

Laserseminarium i Ljungaverk

Lasergruppen strävar att öka kunskaperna om laserbearbetning och som ett led i detta arbete arrangerade vi ett laserseminarium med inriktning mot lasersvetssteknik den 22 mars. Seminariet hölls hos Permascand Laser AB, Ljungaverk, ett av Sveriges största legoföretag inom branschen. Vård för evenemanget var regionchef Benny Johansson och produktionsansvarige Christian Almroth.



Seminariedeltagare i Ljungaverk

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
Laserseminarium i Ljungaverk	1
ICALEO '99 San Diego 15-18 november 1999	3
Laserskärbarhet hos Domex Kallformningsstål jämfört med "Laserstål"	8
Pressrelease Laserskärning av plåt med begränsad bemanning	11
Studieresa till Japan 14-21 februari 2000	12
Laserbearbetning i Frankrike	14

Listiga laserlösningar

Seminariet hölls på Hussborgs Herrgård, en mycket trevlig och imponerande anläggning med bl a en golfbana i närheten som drivs av Ånge Golfklubb, och kombinerades med ett besök hos Permascand Laser AB.

Seminariet inleddes med att Hans Engström, Luleå tekniska universitet berättade allmänt om lasertekniken. Därefter tog Johnny Larsson, Volvo Personvagnar, Göteborg, vid och talade om riktlinjer för laserteknik inom tunnåtskonstruktion. Christian Almroth presenterade Permascand Laser AB samt några mycket intressanta praktikfall där kunderna sparar hundratusentals kronor årligen på listiga laserlösningar innan det var dags för en närande lunch.

Tore Salmi, Permanova Lasersystem AB, Mölndal, avslutade sedan seminariets teoretiska del med att berätta om olika industriella applikationer. Tore var förresten på hemmaplan. Han var nämligen den som drog igång laserverksamheten hos Permascand AB redan 1978/79.

Avancerad svetsning i nickel/titan

Christian Almroth tog oss sedan med på en rundvandring i laserverkstaden och till delar av Permascands verkstäder. Hos Permascand Laser AB fick vi bl a se tillverkning av s k OD-



Christian Almroth berättar om tillverkningen av membrancell.

Värdar vid det trevliga laserseminariet hos Permascand Laser AB i Ljungaverk var Christian Almroth (t v) och Benny Johansson.



pannor eller också benämnd membrancell i nickel och titan, en produkt som används inom klortillverkning. Produkten bygger helt på lasersvetsning. Det är 40 m lasersvets i varje halva av cellen. Svetsningen utförs som "blindsvets" med svetsdjup 2,5 mm genom cellens ytterhölje och in i 19 st s k webs som är 2 mm smala distansremсор och som separerar ytterhöljet från ett "galler". Sedan svetsas också gallret mot remsorna. Kraven på små deformationer är mycket höga, planheten måste vara bättre än 0,5 mm över hela ytan som är 2,7 m².

Svetsningen av membrancellen har hittills skett med 6 kW CO₂-

laser men nu lutar det åt att man ska börja använda en Nd:YAG-laser i stället.

Övrig produktionsutrustning som beskådades var bl a en LaserWork laserskrämskin och en stor AWJ skrämskin som kompletterar laserbearbetningen samt en svetscell där man just höll på att svetsa bussningar. Det är värt att nämna att Permascands första laser fortfarande är i drift för vissa speciella applikationer 22 år efter installationen.

Permascand Laser har också tillgång till en omfattande mekanisk utrustning för t ex fräsning, klippning och svarvning.

Permascand Laser AB – en kort presentation

Historik

1978-79

Första lasern (2,5 kW CO₂-laser) installerades för svetsning av titandetaljer

1985

Beslut om legotillverkning

1991

Verksamhet påbörjas i Trollhättan

1996

Verksamhet startar i Örnsköldsvik och Norrköping

1998

Köp av Lasab i Skellefteå

Företaget har nu verksamhet i

Trollhättan

3D-skärning

Norrköping

Planskärning

Ljungaverk

Svetsning, abrasiv vattenskarvning

Örnsköldsvik

Abrasiv vattenskarvning

Skellefteå

Skärning, svetsning

Man har 56 anställda som betjänar 16 laserutrustningar med effekter mellan 400 och 6000 W. Lasersvetsning är en viktig process där man svetsar mer än 7000 timmar årligen. Man har delat verksamheten i en Region Nord och en Region Syd.

Permascand Laser AB ägs av Permascand AB ett bolag inom EKA Chemicals, som i sin tur tillhör AKZO Nobel koncernen som har verksamhet i 47 länder, 67000 anställda och som omsätter ca 100 miljarder SEK.

ICALEO '99 San Diego, 15-18 november 1999

Claes Magnusson
Volvo Car Components Corp
Olofström

– Den 18:e internationella konferensen om Lasrar och Elektro-optik (ICALEO) ägde rum i San Diego detta år. Konferensen hade samlat över 450 deltagare från 22 länder. Programmet var som vanligt fullmatat och bestod av fyra parallella sessioner. Nytt för i år var Laser Micro-fabrication Conference, en av de parallella konferenserna. Huvudspåret var som vanligt Laser Materials Processing Conference. ICALEO är en av de bästa, om inte den bästa, konferensen för den som vill få en bra avstämning av vart utvecklingen är på väg i USA, Japan och Europa. Då proceedings från konferensen publiceras först om ett halvår kan det vara av intresse att få ett sammandrag av några av de föredrag jag följde. Mitt intresse var inriktat på Nya lasrar och lasersystem samt Processkontroll och modellering.

1. Diodlasrar och diod-pumpade Nd:YAG

Evolution of high power semiconductor lasers,

Richard Craig, SDL, Inc, San Jose, CA.

Diodlasermarknaden är just nu det snabbast växande segmentet inom lasermarknaden. Försäljningen av diodlasrar angavs vara 2800 miljoner USD 1999 och icke-diodlasrar 1900 miljoner USD upp från 460 resp 760 miljoner dollar 1995. Ca 10% av lasrar som används för materialbearbetning (totalmarknaden ca 1200 miljoner USD) är diodlasrar.

Single-mode diodlasrar är i dag uppe i samma effekttäthet som CO₂ lasrar – ca 100 MW/cm²*sr. Begränsning i effekt per diod är ca 400mW

och detta beror på att speglarna inte klarar den högre effekttätheten.

För att få mer energi plockas flera dioder samman i sk stacks där man får ut en stack på längden 1 cm och tjockleken 1 mikro meter får ut ca 40 W i multimode. Livslängden är imponerande 70 000 timmar! Maximaleffekt begränsas i huvudsak av möjligheten att kyla dioderna. Trots att utvecklingen gått mycket snabbt framåt har inte marknaden vuxit lika snabbt beroende på höga kostnader för dioderna.

High power Semiconductor Lasers: Applications and Progress

W.T. Cooley, Air Force Research lab,
Kirtland AFB, NM

Drivkraften vid laserutveckling av diodlasrar är hög fokuserbarhet och hög effektivitet. Vid militära applikationer används diodlasrar inom många olika områden t ex materialbearbetning, mätning, kommunikation och belysning. Våglängden beror då på applikationen. Mycket av utvecklingen inom halvledarlasrarna är resultat av ett federalt forskningsprogram som startade 1984, High Power Semi-conductor Laser Program.

Diodlasrarnas energiutnyttjande har visat sig vara ca 60% (wall-plug-efficiency) och eftersom de är en mikroelektronisk komponent så lämpar de sig mycket väl för masstillverkning. Detta gör att man trots dagens höga priser på diod-stackar räknar med att dessa snabbt kommer att falla. Dagens pris för en 10 W koherent diodlaser från SDL är ca 7500 USD och från The Laser Company ca 1000 USD.

Möjligheten att ta fram högeffektlasrar genom att kombinera flera dioder kan göras på olika sätt. Ett vanligt kallas MOPA Master Oscillator Power Amplifier, där en oscillator via optiska fibrer kopplas till en eller flera stackar av diodlasrar. Ett annat sätt är att använda dioderna att pumpa en oscillator direkt.

En relativt ny teknik att ytterligare höja fokuserbarheten är att koppla dioderna till fiberlasrar. Fiberlasern är en glasfiber med en kärna av ett lasrande material omgiven av ett pumpmedium. Längden på dessa lasrar kan var 20-50 meter. Idag kan man få ut ca 100 W TEM₀₀ ur en fiber med 10 mikrometers kärndiameter. Idag kostar en sådan fiber åtskilliga USD per meter men vid masstillverkning räknar man med att priset faller till "pennies/m".

En applikation som han visade var en belysningsradar utvecklad för kustbevakningens helikoptrar. Den bestod av två 7 watts diodlasrar som gav ökade möjligheter att uppträcka nödställda i mörker och dålig sikt.

Industrial Applications of High Power Diode Lasers

R. Poprawe, Fraunhofer ILT, Aachen.

Strålkvalitet och hur man mäter den är mycket viktigt vid diodlaserutveckling eftersom strålkvalitet och möjligheten att koppla ihop flera lasrar gör det möjligt att använda dem i många olika applikationer som t ex hårdning av stål, svetsning av polymerer, lödning, svetsning av metaller och lasersintring. ILT i Aachen har arbetat mycket med modellering och simulering av processerna för att optimera dem.

Kommersiellt tillgängliga diodlasrar i stacks kommer bl a från

Rofin Sinar/DILAS	2500 W	240 mm*mrاد
Jenoptik	2200 W	
Laserline	6000 W	100-85*400 mm*mrاد

Alla tre använder fiberdiameter på 1000 nm

Dessa effektnivåer visar att diodlasrar nu börjar närma sig Nd:YAG lasrarnas arbetsområden.

Bland applikationer som ILT varit med och utvecklat nämndes.

- Härdning av kolvringar med en 1400 W diodlaser
- Riktning av gejdor efter härdning med ett direkt återkopplat mät-system
- Laserlödning av sågblad.

John McKillop från The Laser Company konstaterade att det idag finns att få lågeffektslasrar (5-30W) som kan användas i materialbearbetning. Däremot finns det ännu inga lasrar som ger tillräckligt hög energitäthet för att åstadkomma nyckelhålvetsning i metaller, här fattas ännu en faktor 10 innan man når den MW/cm² som behövs.

Halvledarlasrarnas utveckling drivs idag av utveckling av tillverkningsprocessen för dioderna. Med sänkt tillverkningskostnad skapas nya applikationer och öppnas nya marknader för dem som tillverkar diodlasrar.

QCW Diode Pumped Industrial Nd:YAG laser

B. Frei, LASAG Industrial Lasers, Thun, Switzerland

Frei redogjorde för LASAGs senaste diod-pumpade YAG-laser, en QCW (=Quasi Continuous Wave). Med QCW teknik har man fått en hög max effekt och pulslängder på 10-400 ms. Laserns användningsområdet är främst inom precisionsskärning av metaller och borrar. Den höga strålkvaliteten leder till smala snittbredder (0.015 mm med 100 mm fokallängd) och goda borrhjup trots en låg medeleffekt (30W). Diod-

pumpningen gör att den termiska belastningen på YAG staven blir låg och det elektro-optiska utbytet högt. Detta medför i sin tur att det inte behövs någon extern kylare och att kraftförsörjningen kan ske med vanlig enfas anslutning. Han avslutade med att påpeka att man ännu inte har någon praktisk erfarenhet av diodlivslängd hos de lasrar de säljer.

High Speed Removal and Structuring of Surfaces in the Automotive industry with a New Diode Pumped High Average Power Q-switched Solid State Laser Source

J. Stollenwerk, Fraunhofer ILT Aachen

Den nya lasern som kommer från RofinSinar har en medeleffekt av 430W med mycket hög strålkvalitet. Max pulseffekt är 363 kW med en pulsrepetitionsfrekvens av 15-30 kHz. Detta har gjort det ekonomiskt möjligt att använda denna laser i bl a bilindustrin för rengöring av smörjmedel på formade detaljer innan limning. Rengöringshastigheten var då ca 15 cm²/sek på aluminium. Man hade även provat att ta bort ett zinksikt och hade då en hastighet av 5 cm²/sek vid 380W medeleffekt och 25 kHz. Zinksiktet var 0,007 mm tjockt. Den höga strålkvaliteten gör det möjligt att använda en 0,3 mm fiber till bearbetningshuvudet. Försök med denna laser hade gjorts både med en handhållen bearbetningsenhet och en CNC kontrollerad.

Laser Material Processing with a Hand Held Laser Head Fibre Coupled with a 1200W HPDL

J. Drechsel, Laserinstitut Mittelsachsen, Mittweida, Germany.

Laserinstitut Mittelsachsen har tillsammans med Sächsische Anlagen

und Maschinenbau GmbH, Cainsdorf, Tyskland utvecklat ett handhållet laserfokuseringshuvud. Avsikten var att få en låg kostnad och möjlighet att arbeta med korta serier och på stora arbetsstycken. Laserljuset fokuseras på arbetsstycket med en f=50 mm lins till en storlek på ca 0,9 mm. Med den använda lasern får man då en effekttäthet på ca 150 000 W/cm² på arbetsstycket. Detta är tillräckligt för en smältsvetsning utan key-hole. Systemet är mycket flexibelt och uppfyller säkerhetskraven för en klass 1 laser. I svets-huvudet är inbyggt ett videoövervakningssystem som med en liten bildskärm på svets-huvudet gör det möjligt att följa svetsförloppet.

Laserhuvudets storlek är ca 300*150*200 mm³ och det är kopplat med en 1,5 mm fiber till en Jenoptik 1400W diodlaser med våglängden 808 nm. Vid svetsning på 2mm rostfritt uppnåddes en hastighet av 480 mm/min. Mer information finns att få på <http://laz.htwm.de>

Comparison of Solid State and Diode Lasers for Soldering – Energy Coupling, Temperature Rise, Process Window and Quality

F. Dausinger, Inst. für Strahlwerkzeuge, Univ. of Stuttgart, Germany

Laserlödning har hittills använt sig av YAG lasrar som strålkälla. Med dagens diodlasrar har man fått en ny energikälla som erbjuder kompakt konstruktion, hög effektivitet och låga rörliga kostnader. Absorptionen ökar vanligtvis med minskande våglängd och diodlasrar borde därför erbjuda bättre processeffektivitet än Nd:YAG lasrar. I föredraget presenteras absorptionsmätningar på koppar med olika ytor där både diodlaser (808 nm) och Nd:YAG laser (1064 nm) använts. Uppvärmning av lödstället och temperaturfördelning har simulerats i en modell som verifierats med experiment. Det rapporterade arbetet är en del av ett Brite-Euram finansierat projekt "JOPALD".

Bland de resultat som nämndes var att ytans egenskaper (repor, oxidskikt etc) påverkar energiabsorptionen mycket. Genom att låta koppar ligga ett dygn i vanlig atmosfär så ökade energiabsorptionen med 20-40 %.

New applications for High Power Diode Lasers

S. Naegler, Fraunhofer Center for Surface and Laser Processing, Plymouth, MI

Föredraget gav en översikt över diodlaseranvändningen med exempel från deras eget lab där de har en 60W CW och pulsad, fiberkopplad laser, en 1000 W CW fiberkopplad laser och en 2000 W direktkopplad diodlaser. Han nämnde i förbigående att DaimlerChrysler i Detroit använder diodlaser för punktsvetsning. Bland exempel som visades var.

- Härdning av SAE 1038 axlar demonstrerades. Med 2000 W lasern kunde ett hårdjup på 0,4 mm åstadkommas med en matningshastighet på 1500 mm/min
- Svetsning av öltunnor i rostfritt (304 L) ersatte dagens TIG svetsning när tillverkaren ville gå över till tunnare material (0,025") som inte var svetsbart med TIG. 2000 W direktkopplad diodlaser blev lösningen.
- Svetsning av tunna titanrör där kravet på frihet från svetsstänk gjorde diodlaserlösningen konkurrenskraftig.

För mycket tunna material där man inte kan utnyttja nyckelhålssvetsning kommer diodlasarna att bli ett starkt alternativ (conduction limited welding).

2. Svetsning, mät- och styrteknik

Plasma fluctuation and Key-hole Stability in Laser Welding

Jian Xie, EWI, Columbus Ohio

Vid svetsning med högeffektlasrar smälter och förångar laserstrålen

metallen som då bildar en metallånga över ytan på arbetsstycket. När den fokuserade laserstrålen fortsätter att lysa på metallången joniseras den tillsammans med skyddsgasen och bildar ett hett och halvgenomskinligt plasma. Vid lasersvetsning vet man att detta plasma är instabilt och att det påverkar energiöverföringen till metallen, processtabilitet och därmed svetsens kvalitet.

Med hjälp av höghastighetskamera har Xie studerat plasmafluktuationen och fann en relativt konstant plasmafrekvens på 1200hz för stål. Denna frekvens var oberoende av svetshastighet inom det undersökta intervallet 1,5 till 7,5 m/min. Plasmafluktuationerna påverkar keyholestabiliteten och svetsens kvalitet. Med dubbelfokuss Optik blev plasmaförloppet mer stabilt och svetsens kvalitet blev också bättre. Försök var gjorda på stål och aluminium men han presenterade ingen typisk plasmafrekvens för aluminiumsvetsning.

Laserassisted Plasma Arc Welding

Philip Fuersbach, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM

Ett problem med lasersvetsning är att energiöverföringen är instabil efter svetsens längd. Eftersom energiöverföringen vid gasmetallbågs svetsning är mycket stabilare kan man anta att en kombination av dessa processer ger en stabil och key-hole baserad svetsning. Ett speciellt koaxiellt svetshuvud för TIG och lasersvetsning har utvecklats av Sandia som gör det möjligt att fokusera lasern mitt i TIG-plasmat. Huvudet har en wolfram-elektrod med hål i, en plan-konvex fokuseringslins och konventionell plasmabåge munstycke. Användningen av dessa munstycken skyddade svetshuvudet från den metallånga som bildades vid lasersvetsningen. Försök som redovisades från svetsning av aluminium uppvisade mindre benägenhet för varmsprickbildning. Målsättningen vid försöken var att ta 25% av energin från lasern och

resten från plasmabågen. Som gas användes argon. Vid denna låga lasersereffekt (ca 200 W) kunde inget keyhole bildas och han kunde heller inte mäta någon dämpning av laserenergin som passerade plasmat. Särskilda försök hade gjorts där han mätte lasersereffekten på konventionell väg efter att laserljuset passerat genom plasmat från svetshuvudet.

In-Process monitoring of Weld Qualities using Multi Photo-sensor System in Pulsed Nd:YAG laser welding

Takuo Ikeda, Graduate School of Engineering, Osaka Univ, Osaka Japan

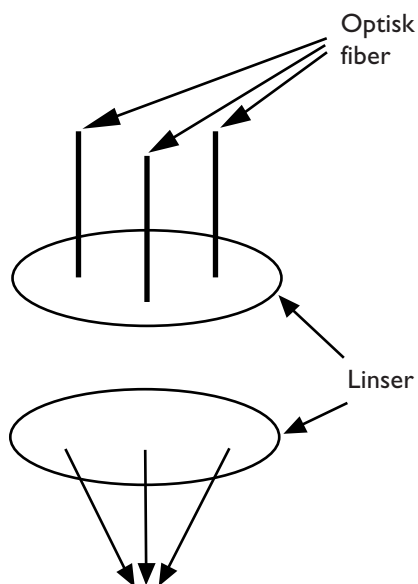
Detta föredrag var ett av flera som presenterade resultat från en mätteknik som utvecklats i Osaka, nämligen simultan mätning med flera fotosensorer som under olika vinklar är riktade ner i nyckelhålet vid svetsning. Sensorerna placeras från 86 till 0 grader mot arbetssycket. 86 graders sensorn mäter ända ner i botten på nyckelhålet och 0 graders sensorn mäter endast ljus från plasmat över arbetssycket. Resultaten i sig var inga nyheter men när tekniken nu ytterligare utvecklas kommer vår kunskap om vad som sker under svetsningen att öka.

Resultat presenterades från svetsning av rostfritt (304) med en pulsad 5 kW Nd:YAG laser. Genom att mäta intensiteten från dels den övre delen och dels den nedre delen av nyckelhålet kunde ett samband mellan svetsdjup och en normaliserad kvadratisk medelvärde av intensiteten från nyckelhålet, påvisas. Även svetsfel kunde detekteras med metoden och i viss mån även förklaras från variationer i lasereffekt, fokalläge, gasflöde och svetshastighet.

Laser Welding with Nd:YAG Focus Matrix Technique

Fridrich Dausinger, IFSW, Univ of Stuttgart, Tyskland

I jämförelse med CO₂ lasrar uppvisar Nd:YAG lasrarna stabilare svetsning tack vare den kortare våglängden. Genom att arbeta med flera fokalpunkter genom multipla fiber kan stabiliteten i svetsningen ytterligare ökas. Med Nd:YAG laser och flera fibrer kan man lätt åstadkomma flera fokalpunkter på arbetsstycket. Om man dessutom låter varje fiber gå till en separat laser kan mycket höga effekttätheter åstadkommas – 20 kW är möjligt med 4 fibrer. Med mer energi på arbetsstycket kan både penetration och svetshastighet ökas. De stabilare förhållandena i nyckelhålet som man får med fokusmatri-sen leder till en stabilare svetsprocess. Porer och sprut kan undvikas, särskilt viktigt i svetsning av aluminium. Det blir nu möjligt att skräddarsy energifördelningen ner i nyckelhålet utifrån processens behov.



Resultat som visades tyder på att man får samma penetrationsdjup vid svetsning med 4kW på arbetsstycket antingen som en fokalpunkt eller som 2 stycken med 2 kW i vardera. Kravet är att punkterna får inte vara för långt från varandra och de måste följa efter varandra. Aluminium är

mycket känsligare för avstånd mellan brännpunkterna genom sin högre reflektivitet och större värmeledningsförmåga. Med multipla fokus får man en bättre svets utan porer orsakade av svetsningens instabilitet. Däremot påverkas inte förekomsten av hydrogenporer i svetsen med denna teknik.

I Stuttgart har man kopplat 3+3+2+2 kW/fiber till 10 kW på arbetsstycket. I höst skall man öka denna effekt genom en ny diod-pumpad YAG laser på 6 kW.

Real Time Weld Quality monitoring of Laser Welded Blanks – Weld Profile Monitoring

Meng-Yen Li, Tailor Welded Blanks Co, Ann Arbor MI

Man har funnit att svetsens tvärsnittsgeometri påverkar formbarheten hos det svetsade ämnet. De vanligaste fe-len vid formning av svetsade ämnen hänger samman med konkava och konvexa ovansidor och rot konkavitet, bindfel, hål och porer. De flesta system för svetsövervakning som plasmaövervakningssystem, por-detekteringssystem och akustiska övervakningssystem kan registrera bindfel, penetrationsfel, utebliven svets och instabila svetsar. Svetsens form (konkav/konvex) är svår att detektera med dessa system. I föredraget presenterades ett realtids visionsystem som klarar av detta.

Försöken som redovisades var gjorda på stumfogar i galvaniserat material 1,8+0,8 mm tjockt. En 8 kW CO₂ laser användes och svetshastig-heten var 8,5 m/min. Vid LDH provning av de svetsade ämnena konstaterades försämrad formbarhet om ovansidan hade en konkavitet större än 0,08 mm.

In-Process Monitoring of Penetration Depth in 20 kW-class CO₂ Laser Welding Thick Sections

Isumu Miyamoto Graduate School of Engineering, Osaka University, Osaka, Japan

För att kunna mäta penetrationsdjupet måste man komma åt att mäta strålningen från "finger" delen av nyckelhålet. Dessa mätningar är svåra att göra eftersom strålningen från denna del blockeras av strålning från de högre liggande delarna. I föredraget presenteras en metod som gör att man kan skilja på strålning från den övre och den nedre delen av nyckelhålet. En försöksserie redovisades där 10 fotosensorer placerade från 0 till 86 grader i förhållande till arbetsstyckets yta och intensiteten studerades vid olika lasereffekter och svetshastigheter. Penetrationsdjupet som predikerades med denna uppställning stämde mycket väl med de faktiskt uppmätta djupen. Fullt penetrerande svets kunde också skiljas från partiellt penetrerande svets.

Bland resultaten noterade jag att de registrerade en plasma frekvens av ca 200 Hz att jämföra med tidigare presentation som hävdade att 1200 Hz var något av ett kännetecken för stålsvetsning. Frekvens avtog och amplituden ökade när svetsdjupet blev större. Miyamoto et al konstaterade att frekvensen avtog och amplituden ökade hos plasmamolnet över svetsen. En förklaring till detta kan vara att med ökande djup ökar också trögheten (inertia) i systemet när en större volym förångad metall skall ut ur ett djupare hål.

Aluminium Truck Cabin Manufacturing: Laser Welding Versus Conventional Fastening Techniques/Technologies

Rüdiger Hack, Trumpf Inc, Freemont CA

I föredraget jämfördes sammanfogningsmetoder som punktsvetsning, TIG svetsning, nitning (självstan-

sande, blindnitar och vanliga) och skruvförband med lasersvetsning. Både rörliga kostnader (nitar, lim etc) och kapitalkostnader (utrustning, fixturer, golvutrymme) i lågseriproduktion (med mycket manuellt arbete) och i högserieproduktion (automatiserat) ingick i studien som gjorts tillsammans med Freightliner Corp. Portland, OR. Svetsning med högeffekt YAG lasrar gav hög kvalitet och minimala svetsdeformationer. Med optiska fibrer blir automatiseringskostnaden rimlig även för produktion i längre serier.

Den tillämpning som studerats var sömsvetsning med laser av golvstrukturen i en aluminiumhytt hos Freightliner. Den laser som användes var en 4 kW YAG laser med fibrer. Fokalpunktens storlek var 0,3 mm. Man studerade även dubbelfokusoptik. Vid 4 m/min svetshastighet fick man 2 mm penetration i materialet (AA5XXX). Effekten var ca 4 kW och man konstaterade att man fick porer om effekten gick under 3 kW. I den ekonomiska jämförelsen konstaterades att en laser ersatte ca 5-6 konventionella svetsstationer. Kostnaden var ca 2 milj USD för laseranläggning att jämföra med punktsvetsning.

Produktionskostnad beräknades på tre års avskrivningstid och med tvåskiftsdrift och angavs till

1,33 USD/m för laser

1,42 USD/m för självstansande nitar

Vid treskiftsdrift blev dessa kostnader

1,08 USD/m för laser

1,29 USD/m för självstansande nitar

På frågan varför man valt sömsvetsning (stich-welds) angav man att det ökade flexibiliteten och minskade svetsdeformationerna. Produktionen av hytter var 200 per dag vid treskiftsdrift.

High Speed High Power Laser Blank Cutting and Welding

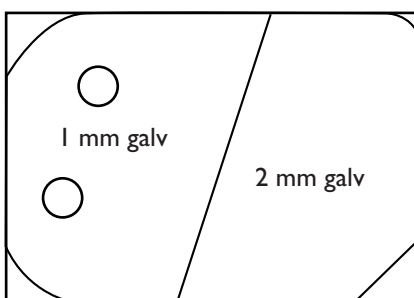
Charles MomboCaristan, GE Fanuc, Cincinnati OH

För att lasersvetsning och laserskärning skall bli accepterat fullt ut som produktionsmetod inom bilindustrin måste hastigheten och därmed produktionskapaciteten förbättras. I föredraget beskrivs en snabb utrustning för skärning och en höghastighets-svets som har en elliptisk brännpunkt. Energifördelningen har ett lokalt minimum i mitten av den elliptiska ytan som är orienterad i svetsfogens riktning. Svetsning och skärning av både aluminium och galvaniserat material rapporterades.

Ett exempel, i USA tillverkades 1998: 984 olika bilmodeller. Dessa behövde ca 200 000 olika klippverktyg med en kostnad av 25000 – 250000 per verktyg. Kan dessa ersättas med laserskärning finns en mycket stor potential till kostnadsänkning. De exempel som visades var inte renklippning utan figurskärning av skräddarsydda ämnen.

Skärlaserstationen hade en RISC baserad NC system och använde nitrogen (10 bar) som skärgas. Prov som de gjort visade att det gick snabbare att skära med nitrogen än med oxygen. Skärhastigheten i 1 mm tjockt material var 30 m/min.

Exemplet som visades var ämnesklippning av en b-stolpe. Med pressklippning var cykeltiden 2,5 sek och skrotandelen 17%. Med laserskärning och utnyttjande av en effektiv nestning minskade skrotet till 14% och cykeltiden var 3,9 sekunder.



Ett annat exempel var ämnesklippning av ett svetsat ämne till dörr inner. Skärning av hörnen plus två hål. Produktionskostnad över 5 år inkluderande all overhead var för lasercellen var USD 1 950 000 och för den konventionella anläggningen USD 5 465 000!

High Aspect Ratio Welding with High Brightness Laser

Juin Koch, Caterpillar Inc., Peoria, IL

Svetsförsök med högeffekts diodpumpade Nd:YAG lasrar har visat att det är möjligt att åstadkomma svetsar som ser ut som elektronstrålesvetsar. Tack vare den höga strålkvaliteten kan man använda optik med lång brännvidd (=F40 – F60. CO₂ lasrar har typiskt F5-F10 och lampumpade YAG lasrar F3-F5) och ändå få en energitäthet över de 1 000 000 W/cm² som behövs för nyckelhålsvetsning. Blindsvetsar på 20 och 40 mm konstruktionsstål hade gjorts med TRW:s diodpumpade laser för att bestämma penetrationsmöjligheten med denna nya sorts laser. Eftersom svetsen blev mycket smal (0,5 mm) använde man en vävteknik för att bredda svetsfogen. Med så lite som 1800 W på arbetsstycket fick man ändå 30 mm penetration med helt parallella sidor och mycket litet vinkelfel.

FEM-simulation for the Planning of Laser Welding Applications

Bernhard Lenz, Institute for Machine Tools and Industrial Management, Garching, Germany

Många produktutvecklingsprocesser sker idag i den virtuella världen baserade på virtuella modeller. Detta leder till att även produktionsprocessen får modelleras virtuellt. I föredraget presenterades en FEM modell för lasersvetsning som tar fram egenskaperna hos den färdiga detaljen och inte bara förhållandena i nyckelhålet.

För att välja rätt lasersystem är det viktigt att kunna bestämma lasereffekt och sträckenergi. Dessa data beräknas i en termisk modell av nyckelhålet. Denna simulering är kopplad till en förprocessor som automatiskt skapar modellerna. Med termomekaniska beräkningar av svetsdeformationer och svetsspänningar kan även fixturen modelleras. Beräkningstiderna i vanliga grafiska angavs till ca 2-3 dagar för en modell med 4600 element och 8200 noder.

En simulering av svetsningen av en A-stolpe visades och jämförelsen med uppmätta formförändringar stämde mycket bra.

Själva modellen presenterades 1998 av professor Reinhard och den finns beskriven i Proceedings från ICALEO'98.

Laser Cutting with a Gaussian Beam: "Da" or "Niet"?

Wladimir Semak, E. Whitney, ARL, The Pennsylvania State Univ., State College, PA

Uttrycket "hög strålkvalitet", som används av fysiker för att beskriva en stråle med en mycket låg single mode eller flera låga moder, får i laserbearbetningssammanhang betydelsen – en laserstråle som ger hög skärhastighet och kvalitet. Bland mycket annat antas att en Gaussisk energifördelning i laserstrålen ger den högsta skärhastigheten, minsta värmepåverkan och bästa snittkvalitet. Med detta har dyrbara lasrar utvecklats med hög strålkvalitet. Dessa överlägsna egenskaper har ännu inte bevisats experimentellt eller teoretiskt. En nyutvecklad hydrodynamisk-termisk modell över interaktionen mellan laserljus och material har utvecklats för skärning. Modellen kan simulera skärfrontens utseende under många olika betingelser. Med denna modell har virtuella experiment med laserstrålning med gaussisk energifördelning och multimodefördelning gjorts och jämförts med experimentella data. Tyvärr har svaret inget ja eller nej. Under vissa betingelser kan en mul-

timodelaser skära bättre. Så varför då utveckla nya modeller? Svaret är att en modell är bättre än en databas när man utvecklar ny teknik. Med en databas måste alla parametrar bestämmas för varje nytt exempel.

På ARL-SNL web-site finns mer information om modellen.

Marangony Effect in Deep Penetration Laser Welding of Steel

Thomas Fuhrich, IFSW University of Stuttgart, Germany

Vid lasersvetsning kan svetsens utseende variera stort även om processparametrarna hålls konstanta och materialets analys är väl inom specifikationen. Anledning till dessa förändringar kan vara små variationer i legeringselement som påverkar ytspänningen hos smältan som t ex svavel, fosfor eller syre. Små variationer i dessa ämnens förekomst påverkar kraftigt ytspänningsgradienten. I simuleringar av svetsning har effekten av en temperaturberoende ytspänning (Marangoni effekten) visat sig vara den drivande kraften i smältans rörelse. Simuleringarna kan förklara de olika utseenden som svetsfogen får

vid olika svavelhalt eller olika mängd oxid på ytan. Syret i oxiden kan helt vända på strömningsförloppet i smältan och det resulterar i varierande bredd på fogen.

I ett stål med mycket låg svavelhalt minskar ytspänningen med temperaturen men redan en svavelhalt av 500 ppm vänder på detta förhållande och ytspänningen stiger med stigande temperatur. Vid ångbildningstemperaturen är ytspänningen mycket låg och kan även påverkas av skyddsgasen. Slutsats, ytspänningspåverkande element måste kontrolleras i lasersvetsning.

Development of High Power Digital Scanning Optics

E. Reuzel, ARL The Pennsylvania State Univ, State College, PA

En ny sorts spegel med mycket låg vikt och hög tålighet har utvecklats av SPAWR Industries, Lake Havasu City, AZ. Vikten var 160 g och den klarade av en 30 kW lasereffekt på en yta med ca 25mm diameter. Den kan nu användas i stället för andra metoder att styra laserljuset till önskat ställe.

Laserskärbarhet hos Domex Kallformningsstål jämfört med "Laserstål"

Tony Nilsson, SSAB Tunnpå, Borlänge

Bakgrund

På senare år har det kommit ut speciella "Laserstål" på marknaden som sägs vara lättare att laserskära än andra stål. Den här typen av stål säljs av flera europeiska ståltillverkare (dock ej SSAB). Laserstålen finns både som varmvalsad bandplåt och grovplåt och i hållfasthetsnivåer upp till min sträckgräns 420 MPa.

SSAB Tunnpå har inom sin produktflora en stålserie (varmvalsade band) som kallas Domex Kallformningsstål. De här stålen (tjocklekar 2-16 mm) som finns i olika hållfasthetsnivåer (från 220 upp till 740 MPa som min sträckgräns) har en kombination av många goda egenskaper som t ex god kallformbarhet, god svetsbarhet, god slagseghet, lämplig

för varmförzinkning och dessutom bra laserskärningsegenskaper jämfört med andra vanliga stål.

För att kunna jämföra laserskärbarheten mellan Domex stålen och de speciella Laserstålen har därför en serie försök med laserskärning utförts.

Krav på plåten för bra skärresultat

Innan vi går in på resultaten från laserskärförsöken här kan man fråga sig vilka krav man bör ställa på en plåt för att få ett bra skärresultat. Det absolut viktigaste är att plåten har en yta som är lämplig för laserskärning. Av viss betydelse är också stålsammansättningen.

För plåtens yta anses följande gälla:

- Ytan ska vara ren och fin, det vill säga ingen smuts eller rost
- Märkning med färgkrita eller stansning bör undvikas. Med bläckstrålemärkning störs laserstrålen mindre och ett bättre skärresultat erhålls
- Allra bäst resultat erhålls om ytan är betad+anoljad. En plåtyta som har ett tunt och homogent glödskaal är också mycket bra. Blästring med sand eller stålkulor ger en råare yta som försämrar skärbarheten i större eller mindre utsträckning beroende på hur blästringen har utförts.

För stålsammansättning och inre renhet anses följande faktorer viktiga:

- Kisel och svavelhalterna bör vara låga
- En låg kolhalt är bra. Kolhalten påverkar inte direkt geometrin hos det skurna snittet utan en hög kolhalt ger en hög hårdhet i snittet som är negativt om t ex kanten ska bockas eller formas efteråt
- Stålet ska ej ha inre makroslaggar (större slagganhopningar som har kommit in i stålet i samband med tillverkningen).

Dessutom anses det viktigt att plåten är plan och har en låg restspänningsnivå. Om plåten har höga restspänningar kan dessa utlösas vid laserskärningen och ge en momentant kraftig oplanhet som kan omöjliggöra en fortsatt skärning.

Ju tjockare plåt desto viktigare är plåtens egenskaper för att nå ett bra skärresultat.

De egenskaper (ytor, stålsammansättning, inre renhet, planhet, restspänningar mm) som Domex Kallformningsstål fått genom en noggrant styrd tillverkning överensstämmer väl med de egenskaper som nämns ovan för ett stål som är speciellt lämpligt för laserskärning.

Skärförsök med 6 mm plåt-tjocklek

De första skärförsöken genomfördes med tre Domex stål (Domex 240YP/420MC/650MC) och två Laserstål (Laser 250/355), samtliga i 6 mm tjocklek (stålsammansättning se tabell 1). Siffrorna i stålsortsbeteckningen anger stålens min sträckgränser. Yttillståndet var betat + lätt anoljat.

Samtliga stål utom Domex 650 MC har alltså en mycket låg Si-halt som är bra vid laserskärning (stål motsvarande Domex 650 MC kan med dagens teknik inte tillverkas med mycket låg Si-halt).

Försöken utfördes med en 2,8 kW Bystronic CO₂-laser hos EM Eriksson i Borlänge med följande skärdata.

- Effekt: 2,4 kW
- Skärgas/gasträck: Laseroxygen / 0,5 bar

- Munstycksdiameter/avstånd: 1,2 mm / 1 mm
- Fokallängd/infallsvinkel: 190 mm / 90°
- Placering fokuspunkt: På ytan.

Plåtgeometrin som skars var 100 mm fyrkant. Skärförsöken gick till så att skärhastigheter i ett stort intervall testades. Hastigheten ökades stegvis från en låg hastighet (95 cm/min) upp till max möjlig hastighet. Max skärhastighet är av speciellt intresse eftersom en hög produktivitet i anläggningen direkt påverkar ekonomin. För att ange max skärhastighet har två olika mått används.

A. Max skärhastighet utan att fastna hårt

B. Max skärhastighet utan att sitta fast alls.

I fallet A så satt detaljen fast på någon liten enskild del längs den skurna konturen. Med en lätt knackning så lossade detaljen. Med den här definitionen på max hastighet så har man verkligen hittat den yttersta gränsen för hur fort det går att skära plåten. I fallet B så satt detaljen inte alls fast utan blev liggande fritt på skärbordet.

Skärnittets kvalitet för olika hastigheter (låg - 95 cm/min, normal - 195 cm/min, hög - 255 cm/min och max) mättes därefter. Proverna togs ut på en rak sträcka, dvs ej i något av hörnen. Det som mättes var kantens ytjämnhet och konicitet (avvikelse från ett rätvinkligt snitt) enligt den tyska normen DIN 2310 del 5 som

Tabell 1: Stålsammansättning (vikts-%)

Stålsort ³⁾	C	Si	Mn	P	S	Nb	CE ¹⁾
Domex 240 YP	0,07	0,02	0,64	0,007	0,006	-	0,19
Domex 420 MC	0,06	0,02	0,60	0,008	0,012	0,047	0,17
Domex 650 MC ²⁾	0,07	0,25	1,33	0,010	0,001	0,039	0,32
Laser 250	0,09	0,02	0,45	0,010	0,007	-	0,17
Laser 355	0,07	0,02	0,39	0,012	0,010	0,021	0,14

1) CE = Kolekv. enligt IIW ($CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$)

2) Innehåller även 0,12% Ti.

3) Samtliga stål är Al-tätade.

gäller för laserskurna kanter. Ytjämnheten mäts här i form av ett Rz-värde (μm) och koniciteten i form av ett u-värde (mm). I normen anges 2 kvalitetsklasser, klass 1 (bäst) resp klass 2. För 6 mm gäller följande krav:

Klass	Rz(μm)	u (mm)
1	≤ 48	$\leq 0,19$
2	≤ 84	$\leq 0,40$

Resultaten från mätningarna av max skärhastighet framgår av fig 1. Skillnaderna mellan de olika stålerna är ej så stora. De tre stål som verkar vara bäst (sammantaget för de båda definitionerna av max skärhastighet) är dock Domex 240 YP, Domex 420 MC och Laser 355. De båda stålerna Domex 650 MC och Laser 250 ligger något sämre till. Anledningen till att Domex 650 MC ligger något lägre kan vara den högre Si-halten för det här stålet. Varför Laser 250 också ligger något sämre till är ej helt uppenbart. En anledning kan vara att den här Laser 250 plåten visade sig ha en del inre makroslaggar som kan ha påverkat resultatet i negativ riktning. Det bör dock återigen betonas att skillnaderna mellan de olika stålerna är mycket små.

Kvaliteten på skärnsnitten var genomgående mycket bra. Något skärskägg förekom inte och för ytjämnheten så klarar samtliga stål den högsta kvalitetsklassen (klass 1) för alla undersökta skärhastigheter (låg, nor-

Tabell 2: Stålsammansättning (vikts-%)

Stålsort ²⁾	C	Si	Mn	P	S	Nb	CE ¹⁾
Domex 355 MC	0,07	0,01	0,60	0,008	0,005	0,047	0,19
Laser 355	0,16	0,01	1,47	0,010	0,015	0,029	0,43

1) CE = Kolekv. enligt IIW ($CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$)

2) Samtliga stål är Al-tätade.

mal, hög och de båda max hastigheterna). Intressant att notera är att ytjämnheten faktiskt är bättre för hög och max skärhastighet än normal hastighet (ungefär den hastighet som laserleverantörerna rekommenderar). För max skärhastighet ("utan att fastna alls") uppmättes Rz till värden i intervallet 19-28 μm för de testade stålerna vilket klart klarar klass 1 enligt den tyska normen.

Vad gäller koniciteten (avvikelsen från ett rätvinkligt snitt) så är dessa värden också mycket bra. Den högsta kvalitetsklassen klaras för samtliga hastigheter utom för den absolut högsta hastigheten ("max skärhastighet utan att fastna hårt"). Det är alltså först vid den absolut högsta skärhastigheten som skärnsnittet förlorar den önskade geometriska formen.

Skärförsök med 15 mm plåt-tjocklek

För skärförsöken med 15 mm tjocklek användes de båda stålsorterna

Domex 355 MC och ett laserstål med min sträckgräns 355 "Laser 355" (stålsammansättning i tabell 2). I det här fallet utfördes försöken med glödskalet kvar på ytan.

Laserstålet är i det här fallet ett stål som ska kunna klara en efterföljande normalisering. Det är orsaken till den kraftigare stålsammansättningen jämfört med Domex stålet. Båda stålerna har mycket låga Si-halter.

Försöken utfördes även här med en 2,8 kW CO₂-laser hos EM Eriks-son med följande skärdata:

- Effekt: 2,5 kW
- Skärgas/gastrick: Laseroxygen /0,6 bar
- Munstycksdiameter/avstånd: 1,7 mm / 1 mm
- Fokallängd/infallsvinkel: 190 mm / 90°
- Placering fokuspunkt: 1 mm under ytan.

Plåtgeometrin som skars var även i det här fallet 100 mm fyrkant. Skärhastigheter i intervallet 78 cm/min upp till max skärhastighet undersöktes. "Max skärhastighet utan att fastna hårt" användes som mått på max skärhastighet (se ovan).

Kvaliteten på skärnsnitten mättes för 3 olika hastigheter (låg - 78 cm/min, normal - 98 cm/min och max) enligt den tyska normen DIN 2310 på samma sätt som för 6 mm plåtarna. Gränserna för de båda klasserna för 15 mm plåt är.

Klass	Rz(μm)	u (mm)
1	≤ 75	$\leq 0,33$
2	≤ 120	$\leq 0,63$

De uppmätta max hastigheterna för de båda stålerna framgår av fig 2. Här

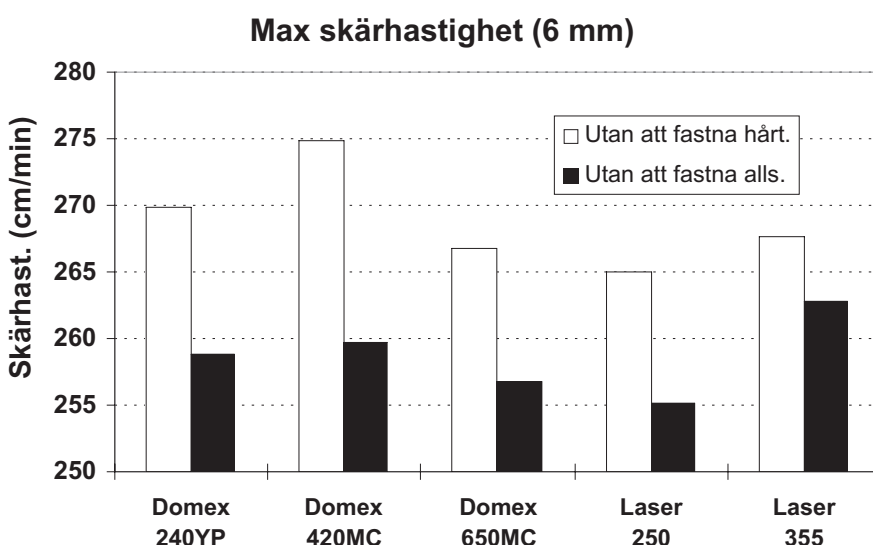


Fig 1: Max uppnådd skärhastighet för 6 mm plåtarna (betat+anoljade).

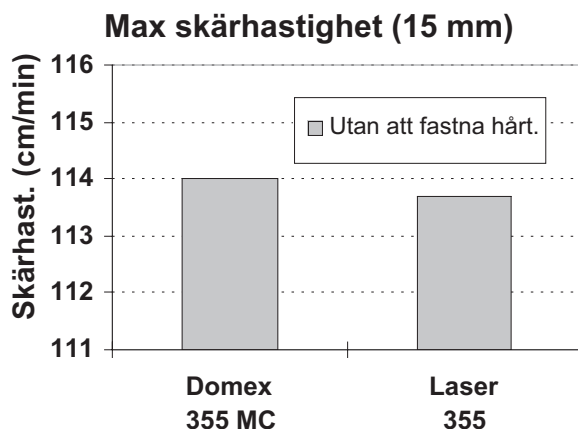


Fig 2. Max uppnådd skärhastighet för 15 mm plåtarna (yta med glödska).

syns att max hastigheten i stort sett är densamma för de båda stålerna. Jämfört med 6 mm är max hastigheten här klart lägre.

Även för 15 mm plåtarna så är snittkvaliteten mycket bra. Inget skärskägg förekommer och ytjämnheten klarar kravet för högsta kvalitetsklas-

sen ($R_z \leq 75 \mu m$) för alla tre hastigheterna (låg, normal, max). Bäst var ytjämnheten för max uppnådd skärhastighet ($R_z = 26-29 \mu m$). Även konicitetskravet ($u \leq 0,33 mm$) enligt klass 1 klaras för båda stålerna vid alla 3 hastigheterna (u varierar mellan 0,05 till 0,11 mm).

Slutsatser

De genomförda försöken har visat att det är mycket lätt att laserskära både Domex Kallformningsstål och Laserstålen. Det verkar dock inte finnas någon direkt skillnad i skärbarhet mellan de båda ståltyperna. Både för 6 och 15 mm plåttjocklek erhöles ungefär samma max skärhastighet för de båda stålvarianterna. Skärnittskvaliteten (ytjämnhet och konicitet) var genomgående mycket bra även vid mycket höga skärhastigheter. Domex Kallformningsstål har genom sin tillverkning fått egenskaper (ytor, stålsammansättning, planhet mm) som gör dem lämpliga för laserskärning.

Pressrelease

Laserskärning av plåt med begränsad bemanning

Bystronic Bycell med ett integrerat plåtlager och utrustning för laddning av plåt och plundring av färdigskurna

na detaljer är en av de mest kompakta produktionscellerna för laserbearbetning på marknaden.

Produktionscellen kan anpassas till användarens särskilda krav. Den består av ett lagertorn med 16 eller upp till 52 fack och en eller två stycken laserskärmaskiner med växelbord. En eller två kompakta laddning/plundring stationer som är en integrerad del av lagertornet. De skurna detaljerna inklusive "skelettet" kan endera lagras enskilt eller tillsammans i ett fack. Tillsammans bildar detta en helt automatisk anläggning.



Studieresa till Japan 14–21 februari 2000

Dr Conny Lampa, IVF

Jag blev i februari i år inbjuden av Professor Seiji Katayama att åka över till Japan och besöka Joining & Welding Research Institute (JWRI), Osaka University. Ett sådant erbjudande tackar jag inte nej till så på morgonen den 14 februari inledde jag den 15 timmar långa resan mot Osaka, Japan.

Tisdagen den 15 februari klockan 08.50 lokal tid landade jag på Kansai International Airport strax utanför Osaka. Tull och passkontroll gick mycket smidigt och två timmar senare var jag på plats på Osaka University.

Joining & Welding Research Institute (JWRI)

Initiativet till JWRI togs 1969 och kallades då Welding Research Laboratory. 1972 bildades formellt institutet och hette då Welding Research Institute innan det 1996 fick sitt nuvarande namn. Institutet består idag av tre avdelningar (*Materials Processing System*, *Materials Joining Mechanism*, *Functional Assessment*) och två forskningscentra (*Ultra-High Energy Density Sources*, *Cyclic Loop System for Processing and Maintenance*). I april 1999 var man 69 anställda, 161 forskare samt 78 studenter.

Professor Katayama tillhör gruppen *Chemical and Biological Processing* som ligger under avdelningen Materials Joining Mechanism. Gruppen leds av Professor Akira Matsunawa. Pågående forskningsaktiviteter inom gruppen är bland annat blyfri mikrolödning, växelverkan mellan laserstråle och material vid lasersvetsning och miljöpåverkan/egenskaper hos svets- och lödfogar. Vad gäller utrustning för laserforskningen har man bland annat en 1,8 kW CW Nd:YAG laser, en pulsad 60 W Nd:YAG laser med möjlighet till frekvensdubbling samt en pulsmodulerbar Nd:YAG laser på max 6 kW för generering av godtyckligt formade laserpulser. Dessutom har man byggt den berömda röntgenutrustningen

för on-line studier av nyckelhålet vid lasersvetsning.

Vid JWRI beökte jag även forskningscentret för Ultra-High Energy Density Sources. Där träffade jag professor Abe som visade mig runt i deras forskningslaboratorium. De förfogar över världens största (?) elektronstråle kanon (600kV, 300kW) som används för elektronstrålesvetsning, se figur 1. Inom laserområdet har man bland annat en ålderstigen 15 kW CO₂ laser som mest används för hybridsvetsning tillsammans med MIG. Dessutom har man några diodlasrar, varav den senaste investeringen är en 2 kW fiberkopplad diodlaser från JenaOptik.

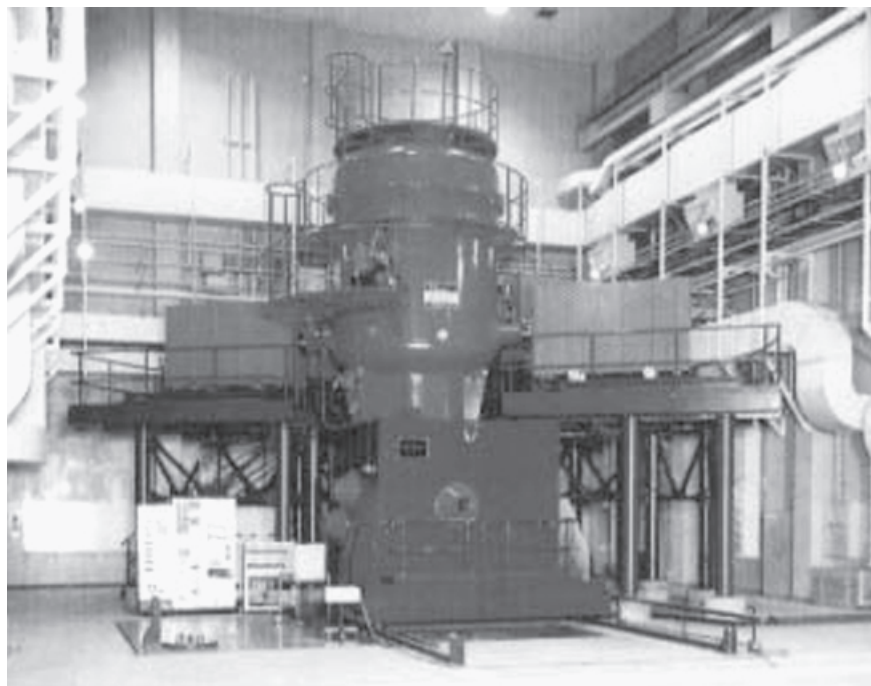
JWRI förfogar dessutom över en imponerande park av utrustning för analys och utvärdering.

Laboratory of Intelligent Laser Materials Processing System

Vid Osaka University finns ytterligare ett lab som håller på med laserbearbetning. Detta lab ligger under *Department for Manufacturing Science* och leds av Professor Isamu Miyamoto. De forskningsområden som Miyamotos lab håller på med för tillfället är både tillämpade och grundläggande studier av laserbearbetningsprocesserna. Datorsimulering, monitoring och optik av/för laserbearbetning är några andra områden man tittar på. Man förfogar över en 3 kW CO₂ laser en 1 kW CW Nd:YAG laser, en 60 W diodpumpad Nd:YAG laser samt en excimer laser.

Advanced Materials Processing Institute (AMPI)

AMPI ligger i Kinki strax utanför Osaka. Institutet bildades 1993 och är en icke vinstdrivande organisation. Organisationens två huvuduppgifter



Figur 1. Ultra High Voltage Electron Beam Heat Source

är att bedriva forsknings- och utvecklingsuppdrag inom högenergi-strålebearbetning samt att bistå med teknisk assistans till växande företag. Man förfogar idag över en 50 kW CO₂ laser, ett 5 kW Nd:YAG laser system och ett kombinerat laser - plasmaspray system. Dessutom har man robotiserad MIG/MAG och TIG svetsutrustning, SEM, röntgendiffraktometer etc. All utrustning är sponsrad av Amagaski city utan kostnad för AMPI.

CO₂ lasern är installerad att användas i ett 5-axligt gantry system och även till en 5-axlig articulated arm robot. CO₂ lasern används för tillfället mest för svetsning och skärning av tjockt material samt för yt-modifiering.

Nd:YAG lasersystemet består av två 2 kW cw Nd:YAG lasrar samt en 1,5 kW pulsad Nd:YAG laser. Systemet används dels på ett x-y-z bord, dels fiberkopplat till en 6-axlig robot (se figur 2). Man har framgångsrikt utvecklat olika system för att kombinera tre strålar till en stråle och har patenterat ett antal. Just nu används Nd:YAG lasersystemet för lasersvetsning samt för utveckling av laserbearbetningssystem.

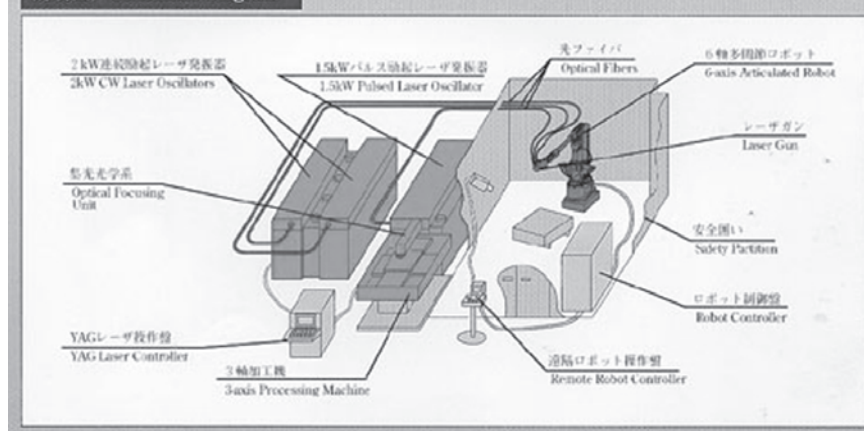
Det kombinerade laser - plasma-spray systemet använder Nd:YAG laser systemet ovan i kombination med ett 80 kW plasmaaggregat inuti en vacuum kammare. Systemet används till applicering och studier av nya högpresterande ytbeläggningar.

Mitsubishi Electric Corporation (MELCO)

En eftermiddag besökte jag Mitsubishi Electric Corporation, Advanced Technology R&D Center. Den avdelning jag besökte tillverkar CO₂- och excimerlasrar. CO₂ lasrarna tillverkas på upp till 5 kW och har mycket god strålkvalitet (M² värde mellan 1,2-1,8 beroende på lasereffekt). Excimerlasrarna har en maximal medel-effekt på 2,1 kW och har en effektivitet på över 4%, vilket är högt för excimerlasrar. Dessutom har man på MELCO utvecklat en ny mask för

仕 様	Specifications
レーザー発振器 (1)連続励起レーザー発振器: 2台 最大平均出力 : 2 kW 最大ピーク出力 : 4 kW 発振波形 : 連続波, 矩形波, サイン波 (2)パルス励起レーザー発振器: 1台 最大平均出力 : 1.5 kW 最大ピーク出力 : 20 kW 発振波形 : パルス波 (3)総合出力 : 連続励起レーザー発振器2台 + パルス励起レーザー発振器1台 最大平均出力 : 5.5 kW 最大ピーク出力 : 28 kW 総合発振波形 : 3台の発振器の波形を重ね 3軸加工機 加工範囲 : 500×400×300mm 伝送方法 : ミラー, 光ファイバ 6軸多関節ロボット 可搬重量 : 160N (16 kgf) 伝送方法 : 光ファイバ	Laser Oscillators (1) CW Laser Oscillator : 2 Units Maximum Average Power : 2 kW Maximum Peak Power : 4 kW Wave Form : CW, Rectangular, Sine (2) Pulsed Laser Oscillator : 1 Unit Maximum Average Power : 1.5 kW Maximum Peak Power : 20 kW Wave Form : Pulse (3) Output of System : CW Laser Oscillator 2 Units + Pulsed Laser Oscillator 1 Unit Maximum Average Power : 5.5 kW Maximum Peak Power : 28 kW Wave Form of System : 3 Wave Integration 3-axis Processing Machine Stroke : 500×400×300mm Beam Delivery : Mirror, Optical Fiber 6-axis Articulated Robot Payload : 160N (16 kgf) Beam Delivery : Optical Fiber
用 途	Applications
精密加工	Precise Processing

構成図/Schematic Diagram



Figur 2. Nd:YAG laserstation hos AMPI

excimerlaserbearbetning som ökar den totala energieffektiviteten från normala 1% till 12%.

Toyota Motor Corporation

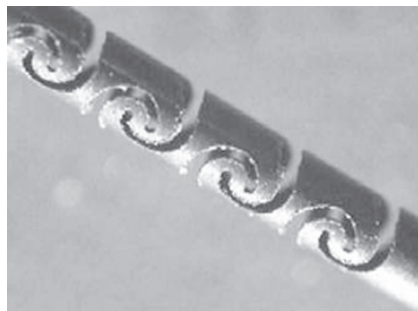
Toyota Tanaka plant ligger i Toyota City strax utanför Nagoya. Deras laserverksamhet består av ett 100-tal lasrar av olika typer som bland annat används till lasersvetsning av tailored blanks, lasersvetsning av motordelar i rostfritt stål och laser cladding av motordelar i aluminium. Vad jag fick se var lasersvetsning av tailored blanks, baddörrens innerpanel till en modell som heter Toyota Vitz. Här svetsas galvaniserad karosseriplåt av tjocklekarna 0,65 mm och 1,4 mm samman i tre parallella liner. Man använder CO₂ lasrar från MELCO och tar ut en effekt på 4,5 kW och har en

svets hastighet på 3,6 m/min. För kvalitetskontroll använder man on-line en ccd kamera som filmar själva svetsprocessen belyst med en diodlaser. På en serie av 150 stycken blanks tas den första och den sista plåten ut för kvalitetskontroll med Erichsentest.

Laser X

Laser X är en jobshop, Japans näst största inom laserbearbetning. Huvudkontoret ligger i Aichi-Ken strax utanför Nagoya och man har även ett kontor i Tokyo. Laser X historia går tillbaka till 1941 då företaget grundades. Namnet då var Kondo Koku-ki Seishakusho och huvudverksamheten var delar av flygplanstillverkning för Nakajima Aircraft. 1946 bytte man namn till Marushin Seishakusho och började tillverka gjutna

precisionsverktyg. 1970 bytte man återigen namn, nu till Marushin Heavy Industries och 1984 började man med laserskärning. 1988 bildades Laser X som en del av Marushin gruppen. Laser X har idag 44 anställda och en maskinpark bestående av 8 st CO₂ lasrar, 5 st Nd:YAG lasrar, 3 st Excimer lasrar och en lasermicrojet maskin från Synova i Schweiz.



Figur 3. Detalj skuren med laser-microjet i 0,1 mm tjock NiTi legering.

Figur 3 visar en detalj skuren med denna utrustning. Man är mycket duktig på allt ifrån mikrobearbetning till svetsning och skärning av grova detaljer med laser. Idag arbetar man med svetsning, skärning, borrar, märkning och ytmodifiering med laser. Dessutom utvecklar man programvara för laserprocesser.

Laserbearbetning i Frankrike

Olivier Matile, Air Liquide, Paris

Översatt och bearbetat av Gunnar Lindén, Air Liquide, Sverige.

Laserbearbetning har fått en omfattande användning i Frankrike. De främsta användningsområdena finns inom skärning och svetsning.

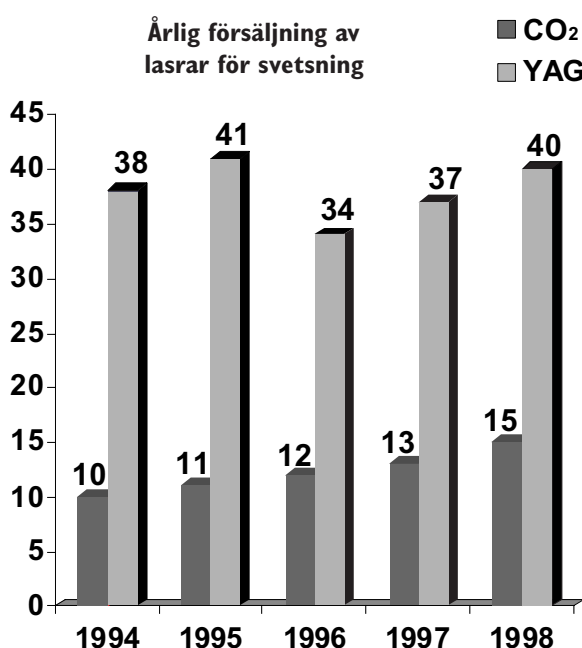
Laserskärning ökar starkt beroende på att metoden uppfyller två viktiga krav: hög hastighet i kombination med hög kvalitet. Högre hastighet förbättrar produktiviteten men utan rätt kvalitet är detta inte till något värde. Framtagningen av nya lasers typer för skärning har lett industrin till att införa laserskärning på

bekostnad av andra skärmetoder. Investeringskostnaderna för lasrar har också minskat.

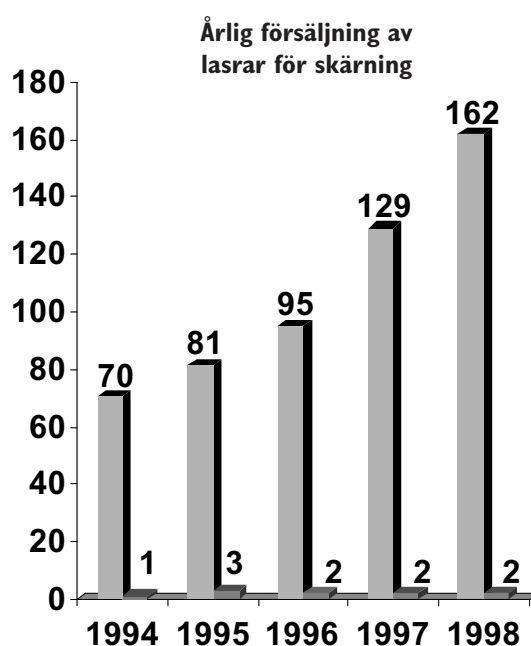
Svetslasrar ökar

Användning av laser för svetsning startade senare än skärning men ökar nu också starkt. Den främsta fördelen är kombinationen av små deformationer och liten värmepåverkan i tillverkningszonen med hög produktivitet och hög flexibilitet i tillverkningszonen.

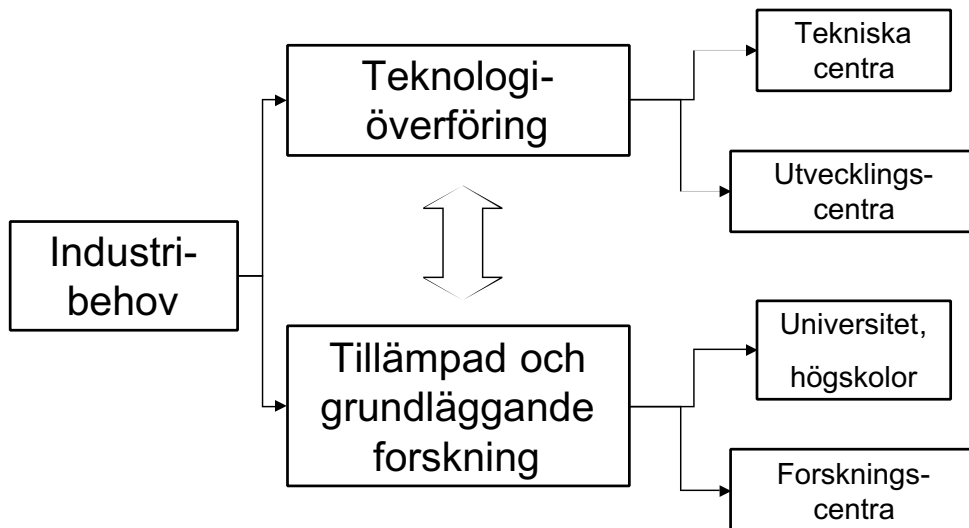
Den franska marknaden påverkas i hög grad av närheten till Tyskland men antalet installerade lasrar är mycket färre. För svetsapplikationer visar figur 1 att den årliga försäljningen av YAG-lasrar är konstant, medan försäljningen av koldioxidlasrar har en tillväxt av ca 15% per år. För svetsning är lasereffekten ca 6 kW med en trend mot 8 kW inom den närmaste framtiden. För skärning visar figur 2 att YAG-lasrar har en lägre tillväxt. Koldioxidlasrar står för



Figur 1. Försäljning av svetslasrar i Frankrike



Figur 2. Försäljning av skärlasrar i Frankrike.



Figur 3. Forskningsstruktur inom laserbearbetning Frankrike.

den största delen av försäljningen. Medeleffekten är ca 3 kW. Uppskattningar för året är en försäljning av ett tiotal 6 kW lasrar.

Vad gäller den årliga försäljningen fördelad på olika lasertillverkare gäller

- Trumpf 39%
- Bystronic 26%
- Amada 17%
- Övriga 18%

Följande tabell ger en uppskattning av totala antalet lasrar för svetsning och skärning installerade vid slutet av år 1998

	CO ₂	YAG
Lasrar för svetsning	70	500
Lasrar för skärning	500	15

Nya lasertyper

Tekniska framsteg leder till nya lasertyper

- YAG-lasrar med dioder i stället för blixtlampor
- Större effekt för koldioxidlasrar med vågledare (SLAB)

Forskning inom metallbearbetning med laser är i Frankrike uppdelat på två olika nivåer, figur 3. Industriföretag kan vända sig till endera eller båda beroende på sina behov.

Grundläggande och tillämpad forskning innefattar

- Universitet och högskolor t ex Ecole Centrale de Paris, Ecole Polytechnique
- Forskningscentra inom industriella grupper t ex Alcatel, Air Liquide, Aérospatial

Teknologiöverföring innefattar

- Tekniska centra t ex IREPA, Institut de Soudure (det franska svetsinstitutet)
- Utvecklingscentra knutna till industrigrupper t ex Air Liquide

På franska marknaden är forskning och utveckling inom lasertekniken huvudsakligen inriktat på lasersvetsning. Detta hänger samman med den franska industrins ökande behov av kunskap inom detta område.

- Användning av diodlasrar för applikationer i tunna material som ersättning för konventionella svetsmetoder
- Användning av tillsatsmaterial för att lösa problem i speciella material eller konstruktioner
- Användning av styrsystem, följning, plasmakontroll, kontroll av smältbadet och analys av laserstrålen. Avsikten är att kunna automatisera processen och öka tillförlitligheten.

- Användning av dubbelfokussystem för att förbättra kvaliteten hos svetsen

- Användning av hybridssystem t ex plasma + laser för att förbättra processen och att minska toleranskraven för positionering av laserstrålen och sammansättningen av arbetsstyckena.

Projekten genomförs i samarbete mellan ett enskilt eller ett antal företag och forskningsinstitutioner och tekniska centra. Bilindustrin använder laserskärning och lasersvetsning i stor omfattning exempelvis för svetsning av skräddarsydda plåtar (tailored blanks), transmissionskomponenter och karossdelar. Andra industrisektorer som använder laserbearbetning är flyg- och rymdindustri, underleverantörer m fl.

NYA MEDLEMMAR

Trestad Svets AB

Kardanvägen 4
461 38 Trollhättan

Kontaktperson

Telefon

Fax

E-post

Tomas Wahlberg

0520-47 80 57 (direkt)

0520-47 80 50 (vx)

0520-47 80 60

tomas.wahlberg@trestadsvets.se

Verksamhet

Trestad Svets AB är specialiserade på laserbearbetning, formning och svetsning av produkter tillverkade i rostfritt stål samt nickel- och koboltbaslegeringar. De största kunderna finns i första hand inom rymd- och gasturbinindustri, såsom ABB Stal och Volvo Aero Corporation, men man levererar även produkter till kunder inom fordonsindustrin mm.

Företaget är ISO 9002 certifierat from hösten 1999.

Produktionsutrustning

Produktionsutrustningen består bl a av

- 2 kW Trumpf CO₂ 3D-laser för skärning och svetsning, 3000 x 1250 mm
- 3,8 kW Trumpf CO₂ 2D-laser för skärning, 3000x1500 mm

- 2,6 kW Trumpf CO₂ 2D-laser för skärning, 3000x1500 mm
- Off-line programmering av laserkonturer
- 500W Lasag Nd:YAG-laser för hålbormning/skärning
- Manuell/maskinell TIG
- Söm- och punktsvetsning
- Hydraulpressar
- 3000 ton Quintuspress för fluid form pressning

Lasergruppens Årsmöte och Laserdag I, 2000

Torsdagen 18 maj 2000, kl 09.30 på Volvo Personvagnar AB, Torslandaverken, byggnad 7LI

Samling kl 09.15 utanför Vakten TK-porten

Program

09.30	Årsmötesförhandlingar
10.00	Kaffe
10.20	Laserdag I Välkommen till Volvo Personvagnar
10.40	Temperature Controlled Welding of Plastics <i>Peter Grollmann, Fisba Optik AG (CH), Thomas Nilsson, IVF</i>
11.05	"State of the art" för laser-skärning <i>Bernt von Brömssen, IVF</i>
11.30	LASIM – Simuleringsprogram för Nd:YAG lasersvetsning <i>Conny Lampa, IVF</i>
11.55	Lunch
12.45	Laserbearbetning inom Bilindustrin – Historik och Utvecklingstrender <i>Johnny K Larsson, Volvo Cars, Advanced Body Engineering</i>

13.10	Volvo S80 – Den sanna historien kring utveckling, konstruktion och flexibel tillverkning av en lyxbils-kaross <i>Johnny K Larsson, Volvo Cars, Advanced Body Engineering</i>
13.30	Torslanda lasersvetscell <i>Niclas Palmquist, Volvo Cars, Advanced Manufacturing Engineering</i>
13.45	Torslanda laserskärcell <i>Ulf Sandström, Permanova Lasersystem</i>
14.00	Fabriksbesök Torslanda Karosfabrik Värdar: <i>Niclas Palmquist, Martin Currie och Urban Todal</i>
15.30	Kaffe, frågestund och diskussion
16.00	Avslutning



Redaktör Hans Engström
Tel 0920-912 69
Växel 0920-910 00
Fax 0920-993 09
E-post Hans.Engstrom@mb.luth.se

Redaktionellt arbete och kansli
Per Westerhult
E-post per.westerhult@vi.se

Annika Wannerberg
E-post annika.wannerberg@vi.se

Lasergruppen inom
Verkstadsindustrins
Branschgruppsservice AB

Tel 08-782 08 78
Fax 08-660 33 78