

LASER

3-06 *nytt*



Lasersvetsning i exotisk miljö

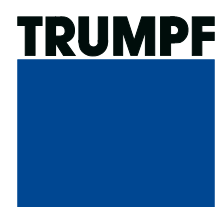
- Lasers go Down Under ■ Spännande laserumgänge i exotisk miljö
- En dag på jobbet för Hans Hornig, BMW ■ EuroBlech 2006 slog alla rekord
- EuroBlech i Hannover 2006 ■ Intryck från EuroBlech 2006
- Succé för svensk-dansk laserdag i Brøndby

www.se.trumpf.com



Shape the future with light.

Laser:TRUMPF.



Fascination of Sheet Metal Ny utgåva av TRUMPFs bestseller



Upptäck plåtbearbetningens värld. Boken, skriven på engelska, täcker in ett brett ämnesområde, från konstruktörens idé hela vägen fram till färdig detalj:

- Allt Du någonsin önskat att känna till om bearbetning av metaller finns samlat i 9 kapitel, på 252 sidor, med 210 bilder och 98 grafiska illustrationer.
- Know-how från en källa: exakt, kortfattad, lätt, att förstå
- Talrika exempel från välkända företag förmedlar direkta intryck med fördjupad insyn inom ett flertal områden.
- Beställ Ditt eget exemplar av "Fascination of Sheet Metal" idag till ett introduktionspris av SEK 490,00 ex moms och spara SEK 100,00. (Gäller fram till 31 januari 2007.) Fraktkostnad tillkommer.
- Lasergruppens medlemmar kan under december 2006 – januari 2007 köpa boken till ytterligare rabatterat pris: SEK 400,00 ex moms.

TRUMPF maskin ab
Box 606, 441 17 Alingsås
telefon: 0322 – 66 97 00
e-mail: inof@se.trumpf.com,
www.se.trumpf.com

Beställningen skickar Du till: info@se.trumpf.com

LASER nytt

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

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.eu

© Lasergruppen

Produktion: Breakwater Publishing AB,
www.breakwater.se, info@breakwater.se
Tryck: Majornas Copyprint, Göteborg 2006

- 4 Hur skall vi konkurrera med låglöneländer
- 5 Succé för svensk-dansk laserdag i Brøndby
- 13 Lasers go Down Under
- 21 Spännande laserumgänge i exotisk miljö, del I
- 32 En dag på jobbet för Hans Hornig, BMW
- 36 EuroBlech 2006 slog alla rekord
- 40 Laserkalendarium 2007
- 40 Lasergruppens nya hemsida

Företagsanpassade kurser inom laserteknik

Av Per Westerhult, Lasergruppen

Sedan flera år tillbaka har Lasergruppen genomfört endagskursen "Laserteknik - möjligheternas teknik". Syftet med kursen är att ge deltagarna grundkunskaper i allmän laserteknik (processerna skärning och svetsning), samt att ge tips och idéer hur man som konstruktör och produktionstekniker kan utnyttja teknikens fördelar.

Då efterfrågan på kortare utbildningar inom laserteknik är stort, har Lasergruppen tagit fram en endagsut-

bildning inom lasersvetsning (workshop – lasersvetsning). Kursen har hittills genomförts två gånger med mycket gott resultat.

Kansliet har även på senare tid fått förfrågningar från ett antal företag att "skräddarsy" utbildningar, anpassade för det enskilda företaget.

Därför har Lasergruppens styrelse, som ett led i att sprida laserteknikens möjligheter, beslutat att erbjuda medlemmarna kurser som är anpassade till det enskilda företagens behov.

För ytterligare information, kontakta Per Westerhult på kansliet.

Tankar från styrelsen

Hur skall vi konkurrera med låglöneländer?

av Johan Elster, VD, Bystronic Scandinavia AB

”Svenska industrijobb flyttar till Kina” läste jag häromdagen i DN. Och det är inte den enda artikeln i det här ämnet. Dagligen matas vi med information om nedskärningar av jobb, företagsflytt och nedläggningar. Ja, det haglar tätt med artiklar och snyftande TV-inslag. Men få pratar om hur vi skall göra för att behålla jobben i Sverige. För mig är det inte enbart en politisk fråga som går ut på att skapa ett optimalt företagsklimat. Visst, det är en förutsättning, men det räcker inte. Att tillverka samma produkter på samma sätt år efter år har aldrig varit lönsamt. Vi måste satsa på produktutveckling, produktionsteknik, logistik och marknadsföring. Inom dessa områden har vi generellt sett kommit längre än våra konkurrenter i låglöneländer. Och det är här lösningen finns. Vi måste utnyttja och vidareutveckla det vi redan är bra på. Och det är här även lasertekniken kommer in i bilden.

Många kan investera i högteknologisk utrustning. Det är bara en fråga om finansiering. Men högteknologisk utrustning är bara ett verktyg, precis som en dator. Nyckeln till framgång ligger i att utnyttja verktygets möjligheter och det kräver så mycket mer, bland annat kompetens, kreativitet, osv. Ny teknik öppnar för enorma besparingsmöjligheter i produktion av befintliga produkter men ger även möjlighet att utveckla nya. Vi är traditionellt sett duktiga på förädling och produktionsteknik i Sverige. Mycket kompetens finns hos underleverantörerna och de är ofta flexibla, påhittiga och ständigt utsatta för prispress och konkurrens. Därför borde alla som tillverkar färdigprodukter (OEM) involvera sina underleverantörer i produktutvecklingen för att nyttja deras kompetens. Redan vid konstruktionsstadiet är det viktigt att tänka laser. Vi måste bli duktigare på att minimera arbetsmomenten och tidsåtgången under hela förädlingsprocessen och här ger lasertekniken oss unika möjligheter.

Under laserseminariet på FORCE institutet i Danmark i oktober berättade Sassa Mikic från Transpo i Älmhult hur han lyckades konkurrera ut kinesiska leverantörer på pris. Transpo tillverkar sedan flera år tillbaka bords-



stativ i plåt och rör till Ikeas restauranger. Konstruktionen var för dyr att tillverka i Sverige, så det lutade åt att de var tvungna att släppa jobbet till Kina. Men genom att konstruera om bordsstativet och utnyttja rörlaserns många möjligheter, lyckades Transpo eliminera alla svetsmomenten på produkten. Tre veckors tankearbete resulterade i en produkt som var mycket konkurrenskraftig och dessutom så smart att förpackningen minskade från 50 till 10 liter. Sassa är på rätt spår och jag hoppas många andra tar efter. Då kan vi behålla och även skapa nya intressanta jobb i Sverige!

Succé för svensk-dansk Laserdag i Brøndby

av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Det blev en rungande succé för den första svensk-danska laserdagen som hölls hos FORCE Technology i Brøndby, strax utanför Köpenhamn. Mer än 80 deltagare fanns på plats för att uppleva det historiska arrangementet när Laserruppen i Sverige och den danska Laser-ERFA-Gruppen slog sina påsar ihop till en intressant, informativ och förbrödande tillställning. Som kronan på verket visade Force en fullständigt unik lasersystem för svetsning av raketdysor till Ariane 5 raketerna utvecklade på uppdrag av Volvo Aero.

- Laserteknologin har en lång utveckling i Danmark berättade Professor Flemming Olsen, Danmarks tekniska universitet i sin välkomsthälsning, som själv började med forskning om laserskärning i början av 1970-talet. Redan 1975 startade laserbearbetning då den första lasern kom till Danmark. Den danska lasergruppen etablerades 1986 som en underavdelning till ATV/SEMAPP (The Academy of Technical Sciences / The Society of Process and Production Engineering). Laser-ERFA-gruppen har genom tiderna arbetat mycket med utbildning riktad mot industrin, men den verksamheten har minskat allteftersom laserteknologin har blivit alltmer mogen.

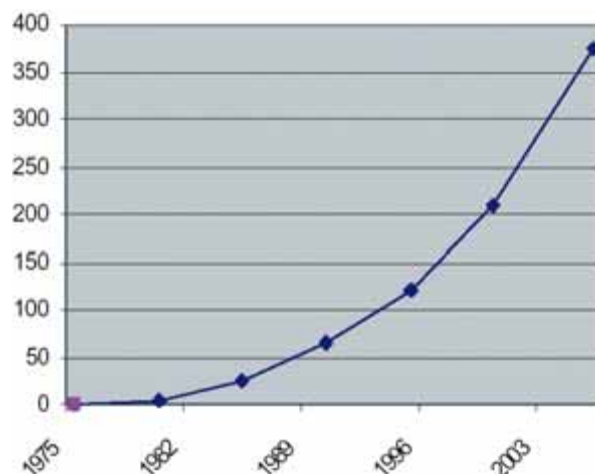
- Danmark har många små och medelstora företag med många duktiga underleverantörer och laserskärningen har utvecklats speciellt kraftigt bland dessa fortsätter Flemming Olsen. Däremot finns svetsning i ett relativt litet antal företag.

-Det har kommit många nya lasrar på marknaden men hittills har ingen kunnat slå CO₂-lasern. Men nu tror jag det finns en ny lasertyp som kommer att göra detta och det är fiberlasern, avslutar Flemming Olsen.

Stark utveckling av lasermarknaden i Danmark

En som känner utvecklingen i Danmark väl är Gert Christiansen AGA A/S / Linde Gas och han berättade att laseranvändningen tog ordentlig fart i mitten på 1980-talet då laserskärningen började ersätta traditionella maskiner för plåtbearbetning.

- I dag finns 350-400 lasrar i Danmark i effektområdet 50-20 000W, berättar Gert. Av dessa så används 175-200 stycken för skärning i metall och 15-20 för



Antalet lasrar för industriell bearbetning ökar stadigt i Danmark.



Försäljning av laserskärmaskiner i Danmark 2002-2005.

skärning i plast och papper. Det finns ca 30 stycken Nd:YAG- och 10 CO₂-lasrar som används för svetsning; för gravering finns 30 stycken och för borrning /ytbehandling ca 10 stycken.

- Försäljningen av laserskärmaskiner tog ordentlig fart under 2003 och tillväxten är fortfarande hög även om den har mattats det senaste året, fortsätter Gert. Maskinerna omsätts i hög takt och det skiftas ofta ut efter 3-5 år.

- Det finns ca 900 plåtbearbetande företag i Danmark och av dessa så utnyttjar ca 175 stycken laserskärning. Av dessa används 90-95 stycken för 2D och resten för 3D-skärning. 100 företag använder en lasermaskin, 40 företag 2 maskiner och 20 stycken tre eller flera. Andelen underleverantörer är 35 % och resterande 65 % är tillverkare med egna produkter som möbler, hushållsmaskiner, jordbruksmaskiner, värmekaminer, pump- och filtertillverkare och tillverkare av bildelar. Utvecklingen är att antalet underleverantörer minskar.

Gert Christiansen summerar laserverksamheten i Danmark:

- dansk industri utvecklas kraftigt
- lasermarknaden utvecklas starkt både i antal företag som använder laser och antal lasermaskiner
- brett nät av lasermaskinleverantörer
- modern maskinpark och stort know-how
- stabil marknad med goda framtidsutsikter

Nytänkande är gratis

Vad bidrar då till den starka laserutvecklingen som sker inte bara i Danmark utan även i Sverige och andra länder?

- Ja, det gäller att kunna tänka i nya banor säger Sassa Mikic, vd vid Transpo Konstruktions AB. Han har utvecklat Transpo's lag som lyder:

nyttänkande/produktionsteknik = total ekonomi (n/p=e).
Med det menar Sassa Mikic att genom nyttänkande i

hur man utnyttjar lasertekniken kombinerat med laserns produktivitet så får man en kraftig inverkan på total ekonomin. Transpo Konstruktions AB är en underleverantör i Älmhult med 55 anställda som omsätter 67 MSEK. Man har använt laser för rörskärning i 19 år och har nu tre maskiner för detta. IKEA var nästan den första kunden men är nu den största.

Sassa Mikic berättar engagerat och visar med två exempel på hur nytänkandet dramatiskt kan ge en starkt förbättrad total ekonomi. Det första exemplet är från Svenska SKUM/Macron UK och gäller en detalj som tillverkas av ett profilrör. Sassa visar tillverkningsgången före och efter laserskärning började användas (Se figur nedan).

Det andra exemplet är ett bord som används på IKEA'S alla resturanger world-wide och detta bord skulle bytas ut. Det rörde sig totalt om 20 000 stycken. Sassa var ytterst tveksam om man skulle offerera på detta jobb



Ett kreativt nytänkande förändrade radikalt tillverkningsgången för denna detalj berättade Sassa Mikic, Transpo Konstruktions AB

Före

Kapning
Kapning
Kapning
Transport/lagring: 3x
Gradning
Gradning
Gradning
Transport/lagring: 3x
Borming Höger
Borming Vänster
Transport/lagring: 2x

Uppstart av svetsning:

Hämta material på 4 olika pallplatser
Ta fram svetsjigg+kontroll
Uppsättning av 5 olika rör i svetsjigg
Manuell svetsning

Efter

Rörlaserskärning
Transport/lagring: 1x

Uppstart av svetsning:

Hämta material på 1 pallplats
Är sin egen jigg
Robotsvetsning (ungefär 3ggr fortare)

eftersom bordet var svetsat och man visste att det i princip var omöjligt att slå kineserna på denna typ av arbete.

Men man satte i alla fall igång tankesmedjan med målet att bordet inte ska svetsas och efter mycket arbete kunde man presentera en lösning fylld av nytänkande. Transpo's bord var hela 13 % billigare än kinesernas så man fick jobbet och har nu tillverkat 11 000 stycken.

- Det går att ta det ett steg längre hävdar Sassa Mikic.

I detta fall gav Transpo's lösning 75 % mindre transport- och lagringsvolym vilket sparade in 11 stycken 20-fots containrar vid frakten.

-Det är gratis att tänka nytt hävdar Sassa Mikic. Och det finns mycket mera att hämta i konstruktionsväg!!

Tänk laser vid konstruktion

Även Johan Elster, vd Bystronic AB, talade på temat att "tänka laser redan vid konstruktionsstadiet".

- Alltmera produkter konstrueras idag i plåt för att det ger flexibilitet, låg vikt och lägre kostnader, säger Johan Elster. Ett typiskt exempel är hos Alimak där man har konstruerat en självbärande konstruktion som tillverkas med hög repeterbarhet och precision.



Detaljer till IKEA-bord tillverkad utan svetsning av Transpo Konstruktions AB

Tillverkningsgången för IKEA-bordet:

Projekt: IKEA X-Table

Mål: "Skall ej svetsas!"

Före

Antal ingående artiklar: 15st

Kapning av rör: 1st
Kapning av rör: 2st
Kapning av rör: 2st
Transport/lagring: 3x

Gradning: 1st
Gradning: 2st
Gradning: 2st
Transport/lagring: 3x
Kapning av plattjärn: 4st
Gradning
Börning
Bockning
Transport/lagring: 4x
Ta fram svetsjigg+kontroll 4x
Svetsning
Svetsning
Svetsning
Svetsning
Till lackering

Efter

Antal ingående artiklar: 8st

Rörlaserskärning
Rörlaserskärning
Rörlaserskärning

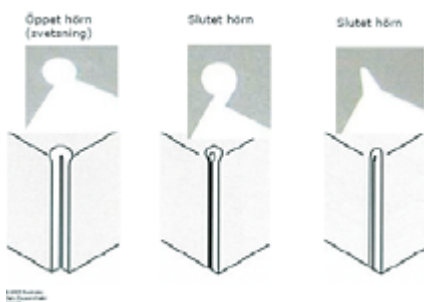
Laserskärning av låsplatta
Laserskärning av fäste lås-stång
Transport/lagring 1x

Svetsning

Till lackering



Specialhörn med stor radie i 1.5 mm rostfritt stål



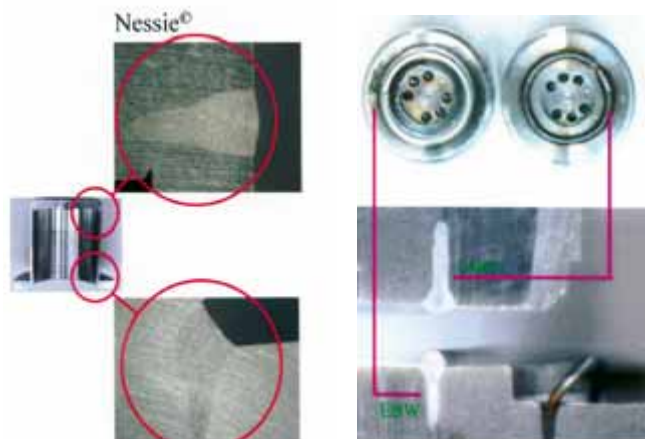
Konstruktion för laserskärning av hörn



Exempel på olika hörnvarianter i 2 mm svart plåt

Laserskärningstekniken går också framåt vilket ökar användningsmöjligheterna berättar Johan. De minsta hål som kan skäras (cv) i svart plåt upp till 15 mm ligger i området 0.6-1x D och i området 15-25 mm 1.0-1.5xD. Med pulsat nås även bättre resultat. Radier på 0.8 mm kan skäras i svart material med tjocklek 4 mm; i 25 mm material blir radien 4 mm. Ytfinheten i skärnsnitten kan ligga i området 10-50 mikrometer men är tjockleksberoende. Instickshålen kan göras små och instickstiden i 10 mm plåt ligger på 1 s med Bystronics CCP-teknik (Controlled Pulsed Piercing). En detalj som man kan ta hänsyn till vid konstruktion är att optimera hörnen vid laserskärningen, berättar Johan. Förtjänsten ligger då längre fram i processen vid montering och svetsning.

- Om man tänker till och utnyttjar tekniken kan man konstruera så att man slipper svetsning och borring säger Johan Elster.



Två exempel på produkter som lasersvetsas hos Danfoss: a) fläns till pumphus b) transducer



Ankarrör där ferritiskt och austenitiskt rostfritt stål lasersvetsas.

Flera detaljer kan ersättas med en om man tänker till och Johan visar exempel på detta.

Andra tekniker man kan använda är flikar och hål, uttag vid bockning, avlastningssnitt för att förhindra deformation av hål, mikrobryggor som håller ihop detaljer under bockningsprocessen (separeras efteråt), styrtappar, laserskärning av kantpressverktyg i plåt, skärning av bocksnitt och avlastningssnitt vid "prototyping".

-Många tar idag tillbaka produktion från Baltikum avslutar Johan Elster. Vi måste satsa vad vi är bra på!

Lasersvetsning i masstillverkning hos Danfoss

Ett företag som har utnyttjat lasersvetsning ända sedan 1986 är Danfoss, berättar Erik Dohn Laursen, som är teamledare vid svets- och skärverkstaden vid Danfoss A/S Industri Service Technology. Idag har man 15 stycken Nd:YAG och 2 stycken CO₂-lasrar i produktion. Pro-



Lasersvetsad specialdetalj som tillverkas hos CEPA Steeltech



Lasersvetsat chassi hos CEPA Steeltech



Lasersvetsat rostfritt dykrör i tjocklek 0.4 mm

dukterna som svetsas tillverkas i mycket stora serier så därför svetsas 3-400 000 ämnen varje vecka.

Erik berättar om några lasersvetsapplikationer som finns hos Danfoss. Man svetsar flänsen till ett pumphus med ett svetsdjup på 5-6 mm. Ett annat exempel är trycksensor till stora dieselmotorer där svetsen är förskjuten för att optimera sammansättningen i svetsgodset. Det tredje exemplet är ett ankarrör som ska tåla 1000 bars tryck där ett ferritiskt rostfritt stål svetsas till ett austenitiskt.

Erik konstaterar att trots att lasersvetsning är en tillförlitlig metod så kan det uppstå flera olika typer av fel. T.ex. geometrin vid svetspalten, vid svetsning av rostfritt bör svavel och fosforhalten kontrolleras noggrant, renheten är viktig så olja och rengöringsmedel får inte finnas i svetsfogen, spänningssprickor kan också uppstå

Danfoss tillverkar många av sina produkter i stora serier. Man har t.ex. en s.k. TU-ventil i rostfritt stål som tillverkas i mer än 1 miljon styck per år.

Lasersvetsning hos en underleverantör

-Men om Danfoss masstillverkar så fungerar lasersvetsning i små serier hos oss säger Peter Nielsen, CEPA Steeltech AB. Det går bra att svetsa 30 stycken detaljer.

Företaget som har 50 anställda har nyss bytt namn från Vilas AB och fått nya ägare. Idag har man två bäddlasrar och två lasersvetsmaskiner.

- Vi lever i en situation idag där många tycker att mycket a-mått är starka grejer, säger Peter. Så det handlar mycket om att övertyga att lasersvetsning kan vara bra (trots avsaknad av a-mått) och det kräver tålmod. Det handlar om att skapa förståelse för lasersvetsning.

- I huset har vi nu en mognad vad gäller lasersvetsning och vi vet vad vi kan svetsa. Det handlar mycket om



Lasersvetssystem hos Danfoss A/S

fixturering och där kostnaderna beror på vilken automatiseringsgrad man väljer. Ofta är bilden så att det är lite svetsid och mycket hantering. Och som sagt hos oss går det bra med små serier.

Peter Nielsen berättar bl.a. om en lasersvetsapplikation där en tjock platta ska svetsas mot fyra rör med en godstjocklek på 0,8 mm. Man smälter kanten och svetsen är direkt godkänd. En annan applikation är ett komplicerat "chassi" där många detaljer ska svetsas samman. TIG svetsningen gav många problem medan lösningen med laser fungerar bl.a. tack vare små deformationer.

Peter berättar också att man lasersvetsar ett 0.4 mm tjockt dykrör i rostfritt stål. Man har provat TIG med den metoden fungerar inte.

Med denna exposé över intressanta produkter som lasersvetsas hos CEPA Steeltech avslutar Peter Nielsen sin presentation. Och arbetet med att lära markanden lasersvetsningens möjligheter fortsätter...

Laser Fusing hos FORCE

FORCE Technology har en lång tradition med ytbehandling i sin laserrepertoar och nu har man väckt liv i en teknik som introducerades på 1970-talet. Då använde man olika typer av termisk sprutning för att applicera påsvetsmaterialet på den yta som ska beläggas och sedan omsmälter man det sprutade skiktet. Då får man ett homogent skikt som blir metallurgiskt bundet till grundmaterialet. Processen kallas ibland för laser fusing.

- Termisk sprutning ger som metod att tillföra material hög beläggningshastighet, begränsat spill, hög produktivitet, samt att man kan lägga på flera lager (även av olika material) säger Steen Erik Nielsen, avdelningschef vid FORCE

- Med vår stora CO₂-laser på 20 kW kan vi sedan omsmäla spår som är 25 mm breda. Applicerat på ett Metco 539 material (50 % WC + Ni) så kan vi nå hårdheter på 1000 HV.

Steen berättar om en applikation att belägga kolvringsspår i fartygsmotorer där man just utnyttjar möjligheten att omsmäla ca 20 mm breda spår. Två andra lovande applikationer som man använder kommersiellt är både invändig och utvändig beläggning av rör.

- Den invändiga beläggningen är ett alternativ till förkromning som efter slipning ger en spegelblank yta. Även här kör man med 25 mm spårbredd och lasereffekten är i området 6-8 kW, säger Steen.

- Tekniken gör det möjligt att påsvetsa tunna beläggningar (0.5-1mm) med begränsad uppblandning och tjocklekstoleranser på ca 0.1 mm. Den ger också hög produktivitet för stora ytor. Flerlagerbeläggningar ger också intressanta möjligheter att skapa sandwichbeläggningar, avslutar Steen Erik Nielsen.

Unik teknik vid lasersvetsning i raketdysor

FORCE Technology är med i ett intressant rymdsamarbete med bl.a Volvo Flygmotor och där har man medverkat i att utveckla lasersvets teknik för att tillverka raketdysor till Ariane V raketten.

Raketdysan sitter i Vulcan 2 -motorn som finns i mitten och omges av de två fastbränsleraketerna på Ariane V-raketten, berättar Jakob Nørgaard, FORCE Technology. Vulcan 2 motorn är 2.3 m hög och har en diameter på 2.1 m med vikt 400 kg. Bränsleförbrukningen är 250 kg/s och flamtemperaturen 3000 grader. Kylningen av dysan sker med flytande nitrogen (-240 grader °C) som strömmar i spår igenom den dubbelmantlade dysan. Vid dysans mynning antänds gasen och bidrar till lyftkraften. Livslängden är 10 minuter.

- Svetsen är helt dold och toleransen måste hållas inom 0.1 mm. Detta är ett krav som kompliceras av att



Lasersvetsssystem för svetsning av raketdysor till Ariane V-raketten.

dysan slår sig under svetsningen. Lösningen på detta intrikata problem är en fogföljningsutrustning som arbetar on-line med röntgenstrålning, säger Jakob. Dessutom har vi Laser Vision Profiling system som registrerar svetsbredd och konkavitet. Motortesten är planerad att ske sent 2007.

För att ytterligare säkerställa svetskvaliteten används också ett automatiskt NDT system.

FORCE Technology har bidragit med idé, förstudie, demonstratorer, tillverkning av produktionsutrustning och teknologioverföring avslutar Jakob Nørgaard.

Friction Stir Welding aluminiumfålgar

Men allt kretsar inte kring lasersvetsning hos FORCE Technology. Man arbetar bl.a. också med andra svetsmetoder som Friction Stir Welding (FSW) och elektronstrålesvetsning. Jens Klæstrup Kristensen berättar att FSW ger utomordentliga utmattningsegenskaper eftersom materialet inte smälter under processen.

Man svetsar aluminium i tjocklekar från 1-25 mm och när vi besöker FSW-laboratoriet pågår försök att svetsa Al-fålgar till en stor europeisk biltillverkare. Jens berättar också att FSW är en högtintressant metod att försluta kopparkapslar vid slutförvaring av utbränt uranbränsle och då pratar vi svetsdjup på 50 mm.

Elektronstrålesvetsning lever vidare, berättar Jan Ternøe, FORCE Technology och demonstrerar livfullt möjligheterna med den 7.5 kW system som finns vid FORCE. Det är en äldre anläggning som man moderniserat och försett med digital teknik.

Den svensk-danska Laserdagen blev både en lärorik och trevlig dag och arrangemanget lockar säkert till en upprepning i sinom tid. Johnny K. Larsson har redan börjat fundera på en ny förbrödringsdag med våra danska vänner.

BILDKOLLAGE FRÅN DANMARK

Flemming Olsen, Danmarks tekniska universitet och Johnny K. Larsson, Volvo Cars, tackar varandra för ett mycket lyckat arrangemang. Fortsättning lär följa...



Professor Flemming Olsen, Danmarks tekniska universitet, hälsade deltagarna välkomna till den svensk-danska Laserdagen.



Gert Christiansen AGA A/S presenterade om laserutvecklingen i Danmark.



Peter Nielsen, CEPA Steeltech AB, berättade om hur det är att arbeta med lasersvetsning som underleverantör.



Jakob Nørgaard, FORCE Technology informerade om lasersvetsning av raktetdysor och visar en modell av den dubbelmantlade dysan. I den inre konan han man fräst spår och den ska sedan svetsas till den yttre konan. Det gäller att träffa kammarna i den inre konan där svetsarna är helt dolda. Lösningen är fögföljning med digital röntgenteknik.





Svetsning med elektronstråle hos FORCE visas av Jan Ternøe.



Sassa Mikic, Transpo Konstruktions AB, visar engagerat hur man med kreativt nytänkande dramatiskt kan förbättra totalekonomi i tillverkning med rörlaserskärning.



Johan Elster, Bystronic AB, berättade om vikten att konstruera för laserskärning för att utnyttja det mesta av laserteknikens fördelar.



Steen Erik Nielsen, FORCE Technology presenterade om laserfusing, tekniken att skapa högkvalitativa ytbeläggningar med termisk sprutning och laseromsmältning



Jens Klæstrup Kristensen, FORCE Technology demonstrerar principen för Friction Stir Welding och visar FSW anläggningen där man nu utvecklar teknik för att svetsa Al-fälgar.



Erik Dohn Laursen berättade att Danfoss A/S har använt lasersvetsning sedan 1986 i produktion.

Lasers go Down Under

- Rapport från konferensen PICALO 2006, "The 2nd Pacific International Conference on Applications of Lasers and Optics", Melbourne, Australien, 3-5 April 2006.

av Alexander Kaplan, Luleå tekniska universitet, och David Bergström, Mittuniversitetet,

LIA, Laser Institute of America, som koordinerar den stora ICALEO-konferensen i USA varje år initierade för två år sedan PICALO-konferensen för att sprida och utbyta kunskap om laserbearbetning även i sydöstra Asien och Oceanien. För andra gången i rad gick den av stapeln i Melbourne, Australien (nästa konferens är förlagd till Peking under våren 2008).

Tyvärr blev intresset från Asien lågt, som ju också hade den japanska LAMP-konferensen samma vår. Av de 105 registrerade deltagarna var hälften från hemmaplan och 32 från Europa, men bara 13 från diverse asiatiska länder. Alexander var den ende företrädaren för Norden (med presentationer från tre av hans doktorander).

Som det så ofta brukar göras nuförtiden, delades konferensens presentationer eller posters (totalt ca 80 till antalet) in i ett program om mer "konventionell" laserbearbetning och i ett program om mikro-, nano- och ultrarask laserbearbetning. Medan en del av presentationerna var upprepningar av tidigare konferenser eller inte innehöll några särskilda överraskningar, tänkte vi här försöka fokusera på vissa väsentliga och innovativa bidrag som dök upp.

I plenarmötet pratade "laserpåven" Prof. Poprawe, direktör för det största laserinstitutet i världen, Fraunhofer Institut für Lasertechnik, i Aachen, om holistiska koncept för integration av lasersystem i produktion. Detta i synnerhet vad gäller anpassning av laserälla till applikation, t.ex. våglängd till material eller fokusering

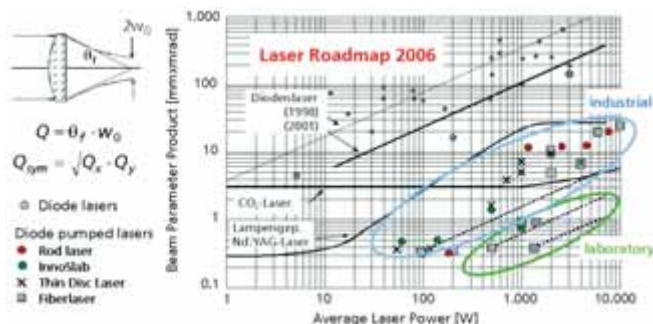


Bild 1: Vidareutveckling av laserkällor: strålkvalitet (fokuserbarhet) som funktion av stråleffekt för olika laserkällor.

till geometri (även om ordet holistisk står för allövergripande så är det dock en definitionsfråga om det är rätt begrepp att använda). Det fortsätter att hända en hel del på fronten laserkällor. Speciellt fiberlasern har ju på kort tid utvecklats till en högeffekt laser med hög strålkvalitet. Utvecklingen att strålparameterprodukten (strålkvalitet, fokuserbarhet) för ökande effekt närmar sig den fysikaliska gränsen, se Bild 1 (grundmod = de två horisontala nivåer i Bild 1 som börjar från vänster för CO₂-lasern och Nd-YAG-lasern, respektive), har påskyndat sig för vissa laserkällor.

Nd:YAG-lasern börjar nu allt bättre kunna utnyttja sin potential av att kunna uppnå 10 gånger bättre fokuserbarhet (genom 10 gånger kortare våglängd) än CO₂-lasern. Fiberlasern börjar även för kW-effekt närma sig grundmod, dvs. den fokuserar redan bättre än det oftast behövs (likt det som gäller för elektronstrålar som i slutändan oftast pendlas för att de fokuserar för bra).



Bild 2: Svetsgeometri i rostfritt stål med fiberlaser (5 kW, BPP 4.5 mm mrad, 100 μm fiber, 4.25 m/min)

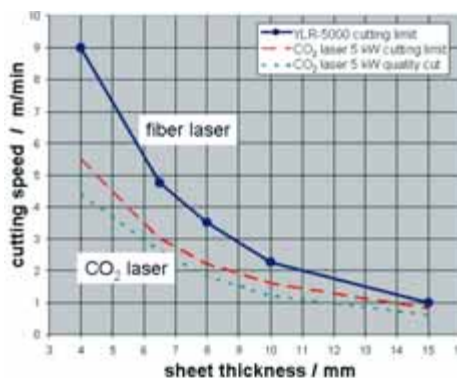


Bild 3: Skärhastighet mot tjocklek: fiberlaser jämfört med CO₂-laser

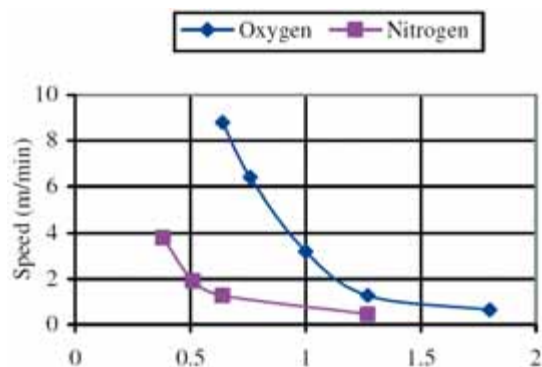


Bild 4: (a) Skärhastighet mot plåttjocklek för O₂- och N₂-skärning av tunt rostfritt stål med en fiberlaser, (b) 100 W kvasi-grundmod fiberlaser ($M^2 = 1.1$, brännfläcksdiameter 25 μm), våglängd 1080 nm.

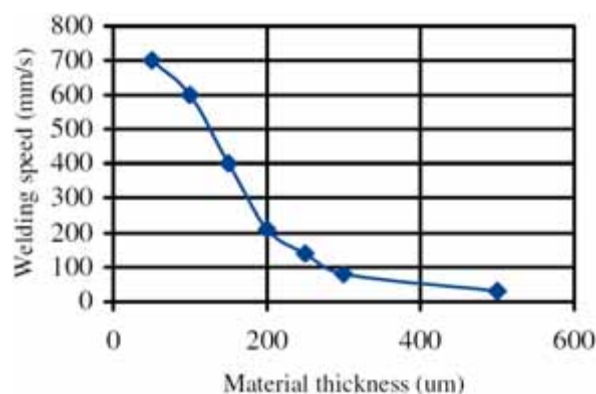


Bild 5: Svets hastighet mot tjocklek vid svetsning av tunt rostfritt stål med 75 W fiberlaser, fokuserad på 34 μm .

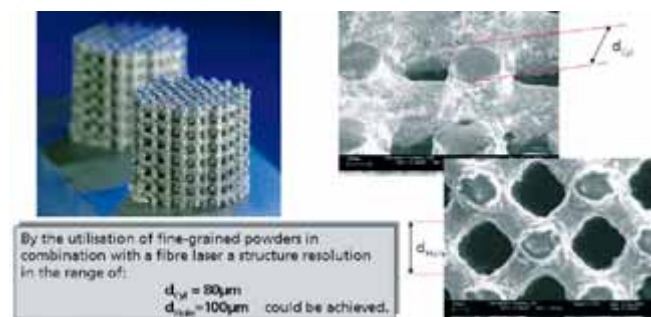


Bild 6: Medicinska mikroimplantat skapade med pulverbaserad rapid prototyping mha. en fiberlaser (nära grundmod).

Jag berättade ju tidigare (München 2005, i Lasernytt no. 2-05) om den imponerande jämförelsen mellan de tre olika fiberlaserarna vid BIAS i Bremen. Hur den nu plötsligt rasande utvecklingen fortsätter kan man bara gissa sig till. I vilket fall som helst skapar de nya laserna så pass små svetsgeometrier att de betar sig på ett helt annat sätt än vad vi är vana vid och kan försöka oss till att förstå. Vi kommer att kunna glädja oss över mindre svetsbredd (se Bild 2) och högre hastighet (se Bild 3) för högeffektsskärning (se Bild 4 och 5 från Dr. Naem, GSI, UK för grundmodskärning respektive grundmodsvetsning). Det blir mindre värmepåverkan och dessutom en högre inträngning (man kan fråga sig var gränsen ligger?). Med en grundmod-laser talar vi om en liknande prestanda som tidigare, fast med en tiondels lasereffekt – vilken enorm besparingspotential!! Kolla bara prestandan i Bild 4(a) och jämför med laserstorleken i Bild 4(b)!

Prof. Poprawe visade ytterligare tillämpningar för avancerade laserkällor som exempelvis rapid prototyping mha. en fiberlaser, nästintill i grundmod, som kan skapa 100 μm strukturupplösning med 20 μm ytojämhet, se Bild 6.

Från Aachen har vi ju redan hört talas om en ny strålöverföringsteknik genom en diodlaser, nämligen att diodlaserstavar arrangeras på så sätt att den önskade bearbetningsvägen bestrålas simultant på en gång istället för det vanliga genom en sekventiell rörelse. Detta demonstrerades tidigare för laserskärning och nu visades rundsvetsning av ett rör till en plåt, se Bild 7(a), mha. en cirkulär diodlaserstråle från baksidan, se Bild 7(b). Svets hastigheten är i detta fall inte längre relevant, då bearbetningstiden här minskas till den nödvändiga uppvärmningstiden.

Andreas Ostendorf visade i sitt tal under plenarmötet den världsledande roll Laser Zentrum Hannover (LZH) innehar inom mikrobearbetning. Istället för maskprojektion mha. ultraviolett excimerlaserljus föreslår de direkt bearbetning med 10 μm pulsdiameter för att strukturera ett skikt fotoresist, se Bild 8(a). Med maskprojektion kunde redan en betydligt mindre upplösning uppnås, men flexibilitet och programmeringsvänlighet förbättras betydligt med den nya tekniken. Mha. femtosekunds laserpulser kunde hål borraras, med diametrar ända ned till 150 nm i storlek (se Bild 8(b)).

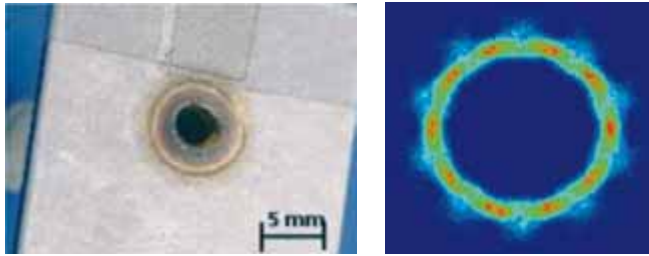


Bild 7: (a) Simultan rundsvets på baksidan av en plåt som T-svetsats till ett rör, (b) Diodlaserstråle.

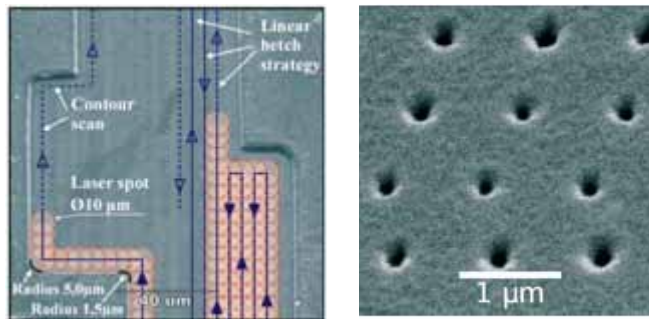


Bild 8: (a) Direkt bearbetning med pulsöverlappning av en fotoresist för sensorer, (b) 150 nm hål i fotoresist genom femtosekunds laserborrning.

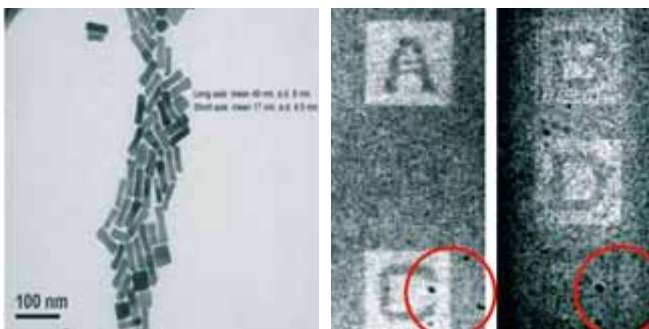


Bild 9: (a) Guldnanostavar (4,5 nm x 12 nm) arrangerade i kvartsglas för datainspelning. (b) och (c) synlighet av information på samma laserbearbetade nanopartikelimpregnerade material genom bestrålning med två olika våglängder.

Under konferensen visade Australien oftast upp sig genom Swinburne University of Technology (Victoria, dvs. Melbourne regionen). Förste talare därifrån var James Chong, som visade hur manipulering av nanometerstavar via plasmonstimulering kan styra det spektrala förhållandet, något som är användbart för datainspelningsmedium. Genom femtosekunds laserpulsar kunde guldnanopartiklar, se Bild 9(a), arrangeras i ett matrismaterial (kvartsglas) så att olika information kunde spelas in på samma ställe. Jämför Bild 9(b) med Bild 9(c)

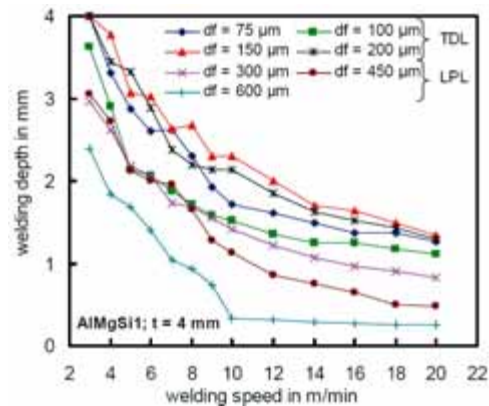
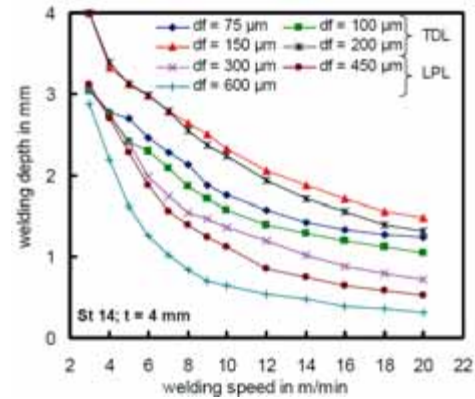


Bild 11: Svetsdjup som funktion av svets hastighet för lampumpad YAG-laser (LPL) och skivlaser (TDL) för olika fokusdiameter d_f (a) för stål, (b) för aluminium (effekt: 3 kW, tjocklek: 4 mm).



Bild 10: Verktögsstillverkning med LPAW för kylkanaldesign (bild till vänster) i mitten av verktyget (som ses i bilden till höger).

som visar bestrålning efter bearbetning med olika våglängd för att få ut olika, dvs. spektralspecifik information på samma ställe. I motsats till den vanliga trenden att bara minska upplösning för att öka informationstäthet, som exempelvis hos DVD och CD, kan här information ökas på samma ställe genom en spektral dimension. Kommer vi kanske i framtiden att ha femtosekundslasrar i våra datorer och DVD-videoinspelare?

Mr. Sears från South Dakota School of Mines and Technology, USA, förevisade LPAW (Laser Powder

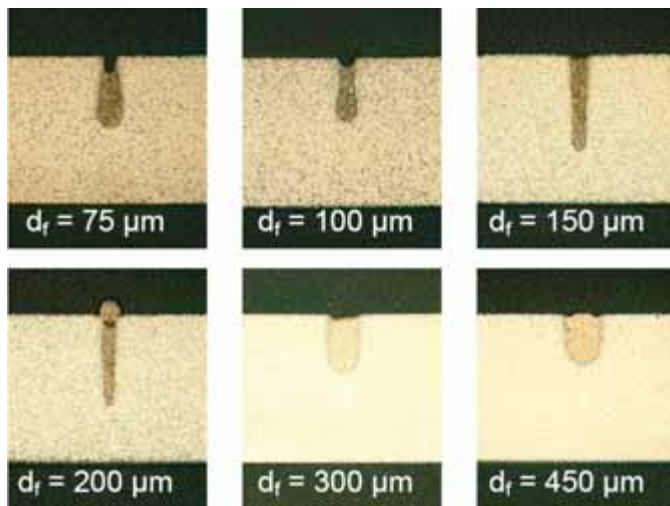


Bild 12: Svetstvärnsnitt (bead-on-plate) för olika fokusdiametrar d_f (stål, 3 kW, 9 m/min; 400 μm och 350 μm är för en lampumpad YAG-laser, övriga för en skivlaser)

Additive Manufacturing, dvs. direkt deposition av pulver med laser eller DLD (som det också brukar betecknas) för flertalet olika tillämpningar, bl.a. för nya designmöjligheter inom verktygstillverkning. I Bild 10 visas hur två olika material kombineras för att förena en hög värmeledning av koppar i kärnan med höghärdat stål på utsidan för bättre toleranser och slitageegenskaper.

Jan Weberpals från IFSW Stuttgart jämförde skivlasern (TDL = diode pumped Thin Disk Laser), som Stuttgart driver starkt, med den vanliga YAG-lasern (LPL = Lamp Pumped solid state Laser). Svetstjupen som funktion av svets hastighet för olika fokusdiametrar visas i Bild 11(a) för stål och i Bild 11(b) för aluminium.

I princip kan det tydligt ses att bättre fokuserbarhet (i synnerhet för skivlasern med sin överlägsna fokuseringsmöjlighet) leder till djupare svetsning, genom att svetsen blir mindre bred och därför behöver mindre lateral uppvärmning. Detta kan särskilt tydligt visas om man plottar svetsdjup mot svets hastighet för alla 7 fokuseringssituationer i samma diagram för varje material. Detta innebär

att den absorberade energin i materialet är densamma, men bättre fokusering möjliggör en bättre användning av denna energi genom att öka svetsdjupet för en mindre bredd. Ändå verkar det finnas en gräns: går man igenom alla kurvor i Bild 11 så stämmer ovan beskrivna trend nästan helt. Ned till 150 μm fokusdiameter blir svetsen djupare och det är bara för 100 μm och 75 μm fokusdiameter som svetsdjupen sjunker betydligt igen. Det verkar finnas en optimal fokusering, eller med andra ord: för små fokus- och motsvarande nyckelhålsdiameter förändras processen (t.ex. ytspänningskraften) på något sämre vis. Bild 12 visar hur svetsgeometrin ser ut för stål och med en svets hastighet 9 m/min. Man kan tydligt se att svetsdjupen ökar för mindre fokusdiameter ned till 150 μm genom att svetsen blir liten, men för ännu mindre fokusdiameter ökar bredden igen vilket minskar djupet.

En tydlig trend alltså som gavs en bra förklaring. En jämförelse med den konkurrerande fiberlasern är önskvärd och förväntas ge liknande resultat. Förutom detta kunde en sämre svetskvalitet konstateras när divergensvinkel blev för stor.

Herr Young-Pyo Kim, från Prof. Bangs excellenta svetsforskargrupp vid Chosun University i Korea, som vi i Luleå har ett samarbetsavtal med, genomförde en del av sitt doktorsarbete vid CSIRO-institutet i Australien om lasersvetsning av aluminium med magnesium för bilindustrin. Bild 13 visar, för en kälfgsgeometri, hur sprickutbredning börjar och utvecklas vid olika ställen för de tre kombinationerna Al-Al, Mg-Mg och Mg-Al. Speciellt för Mg-Al verkar den intermetalliska zonen som skapas vara orsaken till att sprickbildning sker horisontellt över gränssnittet.

Svetstvärnsnittet för Mg-Al i Bild 14 visar att det händer något betydande då de två materialen blandas. Processen verkar vara möjlig, men svår att kontrollera genom att det verkar finnas nyckelhål i Mg men en värmeledningssvets i Al, dvs. en något ovanlig och inte helt harmoniskt blandad process. Arrangerar man tvärtom, dvs. Mg under Al, uppstår en sämre situation pga. att Mg förång-



Bild 13: Brottmekanik i lastfallet för tre kombinationer av lättviktsmaterial: (a) Al-Al, (b) Mg-Mg, (c) Mg-Al.

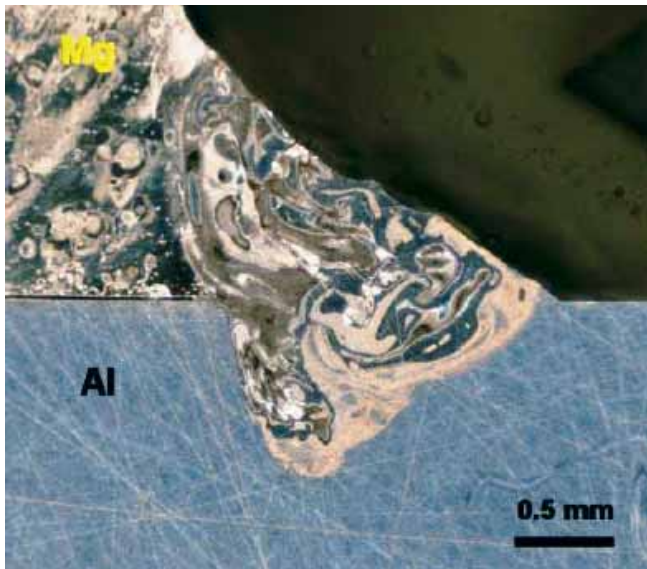


Bild 14: Tvärsnitt för lasersvets av en kälfog i Mg-Al.

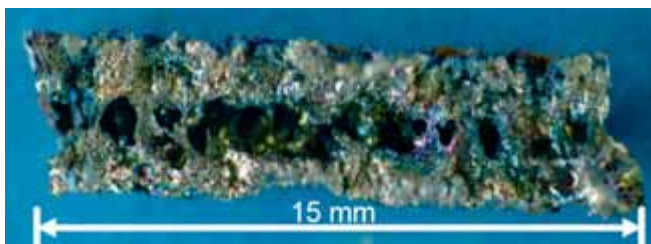
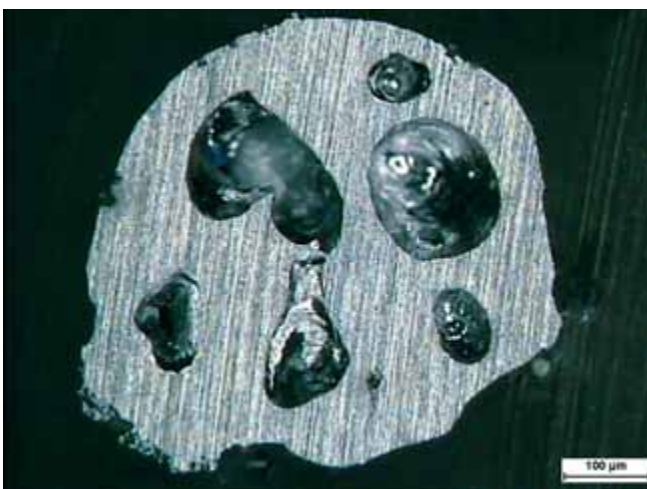


Bild 15: "Laser induced foaming": (a) tvärsnitt av ett enskilt spår, (b) ytor av ett större objekt.

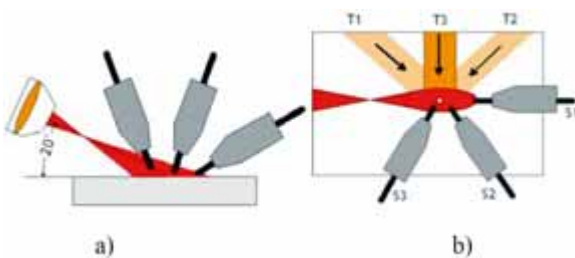


Bild 16: Laserpåsvetsning med tråd: olika varianter för att arrangerara trådmatning (a) vertikalt och (b) horisontellt.

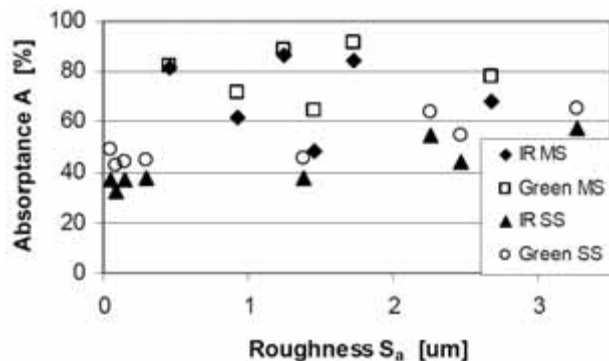
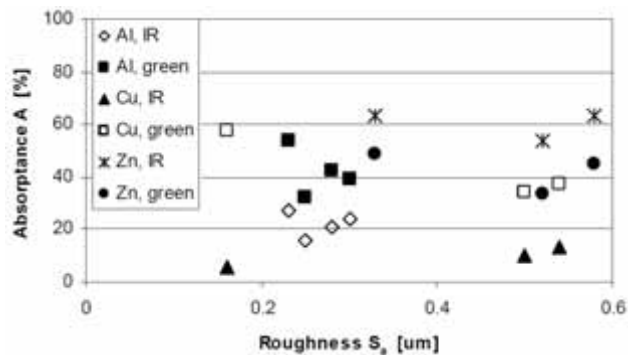
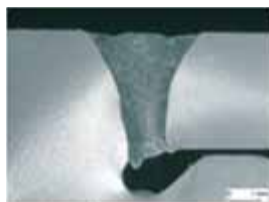


Bild 17: Absorption av tekniska ytor för olika ytojämnhet/ytbehandling för grön (527 nm) och infraröd (1053 nm) våglängd för olika metaller: (a) icke-järn baserad (Al: alu, Cu: koppar, Zn: zink-beläggning, (b) järnbaserad (MS: olegerat stål, SS: rostfritt stål)

as häftigt och stör svetsprocessen, berättar Dr. Kim.

En intressant process behandlades av Herr Hohenhoff från LZH Hannover, nämligen "Laser induced foaming" (möjlig svensk översättning: laserinducerad skumning/löddring) av Ti för biomedicinska applikationer. Processen bygger på pulverbaserad lasersmältning genom att först två pulver blandas, ett metallpulver (här: Ti) och ett pulver som fungerar som "blowing agent" (t.ex. CaCO_3 eller Li_2CO_3). Under uppvärmning förångas "blowing agent"-pulvret genom en kemisk dissociation vilket leder till en expansion av gas och till hålbildning inuti metallsmältan vid olika ställen, varefter smältan stelnar och en porös massa skapas, se Bild 15. Materialet har visat sig vara biokompatibelt och användbart t.ex. för proteser. Ytterligare forskning behövs däremot, t.ex. för att få en mer jämn fördelning av porerna genom en bättre styrd laserprocess (denna process har en viss likhet med laserpåsvetsning).

En väldigt systematisk studie kring laserpåsvetsning med tråd presenterades av Nazmul Alam från CSIRO, Adelaide, Australien, som hade undersökt olika arrangemang av tråd och laserstråle, både i det vertikala planet, se Bild 16(a), och i det horisontella planet, se Bild 16(b).



Laser MIG hybrid welding
EN-AW 6005, $t = 4$ mm
filler wire AlSi5
 $P_L = 5.5$ kW
 $v_w = 8$ m/min



Laser MIG hybrid welding
EN-AW 6005, $t = 8$ mm
filler wire AlSi5
 $P_L = 10.5$ kW
 $v_w = 8$ m/min

Bild 18: Hybridsvetsning av Al-profiler med en 10 kW fiberlaser, tjockleken är (a) 4 mm, (b) 8 mm.

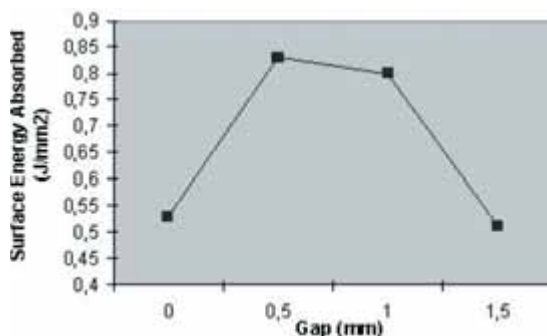


Bild 19: Slagprovenergi för olika spaltbredd men med samma svetsdjup för planfrästa ytor vid hybridsvetsning.

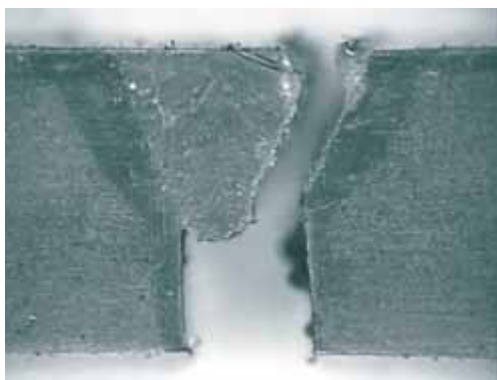


Bild 21: Brottutbredning som började från rothörnan för en hybridsvets med 1.5 mm spalt.



(a)



(b)



(c)



(d)

Bild 20: Rotgeometrin av hybridsvetsningar för samma svetsdjup och planfrästa ytor men med olika spaltbredd: (a) 0.0 mm, (b) 0.5 mm, (c) 1.0 mm, (d) 1.5 mm.

En speciell variant han presenterade var matning med två trådar. Detta möjliggör en stor frihet för t.ex. val av geometri för det resulterande påsvetsade spåret.

Jag, Alexander, uppvisade en metod och resultat kring absorptionsmätning av olika metaller från vår externa forskarstuderande David Bergström från Mittuniversitetet i Östersund. Med en Nd:YLF-laser i infrarött och i grönt och ett sfäriskt reflektionsmätningssinstrument (en sk. integrerande sfär) har han nu möjlighet att mäta absorption för olika material och under olika villkor. En viktig skillnad gentemot de värden man vanligtvis finner i handböcker och tabeller är att de brukar gälla för ideala plana, släta ytor av rena metallämnen, medan David undersöker mer tekniskt relevanta metallegeringar med olika ytillstånd som används i industrins dagliga produktion – och den skillnaden visade sig kunna vara mycket stor. Bild 17 visar de första resultaten för järnbaserade och icke-järnbaserade metaller som funktion av ytojämnhet vilket motsvarar den särskilda ytbehandling som varje provbit har erhållit. Ingen tydlig korrelation med ytojämnhet kan ses. Däremot blir det tydligt att den gröna våglängden nästan alltid (undantag: Zn) innebär en högre absorption än för infrarött ljus. För alla studerade fall var absorptionen högre än för de värden som hittades i handböcker för mer ideala metaller, dvs. legeringar och tekniska ytor ökar alltid absorptionen. Som Bild 17 visar, kan absorptionen variera från några få procent upp till nästan 100%, dvs. det är svårt att i förväg gissa sig till hur mycket ljus som absorberas. Skillnaden kan alltså vara stor och orsaken är bara delvis klarlagd idag, vilket är en motivation för David att fortsätta sin absorptionsforskning, både experimentellt och teoretiskt.

Laserhybridsvetsning behandlades naturligtvis också. Förutom en som vanligt inspirerande översyn av uppfinnaren och professor emeritus Bill Steen, England, visade bl.a. Herr Wagner från BIAS Bremen flera möjliga hybridsvetsningstillämpningar, t.ex. av A6008 aluminiumprofiler med en 10 kW fiberlaser och en hastighet av 8 m/min, se Bild 18.

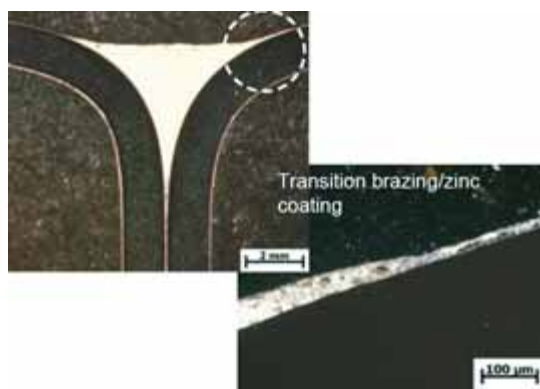
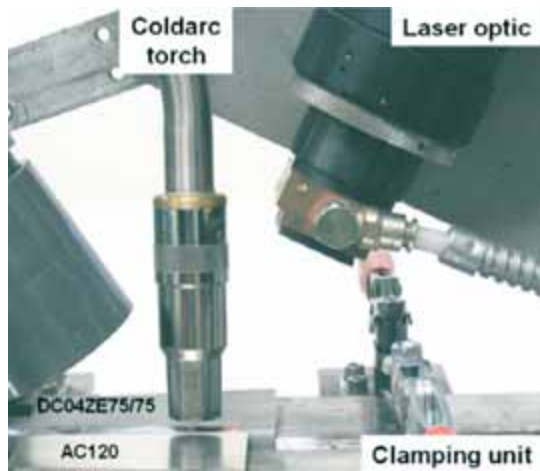


Bild 22: (a) Laserförmärning vid ljusbåglödning, (b) fogningstvärsnitt (1,5 mm Zn-belagt stål) med uppförstoring.

Vår doktorand vid Luleå TU, Marc Wouters, kunde demonstrera att det finns en optimal spaltbredd för hybridsvetsning, som slagprovresultaten i Bild 19 visar (för annars samma geometri).

Förklaringen till detta kan illustreras genom rotgeometrin, se Bild 20. Pga. att en spetsad vinkel bör undvikas för att det då uppstår mekaniska spänningskoncentrator (stress raiser) i lastfallet, föredras en spaltbredd på 0.5 och 1.0 mm som har ungefär en 90-gradig vinkel. Däremot agerar nollspaltssituationen alltid som en spänningskoncentrator vid spetsen, men också stora spalter som 1,5 mm är problematiska för att smältan faller igenom och leder till en skarp vinkel vid kanten av svetsroten, som i sin tur genererar sprickbildning och brott (se Bild 21).

En innovativ kombination i ljusbågs svetsning och ljusbåglödning med laserförmärning presenterades av Herr Wilden, TU Ilmenau, Tyskland, speciellt för Zn-tråd som är ett lämpligt material för zinkbelagd stål men också som buffert vid stål-aluminium-svetsning. Som man kan se i Bild 22(a) håller man ett betydande TCP-avstånd mellan laserstråle (1 kW diodlaser) och ljusbå-

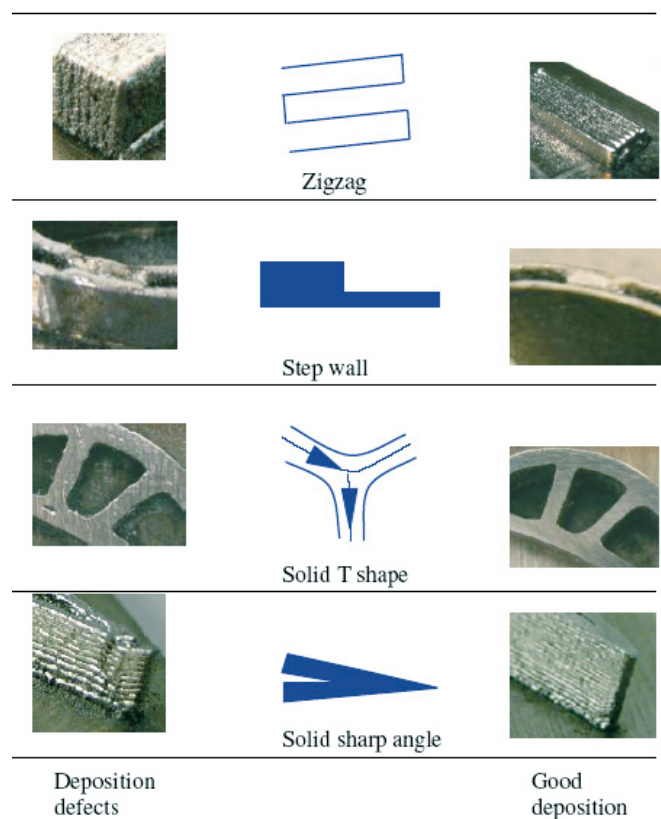


Bild 23: Optimering av rapid manufacturing för att undvika defekter i hörn och spårövergång.

ge, här 15 mm. Ett exempel för den resulterande lödningen visas i Bild 22(b) som också visar en övergång från Zn-tråd till Zn-coating i mer detalj.

Ytterligare intressanta presentationer som kan nämnas är demonstrationer av en rad flygindustrikomponenter (turbindetaljer) genom DLD (Direct Metal Deposition) rapid manufacturing, av Xiaoping Huang, GE (Kina/USA). Speciella strategier optimerades för övergångar från ett spår till nästa, speciellt för hörnor och kanter, se Bild 23.

Herr Kelbassa, ILT Aachen, rapporterade om rapid prototyping med en porositet ned till mindre än 0.5% av volymen och visade också olika flygindustritillämpningar. Ett tillhörande avancerat processövervakningssystem visade tydligt hur termokamerabilder skiljer sig åt när man använder olika filter som ger möjlighet till mer information om processen och möjliggör bättre laserpulsstyrning.

Att ett fräscentrum samtidigt kan användas för laserbearbetning, demonstrerade Steffen Bonss från IWS Dresden för laserhårdning av verktyg i samma maskin som fräsning utförs. Detta görs endast genom ett byte av

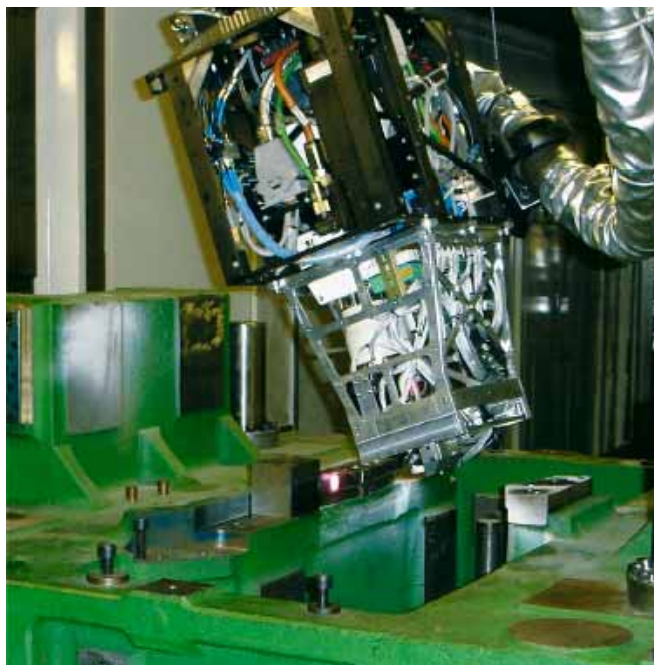


Bild 24: Laserhuvud inbyggt i en fräsmaskin.

verktyg, se Bild 24.

Forskning kring styrning av laserpåsvets tvärsnitt genom ett magnetfält fortsätter och leder mer och mer till en kontrollerbar metod för att skapa särskilda geometrier, se Bild 25 (återigen presenterat av Herr Wilden).

En del bidrag handlade om trädillverkning, t.ex. träsvetsning. Inom processobservation kunde droppbildning och utstötning (ejection) visas på ett tydligt sätt för laserborrning.

Mitt tredje bidrag från en Luleå-doktorand handlade om rengöring av oxiderade arkeologiska kopparmynt genom YAG-laser med ett tunt vattenskikt på ytan som stöd. Detta fungerar optiskt bra vilket kan ses i Bild 26. Dess värre kan fortfarande inte en del mikrosmältning av ytan undvikas.

Till sist vill jag kort berätta om ytterligare en mikrobearbetningsprocess, nämligen att Herr Day från Swinburne University, Australien, visade hur man når rätt bottengeometri under hålbörning och grooving (här i PMMA) genom att välja rätt optikobjektiv. Detta för att undvika en spetsig geometri, som i Bild 27.

Vi kan således sammanfatta att PICALO-konferensen tyvärr inte blev något stort asiatiskt komplement till ICALEO, snarare delvis en upprepning av denna. Ändå var insikterna speciellt i den australiska laserforskningen intressanta och även om de stora överraskningarna saknades så fanns det dock en hel del nya och intressanta forskningsresultat som kanske visar trender för framtiden. Vi får se hur den här, fortfarande mycket unga, konferensen kommer att utvecklas framöver.

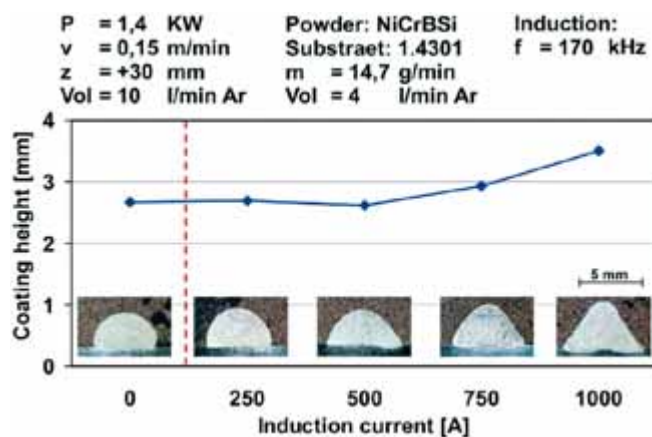


Bild 25: Tvärsnitt och spårhöjd för laserpåsvets som funktion av magnetfältström.



Bild 26: Laserrengöring av oxidskikt på kopparmynt.

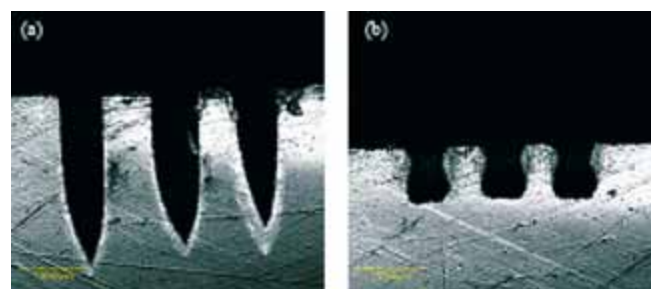


Bild 27: Tvärsnitt av grooving-spår i PMMA (a) Numerisk Apertur av objektiv NA = 0.4 (motsvarande divergensvinkel för objektiv) leder till spetsig geometri, (b) NA = 0.75 leder till en önskad rektangulär geometri.



Spännande laserumgänge i exotisk miljö, del I

Rapport från "The Fourth International Congress on Laser Advanced Materials Processing", Kyoto, Japan, 16-19/5 2006

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Vid ett flertal tidigare tillfällen har jag här i LaserNytt delgett er läsare mina intryck från den årligen återkommande ICALEO®-konferensen. Då min personliga uppfattning är den att föga av verkligt nyhetsvärde hinner publiceras vid konferenser som avhålls varje år, beslöt vi i såväl styrelse som redaktionskommitté att för år 2006 "hoppa över" bevakningen av ICALEO® (självkärlat återkommer vi med rapport från ICALEO® 2007 som kommer att gå av stapeln i Orlando, FL i månads-skiftet oktober-november nästa år), och i stället rikta blickarna österut genom att bevaka den inte lika frekvent lanserade LAMP-konferensen.

Professor Isamu Miyamoto, från Osaka University, som höll inledningsanförandet och hälsade oss välkomna, förklarade att LAMP (som skall uttolkas "Laser Advanced Materials Processing") ursprungligen var tänkt att hållas vart fjärde år. Premiären skedde 1987, konferens nummer två inföll 1992, men sedan dröjde det ända till 2002 innan LAMP nummer tre kunde genomföras. Detta långa uppehållet förklarades av den svaga japanska ekonomi som var för handen under slutet av 1900-talet. Men med 2006 års konferens hade man lyckats med den ursprungligen tänkta fyraårscykeln. Nästa LAMP borde därför rimligtvis infalla 2010, men tydligen har professor Miyamoto och hans kollegor redan börjat tumma på tidsintervallet igen och börjat prata om 2009, eftersom detta kommer att vara jubileumsåret för



Figur 1. Fiberlaserns exceptionellt goda strålkvalitet slår ut såväl CO₂-laser som elektronstråle då det gäller penetrationsdjup vid likvärdigt energiinnehåll i strålarna.

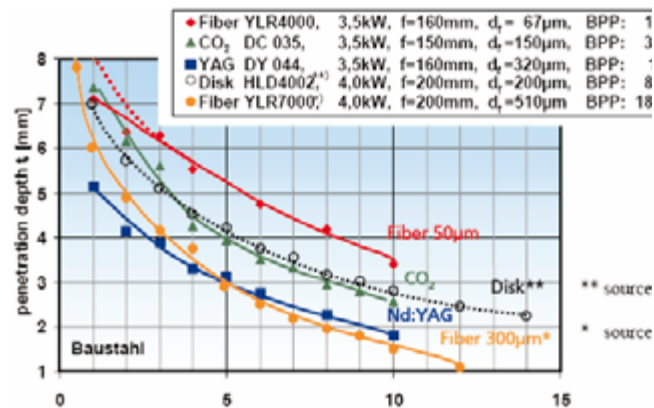
när den "Japanska Svetskommissionen" instiftades. Hur det blir med det hela får väl framtiden utvisa.

Årets LAMP-konferens bestod egentligen av två konferenser; dels LPM2006 "7th International Symposium on Laser Precision Microfabrication" som genomfördes i tre parallellsessioner, dels HPL2006 "4th International Symposium on High Power Laser Processing". Av förklarliga skäl valde jag att mest bevaka den senare, men kunde som allmänt laserintresserad inte helt avhålla mig från att även kika in i vad som sker inom lågeffektområdet. Det var också så arrangerat att vi "high power"-entusiaster var hänvisade till en särskild byggnad inom det nyuppförda komplexet KRP (Kyoto Research Park) dit konferensen var förlagd.

340 bidrag från 30 länder presenterades under dagarna fyra i 45 olika sessioner plus 4 "special sessions". Läggs därtill en omfattande "poster"-utställning och den traditionella "table top exposition", vid vilken de flesta välkända aktörerna på lasermarknaden visade upp sina senaste produkter, så förstår ni säkert att programmet var tämligen fullmatat för oss 370 delegater som var där. På grund av det omfattande material som delgavs oss under konferensen kommer min rapportering att bli ytterst selektiv. Jag kommer företrädesvis att berätta om verkliga nyheter som presenterades under olika "plenary sessions", samt sessionerna kring lasersvetsning, hybridteknologi samt plastsvetsning.

PLENARY Session

Inledningsanförandet hölls av professor Eric Mazur från Harvard University (Division of Engineering and Applied Sciences) och handlade om mikro- och nanobearbetning med s.k. femtosecond-lasrar (fs-). Han berättade om den forskning som sker baserad på höga energipulser vid bearbetning av transparenta material. Vid sådan bearbetning har det visat sig vara fördelaktigt att foku-



Figur 2. En jämförelse mellan svets hastigheter kontra penetrationsdjup för olika laser-källor talar också till fiberlaserns förmån.

sera laserstrålen inuti materialet. Vidare kunde han konstatera att de tröskelvärden, med avseende på laserintensitet, som måste uppnås för att bearbetningsprocessen skall kunna ske har en stark koppling till den numeriska aperturen (N.A.). Således innebär en hög N.A. låga tröskelvärden och tvärtom. Däremot är den lokala omsmältningprocess som det här rör sig om överraskande lite materialberoende. Den pulsade bearbetningen resulterar i sfäriska strukturer inuti materialet och den punktformiga strukturförändringen blir alltid mycket större än den yta som representerar fokuspunkten. Beteendet har att göra med den värme som ackumuleras i materialet. Den punktformiga strukturförändringen ökar således med antalet pulser, i varje fall upp till en viss gräns då termisk jämvikt uppstår. Men även därefter kan tillväxten fortsätta, något som professor Mazur förklarade med att fokuseringen i materialet förändras då värmen ökar. Likaledes kunde vi konstatera att omsmältningen ökar med högre "repetition rate", i varje fall för 1 MHz och högre. Vid lägre frekvenser gick det inte att skönja någon ökad strukturomvandling med ökat antal pulser.

Vad har man då för praktiska användningsområden för dessa kunskaper? Professor Mazur exemplifierade med bl.a. mikrobearbetning av vägledare, där en specifik produkt utgjordes av en optisk vibrationsensor. Men även för s.k. "nano-surgery" är dessa kunskaper användbara. Således kan man avverka tunna skikt av mänsklig vävnad vid operationer. Ett mer makabert exempel var ett försök där man med laserpulser klippte av cellfibrer hos levande maskar, och där rörelsebetendet mellan en "laserbearbetad" mask och en originalmask visades med några videosekvenser. För den som vill veta mer om dessa lite udda användningsområden för lasertekniken, kan jag hänvisa till hemsidan mazur-www.harvard.edu.

En för oss laseranvändare inom verkstadsindustrin

mer relevant presentation var den som gjordes av gamle bekantingen Dr. Eckhard Beyer, institutionsföreståndare vid Institut für Werkstoffe und Strahlwerkzeug (IWS) i Dresden. Han förutspådde ett teknologigenombrott för fiberlasrar, men började med att ge en redogörelse över vilka lasertyper som används för olika bearbetningsbehov idag. Användningsområdena kan sammanfattas såhär:

- Lödning, härdning och påläggning: Diodlaser
- Skärning i 2D & 3D – CO₂-laser
- Svetsning i 2D & 3D – CO₂- alt. Nd:YAG-laser

Beträffande ytmodifiering är diodlasern numera, tack vare förbättrad strålkvalitet, ett utmärkt verktyg, och manipuleras då lämpligtvis med ett scanner-verktyg. Denna lasertyp kommer även i framtiden att vara dominerande inom ytbehandlingsområdet, inte minst tack vare att priserna för dioder håller på att minska. Här talades det i termer kring 60.000 EUR per kW.

För påläggning visades ett exempel med coaxiell tillförsel av pulvret och där lasern, som var en 4,4 kW diodpumpad Nd:YAG, var integrerad i en 5-axlig CNC-styrd fräsmaskin hos företaget Arnold i Ravensburg. Härigenom fick man ett mycket prisvärt investeringsalternativ då anläggningen kan användas för flera operationer. Ett praktikfall rörde reparation av s.k. ”blinks” (Intergrally Bladed Rotor Disks), vilka representerar ett värde av 50.000 EUR per styck. Påläggning med Ti-6242 gjordes med 1 kW lasereffekt. För dylika operationer duger inte en diodlaser, eftersom precisionen i påläggningen kräver en bättre strålkvalitet. Därför används idag företrädesvis Nd:YAG-teknik, men här menade Dr. Beyer att fiberlasern kommer att ta över i framtiden.




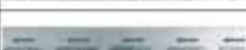

Beträffande skärning visades på exempel där man skurit 1 mm tjockt rostfritt 1.4301-material med hjälp av en 4 kW fiberlaser och nått den smått imponerande skärhastigheten av 50 m/min! Vidare påstods en 1 kW fiberlaser (YLR-1000 från IPG) ge motsvarande skärhastighet som en 3 kW diffusionskyld CO₂-laser (RofinSinar DC030). Detta beror främst på att fiberlasern arbetar med en så pass liten fokalpunktsdiameter som 150 µm, något som emellertid är hämmande då det gäller att uppnå hög snittkvalitet, varför CO₂-lasern i detta avseende är överlägsen. P.g.a. den smala skärspalt som uppstår vid laserskärning med en fiberlaser begränsas möjligheten för utblåsning av avverkat material, någon som resulterar i en grövre snittkvalitet. Trots detta menade Dr. Beyer att här finns ett område, framförallt inom 3D-skärning, där fiberlasern kommer att ta över från CO₂-lasern. Som ett bevis på detta nämnde han att en tysk bil-tillverkare nyligen gjort ett inköp av 14 stycken fiberlasrar för skärapplikationer i en ny modell.

Inom området svetsning visades ett praktikfall med CO₂-laser där en kardanknut bestående av gjutjärn 80-55-6 (kolhalt 3,2 %) och härdat 4320-stål (kolhalt 0,16 %) svetsats samman. Om man genomför denna svetsning som s.k. ”autogenous” uppstår undantagslöst sprickor i svetsgodset p.g.a. de höga och olika kolhalterna. Denna sprickuppkomst kan motverkas genom att använda tillsatsstråd, vilken i så fall bör matas in ”ledande” för att ha möjlighet att nå ned i botten på nyckelhålet. CO₂-svetsning är extra gynnsamt i dylika fall då det har visat sig att det plasma som uppstår hjälper till att smälta tillsatsmaterialet! Vid svetsning av den här nämnda applikationen var det också viktigt hur den infallande laserstrålen positionerades mellan de olika delarna då skillnaden i C-innehåll för dessa är avsevärd. Om inte strålen träffar exakt mellan de två materialtyperna uppkommer olika typer av bindfel.

Även vid svetsning med fiberlaser uppstår ett laserinducerat plasma, vilket dock inte är lika starkt som det som förekommer vid CO₂-lasersvetsning. Dr. Beyer visade här på exempel där man svetsat 1 mm tjocka sågblad med hjälp av en 1 kW fiberlaser och erhållit svets hastigheter kring 30 m/min. Faktum var att fiberlasern kunde skapa smalare svetsar (0,18 mm) jämfört med då elektronstrålesvetsning användes (0,37 mm) [Fig. 1]. Inom lasersvetsning ansåg Dr. Beyer att 3D-applikationerna kommer att tillhöra fiberlasern i framtiden, och att den därmed skulle slå ut andra typer av ”fasta tillståndets” lasrar [Fig. 2]. För 2D-applikationer menade han att CO₂-lasern fortfarande kommer att vara konkurrenskraftig. Dr. Beyers slutbudskap till församlingen löd att ”Strålkvalitet är viktigare än effekt för utgången av resultatet!”

Siste talare i plenary-sessionen var Koji Yasui från Mitsubishi Electric Corporation, vars företagsmotto passande nog är ”Changes for the Better”. Han inledde med att konstatera den höga årliga tillväxten inom laserområdet, vilken ligger strax över 10 %. Detta skall jämföras med motsvarande tillväxtsiffror för bilindustrin (~2 %) och världens sammanlagda bruttonationalprodukt (3,3 %).

Tillverkning av laserkällor för mikrobearbetning med laser är en omfattande verksamhet inom Mitsubishi Electric, och här nämndes några siffror kring håltagning vid tillverkning av mobiltelefoner. 1999 klarade man av att med hjälp av scanner-teknik åstadkomma 500 hål/sekund. 2004 hade potentialen ökat till den imponerande processhastigheten 2.000 hål/sekund. För mikrobearbetning arbetar man dels inom våglängdsområdet kring 800 nm och då med pulsfrekvenser på 30 fs, dels med 1.064 nm våglängd och pulsfrekvenser på 30 ps alternativt mellan 30-200 ns. Frekvensdubbling i kom-

Type	Sequence (length: 250 mm)	Position-length
Step wise		72 mm
Back step method		472 mm
Reverse direction		272 mm
Jump In-Out		680 mm
Jump Out-In		612 mm

Figur 3. De olika svetssekvenser som undersökts vid "fjärrsvetsning" hos BIAS.

bination med halvering av våglängd förekom också, vilket innebär att viss bearbetning utförs inom det synliga våglängdsområdet som t.ex. 532, 355, 266, ja ända ner till 213 nm. Grönt ljus ($\lambda = 532$ nm) används t.ex. för härdning av silikon. Idag används en kommersiell 200 W-enhet för detta ändamål, men Dr. Yasui avslöjade att en laser med 412 W uteffekt är under utveckling. Denna är tänkt att användas med pulsenergi kring 50 mJ.

Men även inom området högeffekt-lasrar för makro-bearbetning är Mitsubishi Electric aktiva. Sedan lång tid tillbaka tillverkar man CO₂-lasrar av tvärströmningstyp. Därutöver sneglar man mot fasta tillståndets lasrar där Dr. Yasui, liksom många andra gjorde under konferensen, menade att de konventionella stavlasrarna på sikt kommer att ersättas av fiberlasrar. Ett mer kontroversiellt uttalande var att disk-lasrar med många skivor inte kommer att ha någon framtid, utan här är det slab-lasrar som kommer att dominera, framförallt i effektområdet >2 kW.

Session LASER WELDING

Sessionen som handlade om lasersvetsning inleddes med en något udda presentation av välkände professor Jyoti Mazumder från CLAIM (Center for Laser Aided Intelligent Manufacturing) vid University of Michigan. Professor Mazumder har ju varit med sedan "tidernas begynnelse" vad gäller laserbearbetning, och hans ämne var också gammalt och välbekant då det handlade om ytterligare ett förslag på hur man skall kunna erhålla bättre kvalitet vid svetsning i zinkbelagd stålplåt. Han inledde med att nämna några tidiga idéer som framförts i ärendet, såsom lokal avverkning av zinksiktet innan svetsning, att arbeta med kontrollerade spalter, att använda sig av höga pulseffekter samt att arbeta med dubbelfokusteknik.

Det nya förslag som nu framfördes av professor Mazumder gick ut på att man lokalt belade plåten med ett färgskikt bestående av en ZnCu-legering. Genom att

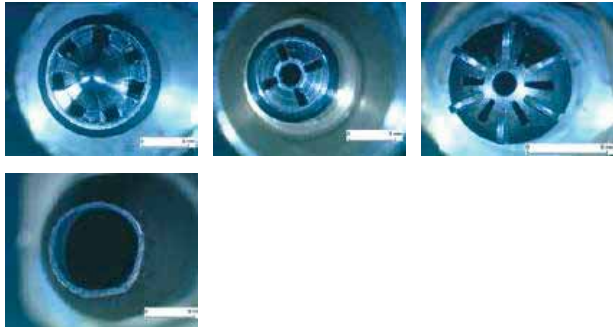
kopporn har en smältpunkt på 1083°C, alltså mitt emellan smältpunkterna för zink respektive stål, förhindrar det zinkens annars våldsamma förångning. Försök hade gjorts med en Trumpf TLF6000 ur vilken man tog ut 2,9 kW. Om man använde sig av ett färgskikt med en tjocklek på cirka 40 μ m kunde man även förhindra att värme-sprickor uppstod vid svetsningen. Metoden är för tillfället föremål för olika patentansökningar.

Nästa presentation kände vi igen från ICALEO® 2005. Den hölls då av Thomas Seefeld från BIAS (Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik), men här var det kollegan Claus Thomy som berättade om utförda experiment med fjärrlaser eller RLW (Remote Laser Welding). Försöken hade genomförts med en CO₂-laser från Trumpf (TLF6000) med tillhörande scanner-enhet (TLW60S) som har en fokallängd på 1,5 m. Använd effekt vid fjärrsvetsningen var 3.050 W och genomsnittlig svetshastighet låg på 3,6 m/min. Försöken hade utförts på 300 mm långa provkupper bestående av obelagd mjuk pressplåt DC04. Olika svetssekvenser för att placera 5 stycken 25 mm långa stegsvetsar på provkupperna hade studerats med tanke på distorsion [Fig. 3]. Det visade sig att de sekvenser som kallades "back-step" och "jump out-in" gav minst förvriddningar beroende på att man här påbörjar en ny svets i så kallat område som möjligt [Fig. 4].

En annan del i denna undersökning rörde olika typer av munstycksutformning för skyddsgastillförseln. Gasen som använts i försöken var ren Helium med ett flöde på 6-7 l/min. Konstant hållna parametrar var infallsvinkel (45°) och munstycksavstånd till arbetsstycket (60 mm). Följande munstyckstyper hade provats: "flat", "pipe", "Laval", "micro" och "slot", och beträffande laminär strömning rankades de i nu nämnd ordning, vilket betyder att s.k. "flat" utformning ger den bästa laminära strömningen [Fig. 5 och 6]. Ökar man skyddsgasflödet ytterligare minskar den laminära strömningen, något som undersökts via Schlieren-diagnostik. Den munstyck-

Type	Distortion measure [mm ²]	Relative distortion [%]
Continuous	1196	100
Step wise	1013	85
Back step	432	36
Reverse direction	758	63
Jump In-Out	721	60
Jump Out-In	440	37

Figur 4. Minst deformation erhöles med de svetsmönster som benämns "back-step" resp. jump out-in":



Figur 5. Olika munstycksutformningar som använts för att studera den laminära strömningen.

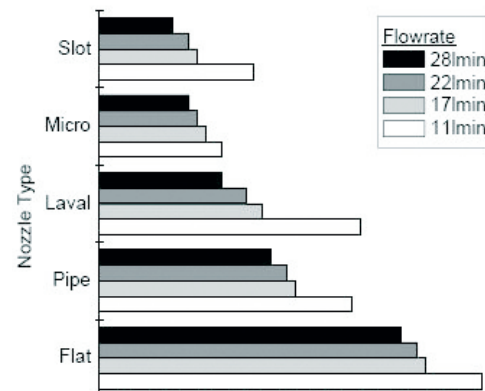
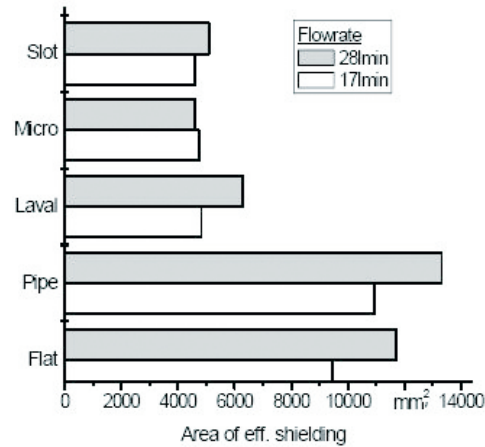
styp som har förmågan att täcka störst area var däremot den s.k. ”pipe”-typen, varför valet av munstycksutformning trots allt inte blir helt självklart.

Dr. Paul Hilton, TWI (The Welding Institute, Abington, U.K.) är för mig något av urtypen för vad vi menar med en engelsk gentleman, och denna gång hade alltid värtalige Paul gett sig i kast med att utvärdera olika laserkällors ”effektivitet”. Även här rörde det sig om en ”vidareförädling” av en presentation som hölls av kollegan Verhaege vid ICALEO® i fjol. Värt att nämna i sammanhanget är att TWI sedan två år tillbaka har en 7 kW fiberlaser från IPG Photonics i sitt laboratorium. Det är en laser med 18 mm*mrad i strålkvalitet, som är försedd med en strålväxlare (beam-switcher) från det svenska företaget Optoskand i Mölndal. Dr. Hilton menade att en fiberlaser lämpar sig bra även för skärning, men att man bör beakta att den har ett snävare processfönster jämfört med en CO₂-laser.

Beträffande den jämförande studien hade följande laserkällor studerats, och de hade alla programmerats så att de gav 4 kW effekt på arbetsstycket:

- Lamppumpad Nd:YAG-laser 23 mm*mrad \varnothing 0,61 mm fokalpunkt
- Fiberlaser 18 mm*mrad
- Fiberlaser 4 mm*mrad \varnothing 0,14 mm fokalpunkt
- Disklaser 7 mm*mrad

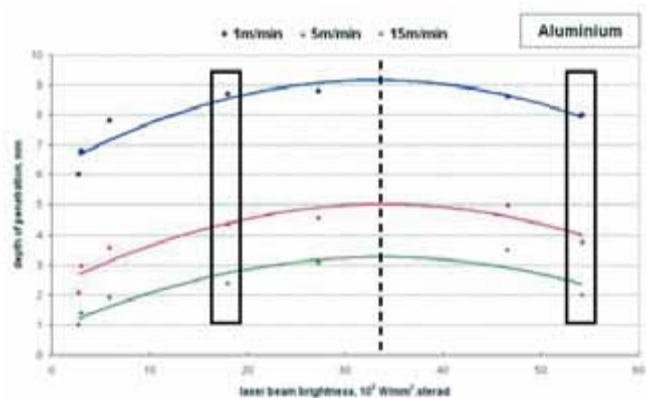
Man hade studerat penetrationsförmågan genom att göra BOP-svetsning (Bead-On-Plate) på avsmalnande provstavar i aluminium AA5083 och stål S275JR. Svetsningen startades från den tjockaste delen av provstaven varpå det registrerades när full penetration uppstod. Vid samma fokalpunktsdiameter visade sig Nd:YAG-lasern vara sämst och disklasern (och inte fiberlasern!) bäst. Därmed konstaterade Dr. Hilton att strålkvalitet inte kan vara den enda viktiga parametern. Visserligen finns det ett samband mellan strålkvalitet och volymen av uppsmält material, men det finns vidare en relation mellan uppsmält volym och laserträlens klarhet (brightness; ett värde som uttrycks i enheten 105 W/mm²*sterad).



Figur 6. Resultat från mätning av den laminära strömningen samt ytan för effektivt gasskydd vid svetsning i 2,5 mm tjockt S355Q-stål med olika typer av munstycksutformningar.

För värden kring 34 tycks det finnas ett penetrationsmaximum, och detta skulle enligt Dr. Hilton vara orsaken till att disklasern kom ut som etta i denna penetrationsundersökning [Fig. 7]. På en avslutande fråga om huruvida man skulle välja disklasern eller fiberlasern menade Paul att källorna var tämligen likvärdiga och att man i stället borde lägga ansträngningarna på att välja rätt fiberdistributionslösning.

Att manipulera svetsmältan med hjälp av elektromagnetism har vi hört om tidigare, och man får väl säga att BIAS varit något av en föregångare i ämnet. Därför var det på nytt dags för Dr. Thomy att äntra podiet och berätta lite kring svetsförsök utförda med denna teknik. Han hade undersökt svärsvetsade AlSi-legeringar, där en åtgärd för att undvika värmesprickor kan vara att tillsätta Si-tråd så att man får upp mängden Si i svetsgodset till över 2 %. En förutsättning för att detta skall lyckas är att man får en bra utspädning av kisel i smältan och detta kan man åstadkomma med ”magnetisk omrörning”. Försöksupställningen bestod av en 6 kW CO₂-laser kring vars svets huvud man hade monterat en coaxiell magnetpole [Fig. 8]. Fältstyrkan hade varierats mellan 40-60

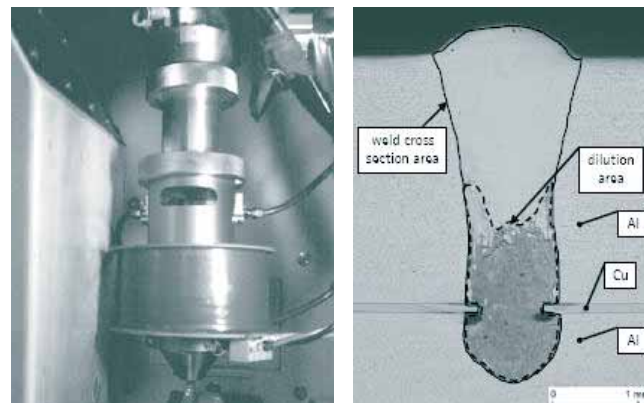


Figur 7. Laserstrålens klarhet, eller "brightness", har en märkbar inverkan på dess penetrationsförmåga.

mT och frekvensen mellan $8,5-12,0 \text{ s}^{-1}$. Svets hastigheten var $7,8 \text{ m/min}$ och den använda skyddsgasen var Helium med ett flöde på 20 l/min . Resultaten, med tanke på att åstadkomma en bra uppblandning, var att fältstyrkan har en större inverkan än frekvensen.

Samma ämnesområde behandlades av Dr. Tsai från University of Missouri-Rolla, som genomfört en studie i samarbete med GM R&D Center. Här hade man använt en Wolfram-elektrod med 30 A för att skapa en fältstyrka på 800 mT . Avståndet till den infallande laserstrålen var 1 mm , och finessen med en elektrod var, menade Dr. Tsai, att genom att rikta densamma kunde man lägga det magnetiska fältet i olika koordinater. Så mycket experimentella resultat redovisades inte, utan här rörde det sig främst om en teoretisk studie. Avsikten var att undvika porer i svärsvetsade materialkombinationer, något som dock till viss del kan lösas genom att pulsa lasereffekten. En sådan åtgärd fungerar emellertid inte om svetsen får ett alltför stort djup/bredd-förhållande menade Dr. Tsai.

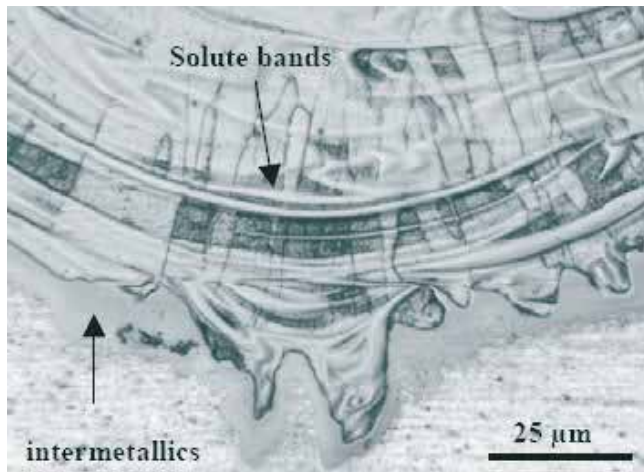
På eftermiddagen fick vi höra en initierad redogörelse från erfarne professor Dausinger från Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge (FGSW) vid Universitetet i Stuttgart. Han adresserade temat om porbildning vid lasersvetsning i aluminium, något som på senare år framgångsrikt kunnat undvikas genom att använda "twin-spot"-teknik, även kallat "dual-beam". Genom att förlänga nyckelhålet i svetsriktningen skapas bättre möjlighet för avgasning av svetsmältan. Men även de nya laserkällorna är fördelaktiga då det gäller att minska porförekomsten. Professor Dausinger sade sig kunna se sambandet mellan en bättre strålkvalitet, som resulterar i en mindre fokuspunkt, och en undertryckt porformering. Dock menade han att detta är relevant ner till fokuspunktdiametrar kring $200 \mu\text{m}$. Blir punkten mindre ger strålen en alltför liten divergens i nyckelhålet, vilket skapar en flaskhalseffekt då smältan stelnar och riskerar där-



Figur 8. Prototypen till ett svetsverktyg för magnetisk omrörning vid svetsning med fiberlaser (t.v.), och t.h. ett tvärsnitt som visar utspädningen av kopparparkliklar vid experimentell svetsning av Al99,5 med en tunn kopparfolie positionerad mellan aluminiumplåtarna.

med att porinneslutningar uppstår. En liten fokuspunkt skulle även vara gynnsamt då det gäller att undvika s.k. "humping" vid snabba svetsförlopp. Detta exemplifierades med disklasersvetsning av $0,3 \text{ mm}$ tunna folier i hastigheter kring 40 m/min , men här är det nog viktigt att påtala att en dylik "teori" endast är relevant vid så pass tunt material. Så fort vi kommer upp i karossplåtstjocklekar kring 1 mm har den lilla fokuspunkten en negativ inverkan med hänsyn till denna "humping"-effekt. En annan akilleshäl beträffande små fokuspunkter är den smältan får svårt att överbrygga alltför stora gap mellan plåtar som sinsemellan har dålig passning.

Inom temat att lasersvetsa stål till aluminium har det rapporterats åtskilliga resultat genom årens lopp. Mest framgångsrika har man nog hittills varit vid Laser-Zentrum i Hannover (LZH) med sin metod att ansätta en defokuserad laserstråle på stålsidan, och med hjälp att värmediffusion genom detta material få aluminiumet med sin relativt låga smältpunkt att smälta och bilda några sammanhållande intermetalliska faser utan att stålplåten går i smälta. Nu vid LAMP fick vi oss till del några andra angreppssätt framförda av Dr. Peyre från GERALP-LALP i Frankrike. Han redogjorde för två olika försök där man överlappssvetsat obelagt alternativt zinkbelagt DC04 till AA6016-T4 med en 4 kW Nd:YAG-laser. Vid ren överlappssvetsningen hade man nyckelhålssvetsat med stålet på ovasidan och med en kontrollerad penetration på maximalt $0,5 \text{ mm}$ in i aluminiumet [Fig. 9]. Vid djupare penetration visade det sig att man fick omfattande sprickbildning, samt att andelen aluminium i smältan gick upp till 25% och orsakade en hårdhetsökning från 200 till $350 \text{ HV}_{0,1}$. Den ökade penetrationen avslöjade också en nedgång i hållfasthet vid de dragprov som gjorts som kan sättas i samband



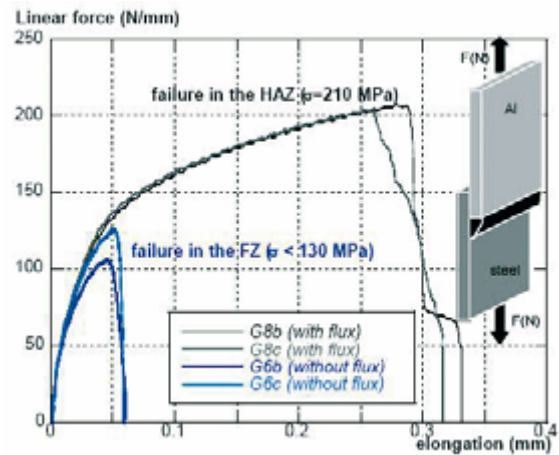
Figur 91. Mikrosnitt genom stål/aluminiumgränssnittet vid nyckelhållsvetsning. Det intermetalliska skiktet är cirka 10-15 μm tjockt. Vidare ser man ett antal stelningsband vilka är parallella med svetsens stelningsfront.

med en ökad sprickbildning, samt att brottet sker i aluminiumplåten, medan det vid mer moderat penetration sker i stålet.

Det andra tillvägagångssättet var att kantsvetsa, nu med aluminiumet som toppplåt. Här hade man defokuserat laserstrålen till en fokalpunkt med 2 mm diameter och smälte bara ner aluminiumet som därmed binder till stålet via de i sammanhanget vanligast förekommande intermetalliska faserna vilka är Fe_2Al_5 och FeAl . För att uppnå en fullgod vätning, och därmed acceptabla hållfasthetsnivåer, hade man tvingats att använda sig av fluxmedel, även för den zinkbelagda plåten, vilket kan synas vara ett realistiskt alternativ i en produktionsmiljö. I kantsvetsexperimenten visade sig en lägre svetsastighet ge mer spänningar och sprickor, varför en rekommenderad hastighet sades ligga kring 1,2 m/min. Skillnaden i hållfasthet mellan flux-preparerade provstavar och icke fluxbelagda var att de förra uppvisade dubbelt så hög hållfasthet [Fig. 10].

Mr. Ozaki, en student från School of Engineering vid Nagoya University hade också han tagit fasta på lasersvetsning av blandmaterialkombinationer i sitt arbete. Här svetsades 0,55 mm zinkbelagd (60 g/m^2) stålplåt till 1,0 mm tjockt aluminium i AA6000-kvalitet med stålet positionerat på toppsidan. Han hade använt sig av en pulsad 2 kW CO_2 -laser och svetsat inom framföringsområdet 0,2-0,7 m/min. De låga svetsastigheterna förklaras av att man hade defokuserat strålen till $\varnothing 3,0$ mm för att ligga i ett temperaturintervall ($1000\text{-}1200^\circ\text{C}$) som inte smälter stålplåten.

Det speciella var att man hade placerat ett tryckhjul just efter själva laserstrålen, vilket jämnade ut smältan med en tryckkraft på 150 MPa [Fig. 11]. Det kunde kon-

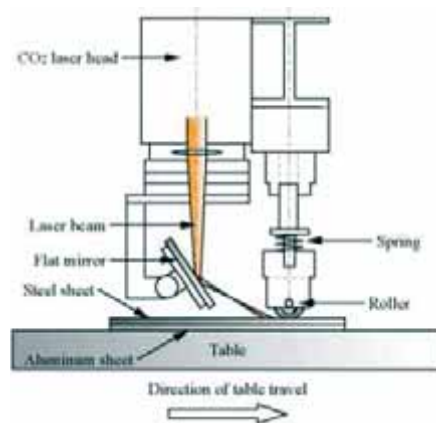


Figur 10. Dragprov som visar på skillnaderna i hållfasthet för mix-materialsvetsar utförda utan resp. med fluxmedel.

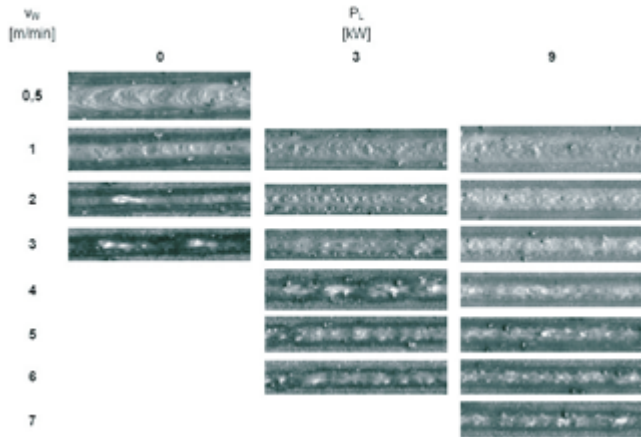
stateras att en ökning av svetsastigheten från 0,3 till 0,6 m/min avsevärt minskade det intermetalliska skiktet. Zinkbeläggningen har vidare en tendens att bättre uppblandas med aluminiumsmältan vid svetsastigheter $> 0,5$ m/min. Utförda dragprov gav vid handen att vid låg svetsastighet erhöles fogytebrott, medan vid högre hastigheter brottet gick i stålplåtskomponenten (vilken ju var den tunnare plåten).

Session LASER HYBRID TECHNOLOGY

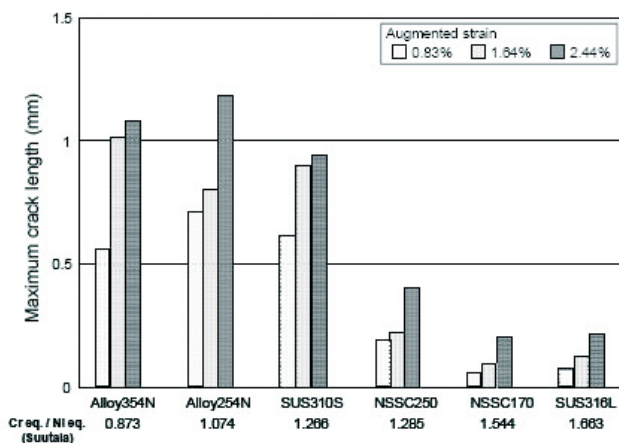
Laserhybridsvetsning är ett "hett" ämnesområde, oavsett var i världen man befinner sig. Detta exemplifierades av Yasuaki Naito (JWRI = Joining and Welding Research Institute, Osaka University), som hade tittat på att kombinera en 300 A TIG-brännare med en 3,5 kW Nd:YAG-laser för svetsning av rostfritt 304-material. TIG-pistolen var placerad som ledande, och detta var ett budskap som genomsköljde hela konferensen, nämligen



Figur 11. Försöksupställning med ett fjäderbelastat tryckhjul positionerat efter laserstrålen med avsikten att kunna jämnare ut smältan.



Figur 12. Inverkan av svets hastighet och lasereffekt på kvalitén på svetsens toppyta vid hybridsvetsning (BOP) av S355-material.



Figur 13. Uppkomsten av värmesprickor vid laserhybridsvetsning i några olika rostfria materialkvaliteter.

den att vid laserhybridsvetsning av stål skall/måste gasmetallbågen orienteras ledande i förhållande till den infallande laserstrålen. Vissa "experter" menade t.o.m. att det var omöjligt att få till någon process om man gjorde tvärtom, något som dock andra undersökningar kan vederlägga. Hursomhelst diskussionen kring ledande/släpande ljusbåge och interavstånd mellan de två processerna lär säkert komma att fortsätta!

Resultaten från Dr. Naitos studie indikerade att högre ström på TIG-källan gör att man får färre bubblor, vilka tycks genereras från nyckelhålets botten, i smältan och därmed också färre porer. Detta var en effekt som på ett utmärkt sätt visualiserades med några höghastighetsfilmer. I dessa kunde man också se hur laserplasmata fångar TIG-ljusbågen, samt att den senare aldrig penetrerade ner i själva nyckelhålet. Även i denna session hade Dr. Claus Thomy från BIAS en presentation, varför han var att betrakta som en av de mest aktiva vid detta års LAMP-konferens. En tänkbar applikation för laserhy-

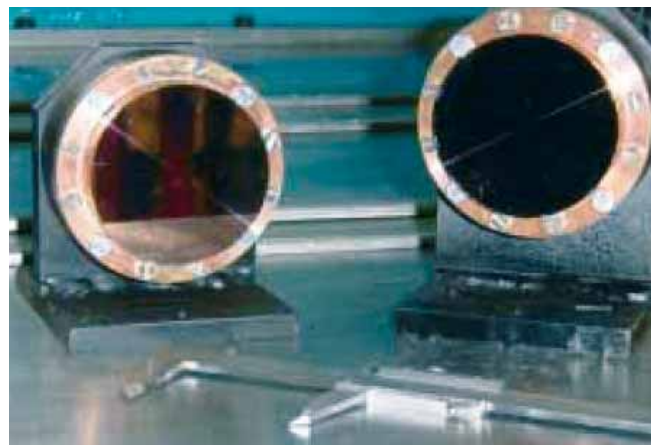
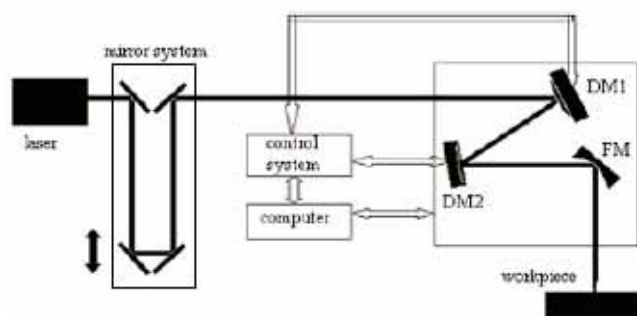
bridsvetsning var enligt honom longitudinell svetsning av pipeline-rör. Den experimentella verksamheten hade dock begränsats till BOP-svetsning (Bead-On-Plate) med en 15 kW CO₂-laser med 300 mm brännvidd och 0,5 mm fokuspunkt kombinerad med en 600 A MIG-pistol. Materialet som svetsats var S355 med 1,2 mm grov SG2-tillsatstråd. Skyddsgasblandningen utgjordes av en begränsad andel Helium mixad med Argon.

Utvärderingen hade företrädesvis gjorts mot kvalitén på svetsens toppyta. Här kunde Dr. Thomy konstatera att högre svets hastigheter ger ett sämre resultat, men att detta kan kompenseras med en ökning av lasereffekten [Fig. 12]. En ökning av denna från 3 till 9 kW påvisade att det inte bara är MIG-processen som bestämmer svetsrågens bredd, utan att en ökad lasereffekt bidrar till svetstillväxten också tvärs svetsriktningen. Vidare kunde man konstatera att en ledande ljusbåge gav minst svets sprut, men att det gick att överväga att ha lasern som ledande under förutsättning att det förelåg en god passning mellan detaljerna.

Dr. Yamaoka från Ishikawajima-Harima Heavy Industries (IHI) hade ägnat sig åt att titta på laserhybridsvetsning som ett alternativ för att undvika värmesprickor i nickelrika rostfria stål, såsom NSSC170 och NSSC250. Vid svetsförsöken hade man använt en 5 kW fiberlaser från IPG Photonics samt ett nytvecklade tillsatmaterial, YM250, som sades innehålla 21,44% Nickel. Laserhybridsvetsningen visade sig kunna överbrygga spalter upp till 2 mm, och svets hastigheten låg 44% högre jämfört med ren lasersvetsning.

Någon martensitbildning i svetsgodset gick inte att upptäcka. Känsligheten för värmesprickor hade validerats med s.k. trans-Varestraint test, vilket vi skulle kunna likna vid ett vanligt 4-punkt böjprov. Endast ringa värmesprickor kunde upptäckas i 250-materialet, trots att detta sades ha ett ogynnsamt stelningsbeteende. 170-materialet uppvisade ingen sprickbenägenhet över huvudetaget [Fig. 13]. I jämförande dragprover uppvisade laser- och laserhybridsvetsade provstavar samma hållfasthet som grundmaterialet, medan gasmetallbågsvetsade objekt låg på ungefär 95%.

Under överseende av diskussionsledaren Paul Denney från EWI (Edison Welding Institute) i Columbus, OH fortsatte Dr. Zhaogu Cheng från Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics med att berätta vad man åstadkommit inom kinesisk varvsindustri. Här är ju som bekant laserhybridteknik ett utmärkt instrument vid svetsning av paneler då metoden minimerar det omfattande efterarbete i form av riktning som annars förekommer vid gasmetallbågsvetsning. Inom laserhybridområdet pågår sedan oktober 2004 ett intimt samar-



Figur 14. Principlösningen för svetsning över stora ytor med hjälp av adaptiva, tryckreglerade speglar. Till höger syns dessa "deformerbara" speglar i detalj med den konvexa t.v. och den konkava t.h

	Grades	Thickness (mm)	Welding speed (m/min)	Laser Power (kW)	Hardness (Hv0.3)	
					melted zone	base metal
THYSSEN	DP500	1.2	8	5.5	413-437	196
			4	3	433-415	
	DP600	1	8	8	425-412	196
			4	3	413-404	
	TRIP700	2	8	7	490-484	223
			4	4	470-450	
CP-W800	1.5	8	6	435-439	281	
		4	3	469-462		
ARCELO R	FB450	2	7	8	414	170
	TRIP800	2	6	7	530	280
	CP1000		7	8	446-453	334

	Grades	Thickness (mm)	Welding speed (m/min)	Laser Power (kW)	Current (A)	Mean Hardness (Hv0.3)
			4	3	200	299
	DP600	1	4	3	150	331
			8	7	300	436
	TRIP700	2	4	4	200	401
			8	6	300	422
	CP-W800	1.5	4	3	200	402
ARCELOR	FB450	2	7	8	150	362
					200	325
					250	318
	TRIP800	2	6	7	300	510
					150	500
					300	480
CP1000	2	7	8	200	430	

Figur 15. Jämförande studier av hårdheten i svetsgodset vid svetsning i olika höghållfasta kolstål. T.v. data från lasersvetsning och t.h. motsvarande värden vid laserhybridförsök.

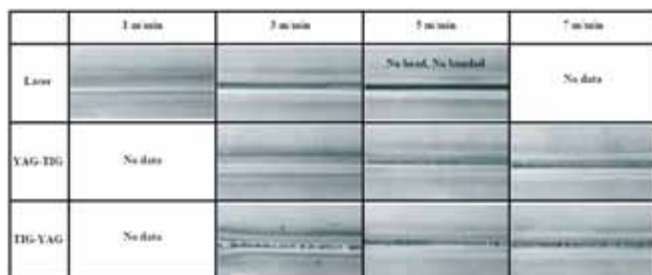
te mellan tysk och kinesisk varvsindustri i det s.k. Chin-Las-projektet

Vid Changxing Island, som är ett av världens största varv har man installerat en försöksutrustning baserad på en 15 kW CO₂-laser från Trumpf, TLF15000. Där har man stumfogsvetsat rostfritt SUS304 med \varnothing 1,2 mm 1.4316 tillsatstråd, samt kolstålsvarianterna CCS-B (8 mm tjocklek) och CCS-A36 (3-10 mm tjocklek) med \varnothing 1,2 mm SG2-tråd. Lasereffekten hade anpassats så att man låg på svetshastigheter kring 2 m/min. För kolstålen fick man en ökning av hårdheten i svetsgodset (350 HV) jämfört med grundmaterialet (150 HV), medan man för det rostfria materialet, vilket är ett känt faktum, inte erhåller någon dylik hårdhetsskillnad. Statiska dragprov indikerade att hållfastheten i svetsarna var likvärdig med grundmaterialens hållfasthet.

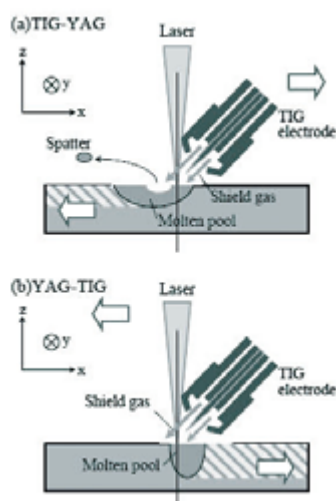
När man arbetar över så stora ytor som det här är frågan om (20x20 m) ändras fokallängden mellan utgångsspeglarna och arbetsstycket p.g.a. att råstrålens midja och divergens ändras. Vid Changxing Island har man avhjälpt detta med att introducera två tryckreglerade speglar, en konkav och en konvex, som är 2 mm tjocka och har

en diameter på 60 mm [Fig. 14]. Med dessa har man skapat ett datorkontrollerat, adaptivt system, som gör att man får en konstant fokalpunktsstorlek över hela arbetsområdet.

Dr. Briand från AirLiquid/CTAS i Frankrike hade studerat laser- och laserhybridsvetsning av olika UHSS- (Ultra High Strength Steels) kvaliteter med brottgränser över 550 MPa, vilka innefattade olika DP- (Dual Phase), TRIP- (Transformation Induced Plasticity) samt CP (Complex Phase) material. Ett välkänt problem vid lasersvetsning av dessa höglegerade stål är att hårdheten i svetsgodset riskerar att överstiga normala kravnivåer kring 300-350 HV. Det finns i huvudsak två optioner för att undvika detta: att använda sig av hybridtekniken alternativt att använda tillsatsmaterial. Med hänsyn till det förra har AirLiquid utvecklat ett eget svetsverktyg för laserhybridsvetsning, vilket hade använts vid de här redovisade försöken. Hybridtekniken fungerade bra då det gällde att sänka hårdheten i DP-svetsarna, men hade endast marginella effekter på de andra materialkvaliteterna [Fig. 15]. Vidare hade försök på lågkolhaltigt MC025 (kolhalt 0,013%) resulterat i hårdhetssänkningar i svetsgodset men jämväl



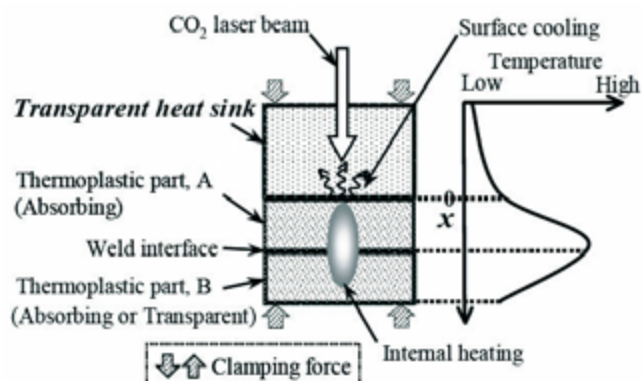
Figur 16. Utseendet på svetsens toppyta vid några olika svetsförfaranden (laser resp. Nd:YAG+TIG) och -hastigheter.



Figur 17. Professor Katayamas teori om hur svetsmältan beter sig då man svetsar med ledande TIG-pistol resp. ledande laserstråle.

icke så i HAZ (Heat-Affected Zone). Sessionen avslutades med ett föredrag av en av organisationskommitténs för LAMP "tung" namn, professor Seiji Katayama från Osaka University. Med hjälp av höghastighetsfilmning av svetsförloppet, något som våra japanska kollegor är välkända för sedan många år, hade man kunnat optimera svetsparametrarna vid en hybriduppställning innehållande en 3 kW Nd:YAG-laser och en 350 A DC (Direct Current = likström) TIG-källa. Den förstnämnda kördes både i cw-mode (continuous wave) eller pulsades. Provmobjekten var 2.5 mm tjocka plattor i höghållfast stål med 590 MPa brottgräns och försöken hade utförts som BOP (Bead-On-Plate) [Fig. 16].

Den klassiska frågeställningen om vilken metod som skall gå först hade adresserats och här menade professor Katayama att ledande TIG ger en djupare penetration. Däremot ger ledande Nd:YAG ett lugnare svetsbeteende med mindre sprut, dels från de från tillsatstråden avsmälta dropparna, dels från själva nyckelhålet [Fig. 17]. Om däremot TIG-pistolen var ledande kunde man från filmerna se att de avsmälta dropparna drogs med av laserstrålen och kastades bakåt i svetsriktningen. Helt sprutfritt fick man med ett interdistansavstånd på 4 mm, men samtidigt försämrades penetrationsförmågan. Den senare var störst då interdistansavståndet valdes till 2



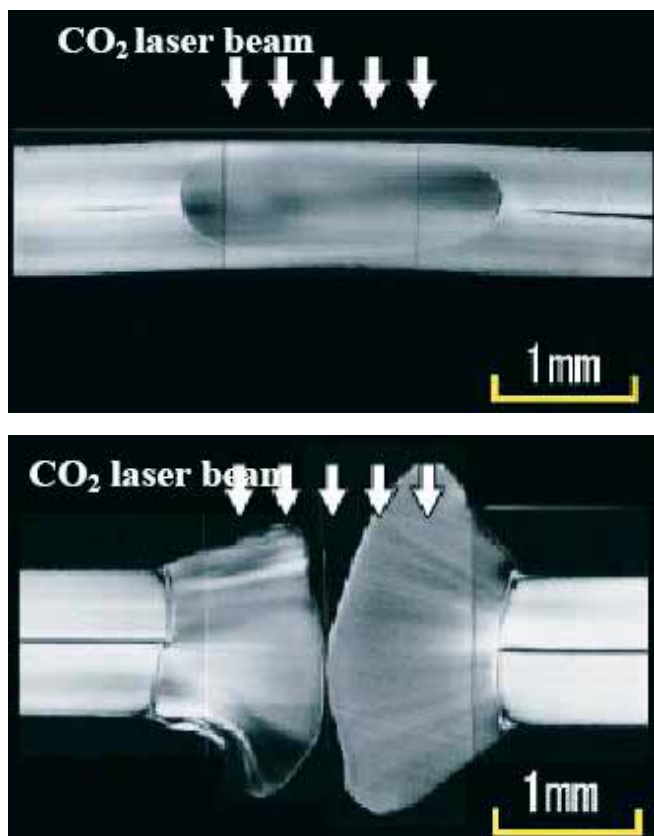
Figur 18. En ny metod för överlappssvetsning av plaster med CO₂-laser. Observera den kraftigt tilltagna transparenta fixturplattan vilken säkerställer en god värmeavledning.

mm. Slutligen kunde professor Katayama konstatera att hög spänning i kombination med låg strömstyrka för TIG-strömkällan var de inställningar som gav det stabilaste svetsförloppet.

Session LASER PLASTIC WELDING

Dr. Yasou Kurosaki från Cooperative Research Center vid University of Electro-Communications inledde med att beskriva de problem som förekommer vid s.k. TTIr- (Transmission Infrared Laser) svetsning av plaster med CO₂-laser. Plaster som PC och PMMA är helt transparenta för den infraröda våglängden, medan man har en cirka 50 %-ig absorption i exempelvis PA och PP. För att erhålla bra resultat vid transmissionssvetsning måste man därför kombinera olika plaster, vilket inte alltid är önskvärt ur egenskapssynpunkt. En annan åtgärd kan då vara att infärga den underliggande transparenta detaljen, något som emellertid är mindre önskvärt då man arbetar med applikationer för medicintillämpningar eller matförpackningar där man vill undvika all inblandning av pigmentering som kan medföra giftiga effekter. Vid hög absorption i framförallt den övre komponenten uppstår termiska skador på denna vilket i sin tur hindrar att tillräckligt mycket värme kan tränga fram till interfacet och skapa förutsättningar för svetsning. Detta menade Dr. Kurosaki kan avhjälpas genom en god värmeavledning vilken kan åstadkommas genom att man placerar en genomskinlig fixturplatta av 7 mm tjock ZnSe-material ovanpå den övre plastkomponenten [Fig. 18]. På så sätt hade man kunna överlappssvetsa två stycken 500 µm tjocka LDPE-filmer med 5 W lasereffekt på 1 sekund [Fig. 19]. Målet är att tekniken skall vara användbar vid tillverkning av medicintekniska produkter.

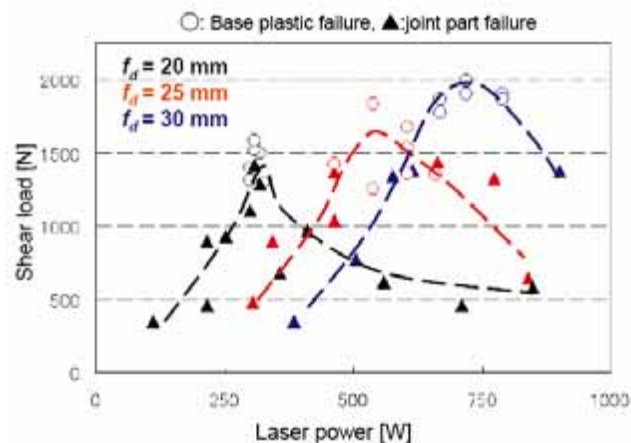
Vid vanlig transmissionssvetsning (LTW = Laser Transmission Welding) infärgas den underliggande plast-



Figur 19. Överlappssvetsning av LPDE-filmer, utan (t.v.) och med (t.h.) värmeavledande fixturplatta.

detaljen medan den överliggande lämnas att vara transparent. I nästa presentation, som hölls av Dr. Tetsuji Kihara från Orient Chemical Industries Ltd., försökte denne övertyga oss om att man i stället bör infärga båda komponenterna. Kanske inte så konstigt då den gode Dr. Kihara representerar ett företag som just utvecklar och marknadsför pigment. Han menade att man med "rätt" pigmentering kunde använda sig av s.k. ACW (Absorbance Controlled Welding), där man balanserar transmission och absorption i komponenterna genom additiv av en absorberande komponent från företagets eBind®Law®-serie. Försök hade genomförts på PC, PA66 men även på PA6 med 30% glasfiberinnehåll. Tvärsnittsektionen av svetsen för det senare materialet uppvisade en cirkulär form, något som Dr. Kihara antog kunde bero på laserstrålens reflektion mellan glasfibrerna i polyamidmaterialet. Svetsningen hade genomförts med hjälp av en laserdiod som gav en fokalkpunkt med ungefär 0,6 mm diameter, och produkten av absorptionsgrad och energitäthet visade sig vara proportionell mot svetsens styrka.

Vid en gemensam session för LPM- och HPL-deltagarna redogjorde en av konferensens arrangörer, professor Seiji Katayama från Joining and Welding Research Institute (JWRI) vid Osaka University, för en metodik som



Figur 20. Typiska hållfasthetsvärden för lasersvetsade överlappsfogar mellan SUS304 och PA. Med bibehållen energitäthet ger en större fokalkpunkt en bredare svets och därmed högre skjuvhållfasthet.

han uppfinningsrikt valt att kalla LAMP (Laser-Assisted Metal and Plastic Joining). En naturlig kandidat då det gäller att sammanfoga plaster med metaller är att använda lim. Dessa är emellertid mindre lämpliga ur miljösynpunkt, och i Japan finns en klar trend till att vilja minimera dylika skadliga substanser, s.k. VOC (Volatile Organic Compounds). Därför menade professor Katayama att sammanfogning av dylika mixade materialkombinationer bör kunna utföras med hjälp av laser. Han och kollegorna i Osaka hade undersökt materialkombinationer med PA, PET, PC och PP positionerade ovanpå rostfritt SUS304, aluminium AA5052 samt Titan, men även det omvända förhållandet, d.v.s. med den metalliska komponenten placerad på ovensidan, hade studerats. I det senare fallet leds värmen från den infallande laserstrålen via metallkomponenten och smälter sålunda plasten. Man hade använt sig av en Nd:YAG-laser med defokuserad stråle och anpassat effekten för en svets hastighet kring 10 mm/sek. På 30 mm breda överlappsförband erhöll man skjuvhållfastheter mellan 1.500 och 2.500 N [Fig. 20]. Så pass höga värden indikerar att man får en kombination av såväl mekanisk som kemisk bindning. Det förra validerades av att polerade metalliska ytor gav en lägre hållfasthet jämfört med ytor i "leveranstillstånd". En annan av professor Katayamas många slutsatser var att också det förångningstryck som uppstår då polymererna börjar smälta vid 600°K påverkar hållfastheten.

Johhny K. Larsson fortsätter med sin rapport från LAMP 2006 i nästa nummer av LaserNytt.

En dag på jobbet för Hans Hornig, BMW

Fri tolkning av Keynote-presentationen vid 7th European Automotive Laser Application Conference Bad Nauheim/Frankfurt a.M., 26-27 januari 2006

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Genom mitt engagemang inom Volvo Personvagnars laserutveckling och därtill hörande samarbeten med olika partners har jag under årens lopp haft nöjet att göra bekanskap med många intressanta personligheter. En av dessa är Hans Hornig, Leiter im Planung und Entwicklung Karosseriebau, BMW. Jag träffade Hans första gången i samband med att våra båda företag låg i startgröparna för införande av lasersvetsade karosstak, vi på 850-modellen och BMW för sin BMW3 Touring. Det finns många roliga minnen man skulle kunna berätta om från den tiden, då konstruktionsgenomgångarna ägde rum i de gamla nerslitna BMW-kontoren på Hufelandstraße och de experimentella lasersvetsningsförsöken genomfördes hos maskinbyggaren MBB (Messerschmidt-Bölkow-Blom) i München. Numera har ju utvecklingsingenjörerna på BMW flyttat in i det mer ändamålsenliga och moderna komplexet FIZ (Forschungs- und Ingenieur Zentrum) och det är där som den alltid lika sympatiska Hans Hornig har sin dagliga gärning. Därför var det extra roligt att kunna konstatera att Hans hade fått förtroendet att hålla inledningsanförandet, det s.k. "keynote speech" vid årets European Automotive Laser Application konferens (EALA) i Bad Nauheim. På de följande sidorna skall jag försöka ge ett koncentrat av den information som Hans Hornig delgav oss laserentusiaster vid detta tillfälle.

Hans började med att konstatera att den ny- och vidareutveckling som pågår inom området laserkällor erbjuder ytterligare möjligheter till införande av laserteknik för industriell tillverkning, samtidigt som komplexiteten för användaren tilltar och det därmed ställs ytterligare krav på specialistkompetens. En bidragande orsak till de nya laserkällor som på senare tid sett dagens ljus är den effektivitetsförbättring som åstadkommit inom halvledarområdet. Idag kan man t.ex. få ut 100 W från en enda vattenkyld diodstav ("diode bar"). Samtidigt som prisökningarna varit begränsade, kan man tala om en 40%-ig kostnadsminskning i termer av EUR/W jämfört med för några år sedan. Detta ger den potentielle laseranvändaren en palett av såväl laserkällor som användningsområden



Figur 1. CO₂-taklasersvetsning på BMW 6- och 7-seriens modeller.



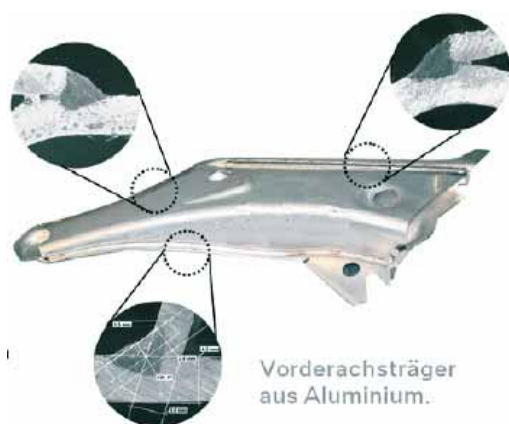
Figur 2. Höga krav föreligger på lasersvetsarna för denna gasgenerator till en airbag.



Figur 3. Lasersvetsning med AGAs Lasgon-gas vid tillverkningen av tallriks-hjul för en differentialväxel.



Figur 4. Två intressanta "remote"-applikationer hos BMW; t.v. mellanbrädeförstärkning på BMW 3-seriens tidigare "compact" version och t.h. balk över bakrutan på BMW 3-seriens 5-dörrsvariant.



Figur 6. Laserhybridsvetsning av en aluminiumframaxel med AISi5 som tillsatsmaterial.

att välja från. För svetsning, lödning, skärning, borring, formning, ytmodifiering och mätning finns CO₂-gaslasrar, Nd:YAG-stavlasrar, Yr:YAG-disklasrar, fiberlasrar och diodlasrar att välja mellan, allt efter tycke och smak. Som ovan berörts var BMW tidigt ute då det gällde att införa lasersvetsade karosstak i serieproduktion. I motsats till merparten av konkurrenterna som idag använder Nd:YAG-lasrar för detta ändamål har BMW blivit CO₂-lasern trogen. Detta illustrerade Hans med dagens lasersvetsade tak på BMW 6- och 7-serien [Figur 1], vilken görs med hjälp av TLF8000-lasrar från Trumpf ur vilka man nyttjar 5 kW för att innehålla kravet på svetshastighet, vilket ligger kring 4 m/min. En annan karossapplikation där CO₂-lasern kommer till användning är vid svetsning av täckningen till A-stolpen på BMW 3-seriens cabrioletmodell. Här utgörs den strukturella delen av A-stolpen av ett hydroformat, och därmed slutet, rör, varför en sammansättningsmetod som kräver enkelsidig åtkomst har varit nödvändig.

Även om merparten av lasersvetsapplikationerna hos

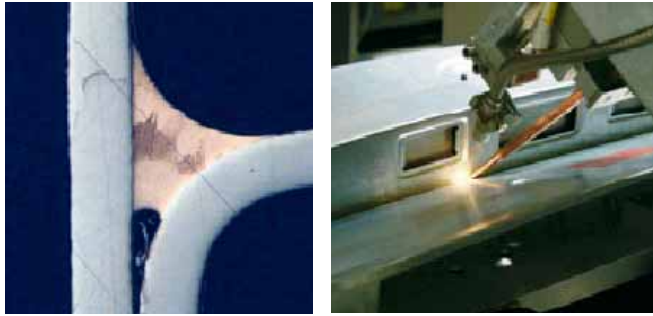


Figur 5. Den numera klassiska lasersvetsningen av aluminiumfrontens mellanbräda på BMW 5-Reihe.

BMW förekommer på karosserna har man också använt tekniken för sammansättning av andra bilkomponenter. Ett exempel är precisionssvetsning av gasgeneratorer för airbags [Figur 2]. Här föreligger tuffa krav på lasersvetsens gastätethet då de två kamrarna i generatoren skall klara tryck på över 400 bar vid den pyrotekniska temperaturen 2000°K, som förekommer då airbagen utlöser. Det finns inte mindre än tolv olika lasersvetsar på komponenten, företrädesvis kälsvetsar med krav på ganska exakta penetrationsdjup, och den sammanlagda svetslängden per detalj är 719 mm. Tillverkningen sker med s.k. "beam-sharing" där en laserkälla växelvis betjänar två stycken arbetsstationer. Lasern är en diffusionskyld 2,5 kW DC025 från RofinSinar och den genomsnittliga svetshastigheten ligger på 3 m/min.

Rotationsymmetriska detaljer har ju ända sedan 70-talet varit föremål för lasersvetsning. Dessa kräver inte alltför komplexa processupplägg då man kan arbeta med en stationär laserstråle och i stället rotera de detaljer som skall sammansvetsas. Hos BMW svetsar man tallrikshjul för växellådor på detta sätt [Figur 3]. Även här används 8 kW CO₂-lasrar från Trumpf (TLF8000) där effektuttaget ligger mellan 4,5-5,0 kW. Materialet i dessa tallrikshjul är höglegerat varför valet av skyddsgas måste göras med omsorg för att erhålla en acceptabel svetskvalitet. Företrädesvis använder man AGAs Lasgon C1, vilken är en blandning av Helium, Argon och Koldioxid.

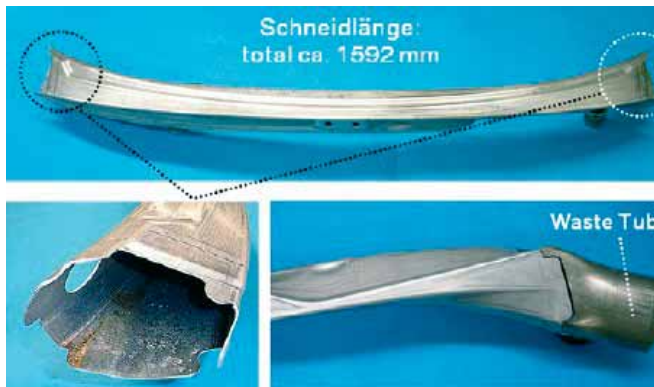
BMW var först bland biltillverkarna i Europa med att införa "fjärrlaser" eller s.k. remote laser welding i serieproduktion [Figur 4], något som jag beskrivit mer detaljerat i tidigare nummer av LaserNytt. Med en 6 kW CO₂-laser med god strålkvalitet och en "scanner-box" som täcker ett arbetsområde på 800x800?x00 mm (bxlxh) började man tillverka en mellanbrädeförstärkning till 3-seriens kompaktmodell 2003. Denna karossvariant togs emellertid ur produktion tidigt 2005 då modellen ersattes med den nya 1-serien, men då var Hans Hornigs team snabba med att hitta ett nytt användningsområde för remote-anläggningen i Milbertshofen/München. Nu används densamma för att stegsvetsa balken över bakrutan till övriga 3-seriemodeller. I detta sammanhang påpekade Hans nödvändigheten av god strålkvalitet vid fjärrlasersvetsning, varför man



Figur 7. Laserlödning hos BMW med s.k. strålfällegeometri.



Figur 8. Lasern använd för kvalitetskontroll av smältsvetsar på en krängningshämmare till BMWs 3-serie.



Figur 9. Precisionsskurorna ändrar säkertställer en optimal passning vid insvetsning av den hydroformade mellanbrädebalken i BMW 5-seriens frontstruktur.



Figur 11. Genom riktad strålningsvärme från en laserkälla kan vissa metallytor, i detta fall Titan, koloreras till önskvärd nyans.

kan ana att han och hans kollegor noga följer den utveckling som sker på disk- och fiberlaserområdena.

Lasersvetsning av mellanbrädor har också varit föremål för uppmärksamhet hos BMW och man införde tekniken redan på den förra generationens 5-serie. När man 2003 lanserade den nya 5-serien med dess frontstruktur i aluminium (GRAV = GewichtReduzierter Aluminium Vorderbau) ställdes man inför utmaningen huruvida man skulle fortsätta med lasersvetsning i detta område. Efter noggranna undersökningar blev svaret ja, och man använder en Nd:YAG-laser för att montera ett antal konsoler till mellanbrädans tvärbalk, varpå den senare svetsas till själva mellanbrädan med en cirka 1,5 m lång kontinuerlig svets [Figur 5] vilken har breddkravet 1,5 mm, eller 1,2 x mellanbrädans plåttjocklek.

Just aluminiumsvetsning med laser, vet ju vi som varit i branschen några år, är inte det allra enklaste, men den på senare år utvecklade laserhybridtekniken tycks vara lösningen på de problem som annars förekommer i form av instabil svetsprocess med tillhörande svetsdefekter. Därför används denna metod då BMW svetsar samman överdelen med underdelen på sina lättviktsframaxlar i aluminium [Figur 6]. Legeringstypen är AlMg3Mn i tjocklekar på 3,0 och 4,0 mm, och man använder tillsatsmaterial i form av AlSi5-tråd. Lasern är en 3,5 kW Nd:YAG och med denna integrerad i en hybriduppställning når man den imponerande svets hastigheten 4 m/min.

Förutom lasersvetsning av metalliska material använder sig BMW också av s.k. transmissionssvetsning av plaster. Tekniken är välbeprövad och bygger på att den övre detaljen är pigmenterad på ett sådant sätt att den blir transparent för laservåglängden medan den underliggande delen på motsvarande sätt är pigmenterad för att absorbera laserljuset. På detta sätt får man en temperaturkoncentration i gränsskiktet och därmed, i kombination med högt fixeringstryck, en lokal sammansmältning av komponenterna. Det är en bakspoiler i termoplast som BMW sätter samman på detta sätt, där man använder 2 stycken Nd:YAG-källor på vardera 150 W, var och en kopplad till en scanner-optik. Fördelen med lasersvetsning jämfört med andra plastsvetsmetoder är enligt Hans låga driftskostnader, korta takttider och bättre processtillförlitlighet.

Laserhårdlödning är en teknik som merparten av de europeiska biltillverkarna idag använder vid t.ex. baklucke- och bakdörrstillverkning [Figur 7], men som även börjat ersätta lasersvetsningen vid takets montering till karossen. Här har ju VW varit en föregångare, men rykten gör gällande att BMW avser att använda laserlödda tak på samtliga av sina kommande modeller. Och då är det inte främst Nd:YAG man tänker använda som

”värmekälla”, utan snarare högeffekts (4 kW), direktverkande diodlasrar med fiberdistribution av laserstrålen.

Nu är det emellertid så mycket annat än just svetsoperationer som lasern kan användas till inom bilproduktion, och här hade Hans några intressanta infallsvinklar att komma med. BMW använder lasrar för kvalitetsinspektion av diverse svetsar, bl.a. för en smältsvetsad krängningshämmare till 3-serien [Figur 8]. Genom att analysera det återreflekterade laserljuset kan man bedöma om svetsgeometrin ligger inom stipulerade mått. Vid en framföringshastighet på 4 m/min var upplösningsnoggrannheten 0,13 mm. Frekvensen är 500 Hz, vilket gör att avsyningshastigheten för 8 svetsar per komponent hamnar runt 40 sekunder. För att inspektera lödkvaliteten på bakluckor använder man sig av Soudronics välbeprövade SOUVIS5000©-system, vilket kan detektera öppna porer ner till en diameter på 0,1 mm.

Laserskärning är som bekant ett annat stort användningsområde inom bilindustrin, så också hos BMW. Här rör det sig framförallt om karosseriplåtsskärning till lågvolymprodukter och specialfordon samt prototyper, men även specialdetaljer till axlar och motordetaljer laserskärs. En välkänd applikation är renskärningen av ändarna till det hydroformade aluminiumrör som sitter i ovankant på mellanbrädan i 5-serien [Figur 9]. Här arbetar två stycken slab-lasrar (RofinSinar DC020) simultant för att minimera tänkbara värmeförvridningar.

Precisionshålborrning i organiska material var ett något mera udda användningsområde som den gode Hans hade att peka på. Med pulseffekter kring 8 kW och pulslängder mellan 0,08-1,0 ms erhöll man en överlägsen produktivitet jämfört med andra bearbetningsformer. Genom att dessutom optimera hålformen, vilket nästa bara går att göra med laser då det rör sig om komplexa geometrier, kan man näst intill undvika all form av sprut från avverkat material.

Märkning med hjälp av laser är ett ytterligare stort användningsområde inom bilindustrin. Hans berättade att man har totalt ungefär 80 olika typer av anvisningsdekal, och att varje fordon i genomsnitt har mellan 10-20 av sådana informationsbärare. Storleken på dekalerna varierar, men de största är cirka 220x220 mm stora. Den dominerande lasertypen vid märkning är Nd:YAG, och man arbetar med våglängder inom såväl IR-området (1.064 och 532 nm), som UV-området (355 nm). Det senare används framförallt vid märkning av plaster. Den effekt som behövs ligger mellan 5-100 W, och man använder såväl cw som pulsning, den senare i frekvensområdet 1-100 kHz.

”Near-Net-Shape” av prototypdetaljer med hjälp av laserformning, eller som Hans så vackert kallade det ”3D Laser Cusing”, är en intressant teknik, där man lager för



Figur 10. Beläggning av cylinderfoderytor med hjälp av laserteknik för att erhålla minimalt slitage samt optimala friktionsegenskaper.



Figur 12. Makro-polering med laser innebär att man omsmälter ett tunt ytskikt och därmed skapar en ytfinhet som överträffar den som man får vid mer konventionella polermetoder.

lager bygger upp detaljer i samma material som man avser att använda i den slutgiltiga produkten. Härmed får prototyperna mer verklighetsnära egenskaper. I och med detta förutspådde Hans att så mycket som 30% av de verktyg som tillverkas av högteknologiska material (som varmarbetsstål 1.2343 och verktygsstål 1.7225) i framtiden kommer att byggas upp på detta sätt. Lasern kan också användas för påläggning av material framförallt då på ytor utsatta för extremt slitage, men även för att skräddarsy ytkonditionen med tanke på speciella funktioner. Hos BMW förekommer denna typ av ytmodifiering för cylinderfoder [Figur 10], cylindertoppar, lagerytor etc.

Ett intressant användningsområde var kolorering av Titan-ytor. Här kan man med hjälp av kontrollerad strålningsvärme från lasern förändra metallens kulör allt efter tycke och smak [Figur 11], och alltså ersätta konventionella, tryckta färgmönster. Lite inom samma område hamnar polering av ytor medelst laser. Inom s.k. makro-polering smälter man om ett tunt ytskikt (30-80 μm) och kan på så sätt ta bort makro-ojämnheter [Figur 12]. Vid mikropolering är det en kombination av omsmältning och förångning av ytskiktet som gör att man förhöjer ytans glans. Vid laserpolering kan man nå ett $R_{\text{max}} = 1,32 \mu\text{m}$, att jämföra med mekaniskt polerade ytor som ligger kring 18 μm . Återstår väl bara att hitta de praktiska användningsområdena.

Slutligen berättade Hans om de installationer för laserhårdning som BMW har i drift. Det rör sig här om lokal hårdning av verktygsytor för pressverktyg till karosdelar. Man håller just på att experimentera med en 2 kW Nd:YAG-laser för detta ändamål i München, men annars är det diodlasrar som är det gängse verktyget för dylika operationer. I Dingolfing har man en 4 kW DILAS DL040S integrerad i en fräsmaskin, och i verk-

tygsverkstaden i Eisenach arbetar en 3,5 kW DILAS DL035S med att direkt från CAD/CAM laserhärda specifikt utsatta områden på pressverktygen.

Avslutningsvis kan man konstatera att Hans Hornigs breda exposé över tänkbara användningsområden för laserbearbetning än en gång bekräftar påståendet att det endast är fantasin som sätter begränsningar för vad som är möjligt att åstadkomma med laserteknik.

EuroBlech 2006 slog alla rekord

Det blev ny succé för världens största mässa för plåtbearbetning, EuroBlech 2006. 1409 utställare från 40 länder presenterade alla aspekter på plåtbearbetning. Utställningsytan slog rekord med 76 000 m² i sju olika hallar och likaledes blev det rekord för antalet besökare; 65 353 intresserade deltagare besökte mässan i Hannover. Speciellt gläder sig arrangörerna åt att antalet utländska besökare ökade med 25 %.

LaserNytt har som tradition att rapportera från detta viktiga evenemang. I år har vi glädjen att ge tre ögonblicksbilder från mässan förmedlade av Mikael Mimer, Trumpf Maskin AB, Johan Elster, Bystronic Scandinavia AB och Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB. Sen är det bara att ladda för EuroBlech 2008; boka den 21-25 Oktober för en resa till Hannover.

Intryck och reflektioner av Mikael Mimer

av Mikael Mimer, TRUMPF Maskin AB

Då jag själv deltog på årets EuroBlech som besökare fick jag möjlighet att gå runt i samtliga hallar och monter och istället för att enbart stå som värd i TRUMPF's egen monter. Det stod dock relativt snabbt klart på tisdag förmiddag, mässans första dag, att trycket var stort på mässan rent generellt men i synnerhet i TRUMPF's monter. Under de två dagar jag var på mässan blev det således så att även jag fick ta på mig namnbricka och hjälpa till att serva de många svenska mässbesökare som hade tagit sig ner till Hannover.

Nåväl, den tid jag tog mig för att vandra runt i de andra hallarna gav mig en någorlunda god överblick av vad mässan hade att erbjuda. I hall 11 och 12 var det mesta av laserteknik koncentrerat. Här inser man ganska snabbt att laserskärning i 2 dimensioner verkligen är något som har slagit igenom ordentligt vilket även märks då man frågar runt bland de aktörer som är aktiv på marknaden.

Bland svenska utställare märktes både ESAB, som visade upp svetsutrustning i hall 13 samt SSAB som trängdes bland plåtleverantörerna i hallen avsedd för dem. Därutöver var ju naturligtvis även Permanova

representerade samt även våra kollegor från Alingsås tillhörande Luna.

Åter i TRUMPF's monter, för övrigt den största på hela mässan med hela 2200 kvadratmeter, kunde de många besökarna få bevittna det senaste inom hela plåtbearbetningskedjan. Det gäller allt ifrån automatiserad kantböckning med TruBend till lasersvetsning med en skivlaser på 6 kW nämligen TruDisc 6002. I det här forumet är det naturligtvis mest intressant med de nyheter som presenterades inom laserområdet. Förutom den nämnda TruDisc 6002 som användes som laserälla till en svetsrobot i den helt nya svetscellen TruLaser Robot 5020 visades det nya flaggskeppet inom 5-axlig bearbetning TruLaser Cell 7040. Den här maskinen, som kan utrustas med upp till 7 kW för skärning och ännu högre effekter då det gäller svetsning, har bl.a. utrustats med ett kollisionsskydd mellan bearbetningsoptiken och maskinen. Kollisionsskyddet fungerar som en magnetkoppling som löser ut i alla tre axiella riktningar så fort oönskad kontakt med arbetsstycket fås. En speciell feature är att huvudet sitter fast i en plastrem som fångar upp det då kollisionsskyddet löser ut och sedan är det bara att för hand sätta tillbaka huvudet på maskinen som fixerar det automatiskt. Det behövs alltså inte

kalibreras igen efter kollisionen. Som den uppmärksamme läsaren säkert redan har lagt märke till har alla TRUMPF's produkter bytt namn. Det har kommit en ny tydligare struktur på produkternas benämning vilket ska leda att man lättare kan förstå vad det är för produkt bara genom att läsa dess namn. Den välrenommerade och beprövade koldioxidlasern kommer från och med nu att heta TruFlow XXXX, där XXXX står för effekten i watt.

Slutligen måste återigen påpekas det stora antalet mässbesökare! Det var utomordentligt roligt att så många svenskar och skandinaver tog sig tid att besöka EuroBlech 2006. Det märks tydligt att intresset för laser och plåtbearbetning är stort i Sverige och Europa. Industrin producerar så mycket som hinns med för tillfället! Det bidrar till en ökad efterfrågan på maskiner för plåtbearbetning som i sin tur leder till att vi maskintillverkare har orderstockar som vi aldrig upplevt tidigare.

Intryck och reflektioner av Johan Elster

Av Johan Elster, VD, Bystronic Scandinavia AB

Förväntningarna var stora inför årets EuroBlech. Konkurrenten är stark över hela världen och de flesta leverantörer inom laser för plåtbearbetning var på plats för att visa upp sina nyheter. Bystronic hade en riktig världsnhet: ByVention. En helt nytt koncept inom laserskärning. En laserskärmaskin som kan bearbeta 3000x1500mm plåt på en yta om 6x6m. Och som kostar Euro 265'000 över hela världen, allt inkluderat.

För tre år sedan gjordes en världsomfattande marknadsundersökning i branschen som visade att 80% av de plåtdetaljer som laserskärs är mindre än 500x500mm och max 8mm i tjocklek. Konceptet blev fastlagt.

Man ville bygga en maskin som kostar hälften (50%) av en traditionell 4 kW växelbordsmaskin, men som klarar av att skära 80% av alla detaljer. Därav konceptet 50?80.

Över all förväntan.

Resultatet blev lyckat. Konceptet gick hem hos många besökare. Hela 70% av alla förfrågningar som kom in till Bystronic under mässan var på just denna nyskapelse. Maskinen är unik i sitt slag. Maskinstativet är gjutet i mineralgods som ger extremt god stabilitet men som också öppnar för rationalisering i monteringsprocessen. Kablar och slangar ligger i rör som är färdigt ingjutna i maskinstativet. Det tar bara fem dagar att bygga maskinen. Konceptet bygger på fem huvudprinciper: Enkel, kompakt, smart, trygg och komplett

Enkel: Maskinen installeras under en enda arbetsdag och det tar bara några timmar att lära sig att köra maskinen fullt ut. Styrningen är mycket enkel. Logik och grafik är nyckelord för det extremt användarvänliga styrsystemet som Bystronic själv har utvecklat.

Kompakt: ByVention upptar endast 6x6m golvyta. Maskinen är den mest kompakta i sitt slag på markna-

den. Kylaggregat och utsugningsfilter har byggts ihop för att spara plats.

Smart: Nyttänkande när det gäller materialflöde. Plåten läggs på bordet bakom maskinen och transporteras automatiskt in över skärbordet. Första plåtsegmentet bearbetas och ett gaffelsystem hämtar färdigskurna detaljer och transporterar dem i sidled för omedelbar användning. Samtidigt lyfter maskinen in plåten ytterligare ett segment och skärprocessen fortsätter. Maximal detaljstorlek är 1546x772mm.

Trygg: Maskinen är designad för högsta driftssäkerhet. Maskinstativet är extremt stabilt och alla nyckelkomponenter är välbeprövade och utvecklade av Bystronic. Resonatorn är Bystronics egen 2,2 kW CO₂-likströmlaser. Som kund får man två års garanti och två års gratis underhållsservice med maskinen.

Komplett: Ett pris över hela världen. Allt ingår. Maskinen är komplett med kylaggregat och filteranläggning. Transport, lyft från bil in till fundament, installation, utbildning, Bysoft CAD/CAM programmeringsmjukvara, två års garanti och två års gratis underhållsservice ingår i maskinpriset. Även två tuber med färdigblandad lasergas ingår.

Annars visade Bystronic upp en del av sitt övriga produktprogram inom laserskärning: Höghastighetsmaskinen Byspeed 3015 med 4,4 kW CO₂-likströmlaser med hanteringsutrustning och allroundmaskinen Bystar 3015 med en 6 kW CO₂-högfrekvenslaser. Både laseraggregaten är exciterade genom underhållsfria solid state moduler inbyggda i resonatorn. För övrigt var det positivt att så många mindre utställare visade upp nya koncept och fiffiga lösningar. En tydlig trend var att skåda på plåthanteringsidan. Många nya lösningar presenterades som tyder på att vi vill ha kvar jobben i Väst-Europa och måste fokusera på rationell produktionsteknik.

ByVention: Worldwide one price: Euro 265.000,-

Intryck och reflektioner av Tori Salmi

Av:Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB

Allmänt sett var det en bra mäsä för lasermaskiner!

Permanova Lasersystem AB- Permanova hade egen monter tillsammans med sälj- och service-partnern ARO, varför mässbevakningen för min del i övrigt blev sporadisk. Utöver den egna montern redovisas nedan korta besök hos några andra utställande företag.

Intrycket av EuroBlech var att det var välbesökt, med en hygglig förstadag (tisdag), bra onsdag-fredag, men en tveksam lördag. Permanova hade ca 25 % fler besökare jämfört med år 2004. I år ställde vi ut två robotar dresade med var sitt laserprocessvertyg. Den ena roboten visade ett systemkoncept med svetsverktyg med lång brännvidd, med fogföljning, som i system med fler än en robot är ett bra alternativ till komplicerade scanning-system. I övrigt visades dels våra laserprocessverktyg, och dels våra systemkoncept, i form av olika referens-installationer. Hela systemtanken med de olika stegen från idé, design, verktygsanpassning, fixturer, robotprogram, cell-setup och inkörning presenterades.

IPG - IPG:s monter rönste stort intresse. Deras fiberlasrar visades, med bl a 1 kW-lasern i en byrålådas storlek. Skärning på nivåerna 1 och 2 kW promotades. Även de högre effekterna visades, imponerande i sin fysiska litenhet. Man visade också andras scanning-system, bl a Kukas scanning-koncept Roboscan, där ju fiberlasrarnas höga strålkvalitet kommer väl till pass.

I övrigt framgick att flera mulikilovattlasrar hade sålts till Sverige och Finland.

Rofin-Sinar Laser - Rofin (Macro-gruppen) visade i en

trevlig monter upp ett CO₂-baserat Remote Welding System, som svetsade live. Man inser lätt att mycket ompositioneringstid sparas in jämfört med konventionella system. Rofins 3 kW disklasrar visades också, liksom deras DC SLAB CO₂-laser, numera på 8 kW-nivån. Rofins scanningssystem för fiberöversörd stråle visades också på en vanlig industri-robot.

Prima Industrie - Prima visade upp sin Sincrono, det ultimata (?) svaret på hur snabbt små hål låter sig göras i tunnplåt. I övrigt kunde man som vanligt se riktiga live-demos i stor 3D-maskin, ett Prima kännetecken sedan hur länge som helst.

Trumpf - Som vanligt visade Trumpf upp sina 3 produktområden med extrem professionalitet i en monter av modell större. En 3D-robotcell visade svetsning, och i övrigt kunde man som vanligt se de mer traditionella maskinerna.

Bystronic - Bystronic visade en komplett skäranläggning med en 6 kW CO₂-laser. Dessutom hade man täckt upp området för mindre mera basic skärmaskiner, riktad mot nyare lite mer omogna men växande marknader.

Soudronic - Soudronic visade sina system för kvalitetskontroll av lasersvetsade/lödda produkter. De kan upptäcka porer i ytan ned till ca 0,1-0,2 mm storlek, via kamera med en kombination av profilmätning genom scanning, intelligent belysning och bildanalys av gråskalan.

Highyag - Highyag visade sina processverktyg för svetsning, skärning och lödning. Man hade också verktyg med lång brännvidd, och sitt scanningssystem i montern.

Plasmo - Plasmo visade sina system för svetsövervakning och profilmätning.

Scansonic - De visade sina nya laserprocessverktyg för bl. a. svetsning och lödning.



Bystronic

Nu har det avslöjats

ByVention: Enkel och kompakt, smart, trygg och komplett.

Laserskärning, skapad på nytt av Bystronic.

www.ByVention.com

Bystronic – Din kompetenta partner för skärning och bockning



Laserkalendarium 2007

Januari

17-19 MP4PL – The 20th Meeting on Mathematical Modelling of Materials processing with Laser.
Igl, Innsbruck Österrike

Mars

29 Laserseminarium "Konstruera för laser",
Pepab Produktionspartner AB,
Söderhamn
Per Westerhult

Maj

4 Lasernytt 1
10 Laserdag I, Årsmöte Lasergruppen
Tema: Nya laserkällor
GETRAG All Wheel Drive AB, Köping
Per Westerhult

Juni

18-21 World of Photonics, München
www.world-of-photonics.net

Augusti

20-22 NOLAMP 11
11th Nordic Laser Materials Processing
Conference. Lappeenranta, Finland
www.nolampjoin2007.fi

22-24 Lasergruppens studieresa i Finland
Per Westerhult

September

20-22 EWF Specialkurs Lasersvetsning
Kuren pågår september - december
Luleå

Oktober

13 Lasernytt 2
11 Laserdag II på Volvo Construction
Equipment AB, Eskilstuma
Per Westerhult

November

15 Workshop Lasersvetsning.
Plats ej bestämd
Per Westerhult

December

15 Lasernytt 3

**God Jul önskar
kansliet**



Lasergruppens nya hemsida

Av Per Westerhult, Lasergruppen

I samband med flytten av kansliet till Svetskommissionen gjordes även en omarbetning/modernisering av Lasergruppens hemsida.

På den "nya" hemsidan finner du bland annat:

- Aktuell medlemslista med kontaktpersoner
- Ett kalendarium med nationella och internationella laserutbildningar (kurser och konferenser)
- Aktuella laserstandarder
- Länkar till nationella och internationella institut och universitet som sysslar laserbearbetning

På den medlemsexklusiva sidan finns förutom tidningen Lasernytt även dokumentation från de senaste Laser-

dagarna, som du kan "hämta ner". Om du har glömt ditt användarnamn och lösenord, kontakta Per Westerhult på kansliet. Adressen till hemsidan är: www.lasergruppen.eu

Lasergruppens styrelse är tacksam för synpunkter på den "nya" hemsidan.

