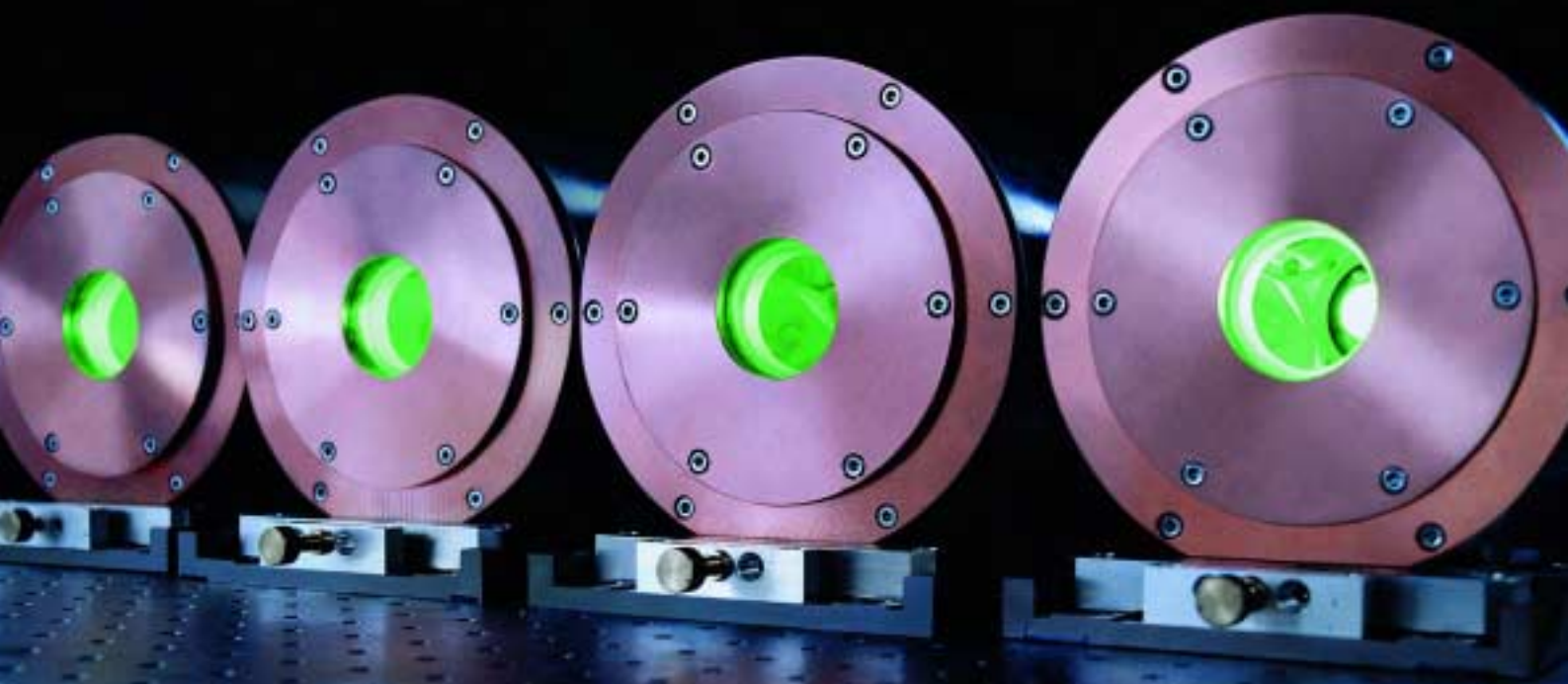


# LASER

I-04 *nytt*



## Fiberlaserns intåg i den industriella produktionen

- 40 timmar mot 7 ■ Fiberlasern – hög effekt i litet format
- ABB i Ludvika – en världskändis inom elkraft ■ ICALEO 2003
- Rofin-Sinar Technologies – har lasrar för de flesta behov!
- Diodlasern – en laser i tiden ■ Vi gör under varje dag

Lasernytt utkommer med 3 nummer/år och ges ut av Lasergruppen inom Teknikföretagen Box 5510, 114 85 Stockholm Telefon: 08-782 08 78 Fax: 08-660 33 78

#### Redaktör

Hans Engström  
Telefon: 0920-49 12 69  
Växel: 0920-49 10 00  
Fax: 0920-49 93 09  
E-post: Hans.Engstrom@mb.luth.se

#### Redaktionellt arbete och kansli

Per Westerhult  
E-post: per.westerhult@teknikforetagen.se  
Annika Wannerberg  
E-post: annika.wannerberg@teknikforetagen.se

#### Lasernytt på Internet

[www.lasergruppen.org](http://www.lasergruppen.org)

© Lasergruppen inom Teknikföretagen,  
[www.branschgrupperna.se](http://www.branschgrupperna.se)

Produktion: Breakwater Publishing AB,  
[www.breakwater.se](http://www.breakwater.se), [info@breakwater.se](mailto:info@breakwater.se)

Tryck: Majornas Copyprint, Göteborg 2004

- 2 Laserseminarium hos CEPA Laserteknik och ABB i Ludvika
- 3 40 timmar mot 7
- 5 Fiberlasern – hög effekt i litet format
- 8 Vi gör under varje dag!
- 9 Rofin-Sinar Technologies – har lasrar för de flesta behov!
- 12 ICALEO 2003
- 19 Lasern – från exotisk metod till en arbetshäst i verkstaden
- 21 Stororder gav ”flygande start” för Bystronics nya service- och democenter
- 25 Diodlasern – en laser i tiden
- 29 ABB i Ludvika – en världskändis inom elkraft
- 30 Global innovation: 4 kW skivlaser med optimal strålkvalitet erövrar nya applikationsområden
- 31 Annons från Trumpf Maskin AB
- 32 Konferenser och mässor 2004

## Laserseminarium hos CEPA Laserteknik och ABB i Ludvika

Lasergruppen höll i år sitt vårseminarium hos CEPA Laserteknik i Ludvika den 25 mars. Det är inriktat mot konstruktion för och användning av laserteknik och koncentrerar sig på svetsning och skärning. Totalt deltog

ca 20 personer i seminariet. Vi besökte också ABB Assist och ABB Transformers som visade sin produktion, se separata artiklar.



Lasergruppen på besök hos CEPA Laserteknik i Ludvika.



# 40 timmar mot 7

Av Conny Nyhlén, Mediavarvet

– Sju timmar med den styrda Nd:YAG-lasern mot 40 timmar med manuell svets, säger Mats Hellmer, VD på Hellmer Industries AB i Norrköping.



Mats Hellmer, företagare i fjärde generationen. Från vänster i styrelserummet, Carl Julius som startade företaget 1906. 1926 tog Leon över för att lämna över till Bengt 1963. 1984 tillträdde Mats som VD för Hellmer Industries AB, som idag har 130 anställda.

De har gjort jämförande mätningar, på hur lång tid det tar att sätta dit 13 svetspunkter på 1000 elektroniklådor, mellan en styrd Nd:YAG-laser från Trumpf och manuell svetsning.

– Och då är fem av de sju timmarna i och urplockning, fortsätter Mats Hellmer.

Han menar att det är med den höga graden av automatisering de kan möta konkurrensen från lågkostnadsländerna.

## Rolls Roys

Mats är företagare i fjärde generationen. Det var hans farfars far, Carl Julius, som startade företaget Hellmer 1906. Nu finns Hellmers kunder inom telecom och medicinindustrin. De har 130 anställda och förutom anläggningen i Norrköping ett pressgjuteri i Hultsfred.

Redan 1976 köptes den första styrda stanspressen från Trumpf. En Trumatic150 K. Den hängde med ända till 1996 då Hellmer flyttade in i F 13 gamla hangar strax utanför Norrköping.

– Jag har alltid tyckt att Trumpf har hållit en hög kvalitet och betraktat maskinerna som verkstadsindustrins

Rolls Roys, säger Bengt Hellmer som var VD då stansen köptes in. Han är på sitt 75:e år och arbetar fortfarande varje dag på företaget.

## Viggen

Efter ett par hårda år tror man på framtiden igen. Man har satsat på att erbjuda kunden en hel produktionskedja. Från konstruktion, bearbetning, ytbehandling, lack, montering till packning och distribution.

– Vi tror på konceptet och har faktiskt tagit marknadsandelar med vårt sätt att tänka, säger Mats och visar runt i den gamla hangaren från F 13.

– Här stod åtta Viggen plan, säger han och pekar.

De åtta stridsflygplanen är nu utbytta mot tio maskiner från Trumpf: tre stansar, sex kantpressar och en YAG-laser, där Kristian Wiedenstrauch arbetar som operatör.

– Det är kul med något nytt, säger han och visar elektroniklådan med 13 svetspunkter som tog endast sju timmar att svetsa 1000 stycken med den nya YAG-lasern.



Här stod tidigare åtta Viggenmaskiner, de är idag utbytta med tio maskiner från Trumpf.

## 7,2 sekunder

Kristian har arbetat med manuell svetsning i 20 år. Den erfarenheten har han nytta av när han programmerar roboten och lasern.

– Jag vet hur det färdiga resultatet ska se ut och hur materialet beter sig, säger han och stänger dörren till lasersvetscellen.

Snabbt och effektivt sätter lasern de tretton punkterna på elektroniklådan.

– 7,2 sekunder per låda för att vara exakt, säger Mats efter en stunds räknande.



Kristian Wiedenstauch ställer in hastighet och fokusläget på roboten.

De 15 lådorna färdiga och Kristian sätter dit nya på fixturerna.

– Tidigare fick vi ofta rikta om materialet efter svetsen nu slipper vi det dryga efterarbetet, säger han och visar hur han ställer in hastighet och fokusläge på roboten som svetshuvudet sitter på. Dit länkas lasern i en fiberoptisk ledning från enheten som kan stå upp till 60 meter från svetshuvudet.



Lasersvetsen i fullt arbete. Notera den fiberoptiska ledningen som kommer uppifrån.

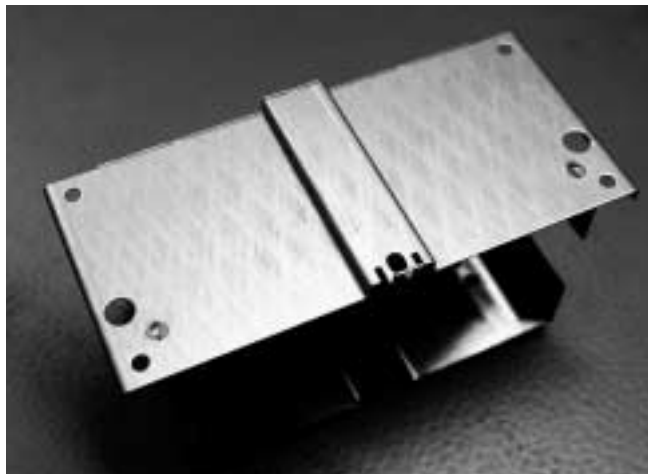
– Jag tycker inte det är svårt att programmera datorn, dessutom har arbetet blivit roligare nu, säger Kristian.

– Det är på detta viset vi ska möta konkurrensen från lågprisländerna, säger Mats Hellmer.

### Tysk kvalitet

Längre in i den gamla hangaren står sex kantpressar från Trumpf. Två matas med robotar och vid de andra cirkulerar operatörerna.

– Det går lätt att programmera dem alla eftersom de är från Trumpf, säger Glenn Ljungholm, som arbetar på morgonskiftet.



Den lilla elektroniklådan med de 13 svetspunkterna som tar 7,2 sekunder att svetsa.

En annan fördel är att man kan i stort sett använda samma verktyg till de olika maskinerna.

– Jag litar på tysk kvalitet, säger Mats Hellmer och framhåller att de är driftssäkra och att de genom åren alltid varit långt framme i utvecklingen.

Om han skulle önska sig något skulle det vara en stansmaskin med inbyggd mätutrustning.

### Sedan 1906

Roboten tar ett plåtämne vid press nr 5. Med en nästan mänsklig rörelsen lägger den an ämnet på pressen. Verktiget böjer plåten lite för långt. Den återfjädrar till rätt vinkeln och läggs till rätta för en ny press. Timma efter timma, dag efter dag, år efter år, arbetar maskiner med olika ämnen och produkter som de gjort sedan början av seklet hos Hellmer Industries i Norrköping.



HL 3006 D, laserenheten som via en fiberoptisk länk förser laserhuvudet med ljus.

# Fiberlasern – hög effekt i litet format

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

Fiberlasern gör nu sitt intåg i industriell produktion. De små används flitigt inom märkning och mikrobearbetning, där bl.a. mikroformning av komponenter i elektronikprodukter, t.ex. hårddiskar, är en stor tillämpning. De stora i kW-området utprovas nu med gott resultat för skärning och svetsning inom bil- och verkstadsindustrin. Bra strålkvalitet, hög verkningsgrad, låga driftskostnader och ett kompakt format förväntas ge fiberlasern stora framgångar.

I slutet på 1980-talet utvecklade forskare vid Polaroid Corp. i USA och University of Southampton s.k. skikt (clad)-pumpade fiberlasrar.

Den traditionella fiberlasern är uppbyggd av en kvartsfiber som är dopad med en sällsynt jordartsmetall och omges av ett skikt (cladding) av ett rent kvartsglas. Bryningsindex för skiktet är mindre än för kärnfibern och därför fås en vågledare genom totalreflektion mellan kärnfibern och omgivande skikt. Fiberlasern pumpas med ljus från diodlasrar. Kärnfibern tjänar dels som det aktiva mediet och som en vågledare för pump- och laserljuset.

Fiberlasern har några speciella karakteristiska egenskaper:

- den långa interaktionslängden mellan pump- och laserljus ger hög förstärkning och verkningsgrad
- den termiska belastningen från pumpprocessen sprids över en lång sträcka, och genom den stora ytan i förhållande till volymen på kärnfibern så leds över skottsvärmet effektivt bort. Det medför att temperaturökningen i kärnfibern är låg jämfört med andra fast tillståndets lasrar, t.ex. lamp- eller diodpumpade Nd:YAG-lasrar i samma effektområde.
- fiberlaserns strålkvalitet avgörs endast av bryningsindexprofilen, dvs. geometrin och den numeriska aperturen på kärnfibern.

För att excitera fiberlasern optiskt så kopplas pump- ljuset till kärnfibern genom fiberändan. Men när fiberlasern pumpas longitudinellt, dvs. i fiberriktningen, så måste pump- ljuset föras in i en vågledare med en storlek på några få mikrometer för att man ska få en "single-

mode" laserljus, dvs. laserljus av högsta kvalitet. Detta kräver i sin tur att pumpkällan har hög strålkvalitet. Men genom att använda skikt-pumpningsteknik (cladding-pumping) så kan även ljus från små, effekt- starka lasrar med sämre strålkvalitet som laserdiod- stavar användas för att ge "single-mode" laserljus.

## Skikt-pumpning

I denna teknik så omges den dopade kärnfibern av dels ett skikt med rent kvartsglas samt ytterligare ett skikt av ett material med lägre bryningsindex. Detta yttre skikt består ofta av fluor-dopat kvartsglas eller en hög- transparent polymer med lågt bryningsindex t.ex. teflon. Pumpskiktet har typiskt en diameter på några hundra mikrometer med numerisk apertur på 0,3-0,7 vilket är kompatibelt med fiberkopplade laserdiod- stavar. Figur 1 visar principen för en flerskiktets fiber- laser med en cirkulär pumpkärna och en centrerad aktiv kärnfiber.



Figur 1. Principen för en flerskiktets fiberlaser. Pump- ljuset leds in i det inre skiktet som fungerar som en vågledare och som omger den aktiva kärnfibern. Pump- ljuset leds i det inre skiktet och absorberas av den aktiva, dopade kärnfibern över hela fiberlängden.

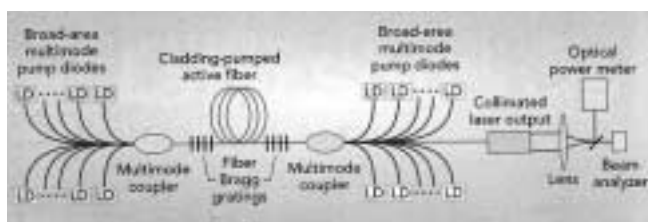
Men för flerskiktets fiberlasern så minskar den optiska verkningsgraden väsentligt jämfört med enskiktets fiber- lasern. För fibrer med 100 µm pumpdiameter och 5 µm aktiv fiberkärna så absorberas bara ca 30 % av pump- ljuset. Men olika tekniker finns att kompensera för detta. En teknik är att tillverka det första skiktet i en oregelbunden form, alltså en icke cylindrisk form, vilket ökar den optiska verkningsgraden till drygt 40 %. En annan mycket billigare teknik är att böja fibern så att pump- ljus från de yttre delarna i pumpskiktet träffar den aktiva kärnfibern. Om man utnyttjar detta och lindar fibern i njurformad spole så ökar den optiska verkningsgraden till drygt 40 % även i detta fall.

## Industriella fiberlasrar

Dagens fiberlasrar består av en flera meter lång dubbelskiktets optisk fiber tillsammans med en pumpenhet av s.k. "singel-emitter" dioder med mycket hög tillförlitlighet, som skapar pumpljuset vilket leds in i det yttre skiktet. Dessa (single-stripe) dioder har en livslängd som är 10-100 gånger längre än diodstavar och de är nyckel till fiberlaserns höga tillförlitlighet och underhållsfria drift. Dagens pumpdioder, som är uppbyggda på samma sätt och som används inom telekommunikationsprodukter, visar MTBF-värden (Mean Time Between Failure) på mer än 200 000 timmar vid 5W och 25 graders temperatur. Fiberlasrar uppvisar därför distinkta fördelar jämfört med andra "single-mode" (TEM00) lasrar med samma effekt, speciellt för industriell användning. Fördelarna är:

- höge verkningsgrad. Fiberlasrar har mer än dubbla verkningsgraden jämfört med diodpumpade Nd:YAG-lasrar.
- kompakt storlek
- lätt integrerad strålöverföring och underhållsfri drift med luftkylning.

En fiber laser kan tillverkas från spolar av ytterbiumdopad flerskiktetsfiber som ger en våglängd på 1.07 till 1.08  $\mu\text{m}$ . Alternativt kan kärnfibern vara dopad med thulium, vilket ger en våglängd av 1.8 till 2.0  $\mu\text{m}$ , eller erbiumdopad till 1.54 till 1.56  $\mu\text{m}$ . Energin från pumpdioderna leds till den aktiva fibern via en fiber som är hopskarvad med flerskiktetsfibern. Laserkaviteten skapas direkt i den aktiva fibern. Laserljuset lämnar fiberlasern via en passiv "single-mode" fiber med en typisk kärndiameter på 6  $\mu\text{m}$ . Figur 2 visar schematiskt uppbyggnaden av en fiberlaser.



Figur 2. Schematisk uppbyggnad av en fiberlaser.

Laserstrålen från en fiberlaser har mycket hög strålkvalitet (huvudsakligen diffraktionsbegränsad) och är extremt parallell när den kopplas ut ur lasern via en kollimator. En 100W "single-mode" fiber har sålunda en divergens på endast 0,13 mrad vid 5 mm stråldiameter. Den kan fokuseras till 5mm brännfläck med en effekt-täthet på  $10^9 \text{ W/cm}^2$

Den högsta uteffekten från en "single-mode" fiberlaser ligger i nivån 200 W (IPG Photonics, februari 2003).

Vill man ha högre effekter får man koppla samman flera fibrer med en strålsamlare, som då ger en laserstråle med fortfarande relativt hög strålkvalitet. Så kan t.ex. en 1 kW fiberlaser vara uppbyggd av 10 individuella fiberlasrar som integrerats i en enhet. Stålen är nu inte längre "single-mode" utan "multi-mode" men strålkvaliteten uttryckt i  $M^2$  är i nivån 7-10, vilket är bättre än hög-effekt solid-state lasrar. Strålkvaliteten från en 6 kW laser är så bra att den kan ledas i en fiber med diameter på 200-300  $\mu\text{m}$ . Dessutom kan fiberlasern ge olika stråltvårsnitt, t.ex. kan nästan rektangulära strålar skapas.

Ytterbium fiberlasern har en verkningsgrad på 16-20 %. Erbium- och thuliumlasrarna har lägre verkningsgrad men är fortfarande effektivare än typiska YAG-lasrar. Fiberlasern kan också pulsas. IPG Photonics uppger att deras lasrar kan pulsas med pulslängder på 10  $\mu\text{s}$ . De har också super-pulsade varianter med så korta pulstider som 1 nanosekund eller pulsenergi på 1 mJ i en 100 ns puls.

Som högeffekt industrilaser har fiberlasern flera fördelar:

- Ytbehovet för en 4 kW fiberlaser är bara ca 0,5  $\text{m}^2$  jämfört med ca 6-8  $\text{m}^2$  för en lampumpad Nd:YAG-laser i samma storleksklass
- Ingen kylare behövs
- Fiberlasern är i princip underhållsfri under hela sin livslängd (inga lamp- eller diodbyten behövs)
- Bättre strålkvalitet ger mindre stråldiametrar och/eller längre arbetsavstånd (1 kW kan fokuseras till 50  $\mu\text{m}$  med en 100 mm lins)
- Kostnaden för en fiberlaser upp till 1 kW uteffekt är lägre än för motsvarande lampumpade Nd:YAG-laser

Kostnaden för större fiberlasrar är dock högre än för motsvarande YAG-lasrar. Men när man gör en totalekonomisk bedömning av fiberlasern och räknar med golv-yta, kylare, underhåll osv. så bedöms fiberlasern vara mera kostnadseffektiv än Nd:YAG-lasern.

Användningsområdet för fiberlasern kan grovt delas in i mikro- och makrobearbetning.

## Mikrobearbetning

Fiberlasrar upp till 25 W med dess extremt höga strålkvalitet har kommit till användning inom:

- märkning
- gravering
- formning i mikroskala
- mikrobearbetning (skärning och svetsning)
- etsning
- borrar
- högprecisionslödning

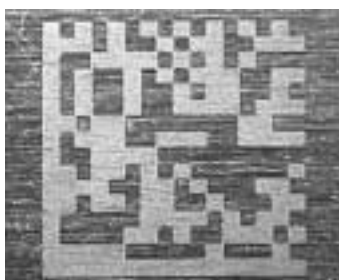
Dessa lasrar kan fokuseras till stråldiametrar mindre än 10 µm.

### Märkning

Ett fiberlaser märksystem kan typiskt bestå av en eller två 25 W fiberlasrar, ett eller två scanningshuvuden och en industri-PC för att styra laser och scanning. Ett exempel på ett dubbelhuvudsystem visas i figur 3.



Figur 3. Märksystem med fiberlaser. Systemet består av två fiberlasrar med dubbla scanningshuvuden.



Figur 4. Märkning av datamatrixkod (6x6mm) i rostfritt stål.

Detta arrangemang ger upp till fyra gånger högre kapacitet än ett system med en 50W laser som delas i två 25 W strålar. Märkområdet är 175x295 mm med en 35 µm stråle. Med 100 mm arbetsavstånd kan man få en stråle på 15 µm diameter. Med ett inbyggt zoomoptik kan strålen manuellt förstöras till 150 µm utan att behöva röra arbetsobjekt eller scanningshuvudet.

### Laserbockning

Mikroformning och mikrobockning med fiberlaser är en teknik för att förändra geometrin hos metaller eller keramik. Man kan nå mycket hög precision och därför bedöms den som en ideal metod vid tillverkning av mikroelektronikkomponenter. Kontinuerliga fiberlasrar har visat sig vara högpresterande och tillförlitliga i tillverkning av hårddiskar, där tillverkning sker 7 dagar i vecka och 24 timmar om dygnet. Fiberlasern används här för att precisionsbocka halvledare, keramik och metall. Flera hundra fiberlasrar är installerade i denna tillverkning.

### Laserskärning

Inom den medicinska tekniken finns ett stort behov av mikroskärning. Här används blixtlampspumpade solid-state lasrar med högsta strålkvalitet för att kunna få så små skärnitt som möjligt. Denna industri kräver hög produktivitet varför tillförlitliga lasrar med litet underhållsbehov är ett måste. Det är en utmaning att hålla sådana lasersystem i drift med den höga tillförlitligheten och repeterbarheten som krävs i produktionen. Här finns fördelar för fiberlaserkonceptet genom dess höga tillförlitlighet. "Single-mode" fiberlasern behöver ingen spegellinjering och har litet behov av underhåll. Den kompakta utformningen kräver också liten yta i dyra renrum.

Nästa effektområde är fiberlasrar upp till 100-200 W. Användningsområdena är i princip desamma som för de svagare lasrarna, dvs. olika former av mikrobearbetning.



Figur 5. Laserskärning av s.k. stent med fiberlaser efter ultraljudrengöring.

### Macrobearbetning

De stora fiberlasrarna har den senaste tiden testats och utvärderats inom den tuffa bilindustrin. De har då visat en hög tillgänglighet och har en kapacitet som motsvarar mycket större lasrar. En 2 kW fiberlaser har t.ex. överlappssvetsat 1.2 mm tjockzinkbelagd plåt i 5 m/min. Det motsvarar prestanda och kvalitet jämförbart med en 4 kW lampspumpad Nd:YAG-laser. Ett annat exempel är gradfri skärning av 4 mm belagd plåt med 2 kW fiberlaser med hastigheter på 10 m/min. Maximal skärhastighet i denna tillämpning uppges till 16 m/min.



Figur 6. Fiberlaser på 4 kW från IPG Photonics.

Fiberlasrar finns nu i effekt på 10 kW (IPG Photonics).

Otvivelaktigt kommer användningen av multi-kW fiberlasrar att öka allt eftersom de blir utvärderade för olika svets och skär applikationer. Dess främsta fördelar är hög strålkvalitet, hög verkningsgrad på 20-30 %, lång, underhållsfri driftstid och mycket kompakta uppbyggnad vilket sparar dyrbart golvutrymme. Konkurrensen är dock hård

från de konventionella laserkällorna och de nya, t.ex. skivlasern, som nu introduceras på marknaden.

# Vi gör under varje dag!

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

CEPA Laserteknik AB satsar nu på att bygga upp ett lasercenter i Ludvika och man är på god väg. Sedan hösten 2003 så har man startat laserskärning och kantbockning och orderboken växer. Det är den nya delägaren i bolaget, Väsman Invest som anslår tonen i utvecklingen och har placerat huvudkontoret i Ludvika. Den största produktionsenheten finns fortfarande i Lund och den driver man vidare som tidigare.

– Vi omsätter idag ca 45 miljoner kronor, berättar Torbjörn Hammar som är vd i bolaget sedan många år, och vi har 33 anställda varav åtta är tjänstemän. Väsman Invest, som är ett investmentbolag och ägs av en stiftelse som finansierats av ABB och svenska staten, äger nu 60% och den tidigare ägaren LG Håkansson 40 % av aktierna.

– CEPA började med laser 1998 och vi har nu fyra bäddlasrar. Den största lasereffekten, 5 kW, finns i Ludvika i den nya Trumatic L3050-maskinen från Trumpf. Det största arbetsbordet som tar 6 m plåt finns i Lund. I Lund finns också tre bäddlasrar och en 5-axlig 2 kW Trumpf TLC som vi använder både till svetsning och skärning, fortsätter Torbjörn. I Lund har vi också två kantpressar med längd upp till tre meter.



Det var stort intresse för CEPAS "laserprodukter" vid Lasergruppens besök.

– Vi har några viktiga nyckelkunder som vi samarbetar aktivt med. De är bl.a. Alfa Laval, Nordic Water Products, Verkstäderna Weibulls, Stiga och ABB.

– Vi är ett företag som man med stort förtroende ska kunna "outsoursa" till. Vi vill jobba långsiktigt och utvecklas tillsammans med våra kunder, men vi vänder oss inte till bil- och telecomindustrin. Vi är en underleverantör, men ibland tror jag inte våra kunder alltid förstår vår betydelse och betydelsen av en bra underleverantör.

– Vi gör under varje dag för att klara våra kunders behov, säger Torbjörn med glimten i ögat.

*forts. på s. 11*



Torbjörn Hammar, vd för CEPA Laserteknik AB visar Göran Sundin, Lingweld AB vad den nya 5 kW Trumpf-lasern klarar av.



Peter Nielsen, CEPAS platschef i Lund, visar en detalj till en värmeväxlare som man tillverkar.

# Rofin-Sinar Technologies – har lasrar för de flesta behov!

Av Thorsten Frauenpreiss, Rofin Sinar Laser,  
Bearbetad av Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB

Rofin-Sinar Technologies är en ung företagsgrupp. Det hela startades som en agenturverksamhet 1975, för övrigt av en svensk, med amerikanska CO<sub>2</sub>-lasrar som bas. Ganska snart utvecklade man egna lasrar, både CO<sub>2</sub>-lasrar och Nd:YAG-lasrar enligt flera olika koncept. Man var till och med ett tag inne på excimerlaserområdet, och tillverkar nu också högeffekts diodlasrar.

Gruppen omsätter idag ca 2 miljarder SEK/år, och finns med både tillverkning och försäljning på de flesta håll i världen. Man har ett mycket varierat utbud av egna laserkällor för de flesta behov, och tillhör utan vidare världens 2-3 största aktörer på laserområdet, med spetsprodukter inom flera laserkategorier. Fler än 15 000 levererade lasrar till över 2500 kunder talar sitt tydliga språk. Produktionsenheter finns bl a i Tyskland, England, USA, Singapore och Japan. Man finns på NASDAQ och Frankfurt-börsen.

Affärsmässigt delar man in världen i 3 tillämpningsområden:

- **Macro**, dvs grovt räknat med lasrar från ca 500 W medeleffekt upp till 10 kW.  
Laserbearbetningsprocesserna är främst skärning, svetsning, lödning, hybridsvetsmetoder, härdning och övriga ythärdgöringsmetoder, hårdlödning osv.
- **Micro**, dvs (ofta pulsade) lasrar under 500 W medeleffekt, för mikrobearbetning (svetsning, skärning, perforering, borrar osv.)
- **Marking**, dvs kontinuerliga, q-switchade och pulsade lasrar upp till max typiskt 150W.

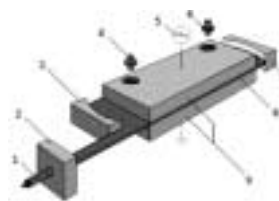
Man har visat en stor förmåga att via egen utveckling och företagsförvärv ta fram framgångsrika lasertyper och tillhörande kringkomponenter. Senaste exemplet är förvärvet av Optoskand med spetsprodukter inom fiberområdet. Bl a har man de lägsta förlusterna i sitt fiberkoncept (ca 2 % totalt mot konkurrenternas 6 - 8 %).

I det följande presenteras några av de viktigaste nyare utvecklingarna och produkterna, med tonvikt på Macro-området.

## CO<sub>2</sub>-lasrar

Denna lasertyp lade grunden till Rofin-Sinars framgång som leverantör till OEM-tillverkare av maskiner och till slutkunder.

1. Den diffusionskylda SLAB-lasern är ett stycke framgångshistoria nästan utan motstycke i laservärlden. Ca 1992 lanserade Rofin-Sinar detta koncept, med en blygsam start på ca 1500 W-nivån för skärning och svetsning. Lasern kännetecknades av mycket hög strålkvalitet, bra verkningsgrad, mycket låga driftkostnader (lasergasförbrukning ca 0,3 liter/timme!), enkel installation (integrerad utbytbar lasergasflaska) och låga



Figur 1. DC SLAB CO<sub>2</sub>-laser

1. Laserbeam
2. Beam shaping unit
3. Output mirror
4. Cooling water
5. RF excitation
6. Cooling water
7. Rear mirror
8. RF excited discharge
9. Waveguiding electrodes

servicekostnader, bl. a. beroende på få rörliga delar och ingen gascirkulation med pumpar eller blowers som riskerar att smutsa ned intern-optiken (HF-exciterad dessutom). Se figur 1 och 2. Grunden är att kavitetens utformning möjliggör diffusionskyldning, dvs gas behöver inte cirkuleras runt i hög hastighet. Konceptet har gradvis skrivats upp i effekt under de gångna 12 åren, och alldeles nyss släpptes 6 kW-versionen!

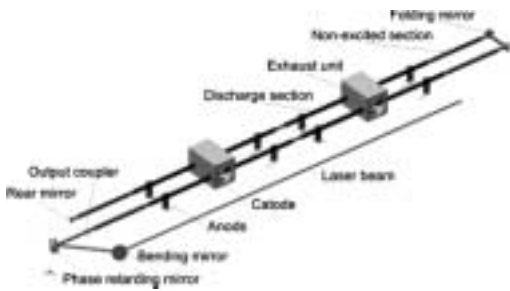
2. Även för Micro-området finns en motsvarande SLAB-laserserie, med i första hand effektnivåer på 100, 200 och 300 W, och på väg upp i effekt.



Figur 2. DC SLAB CO<sub>2</sub>-laser

3. Rofin-Sinar började sin egen CO<sub>2</sub>-laserutveckling med en 500 W snabb axialflödeslaser i början av 80-talet, och hade en stor framgång med dessa lasrar upp till ca 2000 W-nivån. Andra liknande koncept följde, med HF-excitering.

Förra året var det dags igen: ROFIN FA 040, en 4000 W snabb axialflödeslaser lanserades, följd av en 5 000 W-version. Dessa produkter siktar in sig på framför allt skärning av tjockare plåt, med en strålkvalitet på K = 0,5. Designen kännetecknas av robust, kompakt utförande, med integrerad klimatkontroll för att klara hög luftfuktighet. Två cirkulationsfläktar med 16 000 timmars serviceintervall, och en oljefri vacuumpump bidrar till låga underhållskostnader. Lasern har ett sofistikerat styrsystem, Laser Web Control, med integrerad feldiagnostik, multi-tasking, felmeddelanden via SMS, teleserviceanslutning för fjärrsupport, via Ethernet-anslutning (TCP/IP), option PROFIBUS osv. Se figur 3 och 4.



Figur 3. FA 40 Fast Axial flow CO<sub>2</sub>-laser, princip

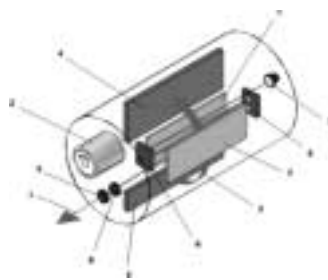


Figur 4. FA 40 Fast Axial Flow CO<sub>2</sub>-laser

4. Under 80-talet och tidigt 90-tal var den likströmsexciterade tvärströmningslasern mycket framgångsrik inom effektintervallet 1500 W till 5 000 W, för framför allt svetsning och värmebehandling. Elektrodförsmutsningen var ett problem, som eliminerades i och med att en HF-version togs fram. Konceptet når idag upp till 8 kW och fortsätter att vara framgångsrik framför allt på den amerikanska marknaden (bilindustrin). Se figur 5 och 6.

5. Under resans gång förvärvade man också Wegmann-Baasel med sin Triagon-serie av axialflödes CO<sub>2</sub>-lasrar med en karakteristisk triangulär uppbyggnad av laserkaviteten. Dessa lasrar är mycket populära hos flera större OEM-kunder, med en bra strålkvalitet upp till effektnivåer över 5 kW. Se figur 7.

6. Under 80-talet och slutet av 80-talet bestämde sig Rofin-Sinar för att ta fram en 500 W pulsad Nd:YAG-laser, och tillhörande fiberoptik (det senare i samarbete Permanova, som så småningom knopade av Optoskand för fiberverksamheten).



Figur 5. Tvärströmningslaser, princip



Figur 6. Tvärströmningslaser RS 880HF

#### Nd:YAG-lasern

1. En serie pulspumpade Nd:YAG-lasrar togs fram, upp till 1000 W medeffekt (RSY 1000P). Dessa fungerade utmärkt, och utgjorde förtrupp till erbjudandet till bilindustrin. I dag finns efter förvärvet av Carl Baasel Lasertechnik en parallell serie upp till 500 W (StarWeld 500) som ersätter den tidigare RSY-serien.

2. Därefter följde en serie lampumpade kontinuerliga lasrar, CW-serien, från 1000 W till 2000 W, med en avslutande laser på 2500 W, med så bra strålkvalitet som den tekniken medger vid den effektnivån dvs ca 25 mm x mrad. Efter detta satsade Rofin-Sinar på att utveckla en diodpumpad laserserie, DY-serien.

3. De diodpumpade DY-lasrarna av stavtyp byggdes modulärt med 1 – 8 st pumpkammare à 550 W, dvs största lasern blev DY044 med 4,4 kW uteffekt. Serien kännetecknas av en hög verkningsgrad (ca 10 %, dvs väsentligt bättre än de 1-3 % som gäller lampumpade lasrar) och bra strålkvalitet, ca 12 mm x mrad, dvs en faktor 2 bättre än lampumpade 3 – 4 kW lasrar. Efter initiala problem med diodlivslängder, har man nu en bra produkt med lång livslängd på dioderna och ett modernt styrsystem, med upp till 6 utgångar, och 400 µm fiberdiameter möjlig även för 4,4 kW-lasern. Kompaktare foku-

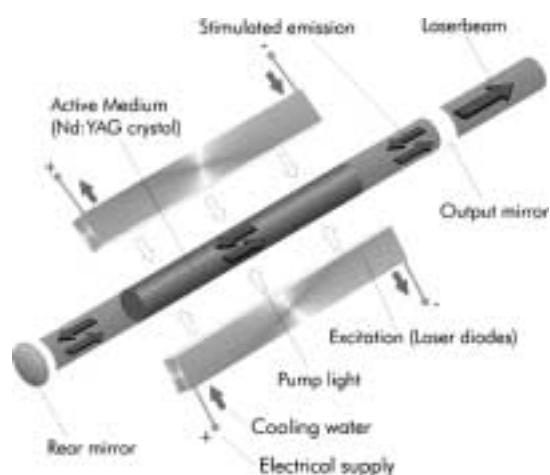
7. Under resans gång förvärvade man också Wegmann-Baasel med sin Triagon-serie av axialflödes CO<sub>2</sub>-lasrar med en karakteristisk triangulär uppbyggnad av laserkaviteten. Dessa lasrar är mycket populära hos flera större OEM-kunder, med en bra strålkvalitet upp till effektnivåer över 5 kW. Se figur 7.

8. Under 80-talet och slutet av 80-talet bestämde sig Rofin-Sinar för att ta fram en 500 W pulsad Nd:YAG-laser, och tillhörande fiberoptik (det senare i samarbete Permanova, som så småningom knopade av Optoskand för fiberverksamheten).



Figur 7. Triagon CO<sub>2</sub>-laser TR

seringsenheter, längre processavstånd eller högre processhastigheter är därmed möjliga. Se figur 8 och 9.



Figur 8. Diodpumpad Nd:YAG laser DY-serien, princip.



Figur 9. Diodpumpad Nd:YAG-laser DY-serien

4. Den senaste utvecklingen har lett till en s.k. skivlaser (disklaser), dvs en diodpumpad laser där Nd:YAG-staven ersatts av en tunn skiva, med Yb-dopning. Konceptet innebär att en ännu högre strålkvalitet (<7 mm x mrad) och verkningsgrad (ca 20 %) uppnås. Bl a lanseras en produkt med 1500 W (DS 015 HQ) och 3000 W uteffekt, avsedd för fiberdiametrar på 150

och 300  $\mu\text{m}$ . Vid 1500 W kan t ex 10 mm stål skäras utan problem, och svets hastigheterna i materialtjocklekar upp till 1,5 mm överträffar den tidigare nämnda SLAB-lasern ( $\text{CO}_2$ -laser) vid motsvarande effektnivå. Denna laser är givetvis viktig också för MICRO-delen av verksamheten (StarWeld Disc-serien).

5. När det gäller MARKING-delen, har man tagit fram diodpumpade laseralternativ till de lampumpade lasrarna. Både sid-pumpade och änd-pumpade koncept finns i några 10-tal W resp 100 W-områdena. Den bättre strålkvaliteten höjer här processhastigheterna, inte minst för märkning av plaster.

### Höeffekts diodlasrar

Förvärvet av Dilas lade grunden till för flera serier av diodlasrar, framför allt för lite högre effekter. I stället för

att pumpa Nd:YAG-lasrar, samlar man här ihop laserljuset från många diodlasrar, via mindre delmoduler, till effekter på flera kW. Våglängderna ligger här strax under 1  $\mu\text{m}$ , med bra direktabsorption i metalliska ytor, och också lämpliga för polymerer. Lasrarna är mycket små och kompakta, med verkningsgrader > 30 %, men med en sämre strålkvalitet. Processer som värmeledningssvetsning, lödning och härdning fungerar bra, även om processhastigheterna inte kan mäta sig med t ex Nd:YAG-lasern. Dock är priset per W betydligt lägre. För de minsta diodlasrarna finns ett stort tillämpningsområde inom svetsning av polymerer. Se figur 10.



Figur 10. Diodlaser DL-S serien

forts. från s. 8

Detta ställer naturligtvis stora krav på CEPA. Vi måste arbeta med morgondagens teknologi, ständiga förbättringar och med fokus på långsiktighet, fortsätter Torbjörn Hammar. Det kräver också ett öppet samarbete med våra kunder och att vi koncentrerar oss på vad som är viktigt. T.ex. försöker vi arbeta med avrop och månadsfakturerering. Vi arbetar också mot långsiktig lönsamhet.

– Men vi ställer också krav på våra kunder. De ska betrakta leverantören som en partner och vara lyhörda för våra förslag. De ska också ha fokus på totalkostnaden och acceptera våra krav på långsiktig lönsamhet. De som vill bli nyckelkunder hos CEPA måste betrakta vår verksamhet som sin egen avslutar Torbjörn Hammar.

Lasergruppen tackar Torbjörn och hans personal för det intressanta och trevliga besöket och önskar CEPA all framgång i sitt laserarbete.



CEPA Laserteknik i Ludvika har installerat en 5 kW Trumfp Trumatic L3050 och en Trumfp kantböckningsmaskin.

# ICALEO 2003

Av Johnny K. Larsson, Volvo Cars

## Direkt Material Deposition (DMD) en ny spännande laserprocess, samt ständigt utökade tillämpnings-områden för diodlaserbearbetning.

Årets ICALEO-konferens var förlagd till Jacksonville i "The sunshine state Florida", en benämning som starkt kunde ifrågasättas då vi landade på Jacksonville International Airport den 11 oktober och regnet stod som spön i backen. Detta var något som Peter Baker, LIA's (Laser Institute of America) executive president, anspelade på då han hälsade oss välkomna till konferensen. Emellertid, i takt med att konferensen "tog fart", förbättrades också väderleken högst väsentligt, och temperaturen låg konstant kring 30°C-strecket, något som vi svenskar ju inte är direkt bortskämda med i oktober månad. Jacksonville var stället även för 2001 års ICALEO, och då som nu höll vi till på tämligen luxuösa Adam's Mark Hotel, men p.g.a. närheten till 11 september visade det året på en kraftig nedgång i antalet delegater. Detta år deltog över 450 personer, en siffra som glädde LIA's sekretariatspersonal, och vi erbjöds över 200 tekniska presentationer fördelade på 24 olika sessioner. Om vi tittar närmare på hur de nordiska länderna var representerade kunde man konstatera att Finland kom med inte mindre än 11 delegater, de flesta från Lappeenranta University of Technology. Danmark och Sverige hade vardera 3 representanter, medan norska deltagare, som tyvärr varit brukligt på senare år, lyste med sin frånvaro.

Liksom de senaste åren var konferensen uppdelad i två "huvudspår"; Laser Materials Processing (LMP), där Dave Farson från Ohio State University (Columbus, OH),

tjänstgjorde som ordförande, och Laser Microfabrication (LMF), där Andreas Ostendorf från Laser Zentrum Hannover (Hannover, GER) hade motsvarande funktion. Med detta stora utbud av presentationer, ytterligare utökat genom 6 kortkurser och en posterutställning av resultaten från ett 40-tal forskningsprojekt måste man självklart göra en noggrann planering av vilka föredrag som man ämnar lyssna till. Liksom tidigare år valde jag att besöka sessioner vars innehåll bör ha ett brett intresse bland Lasergruppens medlemsföretag. I denna första artikel kommer jag att berätta kring mina intryck från den s.k. plenary-sessionen, samt med tanke på detta nummers tema; "Nya lasrar och laserkällor", även sammanfatta den viktigaste information som gavs vid den dedicerade sessionen kring "Diode Laser Processing".

### Plenary Session: Direct Material Deposition - from Science to Applications

Temat för plenary-sessionen var Direct Material Deposition (DMD) och sessionens ordförande var professor Jyoti Mazumder från CLAIM (Center for Laser Aided Intelligent Manufacturing) vid University of Michigan (Ann Arbor, MI). Direkt materialdeposition är en metod med vilken man kan skapa funktionsriktiga prototyper eller artiklar i lågvolymer (100 enheter) genom att på ett kontrollerat sätt bygga upp skikt för skikt med hjälp av metalliskt pulver som smälts med hjälp av en laser. Man kan med andra ord säga att metoden är en kombination av lasersintring och laserpåläggning, och man behöver således inte något formverktyg vid tillverkningen.

Keynote-anförandet i denna plenary-session gavs av Frank G. Arcella, VD och grundare av företaget AeroMet Corporation (Eden Prairie, MN). Företaget kallar



LIA's sympatiske "president"  
– Peter Baker.



Nöjda medarbetare från LIA's sekretariat.



Professor Jyoti Mazumder – ordförande vid plenary-sessionen.

sin patenterade DMD-process för LAMSM (Laser Additive Manufacturing) vilken i huvudsak används för att tillverka "near-net-shape"-komponenter åt flygindustrin i högprestandamaterial som t.ex. Ti-6Al-4V eller Inconel. Bland komponenter nämndes förstyrnings-element och tvärsnitt till vingarna på attackplanet F15. Normalt fräses dessa komponenter till sin färdiga form och Mr. Arcella visade på följande intressanta jämförelse:

	Konv. metod	LAMSM
Materialåtgång (ämne)	3,000 pounds	200 pounds
Tillverknings-tid	500 timmar	100 timmar
Ledtid 1	2 månader	2 månader

Med dessa siffror som bakgrund är det lätt att förstå den 20-50%-iga kostnadsbesparing man får genom att använda direkt materialdeposition, där en stor del av besparingen ligger i frånvaron av konventionella formverktyg.

Processen sker i en kammare med ren argonmiljö och med en 18 kW CO<sub>2</sub>-laser. En av finesserna är att man kan bygga med "överhäng", och därmed skapa geometrier som kan vara svåra att erhålla vid fräsning eller smide. Vid provning av de LAMSM-tillverkade detaljerna visade sig dessa ha minst samma mekaniska egenskaper som smidda, ja t.o.m. bättre då det var fråga om slagseghet och sprickpropagering. Andra fördelar som nämndes med metoden är att reparation förenklas och att det är enkelt att göra designändringar. Nackdelar hittar man inte så mycket på den tekniska sidan, men väl på den "mentala" då man får räkna med ett ökat risktagande i form av ny teknik och nya underleverantörer kombinerade med höga initiala investeringar. Rekommendationen är att starta med mindre kritiska komponenter och validera metoden mot dessa. På en fråga om det inte kunde uppstå distorsioner och förvriddningar under detaljens tillverkning svarade Mr. Arcella att detta hade man löst genom att spänningsavlasta detaljerna monterade i en fixtur och uppvärmda till 1,000°F.

Några historiska perspektiv på DMD och snarlika metoder inledde James Sears' (South Dakota School of Mines & Technology, Rapid City, SD) föredrag. Bland "milstolparna" kan nämnas:

- 1910 Sprutmetallisering (Schoop)
- 1974 Sprutformning (Osprey™ company)
- 1985 Stereolitografi (Hull)
- 1991 SLS - Selective Laser Sintering (Deckard)
- 1992 LPD - Laser Powder Deposition

Även här nämndes möjligheten att skapa designer vilka kan vara svåra att åstadkomma med klassiska

formverktyg, men Mr. Sears ville också slå ett slag för metodernas miljövänlighet. Man erhåller i princip inget skrot eller överblivet material vid tillverkningen.

Metoderna kan med fördel även användas för reparation av såväl komponenter (exempelvis turbinblad) som formverktyg för högvolymproduktion. Ett företag som Mr. Sears refererade till presenterade det svindlande beloppet \$ 2.687.369 i årlig besparing genom att reparera artiklar med hjälp av DMD i stället för att skrota desamma.

Som praktikfall visades på laserbeläggning av ventiltoppar (Toyota) med Stellite, samt ett formsprutningsverktyg där man använt ett material för verktygskroppen och ett annat, mer exklusivt för själva ytan. Vid DMD-uppbyggnad av formverktyg kan man relativt enkelt bygga in komplexa mönster av kylkanaler. Framtiden menade Mr. Sears ligger i möjligheten att bygga upp multi-materiella komponenter där "rätt" material väljes för olika delar i desamma med tanke på belastning och andra krav. Som ett exempel på detta visades en prototyp för en drivaxel till en turbomotor.

Näste talare var Dave Keicher från Optomec, Inc. (Albuquerque, NM). Han kallade sin process LENS (Laser Engineering Net Shape), så kärt barn har många namn. Optomec har patenterat ett DMD-system som man kallar M3D, som speciellt lämpar sig för tillverkning av mikrokomponenter, men i övrigt upprepades de tidigare beskrivna användningsområdena för metoden; lågvolymtillverkning, reparation och multimaterial. Man använder sig av cw Nd:YAG-lasrar i effektområdet 500-2,000 W, och hade konstaterat att den snabba avkylningen (1,000 K/s) gav en förfinad kornstruktur vilket medförde goda mekaniska egenskaper. Vidare hade man sett att en ökad laserintensitet medför bättre förlängningsegenskaper såväl som ökad sträck- och brottgräns.

I samband med tillverkning av lårbensproteser i keramiskt material har man infört en "melt pool sensor". Denna tillåter en "closed-loop"-kontroll av såväl egenskaper som geometri hos de tillverkade proteserna. Andra resultat och applikationer pekade på en 30%-ig ökning av korrosionsmotståndet hos titandetaljer uppbyggda med DMD jämfört med motsvarande smidda sådana. Genom blandmaterialuppbyggnad (stål till Stellite) av en helikopterkomponent ökades nötmotståndet.

På en fråga om huruvida man inte fick sprickor i materialet då ett varmt pulver applicerades på ett tidigare uppbyggt och avsvanat lager, svarade Mr. Keicher att man inte hade sett några sådana tendenser. Detta menade han berodde på att man till viss del ånyo smälter upp det tidigare lagda lagret. Vidare ansåg han att man

behöver inte ta hänsyn till gravitationens inverkan vid 5-axlig deposition eftersom det rör sig om påläggning av så små volymer vilka mer eller mindre stelnar direkt.

Sessionen avslutades av professor Mazumder själv som berättade kring en del av de DMD-försök som genomförts med CO<sub>2</sub>-laser på hans institution. Han menade att med denna teknik är det möjligt att tillverka formsprutningsverktyg till halva kostnaden av vad som kan åstadkommas med traditionella tillverkningstekniker. En annan finess är att sådana verktyg kan byggas upp så att placeringen av kylkanaler kan göras optimal och därmed reducera nödvändig kyltid med upp till 26%. Vidare visade professor Mazumder på exempel där formverktygets ytor bestod av konventionellt verktygsstål (H13), men där själva verktygskroppen byggts upp av koppar, återigen ett sätt för att förbättra avkylningen av verktyget. I övrigt upprepades tidigare nämnda fördelar med DMD; reducerad kostnad och ledtid vid reparation av verktyg samt möjligheten att skraddarsy materialet genom att ge det olika egenskaper i olika delar av komponenten. Teknologin har börjat användas i kommersiell skala av ett företag i Auburn Hills, MI, som heter POM Group Inc. och som specialiserat sig på tillverkning och rekonditionering av formverktyg.

#### Laser Materials Processing: Diode Laser Processing



Figur 1. Typiska fartygskomponenter innan (underst) och efter (överst) reparation med hjälp av diodlaser.

Eftersom detta nummer av LaserNytt har ”nya lasertyper” som tema känns det lämpligt att fortsätta rapporteringen från ICALEO 2003 med att lyfta fram något av det som presenterades under den session som kallades ”Diode Laser Processing”. Här tjänst-

gjorde John Haake, Nuvonyx Inc. (Bridgeton, MO) och Anthony (Tony) Hoult, Coherent Inc. (Santa Clara, CA) som ordförande, båda representerande företag som har diodlasrar på programmet, och som därmed konkurrerar med europeiska tillverkare som Haas, Rofin Sinar och Fisba Optik.

Det första föredraget hölls av Valdemar Malin från Alion Science & Technology (St. Charles, IL) och handlade om påläggning med direktverkande högeffektsdiodlaser (HPDDL = High Power Direct Diode Laser) som värmekälla. Tekniken hade använts för reparation

av förslitna och korroderade komponenter, såsom pumpaxlar och ventilskivor, för U.S. Navys räkning [Figur 1]. Metoden framhölls såsom varande maximalt flexibel och därmed användbar för detaljer med olika geometrisk utformning. Vidare ansågs den vara kostnadseffektiv inte minst med avseende på att det här rör sig om mycket låga serier/volymer.

Man använder sig av en liten (32 kg) sex-axlig robot kombinerad med en lägesomställare, och diodlasern, som i det här fallet väger 7,3 kg, är placerad direkt på roboten. Kolstål, Inconel 625 och Stellite 6 är exempel på några av de material som i pulver- eller trådform används vid påläggningsoperationerna.

För att garantera hög kvalitet använder man sig av ett adaptivt system som övervakar och mäter temperatur och effekt och som justerar vid variationer i processen. Mycket arbete hade också lagts ned på att prova ut rätt vinkel för tillsatstrådens tillförsel samt avståndet mellan fokuspunkt och trådände. Eftersom man arbetar med en extremt kort fokallängd på 94 mm krävs ett skyddsglas för optiken och även detta är utrustat med en temperatursensor. Fokalpunkten är 12.0x0.5 mm vilket ger en effekttäthet på 6.6 kW/cm<sup>2</sup> vid 4 kW lasereffekt. Bland de fördelar framför att använda sig av en Nd:YAG-laser som värmekälla nämndes; högre verkningsgrad (60% mot 5%), kompakt utformning, låga underhållskostnader samt högre absorptionsförmåga för laserenergin.

Därpå kom Tony Hoult, som har många år bakom sig inom laserforskning, och som startade sin karriär hos Lumonics i Rugby, U.K., men som numera erbjuder Coherent sina tjänster. Mr. Hoult inledde med lite historik kring applikationer där lågeffektsdiodlasrar framgångsrikt använts. Laserkällor på 30-50 W med 808 nm, 0.22 N.A. (numerisk apertur) och 40%-ig verkningsgrad har visat sig vara utmärkta redskap för att sammanfoga polymera material, dock skall dessa inte vara alltför artolika. Två helt transparenta polymerer kan fogas till varandra om man använder sig av en underliggande, absorberande platta. Likaså kan polymerer även fogas till stål med hjälp av samma principiella transmissionssvetsning.

Nyheten i Mr. Hoult presentation var att använda sig av diodlaserstrålning för att härda epoxi-limmar vid limning av plastdetaljer och därmed ersätta mer traditionella tillvägagångssätt som ugnshärdning, eller härdning med mikrovågor, infra/ultrarött ljus eller LEDs (Light Emission Diodes). En förutsättning är dock samma krav som vid svetsning, nämligen att den övre polymerdetaljen är transparent för laservåglängden [Figur 2]. Med en 4 mm stor fokuspunkt räckte det med 2.5 W för att uppnå 150°C, vilket var härdtemperaturen i det här

aktuella fallet. Lämpliga applikationer för denna metod är halvledare, bilelektronik, telekomprodukter och s.k. "smart cards". Emellertid finns begränsningar, dels i form av att det måste finnas någon form av IR-absorbent i limmet (något som Coherent håller på att patentbelägga), dels att processtiderna är väldigt långa. Siffror som nämndes indikerar en förgelningstid på 3-8 minuter och därpå själva limhärden som brukar ta 10-15 minuter.

Ett bidrag från Fraunhofer Institute for Laser Technology (ILT = Institut für Laser Technik, Aachen, GER) handlade om diodlaserskärning av tunna material och presenterades av Alexander Knitsch. ILT har utvecklat



Figur 2. Exempel på laserhärdening av ett epoxibaserat lim.

en laserkälla uppbyggd av sex diodplattor med 3 olika våglängder (808, 930 och 990 nm) och två olika polarisering, och med hjälp av mikrospeglar kan den resulterande strålen fokuseras till en nästan cirkulär punkt (0.20 x 0.25 mm) utan någon nämnvärd försämring av strålkvalitén. Sålunda har man skapat en kompakt enhet som ger 155 W och en strålkvalitet på 22 mm\*mrad [Figur 3].



Figur 3. ILT's egenutvecklade kompakta diodlaser (t.v.) avsedd för skärning av tunnväggigt material (t.h.).

1 mm tjockt zinkbelagt kolstål hade skurits med 4 m/min, vid användning av blott 100 W, som ändock ger en effekttäthet på  $2 \times 10^6$  W/cm<sup>2</sup> tack vare en fokalpunktsdiameter på blott 0.3 mm. Man hade skurit 0.5 mm rostfri plåt gradfritt med en hastighet av 1 m/min. Andra material där denna tunnskärning är lämplig är t.ex. bomullstextil, papper, läder och laminat. Man avser att ytterligare förbättra strålkvalitén genom att utveckla s.k. "tapered diode bars", alltså diodplattor som är osymmetriskt avsmalnande, samt att undersöka möjligheten att koppla fler än sex diodplattor samman.

Härpå följde ett bidrag från våra finska grannar. Henrikki Panssar från Lappeenranta University of Technology (Lappeenranta, FIN) berättade om laserhärdening genom metallurgisk omvandling av ytskikt. Man hade studerat härdeffekter hos två olika material, ett martensitiskt rostfritt stål (AISI 420L) och ett värmebehandlingsbart stål (42CrMo4). En 3 kW HPDL (High Power Diode Laser) med en fokalpunkt på 5x10 mm hade använts och det uppnådda härddjupet hos de två materialen hade analyserats. Från litteraturen är det känt att specifik värme, värmeledningsförmåga samt Ac1-temperatur är de tre parametrar som styr härddjupet. Den processparameter som påverkade härddjupet mest var laserstrålens reflexion mot ytan och därmed den energin som kunde absorberas i materialet. Denna varierade mellan 35-70% beroende på ytans oxidationsgrad, där förekomsten av oxider verkar gynnsamt på absorptionsförmågan.

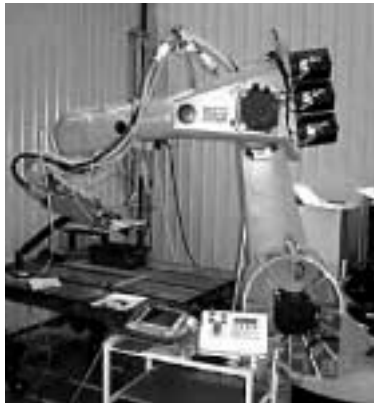
Generellt kunde konstateras att härddjupet var mindre i det rostfria stålet, något som Mr. Panssar menade berodde på att t<sub>5/8</sub>-tiden är 30-55% längre i rostfritt material. Genom att öka effekten, eller låta härdeningen ske i Argon-miljö kunde härddjupet för det rostfria materialet ökas, dock aldrig till samma nivå som för det värmebehandlingsbara stålet. Hårdhetsmätningar visade också på olika resultat. För det rostfria materialet var hårdheten på ytan 520 HV och sjönk kontinuerligt ju längre in i materialet man kom. För stålet var ythårdheten 820 HV, och hårdheten förblev konstant ner till 6 mm djup och först därpå började den minska linjärt.

En kollega till Mr. Panssar och samtidigt en välkänd profil i dessa sammanhang är Antti Salminen (Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, FIN), som här berättade om diodlasersvetsning. Detta visade sig vara ytterligare ett av många statligt finansierade laserprojekt som bedrivs i Finland, och man kan bara lite avundsjukt konstatera att det tycks finnas en större förståelse bland beslutsfattarna där då det gäller att satsa på laserteknik.

Några av fördelarna med lasersvetsning med HPDL är att våglängden har en högre absorption jämfört med Nd:YAG- och CO<sub>2</sub>-lasrar. Vidare har diodlasern tack vare sin större fokalpunkt möjlighet att överbrygga större spalter och gap. Försök hade här utförts med samma 3 kW-laser som nämnts ovan och två olika fokallängder hade utprovats; 100 mm som gav en effekttät i fokalpunkten på  $1.4 \times 10^5$  W/cm<sup>2</sup> och 200mm som gav motsvarande  $4.7 \times 10^4$  W/cm<sup>2</sup> [Figur 4]. Såväl strukturstålet S235 som det rostfria AISI304 hade ingått i studien.

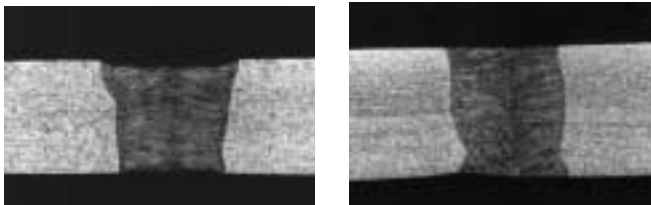
Prov på såväl BOP (Bead-On-Plate), stumfog som kantfog hade genomförts och de parametrar som

varierats var effekttäthet, svetshastighet, fokalpunktspositionering, infallsvinkel hos laserstrålen samt skyddsgas. Sålunda en omfattande provmatris, från vilken det var svårt att dra några generella slutsatser. För den intresserade rekommenderar jag en djupare analys av Dr. Salmi-nens "paper". Bland resultaten bör dock nämnas följande:



Figur 4. Robotiserad diodlasersvetscell vid Lappeenranta University of Technology.

- Vid tillräcklig effekttäthet erhöles nyckelhålssvetsning, annars värmeledningsdito
- Svetshastigheterna vid BOP var avsevärt lägre än de som uppnåddes vid "riktiga" fogar
- En kortare fokallängd resulterade i ett större process fönster
- Vid plättjocklekar över 3 mm ger "motsvets" en ökning av svetshastigheten
- Vid kantsvets ger en lutning av infallande stråle på 45-60° relativt arbetsstycket en ökning i svetshastighet jämfört med en helt vinkelrätt infallande stråle.

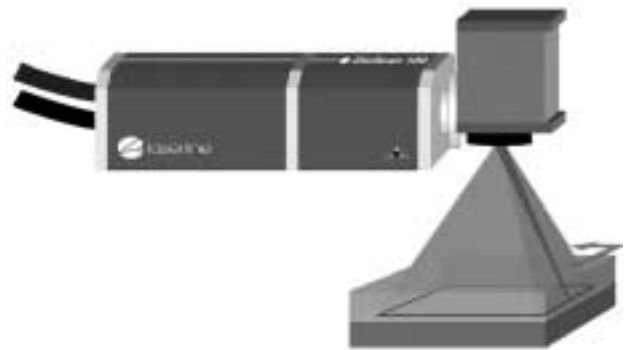


Figur 5. Stumfogar utförda med 3 kW diodlasereffekt och 100 mm fokallängd; t.v. 1 mm tjock rostfri plåt svetsad med 6 m/min och t.h. 3 mm tjock rostfri plåt svetsad med 1.25 m/min.

Med värmeledningssvetsning visade det sig möjligt att uppnå 1.25 m/min för 3.0 mm tjockt rostfritt material i stumfog och 6.0 m/min för motsvarande 1.0 mm tjockt material [Figur 5]. Inte i något fall hade skyddsgas använts, utan istället menade man att oxidering av ytan är gynnsamt för absorption och "inkoppling" av laserstrålen i materialet. Avslutningsvis visades på några intressanta praktikfall. Ett handlade om hus till G3-basstationer (telekom) tillverkade i 1.0 mm rostfritt 316-material och där fogutformningen var sådan att den växlade från överlappsfog till stumfog och vidare till

kantfog p.g.a. önskad design, men även denna komplexa utmaning hade lasersvetsningen klarat med glans. Ett annat exempel var ett huvlås för SAAB 93 där 3 diodlasersvetsar kopplade en cylinder till en platta. Här förekom så pass stora gap att det inte skulle ha varit möjligt att sammanfoga detaljerna med någon annan laserteknik.

I en parallellsession som handlade om plastsvetsning redogjorde Assi Jansson, VTT Industrial Systems (Lappeenranta, FIN) för försök utförda med en 100 W diodlaser från Laserline (LDL40-100). Studien har varit en del av ett BriteEuram-projekt kallat Polyweld. Man hade använt sig av såväl kontursvetsning (1-5 m/min) som "quasi-simultan" dito. Den senare innebär att man via optiken konfigurerar fokalpunkten på ett sådant sätt att man via en laserpuls kan generera en längre, rak svets [Figur 6].

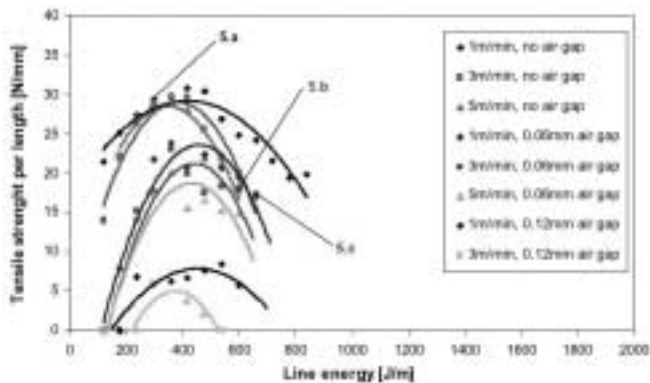


Figur 6. Principen för quasi-simultan lasersvetsning av polymerer.

Experimenten handlade om klassisk polymersvetsning där man använt för diodlaservåglängden transparent PC (polykarbonat) och PMMA (polymethyl-methacrylat) som svetsats till absorberande PC och ABS (acrylonitril-butadien-styren).

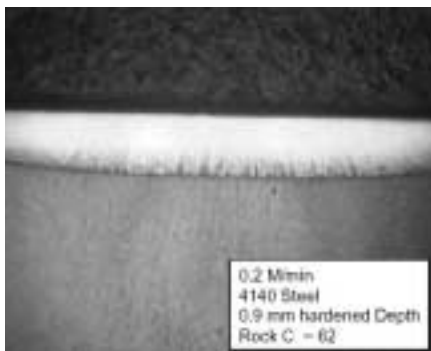
En sträckenergi på 300-420 J/m visade sig ge bäst hållfasthet mer eller mindre oberoende av vilken effekt eller svetshastighet som användes [Figur 7]. Däremot tycktes en defokuserad stråle med därtill hörande större fokalpunkt ge en något högre hållfasthet i svetsen vid konstant sträckenergi. Att scanna laserstrålen flera gånger över polymererna gav ingen synbar effekt i form av ökad hållfasthet. Däremot kunde konstateras att om det förekommer ett gap mellan polymererna i överlappsfogen sjunker hållfastheten dramatiskt.

Nuvox Inc. (Bridgeton, MO) är en stor aktör på USA-marknaden vad gäller högeffektsdiodlasrar. Enligt företagets marknadschef John Haake, som var näste talare, har man levererat mer än totalt 60 kW av sina 4 kW-system ISL-4000L. Man tillhandahåller produkter



Figur 7. Sträckenergins inverkan på statisk draghållfasthet m.a.p. olika svets hastighet och luftspalt.

som ligger i effektintervallet 1-4 kW, vilka vid 125 mm fokallängd ger en rektangulär fokalpunkt på <math>0.5 \times 12</math> mm. I den aldrig avstannande diskussionen rörande diodlivslängd meddelade Mr. Haake att man genomfört prov som efter 398,000,000 cykler inte uppvisade någon som helst nedgång i diodeffekt. Provet hade då pågått i 2,000 timmar, men Mr. Haake menade att man ända upp till 10,000 timmars användning kunde förvänta sig tillförlitliga driftförhållanden.



Figur 8. Typisk härdprofil vid härdning med hjälp av direktverkande diodlaser.

Därpå redogjordes för ett antal praktikfall varav det första kom från Caterpillar. Här rörde det sig om härdning av konstruktionsstålet S4140 [Figur 8] och jämförelser gjordes mot en Nd:YAG-laser i samma effektområde. Således hade man konstaterat en uppgång från 30% till 90% i tillgänglighet då man gick över till direktverkande diodlaser. Övriga vinster som uppnåtts var 50% lägre underhållskostnader, 30% kortare produktions tid och 30% lägre energiförbrukning.

Två exempel från United Defense presenterades. Det första handlade om avlägsnande av färgskikt, s.k. "paint stripping", från kompositdetaljer. Med en diodlaser som pulsade med 6 kHz kom man upp i processhastigheter

på 40 m/min, vilket innebar att man kunde avverka ett område på 40 m<sup>2</sup> på 1 timme. I det andra exemplet hade diodlaser använts för svetsning av kanistrar till missiler. Det rörde sig här om stumsvetsning med tillsatstråd av 2-3 mm tjockt kolstål vilket svetsades med 0.6 m/min. Man använde sig av en CO<sub>2</sub>/Ar-skyddsgasmix och trådmattningshastigheten låg på 1.0 m/min. Tidigare hade dessa kanistrar svetsats med MIG, och eftersom varje enhet kräver 150 fot svets (ni får själva göra omvandlingen till meter) hade distorsionerna varit omfattande. Detta problem hade mer eller mindre eliminerats vid övergången till lasersvetsning. Dessutom användes 5 gånger mindre tillsatsmaterial, utan att den ibland förekommande dåliga passningen mellan detaljer vållade några problem. Slutligen menade man att man gjort en 30%-ig kostnadsbesparing genom bytet av svetsmetod.

Det tredje exemplet hade Mr. Haake hämtat från bilindustrin. Även här handlade det om "paint stripping", där diodlaser hade ersatt mekanisk avverkning med abrasivt hjul. Det aktuella företaget kör vad man i USA kallar "round the clock production" eller "24/7" utan några störningar och med en tillgänglighet på 99%.

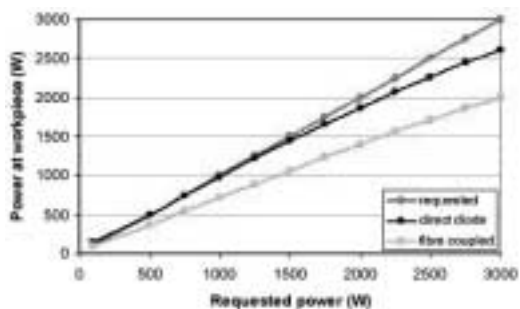
Under den avslutande frågestunden svarade Mr. Haake att man inte kunnat se någon skillnad mellan pulsad eller kontinuerlig drift vad gäller diodernas livslängd. Slutligen nämndes, bland användningsområden inom bilindustrin som man fått förfrågningar om; påläggning, lödning, böjning och värmebehandling.

Niels Kersten från Netherlands Institute for Metals Research (Delft, NEL) pratade om s.k. kosmetisk svetsning där diodlaserns större fokalpunkt kan vara att föredra. Försök med värmeledningssvetsning hade genomförts på 1.0 mm tjock aluminium (AA2024) och 0.5 mm rostfri plåt (AISI 316L) och huvudsyftet hade varit att utvärdera olika skyddsgaser, skyddsgasflöde, svetsningsvinklar och fokalpunktspositioner. Ett 3 kW-



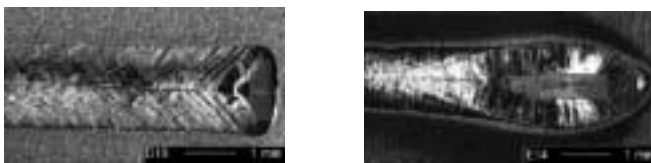
Figur 9. Direktverkande diodlaser (t.v.) och fiberkopplad dito (t.h.) monterad på en Staubli RX170 robot för svetsningsförsök vid Netherlands Institute for Metals Research.

system från LaserLine (LDL 3000-160) med en våglängd på 808 nm hade använts vid försöken och man hade utvärderat lasern såväl direktverkande som fiberkopplad [Figur 9]. Den fiberkopplade varianten uppvisar överraskande stora effektförluster [Figur 10]. Vid svetsningen av det rostfria materialet gav Argon som skyddsgas den minst stabila processen. Helium visade sig vara ett bättre val, och vad gällde skyddsgasflödet hade dess inflytande störst betydelse vid låga svets hastigheter. Fokalpunkten fick sin mest regelbundna form då den placerades på plåtens ovasida. Vid en placering 5 mm ovanför ytan kom fokalpunkten att projiceras större men snedare på ytan.



Figur 10. Uppmätning av lasereffekten på arbetsstycket; jämförelse mellan fiberkopplad och direktverkande diodlaser.

Eftersom vi hela tiden har att göra med en rektangulär fokalpunkt hade man även undersökt olika orienteringar i horisontalplanet. Inte så förvånansvärt gav en mot svetsriktningen vinkelrätt placerad fokalpunkt den lägsta svets hastigheten, medan en parallellt placerad fokalpunkt gav den djupaste penetrationen [Figur 11].



Figur 11. Toppvy och svetsvärnsnitt vid diodlasersvetsning med olika orientering av den rektangulära fokalpunkten.

Vid aluminiumsvetsningen hade en mängd olika defekter kunnat observeras såsom krater- och centerprickor, såväl som mikro- (<<0.01 mm) och makroporer i svetsens rot och centerlinje. Professor Matsunawa från Osaka University, som har långvarig erfarenhet just vad gäller porbildning vid lasersvetsning i aluminium, menade att det var svårt att förklara fenomenet i det här fallet eftersom det inte var fråga om någon nyckelhåls-svetsning.

Juan Pou från Universidad de Vigo (Vigo, ESP) redogjorde för svetsförsök av det tämligen svårsvetsade stålet AISI1045. Det har en kolhalt på 0.43-0.50%, vilket medför ett kraftigt hårdnande vid den värmeförsel som förekommer vid konventionella svetsmetoder. Som laserkälla hade man använt Rofin Sinars RS DL015, med en våglängd på 940 nm och en garanterad effekt på arbetsstycket på 1.5 kW. Vid stumfogssvetsning av ovan nämnda material i 5.0 mm tjocklek hade man legat i intervallet 2-4 mm/s i svets hastighet. Man hade i sina försök påvisat att svets hastigheten hade en avgörande inverkan på makrostrukturen i svetsen. Vid låga svets hastigheter erhöles en bainit/martensit-struktur, medan man vid hög svets hastighet kombinerad med hög effekt hade fått en ferrit/perlitisk kornstruktur.

Ju högre sträckenergi som användes desto bättre makrostruktur fick man i svetsgodset, vilket gjorde att för den slutgiltiga svetsningen "krämade" man ut 1650 W ur lasern och svetsade med 1.6 m/min. Vid denna relativt höga svets hastighet blev penetrationen blott 2.7 mm, varför man fick utföra svetsningen från två håll. Uppmätta data av svetsgodset gav vid handen att brottgränsen för svetsen låg på 619 MPa. att jämföras med grundmaterialets 821 MPa. Brottförlängningen för grundmaterialet är 18%, och här hade en kraftig reduktion ner till 3% skett i svetsgodset. Att använda sig av ett bocktest för validering av svetsens kvalitet ifrågasattes av auditoriet. Detta med tanke på att den andra svetsen ger en eftervärmning av en den första, och därmed blir det betydelsefullt från vilket håll man ansätter bockverktyget.

Den sista presentationen i denna session gjordes av Brian Bryden från University of Nottingham (Yukon, Nottingham, UK), och handlade om HPDL-svetsning av titanlegeringen Ti6Al2Sn4Cr2Mo. Som laserkälla hade man använt Rofin Sinars 2.5 kW-system, DL025. Eftersom skyddsgasmiljön är viktig vid svetsning av ett dylikt exotiskt material hade man utvecklat en innovativ lösning som bestod i att man hade hela arbetsstycket omslutet av en plastpåse för att därigenom ge ett komplett gasskydd. Vid skyddsgasutvärderingen hade man inte kunnat finna några skillnader mellan Helium och Argon. En tänkbar applikation för detta material är gasturbinmotorer, och därför hade adekvata plåttjocklekar utvärderats vid svetsningen. Med en uteffekt på 1.8 kW erhöles följande svets hastigheter:

- Plåttjocklek 1.0 mm = 0.75 m/min
- Plåttjocklek 2.0 mm = 0.25 m/min
- Plåttjocklek 3.0 mm = 0.05 m/min

För att få ett någorlunda kvalitativt svetsvärnsnitt i det senare fallet måste svetsningen ske från båda sidor.

En intressant observation var den att svetsbredden har en tendens att öka vid tunnare plåt även om svetsningen sker snabbare. Detta förklarades med att olika tjocklekar medför olika värmeledningförmåga och därmed olika värmeflöden. Som avslutning visade Dr. Bryden lite kuriosa från de inledande svetsförsöken där han kallade resultatet för "samtidig svetsning och skärning" ("simultaneous welding and cutting"). I en T-fog hade man nämligen lyckats svetsa in en plåt vinkelrät mot den andra, men då processparametrarna inte var optimerade skar man samtidigt isär den övre plåten [Figur 12].



Figur 12. När det inte riktigt går som man tänkt sig! S.k. "samtidig svetsning och skärning"; en kuriositet från diodlaserförsök vid University of Nottingham.

Se denna artikel som en första avrapportering från ICALEO 2003 i Jacksonville, FL. I nästa nummer av LaserNytt kommer jag att fortsätta med rapporteringen. Då kommer jag att redogöra för två andra "heta" ämnen inom laserns värld, nämligen den mycket aktuella metoden laserhybridsvetsning samt det senaste tillskottet bland laserkällor: fiberlasern. Dessutom kommer jag att lyfta fram andra nyheter och innovationer, såsom lasern som verktyg vid oljeborring, sågning av betongblock med "fina" yresultat samt CO<sub>2</sub>-transmission i optisk fiber.



# Lasern

## – från exotisk metod till en arbetshäst i verkstaden

Av Gunnar Lindén, Air Liquide AB



Gunnar Lindén, Air Liquide AB.

Användningen av lasertekniken i verkstadsindustrin har ökat starkt under de senaste femton åren. Metoden var från början ansedd som exotisk och tekniskt krävande. Den var mer lämplig i forskningslaboratorierna än i verkstäderna. Den fysikaliska förklaringen till laserstrålens egenskaper var också svår att förstå. Men nu har metoden blivit vanlig och har fått en allmän utbredning. Främst gäller detta laserskärning men lasersvetsning kommer alltmåra liksom andra tillämpningar där en mycket koncentrerad värmning krävs. Vanligast är koldioxidlasern med en laserkälla som innehåller en blandning av gaser. Nu ser man också flera Nd:YAG-lasrar, där laserstrålen bildas i ett fast ämne i stället för i en gasblandning. De används i allmänhet vid svetsning. Laserstrålen har i detta fall en våglängd som gör att den kan ledas i en optisk fiber. Det innebär stor flexibilitet i rörelsemönstret och gör att robotar lättare kan användas för att hantera lasersvets- eller laserskärhuvud.

### Låga tillverkningskostnader

Fördelarna med en mycket hög och koncentrerad energi på arbetsstycket är höga bearbetningshastigheter med liten värmepåverkan på materialet intill svets eller skärnitt kombinerat med bra kvalitet. Deformationerna blir små och efterarbetet litet. En nackdel för svetsapplikationer är stora krav på fogens toleranser och placering.

Genom kombinationer av laser och bågs svetsning s.k. laserhybrids svetsning har toleranskraven blivit mindre. Investeringar i laseranläggningar blir högre än för tidigare metoder men totalt sett ger metoden i flertalet fall låga tillverkningskostnader. Minskad efterbearbetning t ex riktning påverkar också ekonomin positivt.

### **Samspel mellan alla ingående delar**

För att kunna klara högre bearbetningshastigheter och kortare genomloppstid krävs produktionsutrustningar med höga prestanda. Den exotiska processen som nu har blivit en vanlig tillverkningsprocess blir en del i en produktionsanläggning. Kostnaden för lasern blir endast en del eller till och med i vissa fall en mindre del av den kostnaden för hela anläggningen. Lasern är ändå den centrala delen. Fungerar inte denna med hög tillförlitlighet kommer det inte ut några färdiga produkter. Detta kräver ett samspel mellan alla ingående delar dvs. själva lasern, gasförsörjning till laser och process, speglar, linser, strålgång etc. Idag är tillförlitligheten god på de ingående delarna. Gaserna måste ha rätt renhet och gas-systemet skall se till att behålla denna renhet fram till lasern med de flöden och tryck som krävs. För koldioxidlasrar gäller detta både gasen till laserkällan och till processen medan det för Nd:YAG-lasrar enbart gäller processgasen.

*”öppenheten har varit stor mellan alla som deltagit, både dem som haft stor erfarenhet och varit nybörjare inom området”*

### **Lasergruppen sprider kunskap**

Lasergruppen speglar vad som händer inom laserteknikens användning i verkstadsindustrin. Detta sker både genom de regelbundna träffarna och genom Lasernytt, som utkommer tre gånger om året. Självt har jag haft förmånen att under många år få vara med på Lasergruppens laserdagar och dessutom suttit med i styrelsen flera perioder. Enligt min mening har Lasergruppen aktivt bidragit till att sprida kunskap och erfarenhet om laseranvändning på ett mycket bra sätt. Öppenheten har varit stor mellan alla som deltagit, både dem som haft stor erfarenhet och varit nybörjare inom området. Användare har också fått del av kunskaper från forskare, leverantörer av utrustning och gas, materialleverantörer m.fl. Detta har kombinerats med praktiska erfarenheter från produktionen som har presenterats i föredrag eller utbytts vid direkta kontakter mellan deltagarna. Det har alltid varit möjligt att fokusera på tekniken och på de tekniska lösningarna och bortse från att man ibland har

varit konkurrenser. Jag tror att detta på ett verksamt sätt bidragit till ökad laseranvändning och bättre utnyttjande av teknik och anläggningar.

Genom de seminarier som regelbundet hålls har också tekniken spridits till nya grupper t ex konstruktörer. Blir inte de nya möjligheterna kända redan i konstruktionskedjet är det svårt att få mer allmän spridning. Detta gäller i särskilt hög grad för lasersvetsning. Genom den nya Europacertifierade utbildning inom lasersvetsning som startades vid Luleå Tekniska Universitet under förra året kan kunskapen fördjupas hos dem som planerar att använda de nya möjligheterna. Svetskommissionen svarar för examineringen enligt de riktlinjer som tagits fram på europeisk nivå.

### **Helt nya möjligheter**

En gång alldeles i början av 1990-talet träffade jag de produktionsansvariga vid ett större svenskt företag. Man hade hört talas om den då ganska okända laserskärningens möjligheter att skära i allt grövre material. Det hade gett en idé om att utnyttja metoden för att ta fram detaljer med större noggrannhet och därigenom lättare kunna robotsvetsa. När man skar sina detaljer med hjälp av laser skulle man ju också kunna laserskära delar till fixturerna noggrannare och enklare eller att utforma detaljerna så att de blev självfixerande d.v.s. att fixturer skulle kunna undvikas eller förenklas. Helt nya möjligheter erbjöds.

*”därför tror jag att vi behöver dela erfarenheter, informera och utbilda inom lasertekniken”*

Detta var tidiga tankar som idag har omsatts till verklighet på många ställen och inneburit stora positiva förändringar. Därför tror jag att vi behöver dela erfarenheter, informera och utbilda inom lasertekniken. På det sättet kan vi bli bättre på att konstruera och producera och att stärka konkurrenskraften. Lasergruppen är ett forum för detta informationsutbyte. Är du inte redan med i Lasergruppen rekommenderar jag dig att bli medlem eller att tipsa andra att bli med för att lära och dela erfarenheter.

# Stororder gav ”flygande start” för Bystronics nya service- och democenter



Pullmax Scandinavias VD Milan Lexén kunde i början av december överlämna en ”present” till Bystronics koncernchef Ferdi Töngi. Det var den första ordern på en Byspeed 3015 Bylaser 5200 ARC, företagets nya flaggskepp inom laserskärning. Denna maskin kommer under våren att installeras hos Laserkraft i Bredaryd. Överlämningen skedde i samband med middag och högtidlig invigning av Bystronics nya service- och democenter i Arlandastad (Märsta).

-Det här var en extra knorr som ytterligare lyfte tillställningen och en bra start på verksamheten i den nya lokalerna, säger Johan Elster, VD för Bystronic i Sverige.

Bystronic och Pullmax är två företag som specialiserat sig på plåtbearbetningsmaskiner. Pullmax står för marknadsföring av Bystronics produkter och för sina egna stansmaskiner. Bystronic sköter service och eftermarknad för Bystronic-produkterna.

I mitten av 80-talet tillverkade Bystronic sin första laserskärningsmaskin. Tekniken var då i sin linda och få fungerande maskiner fanns då inom plåtindustrin i världen.

Tekniken har sedan utvecklats mycket snabbt. Bystronic har idag ca 2800 anställda, omsätter ca 5,3 miljarder kr och är en av de största tillverkarna i världen inom sitt gebit, skärlassrar för plåt.

1989 startade samarbetet Pullmax – Bystronic. Laserskärning passade väl in i Pullmax program där ju

stansmaskiner, gradsaxar och kantpressar sedan tidigare var huvudprodukter.

## Unikt samarbete

– Det här innebär att vi har ett för Bystronics del helt unikt samarbete med Pullmax avseende den skandinaviska och den brittiska marknaden, säger Bystronics koncernchef Ferdi Töngi. På övriga marknader agerar vi med eget folk. Men det har visat sig att samarbetet mellan Bystronic och Pullmax ger mycket bra utfall, i vissa fall fungerar det t o m bättre än på andra marknader.



Bystronics VD Johan Elster invigningstalar.

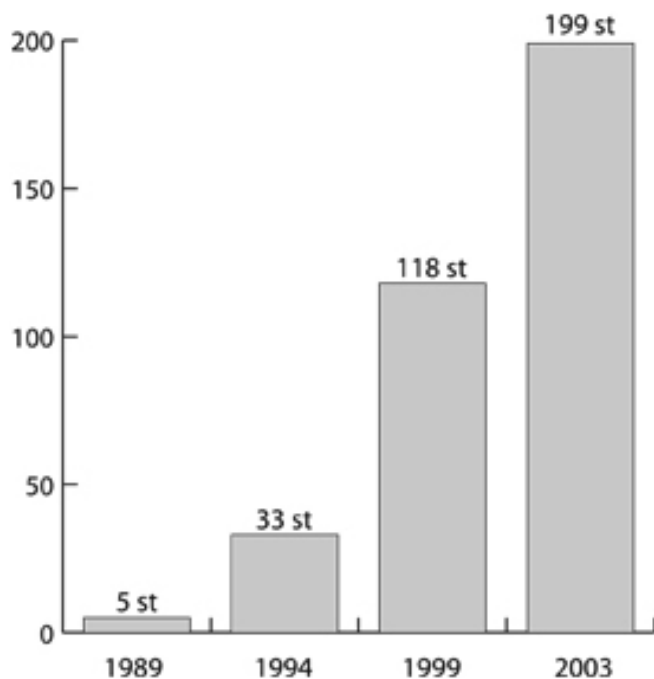


Koncernchef Ferdi Töngi klipper bandet och förklarar lokalerna invigda.

Samarbetet Pullmax/Bystronic har alltså varit framgångsrikt redan från start. Många kunder var beredda att satsa på den nya tekniken, laserskärning, som gav stora fördelar.

Sedan 1989 har antalet levererade Bystronic lasermaskiner ökat i snabb takt i Sverige:

– Kunderna i Skandinavien är krävande och kompetenta, vilket gör det till en intressant marknad, säger Ferdi Töngi.



Bystronics försäljning i Sverige, antal sålda maskiner.

### Bystronic nya servicecenter

Den snabba expansionen krävde ständigt mera resurser för teknisk support och service. I december var det därför dags för Bystronic att inviga sitt nya servicecenter med demohall på totalt ca 900 kvm i Arlandastad (Märsta). Här kommer ett 10-tal personer att arbeta mer stationärt och det blir förstås också samlingspunkten för de ytterligare 20-tal personer som arbetar med service av de ca 300 maskiner som Bystronic levererat i Norden.

– Vi var alldeles för trångbodda på gamla stället. Nu har vi fått betydligt bättre möjligheter att serva våra kunder och har även utrymme för kommande expansion, säger Johan Elster, VD för Bystronic i Sverige.

### Ett bra komplement

Även Pullmax Scandinavias VD Milan Lexén var mycket nöjd.

– Här kommer vi att kunna demonstrera maskiner med



Besökarna fick gå runt och titta på de olika nyheterna, bl a denna Bystronic Byspeed 4,4 kW som klarar att skära upp till 600 hål per minut.

tonvikt på laserskärning och kantpressning, vilket blir ett bra komplement till vår egen utställningshall i Göteborg där vi främst visar stansmaskiner. Lokalerna här i Arlandastad ligger perfekt till, enkelt för kunder att nå med både bil och flyg.

Invigningen förrättades av Bystronics koncernchef Ferdi Töngi och Pullmax koncernchef Torwald Olsson.

Ett 100-tal kunder från runt om i Sverige passade på att ta en titt på de nya lokalerna samtidigt som man kunde studera de tekniska nyheterna som visades på de utställda maskinerna.

### Imponerade kunder

– Det är roligt att få presentera en rad nyheter och besökarna har varit imponerade över de tekniska specifikationerna. Mest intresse har det kanske varit vid den nya snabba laserskärningsmaskinen Byspeed 4,4 kW som klarar att skära upp till 600 hål per minut! säger Johan och Milan. Men även skärning av 25 mm stål, 20 mm rostfritt och 12mm aluminium gjorde intryck på många kunder.

### Hämmerle – Beyeler

I Bystronic-koncernen ingår numera även schweiziska Hämmerle och tyska Beyeler.

Hämmerle tillverkar en serie kantpressar mellan 60 – 225 ton med ett patenterat 3-punkts bocknings-system som alltid ger exakt vinkel trots maskinens fjädring, plåtens återfjädring och variationer i plåttjocklek.

Beyeler tillverkar kantpressar med 30 – 4500 tons presskraft som har all den moderna teknologi och utrustning som finns på marknaden idag.

Beyeler tillverkar även gradsaxar med kapacitet 4 – 40 mm klippkapacitet.

Beyeler-maskiner finns i stort antal på svenska marknaden sedan tidigare men ingår nu även i samarbetet Bystronic/Pullmax.

### Utställda maskiner

Bystronic Byspeed 4,4 kW, den supersnabba laserskärmaskinen som kan skära upp till 600 hål med 2 mm diameter per minut alternativt 270 stycken med 10 mm diameter. Båda dessa alternativ har en precision på  $\pm 50 \mu\text{m}$ . Detta är möjligt tack vare DHM (Direct Helical Motor drive) som ger en axelacceleration på upp till  $30 \text{ m/s}^2$ . DHM är en teknologi som utvecklats av Bystronic och här har vidareutvecklats för att möjliggöra ännu högre produktivitet. DHM ger tre gånger högre vridmoment jämfört med andra produkter på marknaden och de båda drivaxlarnas arbetstemperatur övervakas för att säkerställa lång livslängd. Den mobila enheten där skärhuvudet sitter har gjorts så lätt som möjligt för att kunna hålla hög hastighet med bibehållen precision. Både konstruktion och mjukvara har utformats för att motverka överföring av vibrationer. Dessutom finns med Byspeed 4,4 kW en ny möjlighet att börja skärprocessen med ”flygande start”.

Den starkare 4,4 kW-lasern kan skära stål i tjocklek upp till 25 mm, 20 mm rostfritt stål och 12 mm aluminium.



Bylaser 5200. En ny höghastighetslaser som ökar produktiviteten med upp till 30 procent.

Låg vikt och maximal dynamik har varit i fokus under utvecklingen av den nya Byspeed 4,4 kW som inte är tyngre än att den kan placeras på ett vanligt 300mm tjockt industrifundament. Maskinens konstruktion är så stabil att den inte ens behöver bultas fast i golvet. Självklart är också hela arbetsområdet skyddat under pågående skärning och mycket lätt åtkomligt via en skyddsörr på långsidan.



Skärhuvud i närbild under laserskärning.

### Bylaser 5200 ARC

En ny högkapacitets-laser i segmentet över 5 kW. Nyutvecklad direktkyld optik i resonator och maskin tar effektivt hand om den höga effekten. Integrerad ARC (Adaptive Radius Control) och en störningsfri kraftöverföring garanterar säker drift, kvalitet och prestanda. Sammantaget leder detta till en upp till 30 % snabbare produktion. ARC-systemet optimerar automatisk stråldiameter och mode beroende på material och tjocklek. Dessutom har lasern en automatisk effekt reglering som säkerställer önskat utgångseffekt för optimal produktion.

### Beyeler PR6 med PR+ i modell 60 x 2050

Detta är en maskin med 60 tons presskraft och 2050 mm bocklängd, utrustad med styrsystem Cybtec DNC 1200. Denna kantpress har 4-axligt bakre anslag och är uppbyggd efter ett koncept som gör kantpressning enklare vad gäller handhavande, precision och säkerhet. Den är utrustad med bl a dynamisk tjockleksmätning, dynamisk kompensation för utböjning av stativet, dynamisk bomboring och återfjädringsmätning. Det gör att man har kontroll på presskraft och vinklar under hela processen. Kraften kan utnyttjas optimalt och kompensation sker automatiskt under pågående pressning. Bl a är det möjligt att bocka samma profiler i olika plåttjocklekar utan omställning.

Beyeler har den senaste tiden förfinat detta koncept genom bl a förbättrade sensorer, vilket gör det möjligt att t ex låta maskinen kompensera automatiskt för ändrade förutsättningar beroende på om komponenten har skurits längs eller tvärs plåtens valsriktning.

Givetvis har Beyelers PR-modeller också en komplett säkerhetslösning med AKAS laserutrustning för att eliminera klämrisker.

### **Virtek Laser QC lasermätningstrustning**

En lasermätningstrustning för 2D-komponenter som ger mycket snabb mätning av skurna detaljer, man kan räkna med ca 5 % av normala tiden eller under 20 sek för en produkt. Mätresultaten visas direkt på skärm och jämförs med gällande ritning. Resultatet kan distribueras vidare till företagets IT-system. Det är också möjligt att generera DXF-filer.

Utrustningen är självkalibrerande och kan placeras direkt vid produktionsstället.

Maskinen är också mycket enkel att hantera.

De olika användningsområdena är t ex att ge säkra mätresultat vid uppstart av produktion, kvalitetssäkring under full produktion och att öka säkerheten genom mätkontroll av komponenter från underleverantör.

### **Vad säger då kunder som besökte invigningen?**

**Kjell Sjöblom, Pritona AB, Njurunda:**

– Det är roligt för Bystronic att få nya lokaler och democenter. Det blir förstås enkelt för oss kunder att komma hit. Inför våra investeringar har vi besökt Bystronic i Schweiz, och det är ju också trevligt.

Vi har nyligen installerat en ny Bystar med 4,4 kW resonator för större plåtar 6,5 x 2,5 meter. Vi är kanonnöjda med den, den har gått 880 timmar på en och en halv månad!



– Vi är mycket nöjda med vår senaste investering i en Bystar med 4,4 kW resonator för större plåtar 6,5 x 2,5 meter, sa Kjell Sjöblom, Pritona AB, Njurunda.

**Sven Olsson, EM Eriksson Plåt AB, Borlänge:**

– Det var mycket intressant att se nyheterna här. Bland annat tycker jag att Bystronic går ett steg längre när det gäller att integrera mjukvaran för laserskärning till bockning.

– Vi har haft en mycket bra utveckling och faktiskt ökat från en laserskärningsmaskin 1994 till för närvarande

fyra laserskärningsmaskiner, varav tre från Bystronic. Vi har specialiserat oss på laserskärning och bockning av större detaljer till fordon, kranar, dumprar, siktar och liknande.



– Mycket intressant att titta på alla nyheter, tyckte Sven Olsson, EM Eriksson Plåt AB, Borlänge.

### **Sammanfattning**

Det var glada miner och stor optimism bland både kunder och arrangörer under invigningen av Bystronics nya service- och democenter i Arlandastad. Flera av kunderna berättade att de har i år, trots den rådande lågkonjunkturen, haft en mycket bra utveckling och ser framtiden an med tillförsikt.

# Diodlasern - en laser i tiden

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

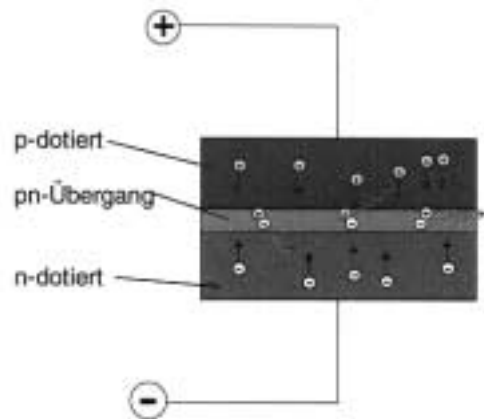
Diodlasrar används allmänt inom kommunikation, datorteknik (optisk lagring och läsning) och hemelektronik och bildar en av grundstenarna i det moderna kommunikationssamhället. Dessa tillämpningar använder diodlasrar i mW området. Den grundläggande tekniken uppfanns och utvecklades redan på 1960-talet. Men sedan några år finns också diodlasrar i kW området vilka används i industriella processer som t.ex. svetsning och ytbehandling. Men grunden till denna teknologi är fortfarande den lilla mW lasern, som i ett stort antal kombineras och integreras i kompakta system med högteknologiska mekaniska och optiska tekniker. Detta ger en laser med hög verkningsgrad, hög effekt och liten storlek. En fler- kW diodlaser är inte större än en större skokartong. Den korta våglängden på 800-900 nm ger också en högre absorption i metalliska material jämfört med de konventionella industrilaserarna.



Figur 1. Diodlasern är en mycket kompakt lasertyp med hög verkningsgrad. Här exempel ur LaserLines GmbHs produktprogram.

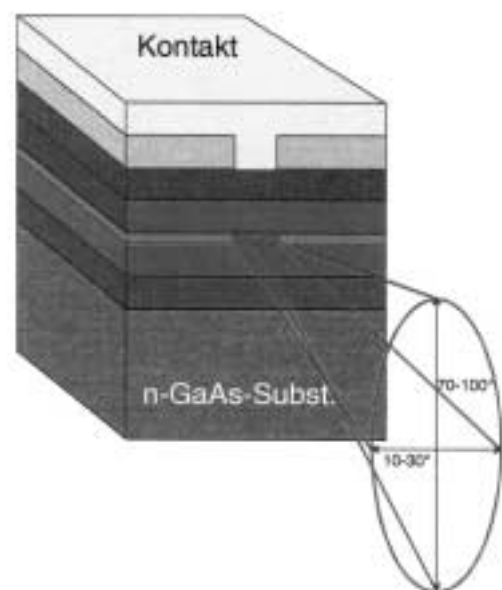
## Diodlaserns uppbyggnad

Diodlasertekniken bygger på principerna från halvledartekniken genom att man använder p- och n-dopad halvledarmaterial som kombineras till ett halvledarelement. Gränsszonen mellan de två materialtyperna kallas på



Figur 2. Emission av ljus i en p-n övergång i ett halvledarmaterial är grunden för diodlasertekniken.

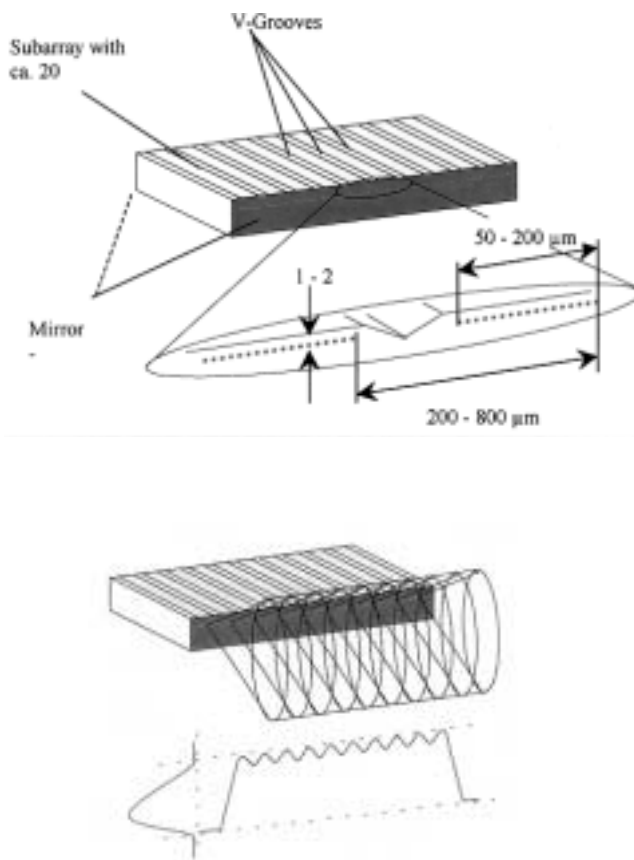
halvledarspråk för "övergångar" och det är i denna gränsszon som laserstrålen skapas i en diodlaser. Genom att lägga en positiv spänning på p-sidan och en negativ på n-sidan skapas en kraftig ström mellan materialen. Elektronerna från det n-dopade materialet slår sig samman med "hål" från det p-dopade och då frigörs energi som i vissa typer av p-n övergångar består av ljus. Laserljus kan skapas om strömtätheten i övergången är så stor att emissionen av elektron-hål paren överstiger absorptionen i övergången, dvs. vi har en s.k. inverterad population, vilket är en förutsättning för laserverkan.



Figur 3. Schematisk uppbyggnad av ett diodlaserelement. Observera att laserljuset divergerar kraftigt i en riktning. Laserstrålens dimensioner är här ca 1x5 µm.

I praktiken byggs ett diodlaserelement av många olika dopade lager av t.ex. GaAlAs som ibland bara har en tjocklek av några få atomlager. Laserljuset emitteras från ett lager som är mindre än 1  $\mu\text{m}$  tjockt. Med moderna CVD-processer så skapas en sandwich-struktur där den aktiva zonen är inringad av material med lägre brytningsindex, så att den emitterade strålningen befinner sig i en vågledare och den kan bara utbreda sig en elementets längdriktning. Bredden på den aktiva zonen blir begränsad till ca 5  $\mu\text{m}$ . Laserresonatoren skapas slutligen genom att elementets ändrar beläggs med ett ytskikt som i ena änden är totalreflekterande och i den andra halvgenomskinligt. Laserljuset divergerar kraftigt i pn-övergångens riktning men betydligt mindre i riktningen parallell med pn-övergången. Lasereffekten från ett laserelement är inte större än ca 10 mW.

För att öka effekten på diodlasern kombineras många laserelement till en laserstav med högre effekt (eng. HPDL-bar = high power diode laser bar). Typisk storlek på en sådan laserstav (t.ex. Siemens BG94) är 10x 6 x 0,1 mm vilken innehåller 20 fält med 25 enskilda laserkällor vardera, alltså totalt 500 laser individuella laserkällor. Uteffekten är nu i storleksordningen 10-50W beroende på kylningen. Tabell 1 ger några typiska data.



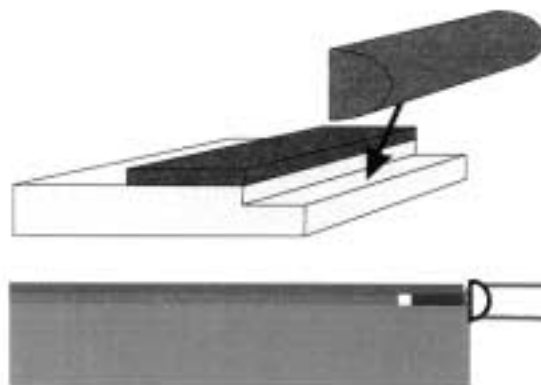
Figur 4. Uppbyggnad av en laserstav (eng. HPDL-bar) med uteffekt på upp till 50W.

Diodlaser har en verkningsgrad på 30-50 %, vilket i lasersammanhang är mycket hög, men trots detta skapas en ansevärd mängd överskottsvärme som måste avlägsnas via den lilla laserstavens yta. Den monteras därför på en vattenkyld kopparplatta som innehåller ett nätverk av små kylkanaler, vardera med en tvärsnittsytta på ca 0.3x0.3  $\text{mm}^2$ . Kanalerna byggs i olika skikt för att optimera kylningen. Med denna effektiva kylning kan halvledaren drivas med strömmar på upp till 50A vilket ger en lasereffekt på ca 50W. Monteringsnoggrannheten av laserstavarna på kylplattorna måste vara bättre än 2  $\mu\text{m}$  samtidigt som krökningen av staven vinkelrät mot den optiska axeln måste vara mindre än 1  $\mu\text{m}$ . Här ligger mycket know-how i konsten att tillverka diodstavar av hög kvalitet.

**TABELL 1: TYPISKA DATA FÖR EN DIODLASERSTAV**

Storlek	10.0x0.6x0.115 mm
Effekt	10-50 W (beror bl.a.på kylningen)
Våglängd	808, 940, 980 nm (andra våglängder är möjliga)
Divergens	Ca 90x10 grader
Verkningsgrad	30-50%

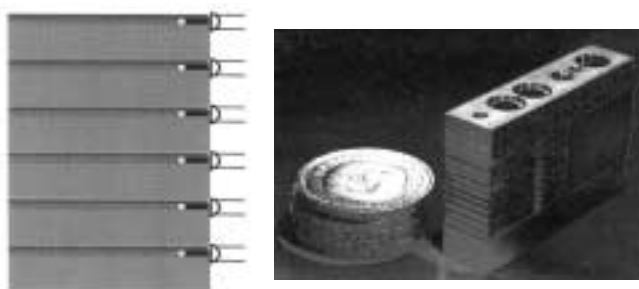
Divergensen hos laserljuset ena riktning är alltså så stor som 90° och därför placeras en mikrolins på kylplattan framför laserstaven, vilket ger en parallell stråle. Även monteringen av mikrolinsen måste ske inom någon mikrometer när.



Figur 5. Med en mikrolins bryts laserstrålen till en parallell stråle i ena riktningen.

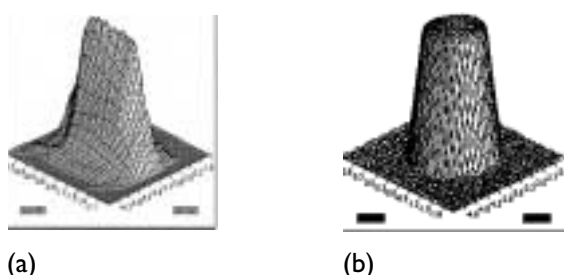
Flera av dessa laserstavar kan placeras på varandra i en stapel (eng. stack) och ca 1 kW kan fås ur en sådan stapel. Strömmen drivs nu genom dioderna och kylplattorna, som verkar som elektroder. För att ytterligare öka effekten kan två eller tre laserstaplar kombineras genom speciella optiska arrangemang. Flera sådana två-

eller tre-kombinationer av laserstaplar kan i sin tur riktas längs samma optiska axel genom våglängds- eller polarisationskoppling.

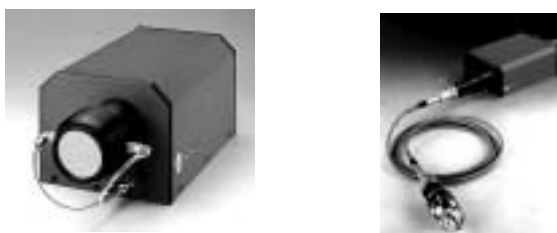


Figur 6. Diodlaserelementen kombineras till en stapel. Som mest kan ca 30 element kombineras vilket ger en uteffekt av ca 1 kW.

Med dagens teknologi kan man tillverka diodlasrar med 6 kW effekt. Strålprofilen är typiskt en s.k. top-hat profil i ena riktningen och en gaussisk i den andra. Detta gäller dock bara i fokalplanet eftersom strålformnings- och avbildningsoptiken är optimerad för att ge bästa överlagring av de individuella strålarna i detta plan. Utanför fokalplanet sker en väsentlig förändring av strålintensitetsfördelningen varför en alltför stor defokusering inte rekommenderas. Om en optisk fiber används till strålöverföring av en diodlaserstråle så skapas en rund, platt strålprofil i fokalplanet. Men även om den runda strålen bibehålls så kan det ske stora förändringar i intensitetsfördelningen om man går utanför fokalplanet.



Figur 6. Typisk intensitetsfördelning i fokalplanet hos en standardstråle från en diodlaser (a) och från en stråle överförd via fiberoptik (b).



Figur 7. Direktverkande och fiberkopplad diodlaser av fabrikat LaserLine GmbH.

Det finns flera tillverkare av diodlasrar. Tabell 2-3 visar tekniska data för två europeiska tillverkare som båda har direktverkande och fiberkopplade lasrar i produktprogrammet. För de senare var state-of-the-art 2002 att 2 kW kan kopplas till en fiber med diameter på 1 mm.

**TABELL 2. TEKNISKA DATA FÖR DIREKTVERKANDE DIODLASRAR FRÅN LASERLINE GMBH.**

Power W	Fast Axis x Slow Axis mm mrad x mm mrad	Focus Size* mm <sup>2</sup> (FWHM)	Wavelength nm
6000	85 x 400	0,9 x 4,0	800 - 940
4000	85 x 400	0,9 x 4,0	800 - 940
3000	85 x 200	0,9 x 2,0	800 - 940
2000	85 x 135	0,9 x 1,4	800 - 940
1500	85 x 100	0,9 x 1,0	800 - 940
1000	60 x 80	0,6 x 0,8	800 - 940
700	60 x 60	0,6 x 0,6	800 - 940
500	40 x 50	0,45 x 0,55	800 - 940
300	40 x 40	0,45 x 0,45	800 - 940

\* with F=100mm

Dimensions: 344mm x 140mm x 234mm (length x width x height)

Weight: 18 kg

**TABELL 3. TEKNISKA DATA FÖR ROFIN SINAR DIREKTVERKANDE DIODLASRAR.**

ROFIN DL 020	ROFIN DL 025	
Wavelength	940 nm + 10 nm	
Output power	2000 W cw	2500 W cw
Power range	200 - 2000 W	250 - 2500 W
Min. focus size (86%)	1,5 x 3,8 [mm]	1,5 x 3,8 [mm]
At focal length	50 mm	50 mm

ROFIN DL 028 S*	ROFIN DL 031 S*	
Wavelength	808 nm + 10 nm und 940 nm + 10 nm	
Output power	2800 W cw	3100 W cw
Power range	300 - 2800 W	300 - 3100 W
Min. focus size (86%)	1,3 x 1,3 [mm]	1,3 x 1,3 [mm]
At focal length	66 mm	66 mm

ROFIN DL 035 H	ROFIN DL 050 H	
Wavelength	808 nm + 10 nm und 940 nm + 10 nm	
Output power	3500 W cw	5000 W cw
Power range	350 - 3500 W	500 - 5000 W
Min. focus size (86%)	7 x 15 [mm]	7 x 15 [mm]
At focal length	332 mm	332 mm

### Användningsområden för diodlasrar

Högeffekt diodlasrar består som tidigare beskrivits av ett stort antal enskilda lasrar vilka kopplas samma för att leverera lasereffekter i kW-området. Som en naturlig konsekvens av detta blir inte strålkvaliteten speciellt bra om man jämför med t.ex. CO<sub>2</sub>-och Nd:YAG-lasrar. Strålparameterprodukten varierar, beroende på laser-effekt, mellan 10 till 500 mm mrad. Detta utesluter diodlasrarna från traditionella processer som skärning av tjockare metalliska material och märkning. Däremot har nyckelhållsvetsning demonstrerats för svetsning i rostfritt stål med en 2,5 kW diodlaser med strålstorlek 1,0x1,2 mm, vilket ger en effekttäthet av 2x10<sup>5</sup> W/cm<sup>2</sup>. Men fortfarande är arbetsavståndet kort (typiskt 30-80 mm) och svetshastigheten låg (1,4 m/min för 2 mm plåt) varför diodlasrar inte ännu kan konkurrera med de övriga industrilasrarna för denna applikation.

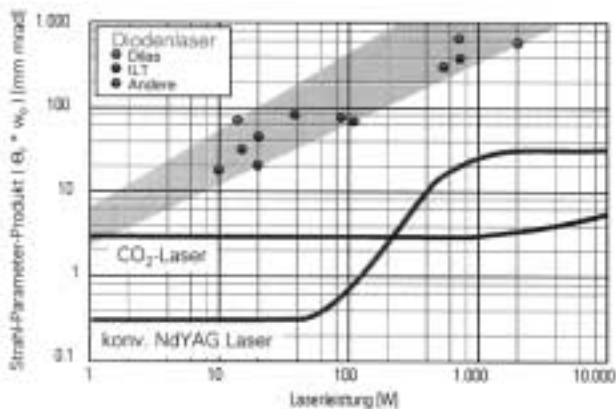
Diodlasrarna är däremot utmärkta för:

- värmeledningssvetsning
- svetsning av plaster
- lödning
- härdning
- påsvetsning

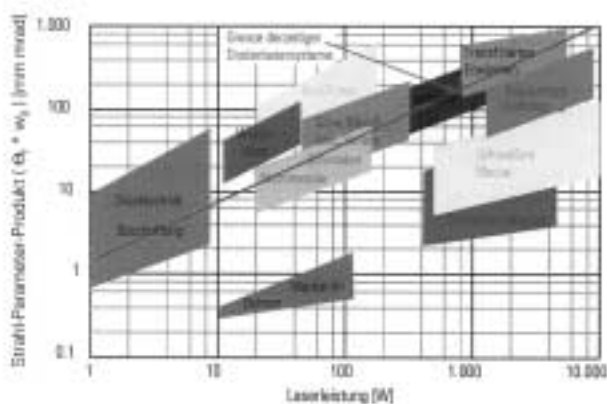
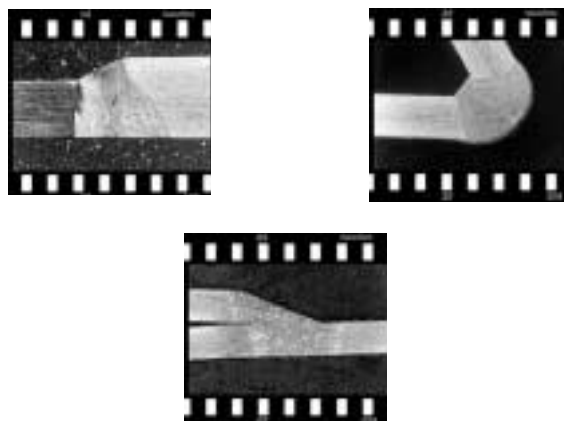
Utvecklingen går mot allt bättre strålkvalitet så i framtiden kommer säker diodlasern att kunna konkurrera med de övriga industrilasrarna på alla områden.



Figur 10. Värmeledningssvetsning av diskho rostfritt stål ger en svets av hög kvalitet. Endast en polering behövs efter svetsningen för att få leveranskvalitet. Exempel på svetsgeometrier nedan (Källa: LaserLine GmbH)



Figur 8. Strålkvaliteten (här uttryckt som strålparameterprodukt (mmxmrاد) hos diodlasrar är sämre än för CO<sub>2</sub>- och Nd:YAG-lasrar.



Figur 9. Användningsområdena för diodlasern begränsas av strålkvaliteten.

### Referenser

- Bachman, F. High Power kW-range Diode Lasers for Direct Materials Processing. XIII Int. Symposium on Gas Flow & Chemical Lasers, Florence, Italy, 2002
- LaserLine GmbH
- Rofin Sinar Laser GmbH

# ABB i Ludvika - en världskändis inom elkraft

Av Hans Engström, Luleå tekniska universitet

**ABB i Ludvika en institution känd över hela världen för sina produkter inom kraftområdet. Lasergruppen besökte företaget under sitt laserseminarium i Ludvika.**

– ABB Assist är ett av ABB-bolagen som finns i Ludvika, berättar Tomas Holmberg som är chef för plåtverkstaden i företaget och som är vår värd vid besöket på ABB. Vi har också tre andra ben att stå på i bolaget genom vår maskinverkstad, teknikenhet och serviceenhet.



Tomas Holmberg var värd för Lasergruppens besök vid ABB Assist i Ludvika.

tiderna kortas hela tiden och inom en snar framtid kommer vi att ha krav på 5 dagars leveranstid på alla detaljer. Det blir en utmaning!

Tomas berättar vidare att man har ett välutvecklat system kring lasermaskinen för att få korta leveranstider. Operatörerna programmerar maskinen själv och kunderna kan skicka en fil direkt till operatören som sedan kan skära direkt om så krävs. Dessutom strävar man efter att inte ha några lager mellan lasern och den 320 tons kantpress som uppställd nära lasermaskinen. Tanken är att allt material som skall bockas ska komma direkt från lasern, som är en 3.5 kW Bystronic Bystar 4020. Lasern kör man i treskift och kantpressen i tvåskift.

– Vi har en hanteringsutrustning kopplad till lasern säger Tomas Holmberg. Vi försöker köra långa körplaner och det kan bli upp till 20 timmar på en plåttjocklek. Vi har nu full beläggning i maskinen och tankar finns på en nyinvestering.

– Vår specialitet i plåtverkstan är att vi inte är specialiserade. Vi jobbar i många material med både små och stora produkter. Vi har tillverkning av ca 5000 olika artiklar per år och vi kör igenom 400-500 order per vecka i verkstan fortsätter Tomas. Det blir ca 120 ton material i månaden. Leverans-

– Vi tillverkar bl.a. svetsade stativ och heliumtäta ”burkar” som integreras till transformatorerna. Vi gör också delmontering av målade manöverkontrollskåp och de levereras sex stycken varje förmiddag och sex stycken varje eftermiddag året runt.

– I plåtverkstaden jobbar 80 personer och av de så arbetar 13 personer med aluminium och 8 med maskinbearbetning. Resten arbetar med svetsning. Vi skarvsvetsar och bockar långa aluminiumprofiler som används som strömledare avslutar Tomas Holmberg och tar oss vidare till ABB Transformers plåtverkstad. Där tillverkar man transformatorlådorna till de krafttransformatorer som ABB levererar över hela världen.

Därifrån går vi vidare till de jättelika hallarna för transformatorstillverkningen och där guidar Tony Larsson. ABB Transformers tillverkar krafttransformatorer upp till de allra högsta effekter och spänningar 1500 kVA respektive 1100 kV.

– En transformator kan väga upp till 400 ton, berättar Tony Larsson, och visar när man monterar ihop flera transformator kärnor som sitter i en transformator. Man lindar det mesta i kärnan med papper för att unvika överslag och detta sker manuellt. När kärnan är klar, och den kan väga upp till 300 ton i de största transformatorerna, torkas den i en jättelik ugn för att få bort all fukt. Fukt i en transformator kan orsaka överslag, så efter torkningen transporterar man så snabbt som möjligt kärnan till transformatorlådan som står och väntar. Locket läggs på och lådan vakuumsugs för att få bort allt syre. Sedan fyller man hela lådan med transformatorolja, som fungerar som kylmedia i transformatorn.

– Varje transformator provkörs och testas mycket noga innan leverans. De kan betinga ett marknadsvärde på 30-35 miljoner och har en livslängd på ca 40 år. Förutom att oljan renas så sker normalt inget annat underhåll under hela livslängden.

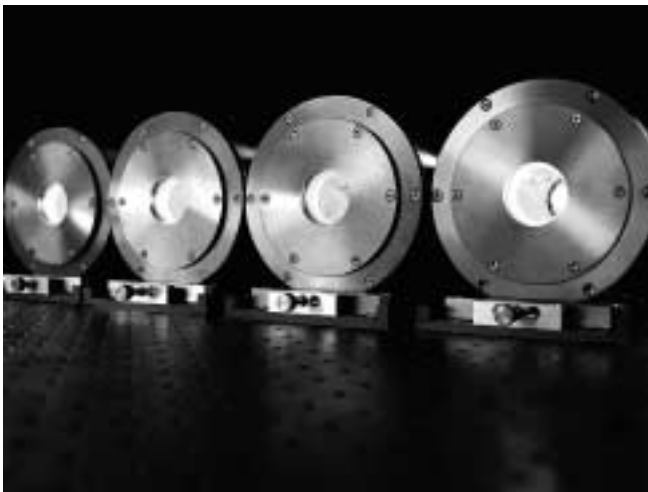
På vår väg genom de stora hallarna passerar vi ”Gamle Svarten” som är den första transformatorn som tillverkades i Sverige. Detta var 1915 och den har varit i drift i Älvkarleby under mycket lång tid.

Lasergruppen tackar våra värdar Tomas Holmberg, Tony Larsson samt ABB Assist och ABB Transformers för det mycket intressanta besöket.

# Global innovation: 4 kW skivlaser med optimal strålkvalitet erövrar nya applikationsområden

Av Kari Erik Lahti, Trumpf Maskin AB

På LASER 2003 utställningen i München i fjol, presenterade TRUMPF världens första 4 kW skivlaser. Fyra skivor överför effekten till resonatorn i denna prototyp. Resultatet blir en stråle med utmärkt kvalitet - 7 mm\* mrad. Detta möjliggör koppling av laserstrålen i en glasfiber med en kärndiameter på endast 200 µm. 4 kW-lasern är en logisk förbättring av HLD 1001.5, som TRUMPF Laser har sålt sedan hösten 2002 som den första serieproducerade enheten inom sektorn för högeffekts skivlaser.



Trumpfs nya skivlaser ger 4 kW med 7 mm\*mrad strålkvalitet.

En speciell egenskap hos skivlasern är den minimala förekomsten av värmepåverkad optisk böjning (s.k. thermal lensing). Strålkvaliteten är därför betydligt bättre jämfört med traditionella stavsystem. Dessutom är effektiviteten betydligt högre än på konventionella fasta tillståndets lasrar.

Förminskad fokuseringsdiameter i skivlasern bidrar till högre driftshastigheter och sålunda kortare takttider med lägre värmeförsel till arbetsstycket. Vid svetsning av aluminium, uppnås tröskelintensiteten med lägre



Trumpf HLD 1001.5 - den första serieproducerade högeffektskivlasern.

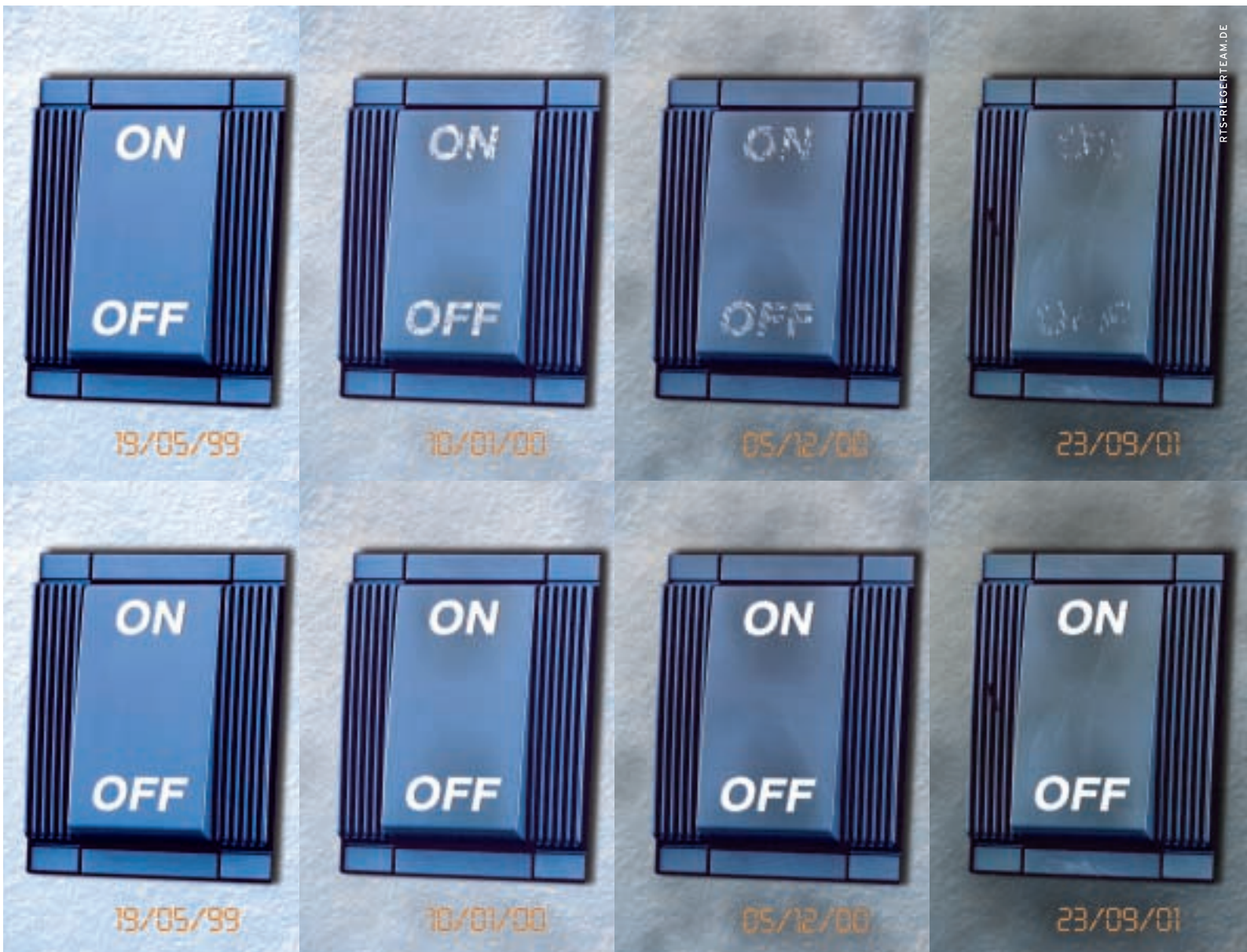
effekt och mindre fokuseringspunkt. Även vid skärning av tunna plåtar, är en liten fokuseringsdiameter fördelaktig med hänsyn till skärhastighet.

Vid skärning eller svetsning av tjocka plåtar, transporteras skivlaserns högre strålkvalitet till längre arbetsavstånd och djupare arbetsfält. Bearbetningsoptiken kan konstrueras mer kompakt, vilket är fördelaktigt vid bearbetning av svåråtkomliga ytor eller när fokuseringsoptiken är integrerad i bearbetningsstationen. Skivlasern erbjuder helt nya möjligheter att använda fasta tillståndets lasrar vid distanssvetsning (remote welding).

Skivlasrarna har alla de karaktäristiska, väl beprövade och testade egenskaperna som kännetecknar samtliga TRUMPFs standardprogram för fasta tillståndets lasrar. Detta innebär bl.a. de senast utvecklade kontrollsystemen, modul design och Telepresence.

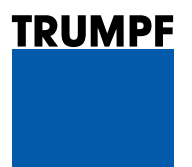
Kombinationen av maximal effekt och bästa strålkvalitet gör skivlasern till framtidens koncept för fasta tillståndets lasrar.

Låt inte era utmärkta produkter och er goda image förstöras av tiden. Med **VectorMark lasermärkutrustning** från TRUMPF erhåller du snabb, flexibel och hållbar applicering av informationen. Med bästa kvalitet och med högsta hastighet märker du text, logotyper, streckkoder, DataMatrix koder etc. direkt på din produkt. Såväl vid små serier som vid höga volymer i serieproduktion. Därmed garanterar ni, även efter flera års användning, att rätt funktion aktiveras. TRUMPF maskin ab, Box 606, 441 17 Alingsås. Tel. 03 22-66 97 00, Fax: 03 22-66 97 10, Internet: [www.se.trumpf.com](http://www.se.trumpf.com)



Med tiden kommer det att visa sig, vad vår märklaser är värd.

**Laser:TRUMPF.**



# KONFERENSER och MÄSSOR 2004

## April

28-30 AKL '04  
*Plats:* Aachener Kollegium für Lasertechnik, Aachen  
*Upplysningar:* Johnny K. Larsson

## Maj

Lasernytt 1/2004  
*Upplysningar:* Hans Engström

10-11 EWF kurs Lasersvetsning, del 1  
*Plats:* Luleå  
*Upplysningar:* Hans Engström

13 Laserdag 1  
Lasergruppens årsmöte  
Demag Delaval Industry Turbo-machinery AB  
*Plats:* Finspång  
*Upplysningar:* Per Westerhult

## Juni

7-9 EWF kurs Lasersvetsning, del 2  
*Plats:* Luleå  
*Upplysningar:* Hans Engström

## Augusti

30-31 EWF kurs Lasersvetsning, del 2  
*Plats:* Luleå  
*Upplysningar:* Hans Engström

## Oktober

Lasernytt 2/2004  
*Upplysningar:* Hans Engström

4-7 ICALEO  
*Plats:* San Fransisco

14 Laserdag II Prel.  
*Plats:* Trollhättan  
*Upplysningar:* Per Westerhult

## December

LaserNytt 3/2004  
*Upplysningar:* Hans Engström