

LASER

nytt

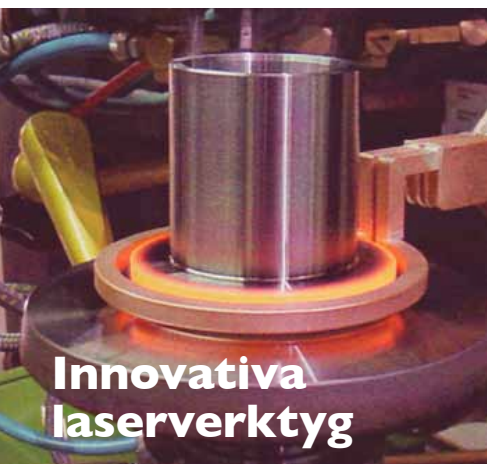
2-2013

Lösnummerpris 85 kr

Ny doktor inom laserbearbetning

Laserskärning av gummipackningar

Årets EALA-konferens





Upptäck laserns alla fördelar:

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

Många användningsområden:

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

LASER LÖNAR SIG ALLTID I LÄNGDEN

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

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

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

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



www.permanova.se

Tel 031-706 19 80



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

Redaktör

Hans Engström
Telefon: 0920-49 12 69
Växel: 0920-49 10 00
Fax: 0920-49 10 74
E-post: hans.engstrom@ltu.se

Redaktionellt arbete och kansli

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

Ansvarig utgivare

Per Westerhult

Lasernytt på Internet

www.lasergruppen.eu

Omslagsbild: Bil från Ford-koncernen

Produktion: Tagg, Stockholm

www.tagg.se
Tryck: Modintryckoffset, Stockholm
www.modintryckoffset.se

Tankar från styrelsen	1
Permanovas FPS finner fokus för din laserprocess	2
Fiber eller CO ₂ -laser?	7
Prima Optimo 3D-laser	8
MIKROBEARBETNING	
Laserskärning av Viton® gummipackningar	9
Laserdag hos Scania CV i Södertälje	10
Världsunik upptäckt med höghastighetsfilmning	14
DEL 15 / SAMTAL KRING LASERTRENDER	
Några innovativa laserverktyg inom Fraunhoferorganisationen	15
DEL 2 / LME 2012	
Nya fiberlasrar och alternativa bearbetningsväglängder	22
Lasergruppens studieresa i Tyskland 2013	28
EALA 2013	
Franska motpoler vid årets EALA-konferens	33

TANKAR FRÅN STYRELSEN

Nytt ljus för laserprocesser



Att förutsäga konjunkturer är som bekant inte lätt. Från min horisont har vi sedan i våras sett en ökande förfrågningstakt, där det är intressant och glädjande att notera att andelen (laser)svetsning blir större. Det borde innebära en högre mognadsgrad för lasersvetsning. Vi ser också traditionella legoföretag ta jättekliv från stenhård konkurrens med enkla produkter, till en omorientering och ett kompetenslyft, mot leverans av tekniktensiva delsystem med lasersvetsning av avancerade material.

En besvikelse så här långt är dock laserhybridsvetsning, som så här

långt står för ”mycket snack och lite verkstad”, även om en viss aktivitet kan skönjas. Mera hoppfullt industriellt är i så fall laserpåsvetsning och besläktade tekniker, där enklare material lokalt får ökad slitstyrka både vid reparationer och vid nyttiverkning. Drar man tekniken ett steg längre, skapas nya geometrier på samma sätt vid metalldeponering, dvs. en enkel grundgeometri byggs på till en avancerad geometri, till en lägre totalkostnad i avancerade material.

Laser Additive Manufacturing är en samlingsbeteckning som rymmer olika sätta att bygga på materialskikt med laser som energikälla. En aktuell ”möjliggörare” för en del av detta är utvecklingen inom direkt-

diodlaser, som är på frammarsch. Tyska Laserline är starka på området, liksom amerikanska Coherent, som satsar i Europa. Även Trumpf presenterar nya produkter på området. Applikationer som hårdlödning (brazing), påsvetsning och härdning med laser bör därmed kunna utvecklas vidare. Även för dessa processer är väglängd nära 1 µm en klar fördel i jämförelsen med CO₂-laserns cirka 10 µm, tack vare en bättre direktabsorption på metallytor, med bl.a. en bättre processverkningsgrad som följd. Och en grundläggande bättre verkningsgrad på laserkällan i sig är ju ingen nackdel!

Rätt lasrar till allt bättre priser är här nu. Resten är bara (applikations- och marknads-) arbete!

Tore Salmi
Permanova Lasersystem AB, Mölndal

Permanovas FPS finner fokus för din laserprocess

Niclas Wikström, Permana Lasersystem AB, Mölndal

Sammanfattning

Permanova lanserar nu en helt ny version av sin patenterade FPS (Focus Position System). Några av de nya kännetecknen är:

- Helt ny mjukvara och nytt användargränssnitt
- Vattenkyld stråldump för att klara högre effekter
- Modern GigE kamerateknik

Trots alla tekniska nyheter har försäljningspriset kunnat sänkas!

Permanovas FPS mäter X-, Y- och Z-koordinaterna för laserstrålens fokusläge. För ett skärverktyg får man dessutom X-Y- och Z-koordinaterna för skärmunstycket. Detta möjliggör en helt automatisk kontroll av laserstrålens linjering i skärmunstycket, fokuspositionen och TCP (Tool Center Point) under produktion. Den är också en stor hjälp vid installations- och underhållsarbete. FPS:en kan användas för att centrera laserstrålen i skärmunstycket, justera robotens TCP, för att snabbt återgå till produktion. Den mäter också laserstrålens vinklar.

FPS:en ansluts till en PLC eller robot via någon av de vanligaste industriella bus-systemen, såsom Profibus, Interbus etc. Den kan också anslutas till ditt fabriksnätverk, vilket möjliggör fjärrövervakning via logfiler och sparade ögonblicksbilder av strålens linjering i förhållande till skärmunstycket.

Nyckelord: focus position system, TCP, FPS, XYZ-koordinater, laser, strålvinkel, fjärrövervakning, centrering av skärmunstycke, logfiler, ögonblicksbilder, GigE-kamera, stråldiagnostik.

Introduktion

Vid laserbearbetning är det viktigt att övervaka status hos ditt processverktyg över tid, och därmed reducera stilleståndstider och förbättra både kvalitet och produktivitet. Detta gäller för både svets- och skärprocesser. Detta är särskilt viktigt för en skärprocess på grund av den extra komplexitet som introduceras av två viktiga parametrar, strålens linjering i skärmunstycket och avståndet mellan strålens focus och munstycket. (härefter kallat fokusavstånd). Traditionellt har kontroll av centreringen i munstycket och fokusavstånd till munstycket gjorts genom upprepade justeringar tills ett bra resultat erhållits. För att förenkla denna procedur tog Permanova fram sin FPS för några år sedan. Nu når den andra generationen marknaden.

Permanovas patenterade FPS mäter laserstrålens fokusposition i X-, Y- och Z-koordinaterna. Den kan också automatiskt mäta in skärmunstyckets position i X, Y och Z. Därmed kan man automatiskt verifiera strålens centrering i skärmun-

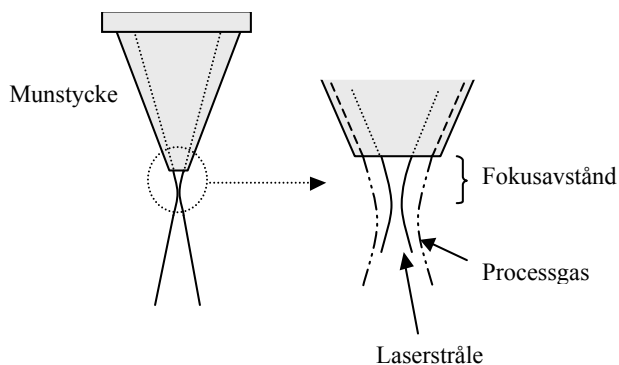
stycket, vilket är helt avgörande för ett bra skärresultat. Den fungerar också som en linjeringsövervakning vid installation av skärmunstycket. Genom att använda realtidsvisning kan man justera centreringen av hög-effektlaserstrålen.

Utöver positionen hos strålens fokus och skärmunstycket, mäter Permanovas FPS laserstrålens vinkel mot sensorn. Detta gör det möjligt att också uppdatera robotens/maskinens TCP.

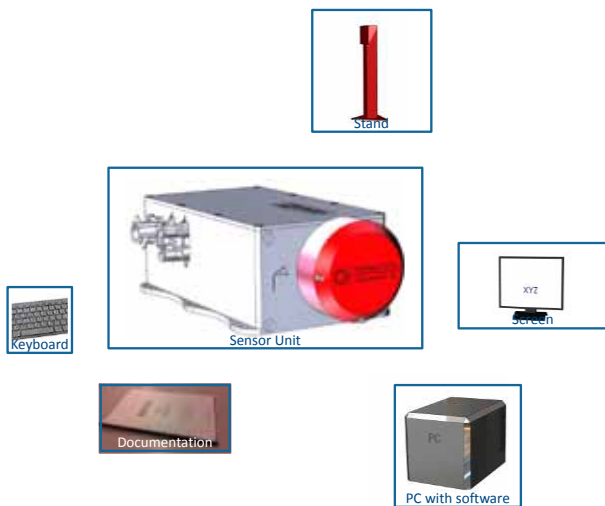
Använd FPS:en för att centrera strålen, mäta in strålens fokusposition, justera TCP och fortsatt producera. Stanna till vid FPS:en då och då, för att verifiera att stråle och processverktyg behåller sina inställningar.

Systemöversikt

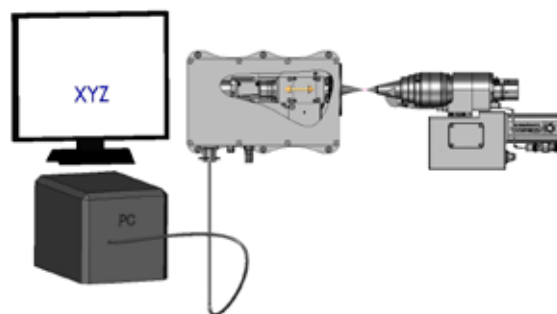
Huvudkomponenten i systemet är sensorn [Figur 2]. Den ansluts till en PC, som hanterar motorstyrning och bildbehandling. Systemet kan köras från en vanlig laptop eller som option från en levererad PC utan fläkt.



Figur 1. Fokusavstånd, illustration.



Figur 2. Sensorenheten med optionerna ställ för montering, PC, tangentbord, skärm, samt dokumentation.



Figur 3. Laserverktyget är placerat framför sensorenheten för mätning av fokuspositionen. Laserstrålen går in i sensorenheten där den skannas. Fokuspositionen hittas genom bildanalys.

En robot/maskin positionerar laserprocessverktyget framför sensorn för mätning av fokuspositionen [Figur 3].

Mätprincip

FPS:en innehåller en rörlig kamera som är ansluten till programvara utvecklad av Permanova, PermaFPS. Programvaran innehåller avancerad bildbehandlings- och state-of-the-art kurvanpassningsteknik för robusta och repetitiva mätningar. Kameran är känslig för både synligt ljus samt osynligt laserljus. Detta gör det möjligt att observera objekt (som skärmunstycket) som belyses med synligt ljus, i vårt fall stark LED med våglängden 504 nm. Det är också möjligt att studera laserljus direkt i stället för ljusets sekundära effekter, som med vissa andra sensorer.

Genom bildanalys det är enkelt att detektera kanternas positioner. Inte bara X-och Y-positioner kan detekteras med hjälp av bildanalys. Det är också möjligt att beräkna bildens skärpa. Genom att flytta kameran och utför skärpe-analysen längs munstycket kanter i olika Z lägen, kan den bästa positionen hittas. På detta sätt är det möjligt att finna koordinaterna för ett hål (som för ett skärmunestycke) med mycket hög noggrannhet [Figur 4].

Strålens fokus hittas på ett liknande sätt. I detta fall skickas strålen rakt in i kameran. På grund av det korta

skärpedjupet hos kamerans optik kan man säga att strålen "skivas" av kameran som är vinkelrät mot dess färdriktning. Därför kan man hitta storleken och X- och Y-positionen för strålen för en specifik Z-position. Medan man flyttar kameran längs Z-axeln, utförs mätningar. Genom att skanna strålen i många lägen är det möjligt att hitta den minsta och skarpaste Z-positionen för strålen [Figur 5]. Denna position motsvarar strålens fokus.

Via den tidigare nämnda skanningsmetoden av strålen finner bildanalysprogrammet också X-och Y-

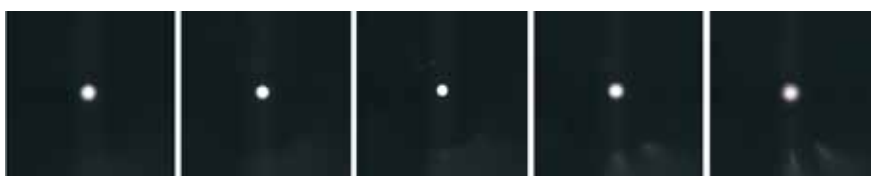
värden för strålen. Om strålen inte kommer rakt in i kameran, utan snarare i en liten vinkel, kommer X-och Y-värdena förändras under skanningen. Genom att använda tredimensionella tekniker för kurvanpassning är det möjligt att bestämma infallsvinkeln för strålen i förhållande till sensorn.

För tydlighets skull beskrevs mätprinciperna här separat, men observera att de i verkligheten oftast görs samtidigt!

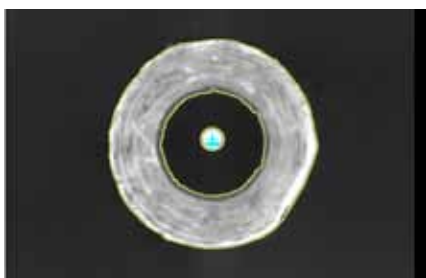
Som visas i bilderna nedan, kan FPS:en också användas för att få en tydlig bild av strålen och munstycket



Figur 4. Bildens skärpa är som högst i bara en z-position.



Figur 5. Även strålens fokus kan hittas genom att studera bildskärpan.



Figur 6.
Stråle och munstycke mäts upp samtidigt.



Figur 7.
Origo och axlar för sensorenheten. Z-axeln sammanfaller med den optiska axeln.



Figur 8.
Bild på en verklig sensorenhet med tända gröna LED.

samtidigt. X-och Y-mätningarna kan användas för att centrera strålen i munstycket.

FPS:ens koordinatsystem

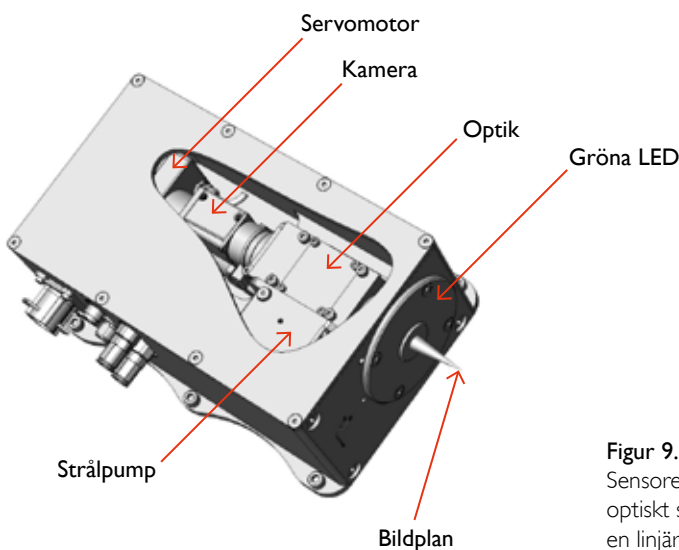
Alla mätningar görs i förhållande till sensorenheten. Koordinatsystemet är placerat ungefär 30 mm utanför enheten, [Figur 7]. Om absoluta mätningar krävs, är det nödvändigt att kalibrera FPS:en mot ett annat känt koordinatsystem. De väldefinierade referenspunkterna på locket framför sensorn kan sedan användas för att hitta sensorns koordinatsystem med hjälp av en robot till exempel.

I de flesta fall är relativa mätningar är tillräckliga, eftersom det normalt bara nödvändigt att upptäcka förändringar hos robot eller laserverktyg för att förhindra driftstopp för lasersystemet.

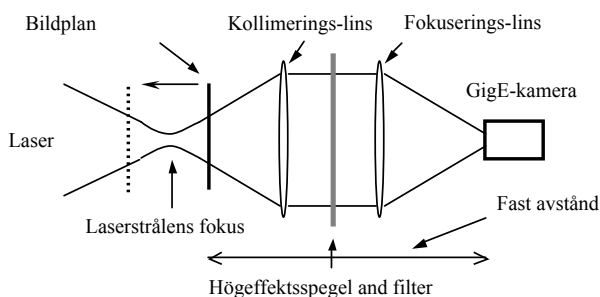
Sensorenhet

Figur 8 visar sensorenheten med sina gröna LED som används för att belysa munstycket, så att det kan detekteras av kameran.

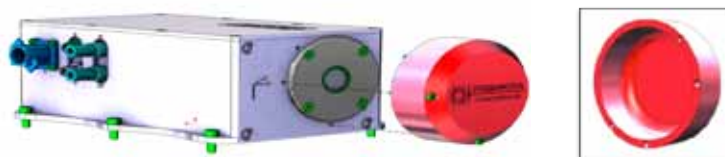
Sensorenheten består av en kamera med optik och en vattenkyld stråldump, monterad på en linjärenhet med en servomotor. Optiken och kamera är ett fast paket för att förenkla kalibreringen, [Figur 10]. Under mätningen av Z-positionerna förflyttas kameran och optiken i z-riktningen. Flera bilder tas under rörelsen. Drivenhetens position är synkroniserad med bilderna. Med denna information datorn kan bestämma z-positionen av munstyckets yta och strålens fokus.



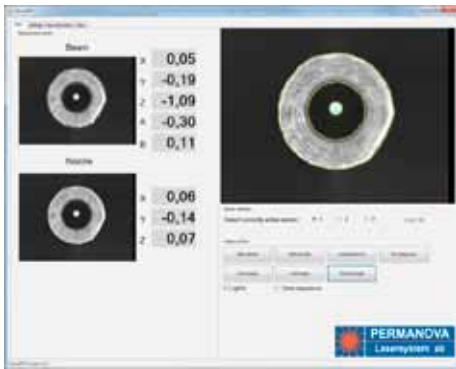
Figur 9.
Sensorenheten innehåller ett optiskt system, monterat på en linjärenhet med drivning.



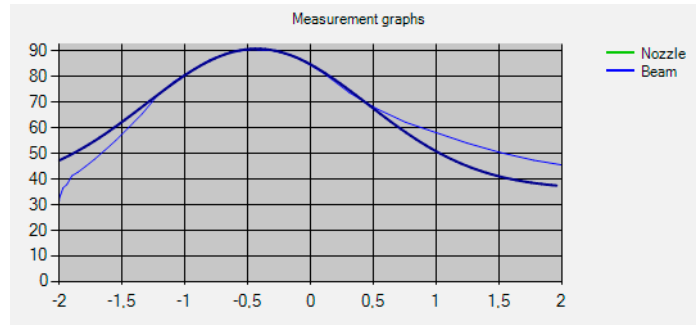
Figur 10.
Schematisk illustration av FPS:ens mätprincip.



Figur 11.
Kalibreringslocket är monterat på sensorlådan med 2 stift och 2 skruvar. Locket har 3 stift i bildplanet, som definierar den nominella positionen.



Figur 12.
Perma FPS-mjukvarans huvudmeny.

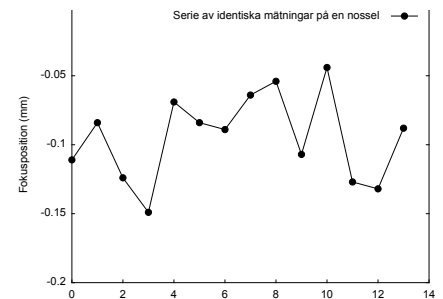
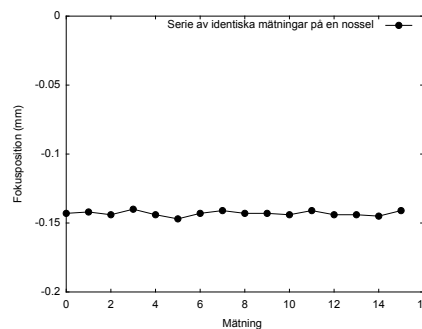


Figur 13.
Strål-diagram med anpassad Gauss-kurva i fetstil.

Automatisk systemkalibrering

Permanovas FPS kan utföra en automatisk självkalibrering med hjälp av ett medlevererat kalibreringslock på sensorenhetens frontyta.

Kalibreringslocket är monterat på FPS:ens sensorenhet. Locket har 3 stift i bildplanet och de definierar den nominella positionen, [Figur 11]. Variationerna i kamerans position etc. beaktas och sparas som en offset i PermaFPS-programvaran. Därmed är det möjligt att utföra en absolut kalibrering av TCP för ditt skär-/svetsverktyg!



Figur 14.
Repetierbarhet vid mätning för munstycke, med (till vänster) och utan (till höger) kurvanpassning.

PermaFPS-mjukvaran

Permanova har utvecklat en helt ny mjukvara för FPS:en.

En fullständig mätcykel tar ungefär 3-5 sekunder, beroende på hur lång mätningen är i Z-riktningen. Mätningens längd är optimerad baserat på avståndet mellan strålen och munstycket, laserprocessverktygets "skärpedjup".

Efter varje mätning visar programvaran två bilder (vid samtidig mätning av stråle och munstycke). Bilderna visar positionerna där strålen och munstycket var i fokus, nedan kallade BestBeam- och BestNozzle-bilder. Även en långfil genereras som kontinuerligt loggar X, Y och Z från både stråle och munstycke, tillsammans med strålens vinklar A och B.

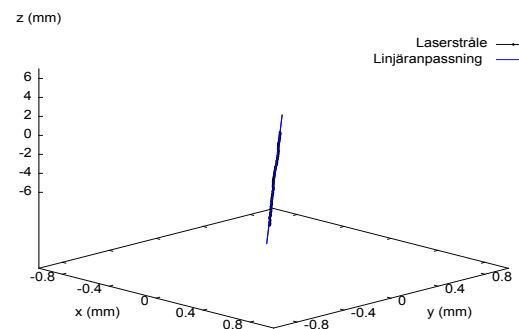
Fjärrövervakning

Genom att ansluta FPS-styrningen till ett fabriksnätverk är det möjligt att övervaka status för processverktyg på distans. BestBeam- och Best-

Nozzle-bilderna tillsammans med loggfilerna visar alltid den senaste statusen, eftersom systemet kontinuerligt ersätter dem med uppdaterade versioner.

En styrenhet, flera sensorenheter

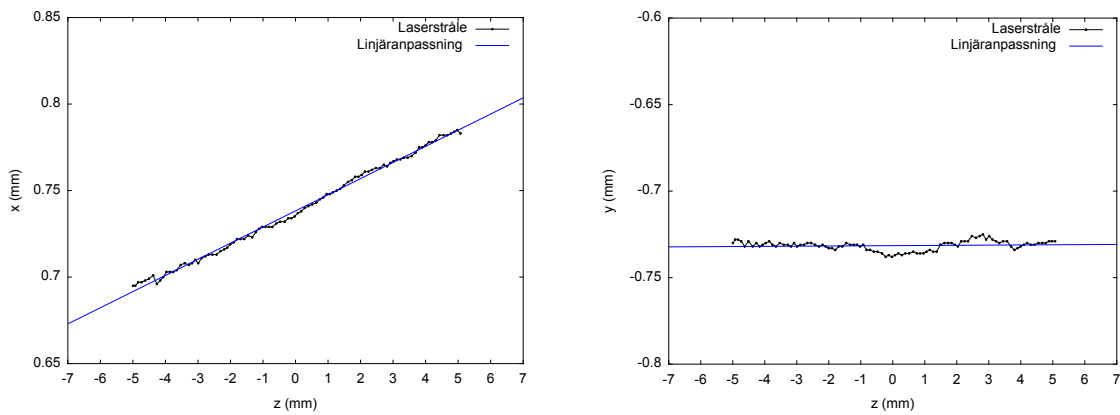
Varje styrenhet kan hantera upp till tre sensorenheter, vilket minskar både kostnad och komplexitet för installationen.



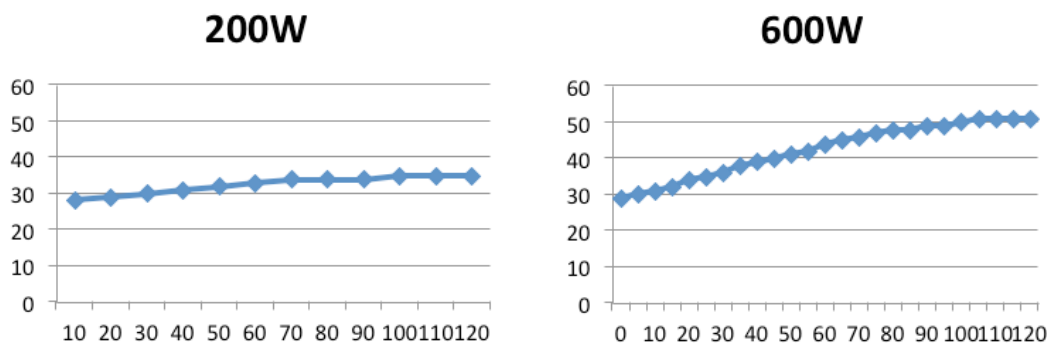
Figur 15.
Tredimensionell representation av laserstrålvinklarna.

Robot-/Manipulator-anslutning

FPS:en kan användas som en fristående kalibrerings- och inställningshjälp. Men den är oftast kopplad till en robot för att dra full nytta av de helautomatiska mätningar som den erbjuder. Anslutningen kan förverkligas genom en vanlig industriell buss såsom Profibus, Profinet, Interbus, DeviceNet, etc. När FPS:en väl anslutits, kan den kontrolleras helt av roboten, alla mätningar triggas



Figur 16. Två dimensionella projektioner av laserstrålvinklarna.



Figur 17. Temperaturmätningar för FPS:en under 120 sekunder vid 200 och 600W.

från roboten och alla resultat överförs till roboten för utvärdering och eventuell TCP-uppdatering.

Mätnoggrannhet och kurvanpassning

För att förbättra FPS:ens noggrannhet och repeterbarhet utnyttjas en avancerad kurvanpassningsteknik. Den är baserad på Downhill Simplexmetoden av Nelder och Mead [1] men i en mer robust form med hjälp av Simulated Annealing, som ursprungligen beskrevs av S. Kirkpatrick, DC Gelatt och MP Vechhi [2]. Figur 13 nedan visar den uppmätta grafen tillsammans med den anpassade kurvan (fetstil). I figur 14 visas skillnaden i repeterbarhet med och utan kurvanpassning. Standardavvikelsen i Z-positionen har gått från ca 0,14 mm ned till 0,002 mm under idealiska förhållanden.

Strålvinkelmätningar

Eftersom FPS:en kan mäta X och Y positionerna hos strålen i flera plan längs strålen, är det möjligt att be-

räkna också riktningen av laserstrålen i rymden. Detta är ett mer rättframt linjärt kurvanpassningsproblem, som lätt kan lösas med hjälp av tredimensionella minstakvadratmetodanpassningar. Ur detta beräknas de två vinklarna A och B. De representerar vinklarna runt X- och Y-axeln. Figur 15 visar en 3D-representation av laserstrålen i rymden. Eftersom det är svårt att se den verkliga kurvanpassningen här, visar Figur 16 de tvådimensionella projektionerna av kurvorna.

Effekttåligheten

FPS:en är konstruerad för laser-effekter upp till 600W under 30s eller 200W kontinuerligt. Den kan dock hantera högre effekt under korta perioder om behov skulle uppstå. Den innehåller en vattenkyld stråldump som övervakas av en temperaturförregling i kombination med ett speciellt förreglingskort, som bryter förreglingen vid upphettning. Förreglingssignalerna är anslutna till säkerhetsingångarna hos lasern för att

stoppa lasern i händelse av fara för utrustningen. Figur 17 visar två temperaturmätningar inuti FPS:en under 120 sekunder vid 200W och 600W kontinuerlig lasereffekt. Endast omkring 7 graders temperaturhöjning registreras för 200W som sedan når steady state. För 600W registreras en uppgång på cirka 20 grader innan steady state uppnås. Förreglingssensorn kommer att slå ifrån lasern när stråldumpen når 70 grader.

Slutsatser

Permanovas Focus Position System kan hjälpa laseranvändare att övervaka status på sina processverktyg, undvika stilleståndstider och minska tiden för verktygsbyten och TCP uppdateringar. Systemet är användbart för både skär- och svetsprocesser, även om det huvudsakliga användningsområdet kommer från skärande applikationer. FPS:en är nu tillgänglig till ett attraktivt pris och borde vara obligatorisk när man planerar en station/maskin för laserskäring.

Fiber eller CO₂-laser?

Michael Kron, Bystronic Group



BySprint Fiber 3015 installerad hos ElectroHeat AB i Göteborg. Lisa Lundström, och Kimmu Ainassaari, visar den nya installationen.



Lisa Lundström, projektledare, Kimmu Ainassaari vd/teknikchef samt Per Lundström, exportansvarig.

Energieffektivitet, låga underhålls- och driftskostnader, och att kunna skära kostnadseffektivt från tunn till medeltjock plåt. Detta öppnar nu den senaste generationens fiberlasermaskiner möjlighet för. Med optimerad skärteknik genom nya skärhuvuden och fiberlaserkällor har Bystronic under de två senaste åren lyckas sälja drygt 30 st fiberlasermaskiner för 2D-skärning på den nordiska marknaden. Maskinerna har uteslutande varit i formaten 3x1,5m och 4x2m och med laserkällor på 3 och 4kW.

Applikationsområdet för fiberlaserskärmaskiner har ökat dramatiskt på väldigt kort tid. För bara 2 år sedan användes skärmaskiner utrustade med fiberlaserteknologi nästan uteslutande för tunnplåtsskärning och då i synnerhet rostfri plåt. Med nya kraftfullare laserkällor, förbättrade skärtekniker och nyutvecklade skärhuvuden så tillåter nu de nya maskinerna skärning i området 8-12 mm med konkurrenskraftig produktionskostnad relativt den traditio-

nella CO₂-tekniken. Detta materialområde är synnerligen viktigt med tanke på den tunga fordons- och apparatindustrin vi har i den nordiska marknaden. I synnerhet har den nya BySprint Fiber-maskinen haft stor framgång i denna marknadssektor och då framförallt med 4kW fiberkälla.

Med en verkningsgrad på omkring 30% arbetar skärmaskiner med fiberlaserteknik tydligt mer energieffektivt än med den traditionella CO₂ tekniken. Även driftskostnaderna i övrigt är betydligt lägre då ingen lasergas längre behövs. Servicebehoven minskar dessutom med den underhållsfria laserkällan och genom att strålgång med gas och optik ej längre krävs i och med skiftet till fiberteknologi.

Beroende av våglängden har CO₂-lasern fram till nu varit den gällande tekniken för medeltjockt till tjockt material. Från att ursprungligen enbart användas till de riktigt tunna materialen, och då i synnerhet rostfritt material, har fiberlasertekniken

nu allt tydligare funnit sin plats även för skärning i tjockare material. Bystronic har utvecklat lösningar för att signifikant öka fiberlaserns resultat i det medeltjocka spannet från 8 till 12 mm.

Tilläggs bör att skärhastigheten, som tidigare enbart varit god i tunna material, nu håller jämn fart med CO₂-lasern i mellanregistret, och detta med jämförbar skärkvalitet.

Men är då verkligen fiberlasern en verklig konkurrent till CO₂-lasern? Bystronic erbjuder båda teknologierna. För den genomsnittlige legotillverkaren kan fiberlasern främst ses som ett starkt komplement till en befintlig CO₂-laseranläggning. För användare som med en maskin flexibelt önskar kunna producera i hela materialspannet upp till 25mm är dock fortfarande CO₂-lasern det starkaste alternativet. ■

Din Maskin levererar en

Prima OPTIMO 3D-laser

till Volvo Cars i Olofström för prototypframtagning

Prima OPTIMO är en förstklassig 3D-lasermaskin för skärning och svetsning av större arbetsstycken med utmärkt kvalitet och noggrannhet.

OPTIMO är Prima Power's största 3D-lasermaskin, som huvudsakligen används inom karosstillverkning (personbilar, lastbilar, etc.) och inom rymd-/ flygindustri.

PRIMA POWER har sedan 1979, det året som den första 3D-lasermaskinen levererades, konstant utvecklat och förbättrat sina produkter, alltid med högsta kvalitet och prestanda som ledstjärna. Den senaste versionen av den största och mest noggranna maskinen i sitt slag, OPTIMO, är ytterligare ett steg i den riktningen.

Stor arbetsvolym (mer än 11 m³) med bästa åtkomlighet, flygande optik, sammansatt portalstruktur, hög noggrannhet och enkel programmering gör OPTIMO till den ideala maskinen för snabb och precis bearbetning av större 3D detaljer. Det direktdrivna huvudet utan axlar och växlar garanterar hög dynamik och noggrannhet utan vändglapp och slitage.

Systemet för byte av verktyg gör det enkelt att snabbt byta mellan olika processer för att på så sätt ytterligare bredda applikationsområdet för denna mycket flexibla maskin. Med det rätta verktyget skär eller svetsar OPTIMO med precision olika material och tjocklekar.

Ett komplett utbud av optioner:

- 7.5" skäroptik
- Svetsoptik: HOW (Hands Off Welding) optik, gasassisterad optik med munstycke, trådmatning för svetsning, etc.
- Lösningar för ökad produktivitet: Delad kabin, skyttlar, etc.



Prima OPTIMO 3D laser

- ViVida Högdynamisk version med 1,2 g acceleration
- CAD/CAM mjukvara för 3D och 2D off-line programmering
- Ytterligare mjukvarufunktioner: Autosquare, Skating, Fulltracking, Shapestoring, Tobia, Prisma, 3D grafisk editor i CNC.
- LPM och Fast Approach: betydande cykeltidsreduktion
- Autokalibrering: automatisk kalibrering av huvudgeometri TCP.

Historisk återblick, 3D-laserbearbetning i Sverige

VOLVO Cars är en av PRIMA POWER's första svenska kunder för 3D-laser. 1986 installerade (då PRIMA Industrie) maskin nr. 1 i Olofström. Den maskinen tillhör första generationens OPTIMO.

Maskin nr. 2 (också den OPTIMO) installerades 1996. VOLVO Cars och PRIMA POWER's samarbete sträcker sig med detta över 26 år. Erfarenheter gällande beredning, programmering, produktion, underhåll & support har under dessa år byggts upp inom VOLVO Cars organisation.

PRIMA POWER har för närvarande levererat och installerat 26 stycken 3D-lasermaskiner i Sverige.

Den nya OPTIMO maskinen till Volvo Cars är 4:e generationen och lanserades 2009.

...och OPTIMO maskinens alla vinnande och beprövade egenskaper:

- Flygande optik, gantry system, sammansatt kompakt struktur (utmärkt förhållande mellan arbetsvolym/golvvyta) åtkomlighet möjlig från 3 sidor, enkel och snabb installation (inga strukturella fundament behövs)
- Direktdrivning av vridningsaxlar i huvudet: hög dynamik och noggrannhet
- Högdynamisk C-axel (4g)
- Magnetiskt säkerhetssystem (SIPS I & SIPS II) som skydd om kollision inträffar
- Operatörsvänlig handbox med tangentbord, joystick och grafiskt interface

För ytterligare information om Prima Power laserskärmaskiner, kontakta en säljare på telefon 0370-69 34 00 eller gå in på www.dinmaskin.se

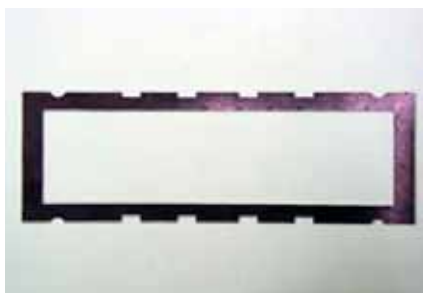
Laserskärning av Viton® gummipackningar

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Packningar är oundgängliga då det gäller att förvara vätskor och gaser i mekaniska, hydrauliska eller pneumatiska maskindelar. Materialet i sådana packningar kan utgöras av allt från traditionellt hartsimpregnerat papper eller kork till gummi-material som neopren och Viton®, eller nya flytande eller gelbaserade tätningspreparat som RTV [Room Temperature Vulcanizing] -silikon och Hylomar®.

Den här specifika applikationen handlar om att skära 0,8 mm tjocka Viton®-gummipackningar [Fig. 1] i en prototyp- och forskningsmiljö. Laserskärning erbjuder i detta sammanhang åtskilliga fördelar, först och främst den flexibilitet som tekniken erbjuder; att skära olika mönster är lika enkelt som att ladda ner en ny CAD [Computer Aided Design] -modell i robotens styrsystem. En annan stor fördel vid laserskärning är den kontaktfria bearbetningen, vilken eliminerar den deformation som vanligtvis blir fallet vid mekanisk skärning.

Laserskärningsutrustningen bestod av en Firestar f201-laser som riktade laserstrålen via rörliga strålväglänkare till en konkav/konvex lins med 63,5 mm brännvidd, vilken var integrerad i skärverktyget. En assistansgas med 2,1 bars tryck tillfördes koaxiellt med laserstrålen i avsikt att dels skydda fokuserlinsen men också för att tvinga ut förångat Viton®-material ur skärspalten. Genom att använda 200 W lasereffekt gick det att skära till Viton®-packningar med en hastighet av 4,2 m/min vilket resulterade i en cykeltid per packning på 12,8 sekunder.



Figur 1.

Den här packningen skars ut ur den kommersiella gummi-kvaliteten Viton®, vilken är en fluor-elastomer, med en tjocklek på omkring 0,8 mm. Detta material som har en hårdhet på 75 Shore A, skars med 200 W lasereffekt vilket gav en skärhastighet på 4,2 m/min.



Figur 2.

Denna maskinbearbetade Rulon®-detalj uppvisar en graverad lasermärkning med hög upplösning, vilken skapats med 25 W lasereffekt. Den totala cykeltiden för den 18-ställiga märkningen är svindlande 0,22 sekunder.

Lasermärkning av maskinbearbetade Rulon®-detaljer

Rulon®, ett material som introducerades redan 1952, är en speciellt sammansatt form av polytetrafluoroethylene (PTFE). Detta nötningsresistenta material används i bred omfattning till lager, bussningar, tryckbrickor, O-ringar och många andra formade och bearbetade komponenter. Detaljer tillverkade i Rulon® kräver inga smörjmedel för sin funktion och kan motstå avsevärda temperaturskillnader och korrosiva kemikalier. Faktum är att den s.k. "J-formulan" i Rulon® erbjuder den lägsta friktionskoefficienten bland alla fiberförstärkta PTFE-material.

Målet med detta projekt var att skapa läsbara artikelnummer på maskinbearbetade kolvdelar tillverkade i Rulon® [Fig. 2] genom att använda en CO₂-laser med ett märkverktyg ur FH-serien. Verktyget ger en fokallängd på 125 mm vilket resulterar i en fokalfunkt med 180 µm diameter och ett skärpedjup på 3 mm över hela märkningsområdet.

Med programmet "WinMark Pro" s "Drawing Editor" skapades en tvåraders 18-ställig tillverkningssidentitet genom att använda typsnittet "Simple". Texthöjden sattes till 1,6 mm och avståndet mellan tecknen programmerades till 0,13 mm. För att märka dessa kolvdelar

använde man 25 W lasereffekt och en märkningshastighet på 254 mm per sekund! Med dessa parametrar gick det att skapa en graverad märkning med hög kontrastverkan i detta Rulon®-material med cykeltider på 0,22 sekunder per detalj!

Laserskärning av nylonbandvävar

Nylon (ofta betecknat som polyamid eller PA) är det vanligaste syntetiska, polymera fibermaterialet. En ofta förekommande användning av nylonfibrer är vid tillverkning av bandvävar vilka används till att producera hundratals artiklar avsedda för förankring, fasthållning och säkring av olika former av last, men det kan också handla om produkter som hästgrimmor, hundkoppel, selar till

rygsäckar, klätterutrustning eller fallskärmar samt säkerhetsbälten, bärgningsremmar och taljerep.

För den här kundapplikationen skulle den optimala hastigheten för skärning av en 1,14 mm tjock nylonväv fastläggas [Fig. 3]. Utrustningen för denna tvådimensionella skäroperation bestod av en positiv konkv/konvex lins med 2½ tums [63,5 mm] brännvidd, vilken gav en fokuspunkt med 100 µm diameter och ett skärpedjup på 1,8 mm. Som skärgas användes ren, torr luft med ett tryck på 0,7 bar, vilken tillfördes koaxiellt med laserstrålen.

Med 25 W lasereffekt gick det att få rena skärnitt, med en bara obetydlig uppsmältning av polyamiden, vid skärhastigheter kring 1,65 meter i minuten. I det här fallet är faktiskt



Figur 3.

Den här sektionen av nylonväven fick ett rent och vackert skärnitt med 25 W lasereffekt och en processhastighet på 1,65 m/min.

en viss uppsmältning av skärnittet önskvärd då detta medför att snittkanten förseglas, något som hindrar nylonfibrerna från att nötas samtidigt som det ger en snygg finish åt slutprodukten. —

Laserdag hos Scania CV i Södertälje

Potential att öka laseranvändning i produktionen

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Lasergruppens årsmöte och Laserdag hölls i år den 21 mars hos Scania CV i Södertälje, där Erik Tolf var värd för dagen. Dagen lockade ett 40-tal deltagare som fick höra mycket om laser- och laserhybridsvetsning. Vi fick också mycket givande rundvandring i monteringsfabriken, där vi följde lastbilen från början till att den rullade ut ur fabriken.

Erik Tolf inledde med att göra en presentation av Scania CV och deras lasertillämpningar. Scania tillverkar ett flertal olika typer av lastbilar; fjärrbilar med sovhytter och bra komfort, anläggningsbilar där lastkapaciteten är viktig, distributionsbilar och specialfordon. Man tillverkar också stads- och turistbussar, marinmotorer och lantbruksmotorer. Scania har blivit berömt bl.a. för sitt modul-tänkande för axlar, fjädring, motorer och hytter, som tillsammans ger kunden stora möjligheter att plocka



Erik Tolf, Scania CV var värd för Laserdagen som lockade ett 40-tal deltagare

ihop exakt det fordon som han vill ha, men som går att tillverka med god ekonomi. Modulsystemet har spelat en avgörande roll för företagets lönsamhet och signifikativt är



Bertil Gustafsson, f.d. svetsansvarig på Ferruform AB berättade om deras lyckade implementering av lasersvetsning av axeltappar till bakaxelbryggor.

att företaget inte har gått med förlust sedan 1984. Scantias huvudägare är sedan 2008 VW som har 68,6% av rösträtterna.

Erik berättade att Scania nu använder laser för svetsning av detaljer i avgasåtercirkulationen, kugghjulsapplikationer i växellådan, axeltappar och axelväxel.

– Det finns potential att öka laseranvändningen i drivlinan säger Erik. Antalet detaljer minskar och man vinner vikt och utrymme. Eventuellt kan också laserytbeläggning användas på motordetaljer.

– Utmaningen är drivlinan! Där finns detaljer med hög kolhalt vilket ger hög hårdhet i svets och den värmepåverkade zonen (HAZ) Frågan är hur hög hårdhet som kan tillåtas och det är också svårt att sätta krav på slagsegheten. I differentialen kan lasersvetsning ersätta skruvförband vilket ger bättre oljeflöde. Problemet här är ingående material – sätthärdat stål och gjutjärn.

– Nuvarande hytt är från 1995 och en ny hytt planeras där laser eventuellt kommer till användning. Utveckling av laser hybridsvetsning pågår och en möjlig tillämpning är en tvärbalk i chassit. Hittills är utmattningshållfastheten inte tillräcklig utan det krävs en bättre svetsgeometri.

– Men det finns en utbildningsinsats att göra mot konstruktörerna – nu kommer lasersvetsning sent i konstruktionsstadiet avslutar Erik Tolf.

Lyckosam lasersvetsning av drivlinekomponenter i Sverige

En verklig veteran inom lasersvetsning är Bertil Gustafsson, f.d. svetsansvarig vid Ferrufom AB i Luleå (helägt dotterbolag till Scania) och numera nybliven pensionär. Han har varit med på hela den långa resan att



Håkan Viggeborn, gruppchef produktionsteknik, berättade om lasersvetsning hos Merior AB i Lindesberg.

utveckla, implementera och automatisera lasersvetsning av axeltappar i bakaxelbryggan vid fabriken i Luleå.

Varför laser?

– Jo, berättar Bertil, ledningen ansåg i slutet på 1990-talet att bakaxeltillverkningen var för dyr och man måste då på något sätt effektivisera denna och man sneglade givetvis mot lasersvetsning som ersättning till friktionssvetsning. Det första steget blev att delta i RACER, ett VINNOVA-finansierat utvecklingsprogram för laser och vattenstrålebearbetning som drevs av LTU och där man började med att svetsa tjockt material. Ledstjärnan var färre operationer, flexiblare produktion och lägre kostnader.

Före omställningen från friktionssvetsning till lasersvetsning användes 23 tempon. Nu har man helautomatiserad tillverkning i ett flöde med 16 tempon där omställningar görs via



Michael Kron, ansvarig för Bystronic Nord Europa, berättade om utmaningar och möjligheter för underleverantörer sett ur leverantörens perspektiv.

mjukvaran. De stora fördelarna är att man har renodlat produktionen och har färre tempon samt att bakaxeln hålls stilla under bearbetningen. Till nackdelarna hör den stora investeringskostnaden, krav på noggrann fogberedning och renhet i fogen.

Om man ser till lasersvetsprocessen som helhet så bör svetsningen av axeltappar vara en av de mest avancerade lasersvetstillämpningar som finns i världen. Då tar man i beaktande de ingående materialen som svetsas, kraven på precision i svetsprocessen, kraven på toleranser, kraven på hållfasthet och kraven på svetskvalitet, tillförlitlighet och automatisering.

Nu har man två lasersvetssystem från Trumpf med 12 respektive 15 kW CO₂-laser med automatisk avläsning av vilken variant på bakaxeln som svetsas. Systemet innehåller automatiserad laddning och lossning av svetsstationen automatisk fogsökning, för- och eftervärmning och processövervakning. Man gör också en 100% kvalitetskontroll med ultraljud av svetsarna. Den totala cykeltiden är drygt 3 minuter per bakaxel (2 tappar) där svetsstiden är 18 s per tapp.

– Sedan produktionsstarten 2003 har vi svetsat mer än 900 000 svetsar med hög kvalitet avslutar Bertil Gustafsson.

LaserNytt tackar varmt Bertil Gustafsson för all den kunskap om





Ingemar Eriksson, t.v. gav en orientering om olika parametrars betydelse vid laserhybridsvetsning. Karl Fahlström, t.h. presenterade sin studie om lasersvetsning av aluminium.



Veli Kujanpää, verksam vid VTT Tech Research Centre i Lappeenranta, Finland har stor erfarenhet av laser- och laserhybridsvetsning av tjockt material.

lasersvetsning han var varit med att utveckla och den generositet som han har visat i att dela med sig av denna kunskap. Vi önskar honom ett glatt och trevligt pensionärliv i det nya huset på landet.

Meritor AB i Lindesberg är en annan komponenttillverkare till den tunga fordonsindustrin som har implementerat lasersvetsning i sin produktion. Där tillverkar man både fram- och bakaxlar till Volvo Trucks, Volvo Construction Equipment, DAF, och Ford. Produktionskapaciteten ligger på 120 000 fram- och 125 000 bakaxlar per år

År 2008 installerades lasersvetsning av differentialhus mot kronhjul och lock på differentialhus.

Lasersvetsningen gjorde det möjligt att ersätta 36 skruvar i gängade hål vilket gav viktreduktion och ett bättre oljeflöde i bakaxeln, berättar Håkan Viggeborn, som är gruppchef inom den produktionstekniska avdelningen, och som var med om utvecklingen av lasersvetsningen.

Permanova Lasersystem AB har levererat lasercellen som består av en 9 kW fiberlaser med 200 µm fiber, en svetsrobot och en hanteringsrobot samt två 30 tons pressar, samt förvärmning av kronhjulet. Systemet har också fogföljning. Kronhjulet svetsas mot differentialhuset med stumfog med 10 mm penetrationsdjup.

Vägen till framgång har inte varit problemfri, berättar Håkan utan



Resultat vid laserhybridsvetsning med pulsåge i rostfritt. Med 0.5 mm spalt försvinner rågen helt vid samma parameteruppsättning för övrigt.

Övriga svetsdata: Material Duplex 2205, tjocklek 8mm, lasereffekt 6 kW, svets hastighet 1,8m/min, tillsatstråd 22.8.3L, t=1mm, 5.1 kW MIG-effekt, frekvens 216Hz, trådmatningshastighet 15m/min.



man har lärt sig mycket efter implementeringen och ger några "lessons learned":

- Vilka parametrar och specifikationer behövs?
- Vilka mätningar krävs för att verifiera processen?
- Hur skapa en specifikation som mäter resultatet av processen?

– Nu svetsar vi med god kvalitet, men tar ändå ut ett prov för förstörande provning en gång varannan vecka, avslutar Håkan Viggeborn.

Se också artikel från LaserGruppens studiebesök hos Meritor i LaserNytt 2-2009.

Utmaningar och möjligheter för legoleverantören

Michael Kron, ansvarig för Bystronic Nord Europa, berättade om

utmaningar och möjligheter för underleverantörer sett ur leverantörens perspektiv. Bystronic är ett världsomspännande företag med laserskärning, vattenskarvning, kantböckning och automation på programmet.

I Sverige finns ca 3300 mekaniska verkstäder varav ca 65% är legoleverantörer. Den genomsnittliga Bystronic kunden har 5-50 anställda berättar Michael Kron.

I Sverige har vi länge kämpat med "outsourcing" till bl.a. Baltikum men den har bromsats upp bland annat på grund av ökade lönekostnader. Michael berättar att en kvalificerad laseroperatör kostar 110-145 kr/tim i Baltikum medan Teknikföretagen anger en lönekostnad på mellan 47-63 kronor där. Energikostnaden är också högre i Baltikum.

Vilka utmaningar står då underleverantörerna inför? Michael anger dessa:

- Prispress från kunder
- Större och snabbare variationer i ordergång
- Kunder flyttar hela fabriker
- Brist på utbildad arbetskraft

Men de har också en rad möjligheter: Ökad automatiseringsgrad – mindre än 10% av alla lasermaskiner kan köras obemannat idag

Inför integrerade system för att automatisera orderprocessen (planering, produktion, statistik)

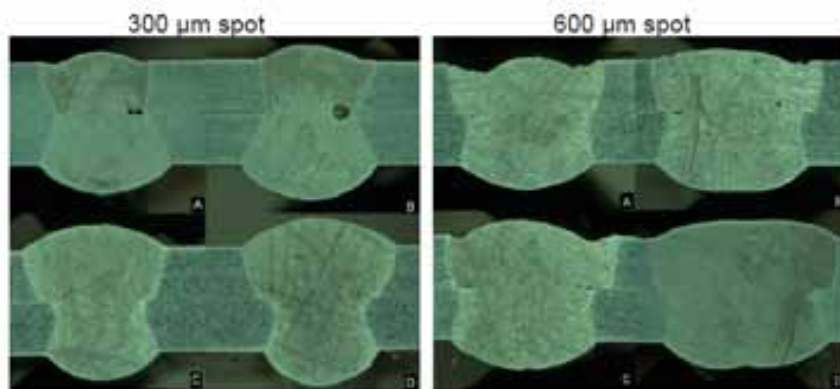
Inför och använd moderna verktyg. Off-line programmering av kantpress är fortfarande undantag och omoderna nestingstrategier används.

Michael Kron avslutar med att berätta om "Tomologic" som är ett nytt nestingprogram utvecklad av en svensk "uppfinnare". Detta system ger mindre spill, sparar tid och energiförbrukning samt ger mindre efterarbete, men det kräver å andra sidan mera processorkraft.

Laserhybridsvetsning utvecklas vidare

Veli Kujanpää, en av laserveteranerna i Finland, numera verksam vid VTT Tech Research Centre i Lappeenranta ägnade sitt föredrag åt laserhybridsvetsning av tjocka sektioner. Det finns flera tekniker att lasersvetsa tjocka material; kall eller varm tillsatstrådstillats, laserhybridsvetsning, multipass svetsning samt en kombination av ren lasersvetsning av rotsidan följt av någon av de andra teknikerna. Kritiskt är svetsens stelning samt blandningen av tillsatsmaterialet i svetsgodset.

Austenitiska rostfria stål har generellt sett bra svetsbarhet, berättar Veli, men varmsprickor kan ändå uppstå beroende på materialets sammansättning och de spänningar som introduceras. Om man gör fogspalten lite bredare så ökar chansen att undvika sprickor. Blandningen av tillsatsmaterialet blir inte fullständig vid tjocka sektioner vilket är viktigt om tillsatsmaterialet skiljer sig från grundmaterialet.



Svetsresultat för olika trådmatning. a) 3 m/min, b) 4 m/min, c) 5 m/min, d) 6 m/min.

Även Ingemar Eriksson, Luleå tekniska universitet har ägnat tid åt att studera laserhybridsvetsning och har publicerat sina resultat i sin doktorsavhandling "High Speed Image Analysis of Laser Welding" (se artikel på annan plats i tidningen). Vid laserdagen gick han igenom några viktiga MIG/MAG parametrar som man måste ha koll på när man laserhybridsvetsar.

Här är de viktiga MIG/MAG-parametrar som Ingemar tog upp i sin presentation:

- Vinkeln på svetspistolen mot materialet bör vara liten (0-15 grader) för att minska sprutet
- Man bör välja den bågtyp som passar MIG/MAG bäst
- Skyddsgasen påverkar svetsresultatet, t.ex. ger inblandning av CO₂ en kortare ljusbåge
- Svets hastigheten
- Trådutstick

Övriga svetsdata: Material Duplex 2205, tjocklek 8mm, lasereffekt 6 kW, svets hastighet 1,8m/min, tillsatstråd 22.8.3L, t=1mm, 5.1 kW MIG-effekt, frekvens 216Hz, trådmatningshastighet 15m/min.

Till dessa grundläggande MIG/MAG – parametrar ska man alltså lägga till alla laserparametrar som också naturligtvis påverkar processen och man finner att laserhybridsvetsning kan vara en relativt komplicerad svetsprocess, avslutar Ingemar.

Sist ut på banan var Karl Fahlström, Swerea Kimab AB, som presenterade en stor state-of-the-art-studie som han har gjort för lasersvetsning av aluminium. Studien

består av en litteraturstudie, ett stort antal svetsexperiment utförda hos Fraunhofer i Detroit, samt utvärdering enligt SS EN ISO 13 919. Experimenten är utförda som överlappsfogar med full penetration med 6 kW disk laser och 10 kW diodlaser, med och utan tillsatsmaterial på olika material i 6000-serien. Studien innehåller en omfattande "parameter mapping" av många laserparametrar, där även dubbelfokuserande optik har använts.

Karl's studie visar bl.a. att:

- Varmsprickor förekommer där AA6016 är mindre känsligt på grund av högre Si-halt (0.6-0.8% Si)
- Varmsprickor kan undvikas genom att välja lämpliga laserparametrar
- För mycket värmeförsel kan ge sprickor
- En medelstor laserstråle (cirka 0.6 mm i fokuspunkten) tycks ge bra resultat
- Provbitarnas längd och inspänning inverkar på sprickbildningen

Karl berättar som avslutning att han gärna vill fortsätta studien genom att simulera inspänningsgraden för att förhindra sprickor samt att optimera uppblandningen av tillsatsmaterialet.

Laserdagen avslutades med ett givande rundvandring i monteringsfabriken där vi fick se "hur en lastbil blir till". LaserGruppen tackar Erik Tolf och hans kollegor för en mycket väl genomförd Laserdag. ■

Världsunik upptäckt med höghastighetsfilmning

Ingemar Eriksson, disputerade den 5 juni vid avdelningen för Produkt- och produktionsutveckling med avhandlingen "High Speed Imaging Analysis of Laser Welding". I den presenterar han bl.a. ett unikt arbete där man för första gången lyckats filma smältförloppet vid nyckelhålets främre vägg vid lasersvetsning och kunnat analysera flödet och hastigheten på smältans rörelse nedåt längs väggen. Genom att zooma in på nyckelhålets framkant kunde ytstrukturen inuti nyckelhålet avbildas. På videofilmerna går det tydligt se att ett kontinuerligt neråtgående flöde på nyckelhålets framkant när man svetsar vid lite högre hastighet. Genom en egenutvecklad algoritm kunde flödes hastigheten mätas och analyseras och det visar sig att flödet på nyckelhålets front är proportionell mot lasereffekten.

– Vid filmningen så använder vi moderna kameror som kan ge upp till 180 000 bilder per sekund och belysningslaser för att se processen utan att störas av ljuset som processen ger, berättar Ingemar.

– Vi har publicerat resultaten i två vetenskapliga tidskrifter och både vid NOLAMP 2011 och ICALEO 2011. Många tycker att resultaten är mycket intressanta eftersom flera forskare har försökt visa detta tidigare bl.a. genom röntgen och "svetsning" i is med CO₂-laser. Men detta är alltså första gången vi verkligen kan visa vad som händer i nyckelhålets framkant och dessutom mäta flödes hastigheten.

Ingemar doktorandarbete handlar om att utnyttja höghastighetsfilmning som en metod att förvärva nya kunskaper om lasersvetsning. Moderna digitala höghastighetskameror i kombination med kraftfull laserbelysning ger en klar och detaljerad bild av processen. Informatio-



En nöjd Ingemar Eriksson efter sin doktorsexamen.

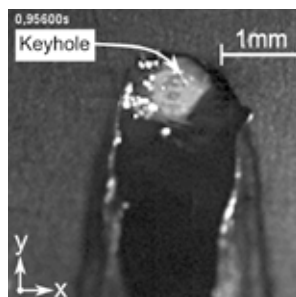


Bild från höghastighetsfilmning av nyckelhålets framkant vid lasersvetsning.

nen i dessa höghastighetsvideos gör det möjligt att se hur processen beter sig. Precis som "slow-motion" bilder kan hjälpa en domare att fatta rätt beslut i ett sportevenemang, så kan höghastighetskamerorna hjälpa forskare att förbättra sin fundamentala förståelse för lasersvetsprocessen.

Avhandlingen består av sju publikationer i vetenskapliga tidskrifter med gemensamt tema om höghastighetsfilmning och analyser av lasersvetsprocessen.

Ingemar Eriksson och Prof. Luisa Coutinho som deltog i betygsnämnden i glatt samspråk efter disputationen.

Ingemar Eriksson kommer från Tuvattnet i Jämtland och är landskapets första laserdoktor.



Ingemar Eriksson och Prof. Luisa Coutinho som deltog i betygsnämnden i glatt samspråk efter disputationen.

– Det känns skönt att vara färdig, men samtidigt lite sorgligt att sluta eftersom det har varit så roligt under tiden, säger Ingemar. Just att ha funnits tid att fördjupa sig har varit speciellt trevligt och intressant, men också att jag har fått möjligheter att bredda mina kunskaper från elektronik till material och metallurgi. Universitetsmiljön gör ju också att man hel tiden har möjlighet att lära sig nya saker – att hamna vid samma bord som en professor eller doktor i personalrummet till lunch kan ge oväntade och nya kunskaper.

– Jag känner mig mest nöjd med att så tydligt ha kunnat påvisa flödet i nyckelhålsfronten och den bättre förståelse det ger för processen.

Ingemar siktar nu på ett arbete inom F&U, gärna i Norrland och gärna inom industrin där man är närmare direkta tillämpningar och "slutkunden".

– Jag är fortfarande pigg på att lära mig nya saker, avslutar Ingemar Eriksson.

Ingemars doktorsarbete kan läsas i sin helhet via:
<http://pure.ltu.se/portal/sv/publications-doctoral/search.html>



Craig Bratt
Fraunhofer CCLA

Några innovativa laserverktyg inom Fraunhoferorganisationen

Johnny K Larsson, Volvo Cars

Till en av mina mångåriga laserbekanta vill jag räkna Craig Bratt som basar över Fraunhofer CCLA [Center for Coatings and Laser Applications] i Plymouth, MI. Under 2012 hade jag åtskilliga tillfällen att sampråka med denne sympatiska gentleman, såväl vid LAM [Laser Additive Manufacturing] i Houston, TX som vid Lasers for Manufacturing Event [LME™] i Schaumburg, IL senare under hösten. Men allra mest givande blev ett besök på plats vid 46025 Port Street i Plymouth, då Craig fick möjlighet att mer handfast guida mig genom den laserverksamhet som bedrivs i det synnerligen välutrustade laboratoriet, samt visa upp en mängd innovativa lösningar och verktyg som på senaste tiden utvecklats vid Fraunhofer-institutet.

Fraunhofer-organisationen är en av världens ledande forskningsutförare då det gäller att utveckla nya teknologier. Laseravdelningen vid Fraunhofer CCLA tillhandahåller kompetens för att hjälpa kunder med att utveckla lösningar för materialbearbetning med hjälp av laserteknik. Craig framhöll gärna klassiska fördelar med lasern där den fokuserade energin i laserstrålen gör det möjligt att svetsa och skära med hög hastighet. Vidare erbjuder lasern låg värmeförlust och därmed minimala formförändringar, vilket lämpar sig väl vid svetsning och ytbehandling av precisionskomponenter eller maskinbearbetade detaljer. Fraunhofer CCLA erbjuder kontrakterade forsknings- och provningstjänster, som projektstöd alltifrån den initiala konceptfasen till implementering i produktion. Man tillhandahåller konsulttjänster, process- och ut-

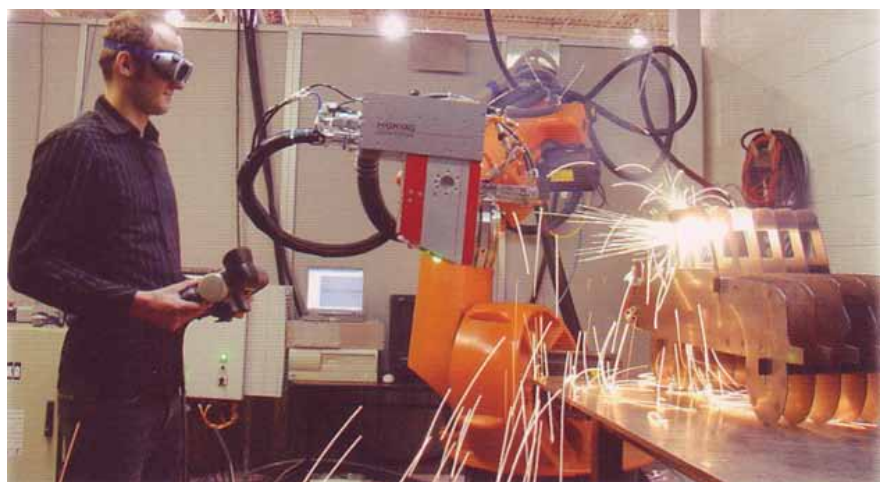
vecklingsprovning i sitt välutrustade laboratorium, och man utvecklar prototyper och bistår på plats med produktionsstöd. Vidare konstruerar och integrerar man kundanpassade laserbearbetningssystem.

I laboratoriet hittar vi det senaste i laserteknik med en imponerande uppsättning av laserkällor såsom en 10 kW diodlaser från Laserline, en 6 kW disk laser från Trumpf, en 6 kW fiberlaser från IPG samt en 4,4 kW CO₂-laser och en 6 kW slab-laser från RofinSinar. Det finns tillgång till olika former av robotisering såsom industrirobotar [Fig. 1] och CNC [Computer Numerical Control] -maskiner för att täcka ett brett spann av storlekar på de komponenter som skall bearbetas. Vidare har man ett eget metallografiskt laboratorium för snabb kvalitetsanalys, samt en mindre verkstad där man kan tillverka fixturer och modifiera de aktuella komponenterna.

De huvudsakliga kompetensområden som Craig lyfte fram var:

- Lasersvetsning för bilindustrin, inkluderande kaross, drivlina och chassikomponenter
- Lasersvetsning i olika aluminium- och titanlegeringar för flyg- och rymdindustrin
- Laserpåläggning för förbättrat slitage- och korrosionsmotstånd
- Laserhårdning av stål- och gjutjärnskomponenter
- Laserskärning av i stort sett alla typer av materialfamiljer

Låt mig börja med att beskriva ämnesområdet svetsning och då inleda med fjärrlasersvetsning eller RLW [Remote Laser Welding]. Här används rörliga optiker för att från långt håll snabbt förflytta laserstrålen över arbetsstycket. Med denna snabba och precisa teknik kan man reducera cykeltiden dramatiskt jämfört med konventionell lasersvets-



Figur 1. Fraunhofer CCLA har ett välutrustat applikationslaboratorium både vad gäller laserkällor och automatiseringsutrustningar, som denna industri-robot som här hanterar ett "scanner"-verktyg från företaget HighYag.

ning. Vid Fraunhofer CCLA använder man för detta ändamål en 6 kW fiberlaser med en 100 µm grov optisk fiber. Att använda en laser med hög strålkvalitet är en förutsättning vid RLW och resulterar i:

- Större arbetsområde
- Ökat bearbetningsavstånd
- En mindre fokalpunkt med hög energitäthet
- Högre svets hastighet
- Reducerad cykeltid

Vid Fraunhofer CCLA har man en lång och omfattande erfarenhet av fjärrlasersvetsning, då man provat den på ett stort antal olika applikationer och med "scanner"-verktyg från flera utrustningsleverantörer [Fig. 2]. Bland utprovade applikationer kan nämnas Litium-Ion-batterier, värmväxlare, elektriska kopplingar, samt bilkomponenter som säten, bakluckor, sidodörrar, instrumentpaneler och hatthyllor.

Inom laserhybridtekniken finns en mer än 10-årig erfarenhet där man provat lasern i kombination med GMAW [Gas Metal Arc Welding] eller PAW [Plasma Arc Welding], men där man också gjort försök med att kombinera lasern med en induktionsspole. Här används "State-of-the-Art"-laserkällor med upp till 10 kW uteffekt och fiberdistribution av laserstrålen. Bland processfördelarna med dessa olika typer av hybridsvetsning nämnde Craig bland annat:

- Ökad svets hastighet
- Förbättrade passningar och snävare toleranser
- Reducerad värmepåverkan
- Minskade distorsioner hos de svetsade objekten
- Optimal kemisk sammansättning i svetsgodset

Applikationerna finns igen främst att finna inom bilindustrin, då i form av drivlinekomponenter av stål eller gjutjärn, olika chassikomponenter samt aluminiumsvetsning. Inom den tunga industrin används laserhybridsvetsning främst vid tillverkning av anläggningsmaskiner, fartyg, trycktankar och pipelines.

Tekniken med induktionsunderstödd lasersvetsning har utvecklats



Figur 2.

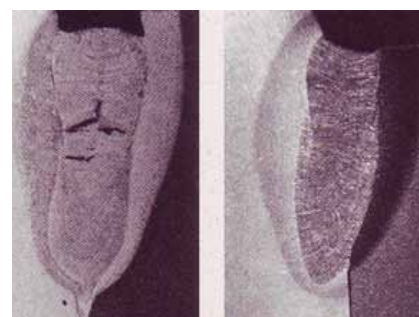
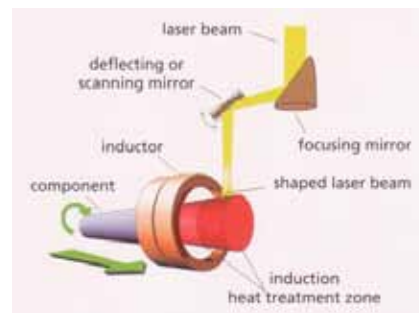
Fjärrlasersvetsning av olika personbilskomponenter; t.v. en sidodörrsstruktur som svetsas med ett "scanner"-verktyg från Utica och t.h. en baklucka där Trumpfs klassiska PFO-verktyg används.

vid Fraunhofer CCLA för att möjliggöra lasersvetsning av stål med hög kolhalt. Om man försöker svetsa dessa med konventionell laserteknik resulterar detta oftast i sprickor i smält- eller värmepåverkad zon p.g.a. martensitformering, vilken är ett resultat av det snabba avsvalningsförloppet vid lasersvetsning. Detta kan nu motverkas genom att man kombinerar lasern med en annan värmekälla, i detta fall i form av en induktionsspole [Fig. 3]. Det extra värmetillskottet från en sådan förvärmningsprocess reducerar avsvalningshastigheten hos svetsgodset och resulterar i mer duktila faser jämfört med de spröda martensitiska. Härigenom erhåller man ett mjukare svetsgodset och eliminerar därmed risken för uppkomsten av sprickor. Fördelarna med kombinerad lasersvetsning och induktionsvärmning kan sammanfattas så här:

- Förhindrar uppkomsten av sprickor vid svetsning av stål med hög kolekvivalent
- Förhindrar uppkomsten av oönskade mikrostrukturer
- Reducerar momentana spänningar
- Ökar svets hastigheten
- En process som är relativt enkel att automatisera

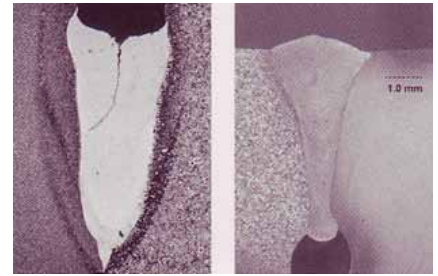
Lasersvetsning av gjutgodskomponenter med tillsatsmaterial är en annan av CCLA:s specialiteter. Gjutjärnsdetaljer används i stor omfattning för drivlinekomponenter till bilindustrin, då speciellt vid tillverkning av differentialaxlar. I de flesta av dessa konstruktionslösningar mon-

teras ett gjutjärnshus till en tandad ring av härdat stål med hjälp av ett bultförband. Om denna sammansättningsprocess kunde ersättas med



Figur 3.

Induktionsunderstödd lasersvetsning medför ett långsammare avsvalningsförlopp, vilket möjliggör sprickfria svetsar även vid svetsning av detaljer med hög kolhalt. Detta framgår av tvärsnittsbilderna nederst där det vänstra provet utförts utan induktion medan kombinationsmetoden använts vid det högra.



Figur 4.

Att lasersvetsa differentialaxlar i härdat stål möjliggör inte bara en konstruktionsförbättring i form av att tunga skruvförband kan elimineras, utan också att man med hjälp av lämpligt tillsatsmaterial kan undvika uppkomsten av sprickor i svetsgodset. Detta framgår av tvärsnittet t.h. där det vänstra provet utförts autogent medan det längst till höger lasersvetsats med tillsatsstråd.

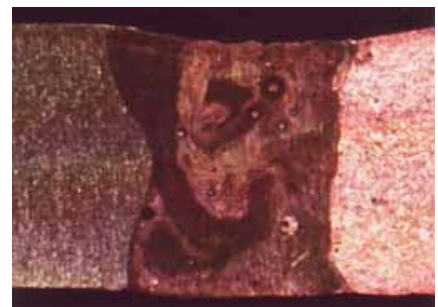
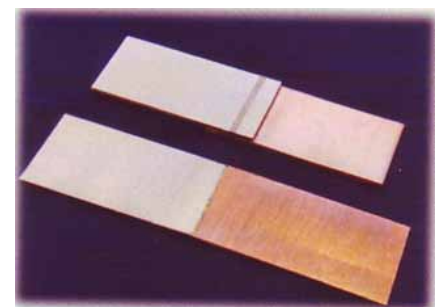
svetsning går det att erhålla kostnadsbesparingar i form av minskade material- och processkostnader samtidigt som komponentens totalvikt kan reduceras. Men om svetsning överhuvudtaget skall komma i fråga måste metoden kunna visa på minimala förvrindningar och sprickfria svetsar, en nog så stor utmaning då vi talar om detaljer i härdat stål. Lasersvetsning med tillsatsmaterial har dock visat sig vara en framkomlig väg för att åstadkomma detta [Fig. 4]. P.g.a. processens låga värmeförsel kan distorsioner undvikas, samtidigt som tillsatsmaterialet ändrar den kemiska sammansättningen i svetsgodset och på så sätt hindrar uppkomsten av hårda och spröda intermetalliska faser, vilket gör att svetsegenskaperna förbättras. Detta gör det även möjligt att svetsa värmebehandlat stål till gjutjärn utan att behöva avlägsna det karburiserade ytskiktet innan svetsning. För dessa applikationer använder man helst laserkällor med hög strålkvalitet som CO₂-, disk- eller fiberlasrar. Lasersvetsningens fördelar kan här sammanfattas som:

- Hög processhastighet
- Hög automatiseringsgrad av processen och därmed bra repeterbarhet
- Låg värmeförsel och minimala distorsioner
- Materialbesparingar genom eliminering av bultar och minskade flänsbredder

Lasersvetsning är också lämpligt då det blir frågan om att på ett kost-

nadseffektivt sätt sammanfoga artolika material. Med laserprocessen kan man effektivt foga materialkombinationer som exempelvis koppar/stål, aluminium/stål, nickel/stål, nickel/koppar samt även då man vill foga koppar till aluminium [Fig. 5]. Som tidigare nämnts förfogar Fraunhofer CCLA över ett antal laserkällor med höga effekter (5-10 kW) och utmärkt strålkvalitet, varför energidistributionen kan ske i optiska fibrer med blott 100 µm diameter, vilket gör att extremt små och precisa svetsar kan utföras utan att man överhettar det omgivande materialet. Sådana smala svetsar kan också utföras på starkt reflekterande material som koppar och aluminium. Då materialet momentant befinner sig i smält tillstånd under så kort tid, tack vare lasersvetsningens snabba processförlopp, reduceras värmeförseln i komponenten signifikant, vilket i sin tur begränsar uppkomsten av de spröda intermetalliska faserna som formas under svetsförloppet. I dagens samhälle är det ett generellt krav att kunna tillverka komponenter med optimerad vikt och prestanda. Möjligheten att kunna sammansvetsa artolika material med varandra gör det möjligt att på detta sätt optimera produktens vikt mot andra, viktiga egenskaper.

Fraunhofer har utvecklat en speciell lamineringsprocess kallad "Laser Induction Roll Plating" [Fig. 6], vilket väl närmast skulle kunna översättas med laserinduktionsstödd rullaminering, med målet att kunna skapa metalliskt sammanbundna, elek-

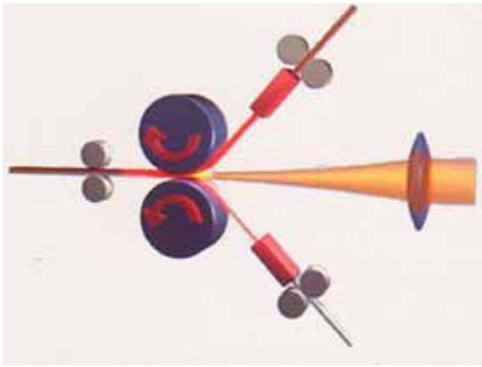


Figur 5.

Tack vare lasersvetsningens snabba förlopp kan uppkomsten av spröda intermetalliska faser undvikas, som i det här fallet då 1 mm tjocka aluminium- och kopparplåtar sammanfogats i både överlapps- och stumfogsgeometri.

triskt ledande kontaktdon med lågt kontaktmotstånd. Denna process är väl lämpad för att tillverka fogar i materialkombinationer bestående av aluminium och koppar.

Lasersvetsningen är snabb och precis och resulterar i en repeterbart hög svetskvalitet. Fraunhofer CCLA har med framgång utvecklat lasersvetsprocesser för flera olika Litium-Ion-batteriapplikationer och även varit med om att transferera dessa till högvolymproduktion. Enkla Li-Ionceller kombineras till större moduler och staplar där de enstaka cellerna



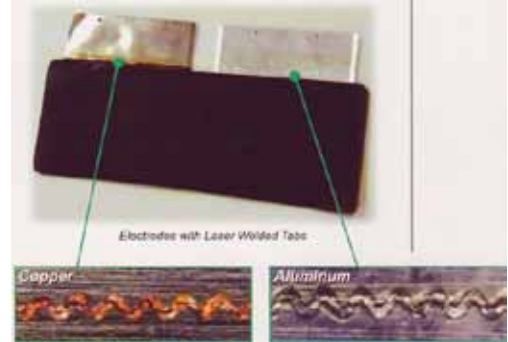
Figur 6.

T.v. principen för laserinduktionsstödd rullaminering, en process som utvecklats vid Fraunhofer-instituten med avsikt att i en kontinuerlig process kunna sammanfoga artolika material som exempelvis aluminium och koppar (ovan).

kopplas till varandra via små metallbryggor. Svetsade förbindningar mellan metallbryggorna och cellerna kan utföras antingen som överlapp- eller stumsvetsar. Lasersvetsarna har utmärkta elektriska och mekaniska egenskaper, vilket gör att lasern är det ideala verktyget vid batteritillverkning. Fraunhofer har också utvecklat en lasersvetsningsprocess där man använder en dynamisk strål-”scanner” för att ytterligare förbättra kvalitén hos lasersvetsar utförda i mixmaterialkombinationer som koppar/aluminium, koppar/rostfritt stål och aluminium/magnesium [Fig. 7]. Här rör sig laserstrålen snabbt såväl längs som tvärs fogen med hjälp av rörliga speglar. Samtidigt manipuleras lasereffekten vilket gör att man får en bättre materialuppblandning i smältan samtidigt som man undertrycker turbulens i densamma.

Tunna folier för anod- respektive katodfunktionen i elektriska batterier svetsas för närvarande samman med ultraljudsteknik. Risken för sprickbildning och otillräcklig penetration p.g.a. processinstabiliteter och förslitning av sonotroden reducerar den elektriska ledningsförmågan i dessa fogar. Därför har Fraunhofer utvecklat den ovannämnda processen med strål-”scanner”, vilken gör det möjligt att foga samman dessa tunna membran med en konstant och hög svetskvalitet. De lasersvetsade fogarna uppvisar en avsevärt högre konduktivitet jämfört med dem som fabricerats med ultraljudssvetsning.

En annan Fraunhofer-specialitet är laserpåläggning, speciellt då inuti rör med tämligen små innerdiametrar. Vid laserpåläggning används la-



Figur 7.

Med en av Fraunhofer speciellt utvecklad strål-”scanner” kan kontaktdonen, som utgörs av tunna folier av koppar och aluminium, till elektriska batterier lasersvetsas. Dessa fogar uppvisar en avsevärt högre konduktivitet jämfört med traditionellt ultraljudssvetsade sådana.

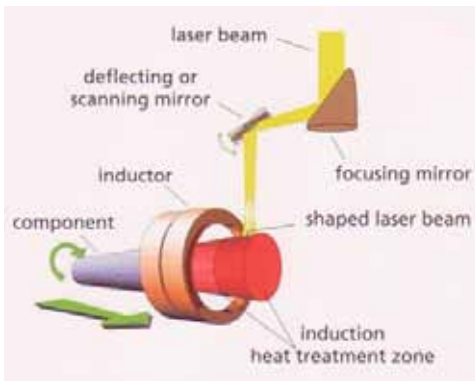
serstrålen till att smälta ytskiktet på ett metalliskt arbetsstycke. Samtidigt matas ett metallpulver in i smältan vilken snabbt stelnar och bildar ett påläggningsspår [Fig. 8]. Denna typ av påläggning resulterar i 100%-ig densitet och metallisk bindning till substratet. Jämfört med andra påläggningsmetoder, där PTA [Plasma Transformed Arc], TIG [Tungsten Inert Gas] eller MIG [Metal Inert Gas] används som värmekälla, uppvisar lasern en minimal värmepåverkan på arbetsstycket, vilket i sin tur leder till följande fördelar:

- Mycket låg upplösning i substratet
- En jämn fördelning av hårda partiklar i metallmatrisen
- En fin mikrostruktur i de pålagda lagren
- Precis kontroll av lagernas tjocklek
- Minimal distorsion av arbetsstycket

Laserpåläggning används för att förbättra komponenters slitage- och/eller korrosionsmotstånd. Till det förstnämnda används flera kommer-

siellt tillgängliga pulverlegeringar bestående av Nickel, Cobolt eller Järn. Då extremt höga krav på nötningsmotstånd föreligger, kan man använda sig att pulverblandningar innehållande Volfram-, Krom- eller Vanadin-karbider.

Ett annat användningsområde för denna teknik är reparation av värdefulla maskindelar, verktyg eller formverktyg, där skadade eller slitna områden kan återskapas genom laserpåläggning [Fig. 9]. Metoden ger ”nära färdig form”, varför kravet på efterbearbetning blir minimalt. Det pålagda skiktets bredd och tjocklek kan justeras via laseroptiken beroende på vad den aktuella applikationen kräver, och deponeringshastigheten ökar med ökad lasereffekt. Typiska värden för påläggningsskikten ligger på 0,5-8,0 mm för bredden och mellan 0,1-2,5 mm för tjockleken, och lämpliga pulvermaterial är Co-, Ni-, Fe-, Al-, Ti och Cu-legeringar, liksom metallmatriser med inslag av hårda partiklar som W, Cr eller V. Deponeringshastigheterna brukar ligga kring 300 g/min.

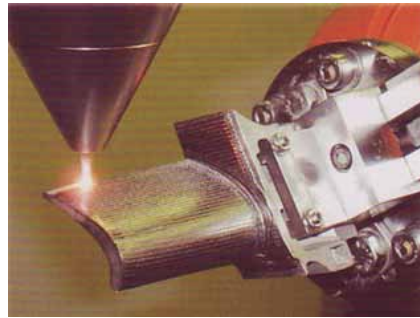


Figur 8.

Principen för laserpåläggning, där ett pulver matas in i den av laserstrålen uppsmälta substratytan, och längst t.h. ett exempel på wolframkarbidbeläggning av en oljeborrkrona för att öka dess livslängd.

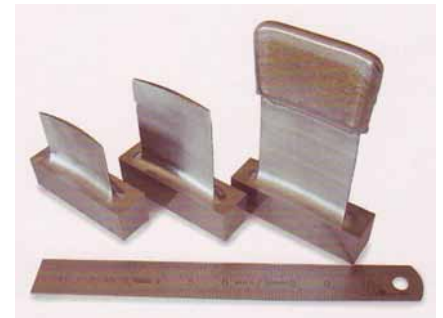
Med flera års erfarenheter av laserpålägningsprocessen har Fraunhofer CCLA kunnat utveckla verktyg och munstycken för ett brett spektrum av applikationer. Man har munstycken för både koaxiell pulvermatning [Koax-serien] som sidomatning [Cyclone-munstycke]. Munstyckena passar för såväl CO₂-Nd:YAG som diodlaserns våglängder, och kan anpassas helt efter kundens önskemål [Fig. 10]. Koax-serien av munstycken matar pulvret koncentriskt i förhållande till laserstrålen. Detta gör att pålägningsprocessen blir helt riktningsoberoende. Munstyckenas öppning kan utformas för precisionsdeponering eller för höga deponeringshastigheter. I Fraunhofers Cyclone-munstycke matas pulvret in från sidan. Denna typ av verktyg lämpar sig bäst då pålägningsprocessen sker i en och samma riktning hela tiden. Munstycket är användarvänligt och lätt att underhålla. Fraunhofer CCLA kan tillhandahålla expertis inom området laserpåläggning med tillhörande processutrustning och därmed erbjuda integrerade och nyckelfärdiga system. Man tillhandahåller det senaste inom lasertekniken för att erbjuda kostnadseffektiva lösningar för beläggning eller reparation av komponenter. Systemen kan baseras på såväl portal- som industrirobotar och kan kombineras med såväl CO₂- som Nd:YAG-, diod-, fiber eller disklasrar.

Fraunhofer har utvecklat ett innovativt maskinkoncept inom detta teknikområde för laseranvändning, som man valt att benämna induktionsunderstödd laserpåläggning. Med denna metod går det att mer precist och lokalt kontrollera för-



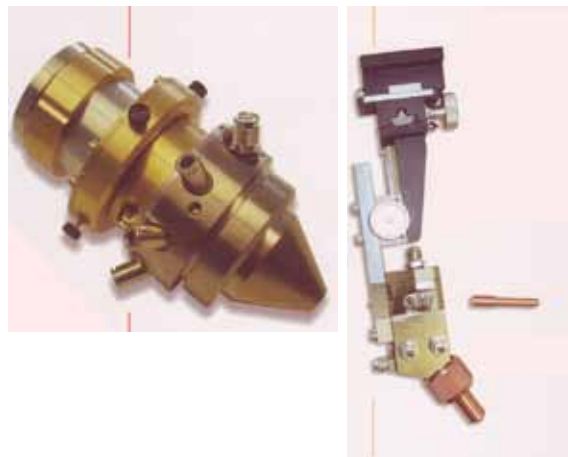
Figur 9.

Reparation av förslitna kanter på turbinblad är ett vanligt exempel på framgångsrik användning av tekniken med laserpåläggning.



Figur 10.

Till vänster Fraunhofers Koax8-munstycke med optik anpassad för en Nd:YAG-laser och t.h. ett Cyclone-munstycke med en tredimensionell positioneringsenhet.



värmningstemperaturer, vilket avsevärt förbättrar pålägningsprocessen i form av fördubblad deponeringshastighet, samt kvalitén hos det pålagda skiktet. Bl.a. kan man med detta angreppssätt reducera sprickkänsligheten när man arbetar med extremt hårda material, då man får en bättre kontroll av avsvalningshastigheten för sprickbenägna material [Fig. 11]. Dessutom kan man med detta specialverktyg, som man valt att kalla COAXpowerline, utföra pålägningsprocessen i flera olika riktningar. Bland typiska applikationer där COAX-verktyget kommit till användning kan nämnas rör, stänger,

drivaxlar, oljeborrnings- och hydrauliska verktyg samt komponenter för rymdindustrin tillverkade i olika superlegeringar.

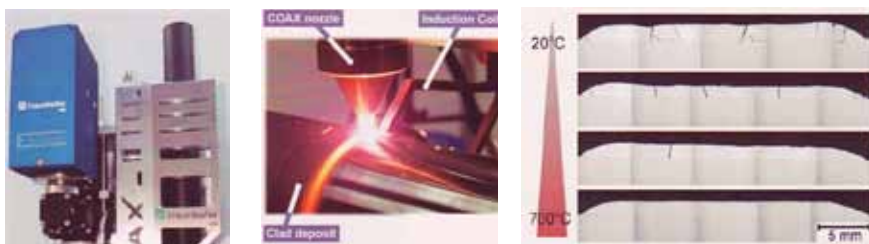
Verktygen ID1 och ID2 är två av de senaste innovationerna vid Fraunhofer CCLA, vilka utvecklats för att möjliggöra laserpåläggning med olika pulverlegeringar inuti trånga rör och tuber [Fig. 12]. Ett innovativt designkoncept gör det möjligt att integrera vattenkyllning, skyddsgas och pulvertillförsel i munstycket och därmed kan detta verktyg arbeta med hög tillförlitlighet också i tuffa miljöer och inuti cirka en meter långa rör. Verktyget är försett med

en snabbblåsning av optikens skyddsglas, något som möjliggör snabbt byte av detsamma och därmed minimalt stillestånd, och slutligen finns en inbyggd sensor i munstycket som övervakar temperaturen hos verktyget. Bland applikationer där ID1- och ID2-verktygen provats kan nämnas hylsor, rör, tuber och lagerhus, vidare; oljeborrningskomponenter, formverktyg för plastdetaljer, eldrör och motorkomponenter. Den minsta rördiameter som man hittills lyckats belägga invändigt är 89 mm och räckvidden för hur långa rör man kan processa är 457 mm för ID1 och 1.000 mm för ID2. Tjockleken hos det pålagda skiktet ligger mellan 0,2 och 2,0 mm och bredden uppgår till cirka 5,5 mm. Deponeringshastigheten ligger i de här fallen på 60 g/min eller 3,6 kg i timmen.

Laserhårdning var den sista av de processer som Fraunhofer CCLA erbjuder, och som Craig Bratt beskrev för mig vid detta intressanta besök. Här använder man laserstrålen för att härda järnbaserade material som hårdbara stål och gjutjärn. Med laserhårdning förbättras nötmotståndet på exempelvis maskinytor och därmed kan livslängden hos komponenterna ökas. Metoden är speciellt lämpad för selektiv hårdning av komplexa geometrier, rör och kanter, eller artiklar där krav på minimal distorsion föreligger [Fig. 13]. De huvudsakliga fördelarna med laserhårdning är:

- Ett utmärkt slitmotstånd
- En "självsläckande" process
- Minimal förlust av komponentens övriga duktilitet
- Inget behov av efterbearbetning

Laserhårdning kan användas för att minimera erosionsförslitning av framkanterna på turbinblad som används i olika energigenererande applikationer. Denna process minimerar distorsioner orsakade av värmepåverkan och därmed elimineras behovet av riktningoperationer. Martensitiska och lösningshårdande stål kan hårdas med hjälp av laserteknik. De laserhårdade turbinbladen uppvisar en förbättrad utmattningshållfasthet och mindre duktilitetsförluster och



Figur 11.

T.v. en översiktbild på det vid Fraunhofer specialutvecklade verktyget COAXpowerline. Därintill principen med förvärmning vid laserpåläggning med hjälp av en induktionsspole, och t.h. förvärmningstemperaturens inverkan på påläggningsmaterialens sprickkänslighet.



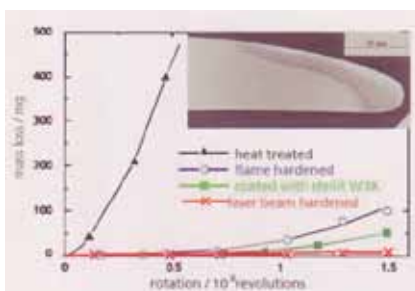
Figur 12.

Laserpåläggning inuti trånga rör har blivit något av ett signum för Fraunhofer CCLA, och "rekordet" idag lyder på en invändig rördiameter av 89 mm. För detta krävs specialutvecklade laserverktyg som ID1 och ID2 med räckvidder på 457 resp. 1.000 mm.



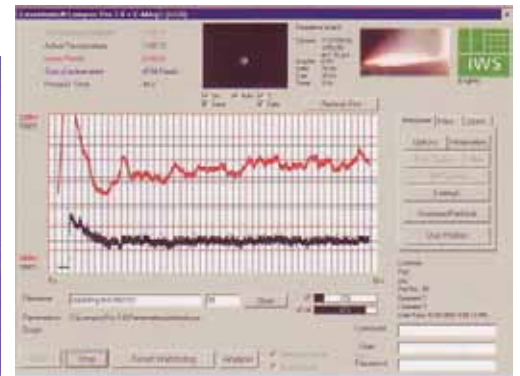
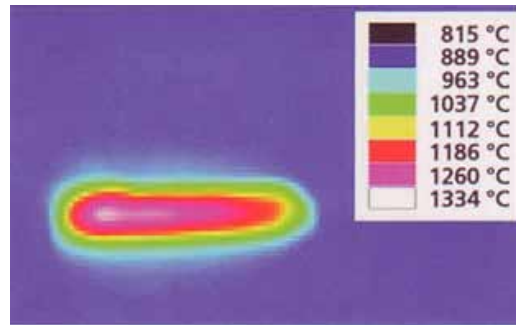
Figur 13.

Att härda ytor med laserteknik är speciellt lämpligt för lokala områden med komplex geometri där åtkomsten för andra hårdningsmetoder är begränsad.



Figur 14.

Långtidsegenskaperna för laserhårdade turbinblad är överlägsen de man erhåller vid konventionell värmebehandling, flammhårdning eller då bladen beläggs med Stellite.



förlitning jämfört med konventionellt flamhårdade blad [Fig. 14].

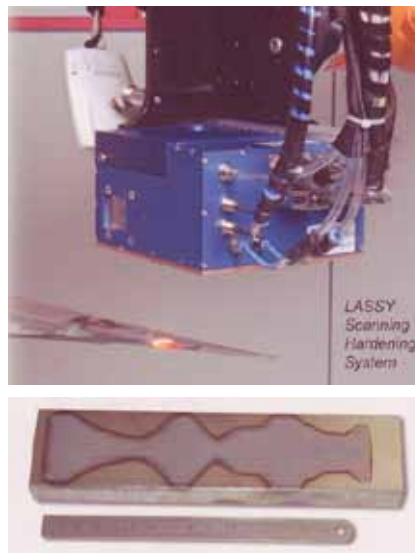
Ytor som är utsatta för förlitning hos form- och klippverktyg kan laserhårdas med speciellt utformade verktyg vilka kan manipuleras av en robot då stråldistributionen sker via en optisk fiber. Den minimala värmeförseln resulterar i försumbara formförändringar, och processen kan kontrolleras genom en koaxial temperaturövervakning för att förhindra uppsmältning av exempelvis kanter. Lasern är det ideala verktyget då det gäller att hårdna utmanande geometrier på maskinkomponenter såsom kanter, hörn, eller fördjupningar som räfflor och borrhål. Fraunhofer CCLA kan erbjuda integrerade lösningar som omfattar verktyg och robot för laserhårdning, men också olika former av processkontroll för att underlätta laserhårdningen och göra denna mera tillförlitlig.

Vanligtvis används en pyrometer för beröringsfri mätning av yttemperaturen vid hårdning. Nackdelen är här att pyrometern endast mäter den genomsnittliga temperaturen över en yta vilket kan resultera i lokal uppsmältning i ett inhomogent temperaturfält. Fraunhofer CCLA har därför utvecklat ett CCD [Charge Coupled Device] -kamerabaserat system benämnt E-Maqs, vilket kan mäta temperaturvariationer över en yta med en upplösning på 0,1 mm. Informationen från kameran matas in i ett mjukvaruprogram kallat Lompoc Pro, vilket skapar en "closed-loop"-kontroll av lasereffekten så att temperaturen på ytan kan regleras under hårdningsförloppet [Fig. 15].

Bredden på det laserhårdade området kan styras genom att man använder sig av ett "scanner"-verktyg.

Figur 15.

T.v. en diodlaser försedd med Fraunhofers E-Maqs kamera. Därutöver registrerade temperaturfältet för ett 20 mm brett påläggningsspår, och längst t.h. en bild från kontrollpanelen för mjukvaran Lompoc Pro som övervakar lasereffekt och temperatur.



Figur 16.

Det s.k. LASSY-verktyget kan enkelt integreras med en industrirobot, och möjliggör laserhårdning med varierande spårbredd.

Ett sådant har utvecklats vid Fraunhofer IWS i Dresden och är känt under namnet LASSY [Fig. 16]. Detta hjälper användaren att justera bredden på hårdspåret allt efter behov, utan att man behöver byta ut optiken. Ett typiskt hårdspår med 60 mm bredd går att åstadkomma med 4 kW lasereffekt och detta specialutvecklade verktyg.

Besöket vid Fraunhofer CCLA underströk väl för mig än en gång devisen "att det bara är fantasin som sätter begränsningar för lasertekniken". Användningsområdena för

laserbearbetning är mångskiftande och Fraunhofer-organisationen besitter en lång och gedigen kompetens. Mycket av de processer, verktyg och övervakningssystem som utvecklats vid de tyska Fraunhofer-instituten håller nu på att transfereras till nordamerikanska företag av olika storlek, och här kan vi nog räkna med att Craig Bratt och hans kollegor vid Fraunhofer CCLA i Plymouth, MI kommer att fungera som något av "spindlar i nätet" vid den fortsatta implementeringen under den kommande tioårsperioden. ■



Del 2

Nya fiberlasrar och alternativa bearbetningsväglängder uppmärksammades vid 2012 års

Lasers for Manufacturing Event



Av Johnny K. Larsson, Volvo Cars

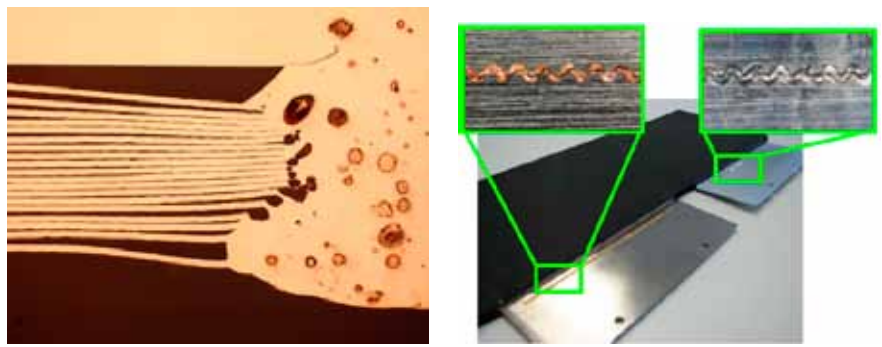
I oktober i fjol hade jag förmånen att få närvara vid den andra upplagan av Lasers for Manufacturing Event [LME™] som arrangerades av Laser Institute of America [LIA]. Efter 2011 års lyckade arrangemang av denna nordamerikanska lasermässa hade man nu valt att komplettera tvådagarsutställningen med en s.k. "workshop" under titeln "Laser Welding & Joining". Dessutom erbjöds deltagarna några avgiftsfria kortkurser, liksom två stycken mer djupgående tvåtimmarsutbildningar till vilka man bjudit in "tunga" namn som professor Eckhard Beyer, Fraunhofer Institut für Werkstoff und Strahltechnik [IWS] och professor Reinhart Poprawe, Fraunhofer Institut für Lasertechnik [ILT] som lärare. Den förstnämnde tjänstgjorde även som ordförande för den tidigare nämnda "workshopen". Evenemanget hade liksom året innan förlagts till Schaumburg Convention Center i delstaten Illinois cirka tjugominuters bilfärd västerut från Chicago O'Hare Airport, och denna gång hade mer än 1.000 delegater sökt sig hit. Här gavs rikliga tillfällen att återförenas med gamla laserbekanta samt att vandra runt hos de inalles 77 stycken utställarna för att uppdatera

sig kring olika lasernyheter. Här fortsätter rapporteringen där del 1 redovisades i LaserNytt 1/2013.

Tony Holt är ju en av de verkliga veteranerna inom branschen, och som på sin väg till sin nuvarande anställning hos IPG hunnit passera Coherent, Lumonics och SPI. Hans föredrag handlade denna gång om plastsvetsning med laserväglängder kring 2 μm , något som han kallar MID-IR [Middle Infra Red], NIR [Near Infra Red], alltså det väglängdsområde till vilket man klassar de traditionella Nd:YAG- och Yb:YAG-lasrarna [$\lambda = 1.064\text{-}1.070\text{ nm}$], uppvisar en kulörberoende absorption varför man måste använda sig av s.k. TTLW [Through Transmission Laser Welding] -teknik vid lasersvetsning av plaster. Tony menade att med längre väglängder avtar detta kulörberoende, varför man kan svetsa helt genomskinliga polymerer utan att behöva använda sig av någon form av absorbent som i det av TWI utvecklade konceptet Clearweld©. I stället kan man använda sig av fiberlasrar med andra aktiva element än traditionell ytterbium [Yb] som exempelvis erbium [Er; $\lambda = 1.530\text{-}1.620\text{ nm}$] eller thulium [Th; $\lambda = 1.800\text{-}2.100\text{ nm}$] vilka ger 50%

högre absorption i genomskinliga polymerer jämfört med NIR-väglängderna. Andra fördelar man har med den längre väglängden är att man kan arbeta med långa fokallängder och p.g.a. den bättre absorptionen krävs inte längre det höga fixturtryck som brukar vara avgörande för att få god svetskvalitet vid lasersvetsning av plaster. En annan observation som gjorts var att absorptionen ökar med ökande materialtjocklek vilket illustrerades med en svets genom 22 lager av 0,1 mm tjockt LPDE [Low Density PolyEthylene]. Andra polymerer som ansågs vara lätta att svetsa med laser var TPE [ThermoPlastic Elastomer], PLA [PolyLactic Acid] och co-polyestern Tritan®, dock krävs skilda optiker för de olika materialen. Den experimentella verksamheten i Tonys laboratorium hade gett vid handen att det krävs förhållandevis hög effekt [100-120 W] och långsam svets hastighet för att åstadkomma svetsar med djup penetration. Ett annat intressant forskningsresultat handlade om hur man svetsat glasfiberförstärkt TP [Thermoplastic Polymer] till zinkbelagt stål för att skapa slutna profiler vilka sedan kunde skumfyllas för att tjäna som energiupptagande element i personbilskarosser.

Därpå var det dags för Dr. Günther Göbl att själv stiga upp i talarstolen för att berätta om lasersvetsning av batterikomponenter. Liknande IWS-presentationer har vi ju hört tidigare från t.ex. professor Bernt Brenner vid EALA [European Automotive Laser Applications]-konferenserna. Vid denna komponenttillverkning är det frågan om sammansvetsning av tunna folier av aluminium [15-20 µm] och koppar [10 µm], och detta har tidigare gjorts med hjälp av ultraljudssvetsning. I försöken hade man använt en 4 kW fiberlaser från IPG [YLR-4000] och ett tvådimensionellt "scanner"-verktyg. Med en fokuspunkt på 80 µm kunde dessa multilager av folier sammansvetsas med en hastighet av 8 m/min [Fig. 26a]. Günther påpekade att det vid denna typ av svetsning är viktigt med en korrekt fixering av folierna. Vid svetsning av kontaktdonen till dessa multilager av folier hade det visat sig vara fördelaktigt att använda sig av ett sinusformat svetsmönster [Fig. 26b]. Föredraget avslutades med att visa på att valet av fogmetod har ett stort inflytande på resistiviteten mellan aluminium- och kopparfolierna.



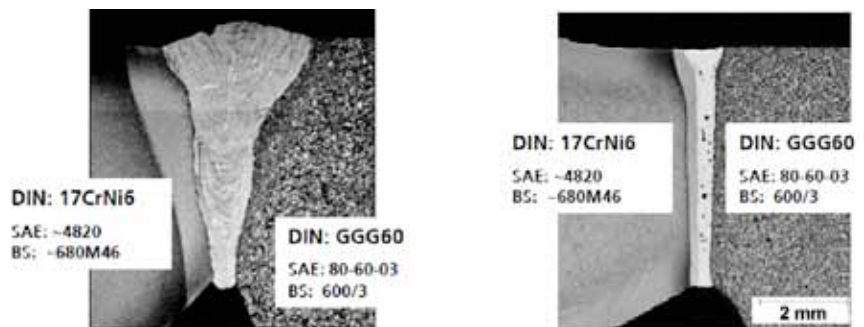
Figur 26. Exempel på lasersvetsning av batterikomponenter; a) T.v. 10 µm tjocka kopparfolier sammansvetsade med fiberlaser. b) T.h. har en pendlad laserstråle använts vid påsvetsning av kontaktdonen.

Günthers kollega från IWS, Jens Standfuss, avslutade sessionen med att spinna vidare på temat blandmaterialfogning med lasrar med hög briljans och strålkvalitet. Ett antal drivlinekomponenter lyftes fram som exempel varav ett rörde lasersvetsning av differentialaxlar där 17CrNi6 svetsades till GGG60-material. Detta kunde göras utan nickelbaserat tillsatsmaterial vilket visat sig vara nödvändigt när motsvarande svetsning utförts med CO₂-laser [Fig. 27]. Med 4 kW fiberlasereffekt

utfördes svetsningen med en hastighet på 4,5 m/min.

Då det gäller svetsning av mixade material har det visat sig fördelaktigt att pendla laserstrålen. På så sätt minskas svetsstrut och därmed stabiliseras svetsprocessen. Detta hade validerats på materialkombinationer som aluminium-koppar [Fig. 28] och talium-titan där man använt en pendlingsfrekvens strax över 4 kHz och en amplitud på 200 µm. Ett annat sätt att sammanfoga aluminium

till koppar är med s.k. "Laser Induction Roll Cladding". Här valsas tunna folier samman under tryck och där lasern i princip endast tjänar som värmekälla då fokuspunkten positioneras mellan folierna precis vid inloppet till tryckvalsarna [Fig. 29]. Processhastigheten vid denna mixmaterialtillverkning är så pass hög som 20 m/min. Slutligen visades resultaten upp från en trepunktsböjprovning där olika balklösningar jämfördes. Bl.a. hade vissa balkar



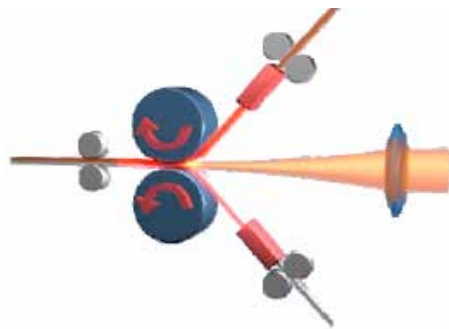
Figur 27. Vid svetsning av differentialaxlar, där en krom-nickel-legering kombineras med ett gjutgods, krävs ett nickelbaserat tillsatsmaterial om en CO₂-laser används (t.v.), något som inte är nödvändigt då man svetsar med fiberlaser (t.h.).



Figur 28. Positioneringen av laserstrålen har stor betydelse för svetskvalitet och hållfasthet i denna typ av stumfog mellan koppar och aluminium. Övan fr.v. positionering 100 µm in på kopparsidan, mitt i fogen samt 100 µm in på aluminiumsidan. Det senare innebär att bredden på de intermetalliska faserna kan minskas från 30 till 10 µm (t.h.).

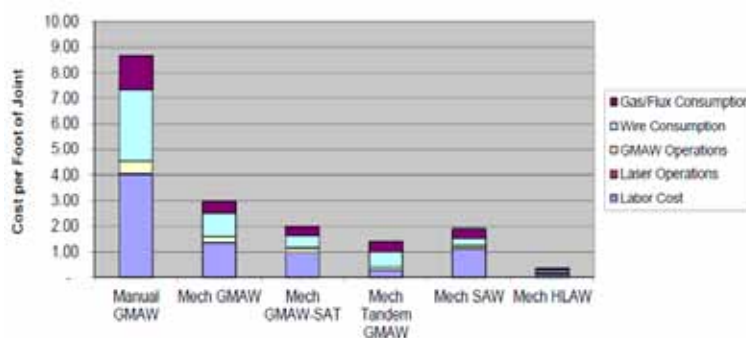
satts samman av en U-profil i stål och ett lock i aluminium, vilka sedan fixerats via flikar och slitsar och slutligen fogats via "scanner"-svetsning med laser. Just det snabba svetsförloppet påstods eliminera sprickuppkomst vid svetsning av mixade materialkombinationer.

Temat för den sista sessionen var laserhybridsvetsning och här var det inledningstalaren från föregående dag, David Havrilla från Trumpf Inc., som återkom som ordförande. Först ut var Ed Hansen från ESAB och han inledde med några intressanta sifferjämförelser. Då man hade provsvetsat en stumfog med 15 mm tjocka plåtar krävdes 194 mm³ tillsatsmaterial vid gasetallbågs svetsning och 160 mm³ dito vid pulverbågs svetsning. Däremot klarade man sig med endast 14 mm³ tillsatsmaterial då provplåtarna svetsades med laserhybridtekniken. Den senare metoden innebär en 50%-ig reduktion av restspänningar och en 90% smalare HAZ [Heat Affected Zone] jämfört med gasetallbågs svetsning. Detta innebär att man minimerar risken för att sprickor skall uppstå vid svetsning i höghållfasta och/eller tunna plåtdetaljer. Ed visade också på en intressant kostnadsjämförelse



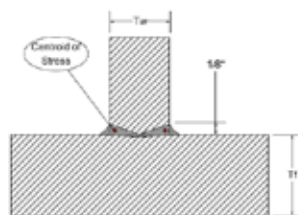
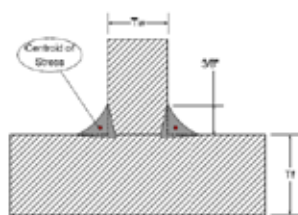
Figur 29.

Längst t.v. principen för "Laser Induction Roll Cladding" där tunna folier av koppar och aluminium smälts samman med laser under tryck, och närmast en bild från en dylik pilotanläggning vid IWS i Dresden.



Figur 30.

En kostnadsjämförelse mellan MAG, tandem-MAG, pulverbåge och laserhybridsvetsning pekar entydigt på den senare som det ekonomiskt bästa alternativet.



Figur 31.

Skisserna ovan visar på lasersvetsens bättre lastöverföringsförmåga samt att det kan räcka med svetsning från en sida i en T-fog.

[Fig. 30], vilken entydigt pekade på laserhybridsvetsning som den billigaste svetsmetoden. Bland konkreta fördelar då hybridsvetsningen jämförs med traditionella svetsmetoder för grovplåtssvetsning är att det ofta räcker med att lägga en svetssträng, samt att man uppnår full penetration vid bearbetning från endast en sida av fogen [Fig.31]. Andra fördelar är möjligheten att skapa flerplåtsförband, mindre värmedistortioner samt att hybridsvetsar uppvisar en bättre utmattningshållfasthet.



Figur 32.

Genom att laserhybridsvetsa denna länkkarm hade produktiviteten kunnat ökas med en faktor 3 jämfört med traditionell MAG-svetsning samtidigt som värmeförlusten reducerades med 80%.

Bland de applikationsexempel som Ed visade kan nämnas en länkkarm där produktiviteten hade ökat med en faktor 3 och värmeförlusten därigenom reducerats med motsva-

rande 80%, samtidigt som komponentens vikt kunnat reduceras med 20-30% [Fig. 32]. Andra hybridsvetsade komponenter var axlar till tunga fordon, malmvagnar och



bussramar i rostfritt stål. Inom amerikanska marinen har man börjat använda alltmer höghållfast material, exempelvis i balkar till skroven för hangarfartyg [Fig. 33]. Dessa svetsas samman med laserhybridteknik och innebär viktsbesparingar på mellan 20-50%. Likaså hybridsvetsas rostfria sandwichpaneler till den senaste generationen av flottans jagare. Ytterligare exempel på framgångsrika hybridapplikationer finns att hitta på www.esab.com/hlaw.

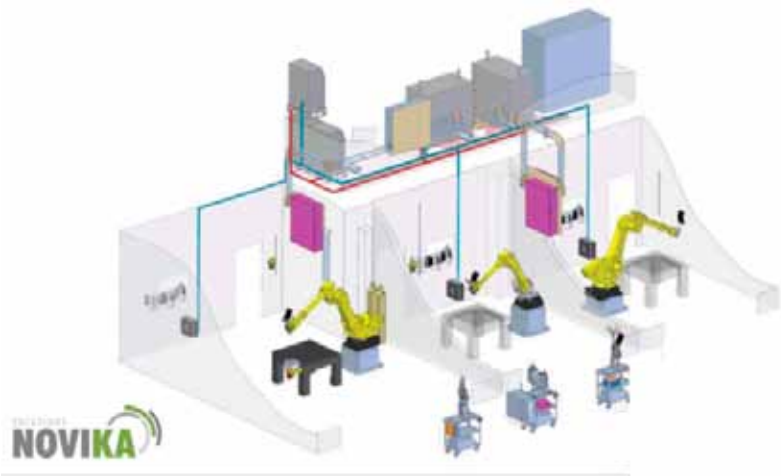
Enda kvinnliga föredragshållare i "workshopen" var Lorraine Blais från Novika Solutions. I sitt laboratorium har man tre svetsceller samtliga utrustade med sexaxliga robotar och tillgång till två stycken fiberlasrar med 2 respektive 15 kW effekt [Fig. 34].

Man hade jämfört hybridsvetsar med gasetallbågs svetsar för en utmattningspåkänd järnvägsapplikation i 12 mm tjockt HSLA A656 svetsad med olika tillsatsmaterial. Vid laserhybridförsöken hade man använt Precitecs YW50-verktyg med 300 mm fokallängd och hade positionerat lasern som ledande vilket påstods ge en bättre rotgeometri. Laserkällan var en IPG-15000 vilken kombinerats med en Lincoln Power-Wave 655-strömkälla och ett fogföljningsverktyg från ServoRobot. Framföringshastigheten var 0,75 m/min, trådmattningen 4,4 m/min och man hade observerat avsevärda skillnader i förbrukning av tillsatsmaterial och skyddsgas jämfört med gasetallbågs svetsning [Tab. 1].

En av förklaringarna till de stora skillnaderna är att man vid MAG-svetsning måste lägga tre svetssträngar medan hybridtekniken endast behöver en [Fig. 35]. Detta innebar att svetsoperationen tog cirka 15 minuter i bågsvetsfallet, medan svetsuppgiften klarades på

Figur 33.

Laserhybridsvetsade applikationer går att finna i många olika konstruktioner, allt ifrån malmvagnar tillverkade hos Kiruna Wagon i Sverige till hangarfartyg och jagare inom amerikanska flottan.



Figur 34.

Överst layout över laserlaboratoriet hos Novika Solutions i Quebec, Canada, som innefattar två IPG fiberlasrar på 2 resp. 15 kW samt tre svetsceller utrustade med sexaxliga robotar. Nedan syns några uppställningar för genomförda försök med laserhybridsvetsning.

Tabell 1.

Förbrukning av tillsatsmaterial och skyddsgas

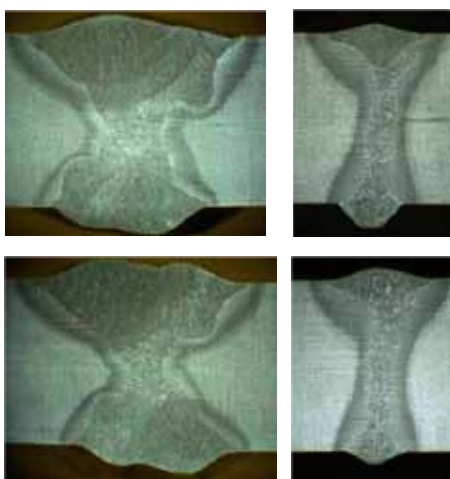
	Gasetallbågs svetsning	Laserhybridsvetsning
Tillsatsmaterial	0,57 kg/m	0,05 kg/m
Skyddsgas	248 l/m	31 l/m

blott 1,3 minuter då man använde laserhybridsvetsning! Vid dragprov uppvisade de två metoderna jämbördiga värden, medan hårdhetsprov utförda enligt Charpy-metoden gav lite blandade resultat. Då man använde

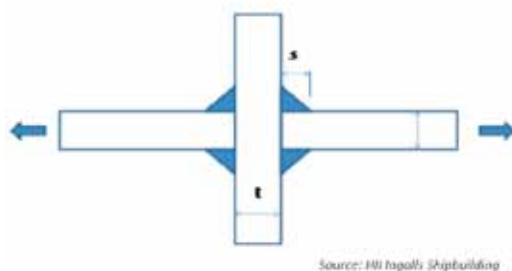
tillsatsmaterialet ER80S-Ni1 gav hybridsvetsarna ett bättre resultat, men vid användning av ER70S-6-tråd var förhållandet det omvända. Dock låg samtliga hårdhetsvärden över min. kravet på 80 J vid minus 30°C.

Näste talare var Paul Blomquist från Applied Thermal Science som redogjorde för utmattningsprovning av laserhybridsvetsade T-fogar i ett skeppbyggnadsprojekt. Inom denna bransch finns ett krav på att "svetsbenet", det s.k. s-måttet [Fig. 36], måste vara minst 80% av plåttjockleken för att utmattningsbrottet skall gå i grundmaterialet och inte i svetsgodset. Detta resulterar i vad Paul betecknade som "översvets", d.v.s. onödigt stora s- eller a-mått, och frågan var om man med laserhybridsvetsning och ett mindre svetsvärnsnitt kunde uppfylla utmattningskraven? Därför hade man tillverkat korsformade provstavar [Fig. 36] vilka är typiska för denna typ av utmattningsprovning. Materialen var DH-36 och HSLA-80 i tjockleken 10 mm. Hybridsvetsningen hade gjorts med ledande MAG-båge vilket påstods ge bättre fyllnadsgrad om det förelåg stora spalter. Framföringshastigheten var 1,5 m/min och trådmatningen 14 m/min då 6 kW lasereffekt via en 600 µm-fiber hade använts. Detta gav ett s.k. s-mått på cirka 3 mm att jämföras med motsvarande värde på 9 mm för de bågs-vetsade provstavarna. Trots detta uppvisade de hybridsvetsade stavarna en bättre utmattningshållfasthet och detta förklarade Paul beror på att man vid hybridsvetsning får en full penetration genom fogen vilket gör att man med råge kompenserar för det mindre s-måttet [Fig. 37]. Genom att byta till laserhybridsvetsning skulle detta innebära en reduktion vad beträffar förbrukningen av tillsatsmaterial från 15.740 kg till 3.900 kg vid svetsning av ett medelstort fartyg!

"Workshopens" siste talare var Duncan Pratt från General Electric i vars laboratorium man sedan 2009 har tillgång till en hybriduppställning med en 20 kW fiberlaser med en strålkvalitet på 10 mm*mrad och en elektrisk verkningsgrad på över 30%. Visserligen hade man lyckats lasersvetsa motordetaljer med ett svetsdjup på 15 mm och likaledes pipeline-komponenter i rostfritt 304-material med 12 mm tjocklek, men Duncan menade att då man kommer upp i tjockle-



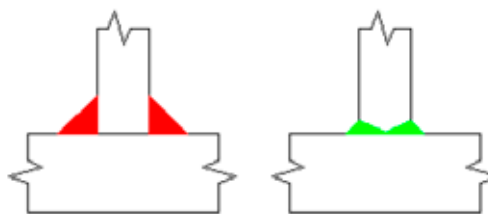
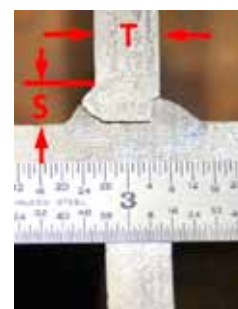
Figur 35. Tvärsnitt genom gasmetallbågsvetsade (t.v.) och laserhybridsvetsade (t.h.) provplåtar svetsade med olika tillsatstråd; ER70S-6 (överst) resp. ER80S-Ni1 (underst).



Source: MI Inpall's Sjöfartshögskola

Figur 36.

De korsformade provstavar som användes vid utmattningsprovningen och närmast ett typiskt brottbeteende för en konventionellt MAG-svetsad provstav.



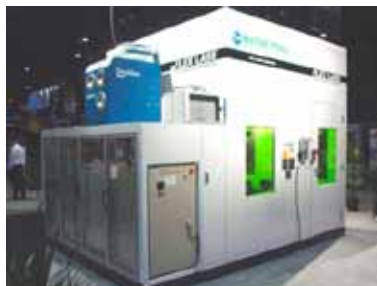
Figur 37.

Figuren t.v. förklarar ganska bra varför den laserhybridsvetsade geometrin till höger resulterar i en högre utmattningshållfasthet trots ett mindre s-mått, och längst t.h. ett tvärsnitt genom en högkvalitativ dubbelsidigt laserhybridsvetsad fog.



kar kring 8-10 mm blir lasersvetsprocessen mer komplex, och det hjälper inte direkt att ta till hybridtekniken. Denna har nämligen visat sig ge ett mycket begränsat parameterfönster för MAG-inställningarna. Därför rekommenderade han att vid svetsning av grövre sektioner utföra rotsvetsning med laserhybridteknik och de efterföljande strängarna med pulver- eller gasmetallbåge. Ett lyckat sådant exempel var svetsning av vindkraftstorn i stålqualitén A572450 med tjocklekar mellan 11-36 mm. Här hade man använt sin 20 kW laser

försedd med Precitecs hybridverktyg YW52 och en fogföljningsutrustning från ServoRobot. Gasmetallströmkällan var ett i400-aggregat från Lincoln. Denna hybridprocess användes för att lägga rotsträngen med ER70S-6 tillsatstråd, medan övriga strängar lades med pulverbåge där 2 stycken Lincoln AC/DC 1000 arbetade simultant och pulvret utgjordes av L61/WTX. Genom detta angreppssätt kan man klara gap på upp till 0,75 mm och "mis-match" upp till 2 mm i en stumfog vilket indikerar betydligt lägre krav på fogberedning.



Figur 38.

Wayne Trails FlexLaseCell© med verktygsväxling för skärning/svetsning har blivit något av en succéhistoria med mer än 30 enheter installerade hos små och medelstora amerikanska företag.

Detta innebar i det aktuella fallet en 60%-ig tidsbesparing, samtidigt som man med en enklare fogutformning kunde reducera mängden tillsatsmaterial med 70%. Dock menade Duncan avslutningsvis att man bör eftersträva att minimera spalten mellan plåtarna till 0,5 mm, ty när detta värde överstegs i försöken ökade defektmängden från 1 till 4%.

Det är ju alltid roligt att i sådana här sammanhang återse gamla laserbekanta. En sådan var t.ex. Bob Lewinsky, grundare av företaget VIL, som jag säkert inte träffat sedan slutet av 1990-talet då vi förde diskussioner om att installera en laseranläggning för ämnesskarvning i Volvos Olofströmsfabrik. VIL ombildades senare inom Wayne Trail-koncernen, vilken 2012 köptes upp av Lincoln Electric. Man är en systemintegratör av såväl CO₂-, Nd:YAG- som fiberlasersystem, och tillhandahåller kompletta laseranläggningar som går under beteckningen FlexLaseCell© [Fig. 38]. Dessa är utrustade med verkstygsväxlare för att snabbt kunna ställa om laserprocessen från skärning till svetsning och vice-versa. Hittills har man installerat ett 30-tal system med lasereffekter mellan 150W-10kW. Bob berättade om hur man samarbetat med BMW i Spartanburg, SC, för att ta fram en lösning för en bakluckeapplikation där laserlödning utförs med en IPG-laser och lödverktyg från Scansonic. Flex-Cut© är ett annat system som bl.a. används vid ablation av batterifolier med hjälp av en SM [Single Mode] – laser. Slutligen nämnde Bob en TWB [Tailored Welded Blank] -installa-



Figur 39.

Några smakprov på olika laserprojekt som bedrivs vid Fraunhofer CCLA i Plymouth, MI.

tion som Wayne Trail haft huvudentreprenaden för. Applikationen här är en B-stolpe till Toyota Camry-modellen där ämnena sammansvetsas av plåtkvaliteter med olika tjocklek.

En annan bekanting är Craig Bratt som basar över Fraunhofer CCLA i Plymouth, MI. Man har en imponerande uppsättning av laserkällor att tillgå i sitt laboratorium såsom en 10 kW diodlaser från Laserline, en 6 kW disk laser från Trumpf, en 5 kW fiberlaser från IPG samt en 4,4 kW CO₂-laser och en 6 kW slablaser från RofinSinar. CCLA bidrog ju kraftfullt vid implementeringen av lasersvetsning på Fords F-150 pick-up-modell i Kansas City, något som resulterade i att man förädrades med HFTA [Henry Ford Technical Achievement], vilket delas ut till behjälpliga samarbetspartners. Redan vid LAM 2012 visade ju Bratt upp deras COAXpowerline-verktyg för mig, avsett för laserpåläggning inuti smala och långa rör, och därutöver har man under årens lopp utvecklat ett antal andra intressanta laserverktyg [Fig.

39]. Men dessa räknar jag med att återkomma till längre fram i artikelserien "Samtal kring lasertrender".

Sammantaget kan man beteckna LME™-evenemanget som intressant då utställningen visade upp en bred flora av nordamerikanska laseraktörer, samtidigt som man fick en bild av den omfattande laseranvändning i nordamerikansk verkstadsindustri som i varje fall jag inte var medveten om existerade. "Workshops" tekniska innehåll var kanske inte av så hög klass, men här tror jag att man som europe är lite bortskämd med högklassiga konferenser som AKL och LANE och den spetsforskning som bedrivs i framförallt Tyskland, men våra amerikanska kollegor är både engagerade och innovativa, varför vi kan förvänta oss en standardhöjning vid kommande "workshops". Hursomhelst är LME™ 2013 redan planerad att gå av stapeln på nytt i Schaumburg, IL mellan 11-12 september, varför den intresserade redan nu uppmanas att göra en kalenderanteckning om detta! ■

Lasergruppens studieresa i Tyskland 2013

Hans Engström, Luleå tekniska universitet

LaserGruppen arrangerade en studieresa till södra Tyskland den 13-14 maj i år, där programmet innehöll ett besök på "Laser World of Photonics", den stora mässan och konferensen i München, samt besök på två verkstadsföretag som använder laserskärning och lasersvetsning i sin produktion. Det blev mycket god uppslutning på denna resa med 19 deltagare, som fick se mycket intressant under de två dagarna.

Laser World of Photonics

Laser World of Photonics är en stor och viktig mässa och konferens för all sorts laserteknik där tillverkare, forskare och intresserade från hela världen samlas och tar del av nyheter som branschen kan erbjuda. I år firar man 40-års jubileum och man hade 1129 utställare som lockade drygt 27 000 besökare. Programmet är omfattande med biofotonik och medicinsk laserteknik, optisk teknik, laser och lasersystem för tillverkning. Konferensen lockade drygt 3400 deltagare och innehöll mer än 2500 presentationer.

Intresset för oss var koncentrerat på industriell laserbearbetningsteknik inriktat mot mekanisk industri och jag vill här förmedla några korta axplock från vårt korta besök.

Optoscand AB, Mölndal, som tillverkar optiska fibrer och optikkomponenter visade bl.a. ett fibersystem med inbyggd processövervakning. Man tar reda på tillbakareflekterat ljus och omvandlar det till en signal som kan ge en indikation på processens status. Man har ett utvecklat ett flertal fibersystem, där ett kan hantera 20 kW lasereffekt och har inbyggda sensorer för att övervaka fiberkopplingarna under drift.

Trumpf hade som vanligt en gigantisk monter och vi fick en guidad visning av bl.a. Dr Christian Föhl. Han visade bl.a. en 4 kW disk laser med som bäst 4 mm*mm radstrålkvalitet, spegelloptik för disklasrar, en 1 kW fiberlaser, en 6 kW diodlaser med strålkvalitet 60 mm*mm, och för mikrobearbetning en femtosekund laser.

Nu har Trumpf också utvecklat ett handhållet verktyg för lasermärkning av t.ex. plåtdetaljer.



Bild 1.
Magnus Uddén, Optoscand AB, Mölndal visar stolt en ny fiberoptisk produkt

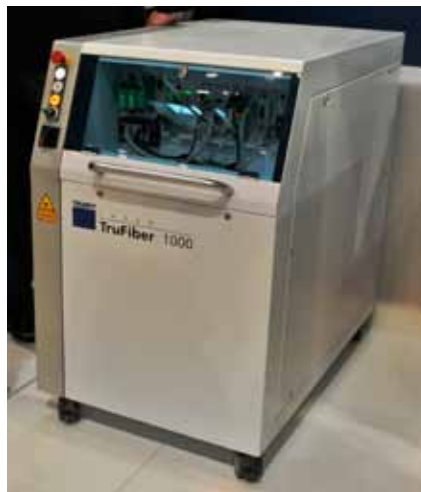


Bild 2.

Ett axplock från det som visades i Trumpfs monter av Dr. Christian Föhl. Överst fr.v. 1 kW fiberlaser, spegelfokuseringsoptik för disklasrar, 6 kW diodlaser, samt femtosekundlaser.



Bild 3.
Portabel lasermärkning är nu utvecklad av Trumpf. Bahadır Güngör, Chalmers studerar märkningen med stort intresse.

IPG levererar 100 kW fiberlaser

Även IPG Photonics hade en stor monter där man visade upp delar ur sitt produktprogram. Det kanske mest spektakulära var en 100 kW fiberlaser, som är såld till Japan för svetsning av tjockt material samt en tillämpning inom kärnkraftsindustrin. Den har en 500 μm processfiber och kan förses med integrerad fiber-till-fiber koppling. Strålkvaliteten uppges vara 23-25 mm*mrad efter processfibern. Lasern är som alla fiberlasrar mycket kompakt och ger 18.6 kW/m³.

IPG har också utvidgat sitt produktprogram och säljer nu också scanningsoptik, skärhuvud och ett svetshuvud med märkeffekt 10 kW, samt flera nya andra lasrar, t.ex. en 10 kW single mode fiberlaser. Man utvecklar också lasrar i det gröna området och kan nu erbjuda sådana i effekter upp till 1 kW cw. Till dessa används en fiberdiamter på 100 μm och strålkvaliteten uppges vara 4 mm*mrad.

ROFIN-SINAR Laser GmbH, den anrika lasertillverkaren som en gång var marknadsledande inom CO₂- och Nd:YAG-laser, utvecklar och tillverkar fortfarande lasrar även om man har kommit i lite i skuggan av IPG och Trumpf. På programmet finns naturligtvis fortfarande CO₂-lasrar men man har också fiberlaser för finskärning och grövre tillämpningar (upp till 4 kW), diodlasrar, samt en mängd olika lasrar för mikrobearbetning och märkning. I det sortimentet finns också pico- och femtosekund lasrar. För märkning av plast och mikrobearbetning har man t.ex. en luftkyld laser med våglängd 355 nm.



Bild 4.
IPG Photonics har nu sålt en 100 kW fiberlaser till Japan.

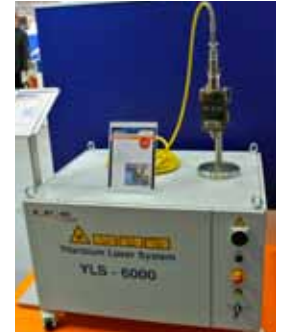


Bild 5.
IPG 6 kW fiberlaser med IPG skärhuvud.

Diod-laser för "remote welding"

Även Laserline fortsätter att utveckla sina diodlasrar. Nu har man en 4 kW diodlaser med strålomvandlare som ger 8 mm*mrad strålkvalitet. Fiberdiametern kan väljas från 200 μm och uppåt. Laserline säger att med denna laser så kan man utföra "remote welding" och skärning med hög kvalitet.

Eftersom också Trumpf, Rofin-Sinar och flera andra lasertillverkare satsar på att utveckla diodlasern så kan man förmoda att den kommer att ta marknadsandelar framöver och den blir kanske framtidens laser!?

Det är inte bara lasrar som utvecklas utan även robotteknologin. Reis i Tyskland visade sin "Laserrobot RV60-26-FT" med integrerad strålgång för fiberoptik upp till 16 kW, vilket gör den lämplig även för tyngre lasersvetsning. Den kan också utrustas för hybridsvetsning.

Detta får avsluta axplocket från "Laser of Photonics 2013" som får spegla de få timmar vi var på mässan.



Bild 6.
Laserline presenterade en 4 kW laser med 8 mm*mrad strålkvalitet.



Bild 7.
Reis Laserrobot med integrerad stålgång och utrustad för hybridsvetsning.

Efter mässan blev det busstransport till anrika Hotell Erdinger Weissbräu för middag och övernattnig. Dag 2 blev det studiebesök vid två intressanta företag. KBW och Ha-Be Gehäusebau.

Karosseribau Wagner GmbH & CO KG

KBW finns i Rohrbach och arbetar som underleverantör till fordonsindustrin. Man har en komplett tillverkning av prototypserier av karossdetaljer, där man gör hela arbetet från konstruktion och tillverkning av pressverktyg, pressning av plåtdetaljer, renskärning med laser, uppmätning och leverans. Man är idag 68 anställda varav 15 är lärlingar inom verkstad men även administration och kontor. De största kunderna finns inom den tyska bilindustrin som Audi, VW, MB och BMW.

Herr Wagner startade KBW 1995 med en 200 tons press hemma i garaget. Företaget har sedan dess oavbrutet expanderat och man har nu fem verkstadsbyggnader som är ihopbyggda till en stor verkstad och planer finns för en fortsatt utbyggnad. År 2001 köptes den första fräsmaskinen för att tillverka verktyg och 2002 den första 3D-laser som blev en Trumpf TLC 1005. En ny byggnad uppfördes 2008 och en TruLaserCell 7040 köptes in tillsammans med en 1200 tons press och en stor fräsmaskin (5000x7500mm). 2012 var det dags för ytterligare en ny laser, en TruLaserCell 7040 med arbetsyta 4000x2000 mm och 6 kW CO₂-laser för skärning och svetsning samt den 5:e byggnaden. Den senaste byggnaden är ett lager för stora verktyg och planer finns för nya större lasrar och pressar. Omsättningen idag ligger på ca 50 miljoner kronor enligt herr Wagner.

Fordonsindustrin använder alltså avancerade material och man har nu en liten F&U-avdelning som arbetar med utveckling och materialtestning. Man använder också optisk mätteknik vid tillverkningen av verktygen. När verktyget ligger på fräsbädden så framställer man en 3D-bild med en Nikon kamera med specialoptik, som ger upplösning i



Bild 8.

Övernattning i anrika Hotell Erdinger Weissbräu blev en trevlig upplevelse med god mat och dryck i en mycket bayersk atmosfär.



Bild 9.

På besök hos Karosseribau Wagner i Rohrbach. Företaget tillverkar prototypdetaljer till fordonsindustrin. Företaget grundare Herr Wagner är 3:e person fr.v.



Bild 10.

En plåtskulptur vid entrén till Karosseribau Wagner visar ett axplock av de detaljer man tillverkar till fordonsindustrin.

µm-området. Bilden jämförs sedan med referenspunkter i CAD-filen.

Typiska seriestorlekar är 60-70 detaljer men ibland händer det att kunden vill ha 180 detaljer. Tiden från order till leverans av prototypdetaljerna är typiskt 6 veckor. Konkurrensen är hård och kunderna frågar som regel 6-8 leverantörer för varje order. En typisk order för 30 detaljer inkl. tillverkning av verktyg kan vara värd ca 350-400 000 kr.

Herr Wagners dröm just nu är att köpa en 2000 tons press i storlek 5000x2700 mm för att kunna pressa hela karosidor och en sådan kostar i storleksordning 50 miljoner kronor. Med tanke på den goda utvecklingen som företaget har så dröjer det nog inte länge innan den finns på plats och producerar.

Efter besöket hos KBW så blev det dags för lunch hos Bürgerbräu, en typisk bayersk restaurang med god mat och öl.

HA-BE Gehäusebau GmbH

Efter besöket hos KBW styrde bussen mot Altheim by Landshut utanför München och ett besök på HA-BE Gehäusebau GmbH. Detta företag tillverkar plåtprodukter för medicinsk industri (cirka 65%), telekommunikation, elektronikindustrin, bilindustrin samt plåtprodukter för kraftförsörjning och ”motion and drive”. Inalles har man ca 250 kunder och ca 1500 produkter. Företaget startade 1949 och har nu 220 fast anställda och 30 inhyrda. Man stödjer också lärlingssystemet i Tyskland och har 10 lärlingar på plats. Omfattningen 2012 var ca 315 M SEK.

Ha-Be erbjuder en helhetslösning till kundernas behov med teknisk support, konstruktion, prototyp tillverkning, verktygstillverkning och serieproduktion

Mycket korta leveranstider

Ha-Be arbetar med så korta leveranstider som 48 timmar för vissa produkter och kunder och för det krävs en trimmad, tillförlitlig och flexibel organisation och maskinpark. Man har också under Oliver Hampes ledning infört planering och styrning av produktionen enligt kända leanprinciper, som han har hämtat från bilindustrin där han tidigare arbetade.

Laserbearbetning är en naturlig del i den flexibla produktionsapparaten med laserskärning, lasersvetsning och lasermärkning.



Bild 11.
Lunch vid Bürgerbrau i hjärtat av Bayern.



Bild 12.
Besök hos Ha-Be Gehäusebau där Oliver Hampe, COO och produktionsdirektör, var värd.



Bild 13.
HA-Be är en komplettleverantör och erbjuder ett stort utbud av tjänster och produkter.



Bild 14.
En del av produktutbudet hos Ha-Be Gehäusebau. Frv. en plåtkonstruktion för medicinsk industri, industri-PC och plåt detalj.

Vi bedömer att lasersvetsning har en stor tillväxtpotential säger Oliver Hampe, och vi söker hela tiden nya stora plåtkunder.

Som en del i det flexibla produktionssystemet finns en TruLaser 5030 med en 5 kW fiberlaser som installerades 2012. Den finns i en avdelning med 9 personer som arbetar med små serier där man behöver snabb reaktion på kundernas beställningar. Man kan här tillverka och leverera detaljer inom 24 timmar.

Laser-robot svetsar i små volymer

Men det kanske mest intressanta är de två TruLaser Robot 5020 som betjänas av en 8 kW disk laser, TruDisc 8002. De är tänkta för lasersvetsning av diverse komponenter som inte behöver tillverkas i stora volymer. En detalj som man arbetar med är 1.8 m lång och den ska tillverkas i 250 st två gånger per år och där uppnår man bättre kvalitet, 25% materialbesparing snabbare tillverkningstid. En annan i detalj som lasersvetsas i robotcellen ska tillverkas i 600-700 st/år. Alltså mycket små volymer och man ser lönsamhet i det man gör.

Så var årets LaserGruppens studieresa med två dagar av intensiva upplevelser över och vi styrde kossan hem till Sverige igen. Ett stort tack till Hubert Wilbs och Eva-Britt Carlsson på Trumpf som hade ordnat de trevliga besöken på mässan och hos företagen.



Bild 15. Hos Ha-Be Gehäusebau har man anammat leanprinciper vid planering och styrning av sin produktion.

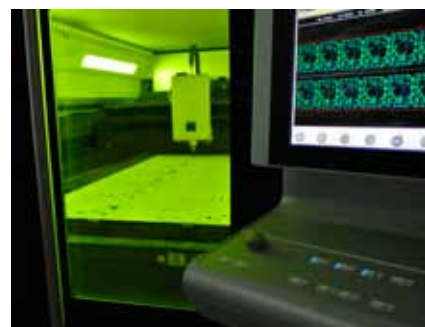


Bild 16. TruLaser 5030 är en viktig maskin i Ha-Be's ytterst flexibla produktion



Bild 17. Ha-Be Gehäusebau använder två TruLaser Robot 5020 med en gemensam 8 kW disk laser för att svetsa olika detaljer i små volymer.



Bild 18. Nöjda deltagare vid LaserGruppens studieresa efter besöket hos Ha-Be Gehäusebau i Landshut.



En statusrapport från 14th European Automotive Laser Applications 2013
19-20 februari i Bad Nauheim, Frankfurt a.M.

Franska motpoler vid årets **EALA-konferens**

Johnny K Larsson, Volvo Cars



Den 18-20 februari gick den traditionsenliga EALA [European Automotive Laser Applications] –konferensen av stapeln i Bad Nauheim. Själva konferensen leddes av det numera väletablerade teamet Mattias Graudenz från Audi AG och Frau Andrea Huber från arrangerande ACI [Automotive Circle International, Fig. 1], men sedan några år tillbaka är EALA utökad med en tredje dag där noviser inom laserområdet erbjuds en kvalificerad introduktion i form av en halvdagarskurs. Denna ges på såväl tyska som engelska modersmålet och hölls i år av Dr. Jens Standfuß från IWS [Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden] och min egen kollega från Volvo Cars, Niclas Palmquist. Konferensen var indelad i fem temablock:

- Nya material med fokus på plaster
- Kvalitetssäkringsstrategier vid laserinförande i karosstillverkning
- Senaste utveckling av laserkällor
- Laserapplikationer inom andra komponentområden än karosseri
- Nya användningsområden för lasertekniken

I min fortsatta rapportering kommer jag främst att redogöra för de presentationer som gavs av representanter från de olika biltillverkande företagen [OEMs = Original Equipment Manufacturers].

Att något har varit på gång inom PSA [Peugeot Société Anonyme] -koncernen, då det gäller användning av laserteknik, har vi som är någorlunda bekanta med branschen haft på känn en längre tid, och vid årets EALA-konferens besannades dessa förmodanden. Dr. Kielwasser är ju sedan många år tillbaka förknippad som "Monsieur Laser" inom PSA-gruppen, och han representerar fortfarande Peugeot och Citroën i EALA's styrgrupp, men i år var det kollegan Alain Baud som redogjorde för laserapplikationerna i nya Peugeot 208. Det finns fyra produktionsorter för denna förväntade storsäljare; Poissy och Mulhouse i Frankrike, Trnava i Slovakien, samt Porto Real i Brasilien, som liksom övriga Sydamerika utgör en stor marknad för de franska biltillverkarna. Peugeot 208 förekommer i

4 olika varianter; 3- och 5-dörrars, med eller utan glastak. Föregångaren, d.v.s. 207-modellen, sattes samman med bl.a. 36 m lim och 1,5 m smältsvets. För 208:an är motsvarande siffror 22 resp. 0,5 m, och i stället har man introducerat lasertekniken, som inte förekom i 207-karossen, i en omfattning av 8.881 mm. Här rör det sig om "scanner"-svetsning av sidodörrarna och laserlödning av tak och bakdörr. Genom att använda lasersvetsning vid sammansättningen av sidodörrarna har det varit möjligt att reducera antalet robotar per tillverkningsmodul från 7 till endast 1 stycken, samtidigt som dörrbågeflänsen kunnat minskas från 12 till 5 mm, hela tiden jämfört med föregångaren Peugeot 207. Drivkrafterna för införandet av laserlödning har främst varit en förbättrad design samtidigt som taklösningen innebär



Figur 1.

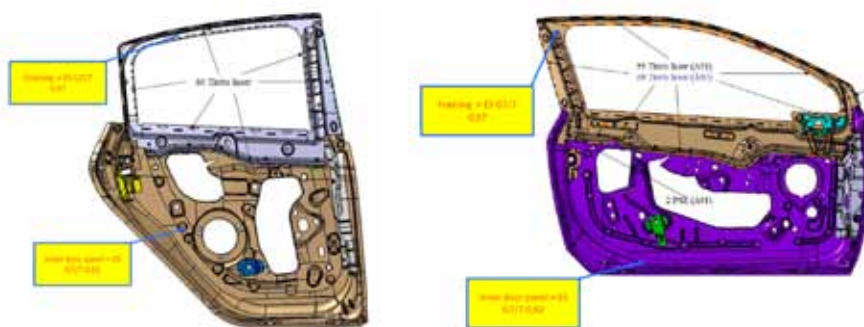
Andrea Huber från Automotive Circle International hälsar de drygt 150 delegaterna välkomna till årets EALA-konferens.

en kostnadsbesparing på en dryg euro per bil jämfört med en punktsvetsad lösning med tillkommande täcklist.

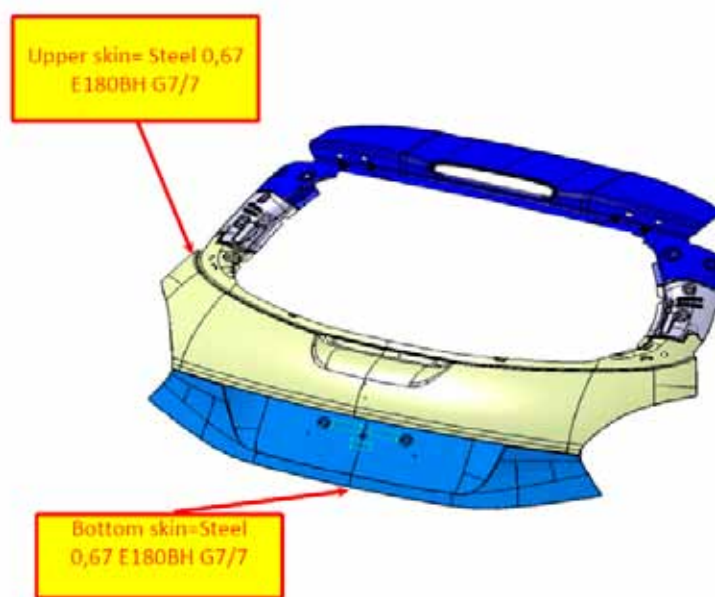
Det är en imponerande investering som gjorts i och med denna omfattande lasersatsning hos Peugeot, vilken omfattar 19 kompletta laserbearbetningsceller där företaget Heinrichs har haft totalentreprenaden. Inte mindre än 32 diskklasar har införskaffats från Trumpf, där TruDisc4006 används vid taklödningen och TruDisc4002 för lödningen av bakdörren. För svetsningen av sidodörrarna används såväl TruDisc6602 som TruDisc5300. Vidare hittar vi 17 stycken Scansonic-verktyg för fogföljning, 12 trådmatningsenheter från Fronius, 14 stycken av Trumpfs "scanner"-verktyg PFO 3D, och slutligen har företaget Plasmo bidragit med 11 system för processövervakning och 8 enheter för efterkontroll av svets- och lödkvalitet.

Om vi tittar lite närmare på "scanner"-svetsningen av sidodörrarna, så gäller det här att foga den s.k. dörrbågen till dörrens innerstruktur [Fig. 2]. De ingående detaljer är alla tillverkade i mjuk zinkbelagd stålplåt i tjocklekar mellan 0,62-0,97 mm. Den bakre sidodörren svetsas med 40 stycken 30 mm långa laserstygn. Lasereffekten är 4 kW, svets-hastigheten uppgår till 4 m/min och fiberdiametern som transporterar laserstrålen fram till "scanner"-verktyget är endast 100 µm. Projicerad på arbetsstycket resulterar detta sedan i en fokalpunktsdiameter på 600 µm. De främre sidodörrarna fogas med 55 resp. 69 stycken 30 mm långa laserstygn beroende på om karossen är en 5- eller 3-dörrars variant, men här använder man fulla 6 kW lasereffekt vilket resulterar i en svets-hastighet på 6 m/min.

Ytterpanelen till bakdörren består av en övre och en nedre del vilka båda är tillverkade i 0,67 mm tjockt zinkbelagt BH [Bake Hardening] – material med en sträckgräns på 180 MPa [Fig. 3]. För lödprocessen används 4 kW lasereffekt och laserstrålen distribueras via en optisk fiber med 600 µm diameter. I lödverktyget defokuseras strålen så att man erhå-



Figur 2. De "remote"-svetsade applikationerna i nya Peugeot 208-modellen hittar vi i sidodörrarna där dörrbågarna kopplas till innerstrukturen med 40 stycken laserstygn i bakdörrarna och 55 (5-dörrars) resp. 69 (3-dörrars) stycken i framdörrarna.



Figur 3. Bakdörren till 208-modellen består av en över- resp. en underdel vilka sammanfogas med en drygt 1 meter lång laserlödning, vilket resulterar i en visuellt osynlig, s.k. "kosmetisk" fog. Genom att defokusera laserstrålen till en brännfläck med 2,4 mm diameter erhåller man en robust process vid en framföringshastighet på 4,5 m/min.

ler en brännfläck med 2,4 mm diameter på arbetsstycket. Lödfogens totala längd är 1.090 mm och utförs med en processhastighet på 4,5 m/min och en motsvarande trådmatning på 4 m/min.

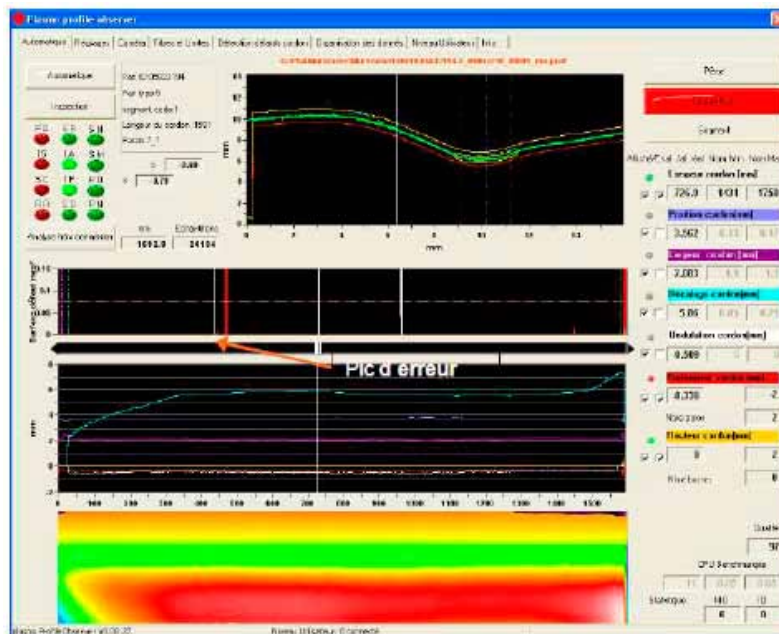
Peugeot 208 förekommer med två olika takvarianter; antingen med ett konventionellt plåttak eller med ett s.k. panoramatak där endast den bakre delen av taket utgörs av en plåtpanel. I det förra fallet blir lödfogens längd per sida 2.897 mm, medan glastaksvariantens lödfog begränsas till 534 mm per sida. För båda varianterna används samma processdata som vid laserlödningen av bakdörren, d.v.s.

- Lasereffekt: 4 kW
- Lödningshastighet: 4,5 m/min
- Trådmatningshastighet: 4 m/min
- Fiberdiameter: 600 µm
- Fokalpunktsdiameter: 2,4 mm

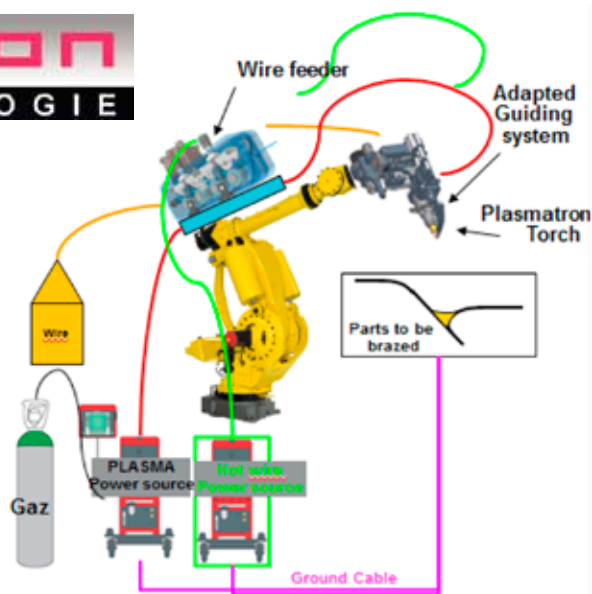
För processövervakning av svetsoperationerna använder man sig av Plasmos system med 4 sensorer direkt integrerade i "scanner"-verktyget PFO 3D. Denna typ av kontrollinstrument registrerar emissioner från olika våglängdsområden såsom återreflekterat laserljus [1.064 nm], plasmastrålning i det ultravioletta området [< 600 nm] samt termisk strålning i NIR [Near InfraRed, 1.100-1.800 nm] -området. På detta sätt går det

att observera porer, svets-sprut samt avbrott i svets, samtidigt som laser-svetsens bredd och penetrationsdjup kan analyseras. Peugeot använder också ett annat kamerabaserat system från PlasmO för efterkontroll av lödfogarnas geometri [Fig. 4]. För taklödfogarna används en robotburen kamera som då kan utföra kontrollen med en hastighet på 6 m/min, medan man använder en fast kamera för bakdörrsapplikationen och då ligger kontrollhastigheten på 2,5 m/min. Detta verktyg bygger på trianguleringsprincipen och kan förutom att registrera lödfogens bredd och djup även upptäcka otillåtna vågigheter i densamma.

Om Peugeot numera kraftfullt satsar på lasertekniken så tycks utvecklingen hos konkurrenten Renault gå helt i motsatt riktning, vilket indikerades vid Hichame Roumadnis redogörelse av den nya Clio-modellen. Idag laserlöder Renault taken till karosidorna för modellerna Mégane [projektbeteckning X95] och Scénic med tillsats av traditionell CuSi3-tråd. För Clio-modellen har man emellertid valt att använda den s.k. "Plasmatron"-processen, vilken har utvecklats av det österrikiska företaget Inocon och som närmast är att likna vid en koncentrerad ljusbåge [CA = Constricted Arc] i form av ett plasma framför munstycket. Investeringskostnaden för en sådan lösning är enligt Monsieur Roumadni hela 40% lägre jämfört med en laserbaserad lösning, medan driftskostnaderna bedöms vara likvärdiga. Ljusbågen i "Plasmatron"-processen har en energitäthet på 106 W/cm², verkningsgraden ligger strax under 80% och processen arbetar med strömstyrkor över 500 A. Andra fördelar förutom de tidigare nämnda gynnsamma kostnaderna är hög processhastighet, låg värmetillförsel samt att metoden lämpar sig väl för s.k. "kosmetiska" fogar. En annan fördel med metoden är att den kräver betydligt mindre säkerhetsarrangemang jämfört med en laserinstallation. Automatiseringslösningen vid Clio-produktionen består av en Fanuc-robot med Renaults eget S3-styrsystem, en strömkälla från Froni-



Figur 4. Med Plasmos "ProfileObserver" går det att kontrollera lödfogens bredd, vågighet och eventuella andra ystörningar.



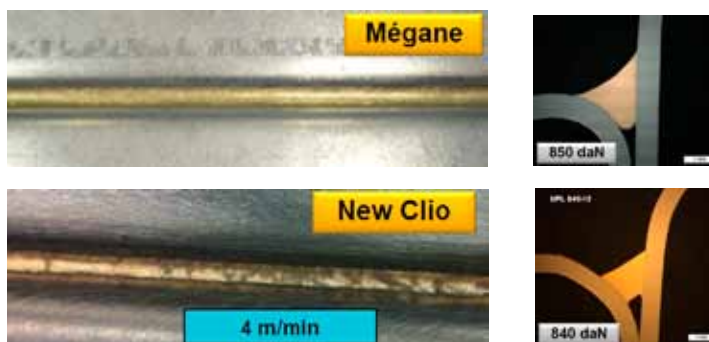
Figur 5. Renault förespråkar Plasmatronprocessen, vilken utvecklats av det österrikiska företaget Inocon, som ett alternativ till laserlöding. T.h. en principskiss av en automatiserad lösning där förvärmad tillsatstråd används.

us och Inocons ”Plasmatron”-pistol med integrerad trådmatning. Vid initiala försök kunde man konstatera att den maximala lödningshastighet som gick att uppnå begränsades till 2,5 m/min, medan Renaults krav för att kunna möta en produktionstakt på 60 fordon i timmen låg på 4 m/min. Därför utvecklade man i samarbete med Inocon en varmtrådslösning som gjorde att man med 200 A och en trådmatningshastighet på 2,9 m/min kunde uppfylla kravet på 4 m/min i processhastighet [Fig. 5]. Även om vissa problempunkter, som fogföljning och katodförslitning, återstår att lösa påstod Monsieur Roumadni att lödkvaliteten är likvärdig med en laserlödningsprocess – ett påstående som man nog starkt kan ifrågasätta då man ser de faktiska resultaten [Fig. 6]!

En annan presentation som rönt stort intresse var den kring applikationerna för lasersvetsning och -lödning i den nya Audi A3-modellen [Fig. 7]. Här var det Dr. Graudenz själv som beskrev lösningarna, men eftersom jag redogjorde för dessa i förra numret av LaserNytt i artikelserien ”Samtal kring lasertrender” nöjer jag mig här med en kortare repetition.

Av den första generationen Audi A3-modeller producerades totalt 880.000 bilar under åren 1996-2003. För nästa generation hade antalet varianter ökats från 3 till 4 och totalt byggdes 1.800.000 fordon mellan 2003-2011. Den nu aktuella tredje generationen, vilken nu producerats i ett drygt år kan fås i 5 modellutföranden; 4-dörrars sedan, 3-dörrars ”hatchback”, ”sportback”, cabriolet samt en högspecad S/RS-modell. Lägg därtill att kunden kan välja mellan konventionell bensinmotor, LNG [Liquid Natural Gas], PHEV [Plug-in Hybrid Electric Vehicle] eller ren batteridrift samt framhjul- eller fyrhjulsdrift, så är det förståeligt att Audi-kollegorna här tror sig ha konstruerat en riktig storsäljare. Tillverkningen sker i tre fabriker, vars kapacitet och modellmix framgår av **Tabell 1**.

Genomsnittskarossen väger 246,5 kilo och består av 30,2 vikts-



Figur 6. Det går att upptäcka en viss kvalitetsskillnad om man jämför en laserlöd takfog på Renault Mégane-modellen (överst) med en motsvarande för Clio-modellen utförd med den s.k. Plasmatron-processen.



Figur 7. Intresset var stort i "Emporensaal" när Mattias Graudenz redogjorde för laserapplikationerna i Audi A3.

Tabell 1. Tillverkningsorter och kapacitetssiffror för produktionen av nya Audi A3-modellen.

	Ingolstadt, Tyskland	Győr, Ungern	Foshan, Kina
Modeller	A3 3-dörrars "hatchback"	A3 sedan	A3 sedan
	A3 "sportback"	A3 cabriolet	A3 "sportback"
		TTcoupé	VW Golf
		TT roadster	
Kapacitet (bilar/dag)	850	500	1.000



mjuk pressplåt, 26,8% HSS [High Strength Steels], 16,6% AHSS [Advanced High Strength Steels] och 26,4 % UHSS [Ultra High Strength Steels] i form av presshårdade detaljer med cirka 1.500 MPa brottgräns. Detta medför att den totala karossvikten är 47 kilo lägre jämfört med föregångaren. Totalt används 4,1 m lasersvetsning och 3,6 m laserlödning i karosstrukturen och dörrarna.

Den relativt stora omfattningen av laserlödning har motiverat Audi att byta ut äldre Nd:YAG-lasrar mot direktverkande diodlasrar från Laserline [LDF 4000-40], vilket medfört att energiförbrukningen kunnat reduceras med 90%! En av lödapplikationerna är takets montering till karossidorna med s.k. ”nollspalt”, där man använder taktill fogföljning och Scansonics ALO3-verktyg

[Fig. 8]. Tillsatsmaterialet är det konventionella CuSi3 och processhastigheten ligger kring 3,2 m/min. Då A3-modellen är en relativt låg bil ställs det höga ytfinishkrav på lödfogen då den appliceras på en synlig, s.k. Klass A-yta.

Laserlödning förekommer också på den delade baddörren, en applikation som är snarlik den vi finner hos tidigare produkter lanserade av Audi-koncernen såsom SUV [Sport Utility Vehicle] –modellerna Q5 och Q7. Även här används en 4 kW diodlaser från Laserline, lödverktyg med taktil fogföljning från Scansonic samt CuSi3-tillsatstråd. Även för baddörren gäller samma tuffa ytfinish-krav som för den tidigare beskrivna takapplikationen.

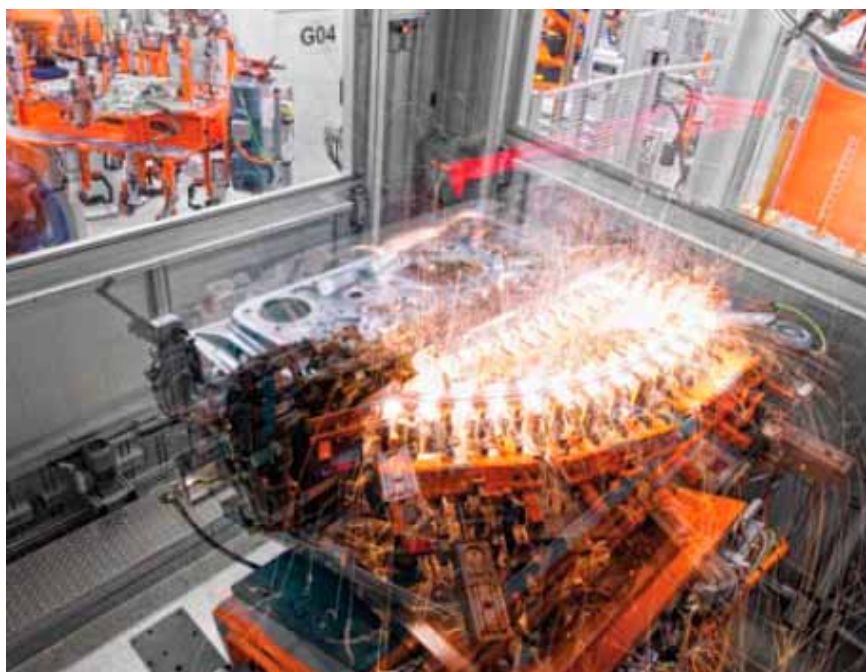
Lasersvetsningen på A3-modellen hittar vi som RLW [Remote Laser Welding] av sidodörrarna [Fig. 9]. För denna teknik krävs en bättre strålkvalitet än den som kan erbjudas med en diodlaser, och därför använder Audi sig här av 4 kW disklasrar [TruDisc 4002] från Trumpf, som också är leverantör av "scanner"-verktyget PFO33. Eftersom svetsarna utförs som överlappsfogar på zinkbelagda detaljer med tjocklekar mellan 0,6-0,7 mm krävs en form av inledande noppningsprocess för att säkerställa en kontrollerad spalt mellan detaljerna. Detta är en operation som sker med hjälp av en pulsad laser, något som Mercedes var först med att introducera på E-Klasse-modellens sidodörrar, och kring vilken Audi byggt upp kompetens i och med en tidigare liknande lösning som används för A5- och Q5-modellernas dörrar. Därför sker denna sammansättning i två närliggande celler där noppningen sker i den första och svetsningen av inner- till ytterdetalj genomförs i den andra. Avståndet mellan "scanner"-verktyget och arbetsstycket är 500 mm, och vid svetsoperationen sätter man 50 stycken 25 mm långa laserstygn per dörr med en cykeltid på 26 sekunder!

Ökade produkttegenskaper, förbättrad kvalitet och ett bättre energiutnyttjande var saker som Dr. Graudenz menade gick att hänföra



Figur 8.

På Audi A3-modellen laserlöder man taket till karossidorna med s.k. "nollspalt". För denna process använder man sig av 4 kW diodlasrar med robotmanipulerade verktyg från Scansonic och taktil fogföljning



Figur 9.

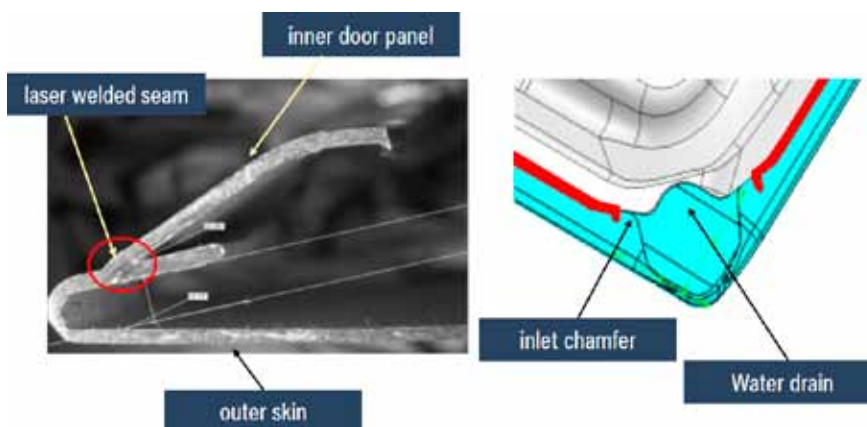
Fjärrlasersvetsning av sidodörrar tycks alltmer bli "State-of-the-Art" i branschen, så också hos Audi som på A3-modellen sätter 50 laserstygn per dörr med hjälp av 4 kW disklasrar och Trumpfs "scanner"-verktyg PFO33.

till lasertekniken, och där han uttryckte önskemål om att i framtiden kunna ha tillgång till någon form av "closed loop"-system vid lasersvetsning. Speciellt ett bättre energiutnyttjande tycks vara i fokus inom Audi-koncernen, och som exempel angav här Dr. Graudenz satsningen på mer energisnåla laserkällor. Men han berättade också om den kolfiberförstärkta takfixtur som används

vid laserlödningen av taken. Denna ram väger 70% lägre än mer traditionella metallfixturer och innebär att hanteringsroboten får ett lättare arbete och därmed kräver mindre energi. En annan spännande sak i energibesparingssyfte är den att Audi på något sätt tänker använda sig av den rörelseenergi som alstras då karosserna flyttas mellan stationerna i produktionsflödet!

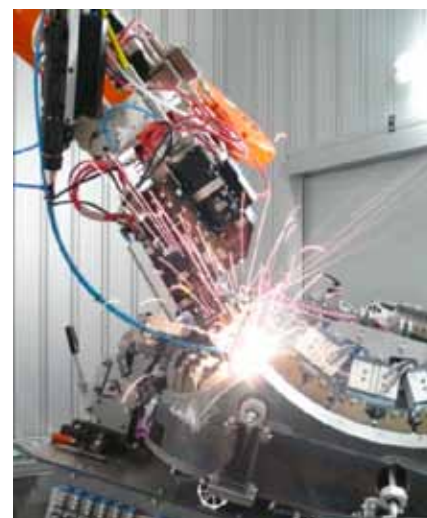
Dr. Graudenz' kollega från konkurrerande BMW, Dr. Florian Oefe, presenterade ett intressant koncept rörande lasersvetsning av BMW 1Reihes sidodörrar. Vid mer traditionell sammansättning av dylika komponenter brukar man fästa en ytterpanel kring en bärande innerstruktur. Denna typ av fog blir ytterst korrosionskänslig, varför man brukar göra en avtätning, dels med ett falslim mellan ytter- och innerdetalj, dels med en ofta manuellt applicerad PVC-tätning, för att säkerställa täthet i de fall där det tidigare applicerade falslimmet inte helt lyckats fylla ut spalten mellan detaljerna. Dessutom adderar såväl lim som tätningsmedel oönskad vikt varför det varit motiverat för München-kollegorna att hitta ett bättre sammansättningsalternativ. Detta menade Dr. Oefe att man nu hade gjort i form av kontinuerliga lasersvetsar mellan dörrarnas ytter- och innerpaneler. Konstruktivt ser lösningen ut så att man fortfarande falsar ytterpanelen, som utgörs av ett 0,75 mm tjockt BH-material med en initial sträckgräns på 180 MPa, men nu sker falsningen på singeldetaljen. Därpå adderas innerstrukturen, som är en ämnesskarvad detalj i mjuk pressplåt tillverkad av tjocklekarna 0,8+1,5 mm, som sedan lasersvetsas med tillsatsmaterial mot ytterpanelen i form av fyra längre, kontinuerliga kantsvetsar. Hörnen lämnas däremot osvetsade för att på så sätt säkerställa en fullgod dränering [Fig. 10]. Med denna lasersvetsade lösning ökar man dimensionsstabiliteten för dörrarna med hela 80% sett genom hela processflödet från karosfabrik till slutmonteringen. För slutkunden innebär det också en förbättrad utseendekvalitet, bättre dörrstängningskomfort samt minimerad korrosionsrisk. Den sammanlagda lasersvetslängden per dörr uppgår till 2.540 mm och kompletteras med 95 punktsvetsar och 600 mm vibrationsdämpande lim.

För lasersvetsningen används en 4 kW fiberlaser från IPG ur vilken man använder 3,5 kW och där stråldistributionen sker via en 30 m lång optisk fiber med 600 µm diameter. ABB-robotar hanterar svetsverktygen vilka



Figur 10.

BMW:s nya sidodörrskoncept innebär att innerstrukturen lasersvetsas till ytterpanelen med fyra kontinuerliga svetsar. Hörnen lämnas osvetsade för att säkerställa en fullgod dränering. Med detta angreppssätt förbättras dimensionsstabiliteten med 80% jämfört med en traditionellt falslimmad lösning.



Figur 11.

Vid lasersvetsning av sidodörrarna till BMW:s nya 1Reihe-modell används en 4 kW fiberlaser, robotburna svets-verktyg typ ALO3 från Scansonic samt trådmatarverk av fabrikat Dinse. Svets hastigheten uppgår till 5 m/min och tillsatstråden i G3Si1-material matas med 3 m/min.

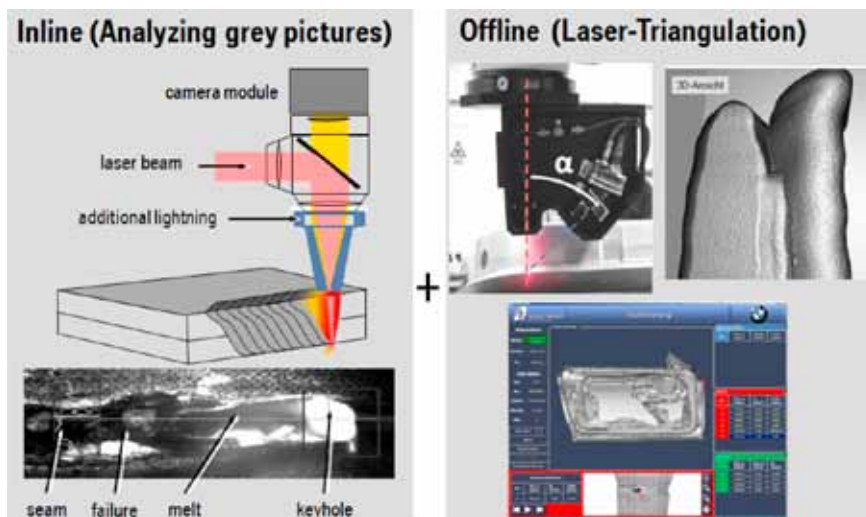
är av typen ALO3 från Scansonic med ett trådmatarverk från Dinse [Fig. 11]. Man använder tillsatstråden, som utgörs av G3Si1-material med 1,0 mm diameter, som taktill fögföljare samt Argon [15 l/min] som skyddsgas. Tillsatstråden matas in 15° i förhållande till laserstrålen vars fokuspunkt är positionerad på toppytan, och framföringshastigheten uppgår till 5 m/min medan trå-

den matas med 3 m i minuten. För processövervakning nyttjar BMW Lessmüllers WeldEye©-system och lasereffekten kontrolleras med hjälp av Primes' PMM [Power Measurement Module]. Efterkontroll av svetskvaliteten, där ytporer upp till 0,3 mm i diameter kan accepteras, görs på samtliga dörrar och man använder sig då av ett trianguleringskoncept [Fig. 12]. Slutligen tryckte Dr.

Oefele på nödvändigheten av att de processteg som föregår lasersvetsningen, såsom pressning, falsning och fixering, utförs med hög kvalitet så att en stabil svetsprocess med tillhörande defektfria svetsar går att realisera. Nästa steg att implementera i kommande BMW-modeller, vilket låter nog så spännande, är att finna en beröringsfri fogföljningsmetod.

Min kollega från "Ford-tiden", Jürgen Hover, är numera FoEs [Ford of Europe] representant i EALAs styrgrupp, men utöver detta höll han i år ett uppskattat föredrag där han berättade om Ford-koncernens nuvarande laserapplikationer och framtida idéer om hur man tänker använda lasertekniken i kommande produkter. Ford var förhållandevis sena, jämfört med andra biltillverkare, att införa lasertekniken i produktion, vilket mycket berodde på tidiga missgrepp i fråga om pressdetaljers noggrannhet och krav på fixturer vid lasersvetsning, något som Fords ingenjörer bortsåg ifrån under 1970-talet. Bland dagens produkter beskrev Herrn Hover taklaser-svetsningen på minibussmodellerna Transit respektive Turneo Custom [Fig. 13], vilka båda produceras i Ford Otosan-fabriken i Kocaeli, Turkiet. Taken är antingen obelagda eller zinkbelagda och svetsas till de zinkbelagda karossidorna vilket kräver att man har en vinklad svetsfläns på 10° för att kunna evakuera förångad zink vid denna kälsvetsoperation. Laserkällan är en 4 kW TruDisc 4002 från Trumpf och svetsverkyget är HighYags PDT-modell.

Ett laserlött tak såg vi första gången hos Ford 2007 i samband med introduktionen av en ny generation av Mondeo-modellen. Med den senaste årsmodellen [YM2013 Year Model] har tekniken ytterligare förfinats och tidiga "barnsjukdomar" skalats bort, samtidigt som en liknande lösning introducerats för Fusion-modellen, som är en annan Ford-produkt i det s.k. CD-segmentet, med tillverkningsort Hermosillo; Mexico [Fig. 14]. Numera har man förenklat byggnationssekvensen så att takbågarna punktsvetsas på plats innan laserlödningsoperationen.



Figur 12. Kvalitetssäkring av lasersvetsarna sker hos BMW dels "on-line" med hjälp av Lessmüllers WeldEye©-system, dels "off-line" i form av lasertriangulering av svetsfogens geometri.



Figur 13. Såväl lasersvetsade som laserlödda tak hittar vi på produkter från Ford-koncernen. Lasersvetsning är det som gäller vid tillverkning av Transit och Turneo Custom-modellerna i turkiska Kocaeli, medan man för Mexico-producerade Ford Fusion valt en laserlött lösning.

Tidigare hade man ju en flytpassning för dessa varför de inte bågglöddes på plats förrän efter laserlödningsen i den numera världsberömda "elefantgrillen" där karossen vreds 180° för att skapa ett optimalt läge inför bågglödningsen. Lasercellen i Hermosillo är försedd med Laserlines diodlaser LDF 4000 och även här hittar vi ett PDF-verktyg från HighYag.

En intressant applikation såg vi

för några år sedan introduceras på Fords storsäljare, den lätta lastbilen F-150. Det rörde sig då om att koppla karossidans A-stolpetäckning till den hydroformade vindrutestolpen, som är tillverkad i DP980 [DualPhase] -material, och där man var begränsad till en enkelsidig fogmetod som lasersvetsning. Anledningen till att man valt denna konceptlösning var enligt Jürgen att man på detta

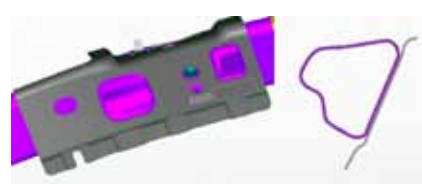
sätt sparade 2,1 kilo i vikt per sida jämfört med en lösning bestående av presshårdade komponenter. En likande lösning hittar vi nu på Fusion-modellen i form av en överlapps-svets utförd med hjälp av en fiberlaser [IPG YLS-4000] och HighYags svetsverktyg RSK. Detta är ju egentligen ett "scanner"-verktyg, men går att använda som ett vanligt svetsdito för längre kontinuerliga svetsar. Vår för man valt ett dylikt verktyg förklarades senare under Herrn Hovers presentation. Det är nämligen så att ett antal konsoler monteras på Fusion-modellens vindrutestolpe, och för framtida årsmodeller vill man undvika att ta upp åtkomsthål i den hydroformade profilen för att kunna punktsvetsa dessa konsoler [Fig. 15].

Därför pågår just nu ett stort utvecklingsprojekt där man tittar på att med fjärrlasertekniken montera dessa konsoler. Två representativa materialkombinationer har valts ut. Dels ett 2 mm HSLA340 [High Strength Low Alloy] svetsat till ett 1,8 mm DP980 där båda plåtarna är obelagda, samt ett zinkbelagt DP780 med tjocklek 1,8 mm fogat till ett obelagt 1,8 mm tjockt DP980. Olika svetsmönster såsom raka stygn, C- och S-formade svetsar av olika storlek har testats och hållfastheten har validerats genom skjuv- och kryssdragprov. De icke-symmetriska svetsmönstren har också positionerats i olika lägen i förhållande till belastningsriktningen. De praktiska svetsförsöken hade genomförts hos företaget Bergmann und Steffen, vilket f.ö. är ett återkommande inslag i den leverantörsutställning som brukar förekomma i samband med EALA. I laboratoriet i Spenge har man tillgång till en 4 kW fiberlaser från RofinSinar [FL040], en 3D-"scanner" från företaget Scanlab, Blackbirds styrsystem RSU [RobotSyncUnit] och en ABB industrirobot [Fig. 16]. P.g.a. de ingående plåtarnas tjocklek blir det näst intill omöjligt att uppnå ett godkänt s.k. a-mått, d.v.s. svetsbredden i foytan mellan plåtarna, på 1,8 mm, men genom att med "scanner"-verktygets hjälp pendla laserstrålen med en amplitud på 0,75 mm och en frekvens om 65 Hz blir



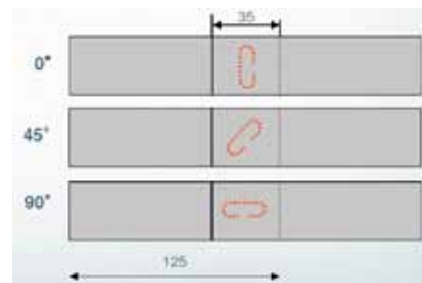
Figur 14.

I tvärsnittet genom taksvällaren t.h. framgår den geometriska fogutformning som Ford Motor Co. använder sig av vid laserlödning av taken på Mondeo- och Fusion-modellerna.



Figur 15.

På nya Ford Fusion lasersvetsas A-stolpetäckningen till den hydroformade vindrutestolpen med "scanner"-verktyget RSK från HighYag, detta med tanke på framtida fjärrlasermontering av olika konsoler till vindrutestolparna (t.h.).



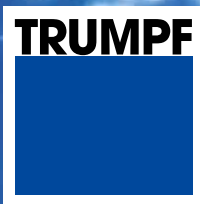
Figur 16.

Hållfastheten för olika svetsmönster hade undersökts för provkupper tillverkade i företaget Bergmann und Steffens laboratorium med hjälp av en 4 kW fiberlaser från RofinSinar och Scanlabs 3D-"scanner".

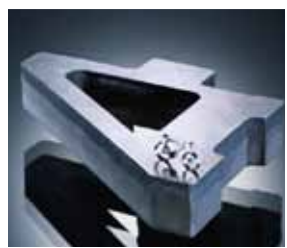
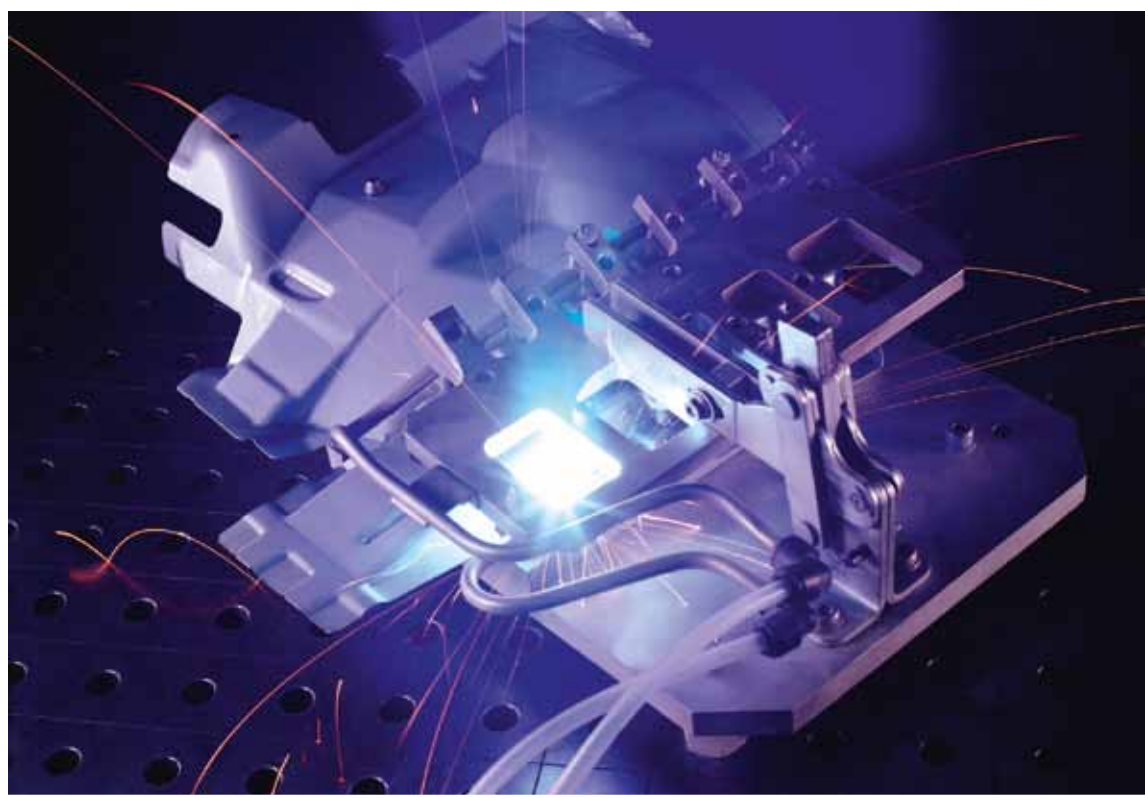
detta möjligt. Svets hastigheten vid försöken låg kring 2 m/min och man använde tryckluft som skyddsgas. Vid dragproven var det helt och hållet den totala svetslängden som bestämde max.last, energiupptagning och brottbeteende. Förhållandet i hållfasthet mellan kryssdrag- och skjuvdragprov låg mellan 27-42% vilket måste bedömas som ett relativt högt värde med tanke på de ingående materialens höga hållfasthet. Hur de C-formade svetsarna var positione-

rade i förhållande till dragriktningen vid skjuvdragproven innebar ingen skillnad i hållfasthet. Detta är också vad man kan förvänta, men om svetsarna hade belastats i fläksmod hade man kunnat se ett inflytande av svetsens orientering. Detta var ju något som David Havrilla från Trumpf Inc. påvisade vid fjolårets Lasers in Manufacturing Event [LME] i Schaumburg, IL.

Artikeln avslutas i LaserNytt nr 3-2013



Lasersvetsning



LASERSKÄRNING



LASERMÄRKNING



STANSNING



KANTPRESSNING

KALENDARIUM 2013

OKTOBER

25	LaserNytt 2-2013	Per Westerhult
29	Laserdag i Odense, Danmark	Per Westerhult

NOVEMBER

28	Konstruera smart – tjäna pengar, Laserseminarium i Alingsås Tunnbräns Centrum	Per Westerhult
----	---	----------------

DECEMBER

6	LaserNytt 3-2013	Per Westerhult
---	------------------	----------------

KALENDARIUM 2014

MARS

20	Laserdag Lasergruppens Årsmöte	Per Westerhult
----	-----------------------------------	----------------

