

LASER *nytt*

3-09

Lösnummerpris 85 kr

En ny tid inom laserforskning

**Traditionsenlig
NOLAMP-konferens
på Kalvebod Brygge,
Köpenhamn**

- Samarbete med Danmarks lasergrupp ▪ Julgransplundring i bilindustrin
- ICALEO 2009 ▪ Lasersäkerhet ▪ LAM-workshopen i San Antonio
- DATLAS: Nya kunskaper om processövervakning vid lasersvetsning

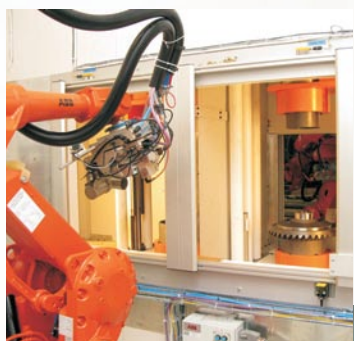
Nyckelfärdiga lasersystem

- från produktidé till produktion -



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

Vi erbjuder Dig:



Laser-robot-celler

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

Applikationslabb

- 6 kW laser + robot
- Processutveckling
- Förstudier

Tjänster

- Service, reservdelar
- Utbildning
- Konsulting

Kontakta oss redan idag!



PERMANOVA
Lasersystem ab

Laser is our passion

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

Redaktör

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

Redaktionellt arbete och kansli

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

Ansvarig utgivare

Per Westerhult

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.eu

Produktion: Breakwater Publishing AB,
www.breakwater.se, info@breakwater.se
Tryck: Lindgren & Söner AB, Göteborg 2009
Omslagsbild: Flemming Olsen, Jens Klæstrup
Kristensen och Erling D. Mortensen är alla verksamma
inom Danmarks lasergrupp.

- 4 En ny tid inom laserforskning
- 5 Traditionsenlig NOLAMP-konferens på Kalvebod Brygge, Köpenhamn
- 21 Samarbete med Danmarks lasergrupp
- 22 Julgransplundring i bilindustrin – en sammanfattning av de senaste laserapplikationerna i branschen
- 30 DATLAS: Nya kunskaper om processövervakning vid lasersvetsning
- 32 ICALEO 2009 – Ett sätt för laserentusiaster att umgås på
- 34 Laser 2009-mässan i München
- 36 Milan Brandt rapporterar från LAM-workshopen i San Antonio
- 38 Lasersäkerhet – regler för utrustning och användning
- 40 Kalendarium

Laserteknik – möjligheternas teknik

Seminarium på Höganäs AB, 18 mars 2010 i Höganäs

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 tillämningar där laserteknikens fördelar tagits till vara redan på konstruktionsstadiet.

Seminariets mål är att ge deltagarna kunskaper, tips och idéer om hur man som konstruktör och produktionstekniker kan utnyttja teknikens fördelar, grundkunskaper i allmän laserteknik samt kunskaper om de industriellt stora processerna skärning och svetsning. Samtliga deltagare erhåller kompendiet Laserbearbetning framtaget av Luleå tekniska universitet.

Inbjudan med program och praktisk information kommer på Lasergruppens hemsida under december.
www.lasergruppen.eu

Orientering om industriell laserteknik och användningsområden

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Tänk laser redan vid konstruktionsstadiet

Johan Elster, Bystronic AB

Konstruera för lasersvetsning – erfarenheter från bilindustrin.

Johnny K. Larsson, Volvo Cars

Hur används laser i industrin – exempel på tillämpningar

Tore Salmi, Permana Lasersystem AB
Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

Presentation av Höganäs AB

Ingrid Hauer, Höganäs AB

En ny tid inom laserforskning



Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

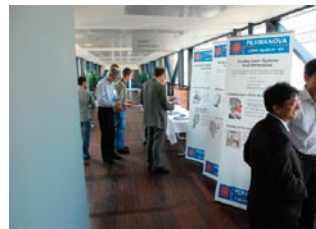
Så här några veckor efter NOLAMP 12, ni vet den nordiska laserkonferensen som går vartannat år, så infinner sig känslan att det vi upplevde i Köpenhamn under några varma och vackra augustidagar definitivt slår fast att vi är inne i en ny tid inom nordisk laserforskning.

Låt oss ta det från början. Konferensen var välbesökt med cirka 50 deltagare (dock ovanligt få industrideltagare) och förstklassigt arrangerad av DTU/FORCE Technologies och ATV SEMAPP i en trevlig miljö direkt vid havet inne i Köpenhamns centrum. Vi lyssnade på flera bra presentationer inom de "vanliga" laserområdena, och glädjande nog så verkar det som om laserytbehandling har fått ett uppsving efter en tid av tynande forskningsintresse. Annars dominerade laser/laserhybridsvetsning som vanligt. Men det fanns glädjande nog en hel del annan innovativ forskning som presenterades.

De "nya" lasrarna gör nu sitt intåg i industrin och det avspeglar sig också inom forskningen. Många föredrag presenterade intressanta resultat där fiber-, disk eller diodlaser hade använts inom svetsning, skärning och ytbehandling. Kanske ser vi snart ett generationsskifte inom tunnplåtsskärning där CO₂-lasern får stryka på foten? Den lamppumpade Nd:YAG-laserns dagar är nog definitivt räknade.

Laserforskningen inom den närmaste framtiden tror jag helt kommer att domineras av fortsatt process- och applikationsutveckling med de nya laserkällorna. Än har vi inte på långa vägar kunnat utnyttja den höga strålkvaliteten hos fiber- och disklasrarna så här finns mycket att göra. Och hur kan utvecklingen för diodlasern utnyttjas?

Men, det blir allt svårare att hitta finansiering för laserforskningen så vi behöver kraftig draghjälp från industrin för att övertyga forskningsfinansiärerna om möjligheterna. Så låt oss med förenade krafter ta oss an uppgiften att ta laserbearbetningen vidare i den nya eran. Belöningen kommer att bli stor – för alla parter! ☺



Traditionsenlig NOLAMP-konferens på Kalvebod Brygge, Köpenhamn

Rapport från 12th Conference on Nordic Laser Materials Processing Köpenhamn, 24–26 augusti 2009

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars, och Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Ingenjörforeningen i Danmark, IDA, har begåvats med nya, fräscha lokaler nere vid kajen på Kalvebod brygge i Köpenhamn, och det var här som den 12:e NOLAMP-konferensen genomfördes. Därmed har den tredje cirkeln slutits vad gäller detta arrangemang som med två års intervall genomförs, med ett roterande värdskap, mellan de nordiska länderna; Norge, Sverige, Finland och Danmark. Totalt hade 56 delegater [Tab. 1] samlats för att under nästan tre dagar ta del av de senaste rönen från laserforskningen i Norden, samt lyssna till ett antal föredrag från såväl laseranvändare som leverantörer av laserutrustning. Sammanlagt kunde vi räkna upp till 42 presentationer från 12 nationer. Som vanligt var finländarna de mest aktiva med 13 föredrag, varav 5 stycken kom från LLPC [Lappeenranta Laser Processing Center].

Danmark, Sverige samt Tyskland bidrog med 8, 7 respektive 6 presentationer, och dessutom hade några långväga gäster som exempelvis den i lasersammanhang högt respekterade professor Muneharu Kutsuna från Hamamatsu Advanced Laser Technology Research Center Co.

Ltd. sökt sig till dessa lite nordligare breddgrader.

Förutom de sedvanliga tekniska sessionerna gavs möjlighet till socialt och informellt umgänge i traditionell NOLAMP-anda vid bl.a. Köpenhamns stads mottagning för oss delegater i det vackra Rådhuset samt vid den synnerligen lyckade konferensmiddagen på Hotel Admiral. Dessutom passade delar av Lasergruppens styrelse på att träffa sina kollegor i den danska ERFA-Lasergruppen kvällen innan konferensen började, och här kunde vi jämföra våra organisationers arbetssätt och erfarenheter under gemytliga former. En träff som gav mersmak och som

beskrivs närmare på annat ställe i detta nummer av LaserNytt.

Laserhybridsvetsning röner ett fortsatt växande intresse

Hela 48% av presentationerna kunde hänföras till lasersvetsning. Andra användningsområden som ytbehandling och skärning med laser utgjorde 25 resp. 15% av föredragsutbudet. Svetsningen var uppdelad i fyra olika sessioner där laserhybridsvetsning av grovplåt var ett dominerande inslag, och här fick vi bl.a. lyssna till en fyllig presentation kring denna metods användning inom varvsindustrin framförd av Jens Klæstrup Kristensen från Force

TABELL 1. DELTAGARE/NATION

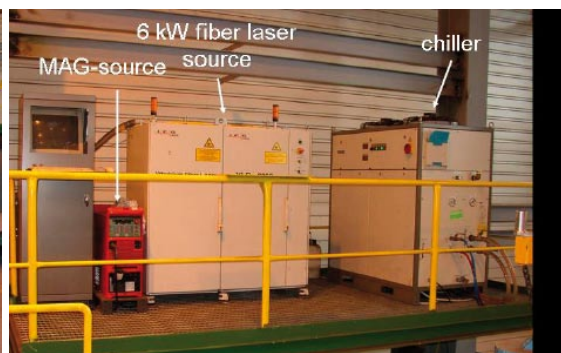
Finland	13
Sverige	13
Danmark	12
Tyskland	6
Litauen	2
USA	2
Belgien	1
Japan	1
Norge	1
Rumänien	1
Ryssland	1
Schweiz	1
Storbritannien	1
Taiwan	1
Totalt	56

PRESENTATIONER/NATION

Finland	13
Danmark	8
Sverige	7
Tyskland	6
Belgien	1
Japan	1
Litauen	1
Ryssland	1
Schweiz	1
Storbritannien	1
Taiwan	1
USA	1
Totalt	42



Figur 1. Laserhybridsvetsning av paneler hos "pionjär-varvet" Meyer Werft.



Figur 2. Laserhybridstationen vid Aker Yards i Turku (Åbo) baserad på en 6 kW fiberlaserenhet.

Technology. Sympatiska Jens var för övrigt ordförande i konferensens programkommitté, vars övriga medlemmar var Steen Erik Nielsen [Force Technology], Flemming Olsen [IPU] och Erling Dam Mortensen [ATV-SEMAPP].

1996 godkändes lasersvetsning för fartygsstrukturer av de olika certifie-

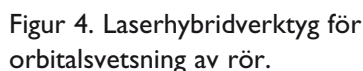
ringsorganen, men med förbehållet att 100% oförstörande provning av svetsarna krävdes. Detta krav mjukades upp 2001 då det blev tillåtet att endast genomföra stickprovskontroll av lasersvetsarnas kvalitet. Därmed öppnades dörren upp för en bredare användning av laserhybridsvetsning för fartygsproduktion. Tidigast ute

var tyska Meyer Werft [Fig. 1] som sedan 2001 stumsvetsar 20 mm tjocka däckspaneler, samt förstyrningar i form av T-fogar. Italienska Monfalcone Fincantieri använder en 10 kW fiberlaser för laserhybridsvetsning, medan Blohm+Voss i Tyskland valt en 12 kW CO₂-laser för svetsning av T-fogar. Här i Norden har Aker Yards i Åbo [Fig. 2] investerat i en 6 kW fiberlaser avsedd för hybridsvetsning. Annars var det ju Odense Steel Shipyard [OSS] som var tidigt ute med en 16x4 meters arbetsyta [Fig. 3] för såväl lasersvetsning som laserskärning. Tyvärr nödgas vi konstatera att danskarna blivit utkonkurrerade i denna prispressade bransch, varför varvet i Odense kommer att stänga 2012. Möjligtvis kommer en begränsad reparationsverksamhet att fortsätta.



Figur 3. Den flexibla laseranläggningen vid Odensevarvet avsedd för såväl skärning som svetsning. Utrustningen togs i drift redan 1997 och inkluderar bl.a. en 12 kW CO₂-laser.

Risto Laitinen från Rautaruukki Oy berättade om erfarenheter från hybridsvetsning av härdat S690QL-material. 10 mm tjockt material



Laserhybridsvetsning av rör var något som hade studerats vid BAM [Bundesanstalt für Angewandte Materialprüfung] i Berlin. Dr. Sergej Gook berättade att rör i kvalitet X65 med en vägg tjocklek på 16 mm hade stumsvetsats i olika svetslägen, dvs. man hade haft rören i en fix position och låtit svetsverktygen rotera runt omkretsen [Fig. 4]. Som laserkälla hade en 20 kW fiberlaser med 200

µm distributionsfiber och en BPP [Beam Parameter Product] på 11,5 mm*mrad använts tillsammans med en MAG [Metal Active Gas] – strömkälla från Vietz GmbH. Eftersom man inte gjort någon fogberedning användes en scanner-optik från HighYag för att kompensera för varierande gap. Lasern gick alltid som ”ledande” och de största problemen uppstod inte helt oväntat då man hamnade i svetsläge PF, dvs. stigande svetsning. I svetsläge PE [Overhead] kunde svetskvaliteten förbättras om man minskade på trådmattningen.

Bland de mera forskningsinriktade presentationerna inom området hybridsvetsning värda att nämna var t.ex. försök som hade genomförts vid Laser Center Flanders of VITO och som presenterades av Jo Verwimp. Man hade överlappssvetsat två höghållfasta material [Docol1400 DP och MS1200] där man använt dels en undermatchad tillsatsstråd [Union SG 2-H], dels en matchande dito [X96], båda med 1,0 mm diameter. Variabler i försöken var: ledande/släpande laser, sträckenergi och trådmattningshastighet. Genomgående fick man en hårdhetssänkning i den värmepåverkade zonen och en dito ökning i själva svetsgodset. Högre sträckenergi gav en något större uppmjukning i HAZ [Heat Affected Zone], medan däremot det undermatchande tillsatsmaterialet inte gav

den förväntade hårdhetssänkningen i svetsgodset. Hårdheten för samtliga svetsar låg i intervallet 410-460 Hv0.5 med brottförlängningar mellan 3,5-6,0% [A50].

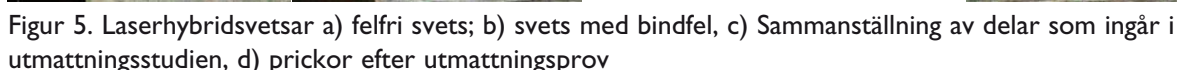
Minhaj Alam, doktorandstuderade vid Luleå tekniska universitet, arbetar i sitt doktorsarbete med att använda FEM-simulering för att undersöka utmattningshållfastheten i laserhybridsvetsade fogar. I sitt föredrag berättade Minhaj om en studie av laserhybridsvetsning av excentrisk kålfog, [Fig. 5] där han har bl.a. använt med FEM-simulering.

Minhaj har använt olika tekniker som replica, optisk 3D-profiler och digitizer för att karakterisera svetsens geometri och yta.

En FEM-simulering (fyr-punkt böjutmattning) visade att spänningskoncentrationsfaktorn K_t alltid är högre i den nedre svetstån än i den högre vid fyrpunkt-belastning. Fyrpunkts böjprovutmattningsprovning av laserhybridsvetsade prover visade att utmattningssprickor uppstår både i svetstån och i svetsmaterialet. Det visade sig att utmattningssprickorna i svetsmaterialet alltid följde svetsens stelningsmönster.

Kunskapshantering och processövervakning

Långväga gästen Chun Chen från National Taiwan University hade undersökt oxidfilmens inverkan vid



BOP [Bead-On-Plate] –svetsning av 3,6 mm tjockt JSH 780R. Detta material är ett Titanium-legerat stål med en brottgräns på 825 MPa och 20%-iga förlängningsvärden. Resultaten gav vid handen att om oxidskiktet inte avlägsnas försämras penetrationsförmågan. Å andra sidan uppvisade de oxidfria proven en högre hårdhet i svetsgodset!

Azim Ahmad, doktorandstude-

rande vid Lappeenranta University of Technology hade studerat absorptionsfenomen vid CO₂-lasersvetsning av olika höghållfasta materialkvaliteter. Det är allmänt känt att energiabsorptionen i stål för denna våglängd ligger kring 12% vid rumstemperatur. Emellertid ökar absorptionsförmågan snabbt upp till cirka 90% så fort som ett nyckelhål har etablerats. Svetsförsöken hade gett vid handen

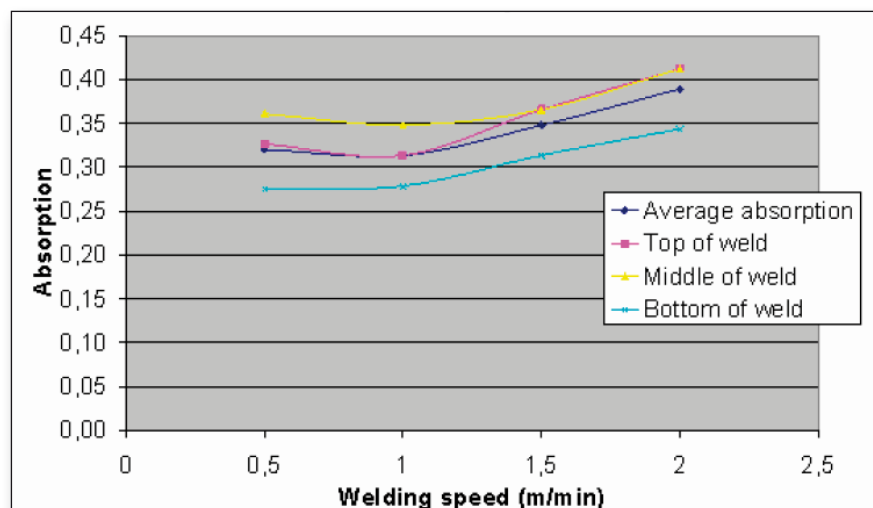
att absorptionen ökar med ökande svetshastighet [Fig. 6] samt att den är något högre vid svetsens toppyta jämfört med vid dess rot.

Frågan hur ska man dokumentera, beskriva och visualisera information som man får vid ett laserexperiment har sysselsatt Jan Karlsson, forskarstuderande vid Luleå tekniska universitet. Otvivelaktigt finns ett mycket stort behov att förbättra tillgången, användningen och kombination av kunskaper. Det görs mängder med experiment, fallstudier, och applikationstester men kunskapsöverföringen till en annan applikation är svår just på grund av att parameteruppsättningarna skiljer sig från varandra. Jan presenterade en vision till en bred kunskapsplattform, [Fig. 7], som ska ge en helhetsbild över situationen.

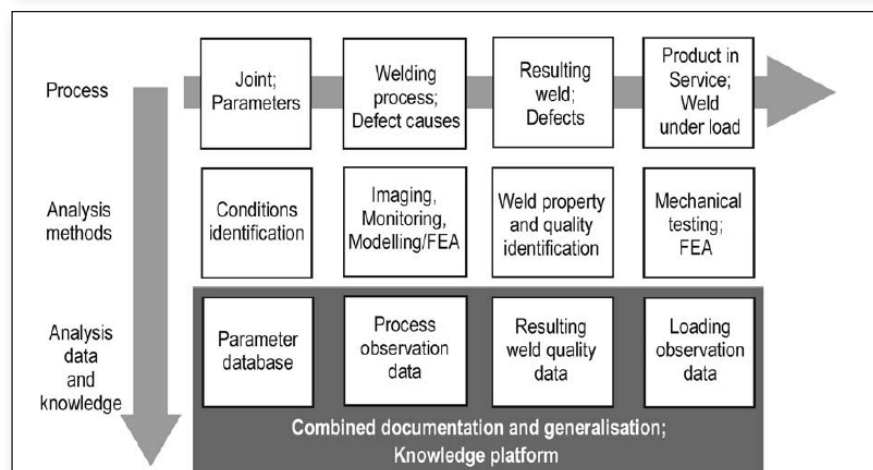
Jan föreslår att man ska skapa en on-line databas för att systematiskt samla och arrangera information från lasersvetsexperiment. Jan påpekar att det finns mycket att tillämpa från den kognitiva psykologin när det gäller att förbättra kunskapsöverföringen mellan individer och ger flera exempel på detta i sitt paper.

Även Alexander Kaplan, Luleå tekniska universitet, har funderat mycket på hur man ska kunna systematisera kunskap med speciell tillämpning på defekter vid lasersvetsning. Han presenterade en generell metod, the Bifurcation Flow Chard (BFC), där man systematiskt kan samla och utvärdera kunskap [Fig. 8].

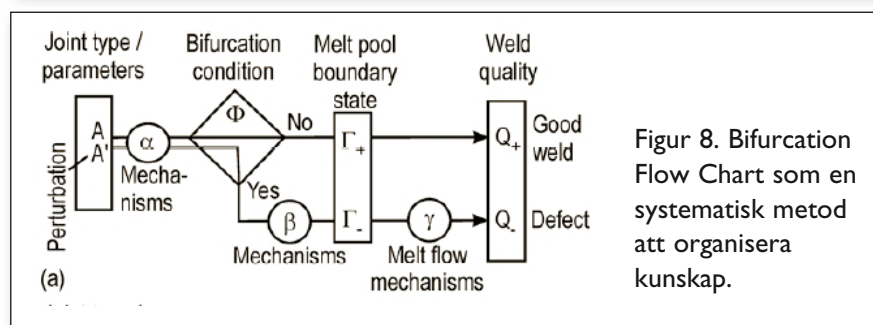
Exemplet i figur 8 visar principiellt hur man kan systematisera kunskap om vad som ger en svetsdefekt och vad som ger en felfri svets. Villkoret Φ avgör detta. Gränsvillkoret Γ kan tex. genom höghastighetsfilmning ge ytterligare information om förhållanden som påverkar situationen. Men man tar bara med mekanismer och parametrar som har direkt infly-



Figur 6. Absorptionen av laserenergi som funktion av hastighet vid CO₂-lasersvetsning av materialet Optim 355 MC.



Figur 7. Kunskapsplattform som ger samband mellan process och svetsad produkt



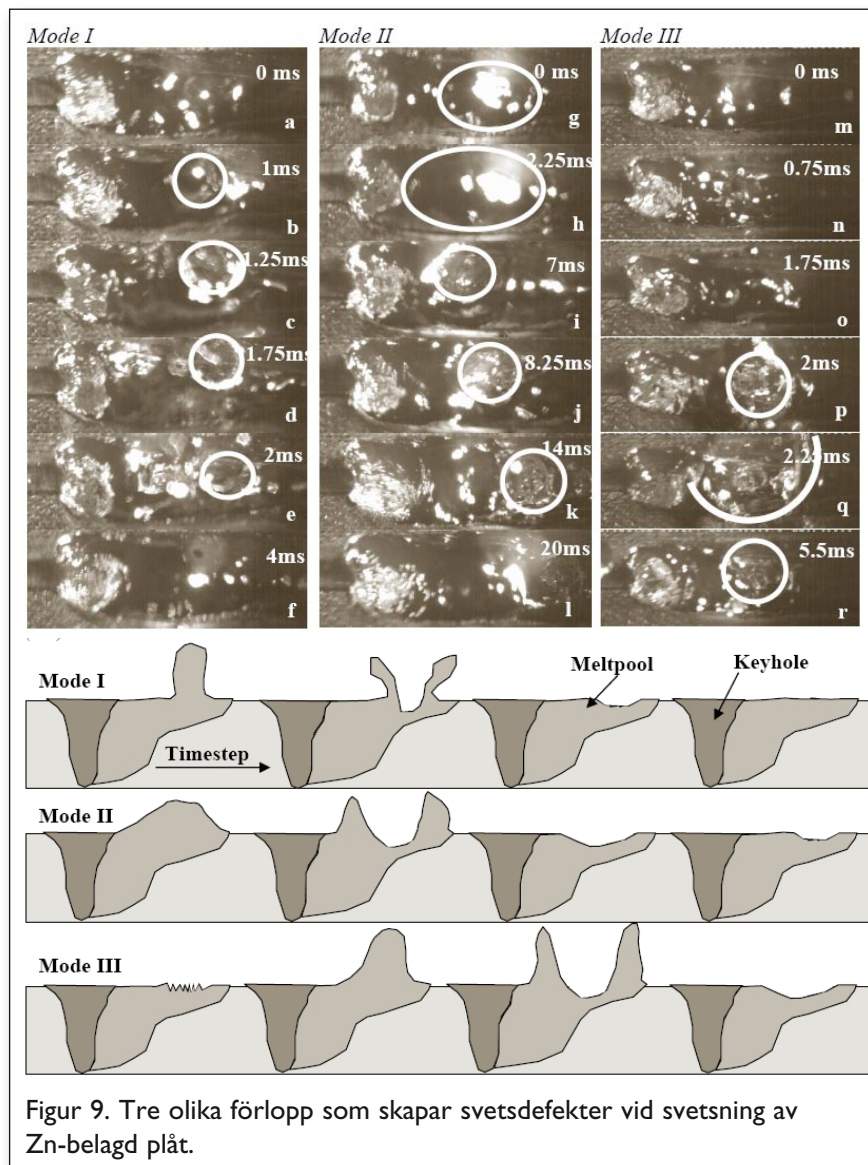
Figur 8. Bifurcation Flow Chart som en systematisk metod att organisera kunskap.

tande på om svetsfelet uppstår eller inte. Kaplan beskriver tekniken i detalj i sex olika svetscase som sedan kombineras till en gemensam BFC för dessa. Förhoppningen är att flera kommer att använda BFC-modellen för att på så sätt samla kunskap och skapa generaliserade teorier/modeller.

Heidi Piili [tidigare Malmberg] från Lappeenranta Technical University hade en "svettig" konferens i den bemärkelsen att hon hade inte mindre än tre presentationer att föredraga, detta bl.a. beroende på att välbekante Anti Salminen tvingats prioritera andra aktiviteter på hemmaplan. En av presentationerna handlade om nyckelhålets och laserplasmats variationer vilka hade studerats med hjälp av Schlieren-fotografier vid svetsning av rostfritt 1.4301 [AISI304] med en 5kW fiberlaser med BPP 4,4 mm*mrad och en 170 µm fokalpunktsdiameter. Fokalpunktens positionering tycks vara av största betydelse för att erhålla en god svetskvalitet. Bäst resultat fick man då fokalpunkten låg 2 millimeter ner i det 6 mm tjocka materialet. En högre belägen fokalpunkt resulterade oftare i svetssprut och därmed risk för insjunkningar på svetsens ovansida.

Peter Norman, Luleå tekniska universitet, presenterade resultat från ett svetscase som har undersökts i projektet DATLAS. Caset handlar om defekter vid svetsning av Zn-belagd plåt som Peter har studerat med höghastighetsfilmning och ett fotodiod-baserat processövervakningssystem. Han identifierade tre olika mekanismer som skapar defekter i form av blow-outs och porer [Fig. 9].

I Mode I startar defekten med att en pelare av smält material med diameter av ca 1 mm och en höjd av 1.5-2mm reser sig ca 1.5 mm bakom key-hålet. Strax efteråt så "exploderar" den och lämnar ett hål som fylls igen av fylls igen av smältan.



Figur 9. Tre olika förlopp som skapar svetsdefekter vid svetsning av Zn-belagd plåt.

Förloppet tar ca 4 ms.

I Mode II sker en långsammare uppbyggnad av en mycket större bubbla som expanderar under ca 7 ms. Här skapas en storkrater som inte fylls igen och en bestående sdefekt ah bildats. Tidsförloppet är ca 20 ms.

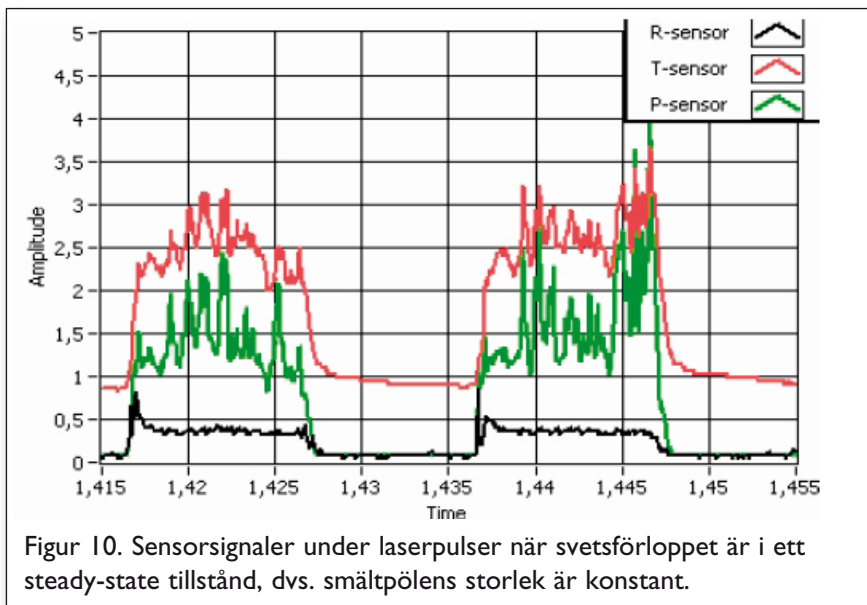
Mode III startar med en en liten bubbla skapar en lite blow-out som direkt efter att den har blivit återfylld exploderar i en större blow-out som också den ger en bestående defekt. Tidsförlopp 5.75 ms.

Fotodiodsystemet registrerar emissioner från svetsprocessen. I detta fall har en sensor används som registrerar återreflekterat laserljus från key-hålet och en som registrerar temperaturstrålning med våglängd

1100–1800 nm. Samplingsfrekvensen var 8000 Hz och temperatursignalen var dessutom filtrerad. Den var inställ att titta på området nära key-hålet. Signalen korrelerar mot defekter i två fall av tio i detta försök. En förklaring kan vara att defekterna många gånger uppstår utanför det inställda detektionsområdet och blir därför inte möjliga att detektera. En annan är att förändringarna i emissionerna blir så små och snabba att de inte kan detekteras med använda inställningar hos systemet.

Under svetsningen så upprepas dessa förlopp vilket ger en svets med många defekter.

Processövervakning var också temat för Ingemar Eriksson, Luleå tekniska universitet, som presente-



skugga strålning från nyckelhålet.

Mobil laser för skärning och svetsning

Själv hade jag nöjet att förutom min key-note-presentation [med titeln "Appropriate Utilization of Laser Processing in Order to Stay Competitive in the Manufacture of World Class Automotive Body Structures"] agera ordförande i sessionen Laser Welding II.

Här gavs ytterligare möjligheter att lyssna på initierade Jens Klæstrup Kristensen då denne redogjorde för några av resultaten från det av ERFCS [European Research Fund for Coal and Steel] finansierade samarbetsprojektet HYBLAS. Projektet som avslutades 2007 riktade sig främst mot plåttjockleksintervallet 12–30 mm. Man hade bl.a. studerat spaltöverbryggnadsförmågan vid hybridsvetsning av 15 mm:s stål i stumfog och svetsläge PA där man använt ett av ILT [Institut für

rade en studie över fotodiodsignaler från emissioner vid lasersvetsning. Han har bl.a. tittat på signalerna vid pulsad svetsning och konstaterar att ca 1/3 av temperatursignalen kan härröras från emissioner från smältan och resten kommer från plasma/ångplymen under laserpulsen, [Fig. 10].

Det har också i högre akademiska kretsar diskuterats om verkligen ångplymen emitterar strålning eller om den bara reflekterar strålningen från nyckelhålet. Ingemar har med ett enkelt experiment visat att plymen verkligen emitterar strålning. En böjd stång har placerat i plymen som visas i [Fig. 11]. Den kommer då att

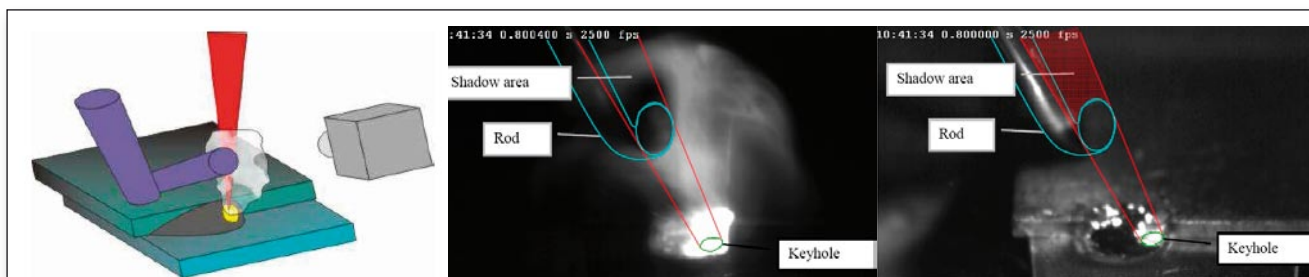


Figure 11. Experiment som visar att ångplymen vid svetsning med Nd:YAG-laser genererar strålning som är tillräcklig för att registreras genom ett 810 nm bandpass filter. I mitten syns en tydlig bild av plymen i det område som skuggas av staven.

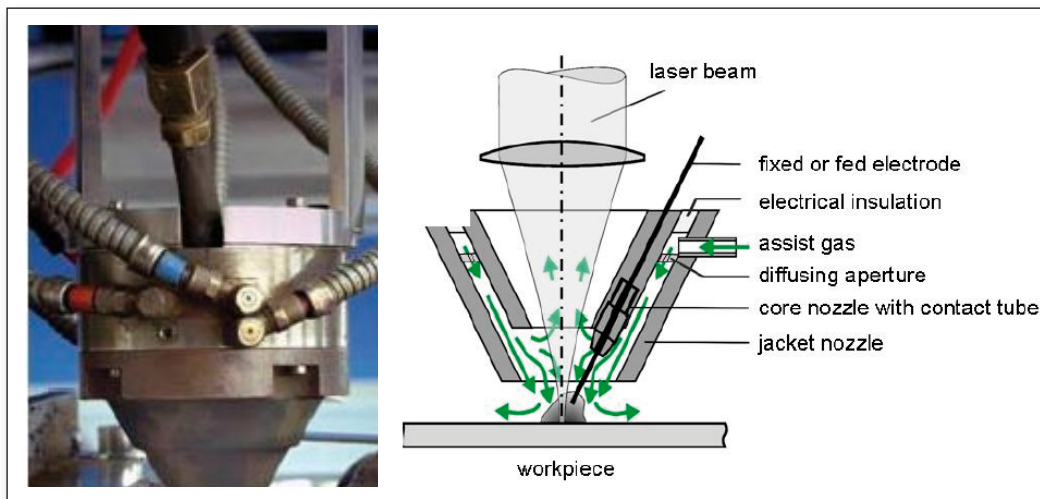


Figure 12. Ett vid ILT utvecklat verktyg för laserhybridsvetsning med i munstycket integrerad trådmatning. Närmast ses den principiella uppbyggnaden och längst t.v. det faktiska svetsverktyget.



Figur 13. Interiörbild från SLV's mobila laserzell utrustad med Fanuc-robot och RoboFeed-matarverk från ESAB avsedd för reparationsskärning och -svetsning.

LaserTechnik, Aachen], som var en av projektmedlemmarna, utvecklat svetsverktyg med integrerad trådtillförsel [Fig. 12] och en konstant svetshastighet på 1,2 m/min. Vid ökat gap var det nödvändigt att öka trådmattningshastigheten, men samtidigt kunde man minska lasereffekten. Fokalpunktspositioneringen var också av betydelse och här uppnådde man bäst resultat med ett läge på ungefär 4 mm ner i materialet.

I denna session framträdde också välbekante Ulf Jasnau från SLV [Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt] Mecklenburg-Vorpommern i Rostock med två presentationer. Den första handlade om laserskärning och hybridsvetsning med hjälp av en mobil enhet [Fig. 13]. Tidiga experiment hade utförts inom ramen för ett annat samarbetsprojekt, Dock-Laser, och då med en 4 kW lappumpad stavlaser. Men fr.o.m. augusti 2004, då forskningsinstitutet införskaffade en 10 kW YLR-10000 från IPG, valde man denna lasertyp för de fortsatta försöken. Förutom laserkällan innehåller den mobila containern en Fanuc 2000iA 165F 6-axlig industrirobot, en AristoMIG 500-strömkälla från ESAB med RoboFeed-trådmattningseinhet samt ett egenutvecklat, modulerbart svetsverktyg för såväl laserskärning som -svetsning. Avsikten med den transportabla laserenheten är

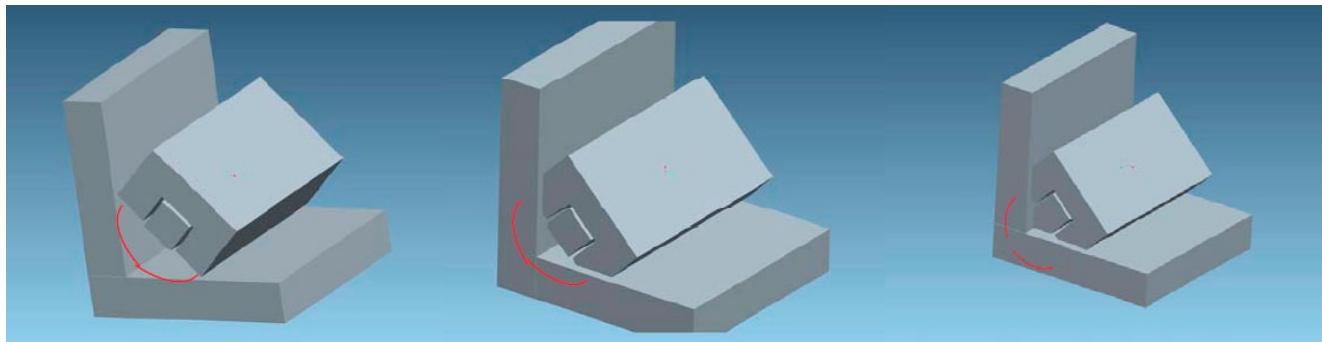


Figur 14. Manuell laserpåläggning med tillsatsmaterialet 12-A-Multi processövervakas via en monitor. T.h. ses det slutgiltiga resultatet med tillhörande makrosnitt.

att kunna åka mellan olika skepps-
varv för att där utföra nödvändiga
reparationer.

Ulf's andra presentation behandlade manuell laserreparation [Fig. 14] av utslitna detaljer till fartygsmotorer. En pulsad laser från Trumpf, TruPulse 156, hade använts för påläggning av olika exklusiva legeringar som 12-A-Multi [Cronitex] och Qu Cu80 och Qu Fe10 [Quada]. Optimala processparametrar togs fram via automatiserad påläggning, vilka sedan framgångsrikt kunde användas i de manuella experimenten. Självklart menade dock Herrn Jasnau att operatörens skicklighet är av helt avgörande betydelse för resultatet.

En önskad hög hårdhet med påföljande sprödhet i svetsgodset vid såväl laserhybrid- som vanlig laser-svetsning är ett välkänt fenomen, och ett intressant försök att undvika detta presenterades av Jakob Skov Nielsen från DTU [Denmark Technical University] i Kongens Lyngby. Genom att kombinera svetsverktyget med en induktionsenhet kunde man tillföra värme till arbetsstycket



Figur 16. Olika schematiska modifieringsförslag av inductionsspolen för att kunna komma så nära svetsen som möjligt vid T-fogar.



Figur 17. Två välklädda gentlemen från Trumpf GmbH, Mikael Mimer t.v. och Rüdiger Brockmann, njuter av augustisolen på Kalvebod Brygge

materialet [$z = -1$] jämfört med på ytan [$z = 0$] då hårdhetssänkningen stannade vid 5%.

Senaste nytt beträffande utvecklingen av nya och effektivare laserkällor

Idag finns det väl knappast någon laserkonferens med självaktning som inte erbjuder information om senaste nytt vad gäller nya lasertyper. Därför var det inte överraskande att en särskild session vid NOLAMP12 hade avsatts för detta ämnesområde. Här fick vi bl.a. se en stark profilering från Trumpfs sida [Fig. 17] där Alingsåsbaserade Mikael Mimer berättade om företagets senaste generation av disklasrar [TruDisc], medan tyske kollegan Rüdiger Brockmann gav senaste nytt kring Trumpfs diodlaserserie [TruDiode]. Beträffande disklasrar har ju ryktet länge gjort gällande att man skulle kunna generera 4 kW ur en enda skiva eller disk [Fig. 18],

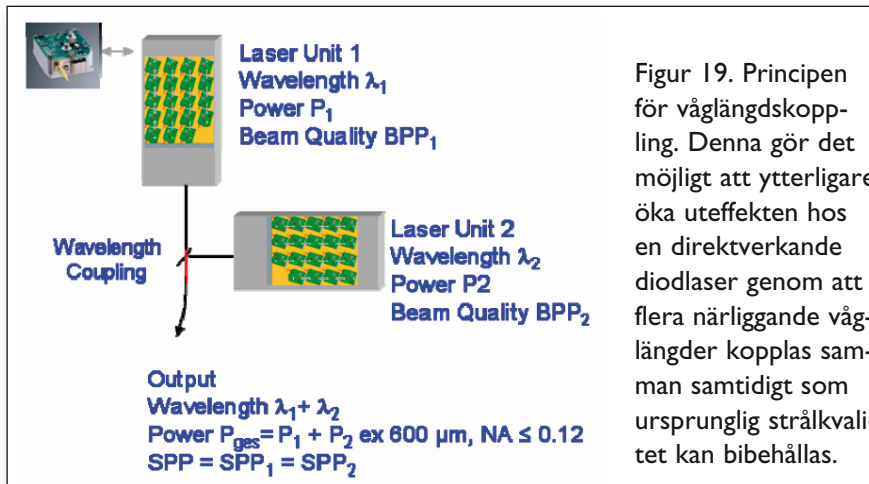
Power @ work piece	BPP [mm mrad]	LLK Ø [µm]	NA	No. of disks
1 – 4	2 – 8	≥ 50	0,1	1
≤ 8	4 – 8	≥ 100	0,1	2
≤ 12	8	≥ 100	0,1	3
≤ 16	8	≥ 200	0,1	4

Figur 18. Trumpfs nuvarande produktportfölj för disklasrar, vilka samtliga bygger på konceptet "4kW out of a single disc".

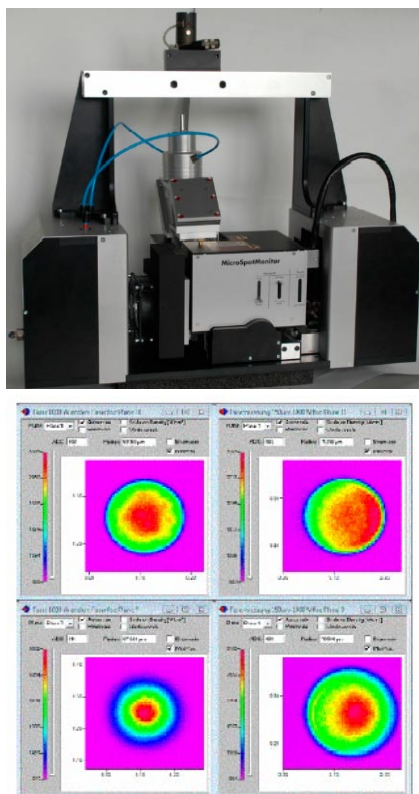
och nu tycks tekniken vara så pass fullgången att man låtit kommersialisera densamma och i dagarna är på väg att skeppa en 16 kW-enhet [4 diskar] till en kund i Japan! Man kan använda sig av upp till 6 pumpmoduler per disk och den resulterande strålvalitén blir imponerande 8 mm*mrad. Bland applikationsanvändningar för disklasrar nämndes Mercedes storsatsning på C-Klassen 2007 där "remote"-svetsning kombineras med en föregående "laser dimpling", vilken innebär att man med laserpulser skapar små noppor

i singeldetaljerna som sedan tjänar som distanshållare för zinkavgasning vid den efterföljande svetsningen.

Rüdiger Brockmann redogjorde för Trumpfs direktverkande diodlasrar, vilka behandlats ingående i en tidigare artikel här i LaserNytt [1-09]. Diodmodulerna på 100 W byggs upp av passivt kyllda diodstarvar vilka i sig består av ett antal halvledare som hårdlötts samman. För att skala upp effekten ytterligare använder man s.k. våglängdskoppling [Fig. 19] där två diodlasrar med



Figur 19. Principen för våglängdskoppling. Denna gör det möjligt att ytterligare öka uteffekten hos en direktverkande diodlaser genom att flera närliggande våglängder kopplas samman samtidigt som ursprunglig strålvalitet kan bibehållas.



Figur 20. Primes diagnostikverktyg HighPower-MSM kan visualisera effektfördelningen i en optisk fiber. Närmast syns två fall av icke acceptabla asymmetrisk effektfördelning i "Near field" överst och "Far field" underst.

skilda våglängder parallellkopplas, vilket resulterar i höga effekter inom ett våglängdsområde på 900-1.000 nm. Idag kan man erbjuda en 3 kW-enhet [TruDiode 3006] med en WPE [Wall Plug Efficiency] på 40%, men redan nästa år räknar man med att lansera TruDiode 4006 på 4 kW uteffekt.

Stefan Wolf redogjorde för Primes' diagnosverktyg avsett för kvalificering av optiska fibrer. Verktöget kan mäta i såväl "near field", dvs. i fiberändarna som mitt på fibern ["far field"], och det man registrerar är om det förekommer någon form av asymmetri i effektfördelningen [Fig. 20]. Det är även möjligt att mäta fokalpunktsförskjutning, vilken är mer uttalad ju bättre BPP [Beam Parameter Product] man har, varför denna kontroll blir avgörande



Figur 21. En engagerad Lousie Partridge från SPI Lasers U.K. försöker övertyga bl.a. Conny Lampa och Hans Engström om företagets utmärkta lågeffektfiberlasrar.



Figur 22. Fascinerande mikrobearbetning med SPI's fiberlasrar; allt ifrån biokompatibla vävnader t.v. till keramiska tryckvalsar t.h.

i takt med att de nya laserkällorna introduceras.

Näste man till rakning var faktiskt en kvinna – Lousie Partridge från SPI Lasers Ltd [Fig. 21]. Hon berättade om företagets produktsortiment av lågeffektfiberlasrar uppbyggda av tre fiberkärnor, en passiv och två för sidopumpning. Det är den senare tekniken som är karaktäristisk för SPI-lasrarna jämfört med IPGs högeffektlasrar där fiberändarna pumpas individuellt med dioder. Man

marknadsför två typer av cw-modulerade fiberlasrar, dels luftkylda med 50-200 W effekt, dels vattenkylda med effekter mellan 100-400 W. I pulsmod ligger frekvensen kring 70 kHz med effekter kring 0,02 mJ/puls. Huvudsakliga användningsområden finner vi inom mikrobearbetning, allt ifrån skärning och svetsning av artificiella, biokompatibla vävnader till gravering av keramiska tryckvalsar [Fig. 22].

Ytbehandling med hjälp av laser – ett område med industriell tillväxtpotential

Ytmodifiering med laser är en spännande teknik med näst intill obegränsade användningsområden. En lämplig typ av laserkälla för exempelvis härdning och påläggning är den direktverkande diodlasern med sin större, rektangulära fokalpunkt. För detta redogjorde Wolfgang Juchmann från Coherent Inc. Företaget kan idag erbjuda produkter med 4 kW cw effekt [Fig. 23], och man



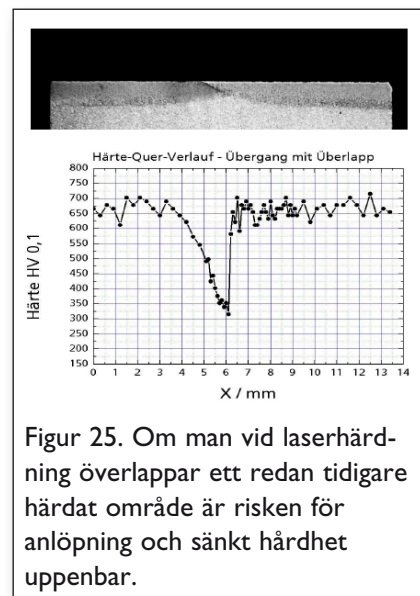
Figur 23. 4 kW cw uteffekt från en behändig skokartong, eller? Coherent's HighLight 4000L diodlasersystem.

menar att den jämförelsevis kortare våglängden [805 nm] har en bättre absorption i det vid laserpåläggning påförda pulvret. Detta resulterar i en dubbelt så hög verkningsgrad jämfört med om en CO₂-laser används för ändamålet.

Herr Juchmann visade på resultat med mycket smal värmepåverkad zon och minimal utspädning av påläggsmaterialet. För att kunna belägga vertikala ytor på ett bra sätt använder man sig av en enhet där man kan trycksätta pulvret.

Laserpåläggning var temat även för Jyrki Latokartano från TUT [Tampere University of Technology]. I samarbete med företaget Cavitar Ltd. har man utvecklat ett munstycke med koaxiell pulvertillförsel benämnt CAVIPRO™ [Fig. 24]. Trots den relativt låga lasereffekten på 200W kunde man visa på lyckade försök med ett nickelbaserat påläggningsmaterial från Sulzer Metco AG kallat Diamalloy 2001.

Eckehard Hensel från företaget ALOtec adresserade de problem som kan förekomma vid laserhärdning.

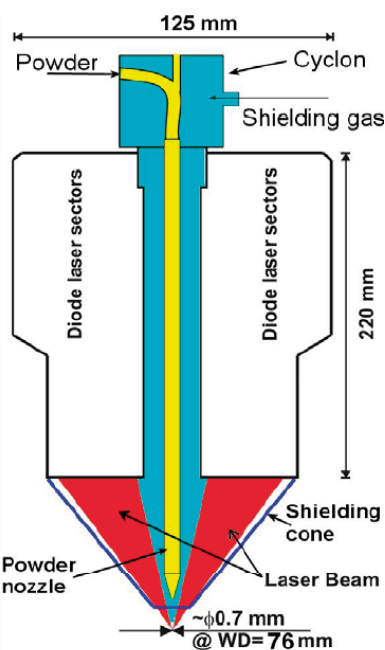


Figur 25. Om man vid laserhärdning överlappar ett redan tidigare härdat område är risken för anlöpning och sänkt hårdhet uppenbar.

Framför allt gäller detta då man överlappar ett redan tidigare härdat område och risken för anlöpning med därtill hörande förlorade hårdhetsegenskaper är uppenbar [Fig. 25]. För att motverka detta har ett effektövervaknings-verktyg kallat "LompocPro" utvecklats vid IWS [Institut für Werkstoff und Strahltechnik] i Dresden [Fig 26].

Härdning av kallvalsat Borstål var temat för Antti Järvenpää från University of Oulu. Man hade använt sig av en 4 kW disk laser från Trumpf [HLD4002] och arbetsstycket kylde genom att detsamma var placerat ovanpå en vattentank. I en omfattande testmatris hade man varierat framföringshastighet [15-50 mm/s], lasereffekt [2,5-4,0 kW] och energitäthet [2,94-5,81 W/mm²]. Den uppnådda hårdheten [565 HV5] och mikrostrukturen var i princip densamma som man erhåller i mer konventionell ugnshärdning med efterföljande vattenkylning [Fig 27]. För att skapa bredare härdspår hade man experimenterat med att "scanna" laserstrålen med en amplitud på 5 mm.

Bland de mera spännande presentationerna var den som vi fick höra från Petri Laakso, forskarstuderande från VTT. Han berättade om färgmärkning av rostfritt material [AISI



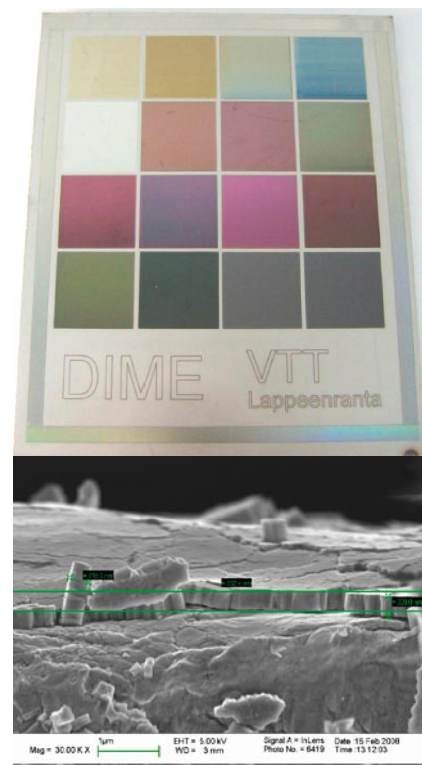
Figur 24. Munstycke med koaxiell pulvertillförsel avsett för laserpåläggning utvecklat i samarbete mellan Tampere University of Technology och Cavitar Ltd.



Figur 26. T.v. Effektövervakningsverktyget "LompocPro" med integrerad E-MAqS-kamera som mäter temperaturen kring fokuspunkten på arbetsstycket, och några exempel på applikationer som förstärkts med hjälp av laserpåläggning; kamaxel, kugghjul, skärverktyg och ett pressverktyg.

304L]. Genom att skapa ett mycket tunt oxidskikt [$< 1 \mu\text{m}$] kan man få olika brytningsindex vilka ögat uppfattar som olika kulörer [Fig.28]. Två olika utrustningar hade använts, dels en 20 W fiberlaser från SPI kom-

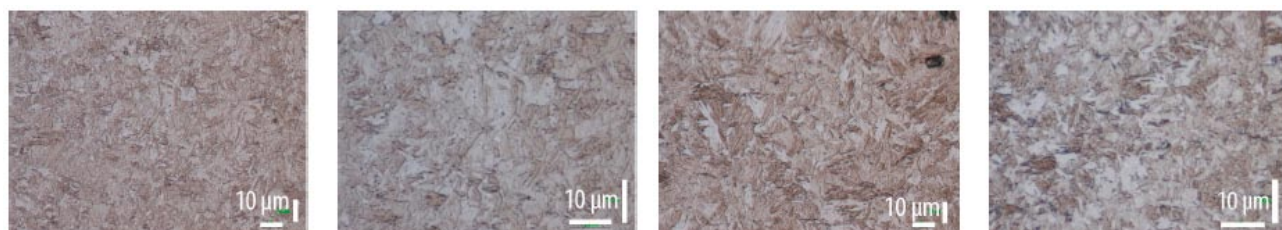
binerad med en Scanlab Hurriscan II 14 med f160 f-theta lins och "beam-expander", dels en liknande fiberlaser utvecklad vid Fraunhofer USA Inc. CLT [Center for Laser Technology] plus ett ScanLab SK1020



Figur 28. Färgmärkning med laserteknik av rostfritt material. Närmast en SEM-bild av en oxidytta som av ögat kommer att uppfattas som en grön kulör.

"scanner"-verktyg, likaledes med en 160 mm f-theta lins.

Man hade arbetat med en $45 \mu\text{m}$ stor fokalpunkt, och laserkällorna pulsades med 120 ns långa pulser och 85 kHz frekvens. Genom att variera "scanning"-hastigheten mellan 20-212 ms kunde man åstadkomma olika kulörer. En högre pulsfrekvens, dvs. lägre pulsenergi, gav den bästa färgkvaliteten. Bland exempel på vad som kan åstadkommas med denna teknik visades bl.a. Fords logotyp, den s.k. "Blue



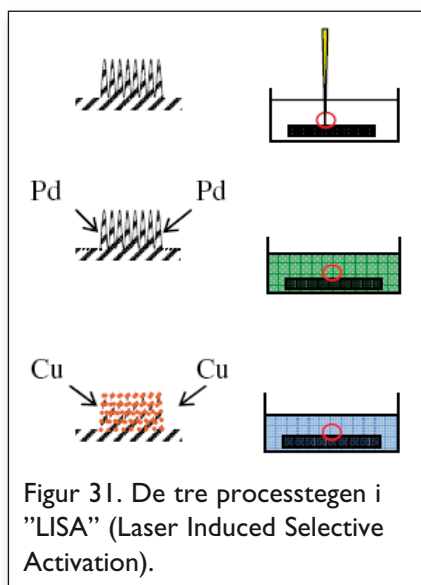
Figur 27. Utseendet hos mikrostrukturen hos härdat Borstål. T.v. då härdningen utförts med hjälp av laser och t.h. resultatet vid mer konventionell ugnshärdning plus vattenkylning. Som synes ingen avsevärd skillnad mellan de två processerna!



Figur 29. Ett exempel på färgmärkning med laser – Fords logotyo "Blue Oval" utförd vid Fraunhofer CLT i Plymouth, Michigan.

Oval" upp [Fig. 29]. Denna typ av färgmärkning är fortfarande för långsam för att bli riktigt konkurrenskraftig. Därför siktar man mot högre lasereffekter, frekvenser och "scanning"-hastigheter. Att genomföra processen i en oxidrik miljö kan också förbättra oxidskiktstillväxten. Därutöver menade Petri på att en "top-hat"-profil hos laserstrålen bör ge en något jämnare energidistribution än en Gaussisk profil.

Herr Lakso berättade i en annan session om hur han med hjälp av en picosecond UV-laser med 355 nm våglängd märkte olika plastmaterial genom ablation. "Scanning"-hastigheten låg mellan 100-800 mm/sek och pulsfrekvensen varierades mellan 10 och 500 kHz. Generellt har plaster en låg ablationströskel jämfört med metaller, varför alltför hög pulsenergi resulterar i att materialet helt enkelt smälter. En sammanfattning av tröskelvärden [mJ/cm^2] och



Figur 31. De tre processtegen i "LISA" (Laser Induced Selective Activation).

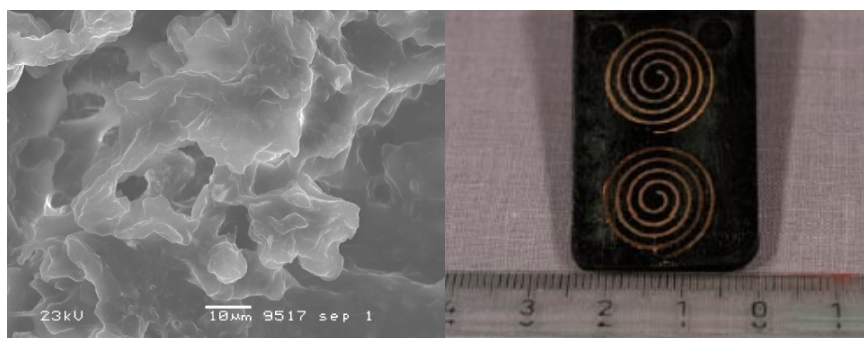
Material	Ablation threshold [mJ/cm^2]	Best material removal efficiency [mm^3/kJ]	Optimal pulse energy [μJ]
ABS	20	67	0.3-0.7
A-PET	30-40	69	0.3-0.7
PMMA	200	34	1.0
PP	100	74	0.7-1.0
PVC	20	49	0.7-1.0
PC	30	55	0.4
PE*	100	33	2.5-7.5
POM*	200	45	2.5-7.5

Figur 30. Ablationströskelvärden, avverkningseffektivitet samt optimal pulseenergi för de polymermaterial som innefattades i studien.

avverkningseffektivitet [mm^3/kJ] för de polymermaterial som ingick i studien framgår av Figur 30, där samtliga varianter processats med en medellaseffekt på 20mW med undantag för Polyeten och Polyxioimetylen som kräver betydligt högre effekt [200 mW] för att ablationsprocessen skall komma igång.

En synnerligen udda men spännande teknik föredrogs av doktoranden vid DTU [Denmark Technical University], Yang Zhang. Hon hade tittat på hur man med hjälp av laser skulle kunna selektivt metallbelägga polymerer något som idag görs med flera olika tekniker, bland annat med s.k. LDS [Laser Direct Structuring] vilken emellertid är begränsad till speciellt utvecklade polymerer. Fröken Zhangs metod, som hon valt att kalla LISA [Laser Induced Selective Activation] har däremot visat sig fungera på flera termoplastsubstrat

såsom ABS, SAN, PE, PC m.fl. LISA genomförs i tre steg [Fig. 31]: Först "scannas" laserstrålen över polymeren, vilken är nedsänkt i avjoniserat vatten, i det mönster som man önskar att metallbeläggningen skall ha. Därefter aktiveras detta mönster genom att objektet sänks ner i en Palladium-lösning, där Palladiumatomerna fastnar i den relativt grova struktur som skapats via lasermärkningen [Fig. 32]. Till sist sker själva plättringen, i detta fall i form av kopparplättring, genom en elektrolytisk/katalytisk process där Kopparatomen "söker upp" Palladiumatomerna. I försöken hade en lamppumpad, Q-switchad Nd:YAG-laser med 1200 Hz frekvens använts. Med en uteffekt på 3,4 W var framföringshastigheten 60 mm/s och för att skapa ett "spår" i polymeren hade 30 passager använts. Det faktum att laserstrålen "wobb-



Figur 32. T.v. en SEM-bild som visar den grova struktur som blir resultatet av laserbearbetningen och som är en förutsättning för att Palladiumatomerna skall fastna på avsett ställe, och t.h. slutresultatet av LISA-bearbetad svart polykarbonat.



Figur 33. Laserblästring under vatten med grönt ljus (våglängd = 532 nm).



Figur 34. Vid denna teknik används en tunn rostfri folie (AISI304, t.v.). Längst t.h. provobjektet, en vevstake till en motorcykelmotor efter laserblästring och avlägsnandet av folien.

lar” under framföringen är snarast en fördel eftersom man då skapar en grovare yta för Palladiumatomerna att fästa mot.

Ett annat intressant ärende föredrogs av professor Muneharu Kutsuma från ALTREC [Advanced Laser Technology Research Center] i Hamamatsu, Japan. Det handlade om blästring med laser, en inte helt okänd teknik, men i detta fall utförd som en indirekt process under vatten [Fig. 33], och dessutom använde man en tunn folie på arbetsstycket mot vilken laserstrålen pulsades. Provobjekten utgjordes av vevstakar,

vilka laserblästrades för att bygga in tryckspänningar och motverka utmattningsskador i detaljerna. En laser med 532 nm våglängd, särskilt lämpad för bearbetning under vatten, hade använts vid försöken, och pulsvidden varierades mellan 7-15 ns och frekvensen mellan 200-300 Hz. Genom att använda en folie, som f.ö. utprovades med olika tjocklekar [15, 25, 35 och 45 μm], tillför man mindre värme jämfört med konventionell laserblästring, samt att man får ett mjukare avtryck i vevstaken i form av små gropar med en diameter på 400 μm [Fig. 34]. Dessa förbätt-

rar oljehållningen mellan vevstake och cylinderfoder varför processen också hjälper till att minska friktion och därigenom förbättra motorns verkningsgrad.

Den från FORCE Technology i Brøndby välkände Steen Erik Nielsen, berättade om en teknik som man valt att kalla ”Laser Fusing”. Här belägger man först en slityta genom termisk sprutning, varefter man låter energin från en laserstråle smälta in beläggningen i grundsubstratet. På detta sätt kan man åstadkomma en 0,5 mm tjock påläggning med ringa upplösning i basmaterialet [Fig. 35].



Figur 35. Tekniken för ”Laser Fusing” där ett genom termisk sprutning pålagt material smälts in i grundsubstratet. T.h. några applikationsexempel utförda vid FORCE Technology; cirkulär platta med 400 mm diameter och en vevaxel med 200 mm dito.

Typiska påläggsmaterial är antingen Cobolt-baserade [Stellite] eller Nickel-baserade [Inconel]. Tyvärr kan de två processerna inte integreras i en och samma arbetsstation då termisk sprutning är en förhållandevis "smutsig" metod, medan lasersmältningen kräver en betydligt renare miljö.

Nya utmaningar inom området laserskärning

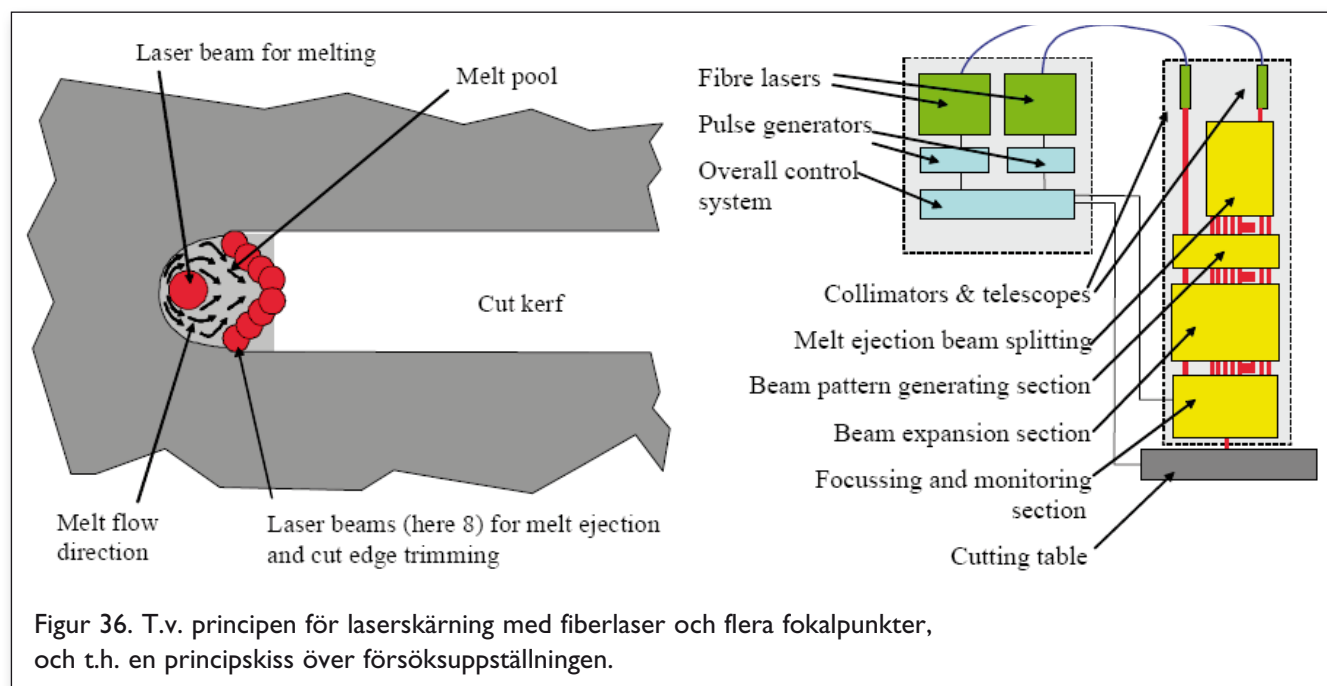
Laserskärning kan ju tyckas vara ett uttömt område inom laserforskningen, men en dedikerad session vid NOLAMP12 visade att så inte är fallet. Den säkert mest intressanta föreläsningen gjorde gamle bekantningen professor Flemming Olsen, som ju under senare år fokuserat laserforskningen vid IPU [Instituttet for Produktionsudvikling] i Kongens Lyngby på fiberlasertekniken. Ett välkänt fenomen är den sämre skärkantkvalitet som man får

med denna typ av laser jämfört med exempelvis CO₂-skärning. Den senare har emellertid problem vid skärning i plåttjocklekar under 1,0 mm då plasmaformeringen blir besvärande. Några plasmaproblem har man ju inte vid fiberlaserskärning, men däremot får man problem med att evakuera smält material ur skärspalten, vilket är orsaken till den sämre snittkvaliteten. Den gode Flemmings lösning gick ut på att med skäroptiken dela upp den totala effekten från två "single mode"-fiberlasrar, en IPG 400 W och en SPI 100 W, i flera fokuspunkter. "Huvudstrålen", som löper först, skär materialet i vanlig ordning, men bakom den följer olika konfigurationer av mindre strålar som avlägsnar smält material och jämnar till skärkanterna [Fig. 36]. Man hade testat olika antal sådana "efterstrålar" med olika positionering. Bäst resultat vid skärning av 2 mm rostfri plåt [Fig. 37] fick man

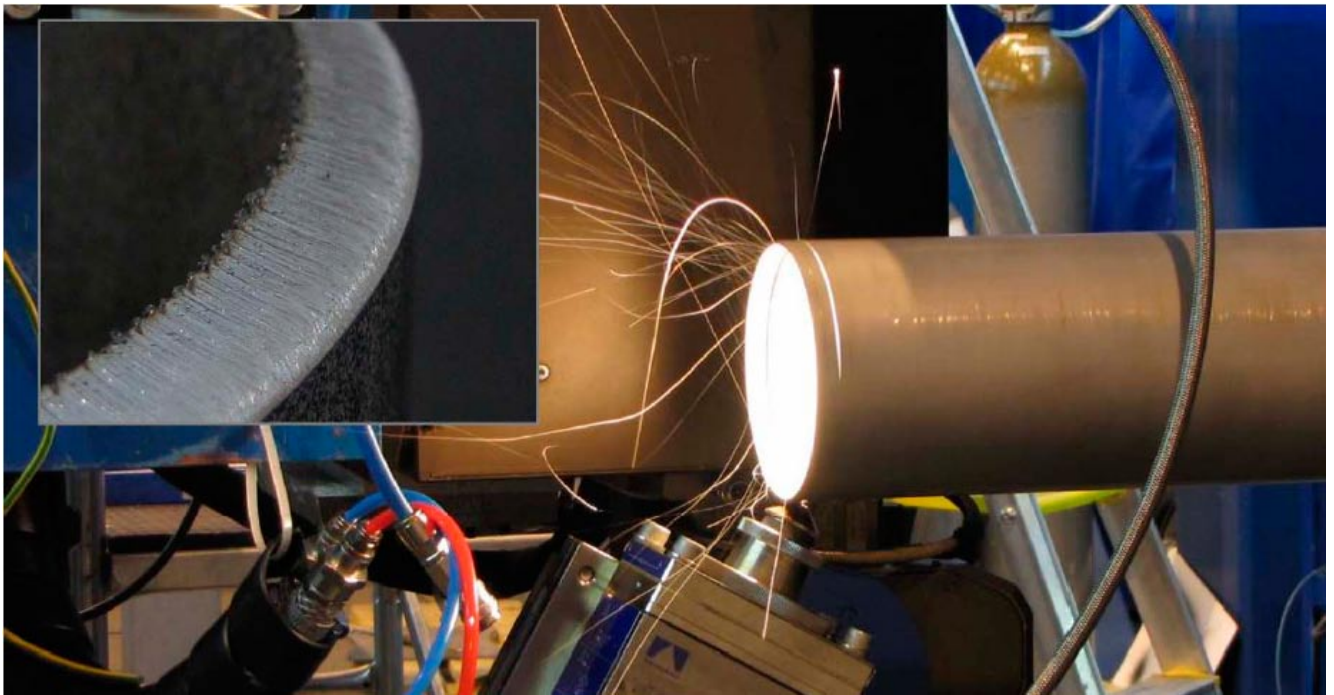
med 8 separata fokuspunkter.

Under åren har vi lyssnat till åtskilliga presentationer från Lappeenranta-kollegorna rörande laserskärning av papper i form av belagt och obelagt kartongmaterial. Denna gång var det Heidi Piili som kunde konstatera att laserstrålens polarization skall vara parallell med framföringsriktningen för att processen skall fungera tillfredsställande. CO₂-lasern, i det aktuella fallet en TLF 2700 HQ från Trumpf, lämpar sig bäst för ändamålet och Oxygenunderstöd ökar skärhastigheten som kan bli svindlande 4,7 km/min. Annars handlade denna presentation mest om vilka statistiska värden som lämpade sig bäst för att beskriva skärprocessens variationer.

Fru Piili redogjorde i samma session för fiberlaserskärning av rostfria rör [AISI304] med ytterdiametern 104 resp. 180 mm och med vägg tjocklekar på 2, 4 och 6 mm.



Figur 37. Skärresultat för 2 mm tjockt rostfritt material; en jämförelse mellan professor Olsens "Multi-beam"-teknik överst och hur resultatet blir vid konventionell fiberlaserskärning.



Figur 38. Laserskärning av rostfria rör med en 5 kW fiberlaser och sämsta svetsläge, dvs. 180° ("under-up"), och inklippt det något diskutabla sluresultatet.



Figur 39. Lappeenranta Technical University har länge varit känt för sin satsning på kvinnliga doktorander inom laserforskningen. Här ses två av dem vid NOLAMP-konferensen; Heidi Piili överst och Catherine Wandera underst.

IPG's YLR5000 laser hade använts i kombination med Precitecs HP 1.5" 2D-skärhuvud. Då man nyttjat förhållandevis höga gastryck [16-22 bar] var gravitationsinverkan av olika svetslägen förhållandevis ringa. Dock gick det att konstatera att sämsta skärkvaliteten, i form av grader, erhöles inte helt oväntat vid skärning i "under-up"-position, s.k. 180° [Fig. 38].

Ytterligare en finsk presentation kring laserskärning framfördes av doktorandstuderande Catherine Wandera [Fig. 39] från Lappeenranta University of Technology. Här handlade det om skärning av grovplåt, 15 mm tjockt 355MC-material. Man hade använt Lasercentrets 5kW fiberlaser som har den suveräna strålkvaliteten 4,2 mm*mrad, men nackdelen är de ovan beskrivna problemen med att evakuera smält material. Detta medför också att ökad lasereffekt inte tillåter en ökad skärhastighet. När man kommer upp i denna materialtjocklek har lasern svårt att konkurrera med exempelvis vattenskränning då det gäller snittkvaliteten. Emellertid kunde fröken

1.2 bar assist gas (O ₂) pressure			
	1.5 mm Nozzle	2.0 mm Nozzle	2.5 mm Nozzle
0.8 m/min			
1.0 m/min			

Figur 40. Effekten av munstycksöppning och skärhastighet på striationsmönstret vid laserskärning (3 kW uteffekt från en fiberlaser) av låglegerat stål 355MC.

Wandera visa på tämligen acceptabla skärytor och gradfria snitt [Fig. 40], där lösningen tycks ligga i högt skärtryck [$> 0,8$ bar] i kombination med låg skärhastighet [$< 1,0$ m/min]. En mindre munstycksdiameter [1,5 mm]

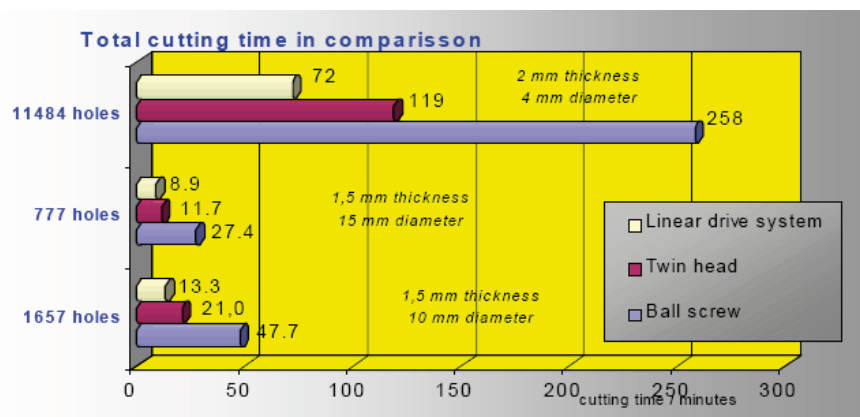
är också fördelaktig och gör processen mer robust med avseende på val av gastryck och skärhastighet.

Denna session innehöll också en kommersiell presentation från FinnPower där Johannes Ulrich redogjorde för den senaste utvecklingen beträffande laserskärmaskiner. Linjärmotorerna har tillfört en ny dimension [Fig. 41], vilka med hjälp av s.k. DpM [Dynamic process Mode] -teknologi gör att laserskärning blir konkurrenskraftig gentemot hårda klippverktyg i volymproduktion som exempelvis tillverkning av karosseridetaljer för bilindustrin. Detta förutsätter emellertid stabila maskiner som klarar ompositioneringshastigheter på 300 m/min och accelerationer kring 20 m/s². Med dessa förutsättningar uppfylla klaras skärhastigheter kring 60 m/min i 1,0 mm tunnplåt med lasereffekter mellan 3-5 kW!

Sammanfattande intryck från NOLAMP 2009

I samband med konferensens avslutning gjorde Jens Klæstrup Kristensen en mycket bra summering av sina personliga intryck.

- * Senaste nytt beträffande laserkällor var disklasrar med 16 kW max. effekt, fiberlasrar med till synes obegränsad effekt samt diodlasrar med en strålkvalitet som är jämförbar med den för lamp- och diodpumpade stavlasrar
- * Bland nya svetsapplikationer finns rör [”både på längden och på tvären], torn till vindkraftverk, offshore och entreprenadmaskiner, samt ett antal nya mikrosvetsade medicinartiklar
- * Hybridsvetsningen uppvisar en hög potential och här förekommer numera även mobila enheter vilka även kan användas i reparationssyfte
- * Lasersvetsning av nya material som Borstål och andra typer av härdade stål innebär nya för-



Figur 41. En jämförelse av skärtider för olika maskinkoncept, vilken entydigt visar på att framtiden tillhör system baserade på linjärmotordrivning.

utsättningar för absorption och dynamiska fenomen i nyckelhålet, varför tillförlitliga analysverktyg är önskvärda

- * En hel del presentationer, bl.a. från Luleå tekniska universitet handlade om datalagring, expertsystem, kunskapsspridning och guidelines
- * Härdning, påläggning och färgmärkning var ämnen som avhandlades under sessionerna rörande ytmodifiering
- * ”Multi-beam”-skärning, fiberlaserskärning av grovplåt, samt skärning av rostritt och papper var inslag i de två sessionerna kring laserskärning
- * Och bland övriga redovisningar kan nämnas laseraktivering för metallbeläggning av plaster, strukturering av tunna filmer för solceller, laserblästring, induktionsstödd lasersvetsning, samt picosecondlaseranvändning för ablation och märkning

Det som man möjligtvis saknade denna gång var någon presentation som handlade om plastsvetsning eller rapid prototyping.

I en öppen diskussion försökte auditoriet komma fram med förslag på hur NOLAMP skall kunna göras ännu bättre och attraktivare. Här kan följande synpunkter som framkom nämnas:

- * Såväl industri- som forskningsvärlden var representerad på

konferensen. Däremot saknade vi någon representant från regering och samhälle som kan vara behjälplig med att supportera framtida applikationsinriktad laserforskning. Därför kan det vara en idé att invitera någon eller några sådana personer till nästkommande NOLAMP-konferens.

- * Vidare efterlystes fler slutanvändare från industrin vilka kunde visa på intressanta praktikfall
- * Det kunde vara intressant att följa upp vilka av de forskningsresultat som presenterats vid tidigare NOLAMP-konferenser, som de facto lett till någon form av industriell användning
- * Eftersom NOLAMP spänner över allt, från grovplåtssvetsning till mikrosvetsning kunde det vara klokt att dela upp sessionerna med detta i baktanke. ICALEO-konferenserna är ju numera uppdelade i tre parallella konferenser; Materials Processing, Microprocessing och Nanomanufacturing.
- * Vidare ser man ett behov för simuleringsverktyg och beslutsstöd för att ytterligare kunna bredda användandet av lasertekniker
- * Att bjuda in internationellt etablerade ”laser gurus” som keynote-talare vid kommande NOLAMP-konferenser kan också hjälpa till att underblåsa intresset

Alltså – på återseende någonstans i Norge i juni 2011! ☺

Samarbete med Danmarks lasergrupp

An Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Kvällen innan NOLAMP 12 började träffades företrädare för den svenska och danska lasergruppen för att utbyta erfarenheter och diskutera samarbete. Resultatet blev en överenskommelse att svenska deltagare kan delta i danska arrangemang till självkostnadspris och vice versa.

Laser ERFA gruppen är det officiella namnet och gruppen bygger sin verksamhet på personliga medlemmar som idag är ca 100 st. Dessutom finns 13 företag med. Gruppen startade den 10 december 1986 och är en undergrupp till ATV-SEMAPP, som fungerar som en paraplyorganisation med ca 500 personliga medlemmar och ett 40-tal företag. MikroNano-gruppen är en annan grupp inom ATV SEMAPP som arbetar med laser. SEMAPP står för Selskabet for Maskinteknisk Proces- og Produktionsteknik och är en självständig förening knutet till Akademiet for de Tekniske Videnskaber.

Laser ERFA gruppen håller flera möten årligen med olika teman. Man kör även utbildningar som t.ex. endagskurser i laserskärning. Dock har man ingen utbildning inom lasersvetsning. Gruppen leds av en styrgrupp som ska ha minst hälften av representanterna från industriella laseranvändare. ☺

Styrgruppen har dessa medlemmar:

Gert Christiansen, Produktchef, AGA A/S +45 32 83 66 00

Lars Brandi Jensen, Ingeniør, A.B. Jensen Maskinfabrik A/S +45 74 54 16 08

Hans-Ole Ketting, Ingeniør, Institut for Produktion og Ledelse, DTU +45 45 25 48 00

Erik Dohn Laursen, Teamleder, Danfoss A/S +45 74 88 25 55

Steen Erik Nielsen, Research Engineer, FORCE Technology +45 43 26 70 00

Flemming Ove Olsen, Professor, Institut for Produktion og Ledelse, DTU +45 45 25 48 00

Aage Søndergaard, Fabrikant, Formand Jydsk Plade Bearbejdnings Center A/S +45 86 65 92 22

Sekretariatet finns hos:

ATV-SEMAPP, semapp@ipl.dtu.dk,

tel: +45 45 25 46 30

Mera information: www.atv-semapp.dk



Flemming Olsen, Jens Klæstrup Kristensen och Erling D. Mortensen är alla verksamma inom Danmarks lasergrupp.



Julgransplundring i bilindustrin – en sammanfattning av de senaste laserapplikationerna i branschen

*Statusrapport från 10th European Automotive Laser Application 2009,
2–4 februari i Bad Nauheim, Frankfurt a.M.*

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars

När nu året går mot sitt slut och ett antal festliga helger ligger framför oss, vad vore då lämpligare än att sammanfatta intrycken från bilindustrins laserentusiasters egen högtidsstund – EALA [European Automotive Laser Application]. Detta traditionsrika evenemang, som varje år tilldrar sig i månadsskiftet januari/februari, utgör ju ett verkligt julbord för oss konstruktörer och produktionstekniker verksamma inom våra respektive företags laserverksamhet. Jag har ju under året i tidigare artiklar sammanfattat teman som diodlaserarnas intåg i branschen samt den utökade aluminiumbearbetning som numera sker med hjälp av laserteknik. Så här i årets sista skälvande minuter vill jag summera upp något av den resterande information som vi delgavs under två intensiva konferensdagar i Bad Nauheim [Frankfurt a.M.]

Länge har det ju gått rykten om att Trumpf hållit på att utveckla sina disklasrar så att man skulle kunna få ut så mycket effekt som 4 kW från en enda disk. Emellertid har vi fått vänta länge på kommersialiseringen av en sådan produkt med vid EALA

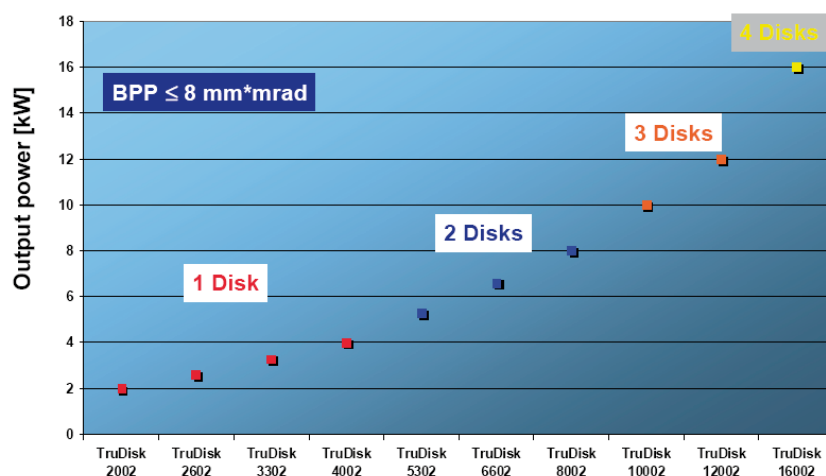
2009 var det dags för Dr. Rüdiger Brockmann att lätta på förlåten. Produktserien går under benämningen TruDisk (4C) [Tab. 1 och Fig. 1] för att skilja dem från Trumpfs tidigare produkter med 1 resp. 2 kW uteffekt per disk. Strålkvalitén för samtliga nya disklasrar, som sträcker sig upp

till 16 kW [TruDisk 16002], är 8 mm*mrad! Här inflikade gamle VW-kollegan Brockmann att Boeing själva byggt en 27 kW laser baserad på disktekniken som har en strålkvalitet nära diffraktionsgränsen, alltså strax över 1 mm*mrad!! I vanlig ordning bygger Trumpf sina disklasrar på ett

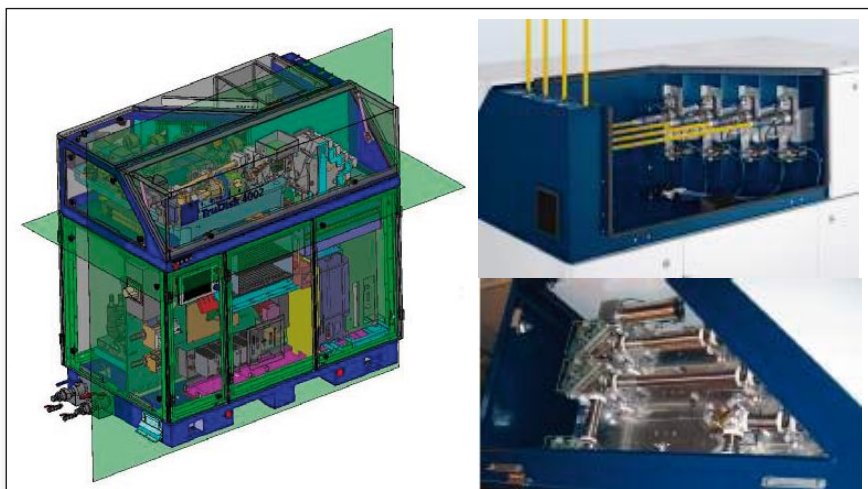
TABELL 1. TRUDISC

Produktsortimentet för Trumpfs nya disklaserserie TruDisk (4C)

Pumpmoduler, antal	Diskar, antal:	1	2	3	4
3		2002			
4		2602	5302		
5		3302	6602	10002	
6		4002	8002	12002	16002



Figur 1. Trumpfs nya TruDisk-serie byggd på diodpumpade diskar med en uteffekt av 4 kW/disk.



Figur 2. En titt bakom skalet på en TruDisc-laser. T.v. en prinsipskiss över laserns uppbyggnad där man på ett förtjänstfullt sätt har separerat resonator och pumpmoduler från övrig media, allt för att förbättra användarvänligheten.

sådant sätt att man har tillgång till extra effekt för att kunna garantera den uteffekt som är specificerad. Sålunda kan man kräma ut 5,5 kW ur en 4 kW-laser, 11 kW ur en 8 kW, samt upp till 17 kW från en 16 kW-enhet. Hemligheten med att man nu kan få ut mer effekt från en disk, med överlägsen strålkvalitet, är att det skett en utveckling av pumpmodulerna, samt att man använder sig av 6 pumpmoduler per disk mot tidigare endast 3 stycken.

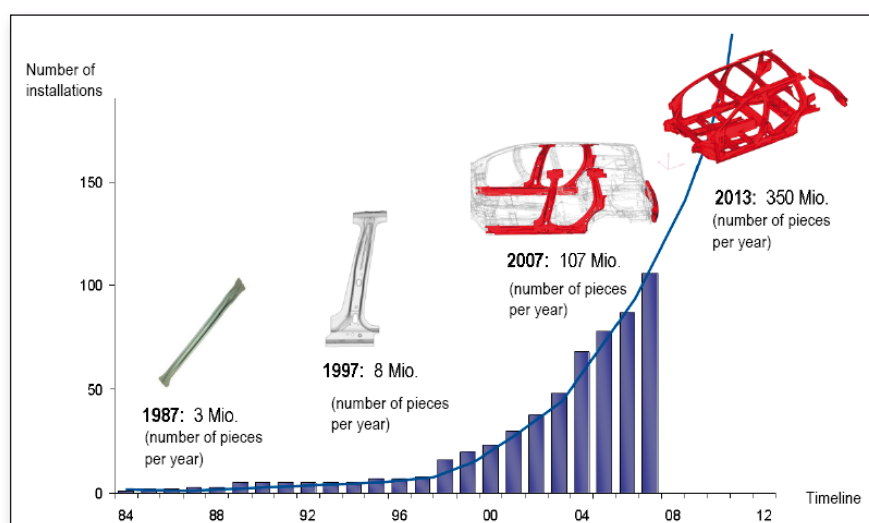
Vidare måste man ge utvecklingsingenjörerna i Schramberg en eloge då det gäller själva designen av laserkabinettet. Här har man särskilt resonator och pumpmoduler från processövervakning, kylvattentillförsel och värmeväxlare vilket gör lasern extremt underhållsvenlig [Fig. 2]. Dessutom är den golvyta som krävs avsevärt reducerad jämfört med Trumpfs tidigare disklasrar. 4C-produkterna har två års full garantitid, en verkningsgrad kring 30% och en tillgänglighet på 99,9%. Dessutom påstod den gode Rüdiger att en TruDisc 4002 (4C) kostar hälften jämfört med en 4 kW diodpumpad stavlaser [HLD4002]! Värt att nämna i detta sammanhang är att vi på Volvo Cars just håller på att installera nya lasrar för en utökad

produktion i Torslanda. Det ryktas om en ny "V60" med produktionsstart till sommaren nästa år. Inte helt överraskande föll valet på några stycken TruDisc4002 (4C).

Avslutningsvis slog Dr. Brockmann ett slag för de fiberlasrar med låg effekt som numera ingår i Trumpfs produktportfölj i och med förvärvet av företaget SPI Lasers. Här kan man erbjuda fiberlasrar med 25-400 W effekt för svetsning och skärning, 10-30 W-enheter [cw och pulsade] för märkning samt cw-lasrar med effekter mellan 10-20 W för medicinapplikationer. Våglängderna kan väljas mellan 1550, 1565 samt 1900 nm.

Mycket av presentationerna på EALA handlade om lasern som verktyg för svetsning och lödning, vilket gör det lätt att glömma bort att den även inom bilindustrin används för skärning i stor omfattning. Och då gäller det inte bara skärning av prototypdetaljer och varianthål. Användandet av varmformade, presshårdade detaljer har ju vuxit explosionsartat inom karosstillverkningen under senare år [Fig. 3], mest i syfte att spara vikt med bibehållen hållfasthet hos konstruktionen. Konventionella mekaniska klippverktyg tar mycket "stryk" vid kantrimning och håltagning i denna typ av UHSS [Ultra High Strength Steel] –material. Därför har laserskärning kommit att användas alltmer för detta ändamål, något som Bruno Griebel från Schuler Automation GmbH berättade om. För ändamålet har man utvecklat två maskiner vilka man kallar MOBILAS och PEDILAS. Båda är av typen "gantry"-maskin, men medan PEDILAS har en mer traditionell konstruktion i form av en portal med fyra stödben är MOBILAS av typen "giljotin"-maskin för att erbjuda bättre åtkomstmöjligheter.

Presshårdning är ju en svensk uppfinning som kom i slutet av 80-talet och utvecklades av Plannja, som sedan blev Plannja HardTech



Figur 3. Schulers analys av den tillväxande marknaden för presshårdade detaljer inom bilindustrin.

och slutligen via spanskt förvärv Gestamp HardTech. Numera finns det tre stora aktörer för varmformning i Europa; förutom HardTech också Benteler och Magna. Processen innebär att plana plåtar eller förformade detaljer i ett Borlegerat stål värms upp till en temperatur kring 920–950°C varpå de förpassas in i ett formverktyg där formning till slutgiltig geometri sker och där detaljerna hålls kvar i verktyget medan de härddas och kyls ner till cirka 200 °C. Resultatet blir extremt höghållfasta detaljer med sträckgränser kring 1.050–1.150 MPa och brottgränser på 1.500–1.550 MPa. En tumregel för produktionstakten är att man klarar av att tillverka ungefär 20 detaljer i minuten, och trenden är att de presshårdade detaljerna blir allt större och större. Sålunda undersöker såväl Daimler som Volvo Cars möjligheten av att införa hela strukturella karossidor i detta material. Störst på varmformade detaljer är Volkswagen som har en daglig produktion av Borstål på 120 ton för karosseridetaljer till modeller som Passat, Tiguan, Eos, Scirocco samt Audi-modellerna A4 och A5. Därmed är man också störst på laser-skärning och enbart i Kasselfabriken finns 10 celler [typ MOBILAS] för detta ändamål [Fig. 4]. Skärhastigheten ligger kring 15 m/min med en noggrannhet på 0,2 mm. Målet enligt Wolfsburg-kollegorna är dock att förbättra detta till att ligga inom 0,1 mm tolerans. Vanligtvis har



Figur 4. Exteriör och interiör bild från en av laserskärstationerna i VWs Kasselfabrik för trimskärning av varmformade detaljer. Längst t.h. skimtar Schulers MOBILAS-maskin.



Figur 5. Artikelförfattaren diskuterar potentiella framtida laserapplikationer med Bo Lindgren (Van-Rob).

kväve använts som skärgas, men för att hålla nere kostnaderna är trenden att alltmer gå över till tryckluft.

En ny bekantskap i dessa sammanhang var långväga gästen Bo Lindgren [Fig. 5], en svensk som utvandrat till Ontario i Canada för 25 år sedan och där han nu är vice president för företaget Van-Rob, som har den slående företagslogan "Delivering what we promise".

Sympatiska Bo inledde med att sticka ut hakan och påstå att Van-Rob är den största lasersvetsande underleverantören i Nordamerika, och bara i Canada har man 10 laserceller. Ytterligare laserstationer är under installation i USA och Mexico. Därefter gick han in och beskrev ett praktikfall i form av lasersvetsning av en kylarstruktur [Fig. 6] till GMs plattform GMT900, vilken representerar ungefär 1,8 miljoner producerade enheter per år, främst LWTs [Light Weight Truck] och SUVs [Sport Utility Vehicle]. Strukturen hade tidigare tillverkats i aluminium, men nu låg utmaningen i



Figur 6. Den för lasersvetsning anpassade konstruktionen av kylarstrukturen till GMs GMT900-plattform med årsvolymen kring 1.800.000 enheter och monterade i modeller som GMC, Chevrolet Silverado, Avalanche m.fl.



Figur 7. "Tubestar" från Weil Engineering – en dedikerad maskin avsedd för lasersvetsning av s.k. "Tailored tubes".

att konstruera densamma i stål p.g.a. kostnadsskäl, men att samtidigt vara viktsneutral. Konstruktionen består av en övre och en undre tvärbalk vilka är sammanbundna med hjälp av ett antal vertikala profiler. De senare tillverkas av Mubea med hjälp av en teknik kallad TRT [Tailored Rolled Tubing] [Fig. 7], och där den stumfog som blir resultatet av denna formningsteknik självklart sedan lasersvetsas. De typbundna fixturer som används för detta ändamål är tillverkade av företaget Weil Engineering med vilket man har ett nära samarbete. Plåtmaterialen är zinkbelagda kvaliteter av DP [Dual Phase] 550 och HSLA [High

Strength Low Alloy] 420 i tjocklekar mellan 1,0 och 1,2 mm. Produktionsvolymen är 3.840 enheter om dagen vilket betyder att cykeltiden per detalj ligger på svindlande 17 sekunder. Totalt innebär detta en sammanlagd lasersvetslängd av 19 km om dagen!

Bo berättade om att man verkligen vinnlagt sig om att anpassa konstruktionen för lasersvetsning och redogjorde för flera s.k. "lessons learnt", bland annat nödvändigheten av snäva toleranser. Förutvecklingen hade kontrakterats med VW och då användes en 4 kW Nd:YAG-laser, men i dagens produktion är det CO₂-lasrar från Trumpf som gäller, med en "beam-on-time" som påstods vara 98%. Automatisering är i form av en öppen "gantry", typ "giljotin"-maskin, för bästa åtkomst och varje station är utrustad med dubbla svetsverktyg. För att få bukt med förångad zink använder man sig av en mekanisk avverkning av zinkskiktet just i de områden där lasersvetsarna positioneras. President Lindgren konkluderade att efter 1.600.000 kylarstrukturer och 8.000 km lasersvets hade man ännu inte levererat några defekta svetsar till GM, något som resulterat i att man erhållit pris som "Årets underleverantör".

Efter dessa inledande referat går jag nu över till kortare State-of-the-Art rapporter från de vid EALA närvarande bilföretagens representanter. Här kan det vara värt att nämna att varken Dr. Chang från Hyundai

Motor & Kia Corp. eller herr Tarui från Nissan Motor Co., som vi varit vana att lyssna på vid senare års konferenser, denna gång var närvarande. Troligtvis var det den kärva ekonomiska situationen som tvingade dessa gentlemän att avstå från deltagande, men merparten av Europas billtillverkare fanns på plats så låt oss därför börja med:

Audi AG

[Prof. Michael Niemeyer]

Audis första laserlödningsapplikation var stålbackluckan till A3-modellen, vilken sedan följdes av liknande lösningar för A4- och A6-modellerna. Det första laserlödda taket introducerades i februari 2007 i och med lanseringen av Audi A5 Coupé, vilken senare följdes upp med liknande lösningar för A4 Sedan [SOP 09/07] och A4 Avant [SOP 01/08]. Annars sker den största satsningen just nu på aluminiumlasersvetsning, något som ju tidigare under konferensen underströks genom Cristian Eberts presentation. Numera har ju Audi lasersvetsade bakkörrar på såväl Q5- som Q7-modellen samt ett delvis lasersvetsat aluminiumtak på Audi TT. Beträffande RLW [Remote Laser Welding] används detta vid sammansättningen av sidodörrarna till A4- och Q5-modellerna som görs i stålplåt, men tydligen var inte resultatet det förväntade eftersom Dr. Niemeyer lät framskymta att man fortsättningsvis kommer att svetsa sidodörrar med konventionell laserteknik. Däremot uttryckte han

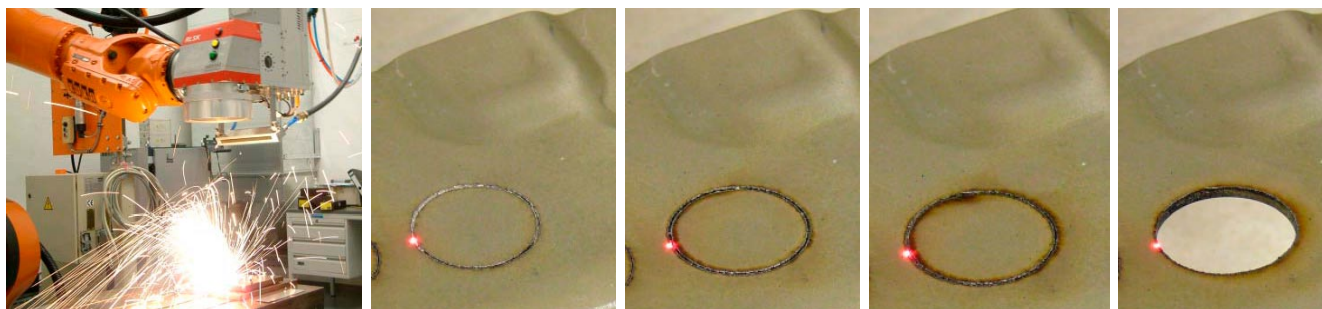
ett önskemål om att med god kvalitet kunna fjärrlasersvetsa i aluminium. Detta låter ju ytterst spännande, inte minst med tanke på om det finns funderingar att använda sig av tillratsmaterial.

BMW AG

[Dipl.-Ing. Hans Hornig]

Företagets strategi att lasersvetsa sidodörrar kommer att fortsätta vid introduktionen av nya BMW 5-serien, vilken förväntas gå i produktion i Dingolfing någon gång under sommaren 2010. För ändamålet har inte mindre än 16 stycken fiberlasrar med 4 kW effekt införskaffats. Med tanke på valet av lasertyp och strålkvalitet kan man misstänka att det kommer att röra sig om RLW. Herrn Hornig meddelade vidare att laserlödning av tak likaså kommer att introduceras på kommande BMW-produkter.

En minst sagt intressant information var den att man för Mini-modellen, som tillverkas i Oxford, kommer att överväga RLC [Remote Laser Cutting] [Fig. 8] för varianthållsskärning på lackerade ytor. Detta är något som även Volvo Cars med varierande resultat undersökt under ett flertal år, då ett dylikt upplägg innebär stora kostnadsbesparingar sett ur logistiksynpunkt. Man begränsar inte bara antalet varianter för pressdetaljer, utan kan också eliminera behovet att buffertera av variantskurna karosser innan målerifabriken, vilket däremot krävs om sagda håltagningsoperation sker i karosfabriken.



Figur 8. Remote laser cutting av en karosseridetalj t.v., och ovan resultatet efter 10, 20, 40 respektive 50 stycken "scanner"-repetitioner.

Daimler AG

[Dipl.-Ing. Holger Schubert]

Herrn Schubert, som jag hade nöjet att första gången träffa vid AKL'08 i Aachen, då han fick äran att beträda prispodiet för att tillsammans med herrar Hopf och Debschütz emotaga det prestigefyllda "Innovation Award Laser Technology 2008", beskrev hur Daimler låtit vidareutveckla sitt prisvinnande RobScan-koncept. Numera finns en konvex lins inmonterad i strålgången vilket möjliggör verklig tredimensionell bearbetning eftersom man får möjlighet att med denna option variera fokallängden inom ett brett område.

Idén med RobScan kläcktes av Daimler-ingenjörerna redan 1999, och var först tänkt att användas för att skapa distansnoppor på karosseriartiklar för att med dessa förenkla zinkavgasningen vid efterföljande lasersvetsning av överlappsfogar. 2007 kom det stora genombrottet för denna fjärrlaserteknik i och med introduktionen av nya C-klassen [projektbeteckning W204]. För ändamålet installerades 43 stycken 4 kW disklasrar HLD4002 från Trumpf i tre fabriker [22 i Sindelfingen, 17 i Bremen och 4 i East London, RSA] kombinerade med processövervaknings-system från Plasmo. De för C-klassen aktuella applikationerna är:

- * Karossida, inre, med 60 svetsar/sida, varav 41 stycken sitter i den av Borstål tillverkade bottenväl-laren och resterande 19 i det bakre hjulhuset
- * Bakstycket ["Heckmittelstück"] med 45 svetsar som knyter samman den ämnesskarvade ytterdetaljen till en inre detalj
- * Sidodörrar, främre och bakre, med 90 svetsar/dörr
- * Bakluckan med 110 svetsar

Liknande applikationer hittar vi nu i den nya E-klassen där RobScan-andelen av svetsar ligger mellan 60-70% och resten utgörs av vanliga

punktsvetsar, något som enligt Herrn Schubert är fördelaktigast ur investeringskostnadsperspektiv. De nya laserstationerna i främst Sindelfingen betjänas av 4 eller 6 kW disklasrar med tillhörande "scanner"-verktyg och cykeltider som varierar mellan 40-49 sekunder. Att man klarar av denna förhållandevis korta cykeltid beror på de nya processmöjligheter som 3D "scanner"-verktyget erbjuder. Merparten av svetsarna är C-formade och med konventionell 2D "scanner"-teknik fyller man stopphålen med hjälp av en pendling av laserstrålen. Detta är emellertid en operation som inverkar negativt på cykeltiden, varför man nu istället nyttjar den tredje axeln till att defokusera laserstrålen och låter densamma röra sig i omvända svetsriktningen, varvid resultat blir en perfekt omsmältning av svetsen. Samtidigt som man härmed reducerar cykeltiden ökar man "beam-on-time" för lasern från 40 till 80%.

Man försöker undvika full genomsvetsning och därtill hörande "undercut" och svets-sprut. För att då kunna säkerställa svetskvaliteten använder man sig av en form av temperaturbaserad kontroll där en gråskalebild registreras på den sida som ej är genomsvetsad varpå denna bild sedan jämförs med en "likare". I framtiden är det Daimlers avsikt att transferera RLW-tekniken till lättviktsmaterial som aluminium, men Herrn Schubert påpekade nödvändigheten av att då verkligen konstruera för lasersvetsning.

Under den avslutande paneldebatten berättade Herrn Schuberts kollega, Ralf Berhardt, att Daimler idag förfogar över 128 stycken högeffektslasrar avsedda för svetsning av drivlinekomponenter och karosapplikationer. Han redovisade för ganska detaljerade kostnads-kalkyler vilka indikerade att man gjort energibesparingar på 30 % [C-Klasse] respektive 38% [E-Klas-

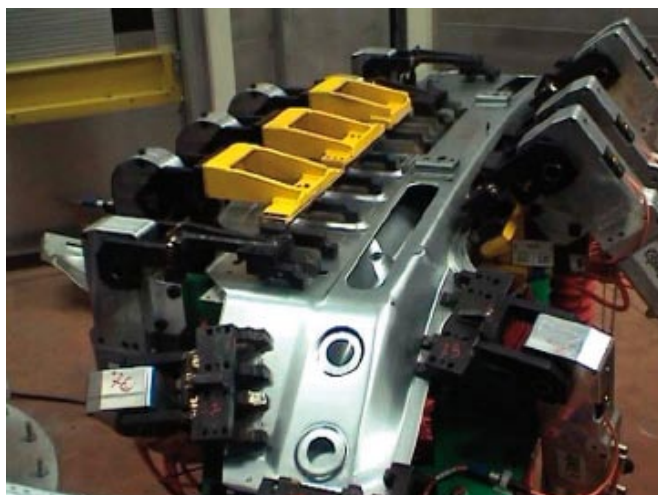
se] genom att använda sig av RLW i stället för punktsvetsning. Man avser vidare att utvärdera fjärrlasersvetsning i huvudflödet i form av en geometristation för RLW, där man valt en sammansättningssektens som medger att taket i det läget inte är monterat, något som främjar åtkomstmöjligheten för laserstrålarna. Inom området alternativa drivlinor menade den gode Ralf att lasern absolut har en framtid då det gäller att montera samman Li-Ion-batterier och rostfria höljen till desamma. Slutligen kunde han konstatera att i och med att kostnaderna för själva laserkällorna dramatiskt har sjunkit utgör numera kabinett och övrig kringutrustning upp till 90% av investeringskostnaden, och skickade ut en fråga inför nästa EALA om vad bilindustrin behöver göra för att ytterligare reducera totalkostnaden för en laserinstallation.

PSA Peugeot Citroën

[Dr. Mathieu Kielwasser]

"Scanner"-svetsning är också av intresse för våra franska kollegor på Peugeot och Citroën. Detta fick vi lära mera av från en av de verkliga veteranerna vad gäller laseranvändning i bilindustrin, nämligen Dr. Mathieu Kielwasser, som tidigare under konferensen agerat ordförande i ett föredragsblock rörande kvalitetsövervakning. Drivkrafterna för RLW ligger i den lägre investeringskostnaden jämfört med ett konventionellt lasersystem, samt den överlägsna produktiviteten jämfört med punktsvetsning.

Som testobjekt hade man valt en komponent snarlik Daimlers bakstycke och svetsningen hade utförts i en lasercell i fabriken i Mulhouse. Cellen var utrustad med en Fanuc robot försedd med ett RLSK-"scanner"-verktyg från HighYAG [Fig. 9]. Laserns var en 4 kW IPG fiberlaser och man hade använt Plasmo Observer för kvalitetsöver-



Figur 9. Industriell validering av "Remote Laser Welding" hos Peugeot i Mulhouse. T.v. detaljerna inspända i fixtur och t.h. klart för svetsning!



vakning "on-line". Detta verktyg har fördelen att det kan detektera vad tyskarna kallar "Falscher Freund", dvs. man har full penetration men saknar likväl bindning mellan plåtdetaljerna. Man menade sig ha haft ett mycket gott samarbete med Plasco och PSAs analyskriterier finns nu implementerade i mjukvaran Plasco Soft. Man hade arbetat med effekter mellan 3,6-4 kW och en svets hastighet på 4,8 m/min. Detta resulterade i en total svets tid för den aktuella detaljen på 7,3 sekunder, medan cykeltiden sammantaget var 18 sekunder. M.a.o. har man tämligen goda marginaler då produktionsvolymen är satt till ungefär 40 detaljer/timmen. Svetsarna är omväxlande raka stegsvetsar eller C-formiga. Zinkavgasningen löses även här med någon form av små "noppor" i pressdetaljerna. Mr. Kielwasser påpekade att skyddsgastillförseln alltid är ett bekymmer vid fjärrsvetsning och förordade densamma att vara integrerad i fixturerna. Bland förväntade nyheter meddelades att PSA idag arbetar med två olika taklödningsprojekt samt att RLW av sidodörrar är "på gång".

Renault SA

[Mr. Arnaud Diguët]

En ny bekantskap i dessa sammanhang var Mr Arnaud Diguët som tagit över laseransvaret från gamle trotjänaren Fabrice Drexler. För

Renaults vidkommande har mycket av laserverksamheten fram till idag handlat om takapplikationer. Sålunda kom den första ansatsen 2006 i och med introduktionen av nya Twingo-modellen [Fig. 10] som har ett laserlöst tak där foglängden är 1,5 m per sida. En 3 kW Nd:YAG-laser med defokuserad stråle används för operationen och framföringshastigheten är ungefär 2,5 m/min. Den första svetsapplikationen kom 2007 på nya Laguna-modellen [Fig. 10] där taket lasersvetsas till karossidorna med 24 stycken 30 mm långa stegsvetsar per sida, ett koncept valt för att minimera värmetillförseln.

Svets hastigheten ligger på 3,5 m/min med en 4 kW Nd:YAG-laser, och 3 karossvarianter förekommer.

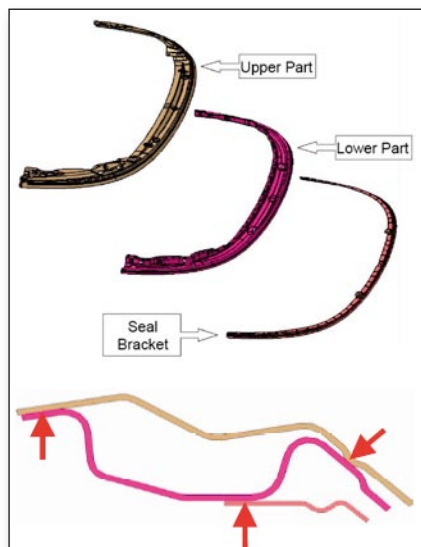
Flexibilitet har varit utmaningen i den senaste applikationen – ett laserlöst tak på 2008 års modell av Mégane. Totala produktionsvolymen är 1.200 bilar om dagen fördelade på tre sammansättningslinjer; 2 i Frankrike [Douai] och 1 i Spanien [Palencia]. 5 karossvarianter förekommer och beroende på detta kan den laserlödda fogen vara allt från 0,5 till 2,2 m per sida. Idag tillverkas hatchback och coupé-versionerna av Mégane [Fig. 11], men på sikt kommer såväl en stationsmodell, en



Figur 10. Tidigare "laserprodukter" från Renault; T.v. Twingo med laserlöst tak från 2006 och t.h. Laguna från 2007 som har ett intermittert lasersvetsat tak.



Figur 11. Renaults senaste tillskott beträffande laserapplikationer. Såväl Mégane hatchback (t.v.) som Mégane coupé (t.h.) är försedda med laserlödda tak.

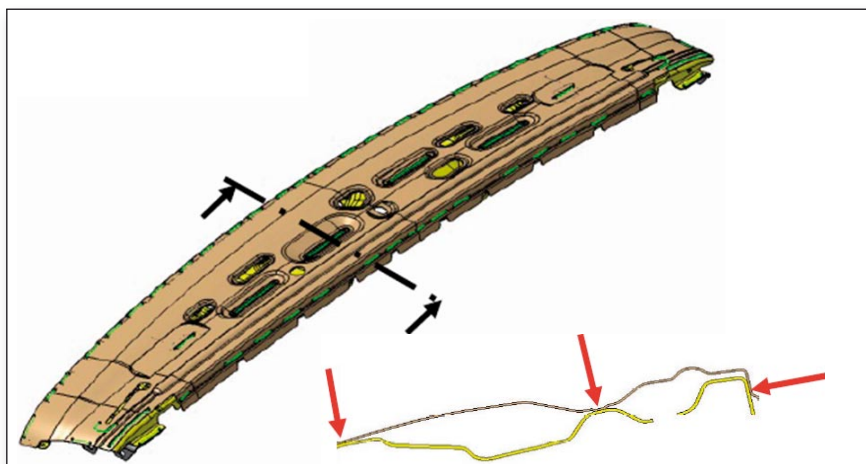


Figur 12. Komponenter ingående i den bakre tvärbågen i BMW I-seriens sufflett-konstruktion. T.h. visas var lasersvetsarna är förlagda, och man har medvetet utfört konstruktionen på ett sådant sätt att man undviker tre-plåtsförband!

minivan och en förlängd minivan att adderas till produktportföljen. Laserkällorna är 6 kW diodlasrar från Laserline, och man har valt att införskaffa 8 stycken; 5 i Douai och 3 i Palencia, med en laserkälla som back-up i varje fabrik. Lödverktygen är av märket Scansonic och här har 8 stycken levererats till Frankrike och 4 till Spanien, och ABB har anlitats som "line-builder". Processhastigheten vid taklödningen är svindlande 5,5 m/min och 100%-ig visuell efterkontroll sker i jakt på ytporer och andra defekter. Till skillnad från tillverkare med ett liknande koncept, där man ytterligare polerar/borstar lödfogen för bästa synintryck, så väljer Renault att täcka densamma med en gummiaktig tätning.

Wilhelm Karmann GmbH [Dipl.-Ing. Wouter M. Zweers]

Karmann är en välrenommerad och traditionsrik biltillverkare som specialiserat sig på nischprodukter som produceras i låga volymer. En sådan modell är BMW 1-seriens cabriolet som har ett antal lasersvetsade kom-



Figur 13. Schematisk skiss över den främre tvärbågen i sufflett-konceptet för BMW I-serien och t.h. ett tvärsnitt utvisande lasersvetsarnas lägen.

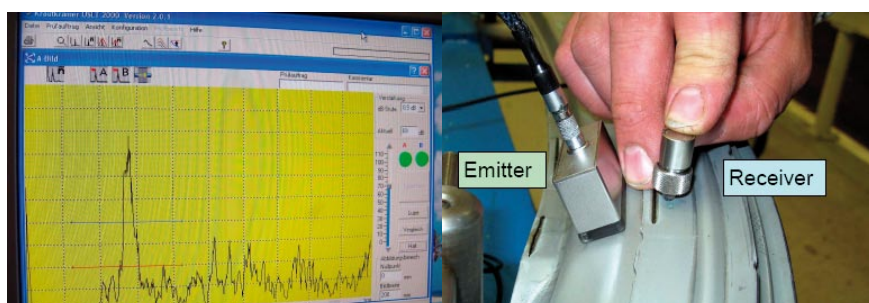
ponenter, vilka Herrn Zweers informerade oss om, mot vilka själva suffletten monteras. Den bakre tvärbågen består av tre delar i zinkbelagd H240LA-kvalitet i tjocklekar på 1,0 och 1,5 mm [Fig. 12]. Den totala svetslängden är 2.410 mm och en av de stora utmaningarna, eftersom vissa fogar ligger i synliga områden, har varit att kunna svetsa utan full penetration. Då dylika tvärbågar behöver vara styva har drivkraften för laserinförandet varit att man får

möjlighet att reducera flänsbredder och öka tvärsnittssektioner.

Liknande skäl för lasersvetsning har gällt för den främre tvärbågen, som består av en överdel, en underdel och ett antal förstärkningar som svetsas till nederdelen. Även här är det zinkbelagt material som används med tjocklekar på 1,0, 1,5 och 2,0 mm [Fig. 13]. Den totala svetslängden uppgår till 1.820 mm. För ändamålet används den lasercell i fabriken i Rheine [Fig. 14] som togs



Figur 14. Exteriör och interiör från produktionscellen i Karmanns Rheine-fabrik.



Figur 15. Kvalitetskontroll i form av ultraljudsprovning av laser-svetsarna. T.v. visualiseras den signal som operatören har att tolka för att ge O.K. för svetsen.

i drift 2003 då Karmann började producera takmoduler för Renault Méganes coupé- och cabrioletmodeller. Denna station uppgraderades 2007 då man påbörjade arbetet för BMWs räkning, vilket sker i en parallell arbetsstation. Lasercellen betjänas av en diodpumpad 4 kW DY044-laser från Rofin Sinar. Svetsverktyget har levererats av Permanova Lasersystem i Mölndal och för den oförstörande provning som krävs för att säkerställa svetskvaliteten vid icke full genomsvetsning används utrustningen USLT2000 från Krautkrämer [Fig. 15]. Svetsningen sker utan tryckrulle i typbundna fixturer och man reglerar lasereffekten över tiden för att undvika full penetration.

Volvo Cars

[Niclas Palmquist M.Sc.]

Vi från Volvo valde inte så oväntat att presenterade vår nya CUV [Crossover Utility Vehicle] XC60 med dess nästan 10 m lasersvets. En presentation som rönt stor uppskattning och även nyfikenhet, inte minst då med tanke på den stora andel av lasersvetsningen som sker i varmformade eller presshårdade detaljer. Ämnet har ju presenterats tidigare i LaserNytt, varför jag väljer att här inte gå in på några ytterligare detaljer. Min kollega Niclas Palmquist som deltog i den avslutande paneldiskussionen redogjorde där för våra framtida planer med en ytterligare användning av Borlegerade ståldetaljer [Fig. 16], samt en förväntad utökning av varianthåls-skärning inte minst vid installation av nya elektrifierade drivlinor. RLW som geometrisättande punkter i en "framing"-station är något som Niclas gärna ser fram emot att få utprova, och vidare har vi på Volvo planer på att genomföra någon form av pilottest av RLW applicerad på någon delsamansättning, exempelvis en hatthytta, i pressverket i Olofström. Annars arbetar vi vidare med att förädla och implementera den laserstrategi som vi



Figur 16. Håller lasersvetsen i Volvo XC60s vindrutestolpe? En intresserad Wouter Zweers (Karmann) får handgriplig information av Björn Lekander (Permanova).

sedan något år tillbaka arbetar utefter. Denna innefattar även hanteringen av våra lågvolymprodukter i fabriken i Chongqing där vi opererar två laserceller i samarbete med CFMA [ChangAn Ford Mazda Automobile Co.]. S40, S80 och S80 EWB [Extended Wheel Base] lasersvetsas där, och väl värt att nämna i detta sammanhang är att vi med gott resultat har anlitat Permanova Lasersystem som systemintegratör. Just tema Kinaproduktion utmålade Niclas som ett tänkbart ämnesområde att presentera vid EALA 2010.

Lågvolymtillverkning var också ämnet för min gode vän och kollega Klaus Löffler, tidigare laseransvarig inom VW-koncernen och med säte i Wolfsburg, men numera sedan tre år verkande för Trumpf GmbH med särskild inriktning mot bilindustrin. Han tog fasta på de höga kostnader som är förknippade med press- och klippverktyg samt samansättningsutrustning, samtidigt som de traditionellt använda processerna för detta är väldigt oflexibla. En god återbetalning går bara att erhålla vid stora produktionsvolym, men detta går "stick i stäv" med en ökad efterfrågan på nisch-produkter och etablering av biltillverkning på tillväxtmarknader. Den gode Klaus budskap och idé byggde på att låta lasertekniken medverka i hela processkedjan, men detta förutsätter som han mycket riktigt påpekade att konstruktionen från början är laseranpas-

sad. Själv är jag väl lite skeptisk mot hans förslag! Angreppssättet fungerar säkert bra på enklare, lådliknande konstruktioner, vilket vi sett exempel på vid olika Laserdagar med föredrag från Johan Elster [Bystronic Scandinavia AB], Sassa Mikic [Transpo Konstruktions AB] och Peter Nielsen [CEPA Steeltech], men blir svårare att realisera på komplicerade tredimensionella karosseridetaljer och -sammansättningar. Annars är det naturligtvis tilltalande att använda lasern som ett universalverktyg för såväl skärning, formning/böjning och svetsning. Några av Klaus synpunkter, väl värda att ta till sig, är att t.ex. konstruera för kant- eller stumsvets hellre än en överlappsedito då de tidigare erbjuder dubbla svetshastigheten vi samma lasereffekt. Vidare att konstruera utan flänsar genom att utföra foggeometrin anpassad för enkelsidig bearbetning, som exempelvis en strålfälleslösning, samt att utföra konstruktionen på ett sådant sätt att fixering, typ styrhåll och pinnar, är integrerade i detaljerna. Till sist visade Herrn Löffler på en intressant lösning av en fotgängarbro, vilken var uppbyggd av lasersvetsade platta sektioner. Man hade helt enkelt lagt två relativt stora plåtar över varandra, kontinuerligt lasersvetsat dessa runtom, varpå man avslutade med att "blåsa upp" desamma till en önskvärd sektionsstorlek.

Jag hoppas att dessa tre artiklar från EALA 2009 gett läsarna inspiration även om Er verksamhet inte är direkt riktad mot bilindustrin. Hursomhelst, informationsmängden vid dessa konferenser är enorm, och nu är det snart tid att "ladda batterierna" på nytt! Det är nämligen snart dags för detta illustra sällskap att på nytt träffas, då 2010 års EALA-konferens är planerad att genomföras mellan 3-4 februari. Så snart detta evenemang är genomfört lovar jag att återkomma med mera intressanta intryck därifrån! ☺

DATLAS: Nya kunskaper om process-

av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Kraven på processövervakning av lasersvetsprocesser ökar som ett led i ökade krav på att svetsande företag ska kunna dokumentera sin svetskvalitet och att minska andelen av kostsam förstörande provning av svetsade komponenter.

I projektet DATLAS, Datainteraktiv processövervakning av lasersvetsning, har Luleå tekniska universitet arbetat tillsammans med åtta svenska företag för att få en bättre förståelse för hur processövervakning med fotodiodbaserade system kan utnyttjas i industrin.

Projektet har byggt på sju verkliga svetscase från de deltagande företagen. Där har man definierat de svetsdefekter som kan uppstå och i den mån det är känt orsaken till dessa. Det blev en bred katalog med case som innebar svetsning med



Peter Norman t.v. och Ingemar Eriksson t.h., båda LTU, har arbetat med processövervakning och höghastighetsfilmning i DATLAS-projektet.

både Nd:YAG- och CO₂-laser, svetsning av ett flertal olika material som t.ex. rostfrittstål, Zn-belagd plåt, konstruktionsstål och flera fogtyper. Projektet har varit finansierat av VINNOVA och de deltagande företagen och avslutades i oktober i år.

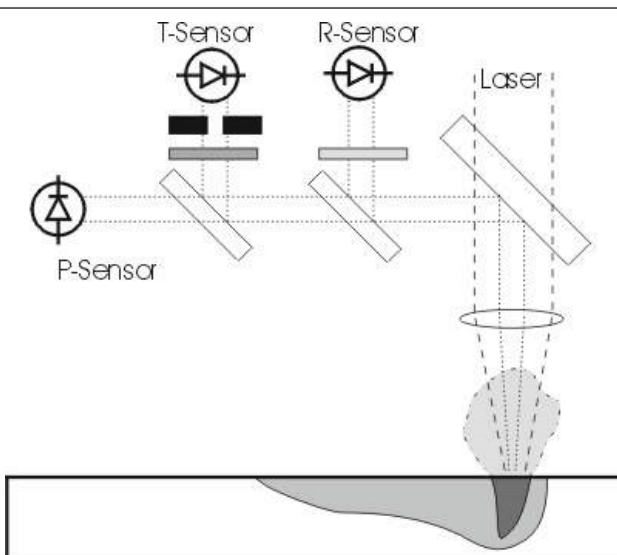
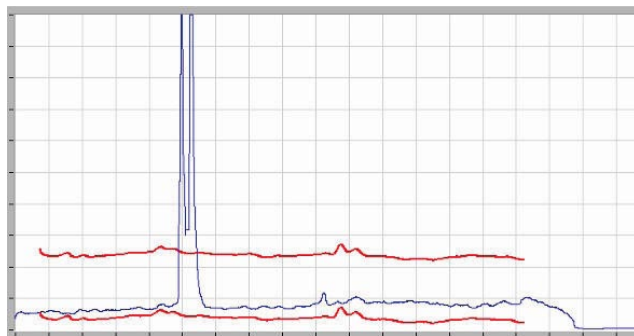
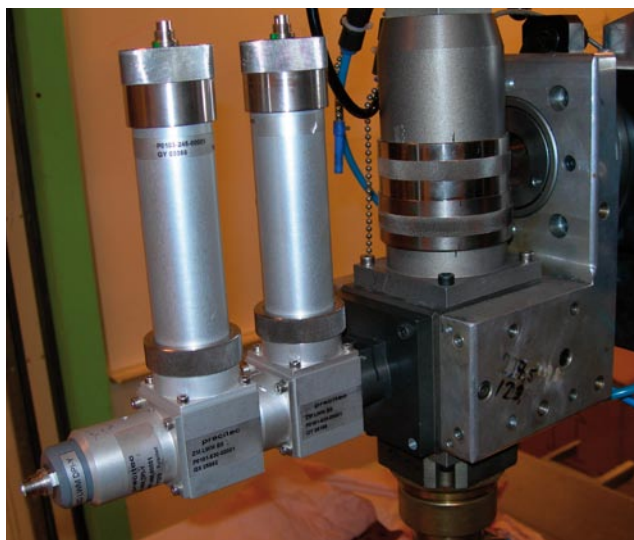
Metodiken i projektet var att jämföra signaler och höghastighetsfilmer från svetsprocessen när svetsarna blev felfria med svetsar där defekter hade provocerats fram. Av praktiska skäl så utfördes det mesta

av svetsförsöken i laserlaboratoriet vid LTU. Vid sidan av detta arbete så har vi också utvecklat modeller för att simulera hur emissioner (fotoner) från svetsprocessen kan träffa en sensor i rymden, allt för att skapa en bättre förståelse för sambandet mellan de signaler som sensorerna registrerar och de defekter som uppstår. Vi har också försökt mäta och beskriva smältbadets rörelser.

Vi har köpt och installerat ett kommersiellt tillgängligt fotodiodbaserat system för processövervakning vilket har integrerats i LTU:s laserutrustning. För ett svetscase hyrdes sensorer anpassade för CO₂-laser.

180 000 bilder per sekund

En pulsad diodlaser för belysning, en värmekamera och två toppmoderna höghastighetskameror med passande optik har också köpts och installerats. Med laserbelysningen och lämplig filtrering så kan såväl dyna-



Princip för processövervakning med fotodiodbaserat system. Det registrerar tillbakareflekterad laserstrålning, temperaturstrålning och strålning från ång/plasmamolnet. Signalerna analyseras sedan och presenteras sedan i ett diagram där tillåten övre och undre gräns finns inlagd. Hamnar signalen utanför dessa gränser så kan en defekt ha uppstått och systemet larmar eller stoppar processen.

övervakning vid lasersvetsning

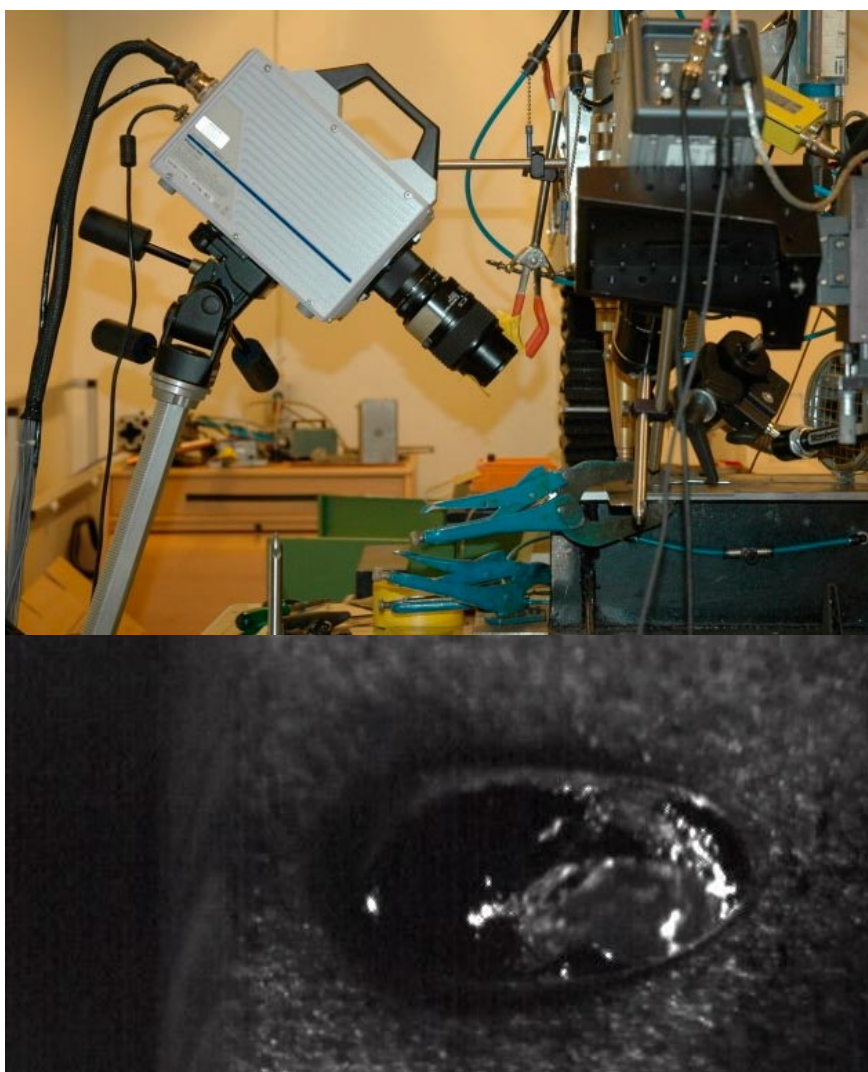
miken i smältpölen som nyckelhålet observeras. Filmerna har synkroniserats med signalerna från detektorerna i processövervakningssystemet för att få en förklaring till hur defekter uppstår i svetsarna. Med denna utrustning har vi lyckats filma lasersvetsprocessen med 180 000 bilder/s; de främsta laserlaboratorierna i Tyskland och Japan når idag 60 000 bilder/s. Det finns nu ett stort intresse från andra företag och högskolor att filma deras svetsprocesser.

LTU har nu ett mycket kvalificerat system i absolut världsklass för att studera och dokumentera lasersvetsprocesser på ett sätt som inte tidigare har varit möjligt. För att effektivt kunna analysera videofilmer och processsignaler samtidigt har ett analysystem baserat på LabView utvecklats i projektet; signalerna kan också presenteras som ljud för att ytterligare öka analysmöjligheterna.

Resultat

Några av de övergripande resultaten från svetscasen:

- * Korrelationer mellan signal och defekter har observerats men inga generella slutsatser har kunnat fastställas. Plasma och metallånga bildar en plym ovanför nyckelhålet, som emitterar i ett brett våglängdsområde och påverkar fotodioder både i IR och UV området. Plymen rör sig på ett turbulent och mycket snabbt sätt.
- * Fotodiodövervakning observerar ett avgränsat område och störs av plasma/ånga-plymen.
- * Värmen från smältan emitterar med tillräcklig styrka för att påverka fotodioder i IR området
- * Blowouts och porbildning är mycket snabba händelser och signalförändringen är ofta liten i förhållande till förändringar av plasma/ånga-plymen.



Höghastighetsfilmning med laserbelysning ger fantastiska möjligheter att i detalj studera och analysera vad som händer i processen. Bilden t.v visar ett s.k. nyckelhål och området omkring detta.

- * En stabil process minskar sannolikheten för defekter. Samtidigt blir variationerna av emitterat ljus mindre, vilket kan användas för övervakning, samt för att underlätta trimning av processen.
- * Övervakning av ljusemissioner kan användas för att detektera en förändring av processen, t.ex. effektförlust, avsaknad av skyddsgas. Möjligheter att detektera enskilda defekter t.ex. blowouts finns men är beroende av hur snabbt förloppet är och hur stora förändringar som sker i emissionerna.

Vi bedömer projektet som akademiskt mycket lyckat eftersom det har gett 20 publikationer och bidragit till Peter Normans doktorsexamen. Det har också gett industrin nya värdefulla kunskaper och riktlinjer om möjligheter och begränsningar med processövervakning och höghastighetsfilmning, vilket förhoppningsvis underlättar att fatta betydligt fler beslut om ny processövervakning inom produktion med motsvarande kostnadsminskningar som följd.

På projektets hemsida www.dat-las.se kan du få utförlig information om projektet och dess resultat. 🌟



ICALEO®

28th INTERNATIONAL CONGRESS ON
APPLICATIONS OF LASERS & ELECTRO-OPTICS
NOVEMBER 2–5, 2009 – ORLANDO, FL

ICALEO 2009 – Ett sätt för laserentusiaster att umgås på



**Laser Institute
of America**
Laser Applications and Safety

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars

Första veckan i november i år var det på nytt dags för världens ledande laserforskare att träffas vid den årliga ICALEO-konferensen [International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics]. Denna gång avhölls tillställningen i Orlando, Florida, där för övrigt LIA [Laser Institute of America], som arrangerar dessa synnerligen uppskattade evenemang, har sin hemmas.

Liksom för två år sedan höll vi till på fashionabla hotellet Hilton in the Walt Disney World Resort i Lake Buena Vista, och här fanns åtskilliga restauranger, barer och motionsanläggningar för oss konferensdeltagare att på lediga stunder umgås under gemytliga former – i traditionsenlig ICALEO-anda. Ett exempel på det senare är den traditionella välkomsträffen kvällen innan konferensen startar, där nya deltagare ges möjlighet att träffa oss andra gamla laserrävar och bekanta sig med LIA's representanter.

I år fanns erbjudandet att inmundiga lokala taco-delikatesser och dito vin och öl, alltmedan vi underhölls med gamla 60- och 70-tals musikklassiker. Dessa framfördes av kollegorna i the Beer's Law Band, som i år utgjordes av Ronald D. Schaeffer [PhotoMachining Inc., Fig. 1] på gitarr, Henrikki Pantsar [Fraunhofer USA Inc.] som trakterade basen, och vid key-boardet Leonard Migliore [Coherent Inc.].

Green Economy

Temat för årets ICALEO-konferens var "Frontiers and Challenges for the Green Economy", vilket tydlig-



Figur 1. Oförliknelige Ron Schaeffer rockar loss vid välkomstreceptionen för årets ICALEO-delegater.

»Om alla lätta fordon i USA skulle framdrivas med bränsleceller krävs en vätgasproduktion på 61 miljoner ton om året«



Figur 2. Vällbekanta laserprofiler som tjänstgjorde som ordföranden under ICALEO 2009. Fr.v. Paul Denney, Kunihiko Washio, Costas Grigoropoulos och Stefan Kaierle.

gjordes under plenar-sessionen där vi fick lyssna till initierade föredrag av John Turner [National Renewable Energy Laboratory], Dave Clark [Newport Spectra-Physics], Magdi Azer [GE Global Research] samt Yongfeng Lu [University of Nebraska-Lincoln].

En hel del intressanta siffror presenterades, såsom att om exempelvis alla lätta fordon i USA skulle framdrivas med bränsleceller krävs en vätgasproduktion på 61 miljoner ton om året, något som skall ställas i relation till dagens årsproduktion på 4 miljoner ton. Allmänt kan man säga att med tanke på att USA konsumerar 25 % av världens elektricitet ligger man långt efter exempelvis Europa då det gäller att använda nya och förnybara energikällor som sol- och vindkraft, även om dessa nu, utgående från väldigt låga startvärden, uppvisar årliga tillväxtsiffror mellan 20 och 30 %.

Så mycket om laser handlade dessa föredrag inte om med undantag för sådant som handlade om solcellstillverkning, där ju numera laserristning tycks vara State-of-the-Art. Ett sätt att ytterligare öka verkningsgraden hos dessa kiselbaserade element är att dopa dem med fosfor och sedan lokalt omsmälda ytan, samtidigt som man avverkar kisel med hjälp av en cw-laser inom det gröna våglängdsområdet. Newport Spectra-Physics är stora inom området och marknadsför kompletta laserristningsmaskiner under modellbeteckningen SolaryX. Man har även egen tillverkning av dioder, som man då kallar ProLite, med en MTBF [Mean Time Before Failure] på över 40.000 timmar.

Kortkurser

Annars var årets ICALEO-konferens uppdelad i tre huvuddelar. Den för Lasergruppens medlemmar mest intressanta var "Laser Materials Processing", som led-

des av gamle bekantingen Paul Denney från CCAT [Connecticut Center for Advanced Technology, Fig. 2], och från vilken jag kommer att rapportera mer detaljerat i nästa nummer av LaserNytt. Därutöver kunde den intresserade välja mellan en "Laser Microprocessing Conference" ledd av Kunihiko Washio [Paradigm Laser Research Ltd., Tokyo] eller en "Nanomanufacturing Conference" där Costas Grigoropoulos [University of California- Berkeley] höll i taktpinnen.

Ett annat inslag i konferensen var de populära kortkurserna under överinseende av sympatiska Stefan Kaierle från Fraunhofer ILT i Aachen, och där jag själv valde att lyssna till Ingomar Kelbassas [Fraunhofer ILT] intressanta utbildning under titeln "Laser Surface Treatment and Additive Manufacturing – Basics and Application Examples".

Andra traditionella inslag under ICALEO-veckan var den gemensamma lunchen på onsdagen då även doktor Valentin P. Gapontsev förärades med det prestigefyllda "Arthur L. Schawlow Award", samt den populära leverantörsutställningen på tisdagskvällen, vilken förutom att införskaffa fakta kring företagens senaste produkter gav rikliga tillfällen till mingel och diverse branschskvaller. ☺

Figur 1. Svetsning av bränslespridare hos Westinghouse Sweden Electrics



Laser 2009-mässan i München

Av Tore Salmi,
Permanova Lasersystem AB

Generellt märkte vi att flertalet av våra kunder var mycket restriktiva med sina resettillstånd, med hänsyn till konjunkturläget. Vi hade ca 25 % lägre besöksfrekvens jämfört med förra gången. Mässledningen hävdade dock att mässan var större än senast.

Permanova Lasersystem AB

Permanova visade upp en mängd exempel på lasersystemleveranser gjorda till både bil- och verkstadsindustrin. I övrigt ställde vi ut våra etablerade laserprocessverktyg ut, bl.a. MTSU, vårt svetshuvud med fogföljningssystem och vårt skärhuvud med xy-bord.

De systemexempel som visades i

montern var från flera olika industrisegment, bl a kärnkraft, vanlig verkstad, flygmotor, verktyg och bil:

- * svetsning av spridare för bränsleceller hos Westinghouse Sweden Electric, se figur 1
- * märkning av verktyg hos Teeness AS, figur 2
- * svetsning/skärning i kaross hos Volvo Kina, se figur 3.
- * svetsning av profiler hos Bendiro Profile Tech, se figur 4
- * svetsning av flygmotorkomponenter hos Volvo Aero
- * svetsning i kaross hos Volvo Gent
- * påsvetsning (mobilt system) hos Duroc Engineering
- * svetsning av gasgeneratorer hos Autoflator

Vår MTSU Motorized Twin Spot Unit förenklar tillvaron för både

forskare på institut och företag. Eller för laserprocessansvariga på verkstadsgolvet, som kämpar med att utöka processfönstret för att höja tillgängligheten på sin lasersvets- eller laserlödutrustning.

MTSU:n har följande viktigaste egenskaper, alla fritt programmerbara från en dator:

- * avståndet mellan fokalpunkterna är programmerbar från 0 till +/- 3 mm
- * energifördelningen mellan fokalpunkterna kan programmeras från en 50/50 %-fördelning, kontinuerligt till en 0/100 %-fördelning
- * en av fokalpunkterna är master med en fast TCP (Tool Center Point) medan slav-punkten fritt kan roteras (programmerbart, naturligtvis) runt masterpunkten, i fokalplanet



Figur 2 (ovan). Märkning av verktyg hos Teeness AS

Figur 3 (under). Svetsning-skärning i kaross hos Volvo i Kina

Figur 4 (höger). Svetsning av profiler hos Bendirol



Nu kan du alltså snabba upp test-proceduren för att initialt hitta bästa processparametrar och processfönster. Ett typiskt exempel är att låta en mindre del av lasereffekten ligga för huvudeffekten och rengöra ytan vid lödning eller svetsning. Och när du är klar med detta, behåller du bara inställningarna och kör igång din produktion.

Vårt svetsverktyg med integrerad fogföljning har ytterligare förbättrats med nya finesser, alltefter som nya problemställningar lösts i nya leveranser.

Skärverktygets xy-tillsats är numera ett snabbt och kollisionstålgt linjärmotorsystem.

IPG

IPG visade en multikilowatts fiberlaser riktad mot dagen direktdiodla-

sertillämpningar. Dessutom presenterade man en single-mode laser för 10 kW.

Laser Line

Laser Line ställde ut en imponerande serie direktdiodlasrar, även de med ambitionen att bli ersätta dagens lampumpade Nd:YAG-lasrar. För 3 och 4-kW-nivån har man 30 mmxmm-rad i strålkvalitet, dvs nära det de lampumpade lasrarna presterar.

Rofin-Sinar Laser

Rofin-Sinar tog ett helhetsgrepp med Macro, Micro och Marking-grupperna och visade det normala produktprogrammet, med en väl genomarbetad standardisering av styrsystem och operatörsinterface.

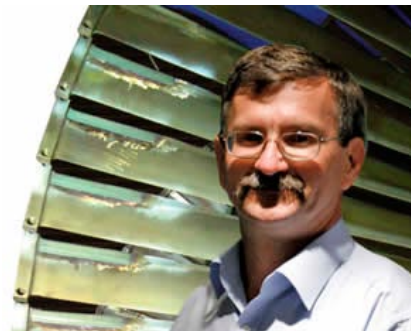
Bland nyheterna märktes den nya DQ 010, en q-switchad fastkropps-

laser med möjlighet att få pulser med över 1000 ggr medeleffekten. Den passar därmed utmärkt olika former av ytbehandling, som rengöring, borttagning av Al-Si-skikt för TWB-svetsning, och isolering.

Man presenterade också sin fiberlaser FL 010, med 1 kW uteffekt, och strålkvalitet som bäst 2,5 mm x mrad. Den kan i ett S-utförande (single-mode) även prestera 0,4 mm x mrad.

Trumpf

Som vanligt visade Trumpf upp sina produktområden med stor professionalitet i en monter av modell större. Man ställde ut sina nya laserfamiljer TruDisk, TruPulse och TruDio-de, där TruDiode är en kommande ersättare för dagens högeffekts lampumpade Nd:YAG-lasrar. ☼



Samtal kring lasertrender – Del 5

Milan Brandt rapporterar från LAM-workshopen i San Antonio

Av Johnny K. Larsson, Volvo Cars

I mars i år arrangerade LIA [Laser Institute of America] för första gången en laserworkshop dedikerad för användningsområdet "Laser Additive Manufacturing" [LAM], vilket på svenska närmast blir att över-sätta med laserpåläggning. Metoden sträcker sig emellertid idag även till att bygga upp kompletta metalliska strukturer, bl.a. i reparationssyfte, där jag hade räknat med att kunna erbjuda Lasergruppens medlemmar ett intressant studiebesök hos MTU Aero Engines i München, som använder just LAM för rekonditionering av rotorblad till flygmotorer. Tyvärr tvingades vi ju ställa in den i juni påtänkta studieresan, men jag hoppas att vi kan återkomma med ett motsvarande erbjudande längre fram. Laserpåläggning kan som sagt användas för många ändamål, inklusive "rapid prototyping", och jag kan förutspå att några av våra medlemsföretag kommer att implementera dylika verksamhetsområden i sina kommande lasersatsningar. Beträffande LIA's workshop i San Jose, TX, hade jag själv hoppats på att kunna närvara, men tyvärr kom andra åtaganden emellan. Dock visade det sig att bl.a. min gode vän



Figur 1. Överst: Flitiga "workshop"-deltagare lyssnar till James Sears' inledningsanförande. Underst: "Networking" i samband med "table top"-utställningen.

och kollega Milan Brandt från IRIS [Industrial Research Institute Swinburne] varit där, varför jag fick ett utmärkt tillfälle då vi sammanstrålade vid årets ICALEO-konferens i Orlando, FL, att känna den gode Milan lite på pulsen angående hans intryck från workshopen. Så därför lämnar jag över ordet till honom för en kort sammanfattning.

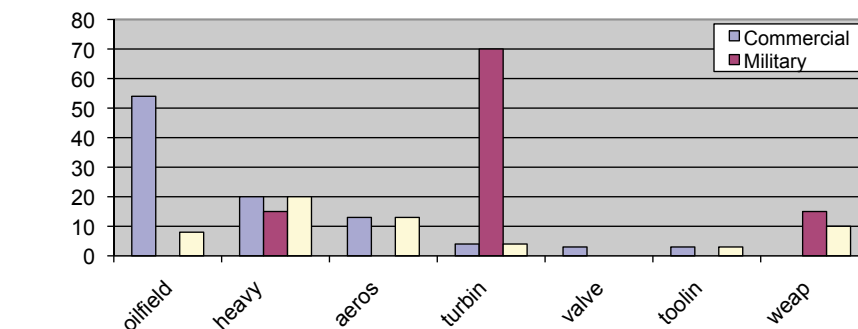
Workshopen pågick i två dagar och ordförandeskapet delades mellan välkände Paul Denney, numera

vid CCAT [Connecticut Center for Advanced Technology] och James Sears från South Dakota School of Mines & Technology. Ungefär 100 deltagare från hela världen, representerande industri, universitet och forskningsinstitut hade samlats för att diskutera laserpåläggning som ett verktyg för reparation och "rapid manufacture" av komponenter inom flyg-gruv- och tung verkstadsindustri [Figur 1]. James Sears inledde med att hälsa deltagarna välkomna och

berättade om workshopens huvudsakliga mål, där syftet gick ut på att främja LAM-processen och att sälja in den till industrin som en mogen, effektiv och prismässigt överkomlig metod. Tyngdpunkten i programmet låg i första hand på praktiska applikationsexempel och mindre på nya tekniska innovationer inom området.

Denna tvådagars workshop täckte de flesta aspekter vid laserpåläggning såsom lämpliga laserkällor, munstycksutformning vid pulvertillförsel, laserverktyg med integrerad trådmattning, pulver och trådlegeringar för förbättrat slitage och korrosionsmotstånd samt slutligen ett antal väl valda applikationsexempel. Totalt gavs 24 presentationer grupperade i ämnesområden som laserteknik, effektgenerering samt applikationsområdena tung industri, försvar samt olja och gas. Dessutom hade man arrangerat en mindre "table top"-utställning där olika företag visade upp sina produkter och de tjänster som man erbjöd.

De flesta presentationerna var informativa och hade ett starkt industriellt fokus, men eftersom det här inte finns möjlighet att referera samtliga får vi välja ut några av godbitarna. Först har vi då Ingomar Kelbassa från Fraunhofer ILT [Institut für Lasertechnik] i Aachen, vars presentation innehöll de grundläggande principerna för LAM och dess roll som möjliggörande teknik i framtida tillverkningsindustri. Han beskrev de ingående nyckelkomponenterna för de två olika sätten att tillföra tillsatsmaterialen, antingen kontinuerligt under processen eller placerat i förväg. Han fortsatte med att beskriva de olika typerna av munstycken för pulvertillförsel och den roll som ILT spelar som leverantör av dylika komponenter. Ingomar avslutade med att redovisa ett antal exempel där laserpåläggning används som reparationsteknik



Figur 2. LAM-användning (Laser Additive Manufacturing) i Nordamerika inom kommersiell industri, militär användning och reparationsändamål fördelad på olika industrigrenar.

inom olika branscher som aerospace, skeppsbyggnad och rekonditionering av bearbetningsverktyg.

Roland Gassmanns [Praxair Laser Services], Dan Haydens [Hayden Laser Services] och Wim Husslages [NedClad Technology] presentationer handlade alla om påläggning i reparationssyfte av komponenter inom energigenerering, olja och gas, och tung industri. Man gjorde djupgående beskrivningar av komponenternas krav på slitage- och korrosionsmotstånd, samt förklarade varför laseralternativet var att föredra ur materialsynpunkt samt förmedlade några kostnadsaspekter vid reparationer.

Några av en systemintegratörs synpunkter framfördes av Wayne Penn [Alabama Laser] och Scott Boynton [Joining Technologies]. Här diskuterades utmaningar i form av integration av laserkälla, pulvermatningsmunstycken, robotisering och processkontroll för att erhålla ett optimalt resultat.

Diodlasern tycks vara ett alldeles utmärkt verktyg för just LAM. Detta var något som självklart framhölls av representanter från företag som marknadsför denna typ av laserkälla, här i form av Silke Pflüger [Laserline GmbH] och Keith Parker [Coherent]. Vidare finns det nyckelfärdiga lösningar för reparation med laserpåläggning, och några sådana exempel gavs det prov på av Bhaskar

Butta [POM], Richard Grylls [Optomec] och Christian Föhl [Trumpf].

Slutligen lämnade Thierry Marchione [Technogenia] lite information rörande pulvertillverkning avsedd för laserpåläggning. Här nämndes särskilt Wolfram som en ingrediens i metallkompositer avsedda för komponenter utsatta för grovt slitage. Han presenterade också lite data kring tillväxten av företag i Nordamerika som på något sätt är involverade i tillverkning och reparation med hjälp av laserpåläggning. Figur 2 visar den procentuella användningen inom olika industrisegment.

Workshopen blev en stor succé både vad gäller att uppnå dess målsättning, men också för det stora intresse som visades från den slutanvändande industrins sida. Paul Denney, Jim Sears och LIA bör gratuleras för ett väl genomfört arbete. Idén att sammanföra representanter från industrin med experter inom gebitet laserpåläggning i ett och samma forum är ett steg på vägen att vinna acceptans för LAM som bästa teknikval att lösa problem i samband med slitage, korrosion och "rapid manufacture" inom ett antal olika industrisektorer. Formatet i form av workshop blev en succé som förhoppningsvis kommer att följas av flera dylika evenemang, allt enligt "vår man på plats" – Dr. Milan Brandt. ☺

Lasersäkerhet – regler för utrustning och användning

Av Urban Widén, Sjögårdsvik AB



En säker och trygg arbetsplats är en grundförutsättning både för den dagliga trivselen på jobbet, såväl som för företagets lönsamhet.

För att åstadkomma detta måste vi följa olika lagar. Det finns såväl naturlagar, där det straffar sig direkt om vi bryter mot dem, som arbetsmiljölagar författade av våra myndigheter. Våra arbetsmiljölagar syftar naturligtvis till att uppmärksamma oss om hur vi undgår naturlagarnas konsekvenser, som t.ex. brännskador, förslitningar, eller stress. Vi kan ibland bryta mot dessa lagar och komma undan med det - i alla fall under en tid - men med ökad risk att naturlagarna förr eller senare slår till.

För oss som jobbar med industriell laserbearbetning, är faror associerade med maskiner och högeffektlasrar viktiga att känna till. De egenskaper som rör maskiner i allmänhet: klämrisk, egenskaper hos styrsystem, nödstoppsfunktioner mm, gäller lika för laserbearbetningsutrustningar. Det som skiljer våra maskiner rejält från andra är naturligtvis laserstrålningens unika egenskaper.

Lasersäkerhetsarbete med olika utgångspunkt

Det finns flera utgångspunkter att närma sig området lasersäkerhet i industriella sammanhang från.

- * Vi kan se på hur olika ljusintensiteter vid olika våglängder påverkar våra biologiska vävnader, och vilka gränsvärden vi måste hålla oss under för att inte skadas. Olika



pulslängder, och strålens kvalitet spelar roll. Dessa gränsvärden arbetas fram av en organisation som kallas ICNIRP, och används sedan som underlag i standarden SS-EN 60825-1, som fastställs av IEC, varefter den implementeras av CENELEC och SEK.

- * Vi kan även närma oss ämnet lasersäkerhet genom att se hur vi ska skydda oss mot laserstrålningen med olika tekniska hjälpmedel såsom inkapslingar, skärmar, interlockövervakning, mm och med olika former av rutiner och personlig skyddsutrustning såsom glasögon.
- * En tredje aspekt är hur vi administrerar arbetet med lasersäkerheten i enlighet med de lagar som finns gällande arbetsinstruktioner, utbildning av personal och tillsättande av lasersäkerhetsansvarig person.

Jag tänker här uppehålla mig lite kring förutsättningarna för den sista punkten - vilka regler som finns, och vad vi måste göra för att hålla oss till dessa.

Regler för utrustning och regler för användning

Vid tillverkning och inköp av utrustning är maskindirektivet och dess standarder väl kända vid det här

laget. Vad som inte alltid är känt är att den standard som gäller för laserbearbetningsmaskiner direkt under maskindirektivet heter "SS-EN ISO 11553-1:2008, Laserbearbetningsmaskiner - Säkerhet - Del 1: Allmänna säkerhetskrav".

Denna standard innehåller i sin tur referenser till alla de vanliga maskinstandarderna för styrsystem, nödtopp, riskanalys mm, samt de mer kända lasersäkerhetsstandarderna SS-EN 60825-1 "Lasersäkerhet" och SS-EN 60825-4 "Skyddsskärmar".

När vi sedan börjar använda prylarna på jobbet, är det arbetsmiljölagen som gäller. Detaljerna finns utstakade i ett antal AFS'er från arbetsmiljöverket. Vi har i Sverige varit väl rustade för lasersäkerhet genom att vi i över 15 år haft AFS 1994:08 LASER till vår hjälp. Under resans gång har även systematiskt arbetsmiljöarbete blivit lag, och vi har fått föreskrifter om användande av arbetsutrustning. Tillsammans ger dessa bra riktlinjer att jobba med! Låt oss titta på tre centrala delar:

1. Lasersäkerhetsansvarig?

AFS 1994:08 Laser, För laserutrustning klass 3B och klass 4:

10§ Arbetsgivare skall utse särskild person att övervaka lasersäkerheten på arbetsplatsen. Denna skall vara väl förtrogen med det sätt på vilket laserutrustningen används och med tillämpliga föreskrifter.

Denna person brukar benämnas Lasersäkerhetsansvarig, eller LSO (Laser Safety Officer).

En fråga som nästan alltid ställs är: om vi använder en lasersäker klass I utrustning, men med en inbyggd klass 4 laser, behöver vi då utse en lasersäkerhetsansvarig?

”Vi har i Sverige varit väl rustade för lasersäkerhet genom att vi i över 15 år haft AFS 1994:08 LASER till vår hjälp.”



Skyddglasögon är obligatoriskt vid arbete i LTUs laserlaboratorium.

Ja! Särskilt om arbetsutrymmet är stort nog att tillåta tillträde in i maskinen. Det finns emellertid inga detaljkrav för vilken kunskapsnivå en lasersäkerhetsansvarig behöver ha (även om det finns rekommendationer i t.ex. IEC 60825-14). Reglerna säger ”väl förtrogen med utrustningen och tillämpliga regler”.

En lasersäkerhetsansvarig kan vara kunnig nog att göra riskanalys, men kan även låta leverantören eller en oberoende konsult utföra denna, en lasersäkerhetsansvarig kan utbilda sina medarbetare, men kan även anlita en extern utbildare att göra detta, en lasersäkerhetsansvarig kan utforma arbetsrutinerna, men kan även låta leverantören eller en konsult göra detta. Den lasersäkerhetsansvarige skall vara anställd, och bör vara den som administrerar säkerhetsrelaterade händelser, och skall vara tillfrågad inför ombyggnad eller nyanskaffning av laserutrustningar till företaget.

2. Utbildning?

Det finns inga examinationskrav för olika nivåer av lasersäkerhetskunskap. Det finns rekommendationer i ”CLC TR 50448 Guide to levels of competence required in laser safety”, och i AFS’erna står det:

AFS 1994:08 Laser, För laserutrustning klass 3B och klass 4:

6§ *Arbetsgivare som använder laser i sin verksamhet skall informera arbetstagarna om vilken laser-*

klass lasern tillhör, om vilka risker som är förenade med den samt om vilka säkerhetsåtgärder som behövs. Arbetsgivaren skall förvissa sig om att laseroperatörerna har erforderlig utbildning.

Vidare:

AFS 2006:04 Användning av arbetsutrustning:

14 § *Arbetstagare skall göras medvetna om*

1. *de risker för ohälsa och olycksfall de utsätts för när de använder arbetsutrustningen,*

2. *riskerna från den arbetsutrustning som finns i deras omedelbara närhet på arbetsplatsen,*

3. *de eventuella förändringar som påverkar den arbetsutrustning som finns i deras omedelbara närhet på arbetsplatsen och som de kan beröras av, även om de själva inte direkt använder utrustningen.*

Förslagsvis ges alla som jobbar i utrustningens närhet en kortare utbildning i vad det handlar om, och vad som skulle kunna bli farligt vid en onormal händelse. Detta brukar dessutom vara mycket uppskattat och minska misstänksamheten och öka trivseln för de berörda personerna. Operatörer och servicepersonal får en litet utökad lasersäkerhetsutbildning, anpassad till utrustningens egenskaper.

3. Arbetsrutiner?

I AFS 2001:1 Systematiskt Arbetsmiljöarbete, står bl.a.:

7 § *Arbetsgivaren skall se till att arbetstagarnas kunskaper om arbetet och riskerna i arbetet är tillräckliga för att ohälsa och olycksfall skall förebyggas och en tillfredsställande arbetsmiljö uppnås. När riskerna i arbetet är allvarliga skall det finnas skriftliga instruktioner för arbetet. (AFS 2003:4)*

Laserstrålning kan ge upphov till irreparabla ögonskador, som hör till vad som kallas allvarlig risk. Vanligtvis finns det bra utgångspunkter för arbetsrutiner i leverantörernas manualer, eftersom även maskindirektivet kräver detta för maskinens olika faser: installation, drift, service och nedmontering.

Mycket nytt på gång!

Nu är det mycket på gång samtidigt! De närmsta månaderna kommer i stort sett hela regelverket för lasersäkerheten att bytas ut. Men vi kan lugna oss med att har vi följt det som gällt hittills, blir det inga, eller mycket små, ändringar i praktiken. Flera standarder är redan nu i sin senaste utgåva anpassade för förändringarna.

Men det återkommer vi till i nästa nummer! ☺

Kalendarium 2009–2010

December

15 LaserNytt 3

2010

Mars

18 Seminarium "Konstruera för laser"
Höganäs AB, Höganäs
Per Westerhult

Maj

15 LaserNytt 1
27 Årsmöte Lasergruppen
LaserDag I
Esab AB, Göteborg
Per Westerhult

September

EFW Specialkurs Lasersvetsning startar
Luleå tekniska universitet
Hans Engström

Oktober

14 LaserNytt 2
14 LaserDag II,
Wedholms AB, Nyköping
Per Westerhult

26–28 Studieresa till Tyskland i samband med
Blech-mässan i Hannover
Tyskland
Per Westerhult

November

16 Workshop – Lasersvetsning
Plats ej bestämd
Per Westerhult

December

15 LaserNytt 3

**God Jul och Gott Nytt År
önskar Lasergruppen**

