

LASER

nytt

3-08

Lösnummerpris 85 kr

**Export gynnar tillväxten
för USAs lasertillverkare**

**Laserdag på Westinghouse
– fascinerande tillverkning
i strikt kontrollerad miljö**

- Fyra VINNOVA-projekt inom lasersvetsning
- 15 kW fiberlaser lyser
- IIW Commission IV
- Lasergruppen 20 år
- Laserplus har helhetskontroll
- EuroBlech 2008
- Laserdagen 2008 – tillbakablickar och exotiska lasrar

www.se.trumpf.com

Shape the future with light.



TRUMPF

Laser:TRUMPF.

Laser:TRUMPF.

TRUMPF

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

Redaktör

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

Redaktionellt arbete och kansli

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

Ansvarig utgivare Per Westerhult

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.se

Produktion: Breakwater Publishing AB,
www.breakwater.se, info@breakwater.se
Tryck: SG Zetterqvist, Göteborg 2008
Omslagsbild: Svetsning av styrstavar på Westinghouse

- 4 Rapport från IIW Commission IV – Power beam processes
- 6 Laserdag på Westinghouse – fascinerande tillverkning i strikt kontrollerad miljö
- 9 En ny kull EWF-studenter examinerade
- 10 Laserdagen 2008 – tillbakablickar och exotiska lasrar
- 15 Export till den globala marknaden gynnar tillväxten för USAs lasertillverkare
- 18 15 kW fiberlaser lyser
- 20 Rapport från EuroBlech 2008
- 22 Nya erfarenheter och bekantskaper då PICALO drog till Mittens Rike
- 34 Fyra VINNOVA-projekt inom lasersvetsning – kunskap på olika sätt
- 40 Lasergruppen 20 år – oundgänglig idag
- 42 Laserplus har helhetskontroll från planering till produktion
- 45 Lasergruppen ställde ut på Tekniska Mässan i Stockholm
- 46 Welcome to the NOLAMP Conference!
- 48 Kalendarium 2009

Tankar från styrelsen

Av Johan Elster, Bystronic Group



Euroblech 2008 har precis avslutats och trots finanskris har det aldrig varit så många leverantörer av laserskärutrustning som på årets mässa. Jag räknade till 18 stycken men det är möjligt att jag missade någon. Det märks att vi har haft många år med högkonjunktur.

Även mindre maskinleverantörer har satsat på utveckling av en egen laserskärmaskin. Tekniken är tillgänglig för alla. Laserkälla, styrsystem, skärhuvud, programmeringsmjukvara, etc. är idag standardkomponenter som kan köpas, så steget till egen laserskärmaskin har aldrig varit mindre. Men det krävs ändå mycket för att överleva i framtiden. Material- och energipriserna stiger, världens heliumtillgångar minskar och personalkostnaderna stiger kraftigt i länder där kvalitet är en förutsättning. Pressen på maskinleverantörerna är stor. Materialutnyttjande måste förbättras, gas- och elförbrukningen minska och skärmaskinerna måste helst gå obemannat dygnet runt, osv. Lokal närvaro med ser-

vice och reservdelar är ett måste. Hur är det egentligen med laserskärning? Kommer tekniken att överleva?

Det forskas intensivt på alternativa laserkällor. Disk- och fiberlasrar börjar dyka upp inom skärning. Men det är fortfarande en bra bit kvar till CO₂-lasern. Nya konstruktionsmaterial tillkommer hela tiden, men plåtkonsumtionen verkar inte ha påverkats och fortsätter att växa ohämmat. Varför fortsätter man att konstruera i plåt? Det är flexibelt och billigt, dessutom har plåten låg vikt och hög stabilitet. Att plåt är lätt att sammanfoga och återvinningsbar gör den ännu mer attraktiv som konstruktionsmaterial. Och sist men inte minst; den går att skära med laser.

Kombinationen av plåt och laserskärning är i dagsläget oslagbar. Den är överlägsen i disciplinerna flexibilitet, kvalitet och produktivitet. Den knaprar hela tiden in på områden där stansning och pressning eller plasma- och gasskärning har varit det självklara valet. Utvecklingen av laserskärning fortsätter med ohämmad intensitet. Den hjälper oss att minimera arbetsmomenten och tidsåtgången i förädlingsprocessen. Det är dagens teknik, men potentialen är fortfarande stor. Det är även framtidens teknik. ☺

Rapport från IIW Commission IV – Power beam processes

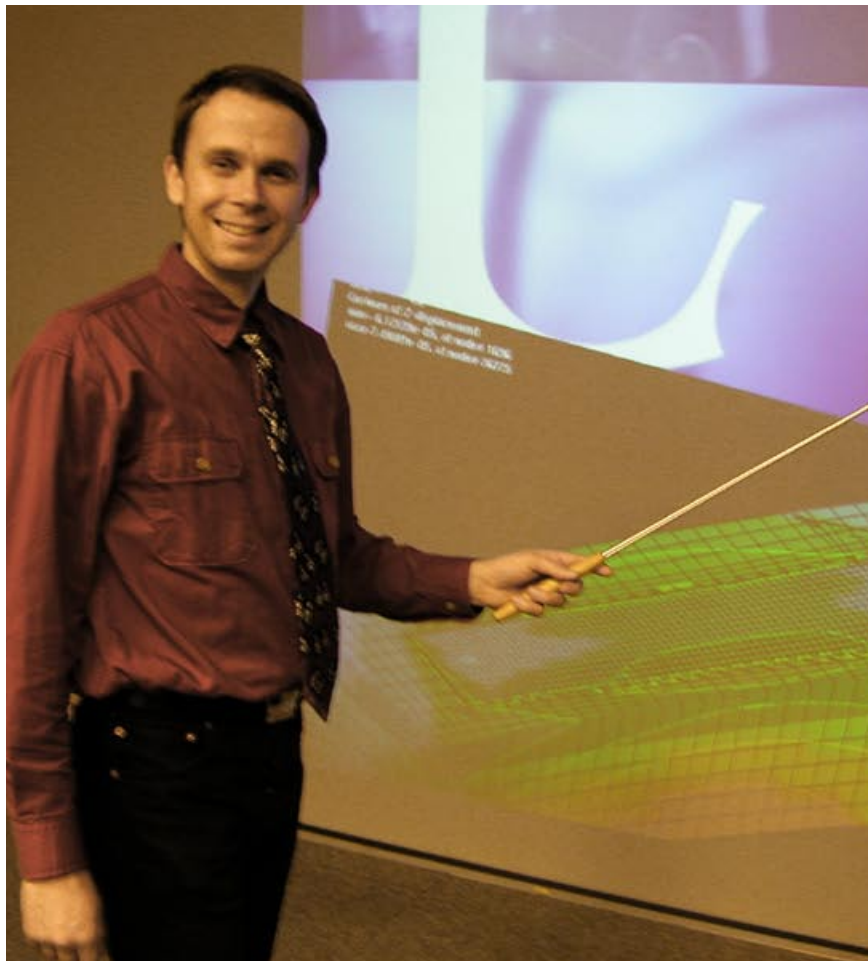
Annual Assembly 2008, Graz (Österrike)

av Prof. Alexander Kaplan, Luleå tekniska universitet (Svensk delegat IIW/C-IV)

Precis som ifjol kan jag konstatera att man skiljer mellan olika moment inom IIW-Commission IV "Power beam processes" (dvs. laser- och elektronstråle) som har betydelse: kunskapsförmedling, tematisk diskussion, nätverkkontakter, övergripande kunskapsförmedling och nätverk mellan relevanta kommissioner. Det finns ytterligare ambitioner/aktiviteter i C-IV, men jag är tyvärr lite tveksam om de verkligen är konkreta. Ordförande i Commission IV är förresten för tredje året Ernest Levert, USA.

Elektronstrålesvetsning imponerar

Jag håller mig kort om kunskapsförmedlingen genom de presentationer som gavs, eftersom mycket av det känner man från andra konferenser. I motsats till andra kommissioner har C-IV ett tydligt forskarsamhälle bakom sig som förmedlar kunskap bra bl.a. genom en rad konferenser (ICALEO, LIM, NOLAMP, PICALO, LANE, GCL, etc.), dvs. jag hänvisar till rapportering från dessa konferenser. Kort sagt var det mycket om rostfritt stål, om pipelines, remote welding och naturligtvis de nya fiber- och skivlasrarna. Däremot är elektronstrålen ett moment som inte är med i konferenser ovan, så det behöver särskild uppmärksamhet. Prof. Dilthey från ISF Aachen visade en imponerande video om elektronstrålsvetsning av ett cylindriskt filter vars 60 punktsvetsningar i om-



Prof. Alexander Kaplan, Luleå tekniska universitet.

kretsen gjordes faktisk parallellt eftersom elektronstrålen kan avlänkas (magnetisk) så snabbt (och brett) att svetsningen faktiskt sker simultant – någonting som inte kan "funka" på samma sätt med laser.

Givande diskussioner

I motsats till konferenser sker diskussioner på ett annat, mera dynamiskt sätt, det blir mer workshop-karaktär – som är väldigt bra, tycker jag. Dessutom blir det nätverksbyggnad på ett annat sätt, eftersom mötet reduceras till en mindre grupp (30-40 personer) av ganska ledande

experter, jämfört med en konferens.

Jag ser den största betydelsen i övergripande kontakter och kunskapsförmedling mellan olika kommissioner, t. ex. med Commission XII (utmattning) men också med andra som stål, dimensionering eller ljusbågssvetsning. Jag kommer att ta initiativ nästa gång så att vi kan få nytta av den tvärkunskapliga moment på ett bättre samordnat sätt. Alla presentationer om laser- och elektronstråle (både från C-IV och IIW-konferensen) finns tillgängligt elektroniskt hos Svetskommissionen (och hos mig). ☺

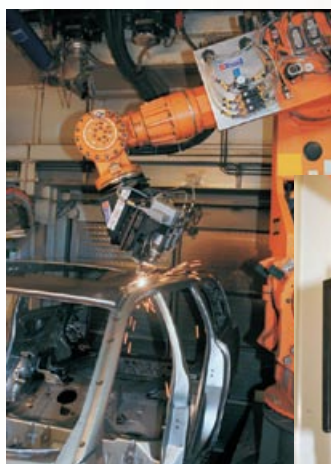
Nyckelfärdiga lasersystem

- från produktidé till produktion -



- Snabb, effektiv processintrimning
- Snabb variantanpassning
- Hög tillförlitlighet
- Skärning, Svetsning, Lödning, Märkning, Hybridsvetsning, Påsvetsning och Härdning

Vi erbjuder:



Lasersystem

- Erfarenhet av komplex projektledning
- Säker produktion

Processverktyg

- Snabb variantanpassning
- Flexibla moduler

Tjänster

- Applikationslabb
- Service, reservdelar
- Utbildning

Vad kan vi göra för Dig?



PERMANOVA
Lasersystem ab



Urankutsar. En urankuts (10 g) motsvarar energiinnehållet i 1,3 ton kol, 1 m³ olja eller 4 m³ ved.

Laserdag på Westinghouse – fascinerande tillverkning i strikt kontrollerad miljö

av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Westinghouse i Västerås bjöd in till en Laserdag i en ny, annorlunda och spännande miljö för många av deltagarna. Det var fascinerande att få uppleva tillverkningen av bränsle- och styrstavarna och för mig var det som en ny värld som öppnade sig.

Westinghouse Electric Company, som idag ägs av Toshiba, har sin största enhet utanför USA i Sverige, berättade Stellan Thorén, Director of Technology and Field Services globalt. Westinghouse har tre affärsområden; Nuclear Services, Nuclear

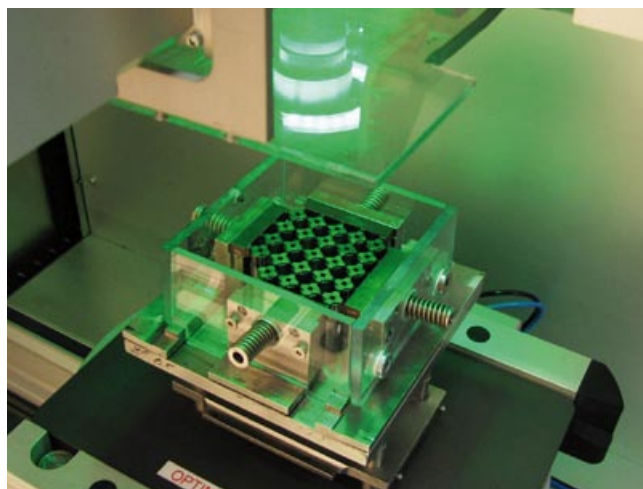
Fuel som finns i Sverige med cirka 900 anställda samt Nuclear Power Plants. I Västerås finns Nuclear Services centra för BWR reaktorer och Nuclear Fuel centra för design av bränsle till BWR samt tillverkning av bränsle och bränslekomponen-

ter till BWR och PWR. Västeråsfabriken tillverkar ca 400 ton LWR bränsle per år (80% är export).

Det har blivit stort intresse för kärnkraftverk de senaste åren. Westinghouse har byggt åtta nya anläggningar de senaste två åren och har



Värdarna på Westinghouse Peter Haglund, t.v. och Johan Löthman bjöd på en spännande och intressant Laserdag.



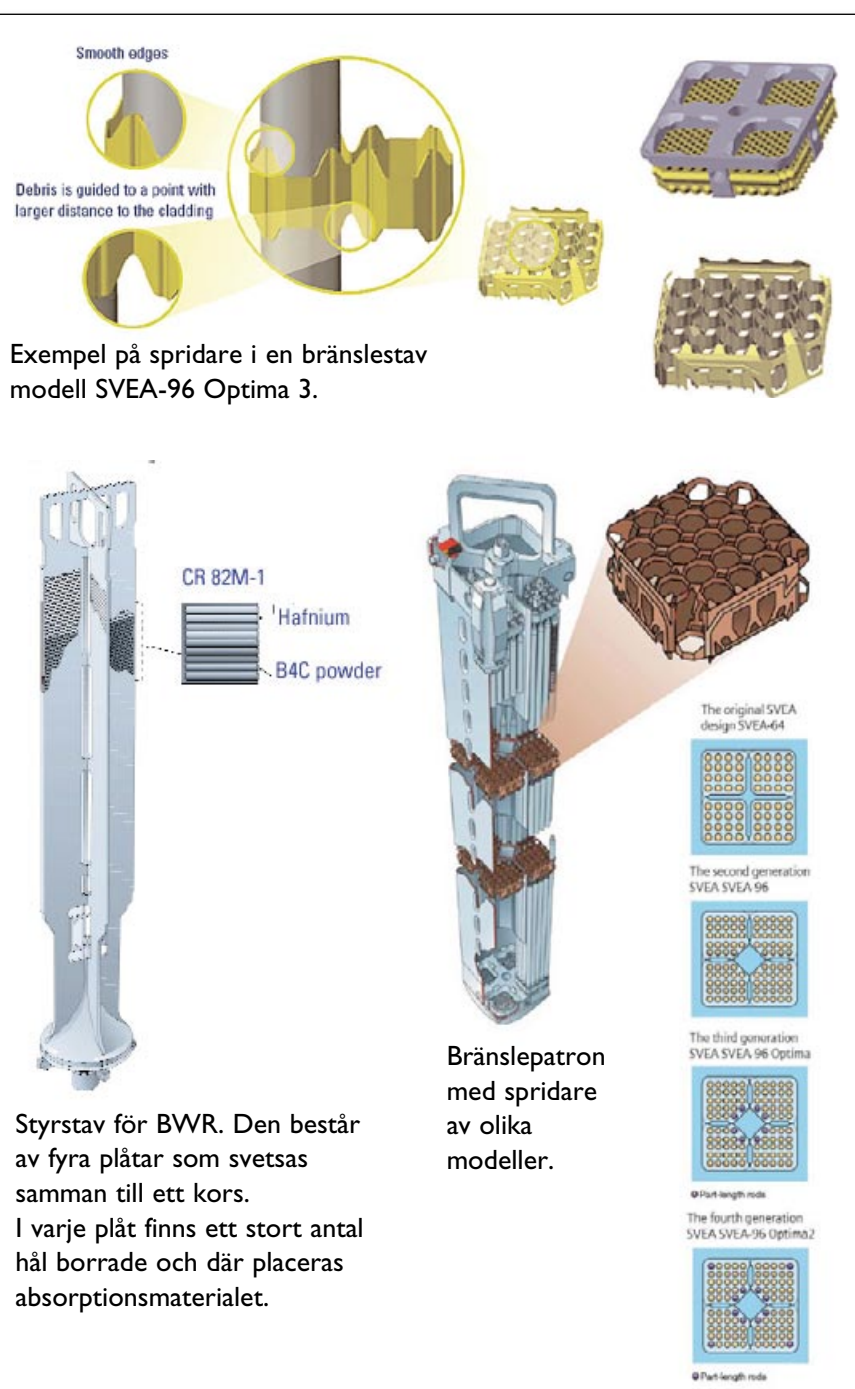
Lasersvetsstation för spridartillverkning. T.h. interiör från svetsstationen.

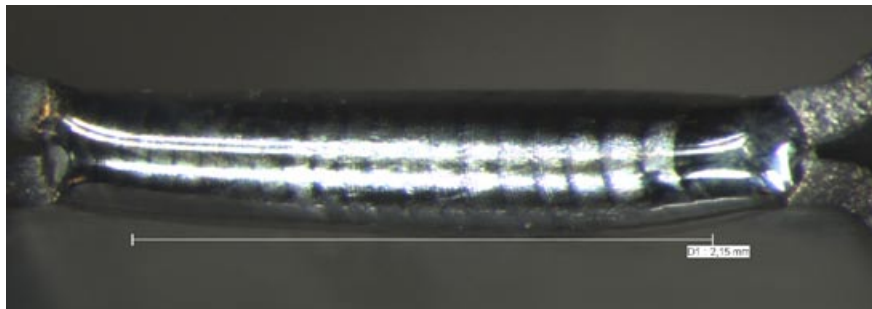
elva nya verk i orderboken. Bara i USA planeras byggande av fem nya verk parallellt om fem år. I Finland pratar man om byggande av verk 5, 6, 7, och 8. Westinghouse arbetar också med att modernisera och uppgradera befintliga kärnkraftverk och i Sverige har den totala moderniseringen gett mer effekt än den nedlagda reaktorn i Barsebäck.

Stellan Thorén berättande också att Toshiba arbetar med att utveckla lasersvetsning under vatten. En "cladding" kan sedan läggas på för att undvika spänningskorrosion. Tekniken ska vara klar att användas 2010. En annan teknik som är intressant är laserpeening, där man introducerar tryckspänningar i ytan för att förhindra spänningskorrosion och det kan göras 30 meter under vatten. Man har också utvecklat teknik för "ultraljudsundersökning" där en pulsad laser genererar tryckvågor i materialet som också avläses med laser.

Stora investeringar planeras

Men Westinghouse arbetar också med svetsning i Sverige berättade Johan Löthman. I dag har man en laser och i planerna för framtiden finns investeringar på laserkällor för 19 miljoner kronor. Till detta kommer sedan produktionsutrustning. Det är ökande produktionsvolym, nya applikationer och förmågan att





Lasersvets på spridare (detalj).

konkurrera med TIG och EB som driver utvecklingen. Det är kvalitet som i första hand är styrande vid val av svetsmetod; sedan kommer flexibilitet och produktivitet i nämnd ordning. I utvecklingsarbetet arbetar man tillsammans med underleverantörer och FoU-organisationer.

Många utmaningar

Den applikation som nu ska tas i drift är lasersvetsning av spridarna i bränslestavarna, berättade Peter Haglund, som arbetar med utvecklingen av svetsmekaniken. Man har installerat en Rofin Star Weld 250 W pulsad Nd:YAG-laser i svetsanläggningen.

Spridarnas uppgift är att hålla konstant avstånd mellan bränslestavarna och att ge möjlighet till jämn kylning av dessa. Idag så elektronstrålesvetsas spridare av modell Optima 3 men lasersvetsning har visat sig ge högre produktivitet, enklare hantering, minskat underhåll

och lägre investeringskostnad. EB-svetsningen har också en tendens att dra med sig smältan vilket ger problem.

– Det har varit många utmaningar med att utveckla svetsprocessen för spridarna, säger Peter Haglund. Vi har fått arbeta mycket med att hitta ett fungerande gasskydd och att bemästra sotbildningen. För att få ett bra svetslut har vi anpassat detta med stråldiametern och andra parametrar. Stabiliteten i lasersvetsningen som sker med 10 pulser per svets med 1–2 sekunders mellanrum mellan svetsarna har också varit föremål för undersökning.

Lasersvetsssystemet innehåller fogsökning och man håller också på att installera en helautomatisk utrustning för att kontrollera svetsgeometrin efter svetsning.

Under rundvandringen i fabriken fick vi se tillverkningen av bränsle- och styrstavarna. Det var verkligen fascinerande att se de olika svets-



Toppen av en bränslepatron med ett utdraget bränsleknippe. Knippet består av bränslestavar och spridare, inuti bränslestavarna finns urankutsen. En bränslepatron (200 kg) motsvarar energiinnehållet i 26 000 ton kol, 18 000 m³ olja eller 80 000 m³ ved. Det finns 450–800 bränslepatroner i en reaktor.

processerna i den rena miljön och med den rigorösa kvalitetskontrollen. Det märktes verkligen att kvaliteten sätts i första hand och det känns ju tryggt att ha sett detta med egna ögon.

Lasergruppen tackar Westinghouse och våra värdar för en mycket givande Laserdag. ☺



Svetsning av styrstavar.



Tillverkning i PRW-verkstan.

En ny kull EWF-studenter examinerade

av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Luleå tekniska universitet och Svetskommissionen har genomfört ännu en EWF-kurs i Lasersvetsning och denna gång var det åtta "studenter" som deltog. Kursen genomförs under en tre-månadersperiod med tre träffar, så totalt ägnar sig deltagarna åt lasersvetsning i sju dagar plus den tid som krävs för hemuppgifter och laborationsrapporter.

Denna gång var det en blandning av mycket svetskunniga deltagare från industrin som vill förkovra sig i lasersvetsning och nyanställda doktorander vid LTU. Vi har också haft ett generationsskifte i laserlabbet så vår nya lasertekniker Tore Silver passade också på att lära sig mer om lasersvetsning.

Kursen ger en hel del träning i praktisk lasersvetsning och i år så kunde deltagarna också använda den nya 15 kW fiberlaser som finns vid LTU sedan ett halvår tillbaka. Det blev också mycket diskussioner om fiberlasern och dess styrkor och svagheter som vissa deltagare redan har upplevt.

Ny kurs utvecklas

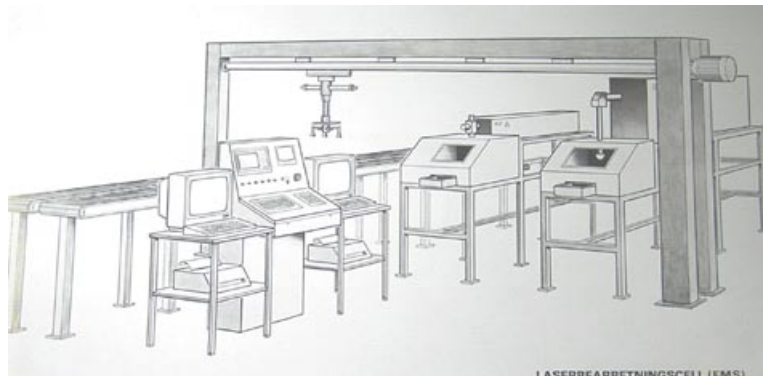
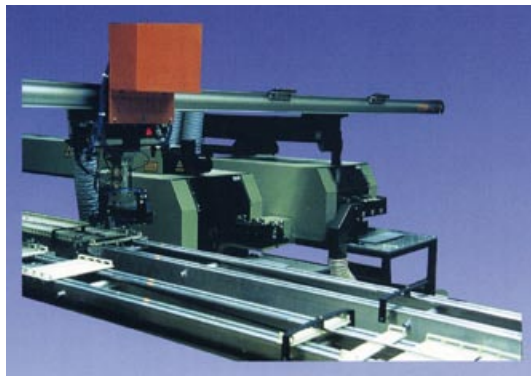
Nu pågår förberedelserna för att utveckla en ny EWF-kurs som ska bli både bredare genom att också andra processer som skärning och ytbehandling kommer att ingå men också flexiblare genom att deltagarna kan välja vilka processer man vill studera. Vi planerar också att kursen ska indelas i två kunskapsnivåer, en som passar svetskunniga tekniker och ingenjörer och en som passar operatörer. Vi hoppas att vi kan sjösätta den nya kursen under 2010. ☺



Deltagare i EWF-kursen Lasersvetsning 2008. Fr.v. Almir Heralic, Högsolan Väst, Stefan Karlsson, Volvo Aero Corporation, Jan Karlsson, LTU, Tore Silver, LTU, Ingemar Eriksson, LTU, Elin Westin, Outokumpu Stainless, Avesta Research Centre, Mikko Mäki vuoti, Ferruform AB samt Staffan Pettersson, Scania CV AB.



Förberedelser för ett nytt svetsförsök i laserlabbet vid LTU.



FMS-system för skärning och gravering av frontpaneler, ABB. Skärning med 120 W CO₂-laser och gravering med 60 W Q-switchad Nd:YAG-laser. Cirka 200 olika paneldesigner från meny kan bearbetas och upp till 4 timmars obemannad produktion är möjlig. Tillverkningstakten är 1–8 paneler/min.

Laserdagen 2008 – tillbakablickar och exotiska lasrar

av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

Som ni kanske vet så firar Lasergruppen 20 års jubileum i år. Det uppmärksammades på Laserdagen med ett föredrag av professor Claes Magnusson som i en personlig återblick berättade hur det kom sig att Lasergruppen bildades (se artikel Lasergruppen 20 år). Andra tillbakablickar som presenterades av några laserveteraner visade på den snabba utvecklingen inom området och lasrar som man inte trodde fanns.



Lasergruppen hade bjudit in den "gamle laserveteranen" Tore Salmi, som är en av de stora pionjärerna i svensk laserteknik. Han drev den andra (så vitt jag minns) svenska industriella laserinstallationen som sattes i drift hos Permascand i Ljungaverk 1979 och den absolut första som lasersvetsade. Applikationen var titanelektroder. Tore har sedan dess outtröttligt och med en fjällbjörks seghet, propagerat för lasertekniken från olika positioner inom näringslivet. Han (och hans kollegor) har varit en stark drivkraft för att sprida kunskap om laser och

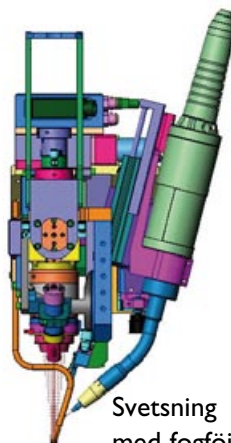
dess fördelar inom produktionen, och har lyckats installera många framgångsrika lasersystem i Sverige, Norden och Europa.

Tore presenterade i sin återblick starten av Permanova Lasersystem och ett axplock ur de anläggningar man levererat under 20 års tid. Där ryms många betydelsefulla system som t.ex. FMS-system för skärning och märkning, ett flertal laser-robot system till bilindustrin, mobil laser-cell för påsvetsning och mycket annat banbrytande.

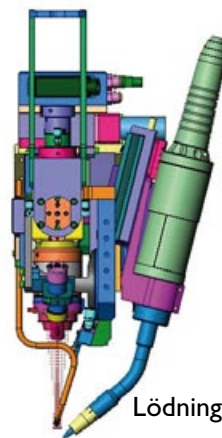
Tore, som har upplevt alla industriella lasertyper, är nu en stark anhängare av fiberlaser och fler och fler av hans system utrustas nu med dessa.



Svetsning och lödning av sidopanel VW, Poznan, 2002. Svetsning sker med fogföljning och lödning i samma verktyg vilket ger snabb omställning mellan processerna. Detta spar in en robot + cell.



Svetsning
med fogföljning



Lödning



20 år av utvecklings- och forskningsarbete med lasergruppen i rymmer mest glada minnen och kul, intressant arbete och många möten med trevliga människor som har passerat laserlaboratoriet.

Mobil laserzell för påsvetsning, Duroc AB, 2007, som ger möjlighet att påsvetsa stora komponenter hos kund. Cellen innehåller en 4 kW fiberlaser med robot, pulvermatare etc. och ger en effektiv process med hög pulverdeposition. Flexibilitet finns även i processverktyget.

Glada minnen från laserlabbet

Undertecknad hade också glädjen att få dela med sig av några minnen från Luleå-horisonten som mera speglar laserutvecklingen sett från forskningshållet genom anknytningen till Luleå Tekniska Högskola vilket sedermera blev Luleå tekniska

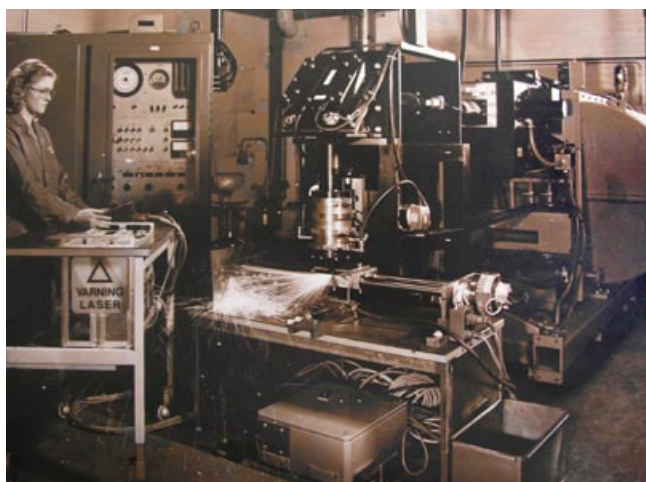
universitet. 20 år av utvecklings- och forskningsarbete med lasergruppen i rymmer mest glada minnen och kul, intressant arbete och många möten med trevliga människor som har passerat laserlaboratoriet.

Åren i laserlabbet sedan starten kan lite summariskt sammanfattas i

en period med pionjäranda när allt var nytt och nyfikenheten och entusiasmen var stor; en period med uppbyggnad av ett industriellt laserlab och mycket industriell processutveckling och applikationsutveckling och den nuvarande med mera koncentration mot mera teoretisk forskning med simulering av processer och processfenomen. Höghastighetsfilmning, med upp till 20 000 bilder per sekund i laserbelysning, är ett nytt fantastiskt verktyg som knivskarpt kan avslöja och hjälpa till att förklara svårtolkade processfenomen, har nyligen tagits i bruk vid laserlabbet i Luleå.

Exotiska lasrar

Bengt Johansson, LaserCentrum i Gnosjö, är också en laserpionjär, som i sann småländsk anda med stor kunskap och påhittighet har byggt



Den första och den senaste högeffektlasern vid Luleå tekniska universitet. T.v. 2.5 kW Spectra Physics CO₂-laser, en föregångare inom högeffektlasrar, med den första arbetsstationen och t.h. en 15 kW fiberlaser från IPG Photonics installerad 2008.



War of the Worlds. Illustration av den brasilianske konstnären Henrique Alvim Correa till en belgisk upplaga från 1906.



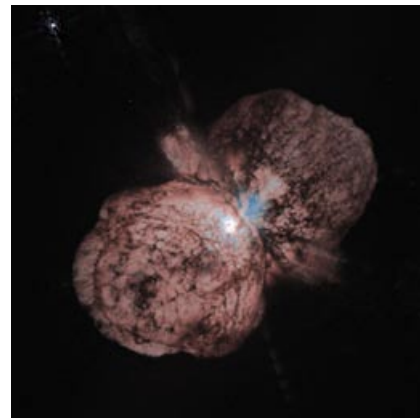
US Air Force Airborne Laser (ABL) använder en ombyggd Boeing 747 där man placerat en COIL-laser för att bekämpa missiler på flera hundra km avstånd.



Slab variant av sintrad Nd:YAG-laserkristall. Storlek 100x100x20 mm. Används i s.k. Solid-State Heat Capacity Laser (SSHCL) utvecklade av Lawrence Livermore National Laboratory.



Arbete med SSHCL vid Lawrence Livermore som är den mest kraftfulla diodpumpade solid state-lasern i världen vilken ger 25 kW i upp till 10 sekunder. (Källa: S&TR, april 2006),



Eta Carinae. Bild tagen av Hubble Space Telescope som visar Eta Carinae och den bipolära nebulosan som omger stjärnan. Nebulosan är resterna efter det utbrott Eta Car gjorde vars ljus nådde jorden 1843. Eta Car är den vita fläcken nära mitten av bilden, där nebulosans två lober råkas.

Mer om exotiska lasrar:

- Lyssna gärna på pjäsen "War of the Worlds": www.youtube.com/watch?v=4wf5TPVz56A
- www.airforce-technology.com/projects/abl/
- www.llnl.gov/str/April06/Soules.html
- <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1996/23>

upp en blomstrande laserverksamhet tillsammans med sin kollega Stefan Fryleback. Bengt (bilden) är en allvetare inom laserteknik och han gav en mycket uppskattad berättelse om "exotiska lasrar" som har passerat i den unga laserhistorien.

Det hela började egentligen enligt Bengt redan 1898 med HG Wells roman "War of the Worlds" där han talar om "heat rays" som kanske kan tolkas som de första beskrivna "laserstrålarna" i historien

1938 gavs en mycket berömd radiopjäsa med samma namn med Orson Wells som berättare och regissör

och den upplevdes som verklighet av många lyssnare och skapade panik.

Fiction ligger alltid på framkant i att beskriva utvecklingen och i Star Trek (1964) används "laservapen". Detta var alltså fyra år efter att den första laserstrålen såg dagens ljus.

Militära lasrar

Bengt gav en resumé över flera militära lasrar som har utvecklats. Bl.a. så kom den kemiska CO₂-lasern som kan leverera effekter i MW-klassen. En sådan utvecklades också i Tyskland och kallades Helex. I USA pågår ett projekt med COIL-laser (kemisk oxygen-iodine laser) som placeras i ett flygplan med uppgift att skjuta ner missiler tidigt efter start. Programmet startade 1996 med en

budget av 1 600 miljoner dollar och i september 2008 så avfyrares det första laserskotten med COIL-lasern. Däremot så blev det ingen framgång för atombombsexiterade röntgenlasrar. Projektet lades ner 1993 och lär ha kostat 27 000 miljoner dollar!

Bengt berättar också om slab YAG-laser med sintrade kristaller, där varje kristall kan ge 25 kW, vilka används i minröjning i Irak; vätskelasrar, (150 kW) fri-elektronlasrar (MW) och kärnenergipumpade lasrar (100–200 MW) så nog finns det gott om "exotiska" lasrar.

Men det finns också naturliga lasrar, avslutar Bengt Johansson. 1995 upptäcktes Stjärnan MWC349 som strålar med 169 mikrometer. Hubbleteleskopet har observerat extremt

stark strålning från gasmoln nära den extremt energirika stjärnan Eta Carinae. Det är en supernova som snart skall explodera och den strålar mer än 7500 ljusår bort.

Bengt och kollega Stefan avslutade presentationen effektfullt med att spränga en ballong med en 50 mW diodpumpad YAG-laser.

Strategier för pulsad lasersvetsning

Laserdagen bjöd också på en teknisk presentation av Michel Normandon från Lasag AG, som berättade om strategier för pulsad lasersvetsning.

Lasag är ett gammalt anrikt företag från Schweiz som tillverkar pulsade Nd:YAG-lasrar för svetsning, skärning, borrar och scribing. I Sverige samarbetar man med Azpect Photonics.

Michel delar upp svetsningen i punktsvetsning och svetsning av konturer. Typisk punktsvetsning är enstaka svetsar eller sådana i serie. En mycket viktig egenskap med moderna pulsade lasrar är att man har möjlighet att skräddarsy pulsens utseende, dvs. hur energin är fördelad i pulsen över tiden. Lasag kallar det RTP (Real Time Pulse Control) och som ger "metallurgiska" pulser.

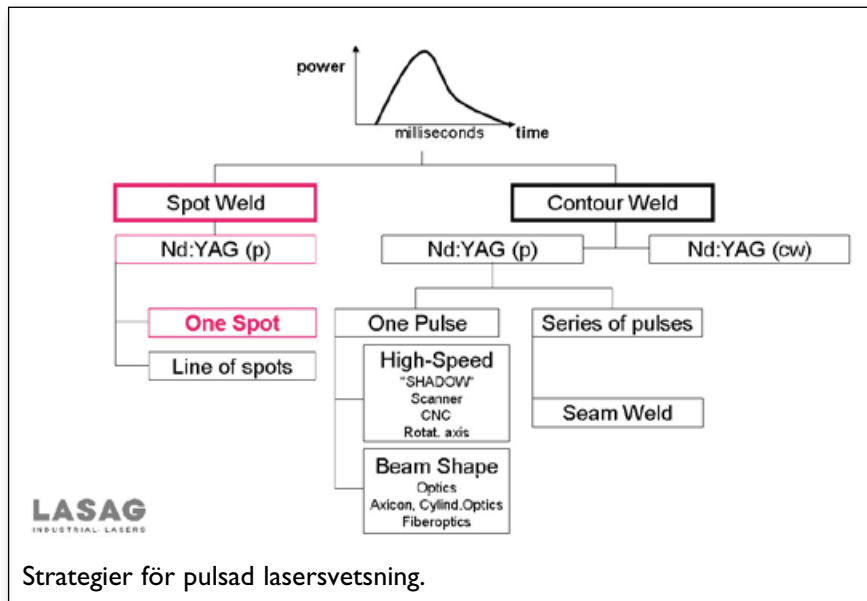
Lasag har också en teknik för svetsning av små konturer som man kallas "shadow" (Stepless High speed Accurate and Descrete One pulse Welding)

Tekniken bygger på att man fyrar av en puls och man rör strålen i ett bestämt mönster, t.ex. en ring, under pulstiden.

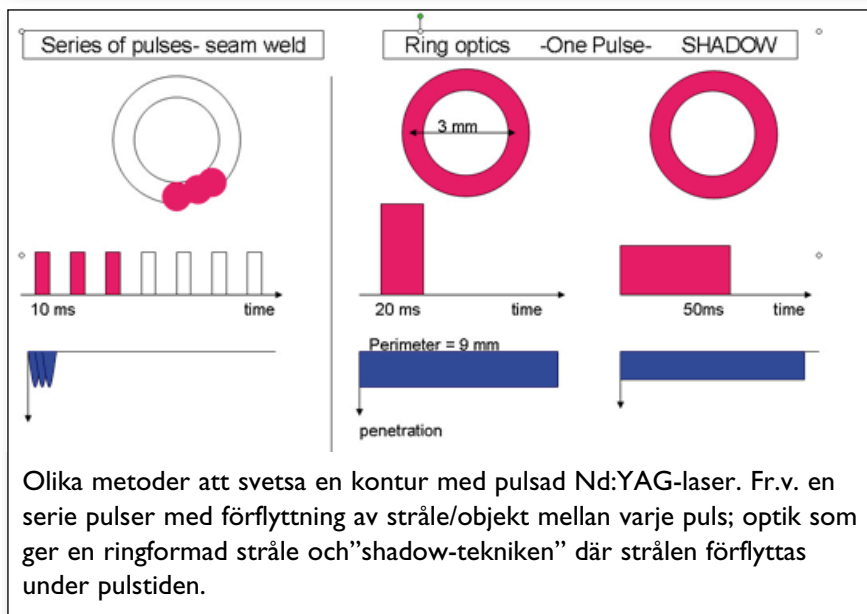
Michel Normandon berättade avslutningsvis att det finns en trend att ersätta lödning med pulsad lasersvetsning och att svetsa olikartade material. 🌱

Mera information genom:
Michel.normandon@lasag.ch

En mycket viktig egenskap med moderna pulsade lasrar är att man har möjlighet att skräddarsy pulsens utseende, dvs. hur energin är fördelad i pulsen över tiden.



Strategier för pulsad lasersvetsning.



Olika metoder att svetsa en kontur med pulsad Nd:YAG-laser. Fr.v. en serie pulser med förflyttning av stråle/objekt mellan varje puls; optik som ger en ringformad stråle och "shadow-tekniken" där strålen förflyttas under pulstiden.



Detalj svetsad med "shadow-teknik".

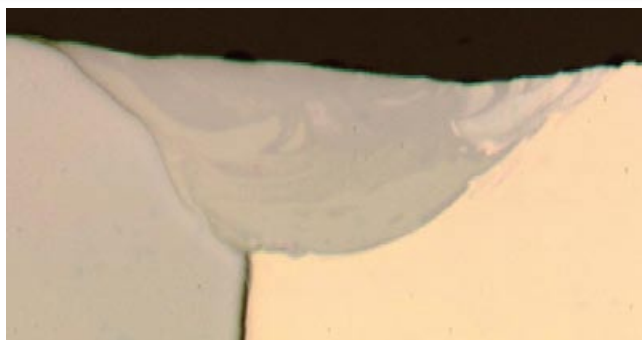
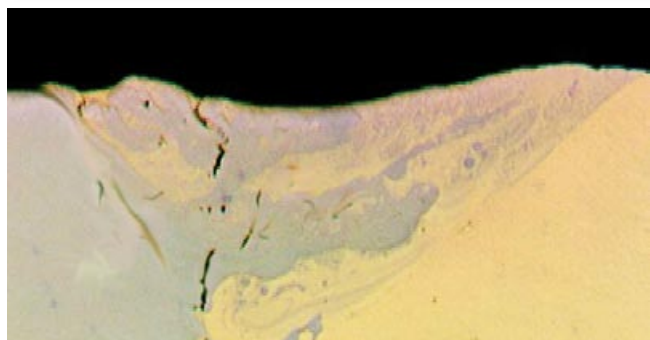
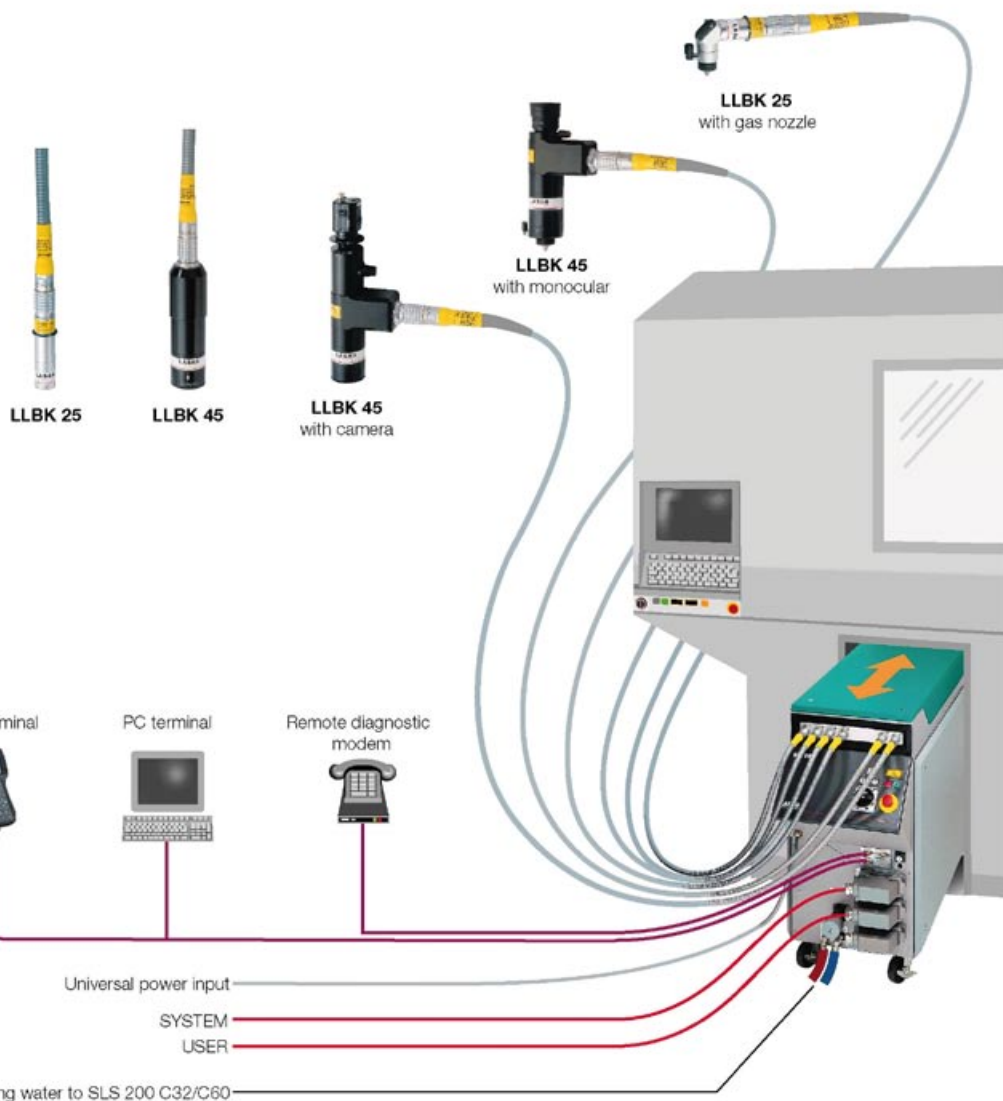
T.h. Svetsfogar: Ppuls= 2.5 kW; v= 0.4 m/s, pulstid 10 ms.



Pulsade Nd:YAG-lasrar från Lasag AG, Schweiz.

GENERAL CHARACTERISTICS

Average Power	5 – 1000 W
Peak Power	Up to 50 kW
Repetition rate	0,1 – 5000 Hz
Pulse Width	0,01 – 100 ms
Energy	Up to 150 J



Punktsvetsning med Real Time Puls Control av stål till brons. Svetsen till höger är svetsad med en "metallurgisk puls" som gav en felfri svets.

Export till den globala marknaden gynnar tillväxten för USAs lasertillverkare

av Johnny K. Larsson, Volvo Cars

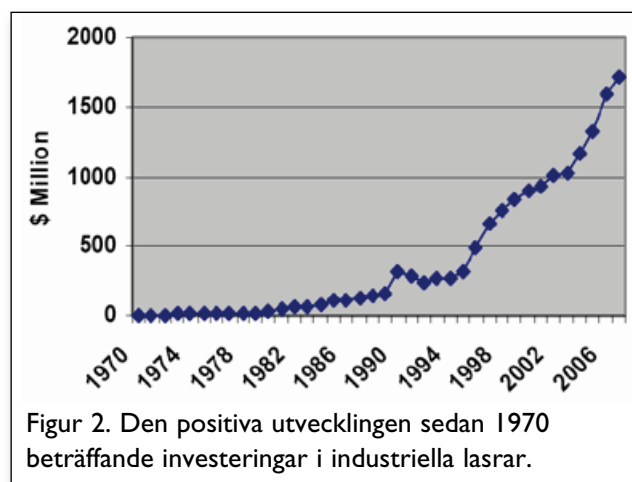
David Belforte är en internationellt erkänd auktoritet inom området för industriell laserbearbetning. Han arbetar som konsult beträffande utveckling och implementering av laserapplikationer för tillverkningsindustrin, och han är grundare och chefredaktör för magasinet Industrial Laser Solutions [ILS] [Fig. 1]. 1995 tilldelades han det prestigefyllda Arthur L. Schawlow Award som ett bevis på hans bidrag till att öka kunskapen kring olika laserprocesser. Läs här om några av hans synpunkter på dagens "lasersituation" i USA och världen, som han delgav Johnny K Larsson vid AKL'08.

Den industriella lasermarknaden, vilken etablerades under tidigt 1970-tal i och med installationer av kristallasrar för hermetisk avtätning och CO₂-lasrar för planskärning av plåt, har haft en genomsnittlig årlig tillväxt på 18,1% [Fig.2]. Detta betyder ett 37 årigt rekord av konstant tillväxt med undantag för året 1992, och har resulterat i nästan 350.000 laserinstallationer "world-wide". Dessa representerar ett värde av mer än 15 miljarder dollars som investerats i olika industriella lasersystem, alltifrån multimiljardföretag inom bilindustrin till små verkstäder med kanske bara två anställda.

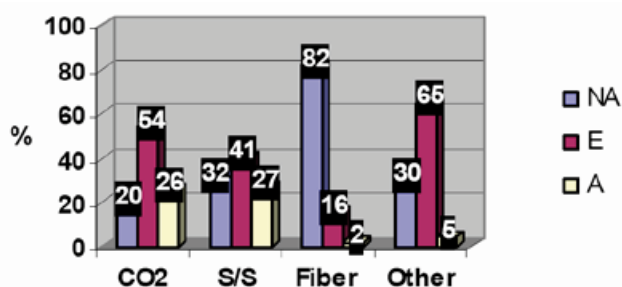
De första noterbara framgångarna för industriell lasertillämpning skedde i USA där flera laserpionjärer etablerade kommersiella företag. Bland de första applikationerna kan nämnas laserborrning av kylkanaler för turbinblad där behovet av tillförlitliga produktionssystem med hög precision var uppenbart. Sålunda kom de första åren att domineras av USA-baserade företag som tillhandahöll laserprodukter till de snabbt växande marknaderna inom flyg- och elektronikindustrierna. Under tidigt 1980-tal expanderade den globala marknaden för industriella lasersystem då regeringar och myndigheter i andra industrialiserade länder insåg de



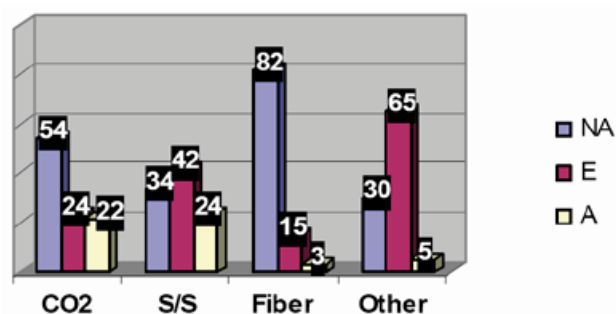
Figur 1. David A. Belforte i talarstolen under dagarna vid AKL'08 i maj 2008.



Figur 2. Den positiva utvecklingen sedan 1970 beträffande investeringar i industriella lasrar.



Figur 3a. Världsmarknaden 2007 för laserkällor (antal) fördelat mellan olika lasertyper och regioner.



Figur 3b. Världsmarknaden 2007 för laserkällor (ekonomiskt värde) fördelat mellan olika lasertyper och regioner.

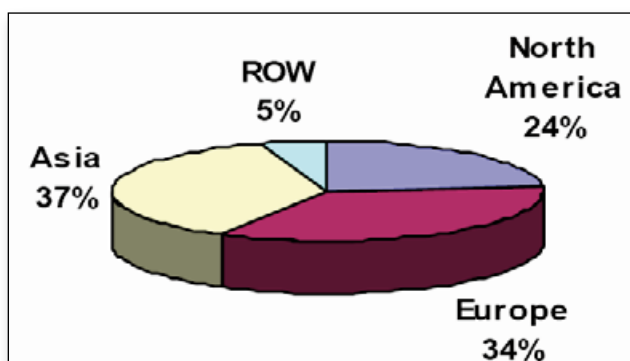
affärsfördelar som lasertekniken erbjöd såväl för den inhemska som för exportmarknaden. Som en konsekvens av detta kom USA-dominansen inom laserområdet att utmanas först från Japan och sedermera också från flera europeiska länder med Tyskland i spetsen.

1997 stod USA och Europa båda för 35% av världsmarknaden för lasersystem, följda av Japan med 30%, men 1999 ledde framgångsrika utvecklingar av högeffektlasrar inom både CO₂- och Nd:YAG-segmenten till att Europa positionerade sig som den främsta tillverkaren av såväl laserkällor som lasersystem – en situation som fortfarande gäller idag. 2007 sålde USA-baserade företag 48% av laserkällorna "world-wide" och stod för 30% av det totala värdet. Nu är dessa siffror något missledande eftersom lasertillverkarna är globala aktörer, som t.ex. Trumpf, RofinSinar och GSI, som producerar en del av sina lasrar i USA. Bland de inhemska tillverkarna dominerar Synrad, Coherent, Newport/SpectraPhysics och IPG. Tack vare att Synrad så dominerar världsmarknaden för "sealed-off" CO₂-lasrar med låg effekt gör detta, att tillsammans med högeffektlasrarna från Coherent, blir USA världens ledande producent då det gäller antalet CO₂-lasrar. P.g.a. den starka utvecklingshistorien hos företag som Coherent, Newport/SpectraPhysics och IPG Photonics, vilka innehar ledande positioner inom kristall- och fiberlaserområdena, fortsätter Förenta Staterna att vara en maktfaktor inom dessa områden med marknadsandelar på 34 resp. 82% om man ser till antalet sålda laserkällor [Fig. 3a].

Om man däremot betraktar värdet av försålda laserkällor och lasersystem ändras USAs position relativt dess europeiska konkurrenter, speciellt då det gäller högeffektlasrar. Där tidigare CO₂-lasertillverkare som Coherent, SpectraPhysics och PRC var marknadsledande för effekter över 1 kW, är det idag endast det senare företaget som fortsätter att vara en USA-tillverkare på denna effektnivå, om man bortser från den amerikanska divisionen av Trumpf. Däremot ökar Japan, genom

företag som Fanuc, Matsushita [Panasonic] och Mitsubishi sin marknadsandel beträffande högeffekt CO₂-lasrar till 26%, och tillverkare som Trumpf, RofinSinar och Bystronic ökade den europeiska andelen av CO₂-lasrar till 41% av världsmarknaden. Därmed är det endast inom fiberlaserområdet som USA håller en världsledande position [Fig. 3b].

I termer av installationer av lasersystem faller Nordamerika ner till en tredje plats med ungefär 24% av det totala antalet "world-wide". Den starka utvecklingen i Asien, och då inte minst i Kina som hade en 40%-ig ökning av laserinstallationer under 2007, är skälet till att denna region hamnar överst på listan med 37% av de nya lasersystemen tätt följt av Europa med 34% [Fig. 4]. Med dessa siffror kan det vara lätt att tolka det som att den amerikanska lasermarknaden är en vikande marknad, men om man studerar de ekonomiska rapporterna för 2007 från företag som Coherent, Newport/SpectraPhysics, IPG, Excel, JDSU och ESI kan man konstatera att deras inkomster från sålda lasersystem ligger tämligen konstant över tiden. Realiteten är att tillväxten i Asien, och då speciellt i Kina, är det huvudsakliga skälet till den förändring i marknadsandelar som kan skönjas. Lägg därtill återhämtningen inom den japanska industrin så är det förståeligt att den amerikanska marknadsandelen för

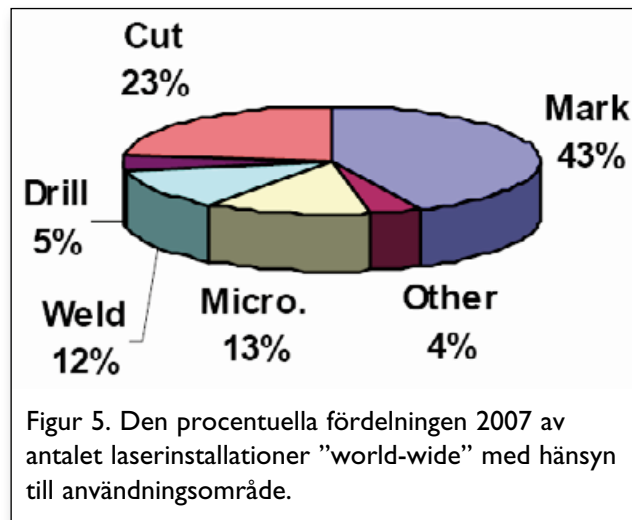


Figur 4. Den procentuella fördelningen 2007 av antalet laserinstallationer "world-wide".

lasersystem har minskat. En annan anledning som kan ligga våra amerikanska vänner i fatet är att marknaden i USA, i jämförelse med andra regioner i världen, är förhållandevis öppen och lätt att konkurrera på. Leverantörer till den nordamerikanska marknaden uppskattar självklart detta och många har därför etablerat tillverkning i USA, i vissa fall genom att förvärva inhemska företag och kombinera detta med en aggressiv marknadsföring.

Som framgår av figur 5 är lasermärkning det dominerande användningsområdet för lasertechnik i världen, och en liknande situation föreligger i USA. Här används företrädesvis olika typer av kristallasrar hos en mångfald olika företag, där skälen till lasermärkning antingen drivs av lagkrav eller för att möta behov av spårbarhet. Sålunda måste leverantörer till försvarsindustrin lasermärka varje produkt med en obligatorisk streckkod. Vissa biltillverkare kräver att kritiska komponenter, som exempelvis airbagutlösare, skall vara lasermärkta ur spårbarhetssynpunkt. Som en konsekvens av detta finns idag ungefär 50 företag i USA som tillverkar och tillhandahåller produkter för lasermärkning. Av dessa är cirka en tredjedel utländska företag med produktion i USA. Produkterna inkluderar CO₂- excimer- och SS [Solid State] lasrar, där de senare utgörs av såväl lamp- som diodpumpade kristallasrar samt fiberlasrar. Lasrar och lasersystem för gravering tillhandahålls av 32 företag, varav nio enbart tillhandahåller CO₂-system för gravyr av gåvor och prisplaketter. Lasersystem för just märkning och gravering har haft en tvåsiffrig årlig tillväxt i USA under senare tid p.g.a. ökande krav på säkerhet och spårbarhet.

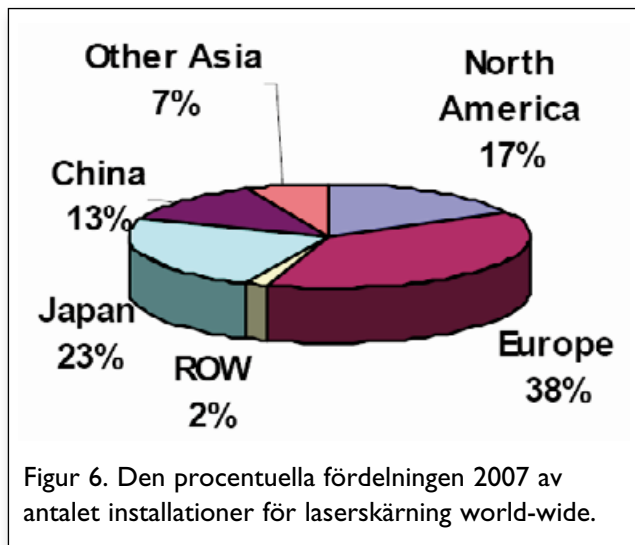
Laserskärning av metaller är den största, i termer av investeringskostnader för dylika system, av alla industriella laserapplikationer. "World-wide" installerades för nästan tre miljarder dollars i sådana utrustningar förra året. Den nordamerikanska andelen av laserskärningsmarknaden är drygt 500 miljoner dollars eller 17%. Tidigare år har denna andel varit så hög som 30%, men eftersom världsmarknaden ökat, främst beroende på en expanderande försäljning i Asien, har den amerikanska andelen sjunkit [Fig. 6]. Sedan 1990, som var det första året som uppvisade en avsevärd ökning inom området planskärning, har den genomsnittliga årliga tillväxten "world-wide" legat på 5,6%, med motsvarande siffror för Nordamerika på 8,6% och Europa, som "toppar", med 10,7%. S.k. "job shops" och företag som utför legoarbeten utgör mellan 60 och 75% av de planskärande företagen i Nordamerika, en siffra som väl överensstämmer med den för Europa. Av en uppskattad siffra på 11.000 dylika lasersystem som installerats i Nordamerika sedan 1990



skedde 72% av dessa i den nämnda typen av företag. Emellertid tycks marknaden för "job shops" inte alls att vara lika mättad som i Väst Europa. Därför ser lasertillverkarna positivt på den tillväxtpotential som kan förväntas inom de närmaste åren, dels genom etableringen av helt nya "job shops" i exempelvis Mexico, dels genom att företag som idag arbetar med lasrar utökar sin maskinpark.

USA har sedan länge varit den ledande aktören inom lasermikrobearbetning. Det var här som lasersvetsning av komponenter till elektronikindustrin tog sin början under 1970-talet, en verksamhet som nu emellertid helt domineras av Asien. Då halvledarindustrin flyttade dit följde många av laserapplikationerna med, men USA har förblivit något av ett provningslaboratorium för ny halvledar- och mikroprocessorteknik, varför leverantörer av kristall- och excimerlasrar ser ljus på framtiden. Den del av mikrobearbetningen som handlar om applikationer inom medicin, tandvård och kirurgi utgör fortfarande en stark del i USAs ekonomi, och här handlar det idag mycket om att kunna ställa preventiva, tidiga diagnoser varför en ökad miniaturisering av produkter inom dessa områden är antagbar. Laserskärning av ersättningsblodkärl har varit och tycks förbli en stor produkt, men en möjlighet för fiberlasern att göra sig gällande inom området kan vara vid tillverkning av andra implantat och medicinartiklar som kateter och sonder. Dessa komponenter tillverkas idag främst med hjälp av kristallasrar av lite olika våglängder och i viss omfattning även med excimerlasrar.

Den totala svetssektorn uppvisar en långsam årlig tillväxt mycket beroende på att den är så omfattande. Om ett uppsving skall ske beträffande lasersvetsning krävs att nya produkter kommer på marknaden, t.ex. att personbilar designas på ett helt annorlunda sätt än idag. Emellertid är denna bransch tämligen enkelriktad! Plåtqualiteterna må skilja men komponenter



som dörrar och golvpaneler ser i stort sett likadana ut varhelst man kommer i världen. Ämnesskarvning är dock en etablerad teknik för att skräddarsy karossidor, dörrar, A- och B-stolpar etc., och denna sektor kommer att växa. Trenden här är att företag som sysslar med denna form av Tailored Welded Blanks [TWB] kommer att lokaliseras närmare slutanvändarens sammansättningsfabrik. Ytterligare lasersvetsning inom flyg- och bilindustrin kommer att bli en realitet först sedan tillverkarna av dessa produkter implementerar en ny design- och konstruktionsfilosofi. Lasersvetsning av instrument för medicintekniska produkter är ett annat område av intresse i USA. Härmed kan antalet lågeffekt kristallasrar förväntas växa inom de närmaste åren, i en bransch där prognosen är positiv men tillväxten begränsad. Sammantaget kan man säga att lasersvetsning även i fortsättningen kommer att ha en underordnad roll och begränsad användning inom amerikansk verkstadsindustri.

Då mindre industrialiserade nationer ökar sin användning av lasrar för materialbearbetning kommer marknadsandelarna för de mer etablerade laserregionerna av förklarliga skäl att minska. Ett exempel på detta idag är Nordamerika som har förlorat marknadsandelar till främst Asien, och som gjort att Asien idag är världsledande då det gäller industriell laseranvändning. Emellertid kvarstår USA som en stark marknad för lasersystem inom områdena märkning, skärning och mikrobearbetning. Nordamerika, med en växande marknad i Mexico och en dito stabil i Canada, är fortfarande en attraktiv marknad, och ett bevis på detta är etablerandet där av många utländska laserleverantörer. Dollarns svaga valutakurs har bidragit till att stärka amerikanska lasertillverkares konkurrenskraft på världsmarknaden, och med marknadsledande företag som IPG Photonics, Coherent, Newport och Excel förblir de industriella laseraktiviteterna i USA starka. 🌟

15 kW fiberlaser lyser

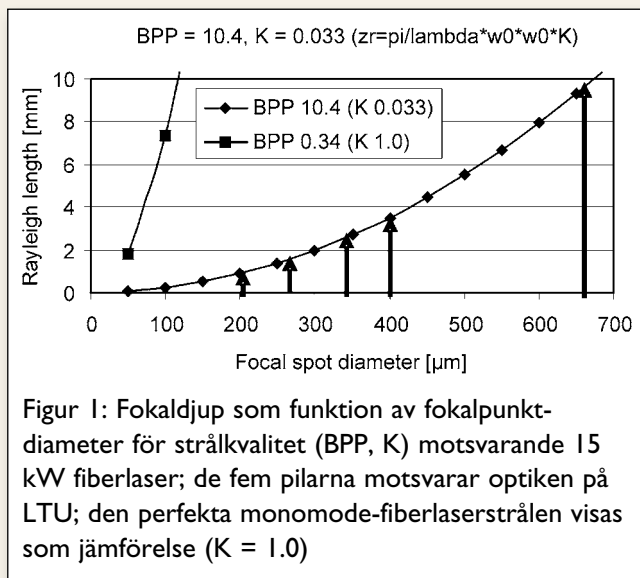
Om de första försöken och erfarenheterna av den nya 15 kW fiberlasern på LTU – och en ung klassiker

av Alexander Kaplan,
Luleå tekniska universitet

Tisdagen den 20 maj 2008 slogs LTU:s nya 15 kW fiberlaser på för första gången. Som berättat i tidigare Lasernytt har LTU fått 12 mkr finansiering från Knut och Alice Wallenbergstiftelsen för en 15 kW fiberlaser. Efter BAM i Berlin (20 kW) den andra mest kraftfulla fiberlasern installerad i världen (dessutom har tillverkaren IPG Laser emellertid en 30 kW fiberlaser i deras lab i Tyskland).

Om specifikationer skrev vi tidigare. Nämnvärt från installationen är att strålparameterprodukten (Beam Parameter Product, BPP, dvs. strålkvalitet eller fokuserbarhet) håller sitt krav med 10.4 mm·mrad (garanterad är BPP < 12 mm·mrad). Dessutom är ju emellertid välkänt att den termiska fokalkpunktförskjutningen (genom uppvärmning av lins och andra optiska element) är en viktig osäkerhet att beakta. Den är effekt-, tids- och optikberoende.

Under provning av 15 kW lasern hos IPG i mars med deras optik vandrade fokalkpunkt 2.5 mm när man ökade stråleffekt från 1 kW till 15 kW (extrapolerad, laserstrålen i fokus kunde bara mätas upp till 10 kW). På LTU med LTU:s optik (Precitec) blev det bara 1.5 mm när man ökar från 1 kW (vi provade stegvis) till 15 kW. Så åtminstone är man medveten om storleksordningen, fast det okontrollerade fokalskiftet är fortfarande ett huvudproblem för de nya högeffektlasarna. Dock visar trenden att det minskar genom förbättrade optikkonstruktioner. Dessutom kan det rapporteras från installationen att hanterbarhet



av den nya lasern är bra och enkelt. Och en total verkningsgrad på över 30% känns jättebra.

En "klassiker"

Förutom den termiska fokalpunktsförskjutning finns det en till aspekt som är ett välkänt huvudproblem för fiberlasern: optisk förstöring av utgångsfibern, genom "back reflections". Det kan redan nu kallas en klassiker hur vi blev konfronterad med den problematiken! Första dagen när vi körde försök förstördes fibern! Det tog bara några timmar. Vi började svetsa 2 mm och sedan 8 mm tjock rostfritt stål först med lägre effekt och så småningom mot max. effekt. Min arbetskamrat Greger tvekade lite att gå så snabbt upp till max effekt, men jag kände att det var dags att få uppleva det. Första svetsen med 15 kW gick bra, den andra dödade fibern precis när svetsen började gå genom 8 mm provbiten. Andra körning med 15 kW – fiber död. En klassiker! (vi på universitet har det lättare att se det med humor eftersom det har inte så dyra konsekvenser som en produktionsfördröjning i industrin.....) Larm för "back reflection" hade kommit flera gånger och avgjorde tillslut. Även om vi hade en ganska försiktig försöksupställning och vi lutade optiken (7 grader).

Historien slutade med att IPG har ansträngt sig att snabbt tillverka (!) och installera en ny fiber (dvs. på plats "splicing" av den inre fibern till utgångsfibern). Vi insisterade på att vi upprepa samma experiment när servicekillen från IPG stor breddvid – och den här gången gick allt bra! Sedan dess funkar laser utmärkt och förmodligen hade den ursprungliga fiber någon defekt från början.

Nu ska det här inte låta negativt. Vi har ju redan använt lasern för ett rad intressanta experiment, bl.a. skapat intressanta höghastighetsfilmer t. ex. (läs om det i den andra artikeln om LTU i Lasernytt). Allvarlig talat ser vi som universitetet som en viktig roll att vi kan utmanar dagens möjligheter och gränser med de nya högeffekt-laserna. Vi vill helt enkelt visa och demonstrera för svensk industri hur läget är, så att industrin kan fattar rätt beslut, speciellt rätt tidpunkt (t ex ang. mogenhet, trygghet) för investeringar.

Många (positiva och negativa) applikationsaspekter och resultat blir förresten representativa för en skivlaser också. För den urkopplade (efter fibern) och speciellt för den fokuserade strålen (vårt verktyg) gör det faktisk ingen skillnad om den nu har kommit från en fiber- eller skivlaser.

Dessutom har vi än så länge bara kört lasersvetsning och att inte all kringutrustning är ännu installerad. Förutom fokallängderna 150/200/250/300 mm har även en 500 mm optik köpts in för att ha tillräcklig fokaldjupet för väldigt tjock material. För 300 mm fokallängd (kollimator alltid 150 mm, dvs. fokusdiameter 400 μm) hamnar man på en Rayleigh-längd (fokaldjupet kring fokus) av ca. 4 mm, för 500 mm (fokusdiameter > 600 μm) blir det 8 mm, se figur 1. Dvs. lägger man fokus i materialet skulle väl rent optiskt lasern hålla sin fokus kring 15-20 mm, en tjocklek som är tänkbart att kunna svetsa/skära också ur effektens perspektiv.

Jag avslutar med att konstatera: (i) att det är skönt att lasern är i gång och att det gick så snabbt (mindre än 6 månader efter finansieringsbesked, trots offentlig upphandling), (ii) att det känns viktigt att från början konfrontera de olika svagheter (fokalpunktförskjutning, fiberdefekt), (iii) att det är högt intressant att observera att processbeteende kan visa nya fenomen, och (iv) att det är fascinerande hur liten, kompakt och lätt hanterbart lasern är – och hur lätt det känns att få ut 15 kW med hög strålkvalitet.

Välkommen att leka med vår nya laser! ☺



"Powering Innovation" var mottot för Trumpfs deltagande i EuroBlech och på 2600 m² visades nyheter under ledstjärnan "ökad produktivitet". Foto: K. Hermansson, Trumpf

Rapport från EuroBlech 2008

av Hubert Wilbs, Trumpf Maskin AB

Måndagen den 20 oktober träffades 30 förväntansfulla resenärer vid gaten på Köpenhamns flygplats för gemensam resa till EuroBlech i Hannover.

Tisdagen skulle det bli besök på mässan och klockan 09:30 började vi i Trumpfs monter med en guidad tur för tre grupper.

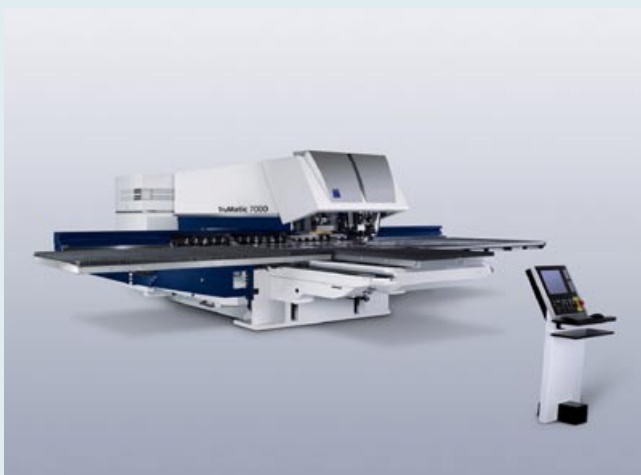
På 2600 kvm visade Trumpf nya och vidareutvecklade maskiner under mottot "Powering Innovation" med allt från stansning, kombibearbetning och bockning till 2D och 3D laserskärning samt svets-

ning. Varje division inom företaget presenterar nya spännande innovationer. Ledstjärnan inom produktutvecklingen är alltid ökad produktivitet i maskinerna.

Den nya kombimaskinen TruMatic 7000 var en god representant för innovationerna på mässan. Som en "high-end" maskin från TRUMPF erbjuder den prestanda som tidigare inte funnits inom kombibearbetning. Dessa hastigheter är möjliga tack vare bland annat att flygande optik introducerats på maskintypen. Med extra axlar i X- och Y-riktning kan skärhuvudet positioneras snabbt i ett stort område. Hög bearbetningshas-

tighet uppnås med simultan förflyttning med samtliga axlar. Den höga hastigheten är särskilt viktig vid bearbetning av detaljer med komplexa konturer. Ytterligare, en nykonstruerad laserfallucka reducerar tiden för detaljborttagningen avsevärt.

Med sin bearbetningskapacitet upp till 8 mm, 4 kW lasereffekt och den effektiva automatiseringen är TruMatic 7000 ett mycket intressant alternativ till en 2D LaserOnly maskin. Samtidigt som maskinen kan gänga, grada och försänka, detaljerna blir färdiga i ett moment! Vi hade för avsikt att investera i en ny laserskärmaskin men kommer



Trumpf TruMatic 7000 erbjuder unika prestanda för kombimaskiner. Foto: Trumpf



Trumpf TruLaserRobot med 3 kW disklasers är användbar för både svetsning och skärning. Foto: Trumpf

att ha kombimaskin som ett mycket intressant alternativ, som en av deltagarna sammanfattade sin bedömning av kombimaskinen.

Andra deltagare intresserade sig framför allt för möjligheterna med lasersvetsning och fokuserade sitt intresse på TruLaserRobot 5020. Den flexibla cellen visades med på mässan med en 3 kW Disklasers som gör det möjligt att använda cellen för såväl skärning, svetsning i 3D. Med optionen för pulverpåsvetsning finns även möjligheten att använda systemet för den än så länge nya processen laserpåsvetsning. På mässan visades påsvetsning med hjälp av en produktionsdetalj: funktionen av en skärskiva förbättrades genom påsvetsning av ett pulverlager med väsentligt förbättrade egenskaper än det relativt mjuka grundmaterialet.

Efter en ansträngande dag på mässan åkte den svenska delegationen tillbaka.

Efter sammanlagt fem intensiva mässtdagar sammanfattar Hubert Wilbs, VD TRUMPF Maskin AB

läget: 176 sålda maskiner på mässan, varav tre till Sverige. Vi är väldigt nöjda med det resultatet. Trots all negativ information i dagsläget tror vi och våra kunder på framtiden. ☺





Nya erfarenheter och bekantskaper då PICALO drog till Mittens Rike

Rapport från 3rd PICALO, Del 2.
Capital Hotel, Beijing, PRC, 16-18/4 2008



av Johnny K. Larsson. Volvo Cars

Industriella applikationer

Flygindustrin har ju tagit laserbearbetningen till sina hjärtan, något som belystes i ett antal presentationer vid PICALO-konferensen. Dr. Mo Naeem från GSI Lumonics [U.K.] visade på exempel för ett stort användningsområde, nämligen laserborrning av kylkanaler i turbinblad. Man hade använt företagets nya produkt JK300D, en diodpumpad Nd:YAG-laser på 300 W medeleffekt, 16 mm*mm radstrålkvalitet och stråldistribution via en 300 µm fiber [Fig. 20]. Lasern kan leverera pulseffekter kring 20 kW med pulslängder mellan 0,2-20 ms och med en frekvens på maximalt 1.000 Hz. Den pulsenergi som används vid denna typ av borrning ligger kring 35J och håldiametrarna är mellan 0,2-1,0 mm med en perfekt rundhet. Fines-

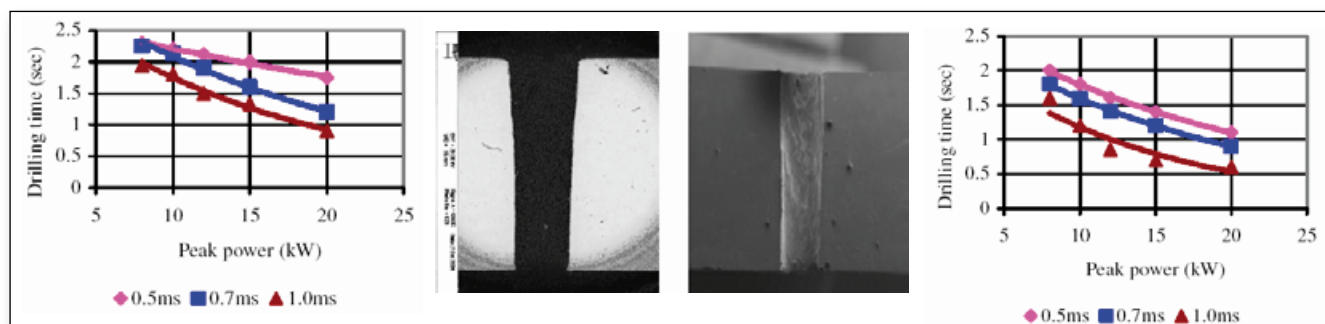
sen med laserborrning är att man kan borra hål som inte är vinkelräta mot ytan utan kan vara orienterade 10-30° i förhållande till den. Med JK300D-lasern klarar man att bearbeta maximalt 8 mm tjockt material, vilket i de här fallen rör sig om typiska "aerospace"-legeringar som CMXX4 och Haynes230. Normalt används syrgas med ett tryck kring 5 bar. Med den aktuella lasern är det också möjligt att penetrera s.k. TBC [Thermal Barrier Coatings]. Då använder man sig av Q-switch-teknik med pulstoppar kring 200 kW och pulsvidder på blott 100 ns.

Ett antal australiensare hade sökt sig till Beijing och PICALO, och en av dessa var Trevor Anderson från Jarvie Engineering Pty. Ltd. från Newcastle NSW [New South Wales]. Hans tema var laserpåläggning av extremt påkända detaljer i t.ex. gruvindustrin. Man använder

sig av en CO₂-laser från RoFinSinar [860HF] och en femaxlig portalrobot från Balliu [LCF6000] [Fig. 21]. Vidare ingår ett styrsystem från Siemens och en pulvermatningsenhet från Sulzer. Pulvret tillförs co-axiellt och bland de praktikexempel som visades kan nämnas:

- * Vevstakar i utrustningar för kolgruveindustrin vilka är utsatta för korrosion
- * Axlar i elektriska motorer som arbetar med korrosiva smörjmedel
- * Pumpmuffar av metallkomposit
- * Skovlar för lastning av kol
- * Borrkronor inom olje- och gasindustrin

Ytterligare ett intressant användningsområde var reparation av skarvar för järnvägsräls. Denna gjordes i form av påläggning med martensitiskt rostfritt stål [Fig. 22]. Varje lager var 1,4 mm tjockt och lades med 60% överlapp över den tidigare utförda



Figur 20. Jämförande borrarprestanda mellan GSI Lumonics tidigare modell JK704 (t.v.) och den nyutvecklade JK300D (t.h.)



Figur 21. Utrustningen för laserpåläggning hos Jarvie Engineering Pty. Ltd.: Femaxlig portalrobot, 5 kW CO₂-laser från RofinSinar, pulvermatare från Sulzer och styrsystem från Siemens.

strängen. På en sista fråga talade Mr. Anderson om att hans företag förbrukar 60 ton påläggningsmaterial av 20 olika typer under ett år.

Yanmin Li från GE [General Electric] China Research & Development Center Co. Ltd. i Shanghai [PRC] spann vidare på temat "laserpåläggning", som han kallade LNSM [Laser Net Shape Manufac-

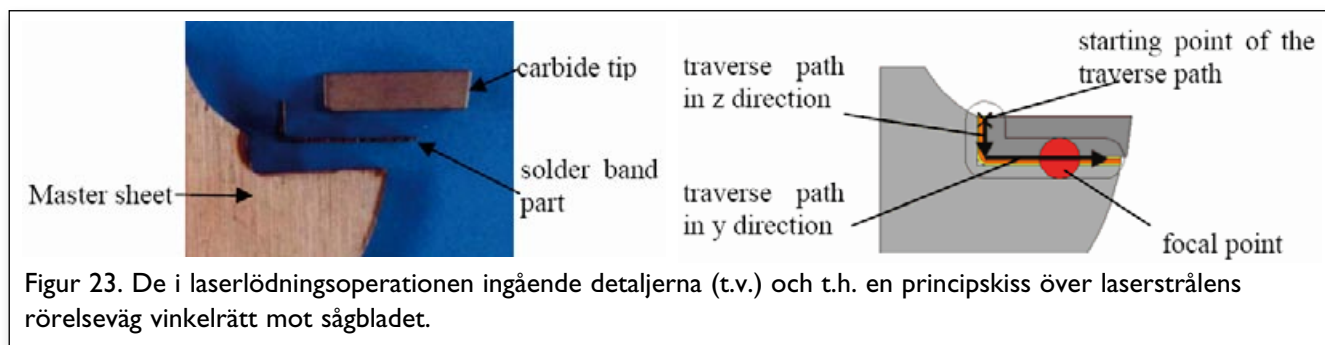
turing]. Ett problem när man bygger upp exempelvis rotorblad till flygplansmotorer med hjälp av denna teknik, med ett Nickel-baserat pulver, är att man får en överhettning i start- och stoppositionerna vilket leder till att materialuppbyggnaden blir oregelbunden. För att förbättra formnoggrannheten hade forskarna vid GE utvecklat en closed-loop

process [CLP], med vars hjälp man kunde kontrollera smältans storlek och därmed åstadkomma en 50 %-ig förbättring av toleransutfallet.

Att öka prestanda hos sågblad genom att utföra tänderna i ett slit-tåligt material som sedan med hjälp av laserteknik fogas till bladet är idag en vedertagen teknik. Dock finns tydligen ytterligare optimeringspotentialer, och ett förslag presenterades av Christian Stahlhut från LaserZentrum i Hannover [GER]. Hans angreppsmetod var att med en diodlaser och laserlödning fästa skärepparna till sågbladet. Bland de fördelar som nämndes var: reducerad tjocklek på sågbladet, ökad livslängd och ökad tangenthastighet, vilket innebär förhöjd produktivitet. Själva sågbladet är i materialet 75Cr1 och tänderna i karbider. Ett förformat och förplacerat kopparbaserat fluxmedel används och sedan löds varje sågtand på plats med 200 W lasereffekt vilket tar 2 sekunder [Fig. 23]. Induktionslödning är alternativet, men ger betydligt bredare värmepåverkad

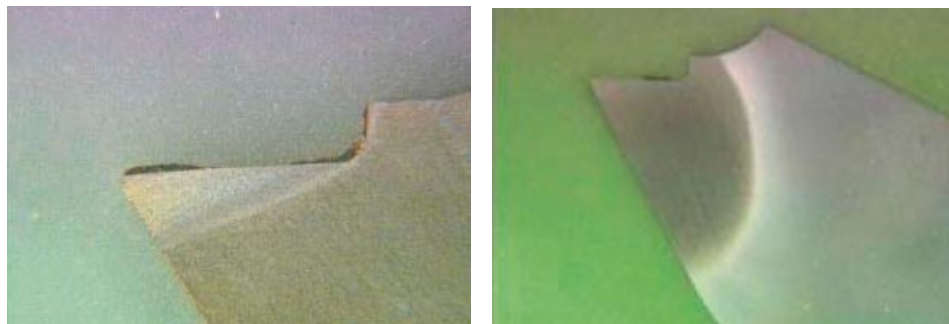


Figur 22. T.v. rälskarv på väg att falla och därpå efter reparation genom laserpåläggning medelst rostfritt martensitiskt pulver (431). Längst till höger en förstoring av smältzonen mellan det rostfria materialet och det induktionshårdade kolstålet (kolhalt 0,8%) i rälsen.



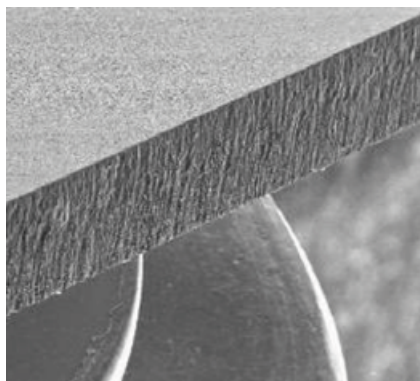
Figur 23. De i laserlödningen ingående detaljerna (t.v.) och t.h. en prinsipskiss över laserstrålens rörelseväg vinkelrätt mot sågbladet.

Figur 24. Olika utbredning av den värmepåverkade zonen vid laserlödning (närmast) och induktionslödning.



zon jämfört med laserlödning [Fig. 24]. Den senare metoden har också den fördelen att det inte sker någon hårdhetsökning i själva sågbladet, vilket minimerar risken för sprickuppkomst och därmed haverier.

Marknaden för solceller tycks vara enorm och bara i Kalifornien installeras årligen en miljon taksolfångare motsvarande ett värde av 3,3 miljarder dollar. Dessa solfångare byggs upp av tunna kiselbaserade plattor, och det var kring laserbearbetning-

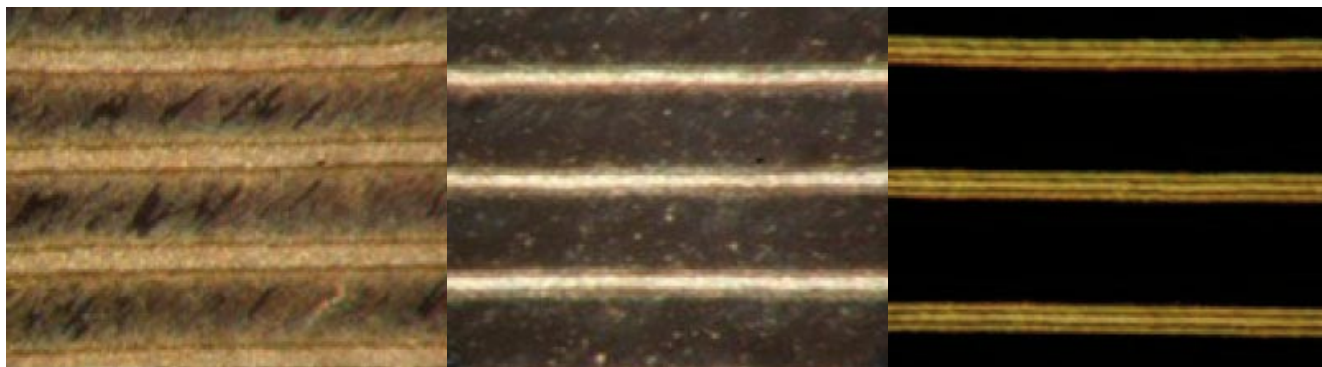


Figur 25. Typiskt laserskärsnitt för en 0,65 mm tjock kiselplatta. Denna är skuren med 200 W effekt från en SPI fiberlaser med en hastighet av 6 m/min.

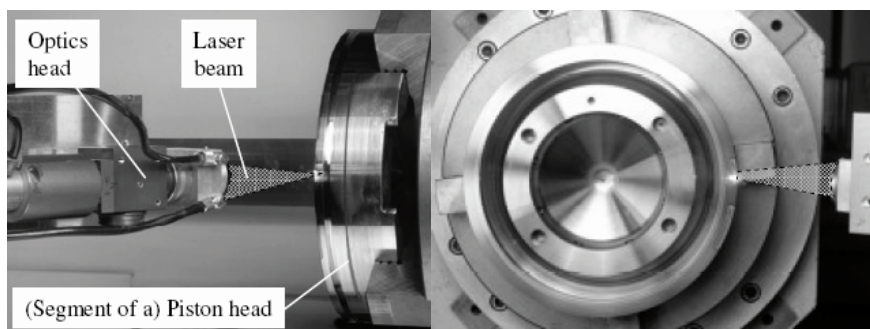
en av sådana som Jack Gabdzyl [SPI Lasers, Southampton, U.K.] berättade. Såväl skärning, borrarning som lödning med laser förekommer. Traditionellt anses våglängdsområdena 532 och 355 nm bäst lämpade för laserbearbetning av tunna filmer, men av förklarliga skäl menade den gode Jack att "det går lika bra med fiberlaser". Vid de försök han redogjorde för hade man haft en 20 W laserkälla som pulsats med en frekvens på 25 kHz. Därmed kunde man skära upp till 0,35 mm tjockt Si-material med en hastighet kring 6 m/min [Fig. 25]. Ett annat stort användningsområde för laserbearbetning inom detta område är gravyr, eller som amerikanerna säger "blind cutting". Med samma laser kunde man skapa 60 µm djupa och 50 µm breda spår i kiselplattorna med en hastighet på 1 m/s, och om dessa spår var blott 30 µm grunda klarades bearbetningen av med 4 meter per sekund. Detta gällde för en pulsfrekvens på 125 kHz, och de genomförda experimenten visade tydligt på att frekvensen har en

avsevärd inverkan på graveringskvaliteten [Fig. 26]. Låg energitillförsel med hög pulsfrekvens tycks vara att rekommendera. Ett annat sätt att förbättra kvaliteten är att materialavverkningen sker genom att laserstrålen först får passera genom en glasskiva, som då samtidigt kan fungera som fixturplatta. Genom att laserstrålen inte tillåts att direkt träffa den tunna kiselfilmen får man en överlägsen kvalitet.

Under konferensens sista eftermiddag fick vi lyssna till ytterligare några industriella lasertillämpningar. Här började Martin Dahmen från Institut für Lasertechnik [ILT] i Aachen [GER] med att berätta om laserhårdning och laserupplegering av kolvar [Fig. 27] och cylinderfoder [Fig. 28] till lokomotivmotorer. Inom ett tyskt-kinesiskt samarbetsprojekt hade man härdat cylinderfoder i materialet GG25 med hjälp av en 900 W Nd:YAG-laser. Kraven på härddjup och hårdhet var 0,3 mm resp. 450-550 Vickers, vilket man klarade vid användandet av en brännfläck med 5 mm diameter.



Figur 26. Gravyrkvaliteten ökar med tilltagande pulsfrekvens. Fr.v. 65, 250 resp. 500 kHz. Processhastigheten ligger kring 1 m/s vid användning av en 20 W fiberlaser och en theta-lins med 163 mm brännvidd.



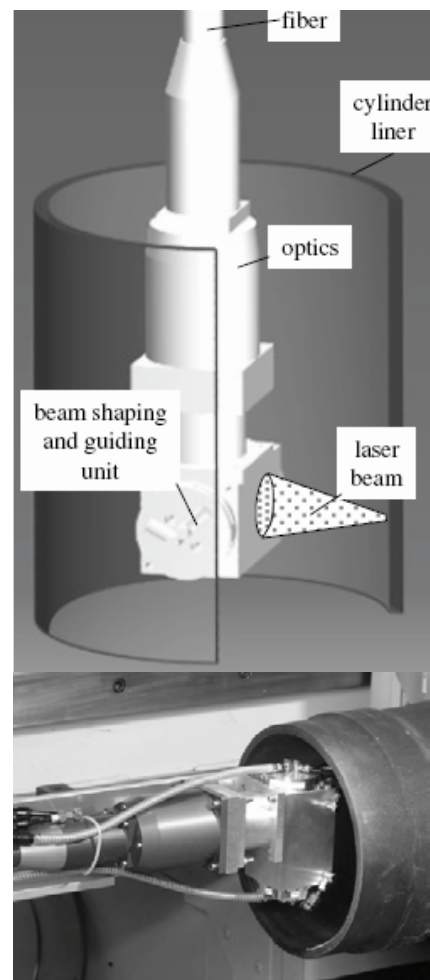
Figur 27. Försöksuppställning för omsmältning av kolvhuvuden med hjälp av en 900 W Nd:YAG-laser.

Annars menade Dr. Dahmen att bästa slitskyddet erhöles då man legerade upp cylinderytan med ett eutektiskt [CSiB] eller keramiskt pulver. Nackdelen med det senare förfarandet var att sprickkänsligheten ökar och att efterbearbetning i form av slipning ställer sig svårare. Därför är i dagsläget laserhårdning den rekommenderade metoden. Med denna kunde man också konstatera att små partiklar av Steadite löstes ut på ytan, vilka kommer att hjälpa till att bära en oljefilm och därför förbättra smörjningsförmågan. Kinainspirerade Dr. Dahmen avslutade med att säga att han dock ville avvakta pågående fältprov innan han kom med en slutlig rekommendation till bästa förfarande.

En ny bekantskap från ILT i Aachen [GER] var Dr. Ingomar Kelbassa, en specialist inom ämnet laserpåläggning, varför hans bidrag inte helt oväntat rörde sig om rekonditionering av turbinkomponenter med hjälp av LMD [Laser Metal Deposition]. Sålunda kan s.k. Blisks [Bladed Discs] repareras upp till 60%, eller 42 mm, av sin ursprungliga höjd med denna metod. SLM [Selected Laser Melting] är en metod som kan användas för tillverkning av ersättningsdetaljer. Här kopplas CAD [Computer Aided Design] -data till ett CNC [Computer Numerical Control] -program, vilket gör denna tillverkningsmetod mycket tids- och kostnadseffektiv vid reparationer [Fig.

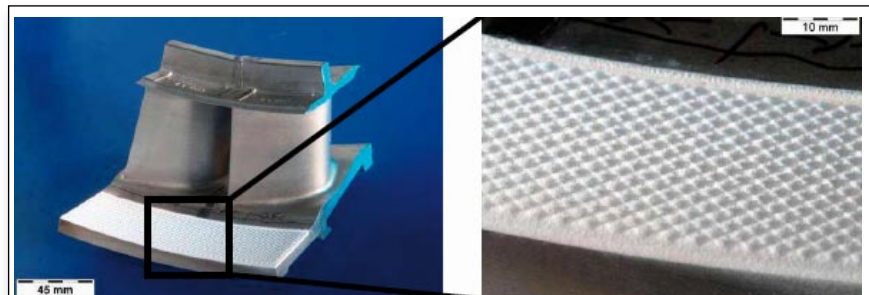
29]. I och med laserkällornas förbättrade strålkvalitet är det numera partikelstorleken hos pulvret som är den begränsande faktorn beträffande hur stor formnoggrannhet som kan uppnås. Försök hade gjorts med typiska "aerospace"-material som Inconel718 och Ti6Al4V och Fe- eller Ti-baserat pulver. Undersökningsparametrarna omfattade lasereffekt, pulvertillförselhastighet samt olika skyddsgasarrangemang och -tryck. Efter påläggning nödgas man ta till en värmebehandling, eller som Dr. Kelbassa valde att kalla det en åldringsprocess, för att lösa ut inbyggda spänningar.

Näste man "till rakning" var bekantingen från såväl NOLAMP som ICALEO förra året Steffen Bonns, som är något av laserhårdningsexperten vid IWS [Institut für Werkstoff und Strahltechnik] i Dresden [GER]. Här berättade Steffen om en kombinationsmaskin som bestod av svarvning med efterföljande laserhårdning [Fig. 30]. Hårdningen skedde med hjälp

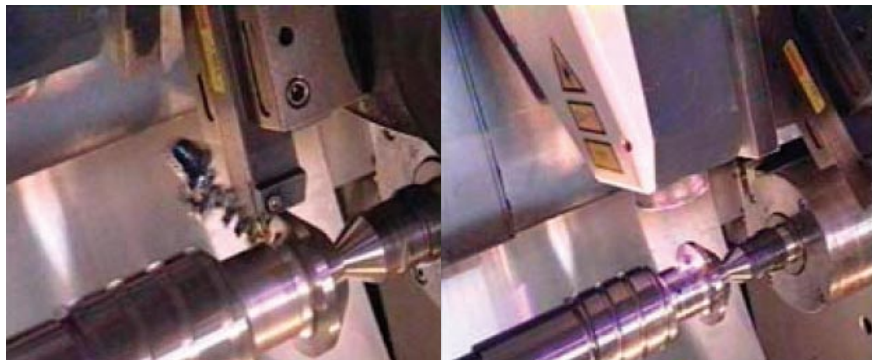


Figur 28. Principskiss och uppställning för laseromsältning inuti cylinderfoder.

av en diodlaser till ett djup kring 1,5 mm och med huvudsyfte att förbättra slitmotståndet. Just diodlaserarnas typiska våglängder [808, 914, 940 och 980 nm] har visat sig ha goda absorptionsegenskaper gentemot metalliska material och är därför högst lämpade för laserhårdning. Erfarenheterna visar att en bra tumregel är att man får cirka 10



Figur 29. Reparationsdetalj för ett rotorblad till en högtrycksturbin. T.v. datamodellen och t.h. den fysiska detaljen uppbyggd i Rene80 med hjälp av SLM (Selected Laser Melting).



Figur 30. Kombinationsmaskin för svarvning (t.v) med efterföljande laserhårdning (t.h.).



Figur 31. Laserhårdning av ett pressverktyg för en karosseridetalj. Med en "scannad" laserstråle åstadkoms 22 mm breda hårdspår.

mm hårdbredd per kW lasereffekt. Några praktikfall där den ovan nämnda kombinationsmaskinen hade använts beskrivs, däribland laserhårdning av ett pressverktyg med 4 kW diodlasereffekt [Fig. 31]. För att erhålla en jämn hårdning hade det hos IWS utvecklade effektövervakningssystemet LOMPOC-

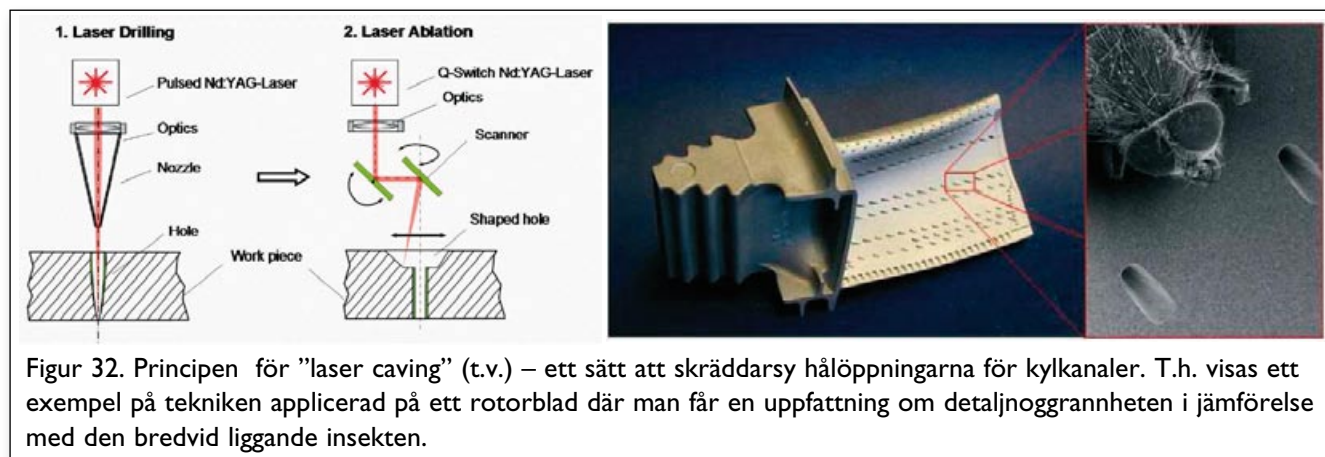
PRO använts. Avslutningsvis kunde den gode Steffen konstatera att man får en effektivare laserhårdning om den görs i luft, hellre än i någon skyddsgasatmosfär, pga. förekomsten av ytoxider.

Karl-Hermann Richter från MTU Aero Engines [München, GER] gav en uppskattad föreläsning kring

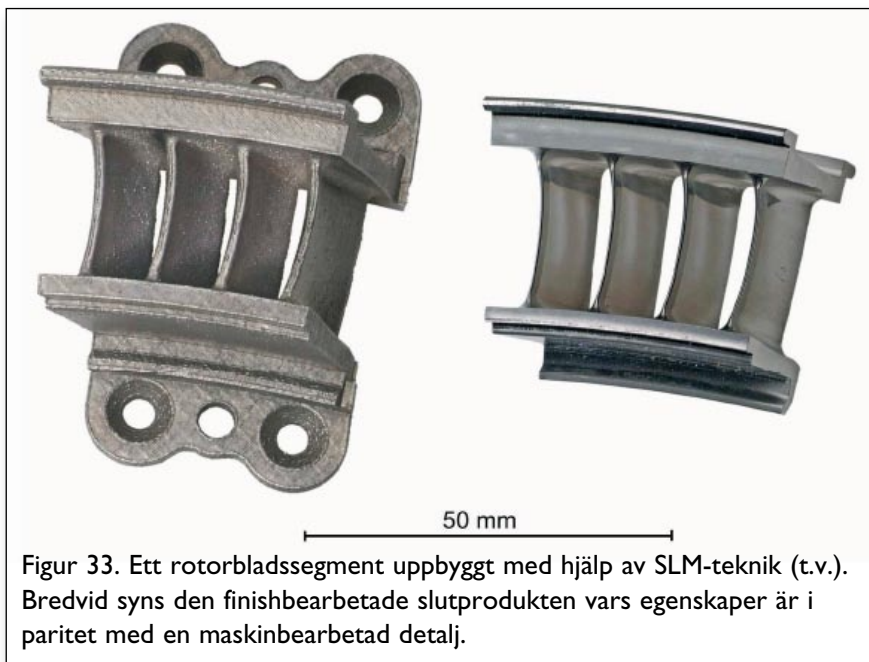
användandet av laserbearbetning inom flygindustrin. Vid tillverkning av motorer fördelar sig laserns användningsområden som följer:

- 43% Borrar
- 24% Märkning
- 19% Påläggning
- 9% Skärning
- 5% Svetsning

Som synes är borrar det dominerande användningsområdet och ett högtrycksturbinblad [HPT = High-Pressure Turbine] kan innehålla mellan 500-600 precisionsborrade hål för kylkanaler. För att göra kylningen ännu effektivare har man nu introducerat en teknik benämnd "laser caving", där man kan säga att man skräddarsyr hålens öppningar genom att lokalt avverka något mera material [Fig. 32]. Denna process utförs med hjälp av en Q-switchad laser och en "scanner"-enhet. Det användningsområde, inom vilket den största tillväxten förväntades ske, är enligt Dr. Richter inom SLM. Här rör det sig inte bara om att använda denna process i reparations syfte utan även för serietillverkning av vissa komplexa detaljer. Sålunda hade det visat sig att rotorblad eller s.k. "blisks" helt uppbyggda med SLM-teknik uppvisar samma egenskaper som dito maskinbearbetade [Fig. 33]. Det senare exemplet är ett resultat genererat inom forskningsprojektet FLEX-ILAS vilket är finansierat av BMBF [Bundesminis-



Figur 32. Principen för "laser caving" (t.v.) – ett sätt att skräddarsy hålöppningarna för kylkanaler. T.h. visas ett exempel på tekniken applicerad på ett rotorblad där man får en uppfattning om detaljnoggrannheten i jämförelse med den bredvid liggande insekten.



terium für Bildung und Forschung].

Laserverktyg

Uppfinningsrikedomen då det gäller att utveckla och förbättra laserverktyg illustrerades med många exempel vid PICALO-konferensen. Juan Pou från University of Vigo i Spanien presenterade ett s.k. "supersonic" skärverktyg. Skyddsgasen tillförs från sidan med ett optimalt tryck kring 8 bar, men utloppsmunstycket är monterat direkt på skärhuvudet, vilket garanterar konstanta förhållanden för skyddsgastillförseln vid tredimensionell skärning. Dock finns vissa begränsningar med denna uppställning då det gäller att skära mycket små radier. Dr Pou visade på

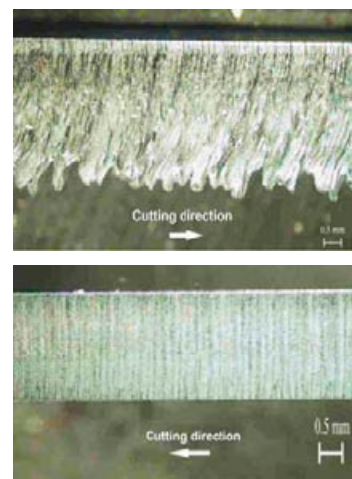
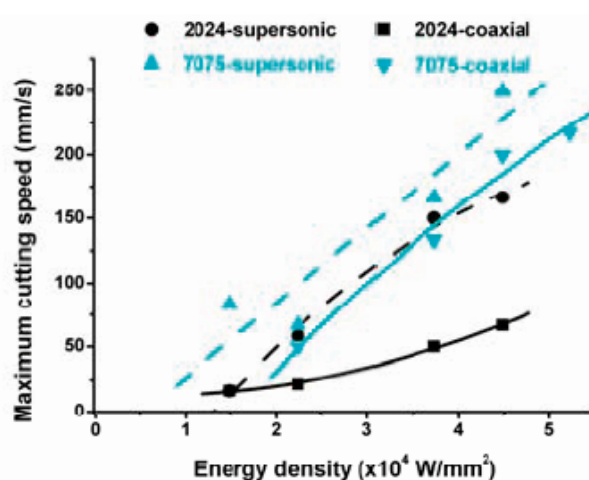
framgångsrika, helt slaggfria skärnsnitt i keramer genomförda med en DC035-laser från RofinSinar, men merparten av försöken hade gjorts på för flygindustrin typiska aluminiumlegeringar som AA2024-T3 och AA7075-T6 [Fig. 34]. Problemen vid konventionell laserskärning av dessa legeringstyper är att man får ojämna skärtytor och mycket slagg, vilket kan leda till utmattningsskador i de skurna detaljerna. Med det nu utvecklade "överljudsverktyget" hade det gått att skära 3 mm tjockt aluminium helt slaggfritt med en hastighet kring 4 m/min. Även det faktum att sträckenergin blir 7 gånger lägre p.g.a. skyddsgasens kylande effekt har en positiv inverkan då det inne-

bär en minimal påverkan på grundmaterialet.

Professor Eckhard Beyer visade de senaste tillskotten vad gäller laserverktyg från IWS avsedda att användas vid laserpåläggning med Stellite. Både det s.k. Coax11-verktyget som "FLEXILAS" bygger på ko-axial tillförsel av tillsatsmaterial. I det förstnämnda fallet används ett rektangulärt utformat munstycke vilket möjliggör deponering av pulvermängder kring 9 kilo per timme vid användning av en 6 kW diodlaser. Vad gäller FLEXILAS-verktyget har laserstrålen delats upp i tre utgångar i själva munstycket, vilka då omger en centriskt matad tillsatsstråd med en diameter mellan 0,6-1,2 mm. Hurrysan@-verktyget är framtaget för skärning "on-the-fly" med ett robotburet "scanner"-verktyg. Med hjälp av en 3 kW fiberlaser har man skurit 0,7 mm tjock rostfri plåt med 31 m/min, och vid foliesvetsning av rostfritt i tjocklekarna 500, 200 och 100 μm har man uppnått de imponerande hastigheterna 45, 105 resp. 220 m/min!

Påläggning med hjälp av laser tycks vara på stark industriell frammarsch, något som adresserades av Ingomar Kelbassa från Institut für Lasertechnik, Aachen [GER]. Även här är flygindustrin en stor användare av laserteknik där laserpåläggning eller "Laser Metal Deposition" främst används i reparationssyfte.

Figur 34. I diagrammet framgår den högre skärhastighet som högtrycksskärning med laser ger och som är mest uttalad för aluminiumlegeringen AA2024-T3. Längst t.h. snittkvaliteten i sagda legering utförd med koaxial skyddsgastillförsel överst och med extern högtrycksskärning underst.

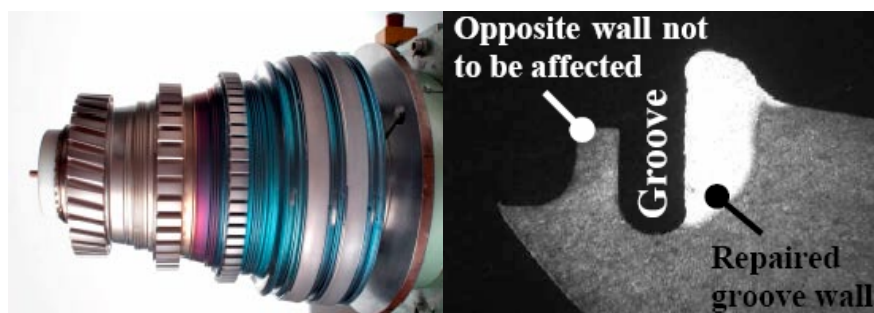


Tre huvudtyper av pulvermatning kan användas: externt, kontinuerligt ko-axialt och diskret ko-axialt. Nackdelen med kontinuerlig, ko-

axial pulvermatning är att verktyget kan lutats maximalt 10°. Dylika begränsningar finns inte med den diskreta matningen där pulvret

matas in från tre separata ställen, och där 90-95% av pulvret utnyttjas. I två europeiska projekt, FANTASIA och AWFORS, har laserpåläggning som reparationsmetod studerats i detalj för att kvalificera denna för flygindustrin. De material som kommer i fråga är Inconel718, Ti6Al4V, Ti6246, CMSX4 etc. Bland de praktikfall som visades av Dr. Kelbassa kan nämnas lokal reparation av HPT [High Pressure Turbines] [Fig. 35 a & b] och rekonditionering av turbinblad. En intressant applikation var den där man med "Selective Laser Melting" byggde upp en nätstruktur som ger bättre vidhäftning vid ytbeläggning av olika komponenter [Fig. 36]. De nämnda europaprojekten har lett till att Rolls Royce Aero Engines i Oberursel har tagit en Trumpf 1005-cell i drift där man idag reparerar 15 detaljer vilka är certifierade för laserpåläggning, och det kan här nämnas att holländska KLM har liknande faciliteter [Fig. 37].

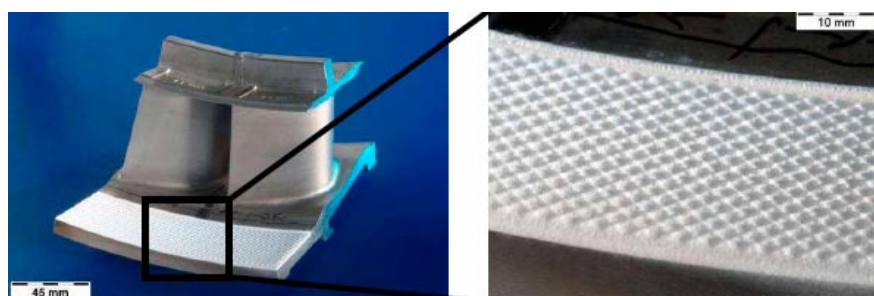
Att lyssna på Dr. Dirk Pettings, Institut für Lasertechnik, Aachen [GER], föredrag är alltid en angenäm upplevelse, och denna gång hade den gode Dirk valt att redogöra för försök utförda med olika, hos ILT, utvecklade processverktyg. Sålunda har man konstruerat ett integrerat verktyg för laserhybridsvetsning, vilket tillåter en brantare [$\sim 15^\circ$]



Figur 35a. En HPT-rotor med ett tvärsnitt genom den reparerade rillan t.h.



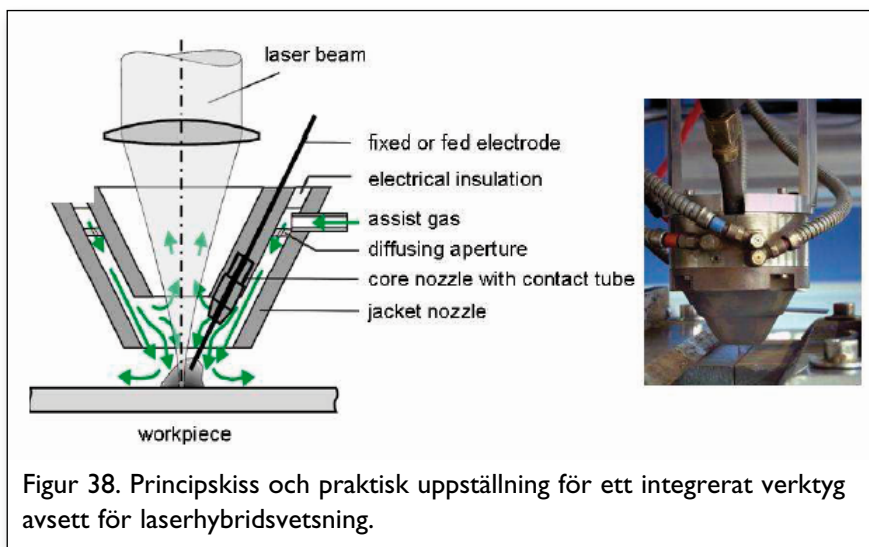
Figur 35b. Ett HPT-hus med en detalj av den reparerade flänsen t.h.



Figur 36. En nätstruktur uppbyggd med SLM på en HPT-styrvinge [NGV = Nozzle Guide Vane], vilken förbättrar vidhäftningen för den därpå pålagda TBC:n [Thermal Barrier Coating].



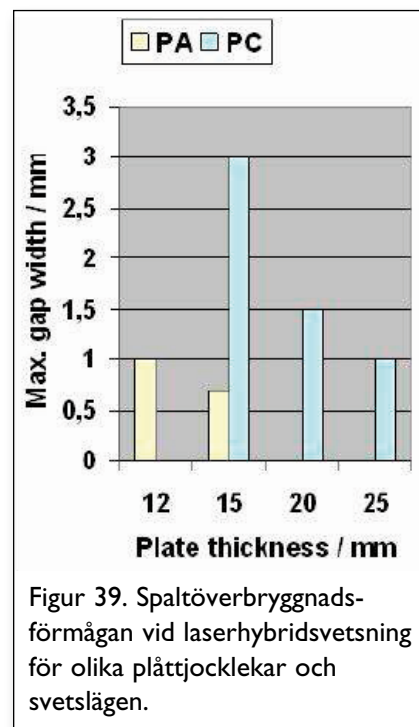
Figur 37. LMD-maskiner för reparation av flygmotorkomponenter hos Rolls Royce Aero Engines t.v. och KLM t.h.



Figur 38. Principskiss och praktisk uppställning för ett integrerat verktyg avsett för laserhybridsvetsning.

inmatning av tillsatsstråden [Fig. 38]. Detta verktyg hade använts vid hybridsvetsning av tunnplåt kring 1 mm tjocklek där en hastighet på 14,4 m/min hade uppnåtts. Vidare hade spaltöverbryggnadsförmågan vid svetsning av grövre material studerats. Dr. Petring har för övrigt utvecklat en teoretisk algoritm som gör det möjligt att beräkna vilken mängd nedsmält tillsatsmaterial som krävs för att fylla ut en viss spaltstorlek. De här genomförda försöken gav vid handen att spaltöverbryggnadsförmågan är större i PC-läge än i PA-läge [Fig. 39]. Vidare hade man kunnat konstatera att vid spalter större än 3 mm har man ingen större nytta av hybrideffekten utan lasern kan helt enkelt stängas

av. En annan ILT-uppfinning är den s.k. Dual-MAG-processen avsedd för stumfogssvetsning av extremt tjockt gods. Här använder man en vanlig laserhybridprocess på ena sidan, men kompletterar denna med en extra MAG-pistol på motsidan. Med en dylik uppställning hade man svetsat 30 mm tjock stålplåt med en "sträng" nyttjande en 20 kW laser och med en framföringshastighet på 0,8 m/min. Dirk avslutade med att beskriva sitt speciella "skötebarn", das Kombi-Kopf, numera kommersiellt marknadsfört av företaget LASERFACT. Detta verktyg kan användas för såväl skärning som svetsning med hjälp av variabel och i munstycket integrerad skyddsgastillförsel [Fig. 40]. Vid skärning

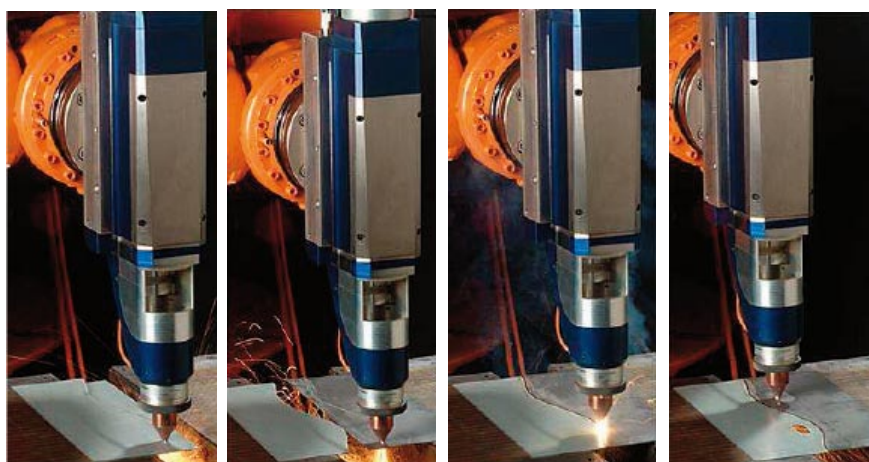


Figur 39. Spaltöverbryggnadsförmågan vid laserhybridsvetsning för olika plåttjocklekar och svetslägen.

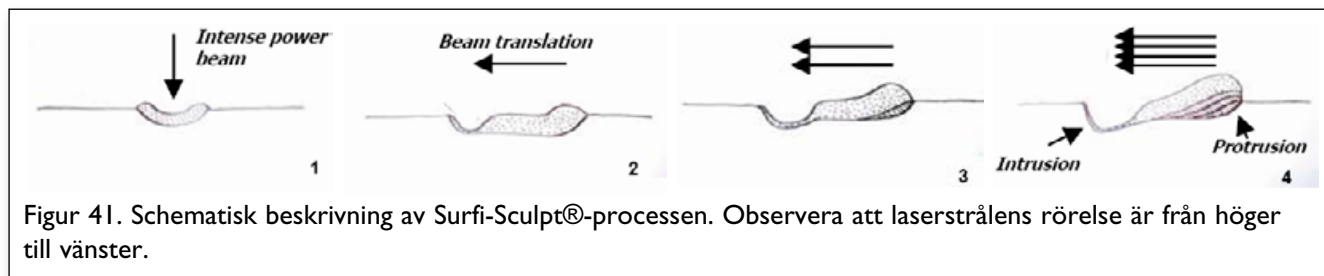
används ett högt skyddsgasflöde och vid svetsning ett betydligt lägre sådant. Verktöget har därför en "öppen" geometri med en cross-jet placerad mellan munstycket och fokuseringsoptiken.

Avancerad och annorlunda laseranvändning

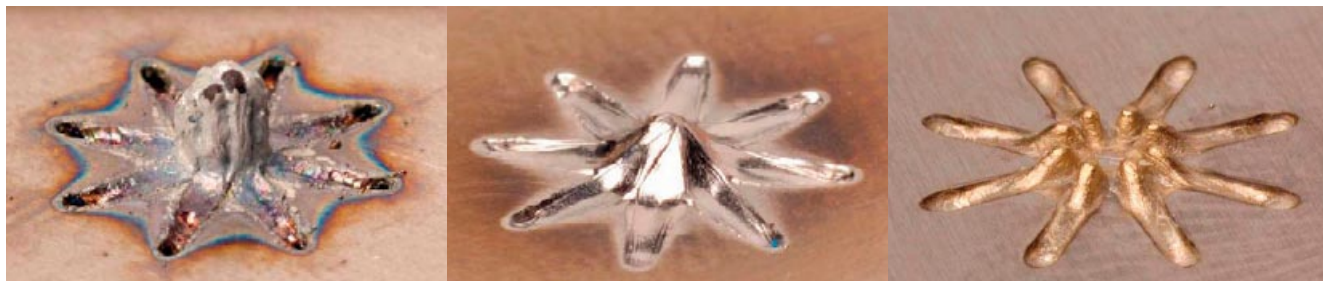
Till gruppen innovativ och avancerad laseranvändning måste man hänföra Surfi-Sculpt®-processen utvecklad vid TWI [The Welding Institute, Cambridge, U.K.] och här på PICALO presenterad av genuine engelsmannen Dr. Paul Hilton. Surfi-Sculpt® handlar om att bygga upp strukturer med hjälp av "scanner"-teknik. Man kan bearbeta såväl metaller, polymerer som keramer med denna teknik som tidigare demonstrerats med elektronstråle. Som ett resultat av ångtryck, ytspänning och viskositet kan material flyttas från det ställe där strålförflyttningen upphör till det ställe där den infallande laserstrålen träffar [Fig. 41]. Genom att med galvo-speglarna repetera detta förfarande kan upp till 5 millimeter höga strukturer byggas idag. Som fallet är vid alla former av "scanning"-teknik krävs en la-



Figur 40. Favorit i repris: Das "Kombi-kopf" här använt vid principstillverkning av s.k. olinjära TWBs [Tailored Welded Blanks]. De två bilderna närmast visar fogberedning, därpå stumsvetsning och längst t.h. slutgiltig precisionshålltagning.



Figur 41. Schematisk beskrivning av Surfi-Sculpt®-processen. Observera att laserstrålens rörelse är från höger till vänster.



Figur 42. Inverkan av skyddsgasatmosfär vid strukturuppbbyggnad i Titan; a) luft, b) vakuum och c) Argon. Den använda lasereffekten var 1 kW och med 10 stycken repetitioner per "arm" och 0,5 ms fördröjning mellan svepen tog det ungefär 1 sekund att fabricera en dylik "stjärna".

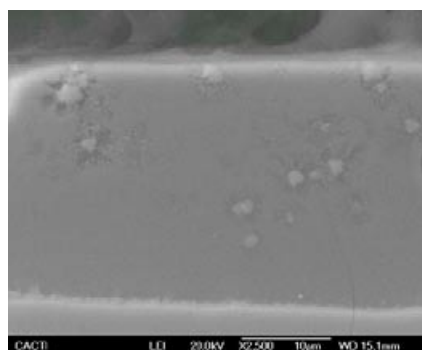
ser med hög strålkvalitet. Vid försöken hade man använt sig av en 8 kW disk laser från Trumpf och två 2 kW fiberlasrar från IPG respektive SPI. Fokuspunkten var i storleksordning omkring 300 μm . Olika skyddsgasmiljöer hade utvärderats och vid bearbetning av Titan och PP [polypropylen] gav Argon ett bättre resultat jämfört med luft [Fig. 42]. Bland praktiska tillämpningar nämnde den gode Paul: ortopediska implantat, fogning av kompositmaterial och värmeväxlare. En tänkbar intressant applikation rörde kärnreaktorer. För att skapa bättre fäste för den tre

mm tjocka slitbeläggningen av Wolfram som man lägger på de rostfria turbinbladen kan de senares yta ruggas upp med hjälp av den patenterade Surfi-Sculpt®-metoden.

Juan Pou [Universidad de Vigo, ES] beskrev ett exempel där man kan lösa två problemråden genom att ha ett holistiskt synsätt och att använda sig av lasertekniken. Tydligt är musselodlingar en storindustri i den del av Spanien som Juan kommer från, och "world-wide" produceras cirka 80.000 ton musslor per år. Skalen från dessa musslor har nu blivit ett miljöproblem vid deposition, men samtidigt visar de sig innehålla ett bioaktivt ämne, Bioglass®, som reagerar med det mänskliga skelettet. Dr. Pous idé var att belägga benimplantat med detta ämne, där man idag främst använder sig av kalciumkarbonatbaserade beläggningar för att förhindra infektioner. En dylik ytbeläggning med ett 30 μm tjockt skikt av Bioglass® hade framgångsrikt kunnat åstadkommas med hjälp av en 500 W Nd:YAG-laser. Man hade studerat inverkan av medeleffekt samt hur och med vilken hastighet det bioaktiva pulvret tillförts för att

finna de parametrar som gav den bästa vidhäftningsförmågan [Fig. 43].

En av konferensens allra sista presentationer hade den spännande titeln "Cactus Cleaning", och här fick vi ytterligare ett exempel på att det endast är fantasin som sätter begränsningar då det gäller att hitta nya applikationsområden för lasertekniken. Luis Ponce från CICATA-IPN [Altamira, Tamps, MEX] gav nämligen här en mycket uppskattad redogörelse för hur man med laseravverkning tar bort taggarna från kaktusblad. "Nopal" är en i Mexiko vanligt förekommande kaktustyp



Figur 43. SEM-bild [Scanning Electron Microscope] av ett tvärsnitt av pålagt Bioglass®-material. Använd laserenergi har varit 75 J/mm², framföringshastighet 0,45 mm/s och pulvermating 15 mg/s.



Figur 44. Nopaltzin II – en skräddarsydd lösning för "laserrengöring" av kaktusblad.

En av konferensens allra sista presentationer hade den spännande titeln "Cactus Cleaning", och här fick vi ytterligare ett exempel på att det endast är fantasin som sätter begränsningar då det gäller att hitta nya applikationsområden för lasertekniken.



Figur 45. Sekvensen för borttagning av kaktustaggar med laserpulser. T.v. utseendet innan laserbestrålning, därpå efter tre laserpulser och efter sex pulser har taggarna förångats.

med päronliknande frukter vilka konsumeras i en otrolig omfattning av 600.000 ton per år. Dessa frukter eller blad är mellan 10-15 cm långa och försedda med ett hundratal taggar vilka idag avlägsnas på manuell vis med kniv innan frukterna levereras till kunderna. I den utvecklade maskinen, som kallas Nopaltzin II [Fig. 44], görs en optisk avbildning av bladets form och taggarnas position. Denna information förmedlas till två "scanner"-enheter vardera kopplad till en 100 W Nd:YAG-laser. De två "scanner"-enheterna bearbetar därpå simultant bladets båda sidor genom att sex stycken 0,2 mm långa pulser med cirka 1 Joules energi skickas mot varje tagg som då förångas utan att resten av frukten tar någon skada [Fig. 45]. Med en fokuspunkt på 3 mm blir energitätheten vid denna selektiva avverkning 71 kW/cm². Fotoakustiska sensorer används vid processövervakningen och det tar 5-10 sekunder att rengöra ett kaktusblad från taggar, vilket innebär en produktionskapacitet på 80-100 kg/timme. Dr. Ponce avslutade med att berätta att man hittills har tillverkat tio Nopaltzin II-maskiner, men att man har ytterligare 200 i order, samt ett antal patentansökningar under handläggning.

TABELL 2. LASRAR MED SUPERMODULERINGSKAPABILITET

GSI Lumonics' produktprogram över Nd:YAG-lasrar med supermoduleringskapabilitet.

Lasertyp	Effekt (cw) [kW]	Effekt (puls) [kW]	Frekvens [Hz]	Fiberdiameter [μm]
JK400	0,4	0,8	100-1.000	400
JK500	0,5	1,0	100-1.000	600
JK800	0,8	1,6	100-1.000	400
JK1002	1,0	2,0	100-1.000	600
JK2003	2,0	4,0	100-1.000	600

Sammanfattning

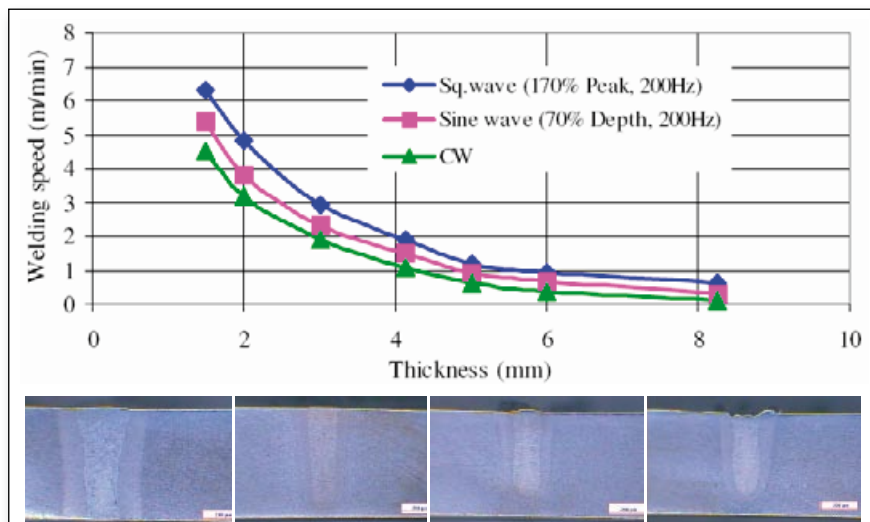
GSI Lumonics verkar vara "Back in Business" igen med ett antal intressanta högeffektalternativ byggda på supermodulerad pulsteknik [Tab. 2]. Pulstekniken förespråkas inte minst av min gamle vän Mo Naeem från just Lumonics, men även av Jack Gabdzył, vilken efter många anställningsår hos BOC Gases och egen verksamhet numera erbjuder SPI sina tjänster.

Dr. Naeem gav några högklassiga presentationer i vilka han redogjorde för olika försök som hade gjorts med GSI Lumonics JK2003-modell med 2 kW medeleffekt och 4 kW pulstoppar [Fig. 46]. Strålkvaliteten är 25 mm*mrad och försök hade gjorts på stålplåt med såväl cw-mode som sinus- och fyrkant-pulsmod i form av BOP [Bead-On-Plate] -svetsning. Laserstrålen hade fokuserats till en

diameter på 600 μm positionerad på plåtens toppyta. Olika puls-frekvenser hade undersökts liksom inverkan av skyddsgastyp. Pulsning med fyrkantform var den som gav bäst penetration, något som kan översättas med att denna teknik också medger en högre svetshastighet jämfört med cw-mode [Fig. 47 a & b]. Man kunde konstatera en 30-40%-ig ökning av penetra-



Figur 46. GSI Lumonics är tillbaka med några nya intressanta högeffektlasrar som JK2003-modellen ovan.

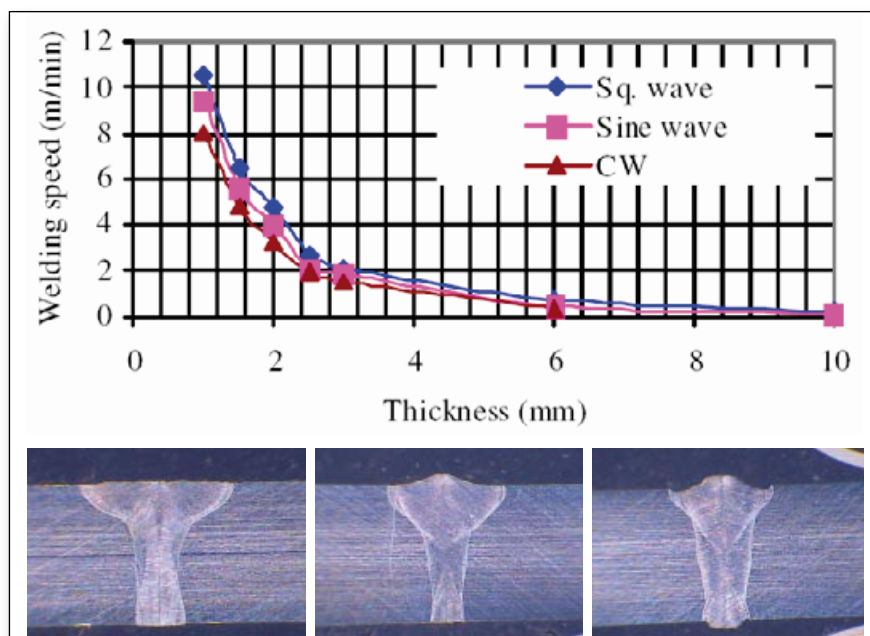


Figur 47a. Penetrationsförmågan vid olika svetshastigheter och strålmodes vid BOP-svetsning av lågkolhaltigt stål. Därunder tvärsnitt vid fyrkantmode och olika pulsfrekvenser 200, 400, 800 och 1.000 Hz (fr. v.).

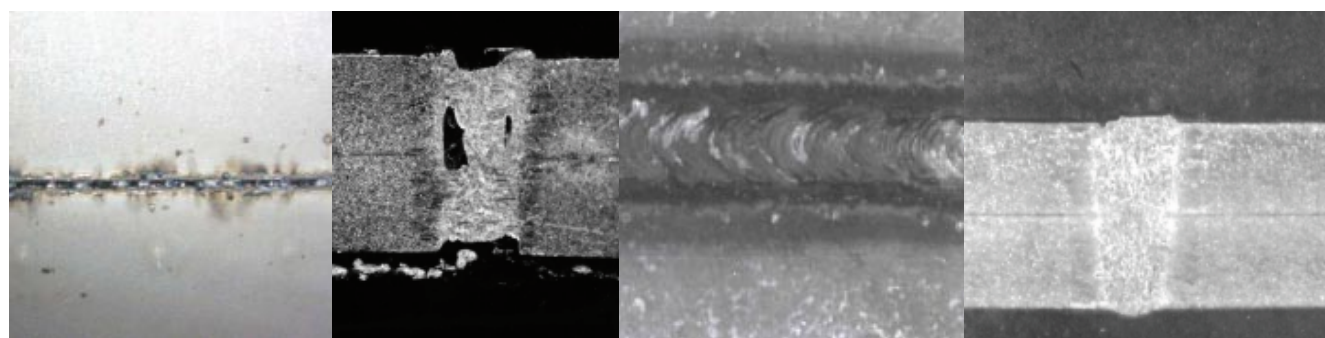
tionsdjupet jämfört med svetsning i cw-mode, dock kan en alltför hög pulsfrekvens minska penetrationsförmågan. Även skärpedjupet kan förbättras med upp till 40% och högreflektiva material låter sig lättare bearbetas med denna Lumonics' SuperModulate.

Med 170% pulseffekt och 250 Hz hade man åstadkommit helt porfria svetsar i rostfritt material. Andra framgångsrika, porfria svetsförsök hade åstadkommit vid svetsning av aluminium från AA6000-serien [med AA4047 tillsatsmaterial], Ti6Al4V samt zinkbelagd karosseriplåt där modulerings-tekniken bidrog till att undertrycka bildandet av zinkplasma [Fig. 48]. Som slutord menade Dr. Naeem att man med supermodulering kan nå samma svetshastigheter med en 2 kW laserkälla som man uppnå med en 3 kW-laser och cw-mode!

Även vid PICALO var intresset för fiberlasrar stort och Bill Shiner [IPG, Oxford, MA] levererade i vanlig ordning en intressant "State-of-the-Art"-rapport. Under 2007 var tillväxten av fiberlasrar 37% jämfört med året innan, och om man bara ser till andelen IPG-lasrar hade dessa ökat med hela 54%, något som naturligtvis glädde den alltid lika försynste Bill. Annars fick vi mest höra det gamla vanliga vad gäller denna lasertypens förträfflighet: 100.000 timmars diodlivslängd, 30% elektrisk verkningsgrad, underhållsfri med två års full garan-



Figur 47b. Penetrationsförmågan vid svetsning av rostfritt 304SS med karakteristiska tvärsnitt för cw-mode, sinus- resp. fyrkant-pulsmod (fr.v.).



Figur 48. En uppenbar skillnad på lasersvetsens toppyta och tvärsnitt vid svetsning i zinkbelagd tunnplåt med 0-spalt! T.v. cw-svetsning och t.h. supermodulering med 150% topp-effekt och 600 Hz.



Figur 49. Beth Cohen på den tiden det begav sig. Här med Andreas Ostendorf (LZH) t.v. och Milan Brandt (IRIS) t.h., (ICALEO 2005, Miami Beach, FL).

ti. Andra fördelar är att man har en konstant fokalpunktsstorlek oberoende av lasereffekt och att lasern inte behöver någon uppvärmning utan kan börja användas så snart man startat densamma, något som Mr. Shiner ville kalla "On Demand Power". Vidare krävs ingen skyddsgas och dess goda strålkvalitet och kompakta form gör fiberlasern ytterst lämplig för RLW [Remote Laser Welding] och för mobila system. Det senare har vi ju exempel på här i Sverige med Durocs MONA-LISA-projekt. Enda Akilleshälen för fiberlasrar är skärning i tjockare gods där den inte kan matcha CO₂-lasern beträffande snittkvalitet.

Om vi tittar på IPGs produktutbud så kan man idag erbjuda cw "single-mode"-enheter på 5–3.000 W, och Bill annonserade också att en 5 kW-enhet kommer att kunna marknadsföras innan årets slut.

Inom högeffektområdet, baserat på multi-fiber, sträcker sig sortimentet från 100 W till 50 kW, men Bill menade att 100 kW ingalunda är otänkbart. IPG har också 20 Q-switchade produkter med pulseffekter kring 30 kW. Avslutningsvis visade Bill några filmer som inkluderade IPG-lasrar. Dessa handlade om RLC [Remote Laser Cutting] av tunna folier där 100 hål skars inom loppet av en sekund! Vidare kände vi igen svetsning med KUKAs "RoboScan" och skärning/svetsning med LASERFACTs [ILT] "Kombi-Kopf".

En intressant observation var den överraskande stora andelen kvinnliga kinesiska forskare som deltog i PICALO-konferensen. De tekniska presentationerna hade man överlåtit till sina manliga kollegor, men i diskussionerna efteråt var dessa kinesiskor synnerligen aktiva!

Om en konferens som PICALO skall bli en succé eller en flopp är mycket avhängigt av arrangörerna. Det är bara att lyfta på hatten för LIAs duktiga personal och deras kinesiska kollegor. Allt var organiserat på ett professionellt och smidigt sätt, och speciellt Beth Cohen [Conference Manager] [Fig. 49] tycker jag kan vara värd ett speciellt omnämnande. Beth har på ett utmärkt sätt "basat" för arrangemangen kring PICALO- och ICALEO-konferenserna under de senaste tio åren, och därför var det tråkigt att några veckor efter PICALO 2008 få ett e-mail från Beth där hon lät meddela att hon slutar på LIA och kommer att gå vidare med liknande arbetsuppgifter inom andra verksamhetsområden. Vi laserfantaster kommer att sakna Dig Beth! ☺

Fyra VINNOVA-projekt inom lasersvetsning – kunskap på olika sätt

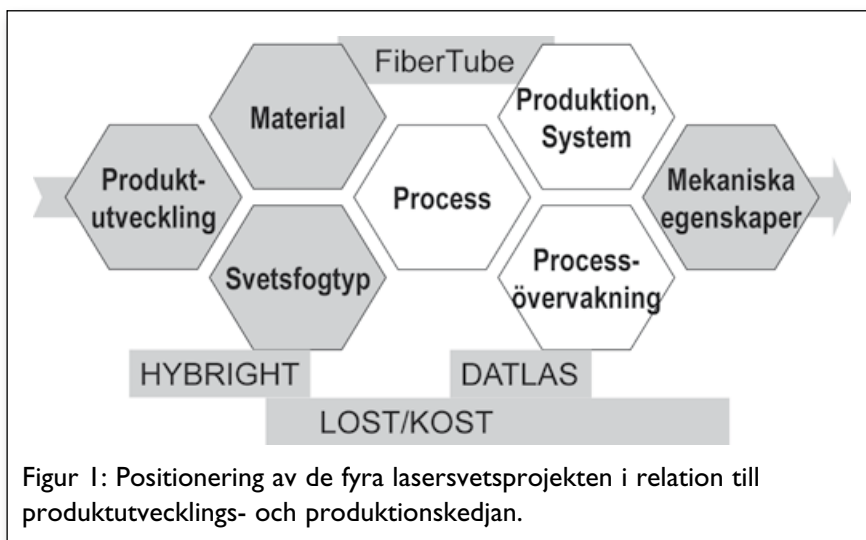
av Alexander Kaplan,
Luleå tekniska universitet

Just nu pågår fyra projekt om lasersvetsning vid LTU, finansierade av VINNOVA. Hur de fyra projekten hänger samman med produktutvecklings- och produktionskedjan visas i figur 1.

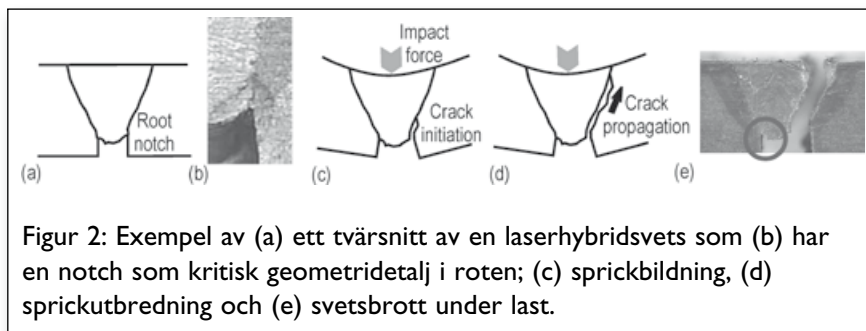
Projektet HYBRIGHT fokuserar på mekaniska egenskaper av en laserhybridsvets för olika material- och fogtyper. I DATLAS-projektet undersöks sammanhang mellan processövervakningssignaler och lasersvetsprocessen. I FiberTube studeras fiberlasersvetsprocesser av rostfritt stål för olika fogtyper. LOST (och KOST) siktar på en teknologiplattform för lättviktskonstruktioner med höghållfast stål där laser och laserhybridsvetsning bara är ett delmoment i det breda projektet. Alla fyra projekt har i nuläget kommit ganska långt. Nedan visar jag bara exempelvis några resultat för att illustrera det respektive projektets fokus och innehåll. Ytterligare information finns i nämnda referenser och hemsidor.

HYBRIGHT

Konceptet av HYBRIGHT-projekt har beskrivits redan tidigare i Laserntytt. Det handlar om att undersöka hur för en särskild svetsdefekt brottmekaniken fungerar. Detta för att kunna utveckla kriterier för brottmekanik och därför också krav på svetsen och i övrigt geometriska krav. Figur 2 visar hur en notch i roten kan leda till brott genom att den skapar en spets i spänningsbildningen i lastsituationen (produkt i drift). Överstiger den ett kritiskt värde så blir det sprickbildning och sprickutbredning som slutligen leder till brott.



Figur 1: Positionering av de fyra lasersvetsprojekten i relation till produktutvecklings- och produktionskedjan.



Figur 2: Exempel av (a) ett tvärsnitt av en laserhybridsvets som (b) har en notch som kritisk geometridetalj i roten; (c) sprickbildning, (d) sprickutbredning och (e) svetsbrott under last.

Än så länge har bara ett av de olika industri-cases studerats. Genom FEM-analys kan spänningsbildning och töjning i en överlapphybridsvets analyseras och jämföras med experiment. Brottssituationen kunde förklaras, men en mer kritisk situation ska skapas som ger en utmaning både för svetsen och för analys därefter. Just nu är det undersökning av ett annat case som har laserhybridsvetsats och testas genom utmattning. Viktigt är att få fram vilka geometridetaljer som är avgörande. Därför mäts svetsytan noggrant både med optisk profilometri och med en avtrycks metod (plastreplika). Den numeriska FEM-analysen ska undersöka vilka detaljer som är mest kritiska och varför. Sedan ska kunskapen av de omkring tio olika demonstratorerna

generalisera, det med förbättrade standard-beskrivningar som annars idag är inte tillfredställande. Svetsprocessen själv står inte i centrum för HYBRIGHT projektet. Forskning ska hellre börja från ett särskilt svetsresultat, med eller utan svetsdefekt, dvs. projektet fortsätter där DATLAS slutar.

Ref: Ilar, T., Kaplan, A. F. H.: *Hybright - generic understanding of the mechanical strength of hybrid welds*, submitted to Proc. NOLAMP 11, August 20-22, 2007, Lappeenranta (FIN), Ed.: V. Kujanpää (2007).

Alam, M. M., Kaplan, A. F. H., Jonsén, P.: *State-of-the-art of fracture mechanics and fatigue analysis of welded joints*, unpublished, Luleå TU, pp 1-27 (2007).

www.hybright.se

DATLAS

DATLAS-projektet (som också beskrevs tidigare i Lasernytt angående koncept) har redan påbörjats med fyra av sina sju industri-cases. Ett av dem har redan publicerats (se ref. nedan): krav var att svetsa en rostfri överlappsvets som visar tillräcklig svetsbredd i övergång från den övre 1 mm plåten till den underliggande 4 mm plåten. Svetsningen kördes för olika hastigheter och lasereffekter. Bredvid den processövervakning med två fotodioder (Precitec system) som levererar en signal om temperatur och en om reflekterande laserstrålning, har höghastighetsfilmning använts under svetsningen. Vid undersökning av svetsbredden blev det humpingproblem (regelbundna stora droppar på ytan) som behövde undvikas. Analys av humping-defekter som ett typiskt exempel för DATLAS-forskningsmetodiken visas i figur 3.

Hela den metod som visas och delvis förklaras i figur 3 är lite komplex, så vi hänvisar till publikationen och ger bara en kort illustration vad som kan göras. Regelbundna humping-droppar visade sig på den svetsade ytan och där kan en signal från temperatursensorn (som ska användas för processövervakning i produktion) visa signalförloppet motsvarande maxima för varje hump. Dvs. svetsdefekten är detekterbar. Genom analys ska förståelse skapas varför och när en defekt kan detekteras. Höghastighetsfilmning visar fina bilder om hur smältrörelse leder till bildning och stelning av stora droppar. Från filmning kan oscillerande geometr rörelser mätas och från den mätning fortsätter en matematisk modell för att beräkna den termiska strålning som emitteras från smältytan och som skapar signaler i (filtrade) fotodiodsensorn. Modellen möjliggör djupare analys där vilka bidrag av processen är mer känslig till signalstyrka än andra för

att underlätta förståelse för var och när processövervakning kan användas

och i vilka situationer det inte fungerar.

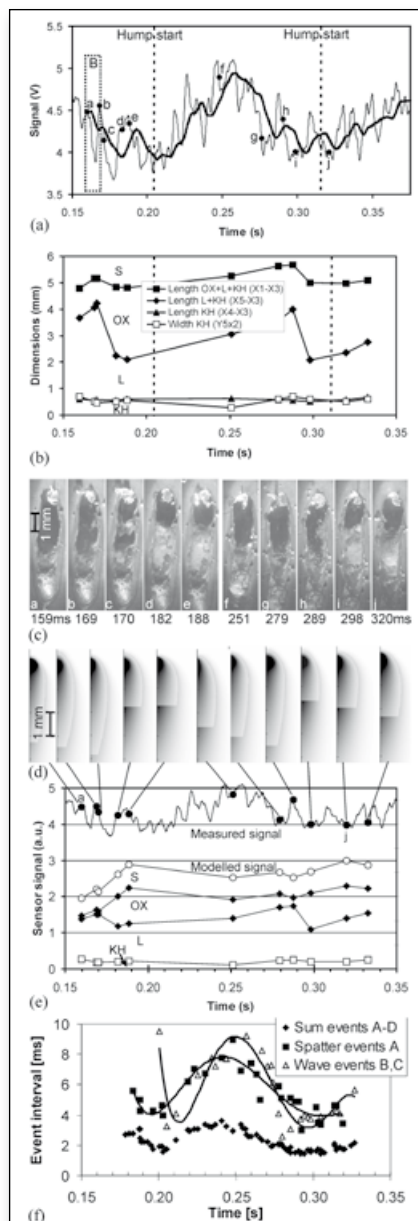
Slutsats efter de första studerade cases är att fotodioden är ett kraftfullt, robust instrument, fast vissa effekter kan lura signalförloppet. Ibland är övervakningskamera den mer adekvata lösningen. Höghastighetsfilmning av processen visar sig att vara ett fantastiskt analysinstrument som levererar mycket information, som kan användas utöver DATLAS-projektet. Modellräkning i kombination med filmning är en kraftfull kombination som levererar kompletterande information. DATLAS är på väg att skapa bra stöd-kunskap för bättre användbarhet för processövervakning.

Ref.: Norman, P., Engström, H., Kaplan, A. F. H.: *Theoretical analysis of photodiode monitoring of laser welding defects by imaging combined with modelling*, J. Phys. D: Appl. Phys. v 41, p 195502 (e-9pp) (2008)

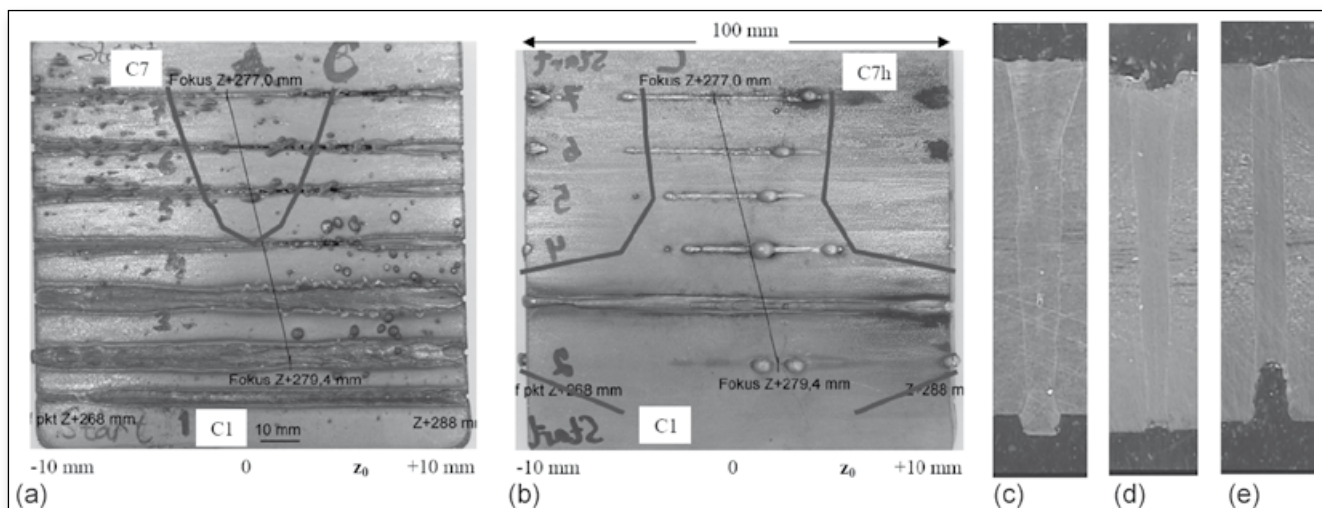
FiberTube

FiberTube-projektet är finansierat av VINNOVA och Jernkontoret. Huvudinitiativ kommer från Outokumpu Stainless Tubular Products (OSTP) som är intresserade av fiberlasersvetsning (inkl. hybridsvetsning) och fiberlaserskärning. Förutom 5 OSTP-fabriker, ARC forskningscentrum i Avesta och LTU som huvudforskningsutförare, är KIMAB, Lappeenranta TU (Finland) och Permanova AB med i projektet. Flera olika cases har definierats för de olika fabrikerna och ett flertal försök har körts med olika fiberlaser, t ex Permanova, BAM Berlin, IPG i Tyskland och Lappeenranta. Dessutom har en transportabel 10 kW fiberlaser från Rostock hyrts ut för experiment i Sverige. I slutet av projektet kunde även den nya 15 kW fiberlasern på LTU användas.

Jag illustrerar kort ett exempel av projektet: Med den nya 15 kW



Figur 3: Humping under lasersvetsning i rostfritt stål: Tidssekvens för två droppbildningar i (a) temperatursensorsignal inkl. filtervariant, (b) längden av nyckelhål (KH), av icke-oxiderad smältpoolytan (L) och av oxiderad smältyta (OX) mätning med (c) höghastighetsfilmning som visar smälta och nyckelhål uppifrån, (d) beräknad strålningsfördelning över (halva) smältpoolytan, (e) beräknat bidrag till sensorsignal från de olika ytområdena, (f) korrelation av sprutfrekvens mätt i filmning.

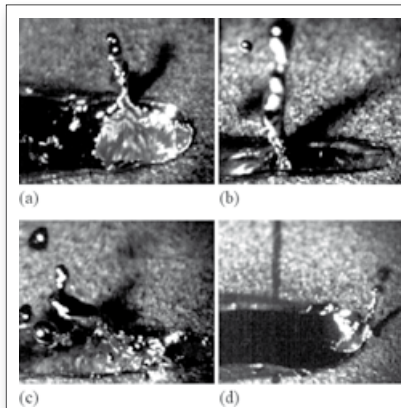


Figur 4: (a) Uppsidan av de 7 svetsspårarna, (b) rotsidan, (c) tvärsnitt (8 mm) för 7.5 kW, (d) och (e) för 15 kW.

fiberlasern på LTU gjorde vi provsvetsningar (bead-on-plate) med 8 mm tjockt rostfritt stål (standard-typ 18 10 CrNi). Syftet var att få en första orientering för svetsning med en 15 kW fiberlaser. Figur 4 visar upp- och rotsidan av de 7 svetsningarna. Effekten ökades stegvis från 2.5 kW i 2.5 kW-steg till 15 kW lasereffekt (spår C7). Förutom i spår 2 och 3 har hastigheten motsvarande ökat, dvs. vi har hållit sträckenergin konstant. 15 kW kördes med 7 m/min. Typiska svetsvärsnitt visas i Figur 4(c) för 7.5 kW och i Figur 4(d),(e) för 15 kW.

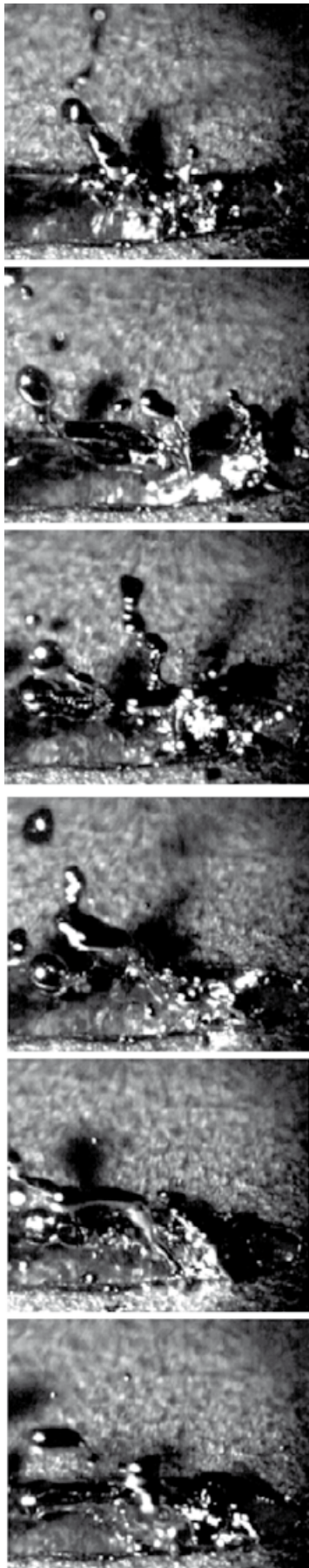
Eftersom en osäkerhet med högeffektfiberlasern är en termisk förskjutning av fokuspunktläget (kolla rapport om 15 kW fiberlasern i den här Lasernytt), så har vi i experimentet för varje spår varierat fokuspunktsläge från -10 mm till +10 mm, dvs. även om förskjutningen sker så har vi i alla fall med alla olika relevanta fokallägen i samma spår. Ett kriterium lyckades skapas om vilket fokalläge och motsvarande effekttäthet på ytan som behövs för att svetsa genom. Rotsidan, figur 3(b), visar att ett fokalläge på omkring 4 mm var nödvändigt för genomsvetsning, plus att laserstråleffekten ska vara högre än 5 kW. Ett kvalitetsproblem var sprut och leder till gropar (underfill). 7.5

kW kunde svetsas utan underfill, figur 3(c), men inte för högre effekt, som kan ses i figur 3(d), som delvis hade ganska djupa gropar, även på undersidan när ovensidan såg bra ut, figur 3(e). Tack vare höghastighetsfilmningen har vi fått ett bra intryck över vad som händer vid svetsytan. Figur 5 visar fyra olika varianter av sprut som tydligt skiljs från varandra. De första tre är för 15 kW och den fjärde för 7.5 kW. En bildsekvens för fallet i figur 5(b) visas i figur 6. För alla tre varianter för 15 kW blir det stora droppar som kastas ut – och där det också skapas ett spår med underfill. Däremot syns det för 7.5 kW, figur 5(d), bara små droppar och smältan var väldigt lugn (en indikator för det är att den är helt svart i figur 5(d)). Från höghastighetsfilmning kan det också göras en utvärdering för analys, t ex hastighet eller vinkel som funktion av droppstorlek, figur 7, av droppar som flyger iväg. Sådana fakta underlättar analys för att hitta orsaker till sprut och för att kunna undvika den. Det är bara ett exempel på hur lasersvetsprocessen kan analyseras. Första slutsatsen är att det gick inte på en gång (i motsats till upp till 7.5 kW) att skapa en bra svets med 15 kW, fast att det fanns vissa fokallägen där man närmade sig en godkänd svetskvalitet.

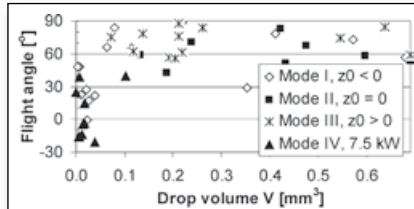


Figur 5: Foto av smältpool och nyckelhål som visar fyra olika typer av dropputkastning/sprut: (a) 15 kW, fokalläge mitt i material, (b) 15 kW, fokalläge på ytan, (c) 15 kW, fokalläge ovanför ytan, (d) 7.5 kW, fokalläge på ytan.

Slutsatsen efter de första 1,5 åren är att konsortium har skapat sig en mycket bra uppfattning om läget kring hur fiberlaser fungerar och är användbar, samt om systemintegration och kostnader, möjligheter och risker/svagheter idag. Den nyskapade kunskapen har även lett till en investering i en högeffektfiberlaser i produktionslinjen (redan i drift) hos OSTP och har varit ett viktigt basunderlag för att föreslå (till Knut och Alice Wallenberg stiftelse) finansieringen för den 15 kW fiberlaser som nu är installerad på LTU. FiberTube projektet är tänkt att



Figur 6: Filmsekvens [2 ms-steg] av dropputkast för 15 kW, fokalläge på ytan.



Figur 7: Utvärdering av filmningen för de fyra olika inställningarna, se figur 4.

förlängas, med tre ytterligare industripartners intresserade av fiberlaserssvetsning med rostfritt stål.

Ref.: A. F. H. Kaplan, E. M. Westin, G. Wiklund, P. Norman: *Imaging in cooperation with modelling of selected defect mechanisms during fibre laser welding of stainless steel*, Proc. ICALEO, Oct. 20-23, 2008, Temecula (CA), LIA, 2008.

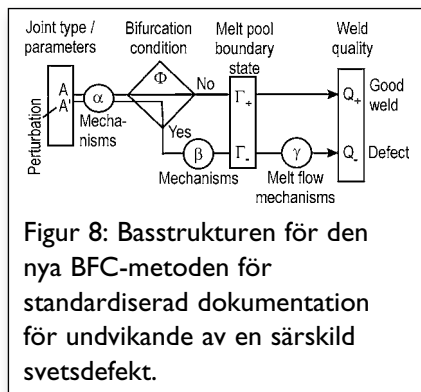
LOST

LOST är ett projekt i VINNOVA-programmet lätta material och lättviktskonstruktioner. KOST som ett anknyttande projekt tillhör VINNOVA's MERA-program. Egentligen kan båda projekten betraktas gemensamt och hädanefter också gemensamt kallas LOST. Som illustreras i figur 1 har LOST ett brett perspektiv på produktutveckling och produktion, med eller utan lasersvetsning, allt med syfte för lättviktskonstruktion genom användning av höghållfast stål. Från de fem demonstratorkonstruktionerna (som leder till viktsreduktion av 15%) ska två svetsas med laserhybridteknik och en enbart med laser. Viktreduktionen sker genom att höghållfast stål möjliggör en minskad tjocklek (t ex från 8 mm till 6 mm), men att produkten behåller sina mekaniska egenskaper. En förutsättning är att svetsen inte blir ett mjukt område, som det blir för många svetstekniker, t ex MIG/MAG. Som vi har redan lärt oss genom tidigare projekt (VAMP 27) skapar laserhybridsvetsning (och lasersvetsning) en svets

som behåller egenskaper från grundmaterialet. Det har bl a att göra med att den mindre breda svetsen som är en möjlig mjukning hålls inom små gränser, som inte väsentlig påverkar lastsituationen.

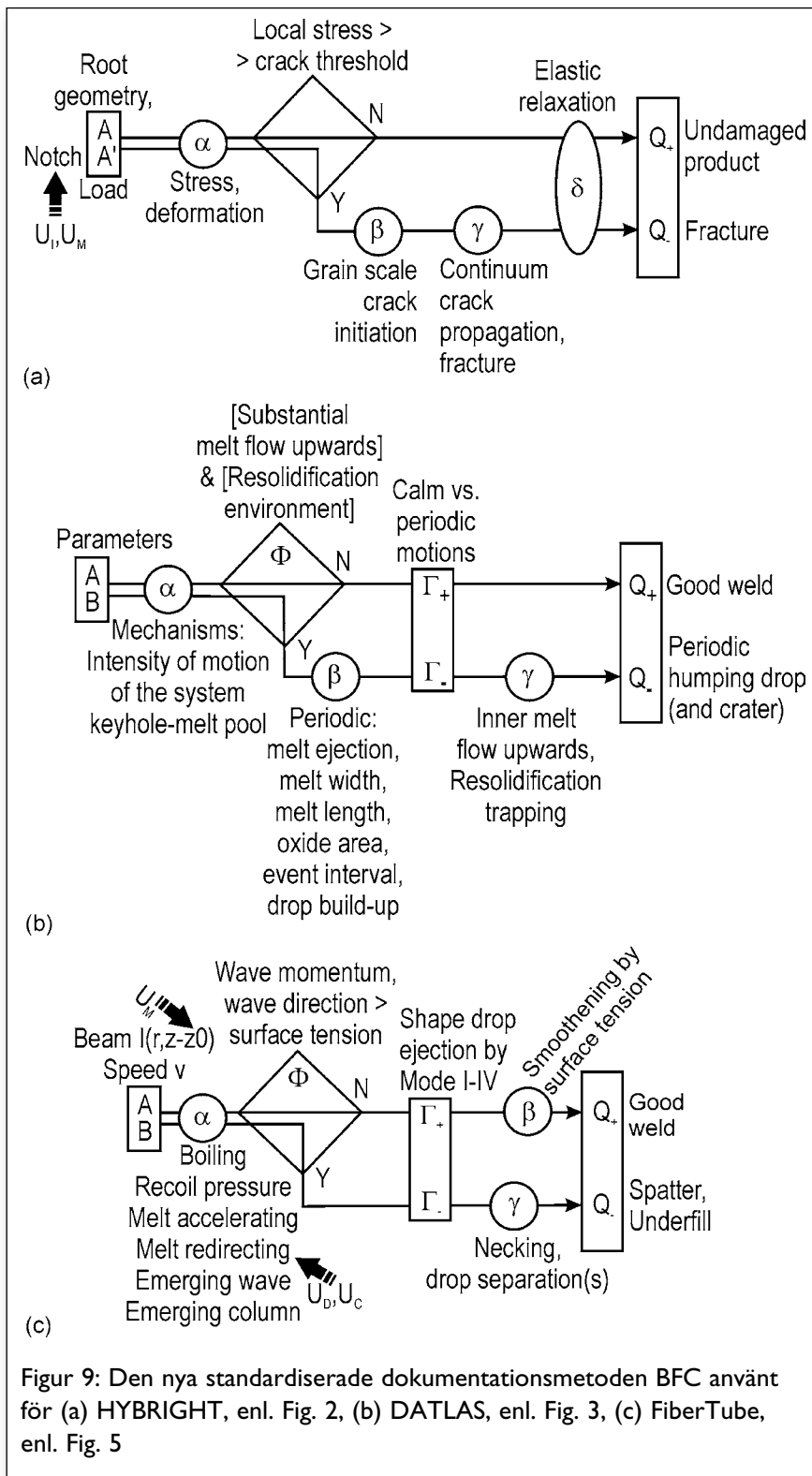
LOST sysslar också med många andra metoder och aspekter än lasersvetsning, t ex dimensionering, mekanisk provning, processövervakning, etc. Uppgifter för LTU är lasersvetsning av tre demonstratorer, två för HIAB och en för Volvo CE, med motsvarande kunskap – eftersom programmet siktar på en kunskapsplattform. Det blev en utmärkt möjlighet att använda metoderna från DATLAS och HYBRIGHT på ett kombinerat sätt, dvs. för de tre demonstratorerna ska processövervakning och höghastighetsfilmning användas under svetsning. Efter svetsningen ska det resulterande mekaniska beteendet i lastfallet undersökas genom mekanisk provning (utmattning) och FEM-analys. Dessutom skapas en kostnadskalkyl och bredare analys. De tre demonstratorerna är i förbereds för att svetsas (vi väntade på fiberlasern, för att den är väldigt lämplig för de tjocklekar som undersöks här).

Dessutom är en vision av LTU i LOST att angripa ett fundamentalt dilemma inom tillverkningsteknik, dvs. också inom lasersvetsning: Varje gång en applikation (eller case eller demonstrator) undersöks och optimeras för möjlig produktionsanvändning blir den (kanske) bra dokumenterad, internt eller i vetenskapliga publikationer. Men någon applikation kan knappast lära sig från den andra, för att parametrar, material och fogtyper är sällan är precis likadana. Man har svårt att överföra kunskap, att generalisera. Och vårt publikationssystem är verbalt, dvs. man nämner andra publikationer som sysslade med t ex någon svetsdefekt, men man brukar inte veta var gränsen för överförbar-



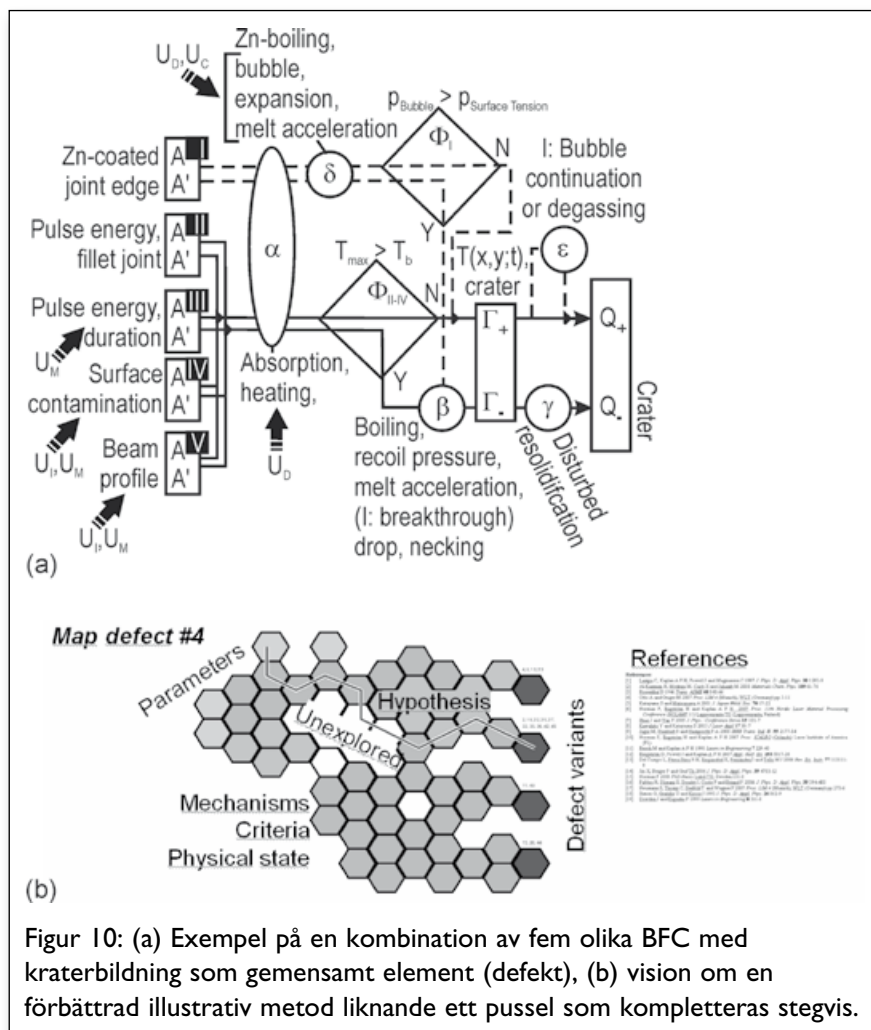
het av den kunskapen ligger. Dessutom har vi människor svårt att hantera rent verbal information, vi är mycket bättre på att hantera grafiska illustrationer. Vi tror att genom ett bättre sätt (expertsystem) att samla, kombinera och illustrera kunskap har alla betydligt bättre möjligheter att återanvända kunskapen och att komplettera eller bekräfta – istället för att uppfinna hjulet igen. Skulle sådant fungera är potential enorm för att hantera svetsprocessen på ett mer kontrollerat sätt, dvs. att bli av med svetsdefekter.

Vi har nu utvecklat en metod som vi kallar Bifurcation Flow Chart, BFC, som visas i Figur 8. Utan att gå in i detalj fungerar den så här; så snart man har någon typ av kunskap om hur man blev av med en svetsdefekt så ska man fylla i tom BFC-mall (det tar bara 1-3 minuter förutsatt man vet tydligt vad man har upptäckt) och in i pärm – under sitt defektkapitel. Där behöver det bara stå vad du har upplevt (eller hört eller läst): vilken parameter som förändrats åt vilket håll för att undvika någon svetsdefekt. Dessutom kan man lägga i hypoteser varför man tror (eller är övertygad) att det har hänt. Idealt, som vi kommer att göra, har man höghastighetsfilmning med, för att den innehåller en del fakta/bevis om mekanismer som har hänt. Inledningsvis kan det verka krångligt, men när man har gjort det några gånger går det ganska snabbt och enkelt. Viktigt: det är kvalitet, trender, och rätt formu-



lering som är viktigt, däremot hänvisar man bara kort till var det finns dokumentation om experiment som har skett (t ex i en intern rapport eller publikation). Dvs. att man inte lägger all tid för att dokumentera i detalj – tvärtom är det viktigt att dokumentationen fungerar lätt och smidigt.

Tanken bakom är (i) att det ska ta väldigt liten tid att använda metoden – annars får man ingen acceptans och folk gör det inte, (ii) att det blir en standard, dvs oberoende om vem (och var) som har fyllt i en BFC-chart, kan man senare kombinera dem med varandra. Vi har nyligt börjat använda metoden för



Figur 10: (a) Exempel på en kombination av fem olika BFC med kraterbildning som gemensamt element (defekt), (b) vision om en förbättrad illustrativ metod liknande ett pussel som kompletteras stegvis.

Vi tror att genom ett bättre sätt (expertsystem) att samla, kombinera och illustrera kunskap har alla betydligt bättre möjligheter att återanvända kunskapen och att komplettera eller bekräfta – istället för att uppfinna hjulet igen. Skulle sådant fungera är potential enorm för att hantera svetsprocessen på ett mer kontrollerat sätt, dvs. att bli av med svetsdefekter.

nen är att lyckas rita ner samma bild på ett sätt som är idealt att förstås av människor, som schematisk i figur 10(b). Visionen är att för varje svetsdefekt upplevs det som en karta eller ett pussel som genom nya dokumentationer så småningom fyller på med pusselbitar, eller bekräftar osäkra delar (hypoteser), tills vi en dag når den färdiga bilden och har helt kontroll över en svetsdefekt och dess undvikelse.

Slutsatsen för LOST är att sådan bred angreppssätt är väldigt viktigt i samspel med de andra mer fokuserade forskningsprojekt. Dessutom är naturligtvis syfte med att skapa lättviktskonstruktioner med hjälp av laser av stor betydelse – och på rätt väg. Speciellt generalisering av kunskap på rätt sätt har en enorm potential att underlätta livet för oss alla – inte bara inom lasersvetsning, utan på samma sätt för alla andra laserapplikationer. 🌟

Ref: Kaplan, A. F. H.: Advanced systematic theory of laser welding supported by high speed imaging (invited talk), Proc. GCL, SPIE, Lisbon (PT), Sept 15-19, 2008

att prova, men är inte ännu säkra på att det här är rätt metod. Du är också välkommen att prova. Rita helt enkelt en tom mall enl. figur 8 (det enklaste sättet), fast utan text, och fyll i varje gång du har upptäckt någonting, – och in i pärm! Kolla publikation nedan eller ta gärna kontakt med oss om du vill ha hjälp/förklaring.

Utan att gå in i detalj (förklaringar finns i motsvarande nämnda publikationer) visar vi nu helt enkelt de BFC's som utvecklades för de tre ovanstående projekten och exemplen som visades. Figur 9(a) visar den BFC-dokumentation som motsvarar HYBRIGHT-case med rotnotch som vi visade i figur 2, (dvs man kan använda metoden även för brottmekanik som "process"), figur 9(b) visar DATLAS-case om humping defekt, kolla figur 3, och figur

9(c) visar FiberTube-case om sprut och underfill, kolla figur 5. Så kan exempel se ut, fast man kan skapa mycket enklare exempel också. Som sagt är det här en början för att prova och leka tills vi känner oss trygga i användandet metoden på bästa sätt.

Slutligen kan man kombinera olika BFC om de har ett gemensamt element. Vi skapade BFC för fem helt olika svetsituationer men som alla skapade kraterbildning som svetsdefekt. Kombination av de fem BFC's till en enda visas i figur 10(a) som ger en idé om hur kombination av många mer BFC's kan leda till en helhetsbild. Från figur 10(a) kunde t ex det snabbt resoneras fram att fyra av de fem cases hade samma basmekanismer bakom, den femte skiljde sig principiellt. Fortfarande ser det visst komplicerat ut. Visio-

Lasergruppen 20 år – oumbärlig idag

av Hans Engström,
Luleå tekniska universitet

LaserGruppen i Sverige fyller 20 år och det uppmärksammades på Laserdagen hos Westinghouse med ett föredrag av en av grundarna, professor Claes Magnusson, som gav en personlig återblick till tiden när gruppen bildades.

– Det är klart att Lasergruppen behövdes, inledde Claes Magnusson. Det ser vi på deltagandet vid mötet idag och på LaserNytt som har utvecklats starkt och som nu är mycket bra.

– Drivkrafterna för att bilda gruppen fanns både från industrin, universitet och hos dåvarande Mekanförbundet, berättar Claes. Luleå tekniska högskola behövde uppgradera sitt laserlab och sökte stöd från industrin för att kunna få finansiering för detta, Mekanförbundet behövde utveckla sin verksamhet och inom industrin fanns behov öka sin konkurrenskraft, att skapa ett forum för vidareutbildning och för att kunna påverka forskningen samt att sprida den nya lasertekniken. Så drivkrafter fanns – under en period fanns faktiskt två lasergrupper men under en middag så bestämde man att slå ihop sina påsar.

Det var Bertil Pekkari som blev Lasergruppens första ordförande och han verkade förtjänstfullt och utvecklade gruppen till 1998 då han efterträddes av vår nuvarande ordförande Johnny K. Larsson.

LaserGruppen bildades som en s.k. erfagrupp inom Mekanförbun-



Bertil Pekkari var LaserGruppens förste ordförande 1988-1998. Här som president för International Institute of Welding, IIW.

det och fortsatte inom den organisationen när den ombildades till Teknikföretagen. Sedan 2006 finns gruppen inom Svetskommissionen.

– Lasergruppens utveckling har naturligtvis också varit starkt förknippad med dess handläggare vilka har arbetat med de praktiska göromålen inom gruppen, berättar Claes. Det var Fredrik Feldreich som började detta arbete och han följts av Claes-Göran Dahl, Thomas Hardenby och vår nuvarande Per Westerhult.

Medlemstidningen för gruppen, LaserNytt, har varit en samlande punkt och har utkommit oavbrutet med 3–4 nummer per år sedan 1988. Den har varit styrelsens hjärtesak under alla dessa år.

Claes Magnusson berättar vidare



Professor Claes Magnusson var en av de drivande krafterna för att bilda LaserGruppen 1988.

att Permascand AB med dess dåvarande vd Anders Ullman, ESAB med Bertil Pekkari och Volvo Peronvagnar var de drivande företagen när gruppen bildades. Det fanns också ett gäng forskare som Kjell Rask, Istvan Sàràdy, Jan Flinkfeldt, Klas Nilsson, Greger Wiklund, Hans Engström vid dåvarande Luleå Tekniska Högskola som stöttade verksamheten.

– Idag är LaserGruppen oumbärlig, avslutar Claes Magnusson. 🌟

LASER 1-08 nytt

Lösnummer pris 85 kr



Ny fiberlaser till LTU

■ Ett nytt tillskott till Norskenet: en av världens ljusstarkaste lasrar till Luleå ■ Dr Mariana G. Forrest – en kontaktpunkt för lasertechnik i USA ■ Skärning och svetsning med fiberlaser ■ Laserverksamheten i Danmark ■ Laserseminarium på Konga Bruk AB ■ ICALEO® 2007 – den bästa på länge, del 1 ■ En liten historik över laserutvecklingen inom Volvo Personvagnar ■ "Vi bjuder på ett revolutionerande verktyg"

LASER 2-08 nytt

Lösnummerpris 85 kr



Lasertillämpning i Danmark, Finland och Baltikum

Forskning och utveckling, företag och teknologier

■ Laserdag hos Volvo Car ■ ICALEO 2007 del 2 ■ Peter Norman – ny doktor ■ PICALO i Mittens rike ■ Europa blir största tillväxtmarknad för lasersystem ■ Internationellt laserseminarium i Luleå

LASER 3-08 nytt

Lösnummerpris 85 kr



Export gynnar tillväxten för USAs lasertillverkare

Laserdag på Westinghouse – fascinerande tillverkning i strikt kontrollerad miljö

■ Fyra VINNOVA-projekt inom lasersvetsning ■ 15 kW fiberlaser lyser ■ IIW Commission IV ■ Lasergruppen 20 år ■ Laserplus har helhetskontroll ■ EuroBlech 2008 ■ Laserdagen 2008 – tillbakablickar och exotiska lasrar

LASER 1-07 nytt



Nya laserkällor erövrar marknaden

■ Succé för Workshop i lasersvetsning ■ MONALISA strålar och underhåller ■ IPG:s fiberlaser – Den ledande lasertechniken ■ HYBRIGHT ■ Standarder för lasersvetsning och besläktade förfaranden

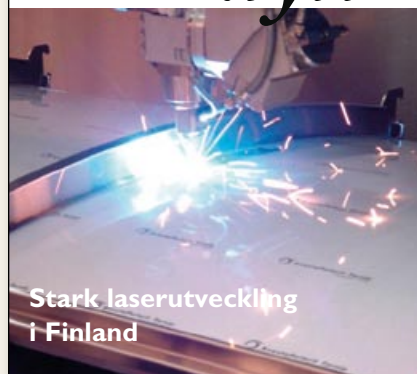
LASER 2-07 nytt



Helautomatiserad laserskärning ger flexibilitet hos Rotage AB

■ Lasertechnik i utveckling ■ Laserdagen diskuterar framtidens lasrar ■ Är utvecklingspotentialen för nya lasersystem mättad? Har bilindustrins krav på laserlaser och verktyg hörsammats? ■ Nytt logistiskt center hos Rotage ■ LIM – Lasers in Manufacturing ■ Nyheter från IIW Annual Assembly 2007 ■ Laser 2007 - World of Photonics ■ Mathias Lundin – ny VD för Svetskommissionen ■ Medlemmar i Lasergruppen

LASER 3-07 nytt



Stark laserutveckling i Finland

■ NOLAMP 11 – den största hittills ■ Intressanta industriapplikationer presenterade vid NOLAMP 2007 ■ Lasersvetsning i Finland är STORT visar Lasergruppens studier i Finland

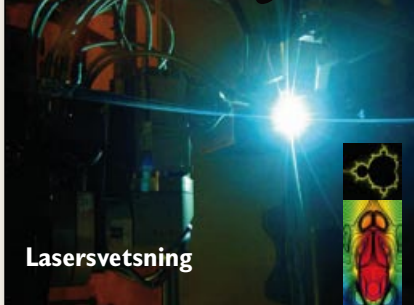
LASER 1-06 nytt



Laserhybridsvetsning – temat för Laserdagen hos ESAB

■ Välkomna till Svetskommissionen! ■ ByLaser 6000 ■ Laserhybridsvetsning – temat för Laserdagen hos ESAB ■ Laserforskning vid KIMAB:s Fogningscentrum ■ Fiberlasrar och diodlasrar i fokus vid ICALEO 2005 ■ TRUMPF levererar ytterligare en märkplats till Holmgrens Plast i Gnosjö ■ Kilowatt fiberlaser driver IPG's försäljnings boom

LASER 2-06 nytt



Lasersvetsning

■ Lasersvetsning i världsklass hos Ferruform i Luleå ■ Lasertech LSH expanderar kraftigt ■ Mellanår för implementering av nya laserapplikationer inom bilindustrin ■ Laserutbildningar i Sverige ■ EWF-Specialkurs i lasersvetsning ■ Utomjordingar har landat i alperna igen ■ Seminarium laserbearbetning hos Permanova i Molndal

LASER 3-06 nytt



Lasersvetsning i exotisk miljö

■ Lasers go Down Under ■ Spännande laserutgångar i exotisk miljö ■ En dag på jobbet för Hans Hornig, BMW ■ EuroBlech 2006 slog alla rekord ■ EuroBlech i Hannover 2006 ■ Intryck från EuroBlech 2006 ■ Succé för svensk-dansk laserdag i Brøndby

Laserplus har helhetskontroll från planering till produktion

Lasergruppens finländska medlemsföretag Laserplus Oy har under de senaste åren utvecklats till en mångkampare inom laserteknologin. I sin verksamhet introducerar företaget en effektiv tillämpning av de möjligheter laserteknologin skapat redan i planeringsskedet av produkterna och produktionen.

Laserplus Oy är ett produktions- och expertföretag som grundades 1992. Företaget erbjuder sina kunder mångsidiga tjänster inom kontraktstillverkning av lasersvetsning, -skärning och -ytbeläggning i olika former, och har under de senaste åren vuxit märkbart också på området för systemtillverkning. En mångsidig erfarenhet inom samordningen av laserbearbetning och maskinbyggnad möjliggör avancerade lösningar som effektivt stöder kundens produktionsprocess. Företaget förs också starkt framåt allteftersom nya, innovativa lasertillämpningar tas i bruk. Laserplus erbjuder tjänster alltifrån forskning, planering och testning till tillverkning, samordning av produktionsprocesser samt kundstöd och service.

Det mest effektiva utnyttjandet av laserbearbetningens fördelar grundläggs redan i planeringsskedet

Olika metoder av laserbearbetning har redan vunnit ett stadigt fotfäste inom den nordiska industrin. Utvecklingens snabbhet är emellertid avhängigt av produktutvecklingens aktivitet och fördomsfrihet.

– Användningen av laserbearbetningsteknologin ökar avsevärt möjligheterna till innovativ produktutveckling, men trots att den blivit allt vanligare har laserns fördelar hittills inte utnyttjats till fullo. I många konstruktionskontor lever man fortfarande i ”jag har hört att man kan göra något med laser”-stadiet. Med andra ord finns det mycket att uträtta för att sprida information, förklarar marknadschefen för Laserplus, Elina Tuurinkoski.

Laserplus arbetar aktivt för att öka kundföretagens laserkunskap och -aktivitet i planeringsskedet.

– Kundprojektens framgång baserar sig på vårt planeringskunnande, där planeringen av produkt- och produktionsmedel framskrider i samma process genom att utnyttja laserns möjligheter.



Elina Tuurinkoski, marknadschef vid Laserplus Oy, vänder blickarna mot Sverige med företagets lasersystem. De är helt kundanpassade och flera processer som skärning, svetsning och märkning kan ingå i samma system.

– Vi utför produkt- och processtester för kunden med Laserplus egna produktionssystem och kunden fortsätter att testa produkterna också i sin egen produkttest.

– Ofta kommer vi överens med kunden om testdagar till vilka kunderna har med sig sina egna produkter och material. Testerna utförs således i våra lokaler och med vår utrustning, men i en nära samverkan med kunderna vilka själva på stället kan se hur den produktiva laserbearbetningsprocessen fungerar, fortsätter Tuurinkoski.

Simulering ger lönsam investering

Syftet med den kundenriktade funktionsmallen är att uppnå en lämplig produktstruktur för laserbearbetningen. Då kan man under ”produktiva omständigheter” till exempel bli vittne till en fördubblad produk-

I många konstruktionskontor lever man fortfarande i "jag har hört att man kan göra något med laser"-stadiet.

tionshastighet i jämförelse med konkurrerande metoder. En sådan skillnad påverkar givetvis kundens övriga produktionsprocess varför simulering av produktionen är motiverad.

I fortsättning till 3D-CAD-planeringen har Laserplus ett simuleringsprogram med vilket produktionslinjen kan simuleras i sin helhet. Med det kan man på en dator köra kundens produktionspartier ifrån råvara till färdiglager. Metoden förbättrar investeringskalkylernas noggrannhet och underlättar diskussionen med kund på grund av att man konkret kan följa upp materialflöden och processhastigheter.

Övergripande produktionssystem

Laserplus har under de senaste åren satsat på att utveckla modulinriktade produktionsprocesser på marknaden för laserbearbetningssystem. Systemen integreras på fabriksnivå varvid hela produktionskedjan (beställning – styrning av ämneslager – CNC-programmering ur CAD-data och nesting) är automatiserad från beställningstillfället. Laserplus-systemen skiljer sig klart från andra lösningar på marknaden: till systemen kan i enlighet med kundens behov fogas både 2D- och 3D-laserskärning, -svetsning och -märkningsfunktion till samma produktionsprocess.

– Integrering av olika laserprocesser till en produktionslinje kan resultera i inbesparing av anläggningsutrymme, råmaterial och personal. Vi planerar och konstruerar modulerna till arbetsstationer och väljer lämplig typ av laser beroende på materialen som används. "Hjärnan" utgörs av systemet för administrationen av data. Det är uppbyggt av mjukvara som ägs av Laserplus. Systemet skapar hela produktionskedjan med början vid inmatningen av beställningen, säger Tuurinkoski.

Laserplus integrerar också en robotassisterad hantering av komponenter till olika lösningar av produktionsystem. I samarbete med marknadsledaren i Europa, KUKA Roboter GmbH, använder Laserplus robotar i olika storlekar med hanteringskapacitet från 3 kg upp till 1000 kg.

– KUKA:s sexaxlade industrirobotar gör hanteringen av produkter med komplicerade geometrier lättare och snabbare och mera användarvänlig. De har dessutom en stor prestationsförmåga med ett arbetsområde på upp till 3,5 meter. Under arbetet i laserproduktionssys-



Märkningssanläggning med fiberlaser från Laserplus Oy.

temen byter robotarna flera verktyg; robotens gripdon växlar smidigt enligt behov av funktion mellan t.ex. svetslaser-, skärlaser- och tångverktyg. En robot passar ypperligt till lasertillämpning också på grund av sin stora repetitionsnoggrannhet och sitt avancerade styrsystem, sammanfattar Tuurinkoski.

Trygg produktionsstart

De produktionsystem Laserplus levererar byggs och testas i företagets egna lokaler. Därefter flyttas de till kundens produktionslokaler. Oftast utförs också pilotproduktion och användarutbildning i Laserplus utrymmen innan anläggningen flyttas.

– På detta sätt kan vi förverkliga ett av de viktigaste kraven: ett snabbt idrifttagande i kundens egna produktionsutrymmen. Efter installationen sörjer service och kundstöd för systemens kontinuerliga funktion, avslutar Elina Tuurinkoski.

Outokumpu Stainless litrar på Laserplus

I början av hösten levererade Laserplus en märkningsanläggning med fiberlaser till Outokumpus stålverk i Torneå. Leveransen var en fortsättning på den automatiska tillverkningslinjen för provstavar som Laserplus levererat tidigare.

Outokumpu Stainless satsar på nya produktionsteknologier. Laboratoriet för kvalitetsövervakning sökte en ny, ersättande teknik för märkningen av provstavar, vilken tidigare gjordes med bläckstråle. Målet för anskaffningen var att uppdatera märkningssystemets datasystem samt att förbättra märkningens kvalitet.

– Då proven testas i automatiserade linjer måste



Jussi Tykkä, Laserplus robotexpert, visar en 180 kg KUKA robot som ska anslutas till ett laser-produktionssystem. Genom den mobila styrpanelen kan roboten omprogrammeras i realtid då produkt-serierna ändras.

identifieringen vara säker till 100 %. Fiberlaserteknologin har medfört att märkningen av provstavar och djupdragna raster förbättrats märkbart beträffande kvalitet, beständighet och uppföljning, berättar laboratoriechefen Sami Kokkonen på Outokumpu.

I synnerhet vid korrosionstester kvarstår den djupa lasermarkeringen trots att materialet korroderar. Märkningsplanet kan justeras upp till 3 mm och är således pålitligt också då arbetsstyckena har böjda eller ojämna ytor. Utom 2D-koden märker den nya anläggningen också bitkarta och vektorgrafik.

Laserplus fiberlaser märkningsanläggningar levereras enligt arbetsområdet för kundens produkt. Märkning med fiberlaser har närmast inga materialbegränsningar och till det användarvänliga gränssnittets egenskaper hör bl.a. att skyddskåpan öppnas automatiskt efter

Om Laserplus

Laserplus delar med sig av sitt kunnande inom laserbearbetning inom tre verksamhetsområden: kontraktstillverkning, system- och anläggningsbygge samt expertservice. Affärsverksamhetsområdena stöder varandra och synergin som uppstår kan utnyttjas av kunden inom tre olika sektorer.

Om Outokumpu

Outokumpu är ett internationellt bolag inom branschen för rostfritt stål. Företaget har målsättningen att bli odisputabel Nummer Ett i rostfritt, med framgång grundad på operativ förstklassighet. Rostfritt stål är den snabbast växande metallmarknaden världen runt. På denna marknad är Outokumpu också vitt erkänd som världsledande beträffande tekniskt stöd, forskning och utveckling. Outokumpu har verksamhet i 30 länder och har 8000 anställda. År 2007 var Gruppens försäljning 6 900 MEUR.

Efter endast tre dagars produkttest var den nya märkningsanläggningen i fullvärdig användning inom produktionen.

det märkningen har utförts. De mest betydande fördelarna med 20 W fiberlasern (arbetsyta 400x400 mm, laserälla IPG Photonics) som levererats till verket i Torneå är strålens kvalitet, det lilla energibehovet, den enkla transporten av strålen i fibern, servicefriheten, luftkylningen samt det stora antalet driftstimmar som utlovas för laserkällan. Förutom de minskade årliga underhållskostnaderna minskade också Torneåverkets driftskostnader på grund av att man slipper det kontinuerliga bytet av lösningsmedel och bläck som bläckstrålemärkningen krävde.

– Produkterna som levereras till kund från stålverket i Torneå testas enligt standard på materialprovning-laboratoriet inom Outokumpu forskningscenter i Torneå, så administrationen av de testade proven kräver således en fungerande IT-lösning. Genom att arbeta med databas-system effektiviserades arbetssättet och administrationen underlättades, berättar Kokkonen.

Snabb igångkörning

Märkningsanläggningens första fabrikstester utfördes i Laserplus utrymmen i Tavastehus och de andra fabrikstesterna i Outokumpu-fabrikens produktionsutrymmen i Torneå. Användarutbildningen utfördes i samband med anläggningens idrifttagande i produktionen. Efter endast tre dagars produkttest var den nya märkningsanläggningen i fullvärdig användning inom produktionen. ☺

Mer information genom:

Elina Tuurinkoski, +358 40 570 5051,
elina.tuurinkoski@laserplus.fi

www.laserplus.fi, www.kuka.com, www.outokumpu.com

Lasergruppen ställde ut på Tekniska Mässan i Stockholm

Av Per Westerhult, Lasergruppen

Tekniska Mässan ägde i Stockholm ägde rum den 21–24 oktober. Liksom förra året ställde Lasergruppen ut i Svetskommissionens monter. Svetskommissionens monter var mycket välbesökt under de fyra dagarna mässan pågick. Cirka 22 000 personer besökte mässan.

Lasergruppens ordförande Johnny K. Larsson från Volvo Cars hjälpte till i montern en dag och informerade intresserade om laserteknikens fördelar. Montern besöktes även av många skolklasser (från årskurs 8 till gymnasiet) som fick en introduktion om laserteknik under besöket. ☺



Svetskommissionens och Lasergruppens monter var välbesökt under mässtdagarna. Här informerar Lasergruppens sekreterare en skolklass hur lasertekniken används vid svetsning och skärning.

EWF – SPECIALKURS LASERSVETSNING

**Nu med
15 kW
fiberlaser!**

Ny kurs genomförs under hösten 2009.

Preliminära datum: 9–10/9, 6–8/10 och 11–12/11

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

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

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

Welcome to the NOLAMP Conference!

The NOLAMP conferences have become a successful tradition. They take place every second year changing between the four Nordic countries Norway, Sweden, Finland and Denmark, and are high quality international conferences focussing on laser processing of materials.

In August 2009 the conference will take place in Copenhagen, Denmark, and it is a great pleasure for us to invite you to participate. It is the third time that Denmark hosts the conference and we hope that many of you will take this opportunity to meet others experts in laser materials processing, and to learn about manufacture, research and development in laser processing laboratories and industry. The conference will cover the latest laser research and development work performed by industry, institutes and universities in the Nordic countries and elsewhere.

To make the conference of maximum value to everybody it will have dedicated sessions within the various topics of the conference. Each session will contain one or two invited key-note speakers.

We look forward to seeing you at the 12th NOLAMP conference in Copenhagen, August 2009.

Flemming Olsen and Jens Klæstrup Kristensen,
Danish Technical University and Force Technology
Chairmen of the conference.

Regards,
Steen Nielsen,
FORCE Technology, Denmark
sen@force.dk

Organisation timetable and deadlines

Abstract submission:	15 December, 2008
Pre-registering:	15 December, 2008
Notification of authors:	1 February, 2009
Second announcement and preliminary program: ..	15 February, 2009
Early-bird registering:	15 May, 2009
Manuscript deadline:	15 May, 2009
Payment deadline:	15 June, 2009

Conference secreteriat

ATV-SEMAPP

Produktionstorvet 427 S

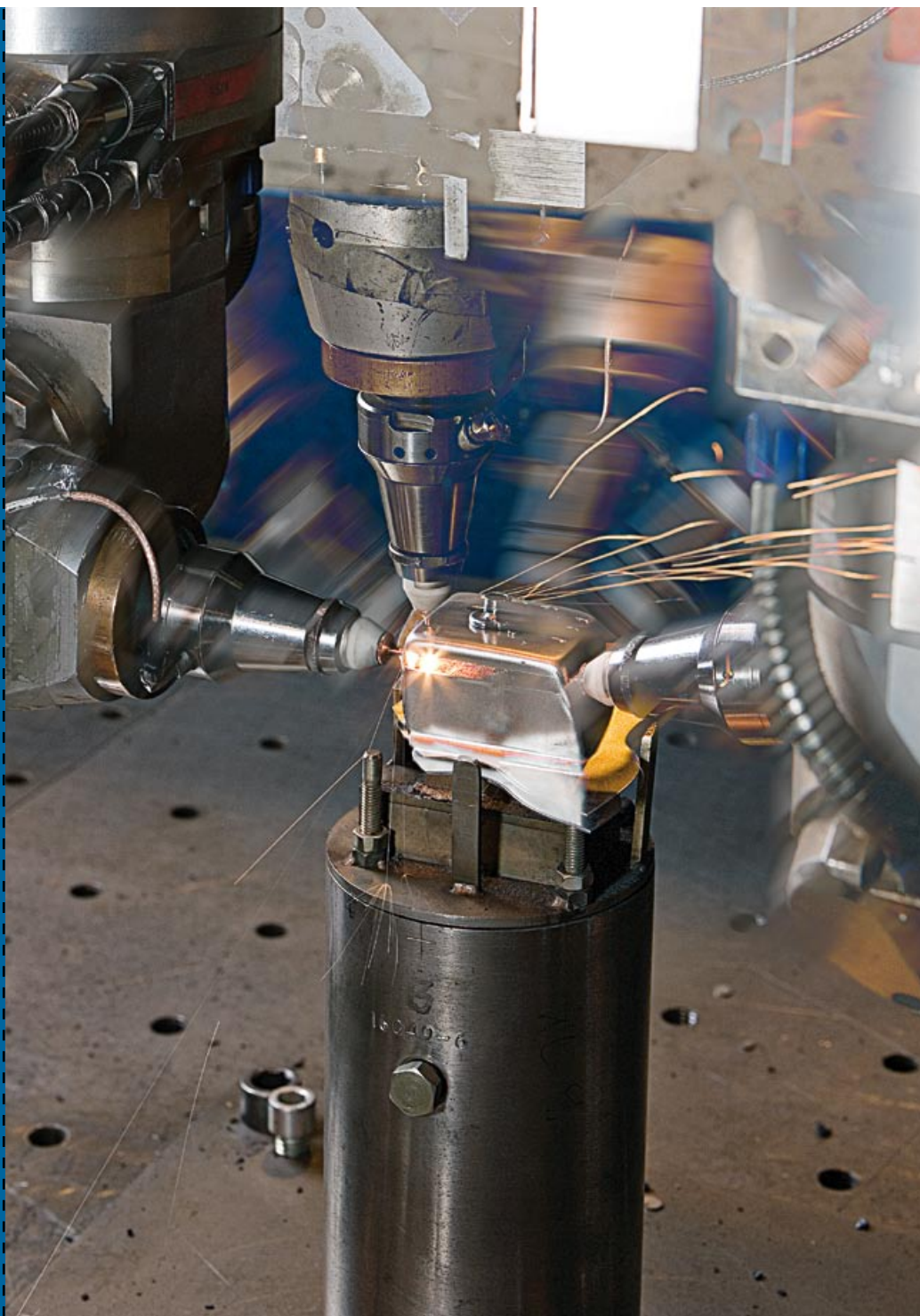
The Technical University of Denmark

DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark

Att: Anette F. Kaltoft, phone no. +45 4525 4717 (8:00–12:30) or

Erling D. Mortensen, phone no. +45 4593 4570, e-mail semapp@ipl.dtu.dk

Air Liquide ger fart åt produktiviteten



Lasern är bara en av flera länkar i en stark kedja. En noggrann och kontinuerlig produktion handlar nämligen också om den rätta gasen, den kompetenta leverantören och den engagerade servicen.

När du använder LASAL-gaser från Air Liquide får du en rad olika fördelar som underlättar och säkerställer din produktion. Gaser och emballage är specialdesignade för att garantera stabilitet och kontinuitet i din process. Men Air Liquide har inte bara rätt gas – vi är också rätt partner när det gäller teknisk rådgivning, installation, utrustning och tjänster.

Vi besöker dig gärna och förklarar hur du kan ha nytta av oss. Ring oss på **040-38 10 00** eller skicka e-post till **info.sweden@airliquide.com** för att bestämma en tid.



Kalendarium 2009

Mars

- 26 Laserseminarium "Konstruera för Laser"
Meritor HVS AB, Lindesberg
Per Westerhult

Maj

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

Juni

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

Augusti

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

September

- 9-10 EWF Specialkurs Lasersvetsning startar
Luleå tekniska universitet
Hans Engström

Oktober

- 6-8 EWF specialkurs fortsättning
Luleå tekniska universitet
Hans Engström
15 LaserNytt 2
22 Laserdag 2
Transpo Konstruktions AB, Älmhult
Per Westerhult

November

- 2-5 ICALEO 2009
Orlando, Florida, USA
www.laserinstitute.org
11-12 EWF specialkurs fortsättning
Luleå tekniska universitet
Hans Engström
26 Workshop Lasersvetsning
Lasercentrum i Gnosjö
Per Westerhult

December

- 15 LaserNytt 3

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

