

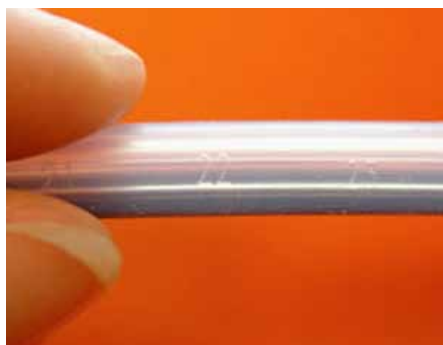
LASER *nytt*

2-2012

Lösnummerpris 85 kr

**Laserdag hos
Swegon i Kvänum
– lasersäkerhet
allt viktigare**

**Laserbearbetning av "nya" material
och kvalitetssäkring vid lasersvetsning**





Upptäck laserns alla fördelar:

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

Många användningsområden:

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

LASER LÖNAR SIG ALLTID I LÄNGDEN

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

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

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

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



www.permanova.se
Tel 031-706 19 80



LASER nytt

Laser nytt utkommer med 3 nummer/år och ges ut av
Lasergruppen c/o Svetskommissionen
Box 5073, 102 42 Stockholm
Telefon: 08-791 29 37

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

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

Ansvarig utgivare
Per Westerhult

Laser nytt på Internet
www.lasergruppen.eu

Omslagsbild: Lasersvetsat fläkthjul
tillverkat av Swegon AB

Produktion: Tagg, Stockholm
Tryck: Modintryckoffset, Stockholm
www.modintryckoffset.se

Tankar från styrelsen	1
Laserdag hos Swegon i Kvänum – lasersäkerhet allt viktigare	2
Avancerade processgaser för svetsning med CO ₂ och fiberlaser	6
The best of both worlds	8
Laserbearbetning av "nya" material och kvalitetssäkring vid lasersvetsning	12
Mikrobearbetning med laser	18
Din maskin förstärker försäljningsavdelningen!	19
Nya medlemmar	19
Lasersvetsning inom flygmotorindustrin – Volvo Aero och LB:s Mekaniska	20
Ytmodifiering, skärning och borrar	
– klassiska användningsområden för laserteknik	23
NOLAMP 14 – den nordiska laserkonferensen	27
Stort intresse under Elmia Svets/Elmia Automation/ Elmia Polymer-mässorna	28
Additiv tillverkning – spännande och växande tillverkningsprocesser baserade på laserteknik	29
En omvärldsanalys av Dr. Christophe Ullmann	37
Blivande svetsare lär om laser	40

TANKAR FRÅN STYRELSEN

Laserkunskapen utvecklas på de internationella konferenserna

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Jag tillbringade en vecka under sommaren i Denver, Colorado på International Institut of Weldings (IIW) årliga Annual Assembly, som samlar all världens svetsexpertis (i år ca 700 st) till samarbete och utbyte av svetserfarenheter. Lasersvetsningen finns under Commission IV "Power Beam Technologies" tillsammans med elektronstrålesvetsning, som faktiskt fortfarande lever och utvecklas. Jag kommer att sammanfatta konferensen i nästa nummer av LaserNytt men tänker bara nu konstatera att LTU's laserforskning håller hög internationell klass. Vårt "paper" och föredrag blev väl mottaget och blev rekommenderat för publicering in Welding in the World.

I vårt arbete spelar höghastighetsfilmning en mycket viktig roll eftersom vi i princip kan se vad som

händer i processen och därifrån med hjälp av olika typer av simulering och teorier kan skapa ny kunskap om lasersvetsprocessen. Det är fascinerande att man efter decennier av forskning och utveckling fortfarande kan upptäcka nya, viktiga fenomen som vi behöver förstå och förklara. Här är det internationella kunskapsutbytet jätteviktigt då vi får prova om våra teorier håller eller om vi måste tänka i ny banor för att hitta de riktiga förklaringsmodellerna. Ett exempel på det är vad vi anser vara en typ av vågrörelse som driver smältan nedåt längs keyhålets främre vägg och som filmades för första gången av min kollega Ingemar Eriksson. Här finns en del olika uppfattningar om vad som verkligen händer och orsakerna till detta. Så diskussioner med de riktigt duktiga



Denver vid legendariska Pepsi Arena

internationella forskarna är ytterst värdefullt för att öka förståelsen av vad som händer och varför.

Det bedrivs mycket bra utveckling och forskning inom laser i Norden och jag vill redan nu rikta ett upprop till den nordiska industrin att komma och berätta vad ni gör inom området vid nästa NOLAMP konferens i Sverige. Den hålls 26-28 augusti 2013 och denna gång i Göteborg.

Välkomna!

LASERDAG HOS SWEGON I KVÄNUM

– lasersäkerhet allt viktigare

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Lasersäkerheten blir allt viktigare genom den ökade användningen av fiber- och disklasrar med dess höga effekter och strålkvalitet i kombination med våglängden på strålningen. Laserdagen den 3 maj som hölls hos Swegon i Kvänum hade arbetsmiljö och ergonomi som tema och där var lasersäkerheten ett viktigt inslag.

Arbetsmiljö

Bengt Johansson, Lasercentrum i Gnosjö, började dagen med att berätta om arbetsmiljön vid laserbearbetning och problematiken kring detta. Damm, gaser och strålning är de uppenbara farorna för människan vid sidan av ergonomin vid arbetsplatserna. Vid skärning har man som regel god avskärmning medan svetsning kräver mera öppenhet för att kunna utföra arbetet på ett praktiskt sätt. Laserbarriärer finns i flera former – nytt enligt Bengt är väggar av keramiskt skum som inte smälter så lätt. För svagare strålning under ca 200 W/cm² finns också roll-ups som skyddar mot reflexer.

Rök och gaser måste man också se upp med. Bengt berättar att man vid försök på råttor har sett påverkan på lungorna vid när man utsätter dem för ventilationsluft som har passerat filter. Järn är normalt inget större problem men krom och nickel kan ge upphov till allergier; beryllium är mycket giftigt. Tumregeln är att inte släppa ut ventilationsluften i lokalen även om det finns filter. Plaster som PE, PP, PC ger upphov till starka lukter även om koncentrationen ligger under tillåtna gränsvärder.



Figur 1.
Per Börjesson, Swegon AB i Kvänum var värd för Laserdagen. Sedan något år svetsar man framgångsrikt kompletta fläktjul i aluminium med laser.

Undvik att skära i PVC som ger saltsyra, Kevlar som ger cyanväteföreningar och fenolplaster som kan ge cancerogena gaser, säger Bengt Johansson. **Och skär aldrig i okänt material!**

Vid Lasercentrum i Gnosjö har man satsat på ett centralsystem för ventilation med roterande värmväxlare, men för trä och plast krävs passiva värmväxlare.

Ergonomin vid en laserarbetsplats för skärning kan innehålla tunga lyft, klättring på laserborden, hantering av skrot och stoft, och buller från fläktar och kylmaskiner, fortsätter Bengt. Skär- och klämskador kan förekomma i arbetet. Som hjälpmedel finns automatiska laddare, medan standardladdare inte åtgärdar de ergonomiska problemen enligt Bengt. För detta krävs en sorterare. Men investeringskostnaden för en automatladdare är hög vilket kan vara besvärligt för ett mindre företag och kräver hög beläggning och högre lönsamhet.

Övriga aspekter är att farorna ökar vid service och ställ, speciellt vid linjering av laserstrålen kan faran vara stor.

- Linser av ZnSe är giftiga då de innehåller thoriumfluorid, så är man rensar upp efter en lins som har gått sönder eller exploderat så använd mask och handskar manar Bengt.
- Man ska också se upp med frekvensdubblade Nd:YAG-lasrar där även YAG-våglängden kan finnas med och adderas till effekten om den inte filtreras bort.
- Med anknytning till dagens besök på Swegon så ger skärning av aluminium inte jättegiftiga gaser och stoft även om de får betecknas som farligare än de som fås vid skärning av stålplåt, avslutar Bengt Johansson.

Lasersäkerhet

Utbildning och konsulttjänster i lasersäkerhet är en av verksamheterna i Sjögårdsvik AB som ägs och drivs av Urban Widén. Laserstrålning är elektromagnetisk strålning och finns i intervallet 180 nm till ca 1 mm. Den ger huvudsakligen termiska skador men vid kort våglängd finns också risk för fotokemiska skador. Som exempel på styrkan i laserstrålningen visar Urban ett exempel där solljus som kan föras in i ögat genom pupillen ligger i mW området medan en laser kan ge 1 W, alltså storleksordningen 1000 gånger högre effekt. De ”moderna” lasrarna i intervallet 400-14000 nm kan ge näthinneskador medan längre våglängder ger skador på hornhinnan.

Urban visar ett skrämmande exempel på vad en grön laserpekare kan orsaka när den rikts mot ögat. En norsk flicka fick tag på en sådan och lyste in i ögat på sig själv och upplevde då ett skönt rosaaktigt ljus som hon naturligtvis även ville se med andra ögat också. Och en kraftig icke-reversibel synskada blev resultatet!

Urban avslutar med att berätta om AFS 2009:2 som innehåller anvisningar om arbetsplatsens utformning och där man kan hitta information om lasersäkerhet.

Riskbedömning görs för laseranläggningar

Ulf Sandström, Permanova Laser-system AB, har varit med länge och levererat många laseranläggningar med hög effekt. Under 1980-talet var det mest 2D-skärning med CO₂-laser och då räckte plexiglas som skydd. Under 1990-talet kom 3D-anläggningar med CO₂-laser och det krävde större inbyggnader så att inte fokus kan komma på ytan, eftersom en fokuserad CO₂-laserstråle kunde smälta igenom skyddshöljet om den blir ”stående” en stund. Ett krav var också att inte utrustningen skulle kunna vara stillastående med laser på. Lasersäkerheten i en standard 3D skärmaskin är uppbyggd så att man omöjliggör situationen att laserstrålen skall kunna rikts mot inbyggnaden på samma gång som



Figur 2.

Laser cell hos Arwin Meritor i Lindesberg med 9 kW fiberlaser. Robotens rörelser är övervakade via ABB Safe Move (kunde varit Safe Robot hos Kuka), vilken i detta fall bara accepterar TCP riktning neråt och inom en liten volym.



Figur 3.

Fr.v. Bengt Johansson, Michel Honore, Urban Widén och Ulf Sandström berättade om lasersäkerhet under Laserdagen.



maskinen står still. (Trumpf övervakar rörelsen i axlarna säkerhetsmässigt och tillåter ”stråle på” under en kort period om de står still).

De stora inspektionsfönstren är inte enbart plexiglas som i 2D maskinerna, utan är ersatt av övervakade fönster med trådar ingjutna i materialet.

Även Nd:YAG-lasrarna med höga effekter kom på 90-talet och då kunde inte plexiglas användas längre. Istället användes mindre skyddsglas.

Vad gäller lasersäkerhet i robotstationer menar Ulf att det är tre faktorer som är viktiga för lasersäkerheten:

- Storleken på stationen
- Robotens tillåtna rörelse
- Maximal tid för ”stråle på” (t.ex. någon minut för skärtider på 30-40 s)

För varje station så görs en riskbedömning vid projekteringen. I fallet med laseranläggningen hos Arwin Meritor så är robotens rörelse be-

gränsad så att TCP pekar nedåt i en viss vinkel och det finns en maximal tid för bestrålning.

När det gäller fiber- och disklasrar med hög effekt räcker inte betongväggar, avslutar Ulf Sandström, utan det krävs aktiva skydd i väggarna som stänger av lasern.

Risikanalys inom skeppsbyggnad

Michael Honore, FORCE Technology, Brändby, arbetar i ett europeiskt F&U-projekt ”Breakthrough in European Ship and Shipbuilding Technologies”, BESST, där man bl.a tittat på laserhybridsvetsning med målet att utveckla en flexibel, modulär laserhybridsvetstraktor, som kan operera inne i ett inneslutet område utan personal närvarande. Man arbetar här bl.a. med riskanalyser och har utvecklat ett index som tar hänsyn till sannolikheten att en incident inträffar, maximal exponeringstid och grad av skadegörelse. Produkten av dessa tre faktorer blir ett riskindex som man försöker få så

lågt som möjligt. En beräkning visar att "säkerhetsområdet" för en 8 kW fiberlaser med 300 mm fokuserings-optik är 89 m.

Mera information om programmet finns på <http://www.besst.it>

Laserskärning och lasersvetsning i aluminium hos Swegon

Hos Swegon i Kvänum tillverkas luftbehandlingsaggregat. Ett produktnamn är GOLD, som består av en serie luftbehandlingsaggregat med direktdrivna till- och frånluftsfläktar, till- och frånluftsfilter och värmeväxlare. Dessa kan vara av typen roterande värmeväxlare, plattvärmeväxlare eller batterivärmeväxlare.

Fläkthjulen till aggregaten tillverkas i aluminium i en volym på ca 20000 st/år och finns i sex storlekar. Man pressar alla plåt detaljer själva och laserskär och lasersvetsar samman alla komponenter.

- Tidigare hade vi 12 operationer i tillverkningen av fläkthjulen, berättar Per Börjesson. Men nu är det bara fyra kvar, lager, pressning, laserskärning/lasersvetsning och fläktnmontering. Ledtiden har minskat från 15 till två dagar.

Fixtureringen för både skärningen och svetsningen är egenutvecklad och är "nyckeln till framgången" enligt Per. Tillverkningsprocessen har beskrivits tidigare i LaserNytt 3/11.

Ett av huvudskälen till att införa lasersvetsning, berättar Per, var att den manuella riktningen gav förslitningsskador på personalen. Men med lasersvetsningen behövs ingen riktning. Vi har installerat lyfthjälpmiddel till fixturer och större fläkthjul och har arbetsplattformar med höj- och sänkbara bord för att underlätta arbetet.

Andra aspekter på arbetsmiljön är att det blir mycket rök vid laserskärningen och det syns på filtren när man byter dessa. Man har därför satt tak på cellen och anpassat utsugen. Aluminium kan också ge kraftiga reflektioner som kan gå upp i taket och ner igen på grund av att ljudisolereringen var blank.



Figur 4.
Innanmätet i ett luftbehandlingsaggregat från Swegon. T.h. fläkthjul och del av en roterande värmeväxlare.



Figur 5.
Laserskuret och lasersvetsat fläkthjul



Figur 6.
Laserskärning och lasersvetsning av fläkthjulen sker i en TruLaser cell 7020 med 6 kW CO₂-laser.



Figur 7.
Sami Tietäväinen, visar en stansad och bockad komponent.



Figur 8.
Stans- och bockningslinje från Salvagnini installerades i en ny lokal 2011. I slutet av linjen finns en robot som staplar de färdiga luckorna.

- Vi har förbättrat ergonomin vid arbetsplatserna väsentligt och har fått nya lärdomar om reflexer och rök och damm, avslutar Per Börjesson.

Ny stans- och bockningslinje

Dagen avslutas med en rundvandring i fabriken där vid guidades av Sami Tietäväinen, produktionstekniker, som har varit med och byggt upp produktionssystemet. Man har bl.a. tre Trumpf stansmaskiner med höglager som sköts av en operatör. I en avdelning för manuell kantpressning finns 6 Beyler kantpressar. Tre stans- och bockningslinjer från Salvagnini, där en linje installerades i en ny lokal 2011. Där hanteras 30 plåtsorter i ett höglager och en robot staplar de färdiga komponenterna. Lasersvetsningen sker i en Trumpf TruLaser Cell 7020 med en 6 kW CO₂-laser.

Monteringen av aggregaten sker i stationsmontering. Man har supermarkets för gods och komponenterna transporteras ut till arbetsplatserna 8 gånger per dygn med ett slingtåg.

Lasegruppen vill tacka för ett bra arrangemang och en intressant Laserdag. ■

Fakta om Swegon

Swegon AB ingår i Latour-koncernen och tillverkar och marknadsför produkter och lösningar för ventilation och inneklimatsystem.

Vision

Vi skapar världens bästa inomhusklimat för människor och miljö.

Våra produkter och system ska inte bara vara världens bästa för människan utan också för miljön. Vi ska vara det mest miljöeffektiva företaget i branschen. Vårt miljötänk vinner alla på, både idag och imorgon.

Inklusive utländska försäljningsbolag, har Swegon totalt cirka 1350 anställda och omsätter cirka 310 M Euro. Swegon har 16 säljkontor i Sverige.

"Challenge 2015" innebär att omsättningen ska fördubblas till 600 M Euro.

Exportförsäljningen är betydande och sker genom koncernens säljbolag i Finland, Norge, Danmark, Tyskland, Belgien, Frankrike, Estland, Spanien, Italien, Schweiz, Österrike, Polen, Tjeckien, Slovakien, Nederländerna, Storbritannien och USA samt till övriga länder via återförsäljare. Företagets produktionsenheter och laboratorier finns i Kvänum, Arvika, Tomelilla, i S:t Karins Finland och Cantarana di Cona, Italien.

Swegon AB är kvalitets- och miljöcertifierat enligt SS-EN ISO 9001 och ISO 14001.

Kvänum fabriken

Den största av våra fem fabriker och även Swegons huvudkontor. Här tillverkas luftbehandlingsaggregat.

Mitt på Varaslätten, ett område känt för sin entrenörskap och de många stora industrierna, ligger Kvänumfabriken. Härifrån har Swegon tillverkat och levererat luftbehandlingsaggregat i mer än 50 år.

Den stora produktionsenheten är mer än 36.000 kvm. Totalt arbetar 350 personer vid fabriken i Kvänum där det också finns en stor utvecklingsavdelning och moderna provanläggningar: GOLD-serien, de banbrytande enhetsaggregaten som har satt standarden för luftbehandlingsteknik, tillverkas här. Likaså den relativt nya COMPACT-serien.

Lång historia

År 1952 startade Plåtmekano som är övergick i PM Luft 1983. Den 1 januari 2005 slogs PM-LUFT och Stifab Farex samman till ett gemensamt bolag, Swegon. År 2010 köptes BlueBox från Italien.

Farex bildades redan 1932 och Stifab 1974. De gick sedan tillsammans i Stifab Farex 1995.

Avancerade processgaser för svetsning med CO₂ och fiberlaser

B. Williamsson, AGA Gas AB

1. Hur processgaser kan förbättra svetsresultatet

Processgasen vid lasersvetsning har ett antal olika funktioner;

- Smältan ska skyddas mot påverkan från den omgivande luften.
- Skydda optiken i svetshuvudet.
- Underlätta inträngning (alternativt ge möjligheter till en hög svetshastighet).
- Förbättra ytfinishen hos svetsen.
- Minska oxidationen.

Rätt gas och en korrekt utförd gas-tillförsel ger stabila svetsresultat samtidigt som kvalitet och lönsamhet optimeras, framför allt genom att korrosionsproblem, sprickbildning och porer undviks. Oxidfria svetsar med hög ytfinish kan produceras genom att använda en optimerad gasblandning.

2. Processgaser spelar en viktig roll vid svetsningen

Figur 1 visar hur en korrekt användning av processgaser kan förbättra svetsresultatet. Skillnaden i resultat hos proverna svetsade med resp. utan gas i fig 1 kan förklaras utan större problem. Processgasens inverkan är dock lite mer komplex, figur 2. Vid en titt på ytfinishen framstår det ganska tydligt att svetsen blir jämnare och rakare när munstycket placeras framför svetsen (trailing nozzle). Orsaken till detta är trycket som gasströmmen utövar på smältan, i dess rörelseriktning när den strömmar runt nyckelhålet och bildar svetsgodset. När å andra sidan, munstycket placeras bakom svetsen (leading nozzle), kommer processgasens och smältans rörelse att vara

direkt motsatta vilket i vissa fall kan ge en mer instabil process. Vad orsakar den stora skillnaden i svetsbredd och inträngning? Att döma av storlek och djup hos svetsen framstår det ganska klart att en trekomponentsgas, t.ex. LASGON C1 (Ar/He/CO₂) eller en Ar/He/H₂-blandning förbättrar energiöverföringen i nyckelhålet. Vid en titt på längsgående sektioner av proverna kan en homogen kristallstruktur och en reduktion i antalet porer ses för tre-komponentsgaserna. Orsakerna är inte helt klarlagda och utgör grund för vidare undersökningar. Ökningen av inträngningen med trekomponentsgaserna i kontrast mot Ar/He och Ar/H₂ är också tämligen markant.

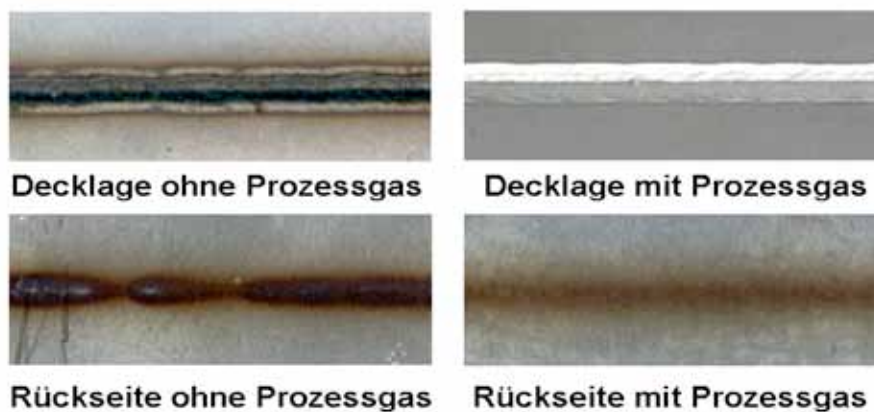
3. Egenskaper hos processgaskomponenter

Argon är en inert gas, dvs gasen deltar inte aktivt i svetsprocessen, vare sig kemiskt eller fysikaliskt. Hög densitet ger goda möjligheter till ett fullgott gasskydd. Argonet har dock en tendens att bilda stora mängder plasma vid CO₂-lasersvetsning, framför allt vid högre lasereffekter,

något som lätt drar ner prestanda hos processen.

Helium är, precis som argon, en inert gas. Gasen kan inte absorbera några större mängder energi (som de fleratomiga gasmolekylerna). Helium är dock hög värmeledningsförmåga och har den högsta värmeöverföringskoefficienten av alla gaser. Studier har visat att inblandning av aktiva komponenter kan förstärka de positiva egenskaperna hos helium. Helium ger stora fördelar när det gäller minimering av plasmavärdet vid svetsning med CO₂-laser.

O₂, H₂ and N₂ kan lagra stora energimängder. Gaserna bildar reaktiva radikaler med hög penetrationsförmåga under svetsförloppet. Radikalerna, speciellt oxygen, strävar efter att ständigt fylla sina elektronskal vilket ökar absorptionsförmågan. Det är också känt att metalljoner och fria elektroner produceras i nyckelhålet vid svetsning med CO₂-laser, något som också är aktuellt med de nya disk- och fiberlasrarna på marknaden.. Rätt utnyttjat kan detta öka möjligheten till absorption, transport och emission av energi.



Figur 1.
Svetsar i rostfritt stål med och utan processgas.

Koldioxid är också en mycket intressant komponent för lasersvetsapplikationer. Dissociation till oxygenatomer (som snabbt reagerar och bildar O_2 -molekyler) och CO startar vid 1500 Kelvin. Under reaktionerna kan 293 kJ/mol absorberas utan att högreaktiva radikaler bildas. Detta innebär att koldioxid effektivt kan absorbera energin från plasmata, men också återföra densamma till arbetsstycket utan att orsaka extrem oxidation eller uppkolning.

4. Högkvalitativ lasersvetsning kräver gasförsörjning av lika hög kvalitet

En lasersvetsapplikation kan bara optimeras via gasblandningen om möjligheter finns att justera gasmunstyckena på ett exakt och reproducerbart sätt. För att nå en tydlig förbättring bör gastillförseln anordnas enligt nedan, **figur 3**.

4.1. Hur ett lateralt processgasmunstycke bör vara designat

För att utnyttja alla möjligheter som processgaserna ger vid lasersvetsning bör munstycket uppfylla vissa krav. Givetvis kan design och utförande på svetshuvudet begränsa möjligheterna. Munstycken bör vara enkla att demontera för rengöring och

utbyte, utan att positioneringen går förlorad. Olika typer av mätskalor (referenser) bör inkluderas på varje justerbar del för att skapa möjligheter för snabb och exakt inställning.

För att uppnå god repeterbarhet bör alla ingående parametrar för justering av gastillförseln registreras och kontrolleras.

4.2. Parametrar hos ett lateralt gasmunstycke

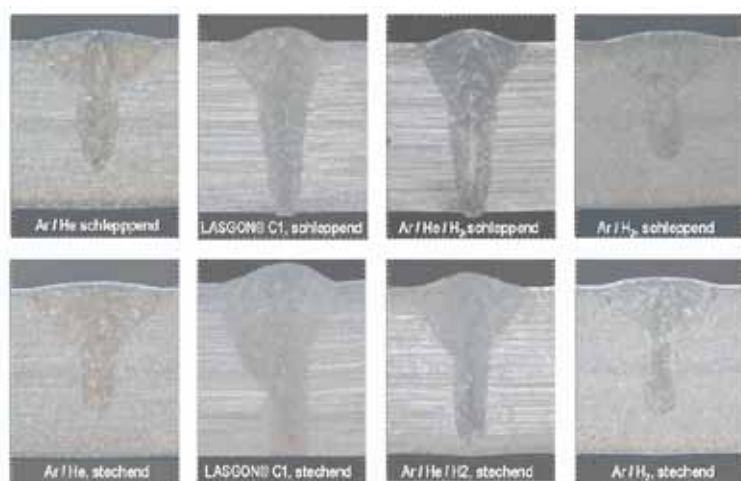
Vilka parametrar för munstycket bör kunna justeras med god reproducerbarhet, och hur? För själva munstycket räcker det att använda ett enkelt rör i koppar eller rostfritt stål. Röret bör hållas rakt över en längd $> 6 \times$ rördiametern så att gasen kan lämna munstycket utan onödig turbulens. Det bör också finnas möjligheter avläsa den exakta positionen hos munstycket med hjälp av en skala eller någon typ av mätutrustning och definierade referenspunkter. För massproduktion rekommenderas att munstyckena kan positioneras "automatiskt" med hjälp av ett mekaniskt stopp eller liknande. Diametern på munstycket överstiger normalt 6 mm för att säkerställa ett fullgott gasskydd och ett jämnt gstryck på smältan. Munstycket bör också positioneras så nära svetsstället som möjligt utan att laserstrålen påverkas, eller att munstycket skadas av den

höga temperaturen. Munstyckets axel bör riktas exakt mot laserstrålens axel och normalt möta denna strax över plåtytan. Vinkeln mellan munstycket och materialet (α) bör kunna justeras mellan 30° och 60° . Ett vanligt värde på vinkeln är $\alpha = 40^\circ$. Vid ändring av fokusering är det viktigt att komma ihåg att också positioneringen av munstycket kan behöva justeras.

5. Summering

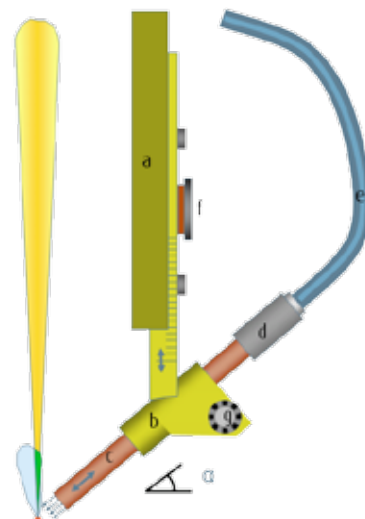
Mer än 99% av den omgivande luften består av komponenter som kan påverka resultatet negativt vid lasersvetsning. Val och tillförsel av gas vid lasersvetsning är därför lika viktigt som valet av skyddsgas för t.ex. MAG-svetsning.

Lasern får ofta skulden för svetsproblem, när problemen oftast har sitt ursprung i valet av processgas och gasparametrar. En optimerad processgas kan förbättra möjligheterna till ekonomisk och högkvalitativ lasersvetsning. Idag utförs lasersvetsning ofta med CO_2 -laser, utvecklingen av disk- och fiberlaser för svetsning kommer också att ställa krav på gasoptimering. I dessa fall blir gasvalet enklare p.g.a den kortare våglängden, men det finns även här utrymme för optimering av processgasen, gasparametrarna och gasförsörjningsutrustningen. ■



Figur 2.

Tvärsnitt av lasersvetsade prover. Skillnaden i inträngning beror på ändringar i processgasblandning och på munstycksparametrar.



Figur 3.

Munstycke för lateralt processgas försörjning med enkel justering

The best of both worlds

Fiber and CO₂ laser cutting: The job shop WF Mechanik is at home in both worlds. Its BySprint Fiber with a 3 kW laser output and its Bystar 4,4 kW CO₂ go together like two parts of a jigsaw puzzle.

Martin Engel, Bystronic Laser AG.
Photos: Michael Meier

In South Tyrol, which straddles boundaries in more ways than one, things sometimes seem a little less clear-cut than elsewhere. On the one hand, the region around the provincial capital Bozen is Italy's northernmost province; on the other hand, the main language is not the official national language, but German. "On the one hand," Alexander Weissteiner explains, "our shop runs a pretty agile operation, as is customary in Italy." This means that even rush orders do not make them break into a sweat. "On the other hand, we work in a typically German way – thoroughly," says the co-owner of the family business and job shop WF Mechanik. Another example of this ambivalence is that on the one hand, WF Mechanik aims to cut thin sheet metal as fast as possible – and on the other hand, thick sheet metal should be cut as economically as possible. In South Tyrol, it seems, flexibility is a touch more important than elsewhere.

Flexibility in laser cutting is where the Bystar really shines. Alexander Weissteiner also thinks highly of this machine, which has been in operation at WF Mechanik for several years with its 4.4 kilowatt laser output, its cutting area of four by two meters, and the optional rotary axis:

"Una Signora Macchina" you would respectfully call it in Italian, he chuckles.



4,4kW CO₂ Bystar cutting thick sheet.

In addition to its versatility, he also points out its reliability and precision. Then again, at WF Mechanik, many orders include the processing of thin sheet metal. And in this area, says Alexander Weissteiner, another technique is increasingly becoming the standard: Fiber laser cutting. He recalls his first encounter with this process, which was two years ago at the Euroblech. He visited the trade fair with his father, who had founded the company in 1999. At the Bystronic stand, they asked for a demonstration of the newly launched BySprint Fiber.



WF Mechanik in South Tyrol.

“It was awesome,” the company’s junior manager exclaims.
“It was obvious to us that this was the future of laser cutting.”
No CO₂ laser can compete with the fiber laser’s cutting speeds – while maintaining a very high level of cutting quality.

There was only one catch:

“Two kilowatts were not enough for us,” Alexander Weissteiner says.
“We definitely wanted at least three.” Why? “Because of flexibility.” After all, we are in South Tyrol. But what exactly does that mean? **“We wanted the BySprint Fiber to be able to support the Bystar with medium sheet thicknesses as well,” Alexander Weissteiner explains.**

And then something happened that gave those responsible at Bystronic a real headache. Alexander Weissteiner leans far over the solid wooden desk and lowers his voice:

“We contemplated”, he whispers in a mock provocative undertone, “buying another supplier’s product.”

It might not have been as good as a BySprint Fiber, but it operated at three kilowatts. It was virtually a race against time, since the BySprint Fiber with the desired laser output was already in the pipeline. And so, the Weissteiner family was offered the opportunity to become a test customer for this machine.

“The way in which Bystronic reacted to this challenge was brilliant. We agreed immediately,” Alexander Weissteiner explains as he drops back into his chair.

Tremendously fast and versatile

At the end of 2011, the time had come: The long-expected machine was delivered and assembled. An earlier delivery had not been possible because the factory buildings at the new



location had first to be renovated – the Weissteiners required more room for further growth and had bought the real estate and buildings of a former sawmill. In combination with the Bystar and a storage system from Italian supplier Antil, the BySprint Fiber was to form a fully automated laser cell. And what a laser cell it is: The warehouse, which is also brand new, consists of 450 cassettes.

“About half of them are currently in use,” Felix Weissteiner explains during a tour of the extensive factory buildings.

He indicates in the direction of the welding workstation, where 50 additional storage cassettes are currently being installed for the warehouse. Nearly 40 different materials in numerous thicknesses are currently being held in storage. Felix Weissteiner estimates the current warehouse stock to weigh approximately 1.000 tonnes, and it will be extended successively, especially with 3D semi-finished products such as piping and profiles.

“We can fill the cassettes with material up to six meters long, two meters wide, and half a meter high,” Felix Weissteiner explains, as the warehouse’s transport unit carries an eight-millimeter thick aluminum sheet to the BySprint Fiber.

The machine is cutting parts for a balcony parapet for the newly con-



structed office building that the company has recently moved into.

But back to the machine trials.

“Okay, we were on tenterhooks for the first week”, Alexander Weissteiner admits. There were slight doubts as to whether hosting the trials had really been such a good idea, he says. “But then everything went extremely quickly – from the second week on, we were already doing eight continuous hours of cutting a day on the BySprint Fiber.” And in the following months, the machine was not idle for a single day. **“It’s absolutely reliable”, Alexander Weissteiner says, visibly taken with the BySprint Fiber, which certainly did not get the kid glove treatment in his factory, he emphasizes.**

And since then, his job shop has been gaining experience – positive experience.

“On a one to ten scale, I’d give it a straight ten”, he declares.

And how does the machine merit this top rating?

“You see”, Alexander Weissteiner explains, “laser cutting systems are quite widespread, and hence the margins automatically decrease.”

Job shops therefore require systems that can reduce the part costs. “Otherwise, you get priced out of the market,” Alexander Weissteiner sums up. “Thanks to the BySprint Fiber, we can face this cost pressure with a smile on our faces,” he continues in a relaxed manner.

The immense cutting speeds with thin materials are sufficient to ensure that no job shop anywhere in the vicinity is capable of undercutting WF Mechanik’s prices for processing sheet metal up to three millimeters thickness. His personal experience can be summed up in just a few words:

“We win every contract.” This price advantage cannot simply be offset by a smart pricing policy in purchasing materials. After all, the days are over when one company was able to purchase raw materials at a considerably lower price than its competitors, Alexander Weissteiner explains.

Speed runs through the BySprint Fiber’s concept like a common thread. At under a minute, the system starts up as fast as the computer, says Alexander Weissteiner with amazement.

“As an entrepreneur, I’m delighted: The period in which we are not productive is further reduced,” he explains, adding that the table changing happens even faster than with the ByStar.

The price advantage that WF Mechanik is able to achieve thanks to

the BySprint Fiber is not only due to the machine’s speed, but also to the operating costs, which are lower than those of a CO₂ laser cutting system. Because of their design, fiber lasers require less maintenance, and their efficiency is nearly twice that of a CO₂ laser. This means that they consume less electricity. The actual power consumption of a 3-kW fiber laser is 19.4 kilowatts. In contrast, a 3.3-kW CO₂ laser draws 40 kilowatts, and a 4.4-kW machine uses 51 kilowatts. Further taking into account that a fiber laser does not require gas in order to produce a beam, the operating costs of a 3-kW fiber laser come to roughly 2.90 euros per hour. In contrast, the operating costs of the CO₂ lasers are 6.70 euro (3.3 kW) and 8.30 euro (4.4 kW) per hour, respectively.

But let us return to the previously mentioned time savings. Are these actually economically relevant?

“Of course”, Alexander Weissteiner replies, “we have enough orders to run the machine at full capacity.” Because more runtime is available, more parts can be cut.

Thanks to the BySprint Fiber, WM Mechanik’s two laser cutting systems are capable of processing an above-average number of additional orders than the Bystar by itself. In other words: The equivalent of one and a half shifts’ worth of orders have been transferred from the Bystar to the BySprint Fiber. There, together with newly acquired orders, they make up one shift. These new orders were won because of the lower prices for thin sheet metal processing on the one hand, and on the other, because the BySprint Fiber is also capable of processing non-ferrous metals. For instance, Alexander Weissteiner’s latest customer now has his brass parts cut by WF Mechanik instead of by a waterjet cutting company.

Like parts of a jigsaw puzzle

“The Bystar and the BySprint Fiber complement each other really excellently,” Alexander Weissteiner explains: “Like two matching



parts of a jigsaw puzzle.” And the two machines are used according to their strengths: Non-ferrous metals are processed by the BySprint Fiber, while four-by-two-meter metal sheets and tubing are handled by the Bystar.

Aluminum and stainless steel up to six millimeters and steel up to four millimeters are practically always assigned to the BySprint Fiber.

“In this range, it can be several times faster than the Bystar,” Alexander Weissteiner explains. And the thinner the material, the greater the difference. Anything that is thicker than these values tends to be cut on the Bystar. Although, Alexander Weissteiner explains, thanks to the BySprint Fiber’s three kilowatts, there is an abundant overlap between the two machines in which flexible operation is possible. “We cut stainless steel sheets of eight millimeters thickness nearly as economically on the BySprint Fiber as on the Bystar,” Alexander Weissteiner says.

And once again, he returns to the reasons why he and his father definitely wanted a BySprint Fiber with an output of three rather than two kilowatts: On the one hand, WF Mechanik wants to be capable of accepting an order to process, for example, 12-millimeter stainless steel, even if the Bystar is operating to capacity.

“With such an order, the individual part may cost us a little more on the BySprint Fiber than on the Bystar, but we have the job and can deliver on time,” he adds.

On the other hand, the BySprint Fiber with three kilowatts can still be operated to capacity even if from time to time fewer thin sheet metal orders are received.

And hence, there is no doubt in Alexander and Felix Weissteiner’s minds that they will take over the BySprint Fiber on the agreed terms after the approaching end of the test phase:

“Of course we will buy it,” the junior company manager responds immediately. All the more so because the company is pleased not only with the machine, but also with Bystronic Italia’s service, he says. “The support is excellent,” Alexander Weissteiner says with obvious satisfaction: “Here too, I’d award top marks.”

His satisfaction also stems from the excellent cooperation between Bystronic and Antil in integrating the machines into the warehouse.

“We did not have to worry about a thing,” Alexander Weissteiner says. “On the one hand”, he adds, “Bystronic would have naturally liked to sell us its own Bycell warehouse system. On the other, Bystronic continued to give us excellent support even after we chose Antil.” And obviously, it is exactly this type of flexibility that he as the customer desires. Particularly in South Tyrol, where the best of two worlds comes closer together than elsewhere.

WF Mechanik

WF Mechanik was founded in 1999 in Klausen/South Tyrol and manufactures approximately 24 million finished and semi-finished parts for the processing industry per year and generates an annual turnover of approximately 5 million euros. The company employs a workforce of nearly 40.

www.wfmechanik.it

TRUMPF

Laser Processing



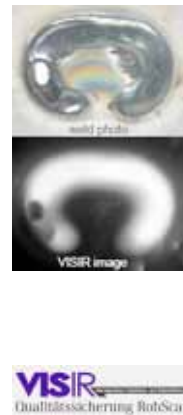
Shape the future with light

www.se.trumpf.com

LASERBEARBETNING AV "NYA" MATERIAL OCH KVALITETS-SÄKRING VID LASERSVETSNING

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Ett synnerligen intressant föredrag hölls av Ulix Götsch från Daimler AG. Mercedes har ju anammat RLW [Remote Laser Welding] -tekniken och svetsar idag merparten av sina påhångsdetaljer (sidodörrar, motorhuvar och bakluckor) med denna teknik. Vanligtvis rör det sig om zinkbelagda tunnplåtsdetaljer i tjocklekar mellan 0,6-1,25 mm, svetslängden ligger mellan 18-25 mm för de C-formade svetsarna, och antalet svetsar per påhångsdetalj varierar mellan 50-100 stycken. Svetsningen utförs med Daimlers egenutvecklade Robscan-koncept och verktyget PFO3 från Trumpf. I och med den stora omfattningen av fjärrlasersvetsning har det varit nödvändigt för Daimler att ta fram ett tillförlitligt, men samtidigt användarvänligt, verktyg för kvalitetskontroll. Därför har man utvecklat sitt s.k. VISIR-verktyg [Fig. 18], vilket skall uttolkas som "Visual Infrared Tool". Till själva "scanner"-verktyget finns en CMOS-kamera kopplad, som registrerar den återreflekterade värmen från svetsen i våglängdsområdet 400-900 nm och



Figur 18.

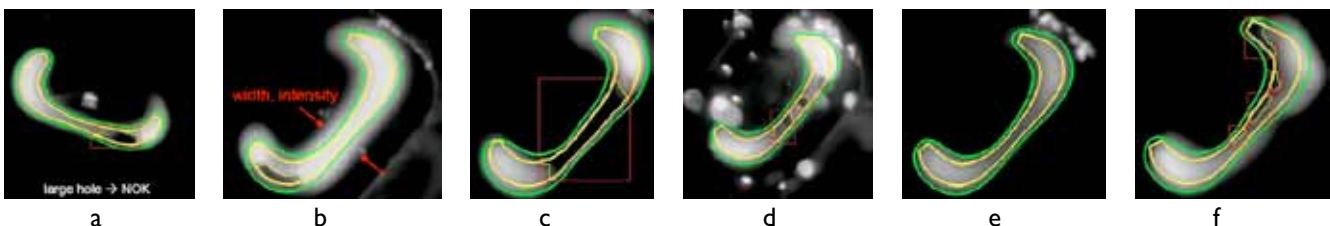
Det av Daimler utvecklade VISIR-verktyget möjliggör kvalitetskontroll "on-line" av "scanner"-svetsar genom att registrera den återreflekterade värmen från lasersvetsen med en CMOS-kamera. T.v. syns systemet integrerat i ett PFO3-verktyg från Trumpf, och därjämte kan man se den goda överensstämmelsen i utseende mellan den verkliga svetsens defekt och kamerabildens.

som har en upplösning på 336×336 pixlar. Som referens används bilden från en perfekt och godkänd svets,

vilken har en viss kontur.

Med hjälp av VISIR är det möjligt att detektera defekter som:

- Hål i svetsen [Fig. 19a]
- Otillräcklig bindning, vilket visar sig i form av att värmen spridit sig utanför svetskonturen [Fig. 19b]
- Avbrott i svets [Fig. 19c]
- Avsaknad av tillräckligt gap mellan plåtarna vilket visar sig i form av svetsssprut [Fig. 19d]
- Otillräcklig lasereffekt [Fig. 19e]
- Felaktig svetsgeometri p.g.a. kommunikationsproblem mellan robot och "scanner"-enhet [Fig. 19f]



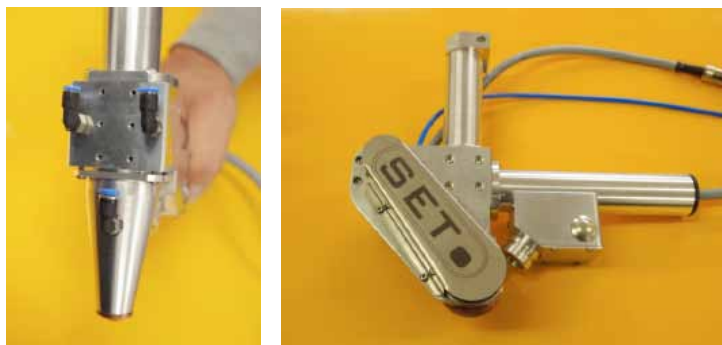
Figur 19.

Ölika svetsdefekter som kan upptäckas i realtid med hjälp av VISIR-verktyget; fr.v. hål i svets, otillräcklig bindning mellan plåtar, avbrott i svets, svetsssprut, otillräcklig lasereffekt och felaktig svetsgeometri.

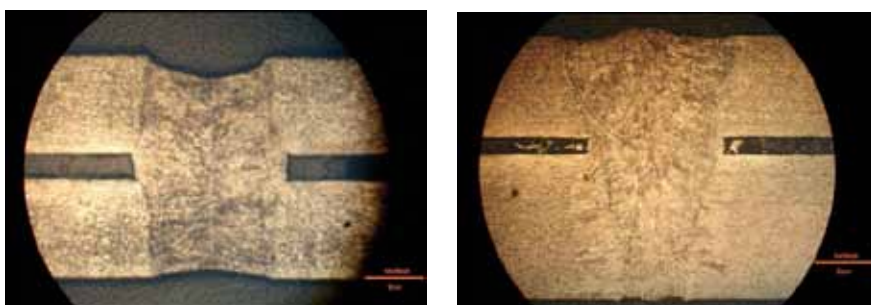
Dr. Götttsch avslutade med att säga att denna kvalitetskontroll rönt stor uppskattning bland produktionspersonalen, detta mycket p.g.a. att kamerabilden korrelerar mycket väl med det verkliga defektutseendet, och att man inte behöver tolka en monitorsignal vilket är fallet i de flesta andra processövervakningssystem. Vidare är VISIR en tillförlitlig teknik som ger ytterst få felaktiga larm, samtidigt som det bedömdes vara billigare än andra på marknaden förekommande övervakningssystem.

Dr. Christian Schmid från SET Ltd., vilket är ett avknopningsföretag från LaserZentrum Hannover och geografiskt beläget i Seelze, berättade om olika typer av handhållna laserverktyg [Fig. 20]. Dessa menade Dr. Schmid främst kan komma till användning då det gäller svetsning eller reparation av stora komponenter inom exempelvis flyg- och rymdindustrin, då det är lättare att transportera laserutrustningen till de aktuella komponenterna än tvärtom. De laserkällor som främst blir aktuella i dessa mobila utrustningar är pulsade lasrar med effekter under 1 kW och pulslängder mellan 0,5-10 millisekunder alternativt cw-lasrar med effekter upp till 10 kW. Några exempel på handhållna verktyg är HDL [Handheld Driven Laser Head] där framföringen av laserstrålen sker helt manuellt, och HPL [Hand Positioned Laser Working Head] där verktyget positioneras manuellt men där förflyttningen av laserstrålen sker med linjärmotorer utefter två eller flera axlar. För att utföra långa, raka svetsar med höga effekter kring 10 kW kan man använda mobila portalrobotsystem. Dessa anbringas då på plats med handkraft eller med hjälp av lyftdon.

Dr. Schmid redogjorde vidare för några praktikfall, och bland dessa kan nämnas reparation av vingroder till Airbus A380 där man hade använt sig av en 5 kW diodlaser från Laserline, samt pulsad laserpåläggning för reparation av turbinblad till flygplansmotorer. I samarbete med Volkswagen AG har man tittat på möjligheterna för karossreparation med hjälp av handhållna verktyg i



Figur 20. Exempel på några handhållna laserverktyg från företaget SET i Seelze, Niedersachsen.



Figur 21. Jämförelse av svetskvaliteten mellan en robotiserad lasersvets (4 kW, 5,5 m/min) t.v. och en som är manuellt utförd (1,7 kW, 1,6 m/min) med ett handhållet verktyg (t.h.).

områden som dörrflänsar, golvpaneler och takfogar, och där man visat på att svetskvaliteten kan bli minst lika bra som vid robotiserad lasersvetsning [Fig. 21]. En annan aspekt är att handhållna verktyg kan vara en mer kostnadseffektiv lösning vid prototypstillverkning och lågvolymstillverkning av karosser.

Intressanta bilapplikationer

Att olika former av laserbearbetning vid karosstillverkning är etablerade tekniker visar sig inte minst i att det blir allt glesare mellan EALA-presentationer av nya applikationer. Dessa var nämligen ganska få i år, men några tål likväl att lyftas fram.

Låt mig därför börja med Florian Oefeles redogörelse av den taktila lasersvetsning som görs på nya BMW 1-seriens plumbalk [balken under vindrutan, Fig. 22], en komponent där svetsarna har täthetskrav mot läckage. Detta är ju en traditionell BMW-lösning som förekommit på 5-seriens plumbalkar i såväl stål som aluminium. För 1-serien är det zinkbelagt stål som gäller, och plumbalken sammanbyggs med resten av mellanbrädesstrukturen i en delsammansättningscell [Fig. 22].

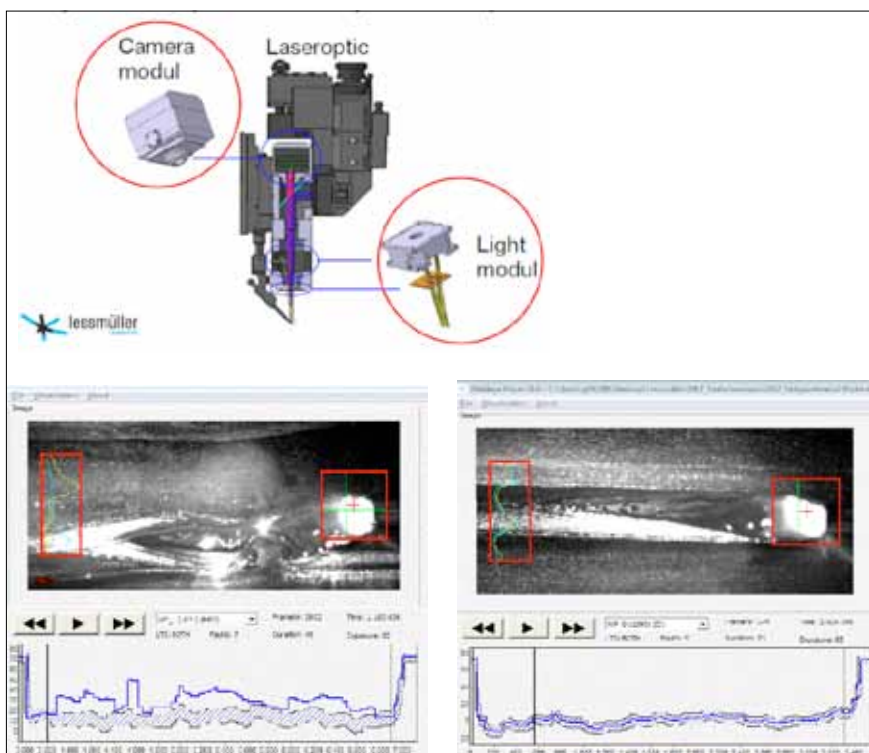
Den totala lasersvetslängden uppgår till 2,6 meter, stationscykeltiden är 60 sekunder och den dagliga produktionen i fabriken i Regens-



Figur 22. Plumbalken till nya BMW 1-serien lasersvetsas med två 1.297 mm långa kontinuerliga lasersvetsar för att garantera en hög vridstyvhet och täthet mot läckage.

burg, München och Leipzig uppgår till 1.100 enheter. Plumbalken, som består av två halvskalet häftsveksam först med ett antal punktsvetsar varpå enheten positioneras i en fixtur med hjälp av robot. Svetsningen utförs som två kontinuerliga lasersvetsar om vardera 1.297 mm. Laserkällan är en 4 kW fiberlaser från IPG ur vilken man tar ut ungefär 3,5 kW. Laserstrålen distribueras via en 600 µm optisk fiber till ett Scansonic svetsverktyg av typen ALO3, vilket i sin tur manipuleras av en ABB-robot. Lasersvetsen är en kälfog och därmed löser man enligt Herrn Oefele problemen med klassisk zinkavgasning och undviker därmed porositet i svetsgodset. Kälfogen gör det också möjligt att använda tillsatstråden [G3Si1 med 1,0 mm diameter] som taktill följare, medan Argon [15 l/min] används som skyddsgas. Tråden matas med en hastighet av 5 m/min medan framföringshastigheten vid lasersvetsningen ligger på 3 m/min med laserstrålen orienterad 5° släpande. Man använder sig av ett processövervakningssystem från företaget Lessmüller som kallas "Weldeye" och som bygger på höghastighetsfilmning av svetsförlopp och – smälta [Fig. 23]. Enligt Herrn Oefele är de vanligast förekommande svetsdefekterna porer, svetssprut och avbrott i svets. Några exempel från "Weldeye" visade på svetsprocessens känslighet med avseende på hur tillsatstråden positioneras i förhållande till laserstrålen. Pinsamt nog måste Herrn Oefele erkänna att man i vissa fall snarare svetsat i fixturen än i plåt detaljerna p.g.a. en sådan felaktig upplinjerings. Denna lasersvetsade plumlösning kommer också att introduceras på kommande 3Reihe-modeller som snart kommer ut på marknaden.

Som tidigare nämnts i denna redovisning så är *Daimler* en stor anhängare av "scanner"-svetsning och har framgångsrikt fört in denna teknik på ett stort antal stålkomponenter. Men i den viktsbesparingsjakt som är legio inom karossbranschen idag har kollegorna i Sindelfingen börjat snegla på att introducera tekniken även på aluminiumapplikationer.



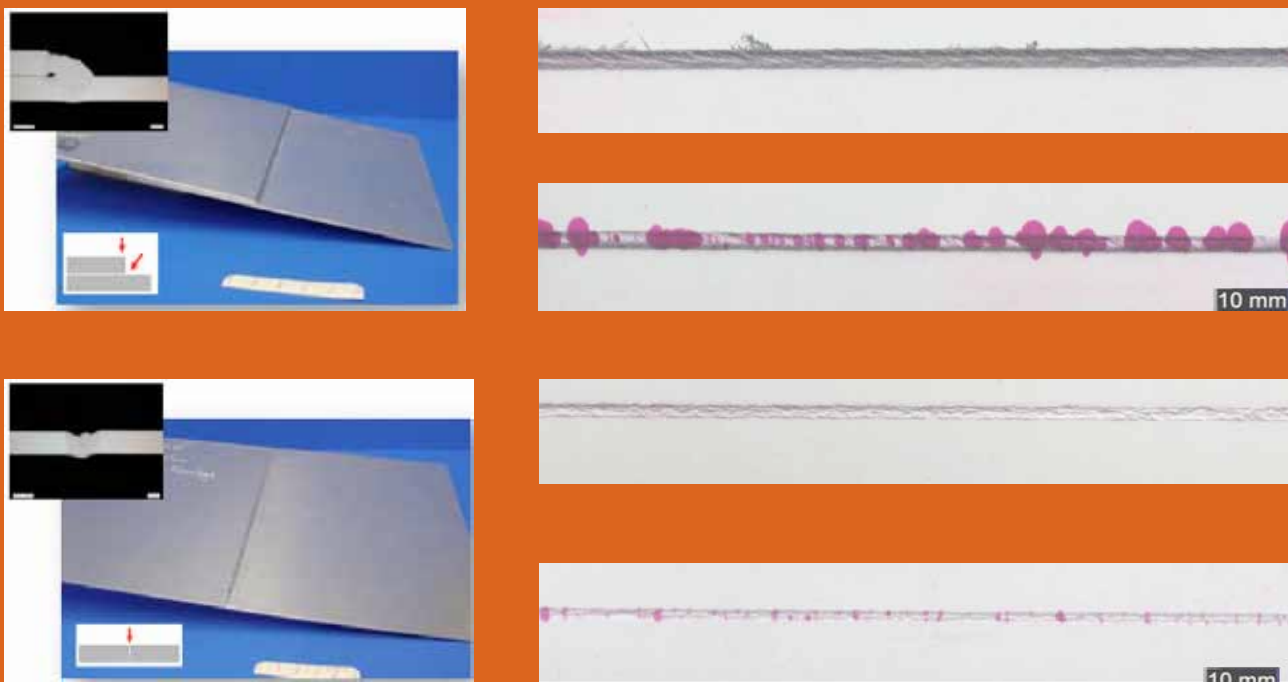
Figur 23.

För processövervakning använder sig BMW av Lessmüllers "Weldeye"-system som bygger på höghastighetsfilmning av smältan. Den vänstra monitorbilden illustrerar beteendet vid en felaktig inmatning av tillsatstråden i förhållande till laserstrålen, medan bilden t.h. visar på en korrekt positionering.

Men att lasersvetsa aluminium utan såväl skyddsgas som tillsatsmaterial, det senare är ju mer eller ett måste för att undvika varmsprickor i svetsgodset, är en utmaning som heter duga. Dock tror man sig se en lösning i det "clad"-material som marknadsförs av *Novelis Switzerland SA* under beteckningen "Fusion 8840". Nu redogjorde Cyrille Bezencon från *Novelis* hur detta koncept fungerar. Materialet är i princip ett 6000-material men är uppbyggt som en sandwich med en kärna av AA6016 och med "skal" av en hemlig 6000-legering som är speciellt utvecklad för att undvika varmsprickor. Monsieur Bezencon redogjorde för lasersvetsförsök som hade gjorts med en 4 kW TruDisc 4002 från *Trumpf* med en strålkvalitet på 8 mm*mrad och 1030 nm våglängd. Laserstrålen matades till "scanner"-verktyget, som var av typen PFO 3D med en fokallängd på 450 mm, via en 200 µm optisk fiber. Förbättringen av svetskvaliteten, då "fusion"-materialet jämfördes med normalt 6000-material, s.k. Ac-170, var slående [Fig. 24]. Intressant var också att kortare svetsar tycktes vara

mer sprickbenägna än långa, kontinuerliga sådana. Sammanfattningsvis kan sägas att man i laboratoriemiljö överlappssvetsat två stycken 1,0 mm tjocka "Fusion 8840"-plåtar med full penetration vid 22 m/min i svetshastighet, och att en spalt mellan plåtarna på 0,4 mm var överbryggbar.

Bakdörrar och bakluckor i plast, typ polyetenbaserad SMC [Sheet Moulding Compound] har ju varit ett signum på många Renault-produkter under årens lopp såsom modellerna Espace 2, Laguna, Megane 2 och VelSatis. Komponenterna har hittills tillverkats av olika underleverantörer, men här på EALA berättade Hichame Roumadni att man fortsättningsvis kommer att producera dessa påhångsdetaljer internt Renault och då bl.a. använda sig av lasersvetsning vid tillverkningen. Den första applikationen kommer att bli en bakdörr till en herrgårdsvagnsmodell, men vilken modell det rör sig om ville Monsieur Roumadni inte avslöja. Materialet kommer att vara PP [polypropylen], och som brukligt är vid lasersvetsning av plaster kommer man att använda sig av en absorberande



Figur 24.

I såväl kälfgog som stumfög är skillnaden i svetskvalitet uppenbar då Novelis nya "Fusion 8840"-material jämförs med den i hållfasthetsvärden jämförbara Ac-I70 (AA6106) – legeringen.

och en för laserljuset transparent polymer, den senare med ett 40%-igt fiberinnehåll! Alltså byggs dörrstrukturen upp av en strukturell detalj och en täckpanel vilka sammansvetsas med hjälp av en direktverkande diodlaser med en hastighet på 4 m/min och ett fixeringstryck på 200 kg för att säkerställa nollspalt mellan detaljerna. Laserverktyget sitter monterat på en KUKA KRC4-robot och är försett med en pyrometer från Servo-Robot för processövervakning. Efterföljande kvalitetskontroll sker med hjälp av ultraljudsutrustning av fabrikatet Imasonic and Phaser och fokuspunktsläget kontrolleras via Primesi kalorimetri-verktyg. Utanpå den lasersvetsade strukturen monteras sedan spoiler, glasruta samt ytterpanel, och vi kan förvänta oss att få se denna produkt ute på vägarna under 2012.

Avslutande framtidsprognoser från OEM-representanterna

I vanlig ordning avslutades även årets EALA med den s.k. "OEM [Original Equipment Manufacturers] Round Table", där de olika biltillverkarnas

representanter, tillika ledamöter i programkommittén för EALA, gav information kring sin pågående och framtida forskning inom laserområdet [Fig. 25]. Några gemensamma nämnare gick att urskilja som exempelvis energieffektivitet där Dr Graudenz [Audi AG] menade att det inte enbart är investeringskostnaden man bör beakta vid installation av nya laserstationer utan i minst lika hög grad driftskostnader. Andra anhängare av en förbättrad energieffektivitet hos laserkällorna var herrar Oefele [BMW], Lai [Fiat] och Ruther [Daimler]. Övriga gemensamma intresseområden som omnämndes under denna paneldiskussion var lättviktskonstruktion och miljö, fogning av mixade materialkombinationer, laserbearbetning av fiberförstärkta plastkompositer, processövervakning och processsimulering.

Dr Graudenz gav ett konkret exempel på energibesparing i Ingolstadt-fabriken där man snart kommer att börja producera en ny generation av A3-modellen. Taket kommer att laserlödats med s.k. "nollspalt", vilket i och för sig inte är någon nyhet

beträffande Audis produkter, men det som man kommer att göra är att byta ut gamla traditionella Nd:YAG-lasrar mot direktverkande diodlasrar för att på detta sätt reducera elförbrukningen med 90%, samtidigt som det blir möjligt att öka lödningshastigheten.

Thorge Hammer från Volkswagen AG är en gammal välkänd profil i lasersammanhang och här berättade han om VW:s planer på att börja svetsa karosser med SM [Single Mode] fiberlaser. Andra nymodigheter var partiell förstärkning av karossdetaljer med hjälp av laserhårdning, RLC samt handhållna laserverktyg för lågvolymtillverkning. Herrn Hammer berättade vidare om innovationen RSW, som i detta fall inte skall uttydas Resistance Spot Welding utan i stället Remote Stir Welding. Genom att oscillera laserstrålen blir det möjligt att överbrygga spalter i storleksordningen 0,7 mm. Med samma "scanner"-verktyg kan laserstrålen pendlas för att kunna skapa bredare överlappssvetsar, ända upp till 5 mm enligt Herrn Hammer. Avslutningsvis nämnde han en RLW-



Figur 25.

Hela programkommittén för EALA församlad under den avslutande paneldebatten. Fr.v. Hammer (VW), Oefe (BMW), Graudenz (Audi), Roumadni (Renault), Lai (Fiat), Ruther (Daimler), Hover (Ford), Palmquist (Volvo) samt Kielwasser (PSA).

applikation för sitsresare där mellan 13-19 lasersvetsar utfördes på 7,4 sekunder, samt att VW har planer på höghastighetslödning, där vi i så fall talar om framföringshastigheter mellan 2,5 och 10 meter i minuten!

Herrn Oefe från BMW gav exempel på laserns mångfasetterade användningsområden då han nämnde att företagets produktionstekniker undersöker möjligheten att med laser ytbehandla detaljer för att skapa bättre förutsättning för limapplikering! Fiat har en lång tradition och erfarenhet från RLW, inte minst i sitt samarbete med Comau där man använder deras patenterade "Smart"-robot för dylika svetsoperationer. Att rätt avkylning av fixturverktygen är en viktig ingrediens för att nå ett lyckat svetsresultat informerade oss nu Signore Lai om. Dr. Ruther från Daimler i Sindelfingen berättade att man där är i full färd med att färdigställa produktionslinjerna för nya C- och S-Klasse. Bl.a. kommer man här att utvidga sin fjärrlasersvetsning till att numera även innefatta kälsvetsar producerade med denna teknik. Även en del laserlödapplikationer kommer att kunna stå att finna på dessa modeller.

Min gamle vän och kollega från FoE [Ford of Europe], Jürgen Hover, är från och med detta år Fords representant i programkommittén, där han ersätter en annan gammal kollega, Berndt Liesenfelder! Sym-

patiske Jürgen, som numera har ett övergripande ansvar för fogningsutvecklingen inom hela Ford-koncernen berättade att man numera har flera modeller med lasersvetsade tak, såsom Ford F-150, Ford Taurus och Ford Fusion samt Lincoln MKS. F-150-modellen, som för övrigt är världens mest sålda bil, är en intressant produkt som jag ju tidigare har redogjort för här i LaserNytt, då den även har en lasersvetsad, hydroformad A-stolpe. Vidare berättade Herrn Hover om att man använder RLW för svetsning av golvpaneler till Transit-modellen i Ottosan-fabriken i Turkiet, samt att man laserlöder taken till premium-modellen Mondeo med diodlaser i såväl belgiska Genk som kinesiska Chongqing.

Begreppet "One Ford" myntades ju för några år sedan av Bill Ford och Alan Mulally och innebär att man har en global produktstrategi där en och samma produkt skall tillverkas över hela världen med i vissa fall helt olika fabriksförutsättningar. Detta, menade Herrn Hover, gör det nödvändigt att hitta alternativ till lasersvetsning i koncernens lågvolymp-fabriker. Andra framtida utmaningar kommer att ligga i att foga samman aluminium och stål i karossen, lasersvetsa och -löda i en och samma bearbetningscell samt fjärrlasersvetsning av sidodörrar i kommande modellprogram.

PSA [Peugeot Citroën S.A.] har ju

under senare år satsat stort på lasertechniken, inte minst med avseende på laserlödning av tak till karosidor på ett flertal av sina modeller. Dr. Mathieu Kielwasser berättade att man idag har inte mindre än 140 laser-celler i fabriker över hela världen. Några av de senast installerade är avsedda för "scanner"-svetsning av sidodörrarna till 208-modellen, vilken kommer att tillverkas i tre olika fabriker.

Slutligen framträdde min Volvo-kollega Niclas Palmquist [Fig. 26] och berättade om våra egna trender då det gäller laseranvändning vilka kan sammanfattas som:

- Ökad andel aluminium- och presshårdade ståldetaljer
- Behov av predikteringsmetoder för lasersvetsar
- Begränsning av värmedeformationer
- Metallurgiska utmaningar
- Förfining av urvalsprocessen vid upphandling av ny utrustning
- Verifiering av utrustningsprestanda
- Nya fixturkoncept för lasersvetsade flänsförband
- Vidareutveckling av kvalitets-säkringssystem och -metoder

Nytt vid årets EALA var de "mentometer"-omröstningar som genomfördes med jämna mellanrum under konferensen. Varje delegat hade ut-

rustats med en tryckdosa, och allt eftersom olika frågeställningar aktualiserades gavs olika svarsalternativ, varpå resultaten från olika röstningar gav svar i realtid, samtidigt som dessa svar tjänade som "temperaturmätare" på olika trender inom laser- och karosseribranschen. Här följer svarsfördelningen för några av de frågor som ställdes till auditoriet: se Fig 27.

EALA ger ju också möjlighet till lite initierat "laserskvaller" kollegor i emellan, och denna gång fick jag veta av vår utvandrade landsman Bo Lindgen att han har sålt av 51% av sitt företag VanRob till Kirchoffgruppen med baktanken att kunna etablera sig även på denna sida av Atlanten. Bosse berättade vidare att man erhållit en ny stororder från GM. Denna gång rör det sig om en s.k. GOR [Grille Opening Reinforcement], som består av ett antal detaljer i zinkbelagd stålplåt som lasersvetsas ihop. Samtliga modeller byggda på GMs nya bottenplatta 2K XX kommer att ha denna konstruktionslösning, varför det totala antalet tillverkade enheter per år kommer att ligga runt miljonen!

Vår välbekante nordiske kollega Flemming Olsen från IPT [Instituttet for ProduktionsTeknologi] i Kongens Lyngby hade jag lyckats locka till Bad Nauheim, där han fick redogöra för statusen i det av Højteknologifonden finansierade forskningsprojektet rörande "mångstråleteknik". Avsikten är att vid fiberlaserskärning dela upp lasertrålen i en primärstråle som utför själva skärningen och som kompletteras med ett antal efterföljande, utplacerade fokuspunkter vilka jämnar till skärkanterna. Detta är en metod som den gode Flemming menar även kan användas vid lasersvetsning för att skapa bredare svetsvärnsnitt, och man har därför gjort en ansökan om ytterligare forskningsmedel från EUs ramprogram.

Slutligen fick jag något överraskad veta av min gode vän Axel Luft från Laserline att företaget har byggt en prototyp av en 4 kW fiberlaser byggd på ett flerbiberkoncept. Laserline har ju tidigare helt och hållet satsat på diodlasrar och blivit ett av de dominerande företagen vad gäller denna typ av laserkällor. Varför man nu vill komplettera detta koncept med att utmana dominanten IPG då det

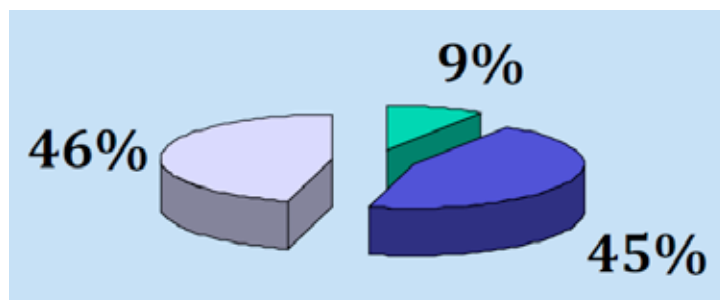


Figur 26.
Niclas Palmquist informerade om Volvo Cars' framtida planer kring användning av laserteknik vid karosseritillverkning.

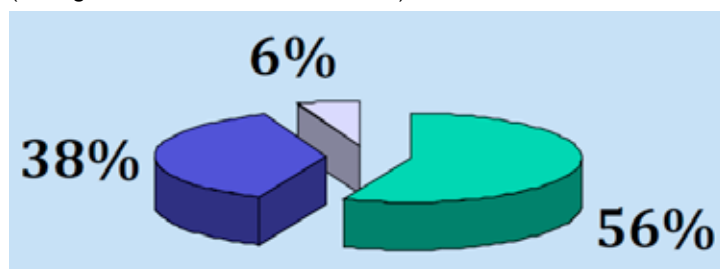
gäller multi-kW fiberlasrar kan vara något svärförståeligt!

Efter två innehållsrika och intressanta dagar, med mycket "nätverkande" mellan såväl gamla som nya kollegor i laserbranschen, var det dags att ta farväl av Bad Nauheim för den här gången, men med löfte om att återses nästa år då EALA 2013 kommer att arrangeras på samma ställe mellan 7-8 februari. Notera datumet redan nu i Era kalendrar! ■

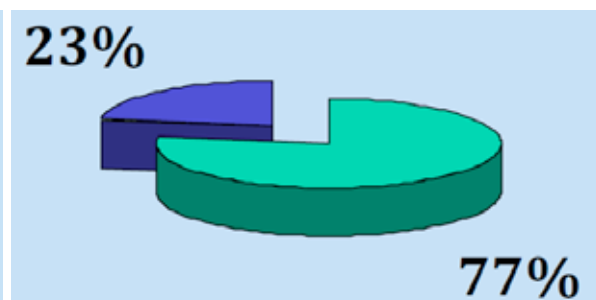
Hur stor potential finns det ytterligare att ta ut ur laser-tekniken?
(<25%=grön, 25-50%=blå, >50%=violett)



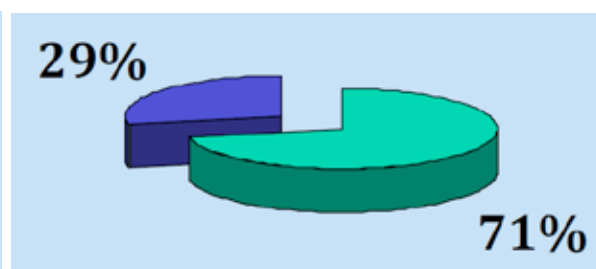
Hur mycket av den totala installationskostnaden för en ny lasercell vill ni betala för ett processövervakningsystem?
(<5%=grön, 10-20%=blå, 10-20%=violett)



Hurdan är trenden för laseranvändning vid karosserisammansättning? (ökande=grön, minskande=blå)



Kommer lasersvetsning av plaster att öka i framtida karosseritillverkning? (ja=grön, nej=blå)



Figur 27.
Mentometeromröstning på EALA tog temperaturen på olika trender inom lasertekniken i bilindustrin.

MIKROBEARBETNING MED LASER

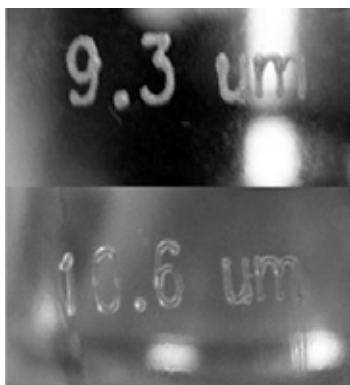
Johnny K Larsson, Volvo Cars

Märkning av PET-flaskor med CO₂-laser och 9,3 µm våglängd

Polyetylen-tereftalat, mer bekant under förkortningen PET, är en naturligt genomskinlig plast som ger en bra gränsyta mot de flesta vätskor samtidigt som materialet begränsar upptaget av plastpartiklar i det flytande ämnet. På grund av detta används PET i stor omfattning för att tillverka dricksflaskor som används till läskedrycker och buteljerat mineralvatten.

I denna typ av förpackningsindustri är en vanligt förekommande märkning den som anger "bäst-föredatum" och serienummer. Här förekommer krav på hög produktivitet p.g.a. det stora antal av flaskor som tillverkas, men samtidigt måste denna märkning vara klar och tydlig. Den vanliga 10,6 µm-våglängden vid CO₂-lasermärkning ger ett halvtransparent resultat med en klar smältyta. Denna märkning är mycket tydlig då man betraktar den från nära håll, men på längre avstånd blir den mindre läsbar. Däremot absorberas den något ovanligare 9,3 µm-våglängden bättre i PET-materialet och skapar på så sätt en märkning med större kontrastverkan, vilken gör den lättläst på såväl nära som längre håll.

För att jämföra laserstrålens absorptionsförmåga i PET använde man två identiska "Flyer"-märkverktyg med 200 mm fokallängd. Ett var kopplat till en konvex anordning och det andra var anslutet till en Firestar v30-laser med 9,3 µm våglängd. Fokuspunkten var 290 µm i diameter för den förstnämnda uppställningen, medan den andra projicerade en 255 µm stor fokuspunkt på arbetsstycket. Båda "Flyer"-verktygen styrdes via mjukvaruprogrammet WinMark Pro som utvecklats speciellt för laser-



Figur 1.

Till vänster ser man att märkningen med 9,3 µm våglängd (överst) blir tydligare än den som gjorts med 10,6 µm våglängd (underst).

I förstoringen till höger framgår den "uppkokta" ytstruktur som fås med 9,3 µm-våglängden vilken ger ett mer "frostigt" utseende jämfört med den klara, transparenta smältyta som erhålls då en 10,6 µm-våglängd används vid märkning av PET-material.



märkning. Texthöjden var satt till 3 mm och "scanning"-hastigheten till 1.905 millimeter per sekund. Den enda skillnaden låg i olika intermittensfaktorer (relativ pulslängd), vilka programmerades så att båda lasrarna alstrade 18 W. Den uppenbara skillnaden mellan de två olika laser-våglängderna framgår av figur 1.

Laserskärning av kolfiberförstärkta kompositer

Dagens avancerade kompositmaterial kan delas in i tre stycken huvudklasser beroende på matrismaterial; keramiska, metalliska eller, vilken är den vanligaste, polymerbaserade [PMC = Polymer Matrix Composites]. Polymera kompositer skapas genom att man adderar förstärkningsfibrer av exempelvis aramid, kol, grafit eller glas till en epoxi- eller polyuretanbaserad hårdplast. Även om de enskilda fibrernas egenskaper inte är speciellt spektakulära i sig, kan man, genom att kombinera dem med polymeren och placera dem på ett sådant sätt att de får en optimal lastupptagningsförmåga, skapa kompo-

nenter som är både lätta och starka. Därmed har sådana kompositer börjat ersätta metalliska strukturer, särskilt inom flyg- och rymdindustrin.

Eftersom det är en beröringsfri process lämpar sig CO₂-laserskärning särskilt väl för kompositmaterial, i synnerhet då speciella skärmönster efterfrågas. I det aktuella försöket skedde all skärning med 200 W lasereffekt och hastigheter kring 3 m/min. PMC-materialet var 1 mm tjockt och laserstrålen fokuserades på materialet med hjälp av en konkav/konvex lins med 63,5 mm brännvidd. Detta gav en 100 µm stor fokuspunkt på arbetsstycket med ett skärpedjup på 1,8 mm.

Figur 2 visar ett vävt PMC-material som skurits med luft som skärgas under 2,75 bars tryck. Skärkanterna uppvisar en lätt förkolning, vilket är typiskt för den degradering av polymeren som laserenergin orsakar då den avskiljer material under tryck. Eftersom skärkantskvaliteten var viktig för den aktuella applikationen modifierades skyddsgaskonceptet till högtrycksnitrogen. Som framgår av



Figur 2.
Vävt PMC-material som laserskurits med luft som skärgas.



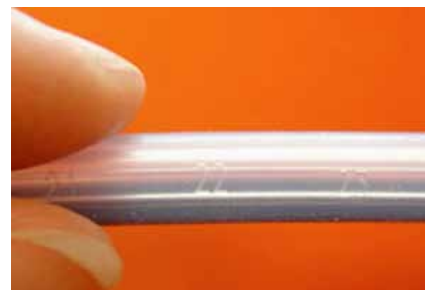
Figur 3.
Genom att byta till högtrycksnitrogen kan förkolning av skärkanten minskas.

figur 3 kan nitrogen under 12,5 bars tryck avsevärt reducera denna förkolningseffekt.

Det är viktigt att påpeka, att även om gaskonsumtionen ökar med 355% vid användning av högtrycksskärning med kvävgas, gör relativkostnaden mellan nitrogen och den höga luftkvalitet som krävs vid laserskärning, att gaskostnaden "bara" ökar med 200% samtidigt som man erhåller en betydligt bättre snittkantskvalitet.

ingår i "WinMark Pro"s mjukvara med en texthöjd på 2,7 mm. Med 25 W effekt och en processhastighet på omkring 500 mm/sekund kunde man märka en rad bestående av 30 tecken på inalles 0,68 sekunder.

Figur 4.
En klart läsbar graverad märkning skapades på denna silikon slang genom att använda 25 W lasereffekt och en processhastighet på en halv meter per sekund.



Lasermärkning av silikonslangar

Slangar tillverkade i silikon har ett brett användningsområde inom läkemedels- och bioteknikindustrin där det ställs extrema renhetskrav då det gäller att transportera och leda vätskor, vilket är väsentligt ur såväl hälso- som säkerhetsaspekter. Förutom dess flexibilitet och goda punkteringsmotstånd, är silikonslangar fria från tillsatser som skulle kunna läcka in och kontaminera de vätskor som flyter genom rören.

Syftet med denna applikation är att demonstrera möjligheten att märka slangar tillverkade i silikon. Genom att använda en "WinMark Pro"-utrustning skapades en rad med 15 grupper om två siffror vilka placerades diagonalt över märkningsfältet för en "FH-Series"-lins med 200 mm brännvidd [Fig. 4]. Med denna teknik blir det möjligt att märka ett område av slangen som är ungefär 210 mm långt, vilket skall jämföras med en maximal längd på 165 mm då man använder en helt vertikal positionering. Siffrorna skapades med ett av de tolv typsnitt som

Din maskin förstärker försäljningsavdelningen!

Sedan en tid tillbaka jobbar **Hans Rosén** som säljare hos oss. Hans jobbar på västra Sverige och ni är säkert många som redan har träffat på honom! Hans kommer närmast från Pullmax. Nyligen började även **Bengt Kindstrand** som säljare på Din Maskin. Bengt jobbar på östra Sverige och även han har en bakgrund hos Pullmax.



Hans Rosén



Bengt Kindstrand

www.dinmaskin.se

NYA MEDLEMMAR

Följande nya medlemmar har kommit till Lasergruppen under året till dags datum:

Ålö AB, Umeå, www.alo.se

Thyssenkrupp Tailored Blanks Sverige, Olofström, www.tailored-blanks.com

WM Press AB, Helsingborg, www.wmpress.e

Volvo Powertrain Corporation, Göteborg, www.volvotrucks.com

Vi hälsar de nya medlemmarna välkomna och hoppas på ett gott samarbete framöver!

LASERSVETSNING INOM FLYGMOTORINDUSTRIN

— Volvo Aero och LB:s Mekaniska

Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB

Ibland drabbas man av en plötslig insikt:

– ”Det är faktiskt så här det kan – eller kanske rentav – borde gå till!”

Detta efter att under flera år ha haft förmånen att få följa ett förlopp inom industrin där ny teknik skapas. För att sedan vidareutvecklas och valideras för att klara ännu ett industrisegments krav och normer och göras industriell. Och sedan introduceras för produktion i ett större företag, med hjälp av dess underleverantörer för viktiga delkomponenter.

Ett prestigeprojekt i jumboformat. Så kan idag den ena delen beskrivas, Permanovas uppdrag hos Volvo Aero (som efter ägarbyte kommer att heta GKN Aerospace inom kort) där två robotstationer levererar avancerade svetsprocesser för flygmotorkomponenter på upp till 1 tons vikt.

Och den andra delen: Med en flexibel Permanova laser/robotstation tar framgångsrika LB:s Mekaniska AB i Älvängen nu steget in i ett nytt kompetensområde, lasersvetsning, och stärker sin ställning ytterligare inom flygmotorindustrin.

Men det började för länge sedan...

För sådär 10 år sedan började man på det som nu är Högskolan Väst (HV) att på allvar öva sig på laserteknik, framför allt svetsning med Nd:YAG-laser med fiberöverförd 2 kW laserstråle. Givetvis i en utrustning levererad av Permanova (som i sin tur sedan länge utvecklat den fiber- och systemteknik som behövdes så långt).

Volvo Aero initierade RMS-projektet (Robotstyrd Metalluppyggning via Smältning) med bl.a. HV,

med finansieringshjälp av Trollhättans stad (Innovatum) och Vinnovas MERA-program för ca 6 år sedan, för att med laserteknik utifrån enkla geometrier bygga avancerade komponenter för flygmotorer. Givetvis(!) i en utrustning levererad av Permanova (som i sin tur då konstaterat att fiberlasern hunnit högt upp i både effekt (6 kW) och driftsäkerhet, och dessutom redan höll på att bygga första robotsystemet med en sådan laser på 4 kW. Och hade grundläggande teknik från sitt lasersvetsverktyg med fogföljning för bilindustrin, att applicera för RMS-processen).

Produktions-Tekniskt Centrum (PTC) i Trollhättan etablerades sedan, och Permanova levererade ännu en arbetsstation av stort format till Volvo Aero, att köras mot samma laser.

Volvo Aero förfinade RMS-processen, men såg dessutom möjligheterna med ren lasersvetsning, utan tillsatsmaterial, för ren sammanfogning av delkomponenter till avancerade strukturer, i likaledes avancerade legeringar. Man jobbade på Volvo Aero oförtrutet vidare även med att få lasersvetsprocessen att fungera för dessa exklusiva material. Givetvis(!) körde man parallellt utvecklingsprojekt med Permanova för att få fram kompaktare svetsverktyg för bättre åtkomst, exempelvis i Mylaserprojektet.

... Och för två år sedan blev det dags

Specifikationen för en stor dubbelstation itererades fram av Volvo Aero med Permanova, för att få fram underlaget till en produktionsanläggning. Här hade man givetvis stor nytta också av Permanovas mångaåriga erfarenheter från robotiserade lasersvetsstationer för bilindustrin, där Permanova-säljaren Björn Lekander fick god användning för sin konstruktörsbakgrund. (Se bild 1) Parallellt spanade man efter lämpliga underleverantörer för maskinell tillverkning av de detaljer som sedan skulle lasersvetsas. En av kandidaterna för detta var LB:s Mekaniska i Älvängen nära Trollhättan, och diskussioner fördes fram och tillbaka. Maskinell bearbetning och TIG-svetsning kunde LB:s Mekaniska redan, men insåg också potentialen i, och vikten av att även klara lasersvetsprocessen för sin kund Volvo Aero.



Bild 1.

Björn Lekander, säljare hos Permanova för Volvo Aero-projektet.

Volvo Aero beställde sin stora produktionsanläggning från Permanova, baserad på två robotar, och dimensionerad för att kunna bearbeta komponenter på upp till ett ton (maxbehovet idag är 250-300 kg). Genom det tar man ett avgörande kliv mot automatiserad produktion med hjälp av robotteknik och laserprocesser.

Förutom lasertekniken innebar projektet också en stor utmaning inom robotteknik och gashantering, och uppdraget betraktas som ett viktigt prestigeprojekt och har också fått stor internationell uppmärksamhet.

Avancerad påsvetsteknik

Volvo Aero har själva utvecklat en avancerad laserpåsvetsteknik som tillsammans med den vanliga lasersvetsningen öppnar för en mycket effektiv lättviktsteknik. Stora kostsamma gjutgodsenheter med omfattande bearbetning ersätts av geometriskt enklare

mindre komponenter som med lasertekniken både svetsas och påsvetsas till avancerade färdiga komponenter med önskade egenskaper.

Från en högeffektslaser med sex utgångar överförs laserenergin via fibrer till laserverktygen på robotarna. Här arbetar man med en avancerad dubbelcell med kraftiga robotar och externa positionerare som enkelt kan anpassas till ökade volymer. (Se bild 2.)

Mycket höga krav från Volvo Aero

– Projektet ställde mycket höga krav in i minsta detalj och tog också lång tid både i leverans- och övertagandefas, säger Ulf Sandström som också ser projektet som ytterligare ett viktigt steg på ett långsiktigt samarbete där Permanova fortsätter utveckla processverktyg för Volvo Aeros applikationer.

Christian Alinder, projektledare hos Permanova, kommenterar:

– Det har varit ett avancerat projekt, med flera tekniska utmaningar före utleveransen, utöver att själva omfånget är stort. Våra projektinjenjörer, framför allt Gustav Axelsson, och jag har verkligen fått jobba hårt, och ta fram det lilla extra av tekniskt kunnande och innovativt tänkande.

LB:s Mekaniska ser sin möjlighet

Kvalitet med hjälp av modern maskinpark och hög kompetens har alltid varit ledord hos LB:s Mekaniska AB och fört företaget till ledande ställning på området i Västsverige.

Från att främst ha varit inriktat mot skärande bearbetning inom verkstad har man successivt arbetat mot allt mer avancerade komponentleveranser med hjälp av svetsteknik, främst i form av TIG-svetsning i rost-



Bild 2.

Volvo Aero i Trollhättan inför ökad automatisering med hjälp av avancerade lasersvetsprocesser, och dubbel laserrobotstation från Permanova. Till vänster Gustav Axelsson och Christian Alinder, Permanova.

fritt. Idag har man skapat sig en framskjuten position som leverantör till gasturbin-, flyg- och rymdindustrin.

Nu siktade man vidare genom att bredda utbudet med hjälp av lasersvetsning för leveranser inom dessa områden.

Unik satsning från LB:s Mekaniska

Efter många diskussioner med Volvo Aero, och när Volvo Aero lagt sin beställning på en stor dubbelsvetscell från Permanova, sammanfattade Börje Andermård, LB:s Mekaniska:

– Vi tror på detta och satsar också på en lasersvetscell, för att kunna ta uppdrag i ännu mer avancerade material.

Man sedan agerade målmedvetet i flera steg, parallellt med Permanovas pågående leverans till Volvo Aero, och investerade i:

- grundläggande utbildning i laserteknik, lasersvetsning och lasersäkerhet hos Permanova

- flera dagar, i olika omgångar, i Permanovas laserlabb för att hands-on under handledning lära egna operatörer grunderna i lasersvetsning och körning av en laserrobotcell

- att själva sedan i Permanovas laserlabb ta fram fungerande basfixturer och svetsprocedurer för sin kunds viktigaste material och geometrier.

Med dessa grundliga förberedelser på plats, beställde man så en flexibel laserrobotcell från Permanova, där en 8 kW disk laser med Permanova WT03 svetsverktyg, motoriserad twinspotoptik samt fogföljning och en ABB IRB 4400-robot med en 2-axlig lägeställare bildar kärna.

(Se bild 3)

– Det är första gången vi har gjort en leverans av den här typen till en kund som inte arbetar med stora serier. LB:s Mekaniska är helt unika i sin satsning och skapar med detta en stor flexibilitet för varierande uppdrag i framtiden, konstaterar Erik Vännman,

säljare hos Permanova. (Se bild 4). Börje Andermård, LB:s Mekaniska, summerar:

- Projektet med Permanova har fungerat utmärkt hela vägen, från grundutbildning, tidiga applikationsprover i Permanovas laserrobotlabb, till installation och färdig leverans. ■



Bild 4.

Erik Vännman, säljare hos Permanova för LB:s Mekaniska-projektet.



Bild 3.

Med en flexibel Permanova laserrobotstation stärker LB:s Mekaniska sin ställning ytterligare.

Ytmodifiering, skärning och borrar – klassiska användningsområden för laserteknik

Johnny K Larsson, Volvo Cars



Nutech GmbH är ett mindre företag med en imponerande uppsättning lasermaskiner, vilket åskådliggjordes under en av presentationerna vid 2010 års LAF [Laser Anwender Forum] i Bremen. Nu fick vi oss till livs ytterligare några applikationer presenterade av Herrn Torsten Bady. En var där man med laser ristade anvisningar i kolvstänger av gjutjärn till ett djup av 8,6 mm för att senare i tillverkningsprocessen kunna sönderdela dessa. Bearbetningen skedde med en pulsad fiberlaser med 50 W medeleffekt och en pulsfrekvens på 50 kHz vilket resulterade i en processhastighet på 1 m/min. Ett annat exempel var svetsning av skålformade höljen i CrNi-stål där en 6 kW diodlaser använts för ändamålet. Annars tycks en av företagets specialiteter vara att ta fram verktyg för laserbearbetning inuti långa och smala rör. Här pratar vi om rördimensioner på mellan 70-100 mm i diameter och längder kring 1 meter. Exempel visades på laserpåläggning inuti dylika rör dels med en 3 kW NdYAG-laser med 20 mm*mrads strålkvalitet, men också andra där såväl 4 kW fiber- som 6 kW CO₂-laser kommit till användning. Herrn Bady påtalade att det är viktigt med

Fiberdiameter	100 µm	400 µm
Kollimeringslängd	100 mm	200 mm
Fokuseringslängd	150 mm	200 mm
Fokusdiameter	150 µm	400 µm

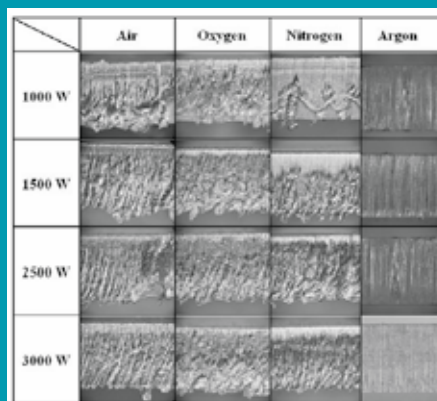
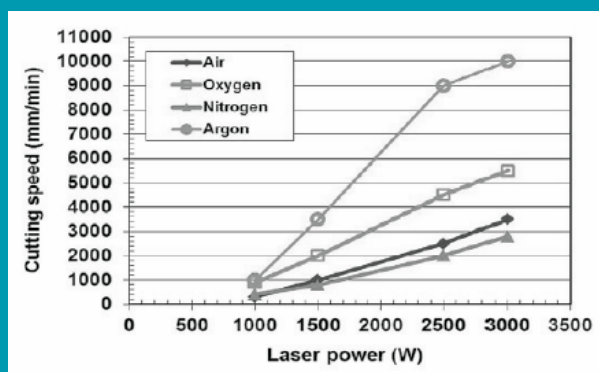
Tabell 1.

Typiska värden vid laserskärning respektive -svetsning med fastkroppslasrar.

en kraftfull helium-”crossjet” för att undvika kontaminering av skyddsglasat då det oftast rör sig om så små avstånd som 20-30 mm mellan optik och matarmunstycket för påläggningspulvret. På grund av rörens längd måste det speciellt utformade påläggningsverktyget också vara försett med en regleringsfunktion för fokalpunktsläge och -storlek.

Trumpf GmbH har ju under ett flertal år visat på ett nytänkande då det gäller att utveckla nya angreppssätt vid laserbearbetning. En sådan innovation som uppmärksammades vid LiM 2011 var den som går under begreppet ”2 in 1”-fiber och som presenterades av Ralf Kohllöffel. Vid skärning respektive svetsning med laser används såväl olika fiberdiametrar som optiker för att nå bästa resultat [Tab. 1].

”2 in 1”-fibern innebär att samma fiber kan användas vid såväl skärning som svetsning med en och samma laserälla och BPP [Beam Parameter Product]. Konceptet innebär att fibern har en innerkärna med 100 µm diameter som omslutes av en fiber med 400 µm diameter. Normalt skickas laserljuset in i den mindre fiberkärnan, men med hjälp av en slutarmekanism kan laserstrålen riktas ut i den omgivande fibern. Uppfinningen kompletteras med en motoriserad optik i form av en extra kollimeringslins som kan ändra kollimeringen från 100 mm vid skärning till 200 mm vid svetsning. Som tillval finns ytterligare en re-kollimeringslins med vilken man kan defokusera laserstrålen och därmed gå från nyckelhålssvetsning till värmeledningsdito. Konceptet ser lovande



Figur 11. Både beträffande skärhastighet och snittkvalitet tycks argon vara det självklara valet av skärgas, åtminstone då det gäller laserskärning av aluminium AA2024-T3.



Figur 12. Observationer från höghastighetsfilming vid laserskärning av 3 mm tjockt lågkolhaltigt stål; Låga hastigheter ger upphov till "humping"-effekter och vid 3 m/min uppstår de karaktäristiska bandmönstren vilka försvinner vid 6/ min då såväl skärfront som – sidor blivit stabila.

ut, men man måste ha i åtanke att det fortfarande krävs unika verktyg för skärning respektive svetsning, varför "2 in 1"-fibern måste kompletteras med ett automatiserat verktygsbytessystem.

Florian Bartels från IWS [Institut für Werkstoff und Strahltechnik] i Dresden hade studerat kinematikparametrarnas betydelse vid robotiserad laserbearbetning. Här fick vi lära oss begrepp som "agility" och "jerk". Det förstnämnda är ett uttryck för robotens "vighet" och uttrycks i vinkelförändring över en viss processträcka [°/mm]. "Jerk" skulle väl närmast kunna översättas som robotens ryckighet eller förändringar i accelerationen under bearbetning. Slutsatsen var att just snabbheten i accelerationsförändringar hade en större inverkan på bearbetningshastigheten än accelerationen i sig.

Skyddsgasval vid laserskärning av aluminium var temat för Dr. Antonio Riveiros [University of Vigo] presentation. En 3 mm tjock AlCu-legering hade skurits med en CO2 slablaser och ett "supersonic" skärverktyg med Laval-munstycke som gav ett skärgasträck på 8 bar.

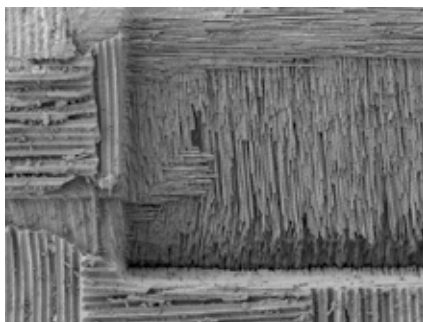
Alternativen luft, syrgas, kvävgas och argon hade utvärderats mot kriterier som skärhastighet, snittkvalité, ytfinitet, grader och värmepåverkad zon. I försöken hade lasereffekten varierats mellan 1-3 kW, och inom samtliga områden rankades argon som det bästa valet [Fig. 11]. Detta beror mycket på att de andra skärgaserna genererar oxider och nitrider vilka påverkar avverkningshastigheten och därmed även snittkvaliteten.

Koji Hirano [Arts et Métiers Paris Tech], doktorerar just nu för en av de riktigt stora auktoriteterna då det gäller simulering av laserskärningsprocessen, nämligen Dr. Rémy Fabbro. Hans arbete går ut på att klarlägga formeringen av det bandmönster ["striation"] som uppstår på skärkanten, och han inledde med att referera till den banbrytande forskning som presenterades av Peter Yudin vid ICALEO 2007.

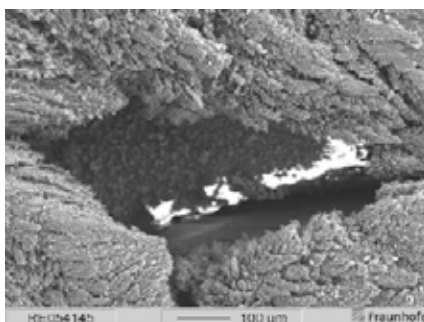
Vid de praktiska skärförsöken på 3 mm lågkolhaltigt stål hade man använt 8 kW effekt från en TruDisk 10002-laser. Som skärgas användes kvävgas med 1,5 bars tryck. Vid låga skärhastigheter kring 1 m/min var processen instabil med tendenser till

"humping". Vid 3m/min i framföringshastighet var skärfronten stabil, men dess sidor instabila, vilket just ger upphov till det ovanstående bandmönstret. Detta försvann vid skärhastigheter kring 6 m/min då såväl skärfront som sidor uppvisade ett stabilt beteende i de höghastighetsfilmer som visades [Fig. 12]. En konklusion som Mr. Hirano kunde dra utifrån resultaten i sina experiment var att våglängden hos de uppkomna banden bestäms av skärgasträck och fokuspunktsstorlek.

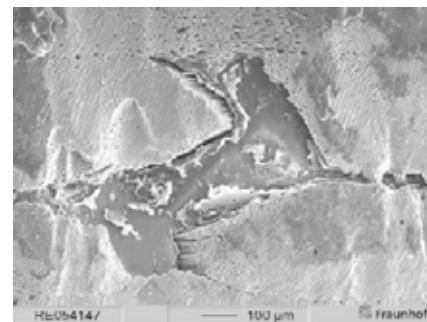
Vid Laserzentrum Nord i Hamburg har man bl.a. specialiserat sig på laserbearbetning av fiberförstärkta polymerer, och nu berättade institutionsföreståndaren Claus Emmelmann om hur man med kortpuls teknik skar kolfiberförstärkta polymerer eller CFRP [Carbon Fiber Reinforced Polymers]. Konventionell, mekanisk bearbetning av dylika material leder till kraftigt verktygsslitage, varför någon form av beröringsfri bearbetning är att föredra. Vid försöken hade såväl en 532 nm fiberlaser som en 1.064 nm Nd:YAG-laser använts. Med 15 ps [picosecond] långa pulser och en



Figur 13.
Högkvalitativ snittkant med endast ringa fiberdelaminering vid laserskärning av en kolfiberförstärkt polymer där man använt sig av en "grön" fiberlaser.



Figur 14.
REM-bilder av snittkanterna på en laserskuren kolfiberförstärkt polymer; konventionell laserskärning t.v. och "remote"-skärning t.h.



repetitions hastighet kring 1000 kHz nådde man en avverkningshastighet på 10 mm³ per minut [Fig. 13]. Rader ner till 100 µm klarades liksom en rakhet på skärkanten inom 70 µm. En intressant idé som den gode Claus torgförde var att man med kortpuls teknik skulle frilägga glasfibrer i polymerer som var förstärkta med sådana, för att därigenom kunna använda dessa glasfibrer som ett substitut till de koppartrådar som används för signalsystem i flygplan – en svindlande tanke.

Skärning av polymerer var temat också för Annett Klotzbach, IWS, men här hade man arbetat med en cw [continuous wave] CO₂-slab laser med hög effekt. Då polymererna är anisotropa material uppvisar de såväl varierande termiska som optiska egenskaper, något som måste beaktas vid laserbearbetning. Man hade undersökt såväl konventionell som "remote" laserskärning [Fig. 14] och kunnat konstatera att med samma brännfläck [240 µm] var fjärrskärningen snabbare, men Frau Klotzbach menade att det inte bara är energitätheten som påverkar processhastigheten utan här finns också ett våglängdsberoende. Fiberorienteringen påverkar också skärhastigheten vilken går snabbast om fibrerna är placerade vinkelrätt mot skärriktningen. Den värmepåverkade zonen är oftast smal, cirka 1/10 av polymertjockleken, men värmeledning genom fibrerna gör att dessa kan delaminera från fyllnadsmaterialet.



Figur 15.
14 mm tjocka fenolhartsbaserade laminat-bräder; skurna med 3 kW lasereffekt och en skärhastighet på 3,5 m/min, och med luft som skärgas; 5 bars tryck t.v. och 10 bar längst t.h.



Felix Quintero Martinez från University of Vigo hade studerat laserskärning av fenolhartsbaserade laminatbräder, vilka är ett alternativ till laminatträ vid möbeltillverkning. Detta nya material är hårdare än trä och kan inte sönderdelas genom konventionell sågning utan här krävs dyra diamanbelagda verktyg, varför laserskärning kan synas vara ett smakfullt alternativ. Man hade använt en CO₂-laser från RofinSinar [DC-035] och varierat följande parametrar: fokallängd, lasereffekt, fokalpunktsposition och skärgasttryck [Fig. 15]. Som skärgas hade man använt sig av tryckluft. För att skära de 14 mm tjocka fenolhartsbaserade bräderna kunde man konstatera att en högre effekt krävs för att nå samma skärhastighet som man har för motsvarande konventionella laminatträbrädor, och lasereffekten är den viktigaste parametern vad gäl-

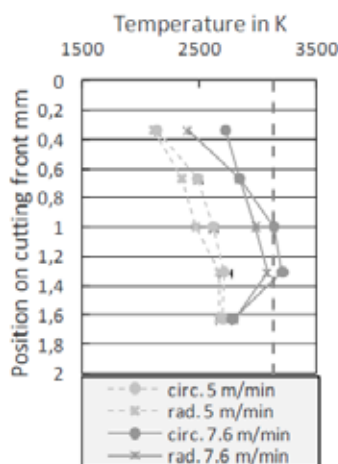
ler skärhastighet. En besvikelse var emellertid att det i slutet av presentationen framkom att vid laserskärning av såväl de nya som de traditionella laminaten frigörs ångor som innehåller Benzen, ett ämne som är cancerframkallande.

Volker Onuseit från IFSW [Institut für Strahlwerkzeuge] i Stuttgart hade undersökt inverkan av laserstrålens polarisation vid skärning av rör i X5CrNi18-10-material. En 5 kW TruFlow5000 CO₂-laser från Trumpf hade använts vid försöken. En radiell polarisation gav en snabbar skärprocess jämfört med en cirkulär, och uppvisade också ett gradfritt snitt. Vidare hade man mätt temperaturen i skärfronten och kunnat konstatera att en skärhastighet på 7 m/min gav mer värme jämfört med 4,5 m/min. Den cirkulära polarisationen gav också något högre värme i skärfronten jämfört med

den radiella [Fig. 16]. Merparten av de uppvisade resultaten härstammar från projektet RaPoS [Radial Polarisiertes Schneiden und Schweissen] vilket är finansierat av Baden-Württemberg Stiftung.

En optimeringsalgorithm för laserskärning presenterades av Benedikt Adelman från Hochschule Aschaffenburg under akronymen FALCOA [Fast Laser Cutting Optimization Algorithm]. Försök hade genomförts med två olika fiberlasrar; en 500 W single-mode [fokallängd 50 mm] och en 1000 W multi-mode [fokallängd 125 mm] bestyckade med ett skärverktyg från Precitec. Variabla parametrar var skärgasttryck, fokalpunktsposition samt lasereffekt/skärhastighet. Experimenten hade utförts på 1 mm tjock aluminiumplåt [Fig. 17]. Den parameter som inte helt överraskande visade sig ha störst påverkan var skärgasttrycket. Fokalpunkts placering i förhållande till plåtytan var också viktig i fallet med single-mode lasern [Fig. 18] men tycks ha mindre betydelse för en multi-mode laser p.g.a. den senares längre Raleigh-längd. Herr Adelman avslutade med att påstå att vid skärning av andra plåttjocklekar än den här provade kommer andra parametervärden att vara de optimala. Fokalpunktspositioneringen har ett stort inflytande på snittkvaliteten vid skärning av grövre plåt men är mer eller mindre försumbar vid plåttjocklekar $\leq 0,5$ mm.

Därpå följde två presentationer som handlade om laserunderstödd fräsning. Först ut var Bettina Fischer från Fraunhofer-Institut für ProduktionsTechnologie [IPT] i Aachen. Hon berättade att när man fräser avancerade material som exempelvis den nickelbaserade legeringen Inconel718 uppstår ett kraftigt verktygsslitage. Ett sätt att motverka detta kan vara att förvärma arbetsstycket till ungefär 600 °C, men det man studerat vid IPT var att låta en laserstråle göra en koncentrerad, lokal förvärmning. Detta tillvägagångssätt är alls inte nytt, men nyheten nu var att strålängden var integrerad i fräsverktyget och laserstrålen roterade med detsamma [Fig. 19]. I experimenten hade man använt en fiberlaser [YLR-



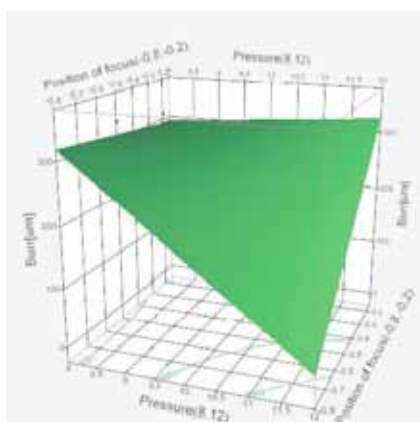
Figur 16.

Vid laserskärning av rostfritt X5CrNi18-10-material ger en radiell polarisation hos laserstrålen en lägre värme i skärfronten jämfört med en cirkulär polarisation. Detta avspeglar sig i praktiken i form av snabbare skärprocess och högre snittkvalité då en radiell polarisation används.



Figur 17.

Snittkvalité vid fiberlaserskärning av 1 mm tjock aluminiumplåt med en 500 W single-mode laser (t.v., $v = 150$ mm/s) resp. en 1 kW multi-mode laser (t.h., $v = 90$ mm/s).



Figur 18.

Inverkan av gastryck och fokalpunktspositionering på snittkvaliteten, här uttryckt i form av höjden på skärgraderna, vid laserskärning av aluminium med hjälp av en single-mode fiberlaser.

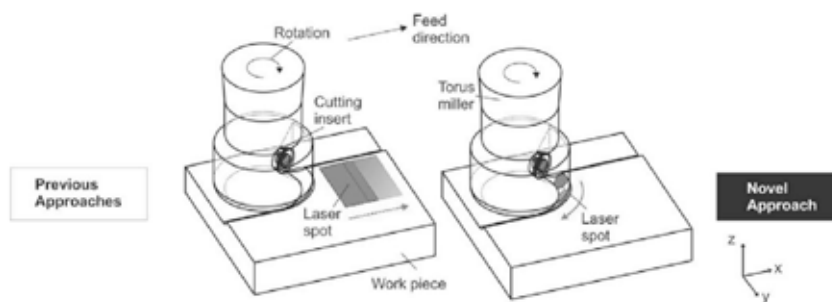
2400] från IPG, där laserenergin pulsades för att minimera värmeförlusten. Med denna lösning kunde anliggningskraften på fräsverktyget, som arbetar med ett 0,5 mm djupt ingrepp i materialet, reduceras med 60% jämfört med en konventionell fräsprocess. 1800 W effekt i fokalpunkten resulterade i den lägsta anliggningskraften, medan en högre effekt drev upp skärkraften p.g.a. en ökad termisk kantförslitning.

Mirko Langhorst från iwB [Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften] vid Technisches

Universität München berättade om ett datorbaserat optimeringsverktyg att användas vid laserunderstödd fräsning. Som praktikfall hade man valt en flygplansvinge i titanlegering där inte mindre än 95% av materialet fräses bort för att åstadkomma den slutgiltiga designen. Vid 800 °C riskerar man att få martensitbildning i titanmaterialet, varför man inte vill riskera att komma upp i en så hög bearbetningstemperatur, men redan vid 400-450 °C kan en uppmjukning av materialet ske [Fig. 20]. Därför är det extremt viktigt att man vid denna

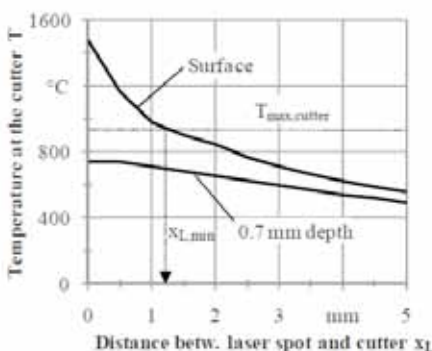
hybridprocess har full kontroll på värmeflödet i materialet. Med det utvecklade optimeringsverktyget kan man räkna fram vilken lasereffekt som behövs med avseende på önskat skärdjup.

Sessionen avslutades av Markus Eckert, även han från IPT i Aachen. Han och kollegorna hade studerat laserunderstödd hålstansning och formning av höghållfast tunnplåt. Vid konventionell bearbetning får man vid stansning en förhållandevis liten blankzon, men däremot en större brottnzon, och vid formning begränsas bockningsradien. Båda dessa fenomen är att hänföra till det töjningshårdnande som sker vid bearbetningen. Förvärmning med laser kan hjälpa till att överbrygga ovan nämnda problem, och om man har tillgång till ett "scanner"-verktyg kan i princip vilka förvärmningsmönster som helst skapas. Med en sådan teknik hade man genomfört prov på en 3 mm tjock rostfri [1.4301] fjädderdämpare. Vid laserunderstödd stansning ökade blankzonen från 30% till 90% av materialtjockleken och stanskraften kunde minskas med 90%, vilket i sin tur gjorde att ljudnivån för stansprocessen reducerades från 93,5 till 82,5 dB(A). Vid formning kunde bockningsradien minskas från 2,0 till 0,25 mm. Det



Figur 19.

Principen för laserunderstödd fräsning. Närmast den äldre metoden där en svepande laserstråle värmden upp arbetsstycket framför fräsverktyget, och t.h. IPTs nyutveckling med laserstrålen integrerad i verktyget.



Figur 20.

Avståndet mellan laserstrålens fokuspunkt och det efterföljande fräsverktyget är en viktig parameter då det gäller att ha kontroll på förvärmningstemperaturen!

man alltid ifrågasätter vid dylika former av laserförvärmning är om metoden är snabb nog för att kunna användas i en konventionell presslinje. Men Herrn Eckert påstod med

bestämthet att man hade provat med processhastigheter på upp till 90 presslag/min för både stansning och formning, och där denna laserhybridteknik visat sig fungera! ■

NOLAMP 14

– den nordiska laserkonferensen

26-28 augusti, 2013 Göteborg

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

Vi planerar för en extra intressant konferens för industrin med inbjudna talare som kan berätta om laserteknikens framgångar. Vi vill också göra det lättare för

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

Kontakta gärna mig redan nu för att diskutera er medverkan!!

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

STORT INTRESSE UNDER Elmia Svets/Elmia Automation/ Elmia Polymer-mässorna

Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB

Elmia Svets och Fogningsteknik debuterade parallellt med två andra industrimässor – Elmia Automation och Elmia Polymer – vilket har visat sig vara ett lyckat koncept. Automation har gått som en röd tråd genom alla tre mässorna, med tonvikt på effektiv produktion. Fler än 50 robotar har visats i drift på mässorna vilket är rekord och har skapat omedelbart eko i branschen, och engagemanget från robot-sidan var viktigt. I besökar- och utställarstatistik såg det ut så här under mässdagarna 8-11 maj 2012:

Elmia Svets och Fogningsteknik	Elmia Polymer	Elmia Automation
Besöksiffra: 6 191	Besöksiffra: 7 149	Besöksiffra: 7 497
Utställarantal: 73	Utställarantal: 121	Utställarantal: 113

– Att foga samman produkter är en grundläggande process inom all tillverkningsindustri. Därför var det glädjande att vi lockade besökare från ett brett spektra av branscher, menar Lina Kåvestam, projektledare för mässan.

De etablerade leverantörerna av svetsmaskiner, tillsatsmaterial och olika tillbehör på komponentnivå var på plats eller representerade av agenter. Axson Teknik (Fronius), Alexander Binzel, Bayrock, Böhler Welding Group Nordic, ESAB Sverige och Kemppi Sverige för att nämna några. Gasleverantörerna bl.a. Aga och Air Liquide var givetvis där, liksom utbildnings-, kontroll- och certifieringsföretag som Lernia Utbildning och Inspecta. På robotbaserad svetsautomationsnivå fanns Migatron AS, medan Permanova Lasersystem visade en renodlad robotcell för lasersvetsning.

Svetskommissionen var utställare och medarrangör för Elmia Svets-delen.

– Vår, och branschens, uppfattning är att det var ett utmärkt arrangemang som lockade till sig rätt besökare, konstaterade Mathias Lundin, vd för Svetskommissionen. I montern hade man flera seminarier med korta föredrag ”på mässgolvet”. Dessutom höll man via Lasergruppen bl.a. i ett separat lasersvetsorienterat seminarium ”Högproduktiva tillverkningsmetoder med laserteknik” med uppskattade föredrag från Luleå Tekniska Universitet, Permanova Lasersystem, Bystronic Scandinavia och Trumpf Maskin.

Permanova Lasersystem hade en perfekt monterplacering, i Automationsdelens entré till Svets-delen. (Se bild 1 och bild 2). Ett stort antal besökare kom för att se en live-demonstration av lasersvetsning i Permanovas nya PERMAFLEX-cell. Cellen var grundbestyckad med ABB Irb 4400-robot, 2 kW TruDisk-laser, Permanovas WT 03 svetsverktyg och svetsbord.

Både fogsökning före svetsning, och fogföljning under svetsning visades. Viktiga ingredienser både för att snabbt komma igång med nya svetsjobb, och för att få en robust och säker lasersvetsprocess!



Bild 1.
Permanovas monter på Elmia Automation-Elmia Svets.

I övrigt kunde besökarna se kompakta svetsverktyg för höga lasereffekter och också få en demo av twin-spot-verktyget MTSU, som ger två (master- respektive slav-) fokuspunkter. Programmerat kan avståndet, effektfördelningen och vinkelorienteringen mellan punkterna ändras under pågående körning. Perfekt för en förvärmning/rengöring precis före svetsning eller lödning. Eller för att klara lite större spalt i en stumfog.

Flera exempel på nyss levererade lasersvetssystem presenterades, bl.a. till Volvo Aero, LB:s Mekaniska och Swenox. Gör ett (video)besök själv i efterskott i montern. Gå in via nyheter på www.permanova.se

Robotdalen höll igång en Automationscentral på Elmia Automationsmässgolvet med bl.a. mängder av robotautomationscase presenterade i korta föredrag (över 30 tillfällen!) av robotsystemintegratörer, bl.a. Andon, Artech, EA, JL Sweden, Mabema, Motoman, Opiflex, Permanova, Prevas, Sejfo och Svia.

I övrigt fanns givetvis robotleverantörerna ABB Robotics, Fanuc, Kuka och Yaskawa Nordic/Motoman på plats i olika former. Mängder av övriga automationsföretag ställde ut mindre automationsdelssystem inom alla möjliga områden. Lasermärkning visades av bl.a. ACG Fyrtal och Stjernberg Automation. ■



Bild 2.
Permanovas PERMAFLEX-cell i förgrunden

Additiv tillverkning – spännande och växande tillverkningsprocesser baserade på laserteknik

Johnny K. Larsson, Volvo Cars



LIA [Laser Institute of America] är mest känt för sitt omfattande utbildningsarbete inom lasersäkerhet samt arrangemanget av den årliga ICALEO [International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics] -konferensen, men sedan tre år tillbaka finns ytterligare ett konferenserbjudande på agendan, nämligen LAM [Laser Additive Manufacturing]. Som namnet antyder handlar det alltså om s.k. "additiv tillverkning", och den fjärde upplagan av LAM gick av stapeln i månadsskiftet februari-mars. 186 deltagare, vilket var rekord för denna konferens, från sexton länder hade sökt sig till Houston i Texas, för att under två intensiva dagar bekanta sig med de senaste innovationerna och forskningsrönen inom branschen samt att "nätverka" under typiska, amerikanskt avslappnade, former. Anledningen till att man valt att förlägga evenemanget till Texas och Sheraton North Houston Hotel var att denna del av USA är hjärtat i landets olje- och gasindustri, en bransch som är en flitig användare av laserpåläggningsprocessen. Tyvärr hade man dock inte lyckats attrahera alltför många lokala deltagare, något som jag fick veta i samtal med sympatiske Jim Naugle, LIAs marknads- och IT-ansvarige, kvällen innan konferensen öppnade.

Additiv tillverkning är ju motsatsen till subtraktiv tillverkning, och Dr. Ingomar Kelbassa från ILT [Institut für Lasertechnik] i Aachen, som var s.k. "keynote"-talare under konferensdag nummer två [Fig. 1], förklarade dessa begrepp. Subtraktiv tillverkning är ju den klassiska metod som använts alltsedan stenåldern, d.v.s. man börjar sin tillverkning av detaljen från ett större block och avverkar efterhand material till dess man får fram objektets slutgiltiga form. Detta innebär naturligtvis ett lågt materialutnyttjande och kan i vissa branscher bli nog så kostsamt. Flyg- och rymdindustrin använder sig som bekant av exklusiva titan- och nickelbaserade material, och här är det inte alls ovanligt att upp till 90% av materialet fräses bort, eller avverkas på annat sätt, för att få fram komponenternas slutliga design. I sådana fall blir naturligtvis additiv tillverkning ett betydligt

mer kostnadseffektivt och intressant alternativ. Här bygger man istället upp den önskade strukturen från ett pulver och får på så sätt ett näst intill 100%-igt materialutnyttjande. PM [pulvermetallurgi] har ju funnits att tillgå sedan en längre tid, men med laserbaserad additiv tillverkning behövs inga formverktyg varför man har en betydligt större flexibilitet med denna process.

LIAs styrelseordförande Peter Baker hälsade oss konferensdeltagare välkomna och beklagade samtidigt att LAMs huvudordförande, välbekante Paul Denney, tvingats lämna återbud p.g.a. en ögonskada. Paul, som numera representerar Lincoln Electric Company efter några framgångsrika år vid CCAT [Connecticut Center for Advanced Technology] i East Hartford, CT, hade apropå detta skämtsamt tillfrågats om han inte ville korrigera detta med hjälp av laserteknik, men då låtit meddela



Figur 1. Huvudtalare, s.k. "key-note speakers", vid 2012 års LAM-konferens var Dr. Ingomar Kelbassa (Institut für Lasertechnik, t.v.) och Terry Wohlers (Wohlers Associates, t.h.).

att han nog hellre valde traditionell ögonkirurgi! Peter framhöll också likaledes välkände Bill Shiner från IPG som lagt ner ett stort arbete vid förberedelserna inför LAM 2012. Därpå vidtog den traditionella plakettdelningen till konferensens sponsorer, vilka denna gång var:

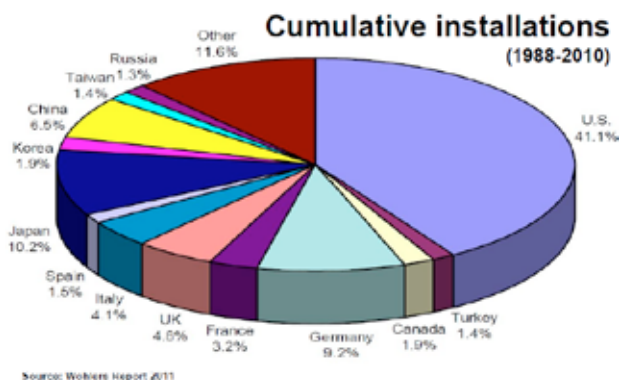
- Platinum Level; Alabama Laser
- Gold Level; Fraunhofer USA
 - CCLA, IPG Photonics Corporation, Joining Technologies Inc. och Shermco Industries
- Silver Level; Coherent Inc., Laserline och Rofin-Sinar Inc.
- Bronze Level; POM Group Inc., Titanova och Trumpf

Första dagens "keynote"-talare var Terry Wohlers från Wohlers Associates [Fig. 1] som gav en bred översikt över utvecklingen av laserbaserad additiv tillverkning. 1997 fanns det 1.000 industriella system "world-wide", dock med merparten i U.S.A. Denna siffra hade ökat till 6.000 system år 2010, vilket då representerade ett värde av 1,325 miljarder dollar. Tillväxten prognostiserade Dr. Wohlers till 3,1 miljarder år 2016 respektive 5,2 miljarder år 2020. Idag dominerar plastmaterial vid additiv tillverkning och utgör ungefär 90%, men prognosen är att metallandelen kommer att öka då man nu lärt sig att öka densiteten vid denna form av tillverkning. U.S.A. är dominerande då det gäller additiv tillverkning och vi hittar över 40% av världens LAM-system här [Fig. 2]. Emellertid kunde Mr. Wohlers konstatera att det inte längre finns någon inhemsk systemtillverkare, utan all utrustning importeras idag från

Europa eller Japan. Bland intressanta exempel visade han på hur man vid University of Southampton hade tillverkat en flygplansvinge med integrerat, funktionellt roder med hjälp av LAM. Ett annat exempel var hämtat från Sandia-laboratoriet vid El Paso University där man med LAM integrerar samtliga komponenter i batterier och annan elektronik med hjälp av denna teknik.

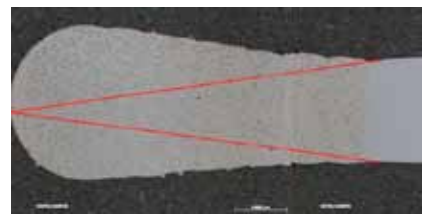
Under LAM-konferensen behandlades två typer av laserbaserad additiv tillverkning. Den ena var den klassiska LMD [Laser Metal Deposition] -principen, som används dels för att skraddarsy ytor genom att belägga dessa med olika högprestandamaterial för att öka komponenternas slit- och korrosionsmotstånd, dels för påläggning av material i reparationssyfte. Detta exemplifierades senare under konferensen bl.a. i ett av de två intressanta föredrag som hölls av Filip Motmans från VITO [Vlaamse Instelling voor Techno-

logisch Onderzoek] i belgiska Mol. Samtliga hans exempel handlade om beläggning med en pulverblandning bestående av nickel och tungstenkarbid. Denna hade tillförts genom ett koaxialt munstycke, och smälts ner med en 3 mm stor fokuspunkt genererad av en 3 kW diodlaser från Laserline, vilken mixade två olika våglängder [808 och 940 nm]. De pålagda skikten varierade mellan 1-2,5 mm i tjocklek och framföringshastigheten mellan 0,5-1 m/min. Den relativt snabba avsvälning som sker vid LMD-processen gör att man erhåller en fin kornstruktur och därmed hög ythårdhet. Ett exempel handlade om en kniv att skära asfalt med, där rostfritt 316-material belagts med Ni+WC [Fig. 3]. Detta ökade brukarlivslängden från 24 till 75 timmar. I ett andra exempel hade en kolv för glasformning i SAE8620-stål belagts med Ni+WC [Fig. 4], vilket minskade förslitningen med mellan 30-40%. Här hade man även



Figur 2.

Var i världen hittar vi installationer för additiv tillverkning i form av SLM (Selective Laser Melting)? – Jo, i U.S.A. som är helt dominerande med över 40% av det totala antalet maskiner; följt av Japan och Tyskland, länder som uppvisar en snabb tillväxt vad gäller denna speciella laserteknik.



Figur 3.

Till vänster en kniv i rostfritt 316-material för asfaltskärning och bilden i mitten samma kniv efter 24 timmars användning! Genom att med laserteknik belägga densamma med ett slitskikt av Ni+WC (bilden till höger, där de röda linjerna indikerar knivens egg efter maskinbearbetning) kan livslängden ökas upp till 75 timmars brukstid.

provat termisk sprutning som en alternativ metod, dock med värden som inte kom i närheten av dem som erhöles med LMD [Fig. 5]. Ett sista, tredje exempel beskrev hur man lagt nämnda pulverblandning på ett varmformningsverktyg tillverkat i H11-stål. Verktyget hade förvärmits till 450°C innan pålägningsprocessen startade. Resultatet blev att verktyget fick en livslängd som var 6 (!) gånger längre jämfört med ett nitretrat verktyg.

Konkurrentmetoden till LMD är som sagt framförallt termisk sprutning, men här är det viktigt att påpeka att den senare blott ger en mekanisk bindning mellan pulver och substrat, medan den laserbaserade tekniken resulterar i en metallurgisk bindning [Fig. 6]. Men varför inte kombinera de två metoderna som Steve Roy från *Hayden Laser Services LLC* föreslog i sitt föredrag, där han talade om laserunderstödd termisk sprutning!?

Den andra LAM-metoden, som jag delvis beskrivit ovan, och som är den teknik som uppvisar den starkaste tillväxten, är SLM [Selective Laser Melting]. Med denna teknik skapas funktionsdugliga komponenter genom att dessa byggs upp lager för lager, och där man med en laserstråle selektivt smälter samman pulverpartiklar [Fig. 7]. Metoden har hittills mest används vid s.k. "rapid prototyping", men börjar nu brukas vid tillverkning av högvärda komponenter i små seriestorlekar. Tekniken har också mer och mer börjat användas inom bioteknik vid tillverkning av exempelvis höftleder i Ti6Al4V, något som Maximilian Munsch från LZN [LaserZentrum Nord] utanför Hamburg redogjorde för. Dessa höftleder byggs upp av hexagonala celler med en porositet på mellan 50-90% där den enskilda porstorleken ligger på 0,5-1,0 mm [Fig. 7]. Porositeten regleras med hjälp av sträckenergin, där en högre sådan bidrar till att minska porositeten. Hela idén med att bygga upp höftleden som en cellstruktur är att man då minskar de spänningar som uppstår i en homogen höftled, samt att benvävnaden ges möjlighet att växa in i cellstrukturen.



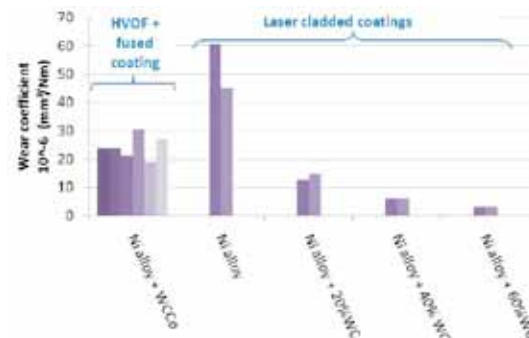
Figur 4.

LMD (Laser Metal Deposition) av Ni+WC på kolvar för glasformning minskar dessas förslitning mellan 30-40%.



Figur 5.

Tvärsnitt genom en kolv belagd genom termisk sprutning (HVOF = High Velocity Oxygen Fuel) resp. LMD, och i stapeldiagrammet t.h. framgår den avsevärda skillnaden i nötningsmotstånd.



Figur 6.

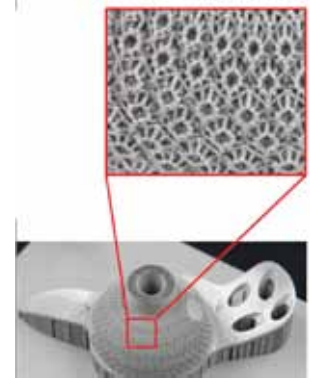
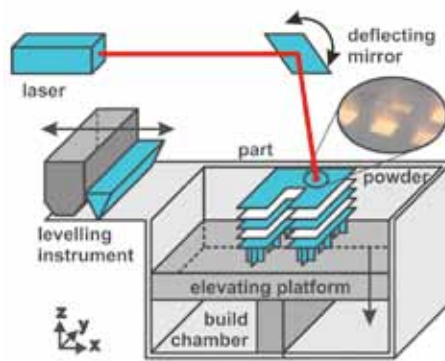
Laserpåläggning (t.v.) ger en metallurgisk bindning mellan pulver och substrat, medan termisk sprutning (t.h.) endast resulterar i en mekanisk sådan.

Företaget Arcam tillverkar också dylika produkter, men använder sig då istället av elektronstråleteknik. Vi talar då om EBAM (Electron Beam Additive Manufacturing), vilken kom på marknaden 1997, och där företaget Sciack är en ledande aktör. Denna information gav oss Dr. Jim Sears [South Dakota School of Mines & Technology, Fig. 8] som är en auktoritet inom ämnet LAM och som talar mycket och gärna om den verksamhet som pågår vid Quad City Manufacturing Laboratory vid University of Illinois. Dr. Sears påpekade

nödvändigheten av att man hade tillverkningstekniken i åtanke redan på konstruktionsstadiet. Han redogjorde för ett praktikfall där man belagt cylinderfoder, som hade en diameter på 2,75" och ett djup av 16" med en pulverblandning bestående av NiCr och WC. Man hade använt 2 kW lasereffekt från en 3 kW IPG fiberlaser, och med en pulvermatning på 60 g/min från en "tvilling"-matare åstadkommit en pålägningshastighet på ungefär 2 m/min. Det pålagda skiktet fick en hårdhet kring 800 Hv att jämföras med grundmaterialets 200

Hv, och slittåligheten hade utvärderats enligt ASTM G65. Ett problem som observerats var att det pålagda skiktet var benäget att spricka, något som kan motverkas av en förvärmning av komponenten [Fig. 9], och därför hade en induktionsvärmare från företaget Miller ingått i försöksupställningen. Då det är viktigt att ha temperaturnivån under kontroll hade även en pyrometer använts. Alltför låg värme kan som sagt resultera i sprickor, men samtidigt kan en för hög temperaturnivå göra att man får en icke önskvärd upplösning i substratet av det pålagda materialet.

Risken för övervärmning var något som också behandlades av Emma Ashcroft från *TWI Technology Centre* i Yorkshire, U.K. Hennes lösningsförslag var att konvertera den gaussiska strålformen till en mera lämplig, skräddarsydd geometri med hjälp av diffraktiv optik [Fig 10]. Detta hade man framgångsrikt använt sig av vid påläggning av "Stellite F" på ventilsäten tillverkade hos företaget *Osvat* [Fig. 11]. Övningen var en delmängd ingående i det europeiska forskningsprojektet *IMPALA* [*Intelligent Manufacture from Powder by Advanced Laser Assimilation*] där 16 företag från 8 länder deltar och som finansieras inom ramen för EUs sjunde ramprogram [FP #7]. Projektet riktar sig främst mot mikrobearbetning där såväl LMD- som SLM-processen används. Vid denna typ av miniatyr tillverkning används pulverstorlekar mellan 20-50 μm diameter, att jämföras med mera normal LAM där pulverfraktionen brukar ligga mellan 100-200 μm . Bland andra samarbetspartners och mikroapplikationer som ingår i *IMPALA*-projektet kan nämnas *Cochler* som



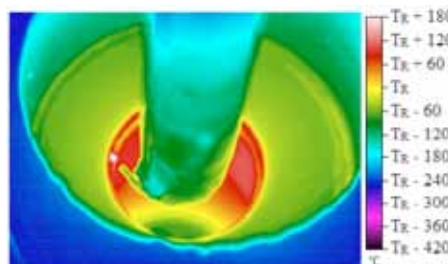
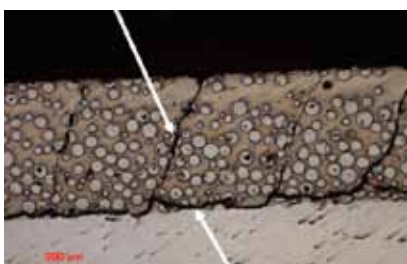
Figur 7.

Till vänster en principskiss över processen för SLM (Selective Laser Melting) och till höger en artificiell höftled tillverkad med denna teknik.



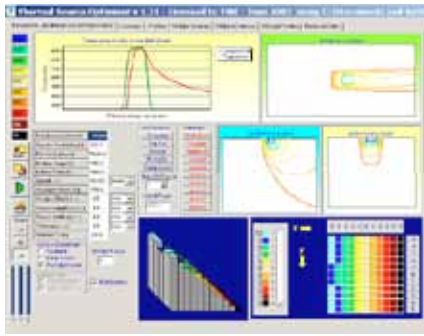
Figur 8.

Dr. Jim Sears (överst t.v.) berättade initierat om vad han kallade IBC (Internal Bore Laser Cladding) där cylinderroder belagts med NiCr+WC med hjälp av ett specialutvecklat verktyg och en 3 kW fiberlaser.



Figur 9.

Genom induktionsvärmning, vilken optimeras med hjälp av avancerad simuleringsteknik, kunde risken för uppkomst av sprickor i det pålagda skiktet minimeras.



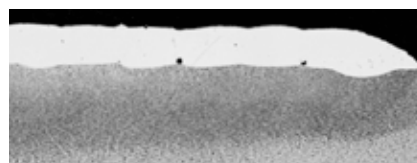
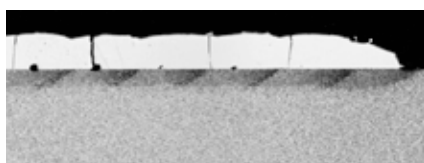
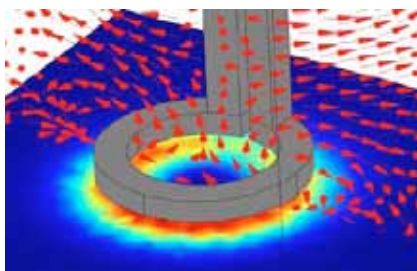
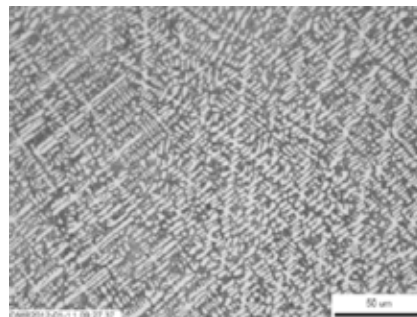
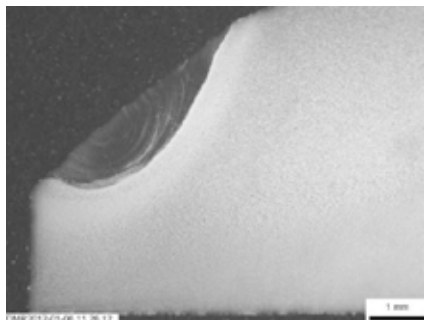
Figur 10.

För att undvika att tillföra för mycket värme till substratet vid laserpåläggning har man vid TWI utvecklat en termisk modell med vilken man kan optimera energifördelningen i laserstrålen.



Figur 11.

Laserpåläggning på ventilsäten hos företaget Osvat, där man använt ett "Stellite F"-pulver som ger den ytstruktur som syns i förstoring längst ned till höger.



Figur 12.

Genom att använda olika arrangemang för induktionsvärmning kan avsvalningshastigheten t8/5 förlängas och därmed undviker man uppkomsten av sprickor vid laserpåläggning. Detta illustreras i tvärsnittsbilderna där påläggning skett utan (t.v.) respektive med (t.h.) induktionsvärmning.

tillverkar öronimplantat i storleksordningen 20×20×3 mm, *Micronorma* som reparerar formverktyg med LMD och *Wilsident* som bygger upp tandbryggor med hjälp av SLM.

Sprickkänslighetstemat adresserades även av professor Christoph **Leyens** från *Fraunhofer IWS [Institut für Werkstoff und Strahltechnik]* i Dresden, men han menade också att man med förvärmning kunde öka verkningsgraden i pålägningsprocessen, antingen genom att förvärma pulvret eller genom att induktionsvärma substratet [Fig. 12].

Genom induktionsvärmningen erhåller man en jämnare värmedistribution, vilket gör att man förlänger avsvalningshastigheten [t8/5] och därmed undviker sprickor, vilka annars uppstår genom spänningskoncentrationer orsakade av höga avsvalningshastigheter. Experiment hade utförts där AISI 1045-material belagts med Stellite20 med hjälp av ett egenutvecklat verktyg kallat COAXpowerline [Fig. 13], vilket är kompatibelt med lasereffekter upp till 10 kW. Konventionell påläggning kunde göras med en deponeringshastighet på 2,4 kg/tim, men med en induktiv förvärmning på mellan 600-700°C av substratet kunde man öka effektiviteten till 4,8 kg/tim. Men induktionsvärmningen kan också ge kostnadsfördelar. Sålunda menade Dr. Leyens att man kan nå samma deponeringsgrad med en 4 kW laser kombinerad med en induktionsvärmare, som man får då man enbart använder en 10 kW laser.

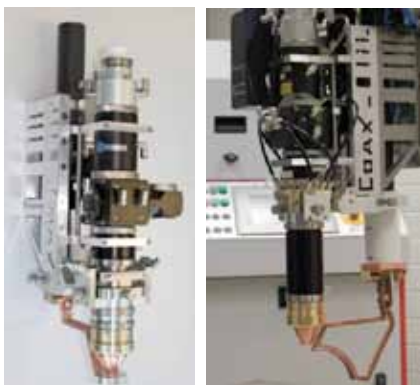
Nick Wald från RPM and Associates Inc. redogjorde för några av de pålägningsförsök man gjort med en 3 kW IPG-laser. Han adresserade även olika sätt att tillföra pulvret på, där koaxial matning ansågs ge bäst gasskydd men hade en begränsad åtkomst vid mer komplexa former hos komponenten. Ett intressant exempel var där man adderat en anslutningstapp på ett smitt sprehjul med LAM i stället för att fräsa ut den ur den smidda detaljen. Andra exempel var påläggning av tungstenkarbider [WC] på axlar för energigenerering och reparation av lagerhus till arméhelikoptrar. Begränsningar och svå-

righeter med LAM menade Mr. Wald var att skapa överhäng och att bearbeta reflektiva material. En annan frågeställning var hur man skulle kunna undvika distorsioner vid beläggning av stora komponenter. Ett lösningsförslag på detta var att om möjligt konstruera in förstärkningsribbor i komponenten.

Ted Reutzel från Penn State University berättade om påläggning i udda positioner som exempelvis "overhead". Här duger det inte att använda pulver utan här måste trådbaserad påläggning tas till hjälp [Fig. 14]. Han visade också på hur man med en laser kopplad till en "scanner"-enhet med 15-30 Hz frekvens kunnat öka uppbyggnadshastigheten vid reparation av långa maskinaxlar [Fig. 15]. Just för reparation av stora detaljer, som är nästintill omöjliga att flytta, lämpar sig portabel, laserbaserad utrustning perfekt. Mr. Reutzel förde också ett litet resonemang kring påläggningspulver. Man hade jämfört jungfruligt pulver med återanvänt dito, och kunnat konstatera att någon skillnad i materialens sträck- och brottgränser inte förelåg. Vidare att eftervärme kunde öka duktiliteten i det pålagda materialet, men då på bekostnad av dess hållfasthet.

Trådbaserad laserpåläggning behandlades också, inte helt överraskande, av Steve Peters från *Lincoln Electric Company*. Företaget har sedan en tid tillbaka samarbete med IPG, och de refererade försöken hade utförts med en 10 kW fiberlaser därifrån kopplad till ett hybridverktyg från *HighYag*, vilket manipulerades av en *Fanuc*-robot. Man hade arbetat med förvärmad tillsatstråd och konstaterat att 1,5 kW effekt från GMA [Gas Metal Arc] – strömkällan gav för lite värme för att tråden helt skulle smältas under påläggningsprocessen. 2,0 kW gav bäst resultat, medan en högre effekt [2,4 kW] resulterade i en instabil process [Fig. 16].

Tim Biermann från JTRC [Joining Technology Research Center] i East Granby, CT, ett företag som sedan ett år tillbaka bedriver ett nära samarbete med ILT i Aachen, ansåg att växande krav på korta reparations-tider för komponenter talar till för-



Figur 13.

Vid IWS i Dresden har man utvecklat verktyget COAXpowerline, speciellt avsett för laserpåläggning. T.h. ses verktyget kombinerat med olika induktionsslingor för förvärmning.



Figur 14.

Trådbaserad laserpåläggning är det enda som duger då det blir fråga om DMD i udda lägen, det vill säga "overhead" (t.v.) och "fallande" (t.h.).



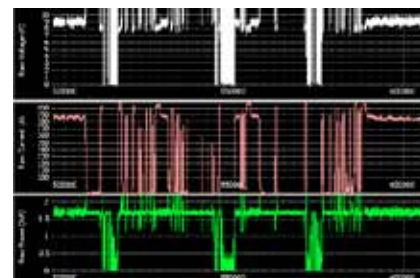
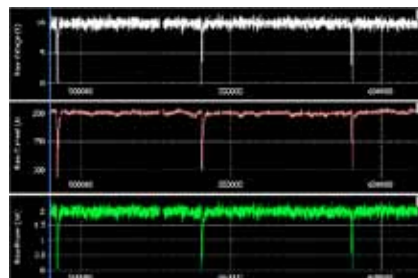
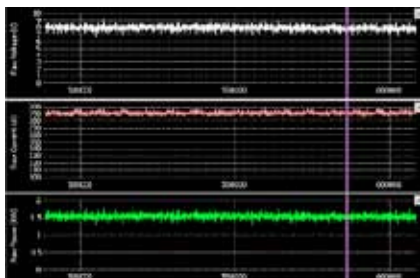
Figur 15.

I laserlaboratoriet vid Penn State University har man byggt upp en anläggning för laserpåläggning av långa maskinaxlar där man använder en robotmonterad "scanner"-enhet.



del för LAM-tekniken. Han visade upp det numera klassiska exemplet på tillverkning av formverktyg till företaget *Oral-B*'s elektriska tandborstar. Ett sådant verktyg kostar 500.000 euros och är försett med 64 olika inlägg för att hantera varianter av borstar. Med LAM sparar man 750 euros vid reparation att ett sådant inlägg. Andra exempel på komponenter som framgångsrikt kunnat repareras med hjälp av laserpålägg-

ning var ångturbinskomponenter, skruvkompressorer, labyrinttätningar för rotorblad samt knivblad. En innovation som jag kände igen från tidigare ILT-redovisningar var den "zoom-optik" [Fig. 17, 18] som används för att reparera toppen på rotorblad. Dessa har en varierande vägg tjocklek, men genom att då med denna optik kunna öka fokuspunktsdiameteren "on-the-fly" från 0,6 mm till 2,4 mm och sedan tillbaka till 0,6



Figur 16.

Vid laserpåläggning med förvärmad tillsatsstråd ger 2,0 kW effekt från strömkällan (mitten) bäst resultat. 1,5 kW (t.v.) klarar inte av att fullt ut smälta tillsatsmaterialet medan 2,4 kW (t.h.) resulterar i en instabil process.

mm igen kan uppbyggnadsbredden varieras i kombination med reglerad pulvertillförsel.

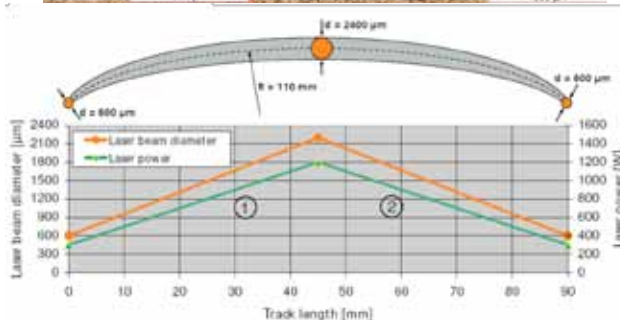
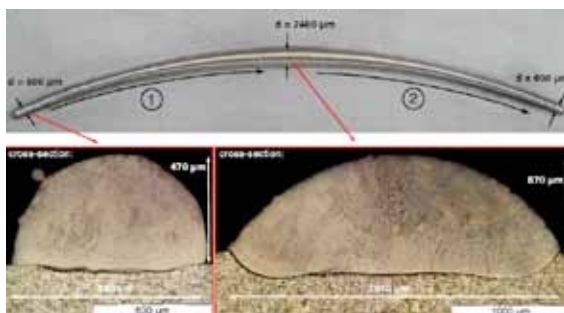
Ett enklare alternativ för att variera vägg tjockleken vid uppbyggnad med LMD presenterades av David Locke från *Trumpf Inc.*, vilket helt enkelt innebär att man vid reparation av rotorblad manipulerade detaljen i en lägesomställare så att den orienterades i olika lägen relativt till fokuspunkten. *Trumpf* marknadsför såväl disk- som direktverkande diod-lasrar lämpliga för laserpåläggning, där den förra ger en något bredare pålägningssträng vid i övrigt likvärdiga processparametrar [Fig. 19]. Mr Locke angav att typiska värden för pålägningsbredder ligger mellan 0,4-7 mm, och skikhöjderna mellan 0,2-1,5 mm. Ett tilltalande sätt att hålla nere produktkostnaden är att använda ett billigt kärnmaterial och belägga detta med ett dyrare, högkvalitativt funktionsmaterial. Detta illustrerade han med ett exempel där ett värmebehandlat stål belagts med Stellite21.

Jag har redan berört Dr. Ingo Kelbassas "key-note"-föredrag, vilket bl.a. handlade om höghastighetspåläggning [Ultra High Speed LMD] och där det pågår en hel del intressant verksamhet vid *ILT*. Pålägningshastigheterna kan nomenklaturmässigt delas upp enligt följande:



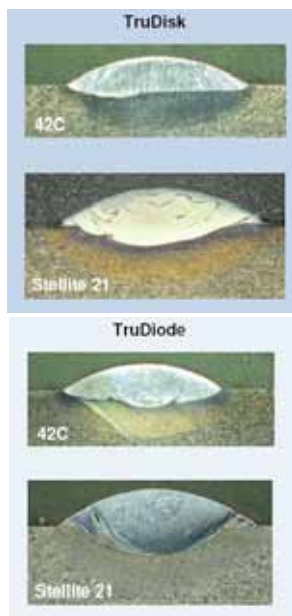
Figur 17.

Exempel på några pålägningsverktyg med inbyggd "zoom-optik" från företaget Reis.



Figur 18.

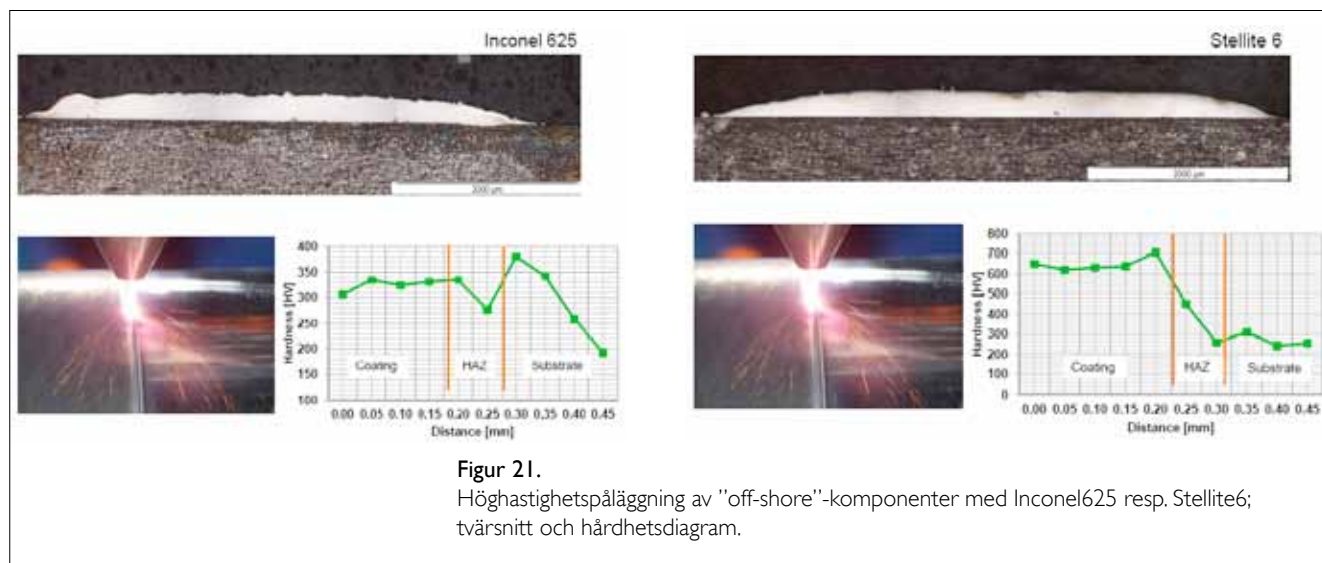
Med hjälp av en speciell "zoom-optik" är det möjligt att variera bredden på det pålagda skiktet med hänsyn till detaljens geometriska form.



Figur 19.
Med likvärdiga processparametrar (lasereffekt 3 kW och fokuspunktsdiameter 4 mm) ger disklasern ett något bredare påläggningsspår. Här illustrerat vid påläggning av det järnbaserade pulvret Sulzer Metco 42C resp. Deloro Stellite 21 som är en Coboltbaserad legering.



Figur 20.
Reparation av s.k. "BLISKS" utförs idag med "Ultra High Speed LMD". Th. illustreras de olika arbetsmomenten.



Figur 21.
Höghastighetspåläggning av "off-shore"-komponenter med Inconel625 resp. Stellite6; tvärsnitt och hårdhetsdiagram.

- Låg hastighet = 0-200 mm/min
- Standard hastighet = 200-2.000 mm/min, där laserstrålens absorption i pulvret ligger mellan 20-30%
- Hög hastighet = 2.000-20.000 mm/min, där laserstrålens absorption i pulvret ligger mellan 80-90%
- Ultrahög hastighet = 20.000->100.000 mm/min

additiv tillverkning handlade om tillverkning av rotorblad på s.k. BLISKS [= Integrally Bladed Discs, Fig. 20]. Att fräsa ett dylikt rotorblad tar inalles 180 timmar samtidigt som 90% av materialet avverkas. Med LAM tillverkas ett rotorbladssegment på 2 minuter och hela komponenten tar 160 minuter att fabricera. Inklusiv efterbearbetning hamnar man på 300 minuter; alltså cirka 5 timmar att jämföras med 180.

Hemligheten med höghastighetspåläggning är att man använder sig

av ett "scanner"- verktyg som ger möjlighet att svepa laserstrålen över en större yta, samt att man flyttar upp fokuspunkten ovanför den yta som skall beläggas. Denna metodik hade använts vid påläggning med Inconel625 och Stellite6 på "off-shore"-komponenter [Fig. 21]. Med 4 kW lasereffekt kunde man nå påläggningshastigheter kring 50 m/min.

FORTS. I NÄSTA NUMMER

EN OMVÄRLDSANALYS AV DR. CHRISTOPHE ULLMANN

Johnny K. Larsson, Volvo Cars



Vid AKL [Aachener Kolloquium für Lasertechnik] -konferenserna brukar det vara tradition att genomlysas den internationella marknadssituationen i laserbranschen under rubriken Technology Business Day [TBD]. Här har det varit möjligt att genom åren lyssna till exempelvis hur David Belforte har beskrivit utvecklingstrenderna på den nordamerikanska kontinenten. Så skedde också i år, men denna gång väljer jag att referera det föredrag som hölls av Dr. Christophe Ullmann, mest känd som representant för företaget Laserline, men som här framträdde i rollen som talesman för VDMA [Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V.]. I sin presentation fokuserade han på den globala världsmarknaden då det gäller laserinstallationer och -användningsområden, och det är mina intryck härifrån som jag skall försöka sammanfatta i det följande.

Dr. Ullmann inledde med att dela upp marknaden utifrån de tre områdena makro- och mikrobearbetning samt lasermärkning. Utmärkande vid makrobearbetning är att man använder mer än 500 W lasereffekt vid bearbetning av förhållandevis stora komponenter med materialtjocklekar över 0,5 mm. Vanligtvis används kontinuerlig [cw] lasereffekt med fokuspunkter kring 600 µm. Vid mikrobearbetning är däremot pulsning av lasereffekten mer eller mindre ett standardiserat förfarande. Medeleffekterna ligger under 500 W och fokuspunkterna kring eller under 100 µm i diameter då man bearbetar detaljer som i vissa fall är så små att de kan vara svåra att urskilja med blotta ögat. Lasermärkning slutligen använder effekter som kan ligga under 1 W och sällan över 100 W. Vanligtvis används här också pulsning

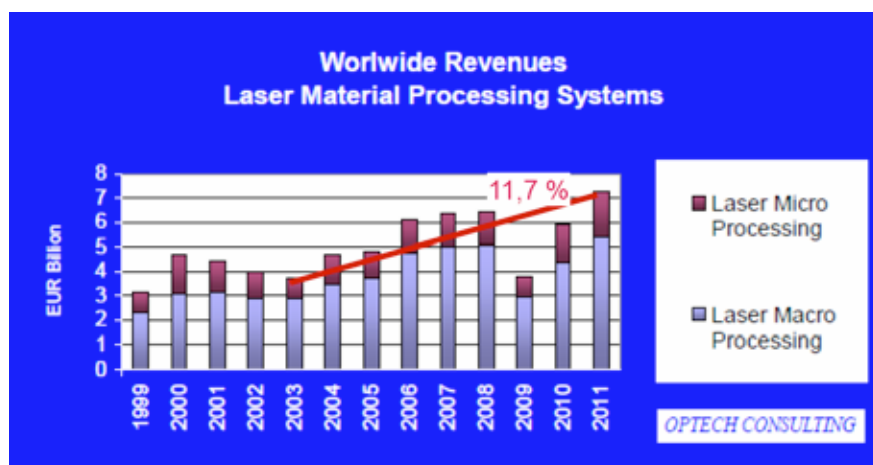


INTERNATIONAL LASER
TECHNOLOGY CONGRESS
MAY 9-11, 2012

av lasereffekten och fokalpunkterna i fråga har oftast diametrar som är så små som 1 µm.

2011 såldes det laserbaserade makro- och mikrobearbetnings-system för i storleksordningen 7,23 miljarder euros fördelade på 5,40 miljarder [74%] för makroanläggningarna och 1,83 miljarder [26%] för mikroinstallationerna. Om man ställer dessa siffror i relation till den ekonomiska kris som rådde 2009, och som också påverkade lasersektorn, talar vi om en marknadstillväxt på 90% [Fig. 1]! Om vi även inkluderar märklaserarna landar totalförsäljningen på 7,9 miljarder euros, där 2.556 miljoner är att hänföra till rena laserkällor medan resterande 5.344 miljoner euros representerar

kostnaderna för övrig systemutrustning som robotar, övervakningssystem, säkerhetskabinett etc. Eftersom mer än 70% av de sålda systemen var avsedda för laserskärning är det inte förvånande att CO₂-lasern fortfarande intar en dominerande roll på marknaden. Hela 58% av systemen hade denna typ av laserkälla som bas. För övriga system fördelade sig typerna av laserkällor på 23% för fastkroppslasrar, 16% för fiberlasrar och 3% av systemen var baserade på excimerlasrar och övriga lasertyper [Fig. 2]. 38% av lasrarna användes för makrobearbetning, 45% vid mikrobearbetning och 17% för lasermärkning.



Figur 1.

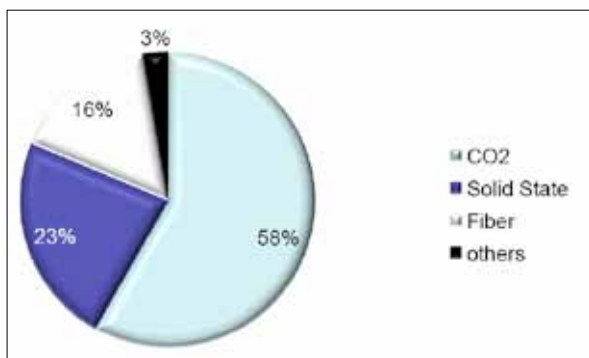
Statistik från Optech Consulting visar på en 90%-ig ökning av laserinvesteringarna "worldwide" om vi jämför 2011 med recessionsåret 2009, och en genomsnittlig ökning under det senaste decenniet med över 10% per år.

Såsom representant för Laserline ville självfallet Dr. Ullmann peka på den stora betydelse som laserdioderna har, antingen som pumpkällor eller som direktverkande lasrar. Helst 40% av de år 2011 försålda laserkällorna har laserdioder som bas-teknologi [Fig. 3], där majoriteter fortfarande tjänstgör som pumpmoduler medan blott 3% av marknader utgörs av direktverkande diodlasrar. Prognosen är emellertid positiv då det gäller behovet av laserdioder i takt med att fastkroppslasrarna tar över marknadsandelar från gaslasrarna [Fig. 4]. Lägg därtill den rekordsnabba utvecklingen då det gäller strålkvaliteten för direktverkande diodlasrar [Fig. 5] så förstår man att Dr. Ullmann och hans kollegor på Laserline kan se framtiden an med tillförsikt.

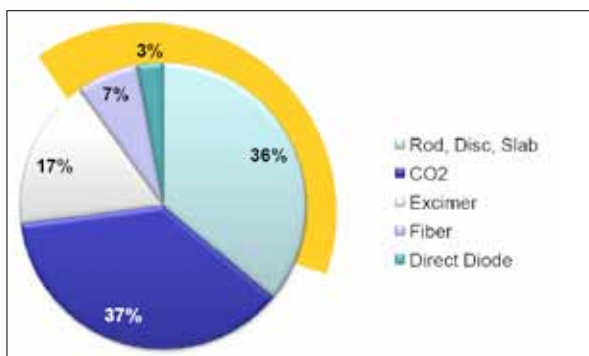
Inom alla de tre ovan nämnda användningsområdena är en tillväxt att vänta. Inom makroområdet beror denna främst på en alltmer ökad acceptans för laserbearbetningen såsom en mogen teknik, samtidigt som det finns ett begränsat antal aktörer då det gäller att erbjuda laserkällor med hög effekt för makrobearbetning. Inom mikrobearbetnings- och lasermärkningsområdena ser situationen annorlunda ut och här kommer marknadstillväxten bl.a. att bero på att det kommer allt fler aktörer som kan erbjuda lämpliga laserkällor. Inom mikrobearbetningen kommer tillväxten också att bero på att nya användningsområden och teknologier kommer att se dagens ljus, och inom lasermärkningen kommer en förväntad prispress att leda till en ökad användning av tekniken.

När Dr. Ullmann skärskådade de tre användningssegmenten kunde han konstatera följande:

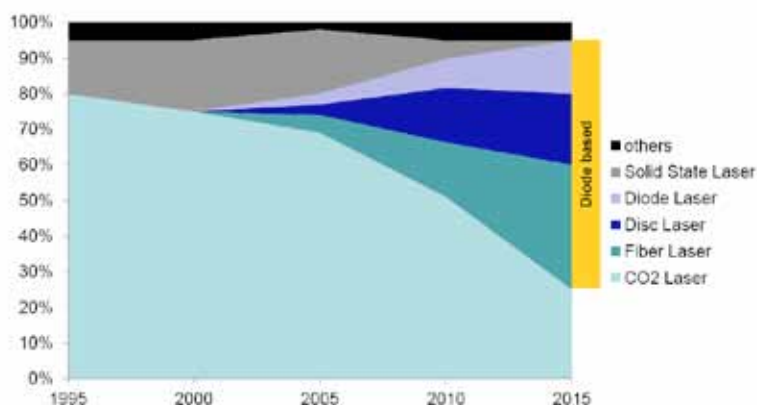
Inom makrobearbetningen är som tidigare nämnts laserskärning fortfarande det dominerande användningsområdet med en årlig försäljning kring 5.500 system. Den tvådimensionella laserskärningen är företrädesvis baserad på CO₂-lasrar, men här förväntas de s.k. 1 µm-lasrarna vinna marknadsandelar på mellan 25-50% inom de närmaste 2-3 åren. Tredimensionell metallskärning do-



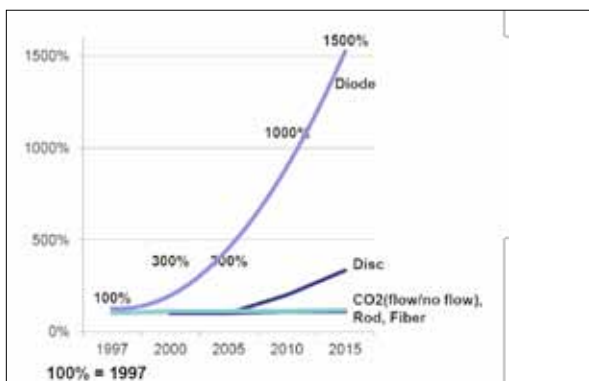
Figur 2.
Investeringar i laserkällor under 2011 fördelat på olika typer av lasrar.



Figur 3.
Över 40% (gulmarkerat) av de år 2011 sålda laserkällorna innehåller laserdioder; antingen i form av pumpmoduler för fiber- och disklasrar eller som ingående komponenter i de direktverkande diodlasrarna.



Figur 4.
Framtida prognoser indikerar att fastkroppslasrarna kommer att ta marknadsandelar på gaslasrarnas bekostnad.



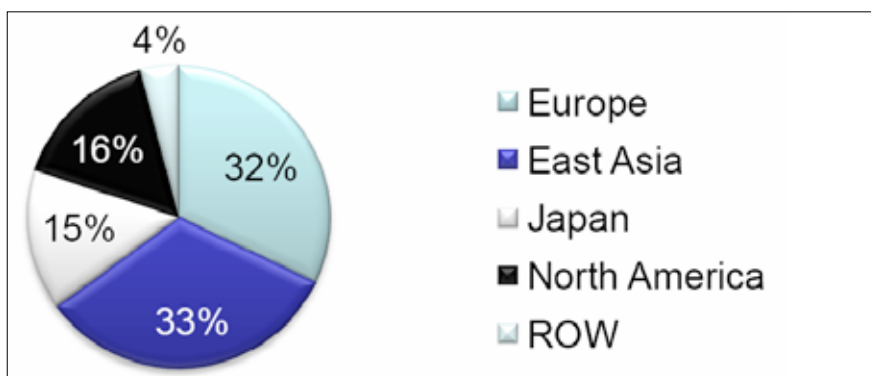
Figur 5.
Utvecklingen av förbättrad strålkvalitet för olika laserkällor över tiden.

mineras redan idag av dessa lasertyper även om detta användningsområde blott utgör 5% av den totala laserskärningen. Även inom makrobearbetningens näst största område – lasersvetsning, representerande 25% av installationerna, dominerar 1 µm-lasrarna. Dr. Ullmann menade att lasersvetsningen har den största tillväxtpotentialen och här kommer den förbättrade strålkvaliteten hos diodlasrar att bidra då den möjliggör nyckelhållssvetsning av såväl stål som aluminium. Andra lasertekniker inom makroområdet som lödning, påläggning, härdning och värmebehandling är fortfarande att betrakta som nischmarknader men uppvisar höga tillväxtsiffror där omkring 1.000 lasersystem säljs årligen för dylik användning.

Pulsade fastkroppslasrar dominerar inom mikrobearbetningsområdet där de utgör nästan 40% av de årligen installerade systemen. Här är det framförallt tekniken med ultrakorta pulser i ps- och fs-områdena som kommer att driva på tillväxten, och där de redan nu bidrar med en 50%-ig tillväxt varje år. De huvudsakliga användningsområdena hittar vi inom solcellsteknik, medicinteknik, elektronik inklusive "smartphones", PCB [Printed Circuit Board] -börning samt för bildskärmar och LED [Light Emitting Diode] -teknologi.

Vad gäller lasermärkning är detta som ovan nämnts en bransch där sänkta kostnader är en viktig konkurrensfaktor. Inom området dominerar fiberlaserbaserade system vilka utgör 70% av världsmarknaden. Olika myndighetskrav kommer att driva på tillväxten då efterfrågan på svårkopierad märkning ökar liksom ökade krav på spårbarhet. VIN [Vehicle Identification Number] och säkerhetsetiketter liksom temperaturresistent märkning är några sådana exempel.

Om vi tittar på var i världen de olika lasersystemen såldes och installerades under 2011 [Fig. 6] ligger Europa [32%] och Ostasien exklusive Japan [33%] i topp. Japan enbart står för 15% av laserinstallationerna medan Nordamerikas andel var 16%. Dr. Ullmann trodde på en ökad



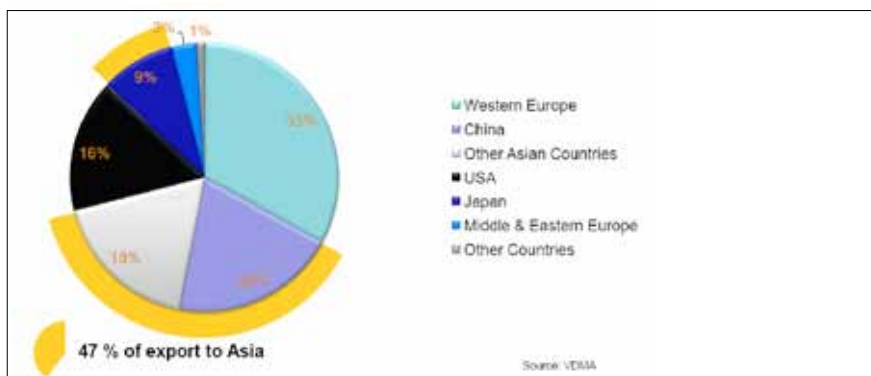
Figur 6. Investeringar i nya lasersystem under 2011 fördelat på olika regioner.

tillväxt inom de s.k. BRIC [Brazil, Russia, India, China] -länderna, men också i länder som Turkiet, Indonesien, Korea och Mexiko ser man en klar trend i form av en ökande laseranvändning. Sektorer som är aktuella i dessa länder är t.ex. jordbruksmaskiner, varvs- och bilindustri samt bildskärmar och elektronik.

Dr. Ullmann ägnade inte helt oväntat den tyska lasermarknaden speciell uppmärksamhet under sin presentation, inte minst för att den är något av navet för all laserverksamhet "world-wide". Detta beror naturligtvis mycket på att det är här vi hittar merparten av tillverkarna av laserkällor, optikkomponenter, laserverktyg och processövervakningsutrustningar, samtidigt som det bedrivs en omfattande spetsforskning i landet då det gäller att ständigt finna nya användningsområden för lasertekniken. Exporten av laserkällor är omfattande och hela 47% exporteras till Asien [Fig. 7], samtidigt som

Tyskland självt är den största europeiska marknaden för lasersystem. I Tyskland styrs tillväxten främst av behoven av en ökad produktivitet och hög automatiserad produktion, men också krav på mer miljövänlig produktion driver på investeringar i lasertekniken.

I övriga Europa är det främst investeringskostnaderna, snarare än driftskostnaderna, som bestämmer huruvida man vill satsa på lasertekniken då man väljer tillverkningskoncept. I stort sett är marknaden tämligen stabil även om Dr. Ullmann kunde se vissa hot segla upp främst beroende på den valutakris som råder i delar av regionen. Här är det främst den sydeuropeiska marknaden som uppvisar en avmattning, medan norra och östra Europa fortfarande redovisar en uppgång i försålda lasersmaskiner. Jämfört med Tyskland finns det i övriga Europa långt färre lokala aktörer i form av systemintegratörer och lasertillverkare, sam-



Figur 7. Exporten av tysktillverkade laserkällor fördelat per region, där investeringar i Asien utgör nästan hälften av exportkapitalet.

tidigt som satsningen på laserforskning är mindre omfattande.

Asien är den region som idag generellt uppvisar den starkaste marknadstillväxten, vilket också gäller för laserområdet. Här är också de strategiska regeringsbeslut som görs beträffande industrisatsningar av avgörande betydelse för laserteknikens implementering. Det finns en del lokala aktörer vad gäller laserkällor, optikkomponenter och andra tillbehör, men merparten av installationerna baseras fortfarande på europeiska eller nordamerikanska fabrikat. De huvudsakliga avnämarna av laserteknik hittar vi i branscher som personbils- elektronik- och solenergisektorerna.

Även i Nordamerika är tillväxttenden för laserbearbetning positiv även om den inte uppvisar samma siffror som i Asien. Annars är marknadsbilden snarlik, d.v.s. få lokala eller regionala aktörer, utan den mesta hårdvaran tillhandahålls av europeiska laserföretag. Självklart gör bilindustrin stora investeringar i lasertekniken, men andra stora användarsegment utgörs av gas-, olje- och "off-shore"-industrierna.

Avslutningsvis summerade Dr. Ullmann sin presentation på följande sätt:

- Efter den recession som var 2009 har lasermarknaden nu återhämtat sig och uppvisar nu omsättningssiffror som överstiger dem från 2008.

- Ser man över det senaste decenniet så kan man notera en genomsnittlig marknadstillväxt på 10% per år.
- Lasrar med högre verkningsgrad, såsom diod-, disk- och fiberlasrar börjar utkonkurrera de traditionella gas- och stavlasrarna.
- Laserskärning kommer även i framtiden att utgöra det stora industriella användningsområdet även om lasersvetsning är den teknik som tillväxer mest idag.
- Och slutligen kommer de asiatiska marknaderna, och då inte minst den kinesiska, att vara de viktigaste under de närmaste åren. ■

BLIVANDE SVETSARE LÄR OM LASER

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Den 15 augusti besökte elever från Strömbackaskolan i Piteå laserlaboratoriet vid Luleå tekniska universitet för att få information om lasersvetsning. Det blev en trevlig stund då vi gnuggande eleverna i lite laser-teori och sedan fick de se lasersvetsning och laserhybridsvetsning med 15 kW fiberlasersvetsning i laboratoriet under ledning av Jan Karlsson.

Vid Strömbackaskolan i Piteå så har man en välrenommerad utbildning av svetsare på gymnasienivå och där flera elever har vunnit pris i de årliga svetstävlingar som arrangeras av Svetskommissionen. Ltu och Lasergruppen har under det gångna året tagit upp diskussionen med skolans rektor Klas Lund och svetsläraren Ander Jansson om att kunna få möjlighet att informera eleverna om lasersvetsning och dess möjligheter. Detta sker som ett led i arbetet i Lasergruppen för att öka kunskapen om laser och lasersvetsning även hos unga människor som ska ut i yrkeslivet. De kommer ju att ha en viktig roll i hur lasersvetsning kommer att användas i den svenska industrin i framtiden.



Jan Karlsson, forskare vid LTU berättar om laserhybridsvetsningens mysterier för svets elever vid Strömbackaskolan i Piteå på besök i laserlaboratoriet på LTU.



Blivande "lasersvetsare" och teknikläraren Rickard Ström förbereder sig för laserhybridsvetsning med fiberlaser.

Vi har också diskuterat möjligheterna till ett fördjupat samarbete under läsåret 2012-13 med Strömbackaskolan där vi kan ge eleverna större kunskaper i lasersvetsning genom mera teori kombinerat med

praktiska övningar i laserlaboratoriet. Detta skulle sedan också kunna användas mot andra gymnasieskolor i landet via videokonferensteknik så att eleverna kan få samma kunskaper utan att behöva resa till Luleå.



Lasertekniken ger användarna möjlighet till innovativa konstruktionslösningar. Detta ger ekonomiska och tekniska fördelar genom rationell och flexibel produktion med hög kvalitet. De största vinsterna genereras i tillämpningar där laserteknikens fördelar har tagits tillvara redan på konstruktionsstadiet.

Seminariets mål är att visa beslutsfattare och konstruktionschefer med ett antal exempel hur man kan få lönsam produktion genom att införa laserteknik samt att ge tips och idéer hur man som konstruktör och produktionstekniker kan utnyttja teknikens fördelar inom de stora processerna skärning och svetsning.

Anmälan

Vi önskar få in anmälningarna före fredagen den 5 oktober till per.westerhult@svets.se

Vi förbehåller oss rätten att ställa in kursen om deltagarantalet blir för lågt.

Deltagaravgift

3 900 kronor för medlemmar i Lasergruppen.

4 500 kronor för övriga deltagare. Mervärdesskatt tillkommer.

Avgiften inkluderar dokumentation, lunch och kaffe.

Vid avbokning 2 veckor innan kursstart debiteras 40 % av kursavgiften, därefter hela avgiften.

Behöver du övernatta ber vi dig boka hotellrum själv.

Förslag på hotell: Quality Airport Hotell Arlanda, Arlandastad, telefon 08-595 111 00.

Upplysning och anmälning

Per Westerhult, Lasergruppen.

Telefon 08-120 304 03, fax 08-679 94 04,

per.westerhult@svets.se

Program

09.00 Registrering och kaffe

09.20 Inledning

Per Westerhult, Lasergruppen

09.30 Laserbearbetning – möjligheternas teknik

Hans Engström, Luleå Tekniska Universitet

10.10 Lasersvetsning – systemexempel och payback-kalkyl

Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB

10.40 Paus

10.50 Laser och annat

Multifunktionell plåtbearbetning sparar kostnader och ger nya affärsmöjligheter.

Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

11.30 Lunch

12.30 Design- och dimensioneringsaspekter för lasersvetsade tunnplåtskonstruktioner

Johnny K. Larsson, Volvo Cars AB

13.10 Processkedja Plåt

Lasersvetsning är en unik länk inom processkedjan för plåtbearbetning.

Nya konstruktionsmöjligheter med lasersvetsning ger besparingspotential och ger nya, smarta designs.

Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

13.50 Effektivisering genom smarta konstruktioner

Michael Kron, Bystronic Scandinavia AB

14.30 Visning och demonstration av Bystronics demoanläggning

Michael Kron, Bystronic Scandinavia

15.45 – 16.00 Avslutning

KALENDARIUM 2012 / 2013

DATUM		UPPLYSNINGAR
OKTOBER		
11	Laserdag 2, SSAB, Borlänge LaserNytt 2-2012	Per Westerhult
31	Laserbearbetning – framtiden för svensk verkstadsindustri Bystronic Scandinavia AB, Rosersberg	Per Westerhult
DECEMBER		
15	LaserNytt 3-2012	Per Westerhult
MARS 2013		
21	Laserdag 1, Lasergruppens årsmöte Scania, Södertälje (preliminärt)	Per Westerhult
AUGUSTI 2013		
26-28	NOLAMP 14, Göteborg	Hans Engström

EWF – SPECIALKURS 2013 LASERSVETSNING

Nu med
15 kW
fiberlaser

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

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

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

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