förhållande till klippkanter, radier och fixturspännen, maximalt tillåtna värden för spalter och laserstrålens infallsvinkel i förhållande till plåtytan, samt sist men inte minst regler för reparationssvetsning utförd med gasmetallbågs svetsning. För att öka användningen av fjärrlasersvetsning har vi valt att dela upp kraven på lasersvetsarna i vad vi kallar strukturella respektive semi-strukturella svetsar. De ovan beskrivna svetsarna för Fusion- och Mondeo-modeller klassificeras som strukturella då dess integritet har avgörande betydelse i de lastfall som kan förekomma vid en kollision. Mindre belastade svetsar specificerar vi däremot som semi-strukturella och detta gav oss möjlighet att utvidga

fjärrlasersvetsningen till att användas då karossidan monteras till den inre, bärande strukturen för vår nya version av legendariska Ford Mustang. Karossidan tjänar mer som vad vi i branschen vill kalla ”vind- och regnskydd”, varför hållfasthetskraven på dessa svetsar kan sättas något lägre. Sålunda använder vi nästan 100 stycken raka, C- och G-formade lasersvetsar per karossida för denna sammansättning [Fig. 8], där hela 11 olika materialkombinationer, innefattande presshårdade, DualPhase-, mikrolegerade och mjuka zinkbelagda stål, förekommer.

Slutligen vill vi nämna några ord om vår senaste laserapplikation inom ett område där vi nog får erkänna oss vara en ”slow follower”. Laserlödda delade bakluckor och bakdörrar, s.k. tailgates, har varit något av ”State-of-the-Art” inom branschen i många år, men det var inte förrän en årsmodellsändring inför lanseringen av

2015 års Focus-modell, som vi inom Ford-koncernen anammade en sådan lösning. Införandet av en laserlödd bakdörr har drivits på av utseendemässiga skäl då våra designers ville skapa en ”renare” yta och eliminera det handtag som var inpressat i bakdörrens nedre plåt [Fig. 9]. Nu kan vi glädja oss åt ett succéartat införande i ett flertal fabriker i Tyskland, USA, Argentina, Kina, Thailand och Vietnam. Alla dessa har identiskt utformade produktionsceller där laserkällorna utgörs av 4 kW diodlasrar från Laserline [LDF-4000] och verktygen antingen är Scansonics ALO3 eller HighYags PDT.

Därmed är det bara att tacka för denna heltäckande redogörelse från herrarnas Hover och Coon, och jag kan med glädje konstatera att lasertekniken till slut funnit fotfäste inom ett företag som länge varit skeptiskt till fördelarna med laserbearbetning. ■



Figur 8. Fords senaste applikation för ”Remote Laser Welding” hittar vi på legendariska Mustang-modellen där karossidorna monteras till den bärande strukturen med cirka 100 semi-strukturella lasersvetsar per sida.



Figur 9. Laserlöddning möjliggjorde ett nytt och modernare designspråk då Focus-modellen var föremål för en årsmodellsändring 2015.

Laserbeläggning med pulver

Dr Conny Lampa,
Höganäs AB

DEL 2 Laserbeläggning används både vid nytillverkning, reparation och underhåll av diverse komponenter. Hög prestanda i kombination med hög livslängd på belagda komponenter ger stora tekniska och ekonomiska fördelar jämfört med de flesta andra konkurrerande tekniker.

I en tidigare artikel i Lasernytt (nr 2, 2015) beskrevs tekniken laserbeläggning med pulver med avseende på egenskaper, utrustning och materialval. I slutet av artikeln berördes även ekonomiska aspekter, som här presenteras utförligare.

Utrustning

Vid laserbeläggning används med fördel laserkällor med våglängder omkring 1 mm,

det vill säga fiber-, disk- eller diodlasrar. Erforderlig lasereffekt beror helt på vad som ska beläggas och vilken produktivitet som önskas. Med en lasereffekt på 6 kW täcker man dock in de flesta behov. Strålkvaliteten är inte kritisk vid laserbeläggning. En stråLPARAMETERPRODUKT på 60 mm*mrad är fullt tillräcklig. Vid laserskärning och lasersvetsning behövs däremot en god strålkvalitet och följaktligen ett så lågt värde som möjligt på stråLPARAMETERPRODUKTEN (5-20 mm*mrad). Utöver laserkälla och fiberoptik krävs också ett svetsverktyg. Verktyget består av en optikenhet och ett svetsmunstycke. Optikenheten fokuserar laserstrålen till önskad storlek där fokuspunkten antingen är cirkulär med en diameter på 2-8 mm eller rektangulär, där bredden normalt är 12-36 mm och längden 2-6 mm.

Munstycken som används till de cirkulära laserstrålarna har oftast koaxiell

pulvermatning. Pulvret tillförs antingen via en ringformad öppning runt laserstrålen, **figur 1**, eller via 3-6 utgångar som är jämnt fördelade runt laserstrålen, **figur 2**. Gemensamt för dessa munstycken är att de är riktningsoberoende och har ett högt pulverutnyttjande, oftast över 90%.

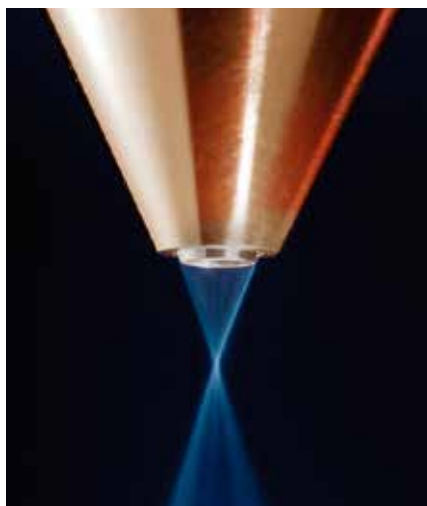
Till de rektangulära laserstrålarna tillförs pulvret både framför och bakom laserstrålen via avlånga öppningar, **figur 3**. Dessa verktyg används oftast i applikationer där man mycket pålagt material krävs, exempelvis vid beläggning av stora ytor utan riktningförändringar. Pulverutnyttjandet är dock oftast något lägre än för de cirkulära munstyckena, cirka 75-80%.

Utöver dessa standardverktyg finns det flera olika typer av verktyg för specifika ändamål, exempelvis invändig beläggning av rör ner till 30 mm innerdiameter.

Övrig utrustning som erfordras är en pulvermatare och någon typ av hantlingsutrustning för optiken och verktyget samt för objektet som ska beläggas. För högserieproduktion byggs troligtvis en station som är anpassad för den produkt som ska beläggas men i många fall är det önskvärt att ha flexibilitet för att kunna belägga flera olika produkter. För maximal flexibilitet används då oftast någon typ av robotsystem.

All denna utrustning behöver också uppfylla gällande säkerhetskrav, främst med tanke på lasersäkerhet och robotsäkerhet, men även med avseende på de tillsatsmaterial som kan komma att användas.

Sammanfattningsvis ligger investeringskostnaden (2016) för en flexibel laserpåsveitsningscell med laser, optik, verktyg, robot, pulvermatare, ventilation och inbyggnad från cirka 5 miljoner kronor.



Figur 1.
Koaxiellt pulvermunstycke med ringformad öppning [Copyright: Fraunhofer ILT].

Kostnadsjämförelse

I Lasernytt nr 2, 2015, presenterades en applikation där en propelleraxel reparerades genom laserbeläggning [1]. Traditionellt så repareras dessa axlar genom att använda GMAW/MIG och tråd. De är då godkända att användas i 6 månader enligt gällande certifiering, och är därför i drift endast i väntan på att en ny axel ska levereras. Efter laserbeläggning godkänner emellertid certifieringsorganen en reparerad axel för permanent användning.

Att laserbelagda axlar rent tekniskt är bättre än konventionellt belagda axlar är därmed klarlagt men hur ser en jämförelse mellan dessa två tekniker ut rent ekonomiskt?

För att uppnå rätt prestanda på ytskiktet får uppblandningen med grundmaterialet vara högst 5 % på den tekniska ytan. Med laserbeläggnings unika egenskaper räcker det att belägga axeln med endast ett skikt på cirka 2,5 mm. Det ger ändå tillräckligt med bearbetningsmån för att slipa ner axeln till toleranskraven och en uppblandning på endast 2 %. Används däremot GMAW/MIG bidrar den höga värmeförbrukningen till att uppblandningen med grundmaterialet är mycket hög,

> 20 %, för första skiktet. Totalt sett innebär det att GMAW/MIG medför en materialåtgång som är mer än 50 % högre än vid laserbeläggning. Tråden är dessutom cirka 33 % dyrare per kilogram än pulvret vilket innebär att kostnaden för tillsatsmaterial i princip kan halveras genom laserbeläggning.

Depositionshastigheten för de två metoderna är jämförbar, ca 5 kilogram per timme, men då man med GMAW/MIG måste lägga på mer material blir svetstiden också längre. Kortare svetstid ger även mindre åtgång av skyddsgas.

Mindre material att bearbeta till slutlig tolerans ger också en kortare maskinbearbetningstid efter svetsning vilket gynnar laserbeläggningsen.

I det här fallet hamnade den totala renoveringskostnaden på 11 049 Euro med laserbeläggning och 19 152 Euro med GMAW/MIG.

Om man dessutom räknar med att den konventionellt reparerade axeln måste bytas ut till en ny för cirka 150 000 Euro redan efter 6 månader då går laserbeläggning med vinst redan efter 2 år, trots den jämförelsevist höga investeringskostnaden. ■

Referenser

- [1] Kampanis N., Hauer I. "Propeller Shaft Repair for a Large Ferry With the Aid of Laser Cladding Technique", ICSOT Conference Proceedings Surabaya Indonesia, Nov. 2010

Höganäs AB

Höganäs-koncernen är världens största tillverkare av metallpulver med en samlad kapacitet på cirka 500 000 ton. Höganäs leder utvecklingen inom metallpulverbranschen genom att utveckla nya pulver och produkter, liksom nya användningsområden, applikationer, för metallpulver.

Höganäs verksamhet i korthet:

- Cirka 1800 anställda, varav 700 i Sverige
- 3 000 kunder i 75 länder
- Erbjuder mer än 1 500 produkter, övervägande kundspecifika
- Internationell koncern med 13 produktionscentra och ett flertal försäljningsbolag runt om i världen
- Cirka 700 godkända patent i olika länder
- Omsättning: 7 100 MSEK (2014)
- Grundades 1797 som ett kolgruveföretag
- Näst efter kommunal verksamhet den största arbetsgivaren i Höganäs kommun med huvudkontor och produktionsanläggningar placerade på orten.

Tabell 1.
Kostnadsjämförelse för laser och GMAW/MIG vid reparation av propelleraxel

Post	Laserbeläggning	GMAW/MIG
Materialkostnad/kg	100 %	+ 33 %
Materialåtgång	100 %	+ 54 %
Svetstid	100 %	+ 54 %
Maskinbearbetningstid	100 %	+ 40 %
Materialkostnad	100 %	+ 105 %
Skyddsgaskostnad	100 %	+ 54 %
Arbetstidskostnad, svets	100 %	+ 54 %
Arbetstidskostnad, efterbearbetning	100 %	+ 40 %
Total kostnad	100 %	+ 73 %



Figur 4.
Propelleraxel, 11,5 meter lång med en vikt på 26 ton.



Figur 2.
Koaxiellt pulvermunstycke med 3 utgångar [Copyright: Fraunhofer ILT].

Figur 3.
Pulvermunstycke för rektangulär laserstråle [Copyright: Fraunhofer IWS].

Två familjeföretag med kraftfull lasersatsning

Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Under studieresan i Aachen-området besökte vi också två familjeföretag, Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH och Steiland Apparatebau GmbH & Co KG, som har satsat stort på laserteknik. Båda har stolta traditioner och drivs vidare i andra och fjärde generationen och båda har sikte på långsiktighet och utveckling. ”Kvartalsökonomi” känns här mycket främmande. Båda tycker det är viktigt att förvalta och utveckla traditionen och att lämna efter sig en stark verksamhet till kommande generationer. Man tror på sin förmåga och med stolthet och ödmjukhet utvecklar man vidare vad den äldre generationen har skapat.

Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH

Här möttes vi av vd Mathias Krieg, som är son till grundaren av företaget. Han har lett verksamheten sedan 1997. Företaget är en renodlad underleverantör med verksamhet inom branscher som maskinbyggnad, livsmedel, telekommunikation, mät- och reglerteknik och medicinteknik. Man avknoppade 1977 tillverkning av elektronik-racks till ett nytt eget bolag, Klaus Krieg Datennetzsysteme.

– Vi är en renodlad underleverantör, säger Mathias Krieg, och tillverkar specialprodukter åt våra kunder. För det behövs specialmaskiner och motiverade medarbetare. Vi har en stor, diversifierad kundbas och det blir allt viktigare för framtiden.

– Vi är ett familjeföretag där alla arbetar sida vid sida med korta beslutsvägar. Det finns ingen abstrakt styrelse utan mina medarbetare ser mig ofta ute i verksamheten. Vi var 30 anställda 1982 och vi utvecklas starkt. Vi satsar på att utbilda våra medarbetare och erbjuder vettiga löner. Detta och att medarbetarna



Bild 1.

Mathias Krieg, vd vid Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH, berättar om produkter som man som underleverantör tillverkar vid företaget. Herr Krieg är son till grundaren och driver företaget vidare som vd sedan 1997.

ser att företaget och dess ledning har ett långsiktigt perspektiv bidrar till att vi kan attrahera och behålla vår arbetskraft. Vi kan bara skapa en framtid gemensamt, säger Mathias Krieg

Idag har företaget ca 300 anställda, varav 255 plåtarbetare som arbetar i 3-skift. 60 % av dessa har dessa har arbetat i företaget under 15–20 år. Man är också en trogen kund till Trumf sedan 39 år tillbaka då man köpte den första maskinen. Nu har man investerat i en ny maskingeneration från Trumf och det arbetet har hjälpt till att öka kompetensen i företaget, berättar Mathias Krieg.

– Eftersom vi arbetar i treskift så är driftsäkerheten mycket viktig och därför det viktigt att ha bra serviceavtal för att hålla maskinparken i högsta trim. Men vi

försöker å andra sidan att göra så mycket av underhållsarbetet själva.

Krig arbetar nära kunderna och många gånger i tätt samarbete. Utvecklingschefen för Boose t.ex. är väl förtrogen med företaget och dess personal och maskinpark. Till Boose har man levererat ca 30 000 displayer under 2013 vilka finns i alla butiker i Europa. Här betonar Mathias Krieg samverkan med andra leverantörer, t.ex. tillverkare av plastdetaljer för att få order och kunna leverera kompletta produkter till sina kunder. Tyska kunder dominerar, men många är stora och säljer sina produkter över hela världen. Man har bl.a. världens största tillverkare av biltestutrustning som kund och de omsätter 1 300 miljoner Euro. Till dem levereras kompletta skåp men utan elektronik.

Långsiktig och noggrann investering i lasersvetsning

Lasersvetsning introducerade man 2011 med att köpa en TruLaser Robot 5020 -system från Trumpf.

– Men redan 2008 insåg jag möjligheterna med lasersvetsning berättar Mathias Krieg, men insåg samtidigt att vi måste skynda långsamt när vi skulle införa en ny och för oss tillverkningsteknik. Så jag satte redan då ihop ett team med alla operatörer, konstruktörer, försäljare som skulle beröras av teknikskiftet. Teamet sattes på skolbänken och fick bl.a. vara med i tre seminarier som hölls av Trumpf och man arbetade också mycket internt med att utreda förutsättningarna för lasersvetsning av företagets typprodukter. Detta arbete tog mer än två år. Så när investeringen gjordes vara ”hela” företaget redo.

Företaget Krieg är i stark utveckling och under året har man nyanställt 26 personer och under perioden 2001-2015 har man fördubblat sin omsättning.

– Det är viktigt att satsa på utbildning av sin personal, men också att se till att personalen passar socialt i företaget, säger Herr Krieg.

Matias Krieg berättar vidare att man är utsatt för hård prispress från sina konkurrenter varför tre-skifts tillverkning är nödvändig. Man har fem operatörer för laser- och stansmaskinerna under förmiddagen, fyra under eftermiddagen och två på natten.



Bild 2. Mathias Krieg berättar och förklarar hur lasersvetsning används på olika produkter man levererar till sina kunder.



Bild 3.

Krieg har investerat i två Trulaser Robot 5020 för lasersvetsning, som delar på en laser. Svetsning sker ofta i små batchstorlekar och små serier. Det krävs bara 20-50 detaljer för att kunna räkna hem lasersvetsningen. Enkel, men smart fixturering är en av nycklarna till att ekonomisk svetsning.

– Lasersvetsning är nödvändig, säger Mathias Krieg, eftersom vi lever i ett högkostnadsland med enorm prispress. Idag är 40 miljoner kronor av vår omsättning baserat på lasersvetsning och den andelen ökar.

– Vår första lasersvetsorder tog vi i konkurrens med en polsk tillverkare som var billigare än oss i inledningsstadiet av orderprocessen. Men efter samarbete med Trumpf och införande av lasersvetsning kunde vi rädda hem ordern.

Helheten attraktiv

För att behålla konkurrenskraften och har gjort stora investeringar de senaste 15 åren. Man arbetar mycket med automatisering av svetsrobotar, laser, bultsvetsning och pulverlackeringen.



– Man måste vara i kontakt med verkligheten för att kunna fatta de rätta investeringsbesluten säger Mathias Krieg.

– Våra förtjänster är att vi kan ta komplexa anbud och blir en partner för hela produkten. Det är helheten som är attraktivt för kunden. Vi har sex konstruktörer som optimerar kundernas ritningar. För varje ny kund så tillsätter vi en konstruktör som är ansvarig för kunden hela tiden som den är kund hos företaget. Dessutom finns en konstruktör som sitter i skrivbordet bredvid som ”back-up”. Men det krävs att vi engagerar oss i all processer så att de är ”up-to-date”.

Maskinparken består av tre Trumatic 6000, en Trumatic 7000, en L3030 och en TruLaser 5030 med LiftMaster utrustad med 5 kW disk-laser, samt ett antal andra



Bild 4.

Delar av maskinparken hos Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH. T.v. i förgrunden en Trumatic 7000 och i bakgrunden två Trumatic 6000.



Bild 5.

Mathias Krieg berättar om en produkt till livsmedelsindustrin som lasersvetsas. Den sätts samman av 12 olika detaljer och svetsas med cykeltiden 45 min.



plåtbearbetningsmaskiner som kantpressar mm. Lasersvetsning ser i två TruRobot 5020 som delar på en laser.

– En lasersvets från en lasersvetsrobot ska inte behöva bearbetas, säger Mathias Krieg, för då tappar man ekonomi. Just nu håller vi på att införa en ny detalj för lasersvetsning. Det är en gammal konstauktion som vi nu konstruerar om för att optimera lasersvetsningen.

Besöket hos Krieg Elektronik-Gehäusebau GmbH blev ett utomordentligt exempel på modern tysk företagsamhet. Med stolthet och tradition i grunden utvecklar den andra generationen verksamheten med ett långsiktigt perspektiv och stor förståelse för de förändrade krav som ställs från marknaden. Ny teknik som lasersvetsning introduceras klokt och smart för att behålla konkurrenskraft och tillfredsställa kundernas allt högre krav på tillverkningsekonomi, flexibilitet och kvalitet.

Steland Apparatebau GmbH & Co KG

Steland Apparatebau GmbH & Co KG finns sedan två år i helt nybyggda lokaler i Rommerskirchen ca 50 km från Köln. Dit flyttade man sedan man sålt den gamla fabriken och tillhörande mark i Köln där man hade verkat sedan företaget grundades 1924 av Theodore Steland.

Steland drivs i dag av bröderna Jörg och Ralf Steland, den 4:e generationen Steland.

– Den 5:e generationen är på gång, säger Jörg Steland, så familjeföretaget kommer troligen att leva vidare med en Steland vid rodet.

Idag är verksamheten koncentrerad till tillverkning av utrustningar som påfyllningsstationer för bensinstationer där man är marknadsledande i Tyskland och Österrike, samt olika plåtkonstruktioner. Man tillverkar också utrustning för "Add Blue", dvs. lösningar med urea som man har i en liten tank på vissa dieselmotorer och som med jämna mellanrum sprutas in i katalysatorn för att rengöra den.

– Idag är vi 46 anställda och har också 10 extra som inhyrd personal, berättar Jörg, och vi omsätter 60-70 miljoner kronor per år.

Fabriken är som sagt helt ny och man har investerat i en Trumpf TruLaser 5030 med Liftmaster och en 6 kW CO₂-laser, samt en TruLaser 3030 med Loadmaster. Maskinerna är anslutna till det nya höglaget med 265 platser som inköptes 2013 och som är placerat centralt i verkstaden. Man har också en Amada Astro 100 kantpress som är utrustad med en robotbetjäнад plasmavets. Man har också flera



Bild 6. Bröderna Ralf (t.v.) och Jörg Steland driver nu som 4:e generationen familjeföretaget Steland.



Bild 7. Jörg Steland berättar om verksamheten ute i den nya verkstaden. Ett av produktområdena är utrustningar till bensinstationer som påfyllningsstationer (t.v.)

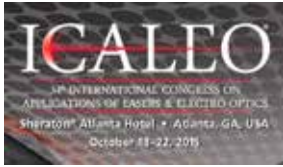


Bild 8. Hos Steland är man mycket stolt över sin historia och visar i den nya kontorsfoajen bilder på hur det såg ut förr i verkstaden. Företaget grundades 1924 i Köln och tillverkade då oljepumpar. På bilden t.v. finns bröderna Jörg och Ralfs farfars far och fabriken vid krigsslutet (t.h.).

andra maskiner bl.a. en lasermärkare från Östlings och en stor automatisk pulverlackeringsanläggning.

Jörg Steland berättar också att han och brodern har vistats mycket i Lapplandsfjällen när de var unga så de känner både Sarek och Padjelanta nationalparker väl.

Besöket hos Steland visar exempel på hur den tyska småföretagarindustrin utvecklas och drivs vidare generation efter generation. Den anrika verksamheten hos Steland har nu gått in i en stor framtidsatsning där laser har huvudrollen för produktivitet och flexibilitet. ■



DEL 1

Rapport från 34rd
ICALEO
18-22 oktober 2015
Atlanta, GA, USA

Det var dags för ”damernas” under ICALEO:s plenarsession

Johnny K Larsson
Volvo Cars

För 34:e gången arrangerades den traditionella ICALEO [International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics]-konferensen under tiden 18-22 oktober i fjol. Denna gång hade LIA [Laser Institute of America] valt att förlägga evenemanget till soliga Atlanta i delstaten Georgia där temperaturen kom att ligga på cirka 25 plusgrader under samtliga konferensdagar. ICALEO har ett tämligen statistiskt upplägg med ett välkomstparty kvällen innan konferensen startar, följt av ”President’s Reception” på måndagskvällen, den populära ”table-top”-utställningen under tisdagskvällen och den traditionella ”Awards Luncheon” på onsdagen. Det blir mycket ”snacks” och dryck under dessa sociala umgängesformer där man får möjlighet att ”mingla” med gamla laserbekanta men också träffa nya, unga och idérika laserforskare från hela världen.

Vid öppningen av konferensen hälsade LIA:s verkställande direktör Peter Baker oss alla välkomna, men riktade sig särskilt mot de ungdomar som deltog vid ICALEO för första gången. Dessa utgjorde en avsevärd andel av de drygt 400 delegaterna, och Peter hoppades naturligtvis att få återse många av dem vid detta års event, som liksom 2014 kommer att förläggas

till San Diego i Kalifornien. Därefter lämnade han över ordet till avgående LIA-presidenten Robert ”Bob” Thomas [US Air Force Research Lab, **Fig. 1**] som höll det mer officiella välkomsttalet där han särskilt framhöll nyheten för året med s.k. peer reviewed papers, vilka uppgick till hela 60 stycken och var särskilt markerade i det tekniska programmet. Detta kommer naturligtvis att bidra till en ökad status för ICALEO-konferenserna. Vidare uppehöll han sig kring temat att 2015 av UNESCO [the United Nations Education, Scientific and Cultural Organization] utsetts till ”Year of the Light”, varpå det var dags för den traditionella avtackningen av sponsorerna för årets ICALEO-upplaga. Dessa utgjordes av följande företag och institut: IPG, SPI, Trumpf, Laserlight, Light Convergence, Lumentum, ILL samt Innovative Optics. Slutligen presenterade han ordförandena för de olika delkonferenserna, vilka var Silke Pflüger [DirectPhotonics Inc., **Fig. 1**] som var årets huvudordförande, men som till sin hjälp hade Christoph Leyens [Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), **Fig. 1**] som basade över den för LaserNytts läsare mest intressanta delen nämligen ”Laser Materials Processing” [LMP]. Michelle Stock

[mlstock consulting, **Fig. 1**], som ni läsare lärt känna för hennes Mi-Light-initiativ [se LaserNytt 1-2014], höll i ”Laser Micro Processing” [LMF], medan det var Yongfeng Lu [University of Nebraska-Lincoln] som höll i taktpinnen för ”Nano Manufacturing”. För det relativa nyttillskottet ”Business Forum” ansvarade sympatiska Klaus Löffler [Trumpf Laser and Systems GmbH, **Fig. 1**] tillsammans med Bo Gu [BOS Photonics, **Fig. 1**].

Efter dessa preludier var det dags för Dr. Thomas att lämna över ordet till Silke Pflüger, och det blev därpå dags för vad jag indikerade i rubriken, nämligen att damerna tog över årets plenarsession. Detta var första gången en kvinna utsetts som huvudordförande för ICALEO-konferensen, och Dr. Pflüger inledde med att konstatera att kvinnliga ingenjörer är i klar minoritet i såväl USA som Europa, men att hon kunde peka på ett glädjande undantag i form av Kina. För att råda bot på denna situation har kvinnliga tekniker skapat nätverket STEM, vilket skall uttolkas som ”Science, Technology, Engineering och Mathematics”. Dr. Pflüger hade gjort en annan iakttagelse angående denna snedfördelning av genustillhörighet inom olika teknikområden, då hon konstaterade



Figur 1.

T.v. avtackar Peter Baker LIA:s avgående president Bob Thomas, och därefter presenterar årets ICALEO-ordförande Silke Pflüger några av sina medhjälpare (fr.v.) Christoph Leyens, Michelle Stock, Bo Gu samt Klaus Löffler.

att av de totalt 588 teknikrelaterade Nobelpris som utdelats endast 17(!) stycken tillfallit kvinnor. För övrigt behöver vi ju bara gå till vår egen "Lasergruppen" där mansdominansen nästan är total. Efter dessa ur feministisk synpunkt föga uppmantrande fakta var det dags att introducera årets huvudtalare under plenarsessionen. Eftersom LIA detta år försökt att få in mer laserbaserad medicinteknisk forskning i ICALEO-programmet hade valet fallit på Dr. Ellen Townes-Anderson [Rutgers University – New Jersey Medical School, Newark, NJ, **Fig. 2**], som är dotter till laserns "uppfinnare" Dr. Charles Townes vilken gick bort i januari 2015, 99 år gammal, och som då hyllades med bl.a. en artikel här i LaserNytt. Eftersom Dr. Townes syster dessutom äktade en annan laserpionjär, nämligen Dr. Arthur L Schawlow, kan man verkligen påstå att Dr. Townes-Anderson har fått ett gediget "laserpåbrå".

Hennes nuvarande forskning handlar om att med hjälp av laserstrålar flytta

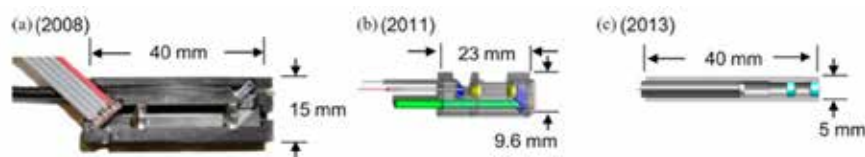
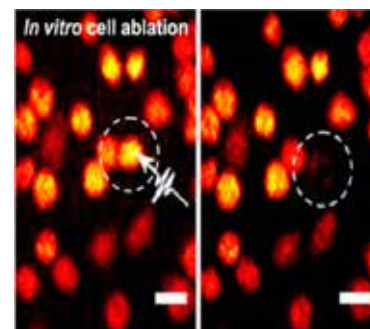
friska nervceller till skadade områden i t.ex. hjärna, ryggrad eller öga så att dessa kan koppla till andra friska celler i det skadade området och på så sätt återupprätta kommunikationen i nervbanorna. Hon redogjorde speciellt för hur friska stav- och tappceller på näthinnan skulle kunna överta platsen från en skadad cell, genom att använda en form av optiska fällor eller "optical tweezers" [**Fig. 3**] vilka upptäcktes av Dr. Arthur Aschkin. I försöken hade cellerna placerats på en glasskiva som belagts med p-HEMA [poly-2-hydroxyethylmethacrylate] vilket gör att cellerna inte kan fastna på substratet. Därefter hade multipolära celler flyttats med hjälp av en 1 W cw [continuous wave] diodlaser och det gick att konstatera att dessa celler föredrog att koppla till stavcellerna medan de stöttes bort av tappcellerna. Förflyttningshastigheten uppgick till 8-10 µm/sek över en sträcka på maximala 2 mm. Andra forskningsupptäckter var att man kunde placera celler på s.k. MEAs [Multiple Electrode Arrays] och genom elektricitet

få cellen att avge Kalcium, samt att då en He-Ar- eller Neonlaser användes blev det genom s.k. konfokal "scanning" möjligt att titta inuti en cell. Eftersom mycket av Dr. Townes-Anderssons forskning är åldersrelaterad avslutade hon sitt uppskattade föredrag med ett tänkvärdt citat från Mark Twain "Age is an issue of mind over matter – if you don't mind it doesn't matter"!

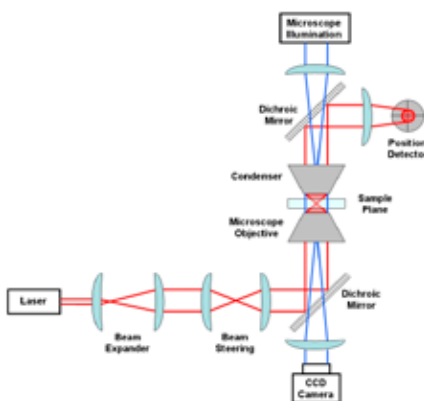
Att avlägsna oönskad, skadad cellvävnad samtidigt som man bibehåller så mycket som möjligt av den omgivande, friska vävnaden är målsättningen för alla kirurgiska ingrepp. Nu fick vi höra en synnerligen intressant föreläsning om en femtosekund laserskalpell, populärt kallad fs-LASIK. Presentationen gavs av Dr. Adela Ben-Yakar från University of Texas i Austin, som berättade att det som hittills varit begränsande för denna form av medicinsk laserbehandling är att det inte funnits fiberoptik i µ-storlek som klarat de höga pulseffekter som genereras vid ultrakorta laserpulser. Nu har man emellertid utvecklat optiska fibrer med en



Figur 2. Dr. Ellen Townes-Anderson, dotter till 1964 års nobelpristagare i fysik och en av laserns "uppfinnare" Charles H Townes, höll ett intressant "keynote"-tal under ICALEO-konferensens plenarsession. Där beskrev hon hur man med hjälp av en laserstråle försöker flytta friska nervceller till skadade områden i t.ex. ögonen.



Figur 4. Dr. Adela Ben-Yakar beskrev hur man med 140 fs-långa laserpulser kan selektivt förångna cancer-celler (t.h.). Därunder kan man se hur utvecklingen går mot allt mindre och mindre endoskop för dessa operationer, där det minsta (5´40 mm) är tillverkat genom 3D-printning med laser.



Figur 3. Dr. Ellen Townes-Anderson framför sin optiska "laserfälla", vars princip ses t.v. och med vilken hon kan fånga friska celler för att sedan flytta dessa till områden i kroppen där cellvävnaden är skadad.

luftkärna som transmitterar laserstrålen till ett MEMS [MicroElectroMechanical System]-baserat endoskop. Några olika varianter på sådana endoskop hade byggts med hjälp av 3D-printning med en noggrannhet < 25 µm, vilka hade en storlek på blott 5×40 mm för att göra det möjligt att avlägsna sjuk cellvävnad inuti kroppen [Fig. 4]. En av endoskopsvarianterna var försedd med en piezo-elektrisk mikromotor vilken möjliggjorde ”scanning” av den 6 µm(!) stora laserstrålen som fokuserades till en brännfläck med 2,8 µm diameter. Med detta verktyg var det möjligt att förånga vävnad inom ett område på 100×100 µm på 50 ms, eller 3×10 mm på mellan 1-2 minuter, och användningsområdet var företrädesvis stämbandsoperation där den skadade vävnaden avlägsnades 80 µm under ytan varpå en biobaserad gel injicerades. Annars är ett självklart användningsområde för denna laserteknik att avlägsna cancerceller, där man använder en laser för detektering och bildanalys av det skadade området, och en andra laser för själva µ-kirurgin. I de redovisade resultaten hade en fiberlaser från Raydiance med 2 MHz frekvens använts med 753 nm våglängd och 120-150 fs-långa pulser för detekteringen, och våglängden 780 nm med pulslängder mellan 140 fs och 3,2 ps för själva avverkningen av i detta fall en bröstcancercell. Den enstaka laserpulsen har ett energiinnehåll kring 280 nJ vilket innebär en energitäthet på hela 14 TW/cm²!

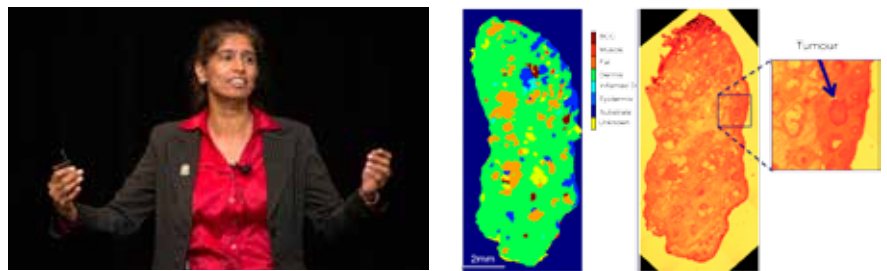
Sist ut i denna kvinnodominerade plenarsession var Dr. Anita Mahadevan-Jansen från Vanderbilt University i Nashville, TN. Hon berättade om några olika optiska diagnosticeringsmetoder där man med fördel kunde använda sig av laserteknik. En handlade om hur man med fluorescerande laserljus i NIR [Near InfraRed] -området kunde upptäcka cellförändringar i sköldkörteln, där ljusintensiteten från sjuka körtelceller kan vara upp till 11 gånger starkare jämfört med friska. För ändamålet använder man lämpligtvis en diodlaser med 785 nm våglängd med en medeleffekt på 2 mW. Andra användningsområden var detektering av spridningsgränser av bröstcancer med hjälp av rumslig Raman-spektroskopi [Fig. 5], samt biokemisk karaktärisering av livmoderhalsen hos gravida kvinnor för att därigenom kunna förstå orsakerna till för tidig födsel. Som avslutning visade Dr. Mahadevan-Jansen en video från ett experiment med råttor där man med infraröd stimulans av nervbanor kunde aktivera individuella muskler, i detta fall rättans ena ben. Detta skiljer sig från elektrisk

stimulans där endast hela muskelgrupper kan stimuleras. Tekniken har kommersialiserats via företaget Acu-Light som marknadsför en klinisk Ho:YAG-laser med 2,12 nm våglängd avsedd för individuell muskelstimulering. Men metoden skulle även kunna användas reversibelt och då med avsikten att avaktivera vissa nerver hos hyperaktiva barn.

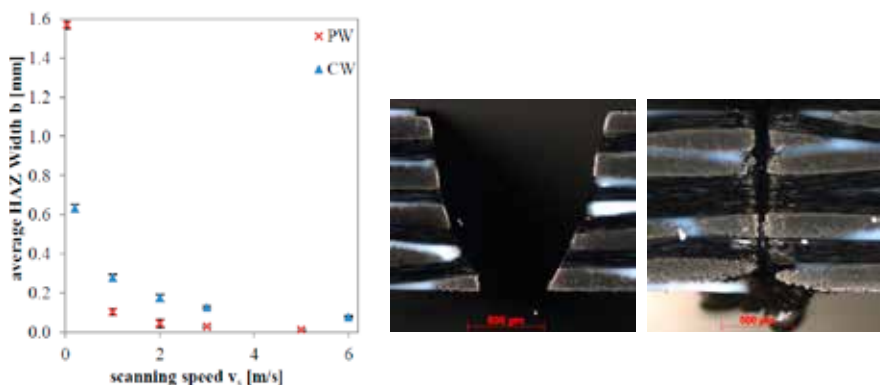
Efter dessa, för oss materialbearbetande laserintressenter, något udda användningsområden var det dags att ge sig i kast med de lite mer tekniskt jordnära sessionerna. Årets ICALEO-konferens bjöd väl inte på några fantastiska nyheter, men några innovativa lösningar vill jag dock nämna.

Låt mig börja med en presentation som handlade om laserskärning av kolfiberförstärkta polymerer [CFRP = Carbon Fibre Reinforced Plastics], vilken framfördes av Oliver Suttman från LZH [LaserZentrum Hannover]. Problemen vid skärning av dessa typer av material är att fibrerna har hög värmeledningsförmåga och hög förångningstemperatur medan egenska-

perna är de omvända för den omgivande polymermatrisen. Denna kan vara baserad på PPS [Poly-Phenylene Sulfide] eller PE [PolyEthylene] beroende på om den huvudsakliga användningen är tänkt att vara inom rymd- respektive bilindustrin. För att minimera värmepåverkan av skärkanten hade man använt sig av flera repetitioner, s.k. multi-pass, vid skärningen och med en viss paustid mellan dessa. För att, trots detta angreppssätt, upprätthålla en rimlig produktivitet hade lasereffekten satts till 1,5 kW och två olika laserkällor hade utvärderats; en single mode [SM]-laser från Rofin Sinar vilken opererades med cw-stråle, och en Q-”switchad” multi mode disk laser från Trumpf. Den förstnämnda arbetar med en något längre våglängd, 1.070 nm mot 1.030 nm för disk lasern, och där laserstrålen distribuerades via en blott 20 µm grov optisk fiber vilket resulterade i en fokalpunktsdiameter < 30 µm. För den pulsade disk lasern användes en 600 µm distributionsfiber med en avsevärt större fokalpunkt med 1.200 µm



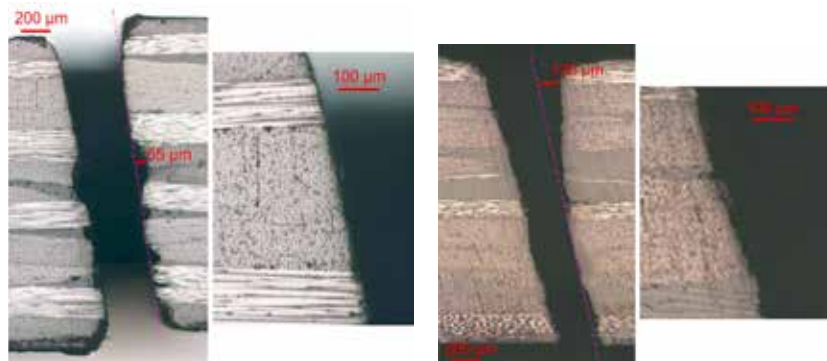
Figur 5. Under sin föreläsning berättade Dr. Anita Mahadevan-Jansen bl.a. om hur man i tidigt skede kan detektera cancerceller (BCC = Basal Cell Carcinoma) med laserspektroskopi.



Figur 6. Bästa snittkvalitet vid laserskärning av CF-PPS får man vid hög ”scanning”-hastighet i kombination med pulsning samt ”multi-pass”-teknik. Detta visualiseras av de två tvärsnitten vid en ”scanning”-hastighet på 3 m/min; pulsning t.v. och cw t.h.

diameter. Pulsfrekvensen var satt till 18,8 kHz och de 30 ns långa pulserna hade ett energiinnehåll på 80 mJ. I båda fallen hade Trumpfs PFO [Programmable Focus Optics]-”scanner”, med ett arbetsfält på 85×85 mm, använts för att manipulera laserstrålen. Om ”scanning”-hastigheten ökades minskades skärkantens HAZ [Heat Affected Zone, **Fig. 6**], och samma effekt hade paustiden mellan repetitionerna. Denna behövde vara fyra gånger så lång vid kontinuerlig bearbetning jämfört med pulsad dito om man ville erhålla samma minimala värmepåverkan. Å andra sidan var skärhastigheten i 1,2 mm tjockt material betydligt högre vid cw-bearbetning, 0,33 m/sek mot 0,031 m/sek vid pulsning. Sammantaget innebar detta att den totala cykeltiden för att uppnå en minimalt värmepåverkad skärkant blev ungefär lika för de båda bearbetningssätten. Rekommendationen blev dock att använda pulsad laserskäring för att erhålla bästa kvalitet på snittkanten, men om man eftersträvar en smal skärspalt var cw-bearbetning den bästa metoden och gav en så pass fin spalt som 0,05 mm.

En snarlik studie hade gjorts av Rudolf Weber från IFSW [Institut für Strahlwerkzeuge] vid Universität Stuttgart. Polymert material hade skurits med ”multi-pass”-teknik kombinerad med pulsning kring en medeleffekt på 1 kW, och där kraven på konturnoggrannhet var <100 μm , och för den värmepåverkade zonen bredd <50 μm . Tre faktorer påverkar den senare, nämligen den värme som genereras av en laserpuls, värmeackumuleringen mellan pulserna samt värmeackumuleringen mellan två ”scanner”-repetitioner. Hög skärhastighet kombinerad med liten fokalpunkt och därmed hög energitäthet blir därför gynnsamt då det gäller att minimera värme och därmed skador på skarkanten. Med 100 μm fokalpunkt och 300 kHz frekvens låg skärhastigheten på 30 m/sek, men om fokalpunktsdiametern minskades till 25 μm samtidigt som pulsfrekvensen ökades till omkring 20 MHz kunde man skära med svindlande 500 m/sek! Dock kräver den senare parameteruppstallningen åtskilligt fler repetitioner för att penetrera substratet, men å andra sidan erhåller man en betydligt smalare HAZ. En intressant jämförelse hade gjorts mellan två ultrakortpuls [UKP]-lasrar; en 1 μm ps Yb:YAG disklasar och en 10 μm ns CO₂-laser, där laserstrålen från den förstnämnda kunde fokuseras till en energitäthet på 7×10^{12} W/cm² medan motsvarande värde för gaslasern låg på 6×10^8 W/cm². Därmed kunde disklasern skära dubbelt så snabbt, 30 m/sek mot 15 m/sek,

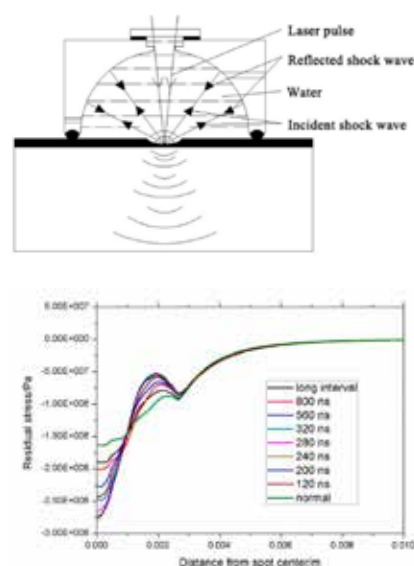


Figur 7. Exemplariska skarsnitt i en 2 mm tjock fiberförstärkt polymer där snittet t.v. utförts med en 1 μm disklasar och det t.h. med en CO₂-laser. Båda ar av UKP-typ, men då disklasern presenterar en mindre fokalpunkt och därmed högre energitäthet kunde denna skära med 30 m/sek, vilket gav en 20 μm bred HAZ medan motsvarande varden för gaslasern låg på 15 m/sek och 30 μm .

vilket gav en <20 μm bred värmepåverkan på skarkanten, medan motsvarande värde för CO₂-lasern hamnade på <30 μm [**Fig 7**]. Slutligen kunde Dr. Weber konstatera att skarkanten alltid fick en viss lutningsvinkel vilket är ett resultat av att laserstrålen manipulerades via ett ”scanner”-verktyg, och han ställde sig frågande till hur man skulle kunna lösa denna effekt.

Laserblastring eller -pening [LSP= Laser Shock Peening] brukar vi inte höra talas om alltför mycket, men vid en session som handlade om ytmodifiering fanns faktiskt två föredrag som handlade om denna laserprocess. Den första hölls av kinesen Wenwu Zhang från Cnitech [Ningbo Institute of Industrial Technology]. Genom att med laserpulser introducera tryckspänningar i en komponent blir det möjligt att öka livslängden med en faktor mellan 5 och 7, och därför används metoden för att forbatta prestanda i utmattningsspakanda komponenter som exempelvis turbinbladen i attackflygplans jetmotorer, [**Fig 8**]. Dessutom kan man med denna kontaktlösa metod påverka materialet på ett större djup jämfört med vad som är möjligt med mekanisk pening, samt att även komplexa geometrier kan bearbetas med minimal deformation. Nackdelen är att det krävs någon form av flexibelt kontaktmedia mot det substrat som skall blastras, varför man vanligtvis använder vatten. Dock behöver detta skikt ha en konsistent tjocklek kring 1 mm, något som blir svårt att innehålla speciellt om stora ytor skall behandlas. Därför har man vid Cnitech utvecklat ett verktyg där laserstrålen får passera genom en liten vattenbehållare som är utformad på ett sådant sätt att den genererade chockvågen reflekteras genom den vattenfyllda kaviteten och därmed får ett repeterbart avklingande, något som Dr. Zhang menade var en av två viktiga parametrar. Den andra var

paustiden mellan pulserna vilken tycks ha ett optimum kring 320 ms. Han redogjorde där på för några försök där man använt ovannämnda verktyg och då ”blastrat” med en 2 mm stor fokalpunkt och 160 ns långa laserpulser. Nu var avsikten att kommersialisera produkten, och mer information finns att hitta på www.iilasers.com.



Figur 8. Överst. en principskiss över det vid Cnitech utvecklade verktyget för laserpening, och nederst. en simuleringssgraf av inbyggda tryckspänningar över ytan vid olika långa pulslängder.

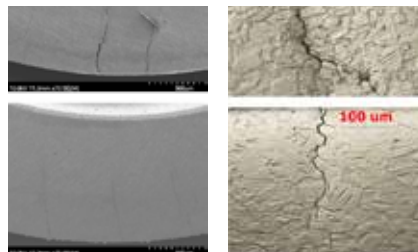
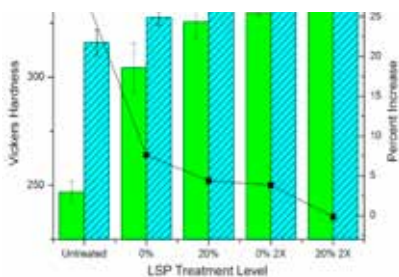
Det andra föredraget i detta ämne hölls av Grant Brandal från Columbia University i New York. Här syftade laserpeningen, vilken hade utförts med motsvarande en tøjningshastighet av 10^6 s⁻¹, främst till att minimera riskerna för spänningskorrosion [SCC = Stress Corrosion Cracking]. Vad som sker vid spänningskorrosion är att de dislokationer som finns i materialets gitterstruktur fungerar som hydrogendifällor och töjer ut gittret vilket visar sig i form av en högre hårdhet hos materialet. I försöken hade en Nd:YAG-laser används ur vilken man skapade 17 ns långa pulser med ett energiinnehåll på hela 250 mJ vid 20 Hz frekvens. Provtavlar av såväl rostfritt som höghållfast kolstål och mässing hade "blästrats", och därpå utsatts för katodisk laddning nersänkta i 1 M [mol] svavelsyra för att accelerera upptagningen av Hydrogen. Resultaten visade att de obehandlade proven hade fått en hårdhetsökning på 28% medan de laserbehandlades hårdhetsökning varierade mellan 0 och 8% vilket indikerar att laserpeningen hindrar vattenmolekylerna att tränga in i materia-

let [Fig. 9]. Professor Brandal redogjorde därpå för U-böjprov som hade utförts på rostfritt material och sedan sänkts ner i antingen NaCl- eller MgCl-lösning varpå sprickinitiering och -tillväxt analyserades. De obehandlade proven sprack efter 97 minuter medan de laserblästrade "höll ut" i 160 minuter. Detta gick att härleda till själva sprickbetendet där, i det obehandlade alternativet, sprickan delvis gick genom kornen, men för de laserblästrade provstavarorna följde sprickan korngränserna [Fig. 9]. För att fastlägga att man inte hade "överprocessat" materialen med LSP-processen, vilket kan leda till urkorrosionssynpunkt ogynnsamma effekter som kornförfining och martensitbildning, hade man klassificerat restspänningsnivåer och martensitförekomst med hjälp av diffraktiv röntgen.

Nya idéer kring lasersvetsning inom bilindustrin

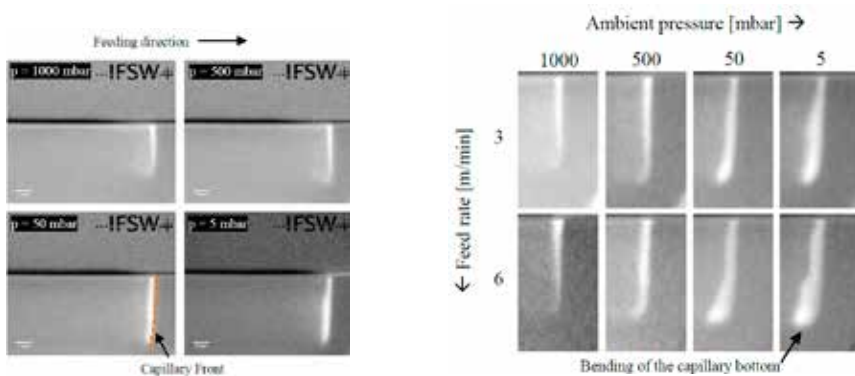
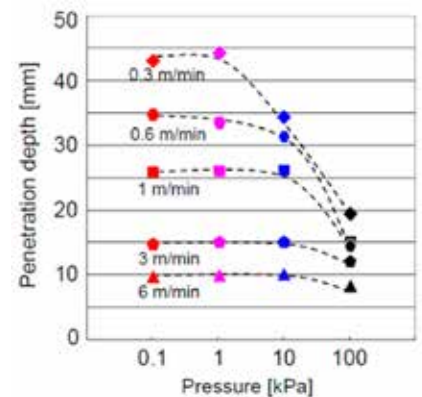
För oss som arbetar inom bilindustrin bjuder ICALEO-konferenserna sällan på några för oss direkt tillämpbara forsk-

ningsrön, men denna gång fick vi lyssna på föredrag av representanter från såväl Daimler som BMW [Bayerischer MotorenWerk]. Under den allra första tekniska sessionen, vilken hade titeln "New Horizons in Laser Materials Processing" och som leddes under överinseende av Dr. Christoph Leyens från Fraunhofer IWS, fick vi möjligheten att lyssna till Dr. Thomas Engelhardt från Daimler då denne berättade om lasersvetsning av drivlinedetaljer under reducerat atmosfärtryck. Liknande föredrag har vi ju fått oss till livs tidigare, men här presenterades metoden som ett verkligt alternativ till elektronstrålsvetsning av dylika komponenter. Vid svetsning av kuggjul till dubbelkopplingen i Mercedes nya växellåda såg man redan vid svetsning < 100 mbar positiva effekter i form av ökat penetrationsdjup och ingen förekomst av svetsrut. Initiala svetsförsök hade utförts i en vakuumkammare som Bead-on-Plate på 5 mm tjockt aluminium [AlMg3] och rostfritt [16MnCr5] material. Som laserkälla använde man en 5 kW Yb:YAG TruDisc



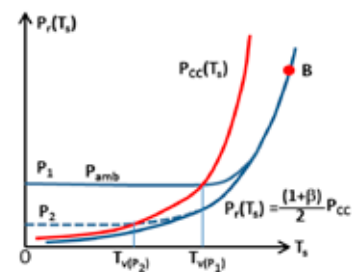
Figur 9.

Genom laserpening av rostfritt material kan hydrogenupptag och därmed ökad hårdhet avsevärt reduceras. Detta visar sig även vid U-böjprov där sprickinitiering skedde senare för de laserbehandlade och där sprickorna propagerade via korngränserna (underst t.h.) och inte delvis genom kornen (ovan t.h.)



Figur 10.

T.v. ser man lufttryckets inverkan på penetrationsdjupet vid lasersvetsning av rostfritt 16MnCr5-material; 2 kW effekt och 1,5 m/min i svets hastighet. Ökande hastighet t.h. resulterar i ett mer lutande nyckelhål och böjning av kapillärens botten vilket skall ses som början till perforering.



Figur 11.

Överst ser man att det vid ett lufttryck kring 1 kPa uppstår en form av måttnad vad gäller penetrationsdjup. Den förklaringsmodell som professor Fabbro använde sig av ses (närmast) där mottrycket i nyckelhålet (P_r) är angivet som funktion av ytttemperaturen (T_s) för två olika lufttryck (P_1 och P_2)

från Trumpf med 1.030 nm våglängd och svetsningen skedde med 2 kW och en hastighet på 1,5 m/min. Fokalkpunkten var satt till 300 μm diameter och svetsningen hade skett under fyra olika atmosfärtryck; 1.000, 500, 50 och 5 mbar [Fig. 10]. Samtidigt hade man filmat svetsförloppet med hjälp av en röntgenkamera och där kunde man se att fr.o.m. 50 bar började nyckelhålets kapillär att böja sig bakåt i förhållande till framföringsriktningen. Vid 5 mbar började en utbuktning av kapillären att ske vid nyckelhålets botten, men i fallet med aluminiumsvetsningen ledde detta aldrig till bildning av bubblor vilka senare skulle ha kunnat resultera i porer. Högre svetshastigheter som 3 respektive 6 m/min ledde som väntat till en större lutning av nyckelhålet [Fig. 10], och vid försök utförda med en mindre fokalkpunkt på 150 μm gick effekten av ökat penetrationsdjup vid minskat atmosfärtryck förlorad.

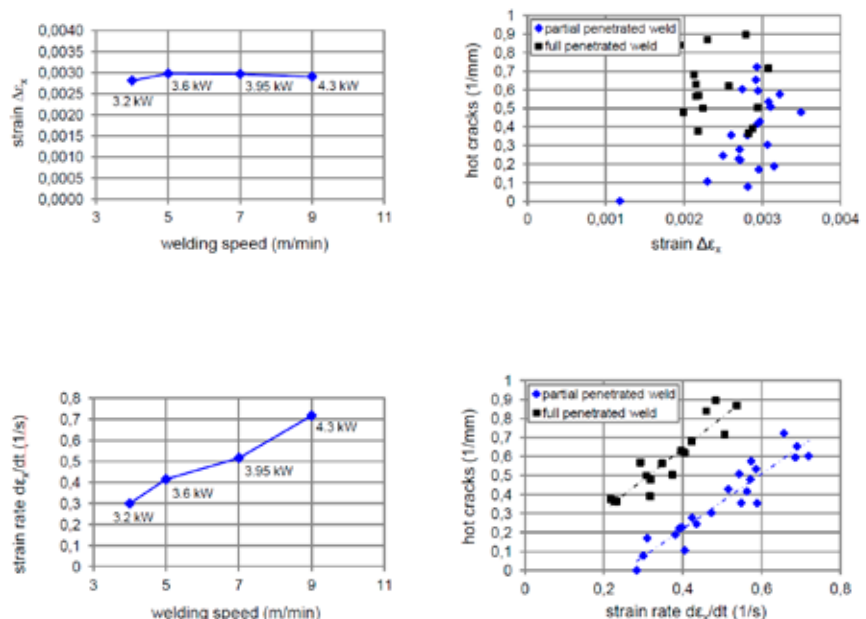
Lasersvetsning under reducerat lufttryck hade också studerats av välkände professor Remy Fabbro och hans forskargrupp vid PIMM [Procédés et Ingénierie Mécanique et Matériaux] -laboratoriet som är en del av CNRS [Centre National de la Recherche Scientifique] i Paris. Försök hade visat att det uppstår en form av mätnadsgrad för penetrationsförmågan kring 1 kPa i omgivningstryck [Fig. 11]. Ytterligare tryckminskning har ingen effekt på penetrationen något som Dr. Fabbro kunde förklara med hjälp av tredimensionell processimulering på följande sätt; Vid reducerat lufttryck minskar temperaturen i nyckelhålet och en minskning med 1000°K motsvarar en 50% ökning av penetrationen. Vid höghastighetsvetsning med laser ökar däremot nyckelhålets temperatur och ett mottryck skapas som motverkar effekten av den lägre omgivningstemperaturen [Fig. 11]. Detta skulle vara förklaringen till varför man inte ser några ökande penetrationseffekter vid svetsning < 1 kPa.

Ovanstående presentation var en av många som handlade om observation av nyckelhålet vid lasersvetsning, och två av dessa framfördes av Chun Deng respektive Jaehun Kim från Ulsan National Institute of Science and Technology i Sydkorea. Här hade man använt data från experimentella försök utförda som BOP [Bead-on-Plate] -svetsning med full penetration av 1 mm tjockt zink- respektive obelagt DP [Dual-Phase] 590-material för att bygga en enkel simuleringsmodell där nyckelhålet beskrevs som en lutande cylinder. Den laserälla som använts var en 2 kW multi-mode fiberlaser [IPG YLS-2000] med en

våglängd på 1.070 nm, en strålkvalitet på 7,5 mm* mrad och en råstråle med 200 μm diameter. Såväl kollimerings- som fokuseringslinsen hade 160 mm brännvidd och särskild uppmärksamhet hade ägnats åt hur zinkbeläggning påverkar nyckelhålet. Provmatrisen innehöll fyra olika effektintervaller mellan 1.230-1.830 W och fem olika svetshastigheter, från 12,5 mm/sek till 21,2 mm/sek. Observationerna vid den experimentella delen hade gjorts med koaxiell höghastighetsfilmning med 5.000 fps [frames per second] och såväl ovan- som undersidan av nyckelhålet hade studerats. Här gick det att konstatera att nyckelhålets diameter är större vid plåtens ovansida i fallet med zinkbelagt material medan botten diameter är likvärdig för förzinkad och obelagt plåt. Även infallsvinkeln för laserstrålen varierar med plåtens ytillstånd, och träffar nyckelhålets främre vägg i det zinkbelagda fallet men dess botten då man svetsar i obelagt material. Generellt får man volymmässigt en större smälta vid obelagt material, vilket förklaras av att det inte förekommer någon zinkförångning, något som reducerar laserljusets absorption i materialet. Följaktligen registrerade den använda kameran en högre ljusintensitet vid svetsning i obelagt material.

Den andra fordonsrelaterade presen-

tation hölls av Hans Langrieger från BMW i München som hade studerat det välbekanta fenomenet med varmsprickor vid lasersvetsning av aluminiumlegeringen AA6082 avsedd att användas för sidodörrsstrukturen i kommande BMW-produkter. Om en överlappssvets positioneras väldigt nära en flänskant uppstår varmsprickor längs svetsens mitt, och för att undvika detta strävar man efter att hellre utföra svetsen som en kälsvets. Nu visade det sig emellertid att även med detta förfaringsätt uppstod varmsprickor som emellertid var orienterade tvärs svetsen. För att beräkna den lokala deformationen kring svetsens läge hade omfattande FEM [Finite Element Method] -simuleringar genomförts i ABAQUS, där man varierade lasereffekt, svetshastighet, off-set, utstick på bottenplåten samt plättjockleken. Töjning och töjningshastigheter hade beräknats och man kunde konstatera att det snarare är den senare parametern som ger upphov till varmsprickor. Sålunda hade både lasereffekt och svetshastighet ingen effekt på töjningen men jämväl på töjningshastigheten [Fig. 12], vilken då ledde till sprickinitiering. Likaså hade ett något längre utstick på bottenplåten endast effekt på töjningshastigheten vilken då minskade och eliminerade risken för



Figur 12. Töjningshastigheten, snarare än töjningen i sig, ger upphov till varmsprickor vid lasersvetsning av AA6082. Det finns ett linjärt samband mellan svetshastighet/lasereffekt och töjningshastighet (t.v.) och full penetration visar en lägre töjningshastighet och därmed mindre sprickbenägenhet jämfört med partiell dito (t.h.).

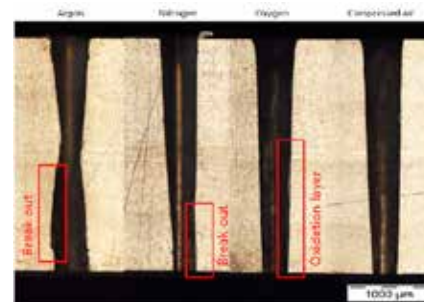
varmsprickor. Vid samma töjningshastighet var de svetsar som utförts med full penetration mindre sprickbenägna p.g.a. lägre töjning och töjningshastighet jämfört med då man använde sig av partiell penetration [Fig. 12].

Det nu upptäckta sambandet mellan töjningshastigheten vid svetsens stelningsförlopp och förekomsten av varmsprickor kommer BMW att använda sig av när nya sidodörrar i aluminium kommer att fjärrlasersvetsas. Utrustningen finns redan på plats i anläggningen i Dingolfing och består av en 6 kW fiberlaser från IPG, ett "scanner"-verktyg från Scanlab med ett processövervakningssystem tillhandahållet av företaget Lessmüller.

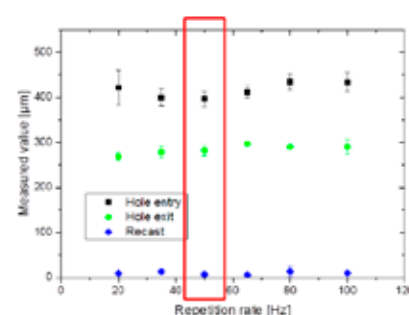
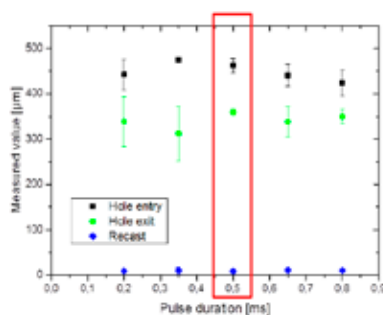
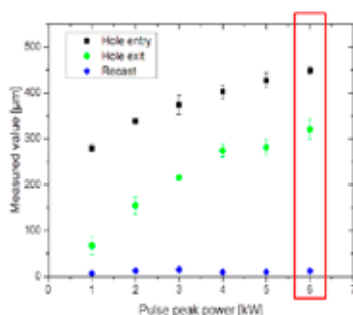
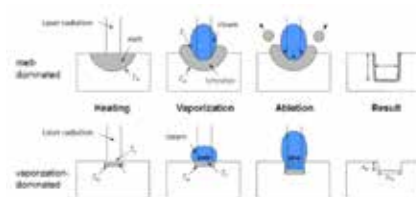
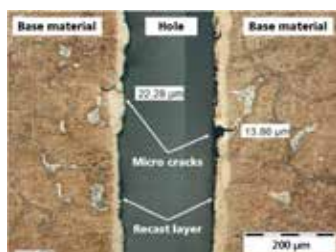
Laserbearbetning av lättviktsmaterial

Min gamle vän Mohammed (Mo) Naeem [Prima Power Laserdyne, Champlin, MN] har ägnat senare år åt laserbearbetning av "svåra" material såsom högtemperaturmaterial, keramer etc. Han har framförallt fokuserat sin forskning på vad han vill kalla för sekundära processdefekter såsom initialpenetrationen vid skärning, dåliga svetsavslut och återreflektion av laserstrålen från underliggande material vid laserborrning. Därför har man utvecklat tilläggsmoduler i Laserdynes process-

kontroll S94P, vilken bl.a. innehåller en automatisk fokusjustering, och som man valt att kalla SmartPierce™ för skärning, SmartRamp™ för svetsning och ShapeSoft™ för borrning. Enkelt uttryckt kontrollerar de olika programmen laserenergens interaktion med olika materialtyper. Att dessa mjukvaruprogram ger önskade resultat hade validerats med experimentella försök där man som laserkälla använt en Q-"switchad" YLS 2000/20000 från IPG, där sifferbeteckning skall uttolkas 2 kW medeffekt och 20 kW toppeffekt vid pulsning. Maximal pulsenergi är 200 J och pulslängden hade varierats mellan 0,2-10 ms. Laserstrålen distribuerades via en 100 µm optisk fiber och fokalpunktsdiametern var 140 µm. Med SmartPierce™ hade man framgångsrikt skurit 10 mm tjockt Inconel718, och med ShapeSoft™ hade ett flertal material borrats. Bland dessa hittar vi Hastelloy X där hål som lutade 20° mot ytnormalen hade trepanneringsborrats samt 10 mm tjockt Waspalloy där 0,6 mm stora hål hade borrats med 30° lutning. Ett ytterligare exempel var laserborrning av s.k. TBC [Thermal Barrier Coatings] vilken hade skett med en produktivitet av 0,7 sekunder per hål! Slutligen hade SmartRamp™ använts för svetsning av aluminiumburkar med täthetskrav avsedda för



Figur 14. Tryckluft (överst) gav de bästa skärkanterna, och underst ses den UKP-laser från företaget Amphos som användes vid försöken.



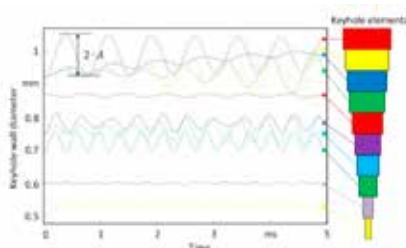
Figur 13. Ovan t.v. tvärsnitt genom ett kylhål borrat med 1 ms långa laserpulser, vilket ger upphov till sprickor i det stelningsskal som bildas. Med ps-långa pulser kan man däremot ändra borrningen från att vara en smältprocess till en materialförångning i stället, och därigenom eliminera uppkomsten av stelningsskal, vilket framgår av de undre diagrammen där man ser inverkan av pulseffekt, -längd och -frekvens.

medicinsk användning. Dessa hade sedan provtryckts och de burkar som svetsats med konventionell teknik sprack vid cirka 100 psi [pound-force per square inch= 0,0689 bar], medan när man använt Smart-Ramp™ för att få ett jämnare svetsavslut dessa burkar höll ända upp till 320 psi.

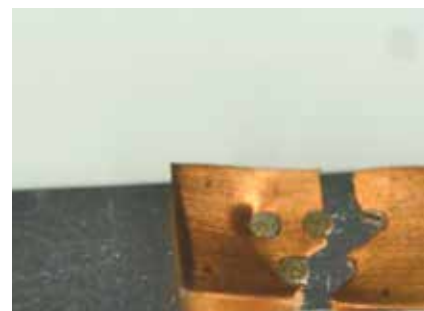
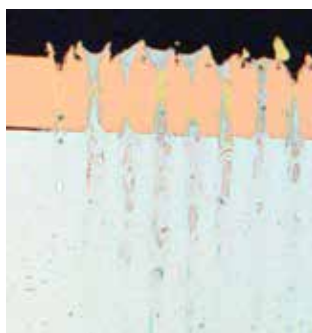
Trepaneringsborrning av kylhål i turbinblad med hjälp av lampumpade Nd:YAG- eller Q-”switchade” fiberlasrar är en industriellt vanligt förekommande process. Eftersom pulstiderna ligger kring 0,5 ms innebär detta att borrningen kommer att ske som smältning av materialet, vilket leder till att man får ett stelningsskal med cirka 100 µm tjocklek kring hålets vägg [Fig. 13]. Detta skal blir sprött och

kan under drift av turbinbladet flagna av eller ge upphov till sprickor något som förkortar dess livslängd. För att råda bot mot detta hade Hermann Uctmann och hans kollegor vid RWTH [Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule] i Aachen i samarbete med ILT [Institut für LaserTechnik] undersökt huruvida man skulle kunna utföra denna borrning med en s.k. ultrakortpuls-laser där pulslängden ligger under 10 ps. Eftersom reaktionstiden vid så korta pulser förångar materialet utan att detta först hinner smälta innebär detta att man kan undvika uppkomsten av sagda spröda stelningsskal [Fig. 13]. Om man emellertid skulle utföra borrning i 3 mm tjockt rostfritt material med denna

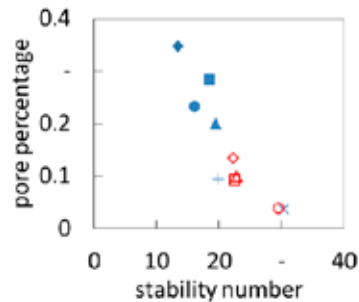
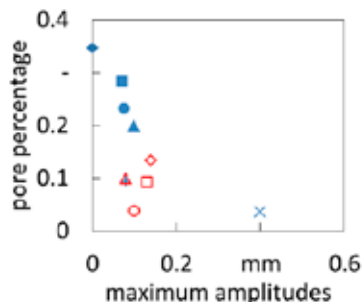
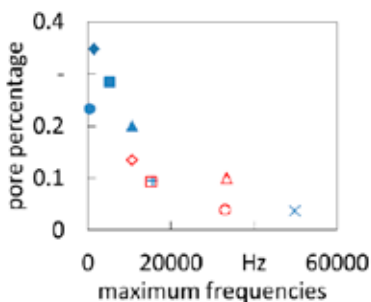
teknik skulle tidsåtgången per hål ligga kring 150 sekunder jämfört med under 1 sekund vid traditionell laserborrning, något som blir helt oacceptabelt. Därför hade man skapat en kombinationsprocess där man först med en IPG 600/6000-QCW-laser och en 300 µm stor fokalpunkt borrade ett genomgående hål. Därefter använde man en ultrakortpuls laser från företaget Amphos med en medeleffekt på 400 W för att avlägsna stelningskiktet och jämna till hålets vägg. Kortpuls laserens topp effekt ligger på 6 kW med pulstider mellan 0,69-7,65 ps och ett frekvensband på 1,43-52,8 MHz. I det aktuella fallet arbetade man med en 100 µm stor fokalpunkt och 7 ps långa pulser vid 2,38 MHz



Figur 15. Jörg Vlopp från BIAS, här i samspråk med Jan Frostevarg och Alexander Kaplan från Luleå Tekniska Universitet, gav en detaljerad beskrivning av den modell (underst) som kan efterlikna oscilleringen som sker i nyckelhålet vid aluminiumsvetsning.



Figur 17. Övan t.v. tvärsnitt genom en Cu 110 / Al 3003-förbindning utförd med 500 ns långa laserpulser, 70 kHz och en topp-effekt på 5 kW vilket innebär cirka 1 mJ/puls. T.h. resultatet vid dragprovning där brottet sker i det svagare kopparmaterialet.



Laser power	kW	3	4	4	4	4	4
Welding velocity	m/min	1	1	2	3	4	5
Beam profile	Gaussian	♦	■	▲	●	×	+
	Top Hat	◇	□	△	○		

Figur 16. En gaussisk strålfprofil ger en högre porandel vid lasersvetsning av aluminium, medan en ”top-hat”-profil ger färre men större porer framförallt vid högre oscilleringsfrekvens i nyckelhålet.

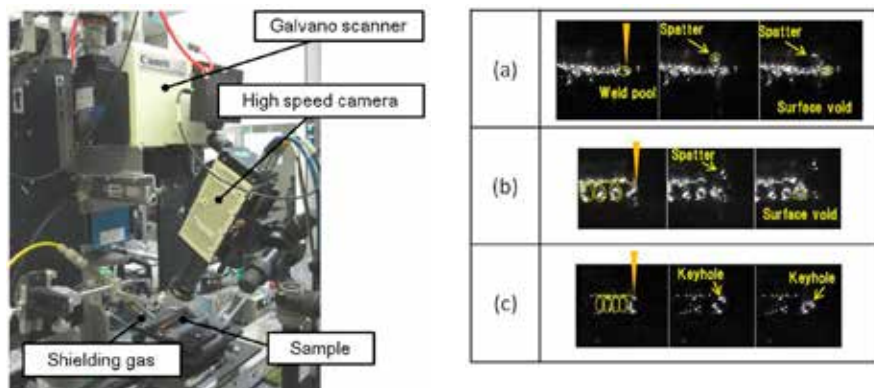
frekvens. Därmed reducerades den totala operationen till cirka 15 sekunder. Man hade också studerat inverkan av olika processgaser och här gav tryckluft det bästa resultatet medan Argon fungerade sämre [Fig. 14]. Slutligen påpekade Herr Uchtmann att det var viktigt att använda en gemensam optik för båda processerna för att säkerställa en korrekt linjering.

Ett material som kan vara svårbemästrat då det gäller svetsning är olika aluminiumlegeringar, detta p.g.a. varierande förångningstryck inuti nyckelhålet eller instabilt smältflöde inuti detsamma. Detta är fenomen som leder till nyckelhålskollaps med ty åtföljande porbildning inuti svetsgodset. För att närmare studera dessa fenomen har en simuleringsmodell utvecklats vid BIAS [Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik], och här berättade Jörg Volpp om hur man försökt korrelera simuleringar med verkliga svetsförsök. Modellen består av ett antal cylindriska element som är staplade på varandra, något som gör att man kan efterlikna den oscillering av nyckelhålet som uppstår vid aluminiumsvetsning [Fig. 15]. De experimentella försöken hade genomförts med

en disk laser från Trumpf [HL4006D] och en fiberlaser från IPG [YLR-8000S]. För att erhålla jämförbara resultat hade laserstrålen fokuserats till samma brännfläcksdiameter [560 µm] och svetsförloppet hade höghastighetsfilmats med 2.000 fps. Svetsförsöken hade utförts som överlappsfogar av 1 mm tjocka AA6082-plåtremor vilka staplats på varandra med mellanliggande Wolfram-distanser vilket gjorde det möjligt att mäta nyckelhålets diameter på olika djup. För att minimera porbildning bör man eftersträva att nå ett jämviktsförhållande mellan förångningstryck och ytspänningen på nyckelhålsväggen. Generellt kunde man konstatera att simuleringsmodellen bedömer nyckelhålsdiametern att vara mindre än vad den är i verkligheten. Andra observationer som gjordes var att om man arbetade med mindre fokalkpunkt ökade oscilleringsfrekvensen i nyckelhålet, och beträffande oscilleringsamplituden var den större vid en Gaussisk energifördelning jämfört med en "top-hat"-dito. Med röntgenanalys kunde man se att den senare resulterade i större, enstaka porer särskilt vid högre frekvenser, men sammantaget gav den Gaussiska strålprofilen en högre

andel porer i svetsgodset [Fig. 16]. Om däremot oscilleringsamplituden var mycket liten ledde detta till porformering även vid låga frekvenser. Med dessa kunskaper kombinerade med nyckelhålets fjäderkonstant blev det möjligt att härleda ett stabilitetsvärde för nyckelhålet vilket gick att korrelera mot pormängden i svetsgodset.

Andra reflektiva material som skapar problem vid lasersvetsning är koppar- och nickellegeringar. Dessa förekommer i många elektroniska komponenter och för energilagring i batterier. Daniel Capostagno från SPI Lasers i Santa Clara, CA hade utfört överlappssvetsar i 300 µm tunna membrankombinationer av koppar/koppar, koppar/aluminium och koppar/nickel. Självfallet hade han använt företags G4-modell med pulsfrekvenser mellan 1 kHz och 1 MHz med vilka man kan skapa pulslängder som understiger 10 ns. Förutom hög reflektivitet har de ingående materialen olika smälttemperatur och olika avsvalningshastighet varför risken för att spröda intermetalliska faser skall uppstå är uppenbar. Genom pulsteknik kunde tjockleken hos dessa faser minimeras då pulsnigen innebär en form av



Frequency (Hz)	Without scanning	77	125	200	285
Appearance					
Cross section					

Figur 18. Överst t.v. den försökssuppställning med höghastighetsfilmning som Dr. Miyagi använde vid sina svetsförsök på ren koppar (Cu-ETP). Överst t.h. bilder från denna filmning som visar svetsning utan oscillering (a), samt med 77 (b) och 285 Hz (c) oscilleringsfrekvens. Vid den senare är det som synes ovan möjligt att uppnå ett helt sprutfritt svetsresultat.

”mikroborrning” där hålen sedan kommer att fyllas med smält material [Fig. 17]. Dessutom ”scannades” laserstrålen i ett spiralformat mönster för att på så sätt öka den sammanbindande ytan mellan de hopsvetsade materialen. Dessa cirkulära svetsar tillverkades med 700-800 W laser-effekt och pulstider kring 520 ns och 70 kHz frekvens. Fokalpunktsdiametern låg på 40 µm och vid efterföljande dragprov skedde brottet i kopparmaterialet och ej i svetsen [Fig. 17].

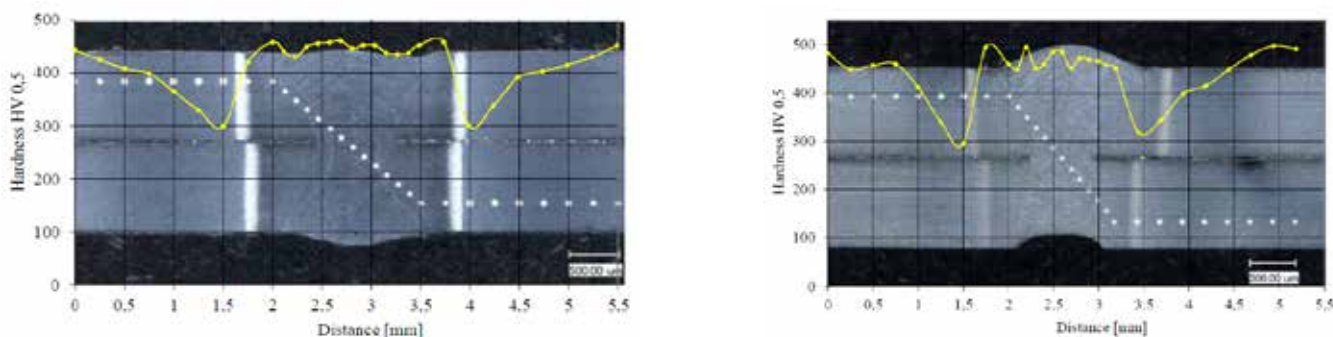
Ett annat problem vid kopparsvetsning är materialets stora sprutbenägenhet. Detta ämne adresserades av Masanori Miyagi från Hitachi Ltd, där han redogjorde för försök utförda med 1,5 kW lasereffekt från en 2 kW SM fiberlaser. Fokalpunkten hade uppmätts till 54 µm. Hög framföringshastighet upp till 10 m/min, vilket tycks

stabilisera nyckelhålet, kombinerad med höghastighets-”scanning” tycks vara lösningen på problemet [Fig. 18]. ”Scanner”-verktyget arbetade med en hastighet på upp till 500 mm/sek där laserstrålen oscillerades i cirklar kring 0,6 mm i diameter och med 0,15 mm överlapp vilket gav en kontrollerad värmeutbredning. Med ”scanning”-frekvenser > 200 Hz visade det sig vara möjligt att uppnå en sprutfri svetsprocess i koppar, och med ökande frekvens tilltog såväl svetsbredd som penetrationsdjup.

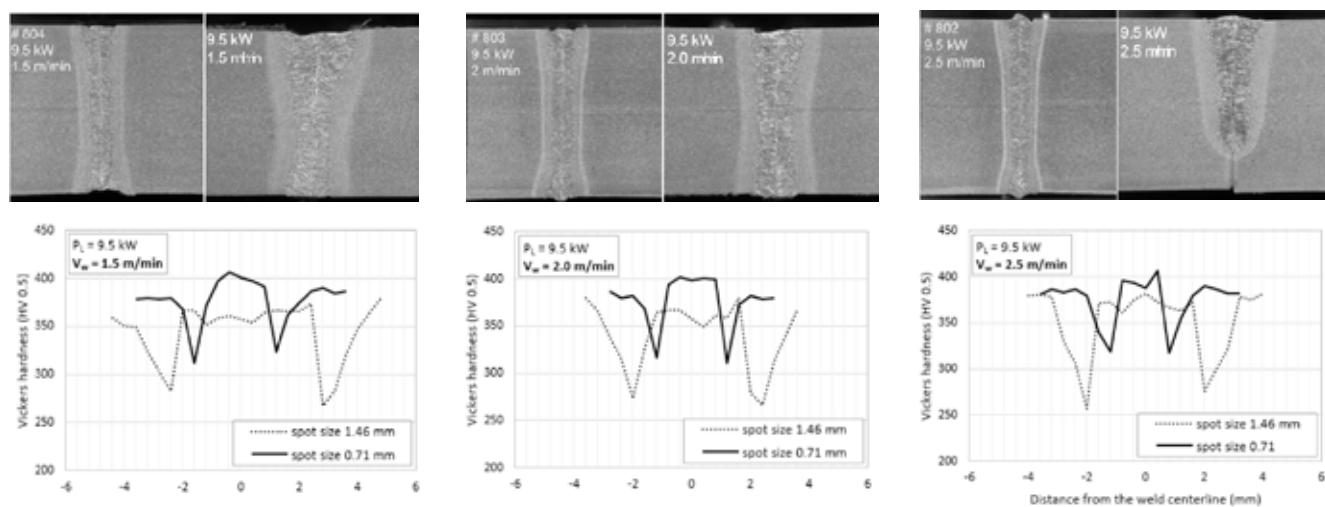
Lasersvetsning vid extrema temperaturförhållanden

Två föredrag under en av svetsessionerna handlade om lasersvetsning under extrem kyla även om de hade helt olika teman. Först kunde vi lyssna till Benjamin Ger-

hards från isf [Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik] vid RWTH i Aachen. Han talade om de problem som föreligger vid svetsning av helmartensitiska stål som 22MnB5 och S1100QL. Det förstnämnda har vanligtvis en ALSi-beläggning som korrosionsskydd, men denna är ogynnsam ur svets synpunkt då aluminiumpartiklar skiljs ut i svetsgodsets korngränser och därmed försämrar hållfastheten. Detta fenomen kan dock till viss del motverkas om man använder sig av en austenitstabiliserande tillsatstråd vid svetsningen. Men det huvudsakliga problemet vid svetsning i martensitiska stål är att värmeförseln försämrar materialets initialt höga hållfasthet då mjuka, värmepåverkade zoner uppstår kring svetsen. Därför är det eftersträvanvärt att få en snabb avkylning av arbetsstycket och det var sådana



Figur 19. Hårdhetsmätning (Hv0.5) av en lasersvetsad överlappsfog bestående av två stycken 1,0 mm tjocka 22MnB5-plåtar. T.v. utförd i rumstemperatur och t.h. vid en objektstemperatur på -50°C. I det senare fallet blir det möjligt att reducera bredden på HAZ med 30%.



Figur 20. Vid stumsvetsning av det direkthårdande stålet Optim 960 QC vid minustemperaturer ner till -60°C får man en kraftigare uppmjukningseffekt i materialet om man använder en större fokuspunkt.

åtgärder som Herrn Gerhards presentation handlade om. Dels hade man provat med att kyla arbetsstycket med flytande kväve före och just efter utförd svetsning och kunde på så sätt reducera bredden på HAZ med 30% då man fick ner temperaturen till -50°C [Fig. 19]. Emellertid var detta inte tillräckligt för att begränsa hållfasthetsänkningen, utan för detta krävs objekttemperaturer ner emot -150°C . Därför hade man kompletterat med en fixtur genom vilken man kunde aktivt kyla med kväve i flytande- eller gasform under själva svetsförloppet. Fixturspännena var dessutom tillverkade i koppar för att ytterligare leda bort värme från arbetsstycket. Under dessa förhållanden kunde HAZ reduceras med hela 50% och den önskvärda hållfastheten uppnås.

Den andra temperaturrelaterade presentationen gavs av vår gamle finske bekant professor Antti Salminen från Lappeenranta University of Technology och handlade om lasersvetsning i klimat med minustemperatur. Direkthärdade stål såsom exempelvis SSAB/Ruukki-materialet Optim 960 QC uppvisar hög hållfasthet och seghet även vid temperaturer ner mot -80°C . Materialet har låg kolhalt vilket borgar för en god svetsbarhet, men här var frågan hur svetsgodset beter sig under så extrema temperaturförhållanden. Stumsvetsning av 8 mm tjockt material vid temperaturerna -40°C och -60°C hade utförts med 9,5 kW effekt från en fiberlaser. Två olika optiska arrangemang hade använts; ett med en 200 μm distributionsfiber som gav en fokalpunktsdiameter på

0,71 mm och en energitäthet av $2,4 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$ och en annan med 600 μm -fiber, en fokalpunkt med 1,46 mm diameter och energiintensiteten $5,7 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$. Fokalpunkten var placerad 1 mm ner i materialet och svetslängden 300 mm hade utförts med tre olika hastigheter 1,5, 2,0 och 2,5 m/min. Svetskvaliteten hade utvärderats mot ISO 13919:1 och samtliga svetsar kunde klassificeras som "B"-nivå. Hårdhetsmätningen gav vid handen att man fick en större hårdhetsförlust i svetsgodset då den större fokalpunkten användes [Fig. 20]. Draghållfastheten var likvärdig med grundmaterialets och slagseghetskraven innehölls vid båda temperaturerna. ■

Forts. i LaserNytt nr 2-2016.



LAZER™ - Vi har alla lasergaser du behöver!

- Lazer™-gaser bidrar till att garantera optimal lasereffekt, maximal driftcykel och minimala underhållskostnader.
- Lazer™-resonatorgaser finns tillgängliga som enskilda gaser med hög renhet och som färdiga maskinspecifika blandningar.
- Lazer™-processgaser finns tillgängliga som skärgaser med extra hög kvalitet, speciellt anpassade för laserapplikationer.

www.yarapraxair.se



YARAPRAXAIR

Fråga laserdoktorn Bo Williamsson

Hej,

Vi har flera skärlasrar i företaget och skär i ett relativt brett spektrum av material och plåttjocklekar. I de allra flesta fall fungerar skärningen alldeles utmärkt. Ibland får vi dock defekter i de skurna snitten. Min fråga är nu om det finns någon ”snabbguide” med tips om orsaker till skärfel i olika stålqualiteter och hur man ska undvika dem.

N.N

SVAR

Hej,

Orsakerna till kvalitetsproblem vid laser-skärning kan vara relativt svåra att analysera eftersom en laserskärmaskin utgör ett relativt komplicerat system. Orsaken till försämrad snittkvalitet kan ligga i många olika delar i systemet. Felsökning är en procedur där kunskap och metodik spelar

en väsentlig roll. Det finns dock ett antal ”snabbguider” publicerade där skärdefekter och deras orsaker är dokumenterade. Nedan visas en guide för analys av skärdefekter i olika material, **fig 1**. Motsvarande, och mer fullständig guide finns också tillgänglig från SSAB.

Länk för nedladdning av guiden från LINDE:

http://www.lindegaz.com.tr/internet.lg.lg.tur/en/images/Laser%20cutting%20advice492_5323.pdf

Laserdoktorn

Forts. nästa sida

Laser cutting.

If you are not getting a good cut from your laser, you may be experiencing any of the following:

Troubleshooting checklist

Check and correct	Time required (mins)
A Nozzle contamination	1-2
B Laser power and pulsing conditions	1-5
C Cutting speed	1-2
D Cutting gas	1-2
E Nozzle standoff	1-2
F Nozzle type, condition and alignment	1-10
G Material specification and condition	1-5
H Lens type, condition and alignment	10-20
I Beam steering mirror condition and alignment	5-60 per mirror
J Laser mode quality and polarization	20-40

A. Nozzle contamination

Dirt or spatter on the nozzle may deflect the gas jet to one side
 → Wipe the nozzle or replace if damaged

B. Laser power and pulsing conditions

- Compare laser power and pulse settings to those used successfully on similar jobs
- If power level is lower than usual:
 - The laser may need time to warm up (up to 30 mins)
 - The helium supply is running low
 - The laser needs tuning
 - The laser needs servicing
 E.g. internal mirrors need to be cleaned
 Requires trained personnel

C. Cutting speed

Compare cutting speed to those used successfully on similar jobs
 → Try increasing and decreasing the speed by 10% and 20%

D. Cutting gas

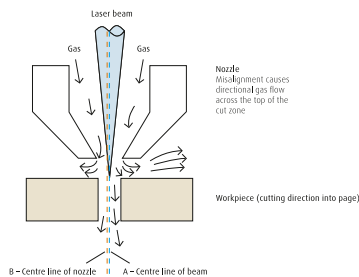
- Check the type of gas being used against similar successful jobs
- Check supply pressure and flow
 - Nozzle blockages will affect pressure and flow
 - It is best to have both a flow meter and a pressure gauge
 - Excessive oxygen pressure results in burning of corners and loss of fine details
- Insufficient gas purity or gas supply contamination
 - Contact your gas supplier
 - Oxygen cutting: cutting speed reduced
 - Nitrogen cutting: surface quality reduced

E. Nozzle material standoff

Compare to earlier successful results
 → Normally the standoff is 0.25-2mm
 → Changing non-identical nozzles may change stand-off
 Alter nozzle-lens distance to reoptimise process

F. Nozzle type, condition and alignment

- Is the nozzle of the right type (exit diameter) for the job?
- Is the nozzle worn or scratched?
- Is the laser in the centre of the nozzle (i.e. centre of the gas jet)?
 If not:
 - The machine will not cut equally well in all directions
 - Sparks may exit top of the cut zone when cutting in certain directions
 - Reduction of sparks leaving the bottom of the cut when cutting in certain directions



G. Material specification and condition

- What is the material?
- Is the condition of the material affecting the cutting?
 - Surface coating (rust, paint, mill scale, etc)
 - Deep scratches

H. Lens type, condition and alignment

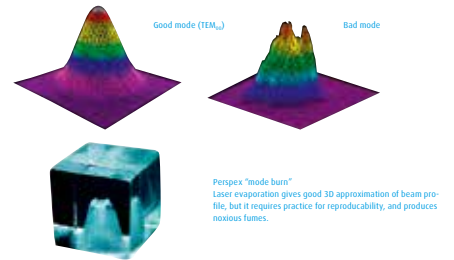
- Is the right focal length lens being used? Is it fitted correctly?
- Is the lens scratched or dirty? Both can give cutting problems. Even if it is clean it may have become over-heated
- Is the laser beam correctly aligned onto the lens?
 → Beam steering mirrors may need realignment

I. Beam steering mirror condition and alignment

- Are the mirrors clean?
 - Take power readings after each one
 - Power losses should be below 5% per mirror
- Alignment should be square and central
 → Realignment of mirrors requires training

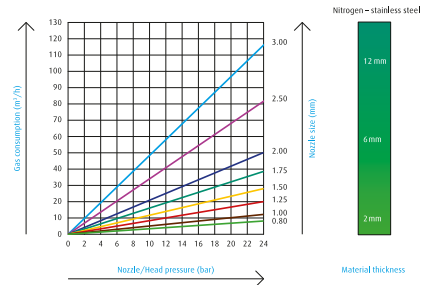
J. Laser mode quality and polarisation

- The distribution of energy across the laser beam cross section is called its mode
 → Poor mode quality results in poor cutting quality
 → Laser mode identification and tuning require training



- CO₂ laser beam polarisation requires careful control for successful metal cutting
 → If circular profiles are oval on the bottom but circular on top the polarising mirror(s) may need cleaning or replacing

Gas consumption vs. nozzle size



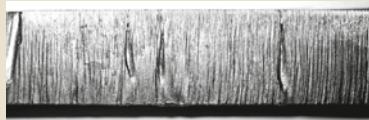
Correct conditions

Good cut



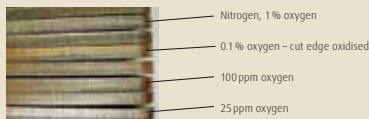
This shows a good cut in 8mm mild steel. Smooth, square cut edge with a light scale of oxide.

Material related fault



Example of how material quality can affect cut quality – oxygen cutting of low grade mild steel.

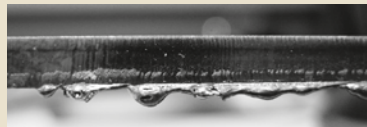
Nitrogen purity related faults



Oxidation of the cut is evident at 100 ppm purity. The edge becomes rough at 0.1% purity (1000 ppm).

Common faults

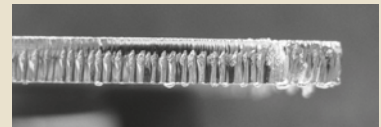
Dross



This shows a good cut in 8mm mild steel. Smooth, square cut edge with a light scale of oxide.

Effect	Problem	Action
Dross (oxygen & nitrogen cutting)	Insufficient melt clearance	Reduce speed
	Processing too fast – evidence of curved drag lines	Reduce speed
	Low pressure – evidence of curved drag lines	Increase gas pressure
	Low power	Increase power
	Poor focus	Check lens
	Nozzle too narrow	Increase nozzle diameter

Side burning



Effect	Problem	Action
Side burning (oxygen cutting)	Oxygen Pressure too high	Reduce gas pressure
	Processing too slowly Damaged nozzle	Increase speed Check/replace nozzle

Cutting unequal in x-y plane

Effect	Problem	Action
Cutting unequal in x-y plane	Polarisation problems	Check and replace
	Damaged phase retarder	Check and replace
	Beam off centre	Align to nozzle

Acknowledgements

Dr John Powell – LIA Guide to Laser Cutting
 (Pub: Laser Institute of America)

Teknisk och kommersiell jämförelse mellan fiber- och CO₂-laser för skärning

Av John Powell, Laser Expertise Ltd, Nottingham, UK
Alexander Kaplan, Luleå tekniska universitet.
Översatt och bearbetad av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Fiber- och disklasrar har etablerat sig på marknaden som konkurrenskraftiga skärklasar och tar marknadsandelar av CO₂-lasern. Frågan som ställs hos många legotillverkare och användare av skärklasar är ”vilken lasertyp ska jag välja när jag köper nytt nästa gång?”. Denna artikel belyser denna fråga både ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv. Båda lasertyperna har sina för- och nackdelar och i en direkt jämförelse måste man jämföra kostnader, skärhastigheter, skärkvalitet och flera andra faktorer som underhåll och säkerhet.

Sedan genombrottet för fiber- och disklasrar som skärklasar har det varit mycket diskussion om deras prestanda, särskilt i jämförelse med den etablerade CO₂-lasern. I det tidiga avskedet av introduktionen hävdade säljarna att fiberlaser helt skulle ta över marknaden från CO₂-laser, men detta har inte skett, trots att den har visat sig kunna konkurrera ut CO₂-lasern inom vissa speciella områden.

Denna artikel presenterar en diskussion om fördelarna och nackdelarna med båda typerna av skärteknologi från en kommersiell synvinkel – skriven med perspektivet hos en jobshopägare som försöker välja mellan att köpa en CO₂-laser- eller fiberlasermaskin. En kvantitativ jämförelse mellan de två maskinerna är överaskande svårt – den bästa analogin vi kan ge är att jämföra mellan en sportbil och familjebil.

Fiberlasrar har varit av intresse för många jobshops i ett antal år nu, men vad är de och vad är grejen med dem, och för

den delen vad är en disklasar med fiberdistribution av strålen? På något sätt är det som att vara tillbaka i 80-talet när CO₂-laser säljare var full av ”hightech jargong” och jobshop ägarna måste stå ut med alla dessa nonsens säljsnack för att förstå vad M2 betydde och om det var viktigt.

Trots allt, såvitt det angår en jobshop ägare så finns det ingen avgörande skillnad mellan en fiberlaser och en disklasar med fiberdistribution av strålen. Skillnaden mellan dem liknar skillnaden mellan olika typer av batterier så man kan köpa till sin ficklampa. Så länge ficklampan hjälper dig att undvika att trampa i kattens matskål under ett strömavbrott, så vad bryr du dig om den går på bly-zink batterier eller Star Trek diLitium kristaller??

Lite bakgrund

CO₂-lasern har varit arbetshesten inom laserskärning sedan 1970-talet. En typisk högeffekt CO₂-laser maskin i en jobshop har en effekt på 4 eller 5 kW och används för skärning av rostfritt upp till 15 mm, aluminium till 8 mm och stål (oxygenskärning) upp till 20 mm samt trä och plast upp till 40 mm. (Detta är typiska kommersiella värden – maskiner med högre effekt finns på marknaden och de ovan angivna värdena är inte maximala tjocklekar som kan skäras med 5 kW). Fiber- och disklasarteknologin är en direkt förlängning av Nd:YAG-lasern, vilken har en nisch inom laserskärning sedan 1980-talet. Från början (ursprungligen) användes Nd:YAG-lasrar vid skärning antingen för att skära ut fina detaljer (t.ex. klockvisare) eller där applikationen krävde att laserstrålen skickades genom en fiber (t.ex. i tillverkningslinjer inom fordonsindustrin där liten yta och flexibilitet) är

viktigt. Fiber- och disklasrar är de mera effektiva och effektstarkare storebröderna till de tidiga Nd:YAG-lasrarna. Multikilowatt effekt finns tillgängligt och dessa maskiner kan skära tunnare material (typiskt 3 mm eller mindre) väsentligt snabbare än en CO₂-laser. Valet mellan de två lasertyperna ur ett jobshop perspektiv är inte enkelt och rakt på sak – båda maskinerna har för- och nackdelar.

Vid ett möte i England för något år sedan summerade en av världens främsta experter på laserskärning, Dr. Dirk Petring situationen för fiberlaser med att säga: ”om man jämför prestanda för CO₂- och fiberlaser för tunt material är CO₂-laser död”. Efter några timmar hörde jag en försäljare av fiberlasrar misstolka detta som: ”CO₂-lasern är död vad gäller skärning”, säger Dirk Petring. Men han glömde två av de mest betydelsefulla orden i Dirk Petrings uttalande – ”tunt material”.

För en jobshop är valet mindre självklart. Min egen firma använder fyra stora CO₂-maskiner som går i treskift. Om någon kom och erbjöd sig byta ut alla mina maskiner gratis (önskedröm) skulle jag inte välja fyra nya fiberlasrar. Jag skulle välja två CO₂- och två fiberlasrar. Så – varför det?

Valet

Först måste vi definiera nivåer på spelplanen för jämförelsen, och den mest uppenbara nivån är inköpspriset. En 5 kW CO₂-lasermaskin kostar ungefär lika som en 3 kW fiberlasermaskin, så vi kommer att undersöka en jämförelse mellan dessa två typer. Det finns tillräckligt med kriterier som är beroende av varandra i det direkta valet mellan dessa två maskintyper för att göra vem som helst tokig. Men

tursamt nog har de stora lasermaskintillverkarna börjat skapa genuina jämförelser med information istället för oanvändbara data som ”snabbaste hastighet”, och jag är tacksam för informationen som både Trumpf och Bystronic har bidragit med till denna artikel.

Fastän detaljerade data kan vara förvirrande så finns det bara två grundläggande överväganden för laseranvändaren:

1. Vad kommer det att kosta att tillverka mina detaljer?
2. Är kvaliteten tillräckligt bra?

Om vi jämför två maskiner med samma kapitalkostnad, så är kostnaden per detalj starkt beroende av den tid det tar att tillverka dem – och driftskostnaden per timme för maskinerna.

Skärhastigheter

Vid en första blick så är produktionstiden beroende av skärhastigheten – och tidigare har försäljningsfolket koncentrerat sig på att jämföra den högsta hastigheten som lasern kan skära ett givet material. Men detta värde är inte så användbar i ett allmänt ingenjörsmässigt sammanhang – av samma anledning som toppfarten på din bil har mycket lite att göra med hur fort du kan köra från ena sidan av staden till den andra.

En 3 kW fiberlaser kan skära 1 mm tjockt rostfritt stål i ca 30 m/min och en 5 kW CO₂-laser kan bara uppnå ca 1/3-del av den hastigheten. Men – om du skär en typisk jobshop-komponent (som de i **fig 1.**) så kommer hastighetsfördelen för fiberlasern bara att resultera i 25-50 % ökning av produktiviteten istället för den förväntade ökningen på 300%. Detta beror på att maskinerna tillbringar den mesta av sin tid med att accelerera och retardera och med att stanna för att ”pierca” (göra starthålen) materialet.

Det finns nu videofilmer från både



Fig. 1. Typiska detaljer som skärs i en jobshop (rutorna på pappret är 5 mm)

Trumpf och Bystronic som tydligt visar detta och som visar att hastighetskillnaden blir allt mindre när komplexiteten hos detaljen ökar. Annat arbete från Bystronic visar att maskinens acceleration är just lika viktig som lasertypen om du vill uppnå högsta produktionshastighet. Detta är speciellt sant vid skärning av tunt material – där en maskin med hög acceleration utrustad med en CO₂-laser kan slå en fiberlaser på en maskin med låg acceleration.

Så – en fiberlaser är betydligt snabbare än en CO₂-laser vid skärning av stora detaljer i tunt material som t.ex. kylskåpsdörrar. När man värderar en maskin för denna typ av arbete så är det viktigt att komma ihåg att den totala produktionstiden inkluderar ställtiden från plåt till plåt (sista detalj till och med första godkända detalj). Om man skär en hel plåt till två kylskåpsdörrar på 3 minuter så kommer hastigheten på plåtväxlaren att ha en anseelig inverkan på produktionskostnaden.

När materialtjockleken ökar till 4 mm så börjar skärhastigheterna för de två laserna att närma sig varandra, och på grund av att skärhastigheten är lägre så nås den maximala skärhastigheten oftare. Vid tjocklekar över 8 mm är CO₂-lasern snabbare – och i denna region kommer en jämförelse mellan skärhastigheter att bli användbar (praktisk) eftersom laserskärprocessen är den bestämmande faktorn istället för maskinens accelerationskaraktäristik.

En annan anmärkning att göra är att ”piercing tiden” har blivit starkt förkortad av maskintillverkarna (som Trumpf och Bystronic) de senaste åren. Så en ny maskin kommer att överglänsa en gammal med avseende på acceleration och ”piercing-tid” oavsett vilken lasertyp som den är utrustad med.

För att summera – fiberlasern skär plåt fortare vid tjocklekar under 4 mm men denna hastighetskillnad är mest fördelaktig vid skärning av stora komponenter med enkla former.

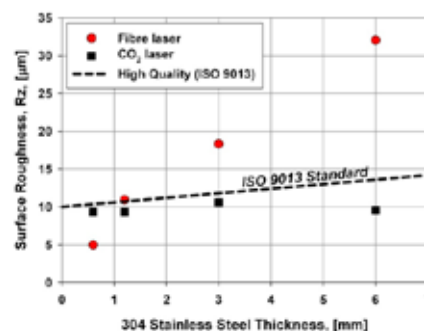


Fig. 2. Ytfinhet i skärnittet för fiber- och CO₂-laser-skärning. Källa TWI, UK

Driftskostnader

För en noggrann jämförelse av driftskostnaderna mellan våra två maskiner så bör man jämföra dem per detalj istället för per timme. Om maskin A kostar 10% mer i drift än maskin B men producerar 20% flera produkter per timme så är driftskostnaden per detalj mindre och inte högre än för B.

Men, för att bestämma den verkliga kostnaden så måste vi börja med driftskostnaden per timme, som kan indelas i flera kategorier som: elektricitet, lasergas, skärgas, operatörslönen och underhållskostnader.

För en allmän jämförelse gäller:

- Elkostnaden för en 3kW fiberlaser är mellan 25-50 % av kostnaden för en CO₂-laser
- Fiberlaser använder inte lasergas
- Fiberlaser använder normalt större dyror och förbrukar därmed mera skärgas än CO₂-maskiner

Den mest betydelsefulla av dessa faktorer är elkostnaden. Fastän de exakta värdena varierar från modell till modell så kan vi anta att en 3 kW fiberskärmaskin (inkluderat utsug etc.) förbrukar 20 kW medan en 5 kW CO₂-lasermaskin förbrukar ca 3 gånger så mycket. I England så kostar el ca 0.10 £/kW (ca 1.20 kr/kW) så CO₂-laser kostar ca £4 (ca 60 kr) mer per timme att driva. Om man försöker minimera kostnader framför allt annat så kan man finna att en fiberlaser med en billigare maskin (lägre acceleration) kan producera billigare därför att inköps- och driftskostnaden är minimerade. Detta har visats av Bystronic på typiska detaljer vid ett antal tillfällen. Kostnaden per detalj kommer att bli låg även om produktionstakten är låg. Denna scenario är troligen mera tillämplig för en tillverkare än en jobshop. I en jobshop så är situationen (förhoppningsvis) sådan att en mängd arbete väntar på att få laserskäras – så hög produktivitet är mycket viktig och varje skuren detalj har en vinst förknippad med den. En tillverkare behöver kanske en laser för att producera ett visst antal detaljer per vecka – så en maskin som är billigare att driva (fiber) och mindre dyr (lägre acceleration) kan vara det optimala valet.

På en daglig nivå så kostar en fiberlaser mindre i underhåll än en CO₂-laser – men även om underhållskostnaden för en CO₂-laser över 10 år (inkluderat större haverier) är välkända, så är fiberlaserna ännu inte så gamla att man känner kost-

naden för att byta ut större komponenter. Ett typiskt utbyte av en större komponent i CO₂-laser är byte av turbin/fläkt som kan kosta \$20 000 (ca 180 000 kr). Utbyte av de stora detaljerna på en fiberlaser kan medföra märkbart högre kostnader men det finns ännu inte tillräckliga data för långtidsdrift.

Skärkvalitet

I fiberlaserns tidiga dagar var den skärkvalitet som kunde fås i tjocklekar över ca 6 mm bevisligen sämre än för CO₂-lasermaskiner. Men de olika utvecklingsavdelningarna hos tillverkarna har förbättrat situationen och skillnaden i skärkvalitet mellan de två teknologierna är nu mindre dramatisk. **Figur 2** visar en jämförelse av ytjämnheten i skärnsnittet mellan de två lasertyperna i ett arbete som gjorts av TWI, The Welding Institute (UK). Över det tjockleksområde som visas är ytfinheten hög, men för fiberlasern blir ytan grövre med ökande tjocklek och speciellt mot snittets nedre del.

Ur ett ingenjörsmässigt perspektiv är skärnsnittet lika för båda typer av lasrar vid tjocklekar under 4 mm vid skärning med inert gas (högttrycksskärning) och jag har sett lika snittkvalitet för fiber/CO₂ i snitt upp till 6-8 mm. Men när tjockleken blir större än dessa värden, så är det sant att skärkvaliteten för fiberlaser blir sämre än för CO₂-laser. Försäljarna för fiberlaser påpekar gärna att den fortfarande är ganska bra, men en del kunder skulle bli olyckliga att få sämre skärkvalitet än vad de är vana med. Typisk ytkvalitet för 10 mm rostfritt stål för de två lasertyperna visas i **figur 3** (CO₂) och **figur 4** (fiber). Det finns en tydlig ökning av ytojämnheter i skärnsnittet mot botten av skärnsnittet för fiberlaser.

Material

Fiberlaser är bättre än CO₂-laser för skärning av koppar- och aluminiumlegeringar, men kan inte skära de flesta plaster eller träbaserade produkter.

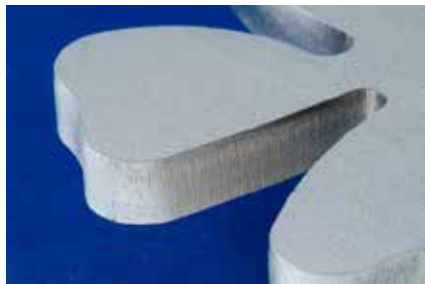


Fig. 3. Typisk snittkvalitet för CO₂-laser vid skärning av 10 mm rostfritt stål. Källa: Fraunhofer ILT, Aachen.

De flesta jobshops skär bara en mindre del icke-metaller så denna oförmåga att skära polymera material är av mindre betydelse. Men – det finns ett område där plastskärning är viktig för laserskärning. En stor del av det rostfria stål som skärs med laser är försedd med ett skyddande plastfilm. Strålen från en CO₂-laser absorberas lätt av både plastskiktet och stålet så de två materialen skärs i ett pass. Plasten är normalt transparent för fiberlaserstrålen och i detta fall måste maskinen skär i två omgångar:

1. Föra en defokuserad stråle över skärbanan där snittet ska vara för att smälta plasten
2. Skära stålet med en fokuserad stråle

Denna dubbla process har två nackdelar – det slösar produktionstid och lämnar en rest av smält plast på överytan på den skurna komponenten (fastän denna rest är hyfsat enkel att avlägsna).

Nyligen har ställleverantörerna kommit fram med nya plastkvaliteter vilka absorberar fiberlaserljuset och som gör att materialet kan skäras i ett pass, men de är ännu inte lätt tillgängliga.

Säkerhet

Både CO₂- och fiberlasermaskiner är inkapslade för att skydda operatörerna och klassificeras som helt säkra. Den enda skillnaden mellan de två lasertyperna är fönstren som finns för att operatören ska kunna övervaka processen. I fallet för CO₂-laser är dessa fönster gjorda av billig, lätt tillgänglig polykarbonat och det är standard att skära sina egna fönster när de blir repiga och slitna. Fönstren i en fiberlasermaskin är mycket mera ”high-tech” (och dyra) och kan inte ersättas med polykarbonat eftersom detta och andra plaster är transparenta för fiberlaserljuset.

Domen

Om du är chef/ägare av en jobshop med den sedvanliga spridningen av krav på



Fig. 4. Typisk snittkvalitet för fiberlaser för 10 mm rostfritt stål. Källa: Fraunhofer ILT, Aachen.

skärningen så ska du köpa CO₂-laser tills du har tillräckligt med arbete att fylla en fiberlasermaskin med arbete. Det kan innebära att du har ungefär två till tre CO₂-lasrar för varje fiberlasermaskin. Men för fortsatta nyinvesteringar bör förhållandet bli ungefär 1:1 mellan lasertyperna.

Om du är chef/ägare till en tillverkande företag för produkter i koppar- eller aluminiumdetaljer så är första valet normalt en fiberlasermaskin. Men – i alla fall är det en bra idé att förmå de potentiella leverantörerna att utföra skärprover på typiska jobb och detaljer, och glöm inte att inkludera ställ- och plåtväxlingstidertider i din utvärdering. ■

Författarna

John Powell

Teknisk doktor laserteknik, Imperial College, (London University), Master of Music, University of Sheffield

Delägare till Laser Expertise Ltd, Nottingham, (UK) etablerad 1984, en laserjobshop med 45 anställda, med laserskärning (tre nya Bystronic-maskiner; en 4 kW fiberlaser/två 4.4 kW CO₂-laser), kantböckning, (tre pressar), pulverlackering, trumling, slipning, Adjungerad professor vid Luleå tekniska universitet och ”Special professor” vid University of Nottingham.

Författare till boken: CO₂-Laser Cutting, (Springer) John Powell har också ett stort intresse för musik och är kompositör av klassisk musik. Han har skrivit boken ”How Music Works”, (Little Brown & Company).

www.laserexpertise.com.uk



Alexander Kaplan

Professor Luleå tekniska universitet, laserteknik

Alexander Kaplan är en internationellt erkänd laserforskarare med stor produktion av ”papers” till värenummerade vetenskapliga journaler och konferenser.

<http://www.ltu.se/research/subjects/Produktionsutveckling>





**Vi förser tillverkande industri med
nyckelfärdiga robotceller för lasersvetsning**

PERMAFLEX
samlad kunskap i en robotcell



Kvalitet. Produktivitet. Lönsamhet.
www.permanova.se

KALENDARIUM 2016

MAJ

6	LaserNytt 1-2016	
11	Lasergruppens årsmöte Seminarium "Laser – ett universellt verktyg för modern verkstadsproduktion, Elmia, Jönköping	Per Westerhult

OKTOBER

2	LaserNytt 2-2016	
26	Seminarium "Konstruera för laser". Permanova Lasersystem AB, Mölndal	Per Westerhult

NOVEMBER

10	Workshop Lasersvetsning, Högskolan Väst, Trollhättan	Per Westerhult
----	--	----------------

DECEMBER

9	LaserNytt 3-2016	Per Westerhult
---	------------------	----------------