



LASER

I-02

nytt

RACER

Utvecklar svensk
laser- och vattenstråleteknik

Lasernytt utkommer
med 3 nummer per år
och ges ut av Lasergruppen
inom VI
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@vi.se
Annika Wannerberg
E-post: annika.wannerberg@vi.se

Lasernytt på Internet

www.vibab.se/laser/

© Lasergruppen inom
VI, Sveriges Verkstadsindustrier
www.vi.se

- 2** RACER Utvecklar svensk laser- och vattenstråleteknik
- 13** ICALEO 2001 präglad av den 11 september
- 16** Rapport från ATT-konferensen i Barcelona 1–4/10/01
- 30** Laserseminarium hos ABB Ventilation Products AB
- 32** Laser kan ersätta besvärlig förbehandling inför limning
- 33** ELMIA Underleverantörsmässa 2001
- 34** EWF – Specialistkurs i Lasersvetsning



RACER – Utvecklar svensk laser- och vattenstråleteknik

RACER, den stora satsningen av VINNOVA och svensk industri för att utveckla laser- och vattenstråleteknik har nu avslutats efter ca fyra års arbete.

Avslutningen skedde i Torsås den 12 mars där resultaten från den andra delen av programmet presenterades för 58 deltagare.

- Programmet har varit mycket framgångsrikt berättar Hans Engström, Luleå tekniska universitet, som har varit programkoordinator. Vi har bl.a. medverkat till att ett nytt laserföretag, Lasertech LSH AB, Karlskoga, har etablerats och att Ferruform AB, Luleå, har investerat i en avancerad lasersvetsutrustning för svetsning av bakaxelbryggor. Sedan har RACER överlag gett goda tekniska resultat i alla 10 delprojekt som har genomförts.

Industridrivet

Det var i slutet av 1997 som VINNOVA beslutade att starta ett program för att vidareutveckla Rationella bearbetningsproCesseR som laserteknik- och abrasiv vatten-skärningsteknik tillsammans med svensk industri. Professor Claes Magnusson, Avd. för produktionsutveckling, Luleå tekniska universitet fick uppdraget att formulera programmets innehåll och att leda detta. Programmets ledstjärna var att alla det skulle vara industridrivet, dvs. att alla projekt skulle planeras efter industrins behov av teknikutveckling och att företagen skulle medverka med minst halva finansieringen av programmet genom att arbeta i projekten. Utvecklingsarbetet vid högskolor/institut skulle göras av senior forskare för att få högsta effektivitet. RACER startade under 1998 med femprojekt som avrapporterades vid ett seminarium i Braås i september 2000. Programmet fortsatte sedan med en andra del, RACER II, som också innehöll fyra laser- och ett vattenstråleprojekt. En styrgrupp, under ledning av Bertil Pekkari, Esab AB, har svarat för den överordnade styrningen av RACER. Totalt har programmet omsatt ca 20 miljoner kronor och ett 25-tal företag medverkat i RACER tillsammans med Luleå tekniska universitet, Chalmers Lindholmen, Lunds Universitet, och IVF.

Sammanfattning av delprojekten

En av ambitionerna från VINNOVA har varit att teknikspridning skulle vara snabb och effektiv och därför har resultat från pågående projekt presenterat löpande tex. via Internet och artiklar i svensk press.

- Här följer nu en sammanfattning av resultaten från utvecklingsprojekten inom RACER II. Den som vill veta mera kan kontakta respektive organisation för att få del av de tekniska rapporter som finns för varje delprojekt säger Hans Engström. Det går naturligtvis bra att också vända sig direkt till respektive projektledare.

Laser-MAG-hybridsvetsning av detaljer i tjockt konstruktionsstål

Den industriella användningen av laser för svetsning av komponenter med godstjocklekar >5mm förekommer ännu bara i begränsad omfattning i industrin. Inom varvsindustrin gör man dock stora ansträngningar att utveckla lasersvetsning av tyngre konstruktioner. Lasersvetsning ger många generella fördelar jämfört med vanliga svetsmetoder framförallt lägre sträckenergi som ger mindre deformationer. En hög svetshastighet och bra svetskvalitet ger hög produktivitet. I många fall är det de små deformationerna som kan vara av störst intresse eftersom en slutprodukt med bättre toleranser ger minskad efterbearbetning.

Föreliggande arbete omfattar vidareutveckling av en ny metod, s k laserhybridsvetsning. Metoden kombinerar lasersvetsning (CO₂ eller Nd:YAG) med konventionell svetsning (MIG/MAG-, TIG- eller plasmasvetsning). I detta projekt har CO₂-laser kombinerats med MIG/MAG-utrustning.

Överbrygger spalter

Vid hybridsvetsning sker interaktion mellan de två processerna med gynnsamt resultat avseende svetskvalitet och produktivitet. Laserstrålens inducerade plasma och ”nyckelhål” stabiliserar ljusbågen och gynnar energitillförseln till arbetsstycket med ökat svetsdjup och ökad svetshastighet som följd jämfört med var och en av processerna. Trots detta så minskar totalt tillförd sträckenergi jämfört med envar av processerna för sig vilket ger minskad risk för restspänningar och formändringar. Metoden medger också att större spaltvidder kan överbryggas än vid vanlig lasersvetsning med tillsatstråd. Detta kan ha avgörande betydelse för att industriellt kunna svetsa laserskurna eller klippta plåtkanter. En nackdel med metoden är att ytterligare variabla svetsparametrar tillkommer.

Mål med projektet har varit att skapa förbättrade tekniska förutsättningar för att underlätta införandet av lasersvetsning av tjockt konstruktionsstål i industriella tillämpningar.

Höghållfast stål

Materialet som har använts: DOMEX 390 XP, S355J2G3, WELDOX 960 med sammansättning enligt *tabell 1 nästa sida*.

I försöken har huvudsakligen svetstråd Autrod OK 12.51 använts. Försök har även gjorts med Autrod OK 12.54 och Tubrod OK 14.12 i syfte att reducera dikesbildning. Sammansättning enligt *tabell 2 nästa sida*.

Projektdeltagare

Projektdeltagare och deras roller

Organisation/Företag

Luleå Tekniska Universitet
SSAB Tunnpå AB, Borlänge

SSAB Oxelösund AB

FERRUFORM AB, Luleå (f.d. Scania
Chassikomponenter AB)

Volvo Articulated Haulers, Växjö

ESAB Welding Equipment AB

AGA AB, Lidingö

Aktivitet i projektet

Proj.ledning, F&U- arbete i laboratorium
Know-how material- och svetsfrågor
Materialleverantör/Materialprovning
Know-how material- och svetsfrågor
Materialleverantör/Materialprovning
Know-how svets- och produktionsfrågor
Lev. av material, laserskurna och maskinbearbetade
ämnen. Demonstratorobjekt.
Know-how konstruktions-, svets- och produktionsfrågor
Lev. av material o laserskurna ämnen. Demonstratorobjekt.
Know-how, svets- och produktionsfrågor
Tillhandahållande av MIG/MAG svetsaggregat och svetsstråd
Know-how, svets- och produktionsfrågor
Lev. av processgaser Tillhandahållande av gasblandare

Tabell 1. Stålsammansättning hos svetsat provmaterial

Stålsort	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	Al	Nb	V	CEIIW ¹⁾
DOMEX 390XP, 10 mm	0,056	0,01	0,61	0,006	0,003	0,03	0,01	0,04	0,02	0,05	0,022	0,005	0,17
DOMEX 390 XP, 12 mm	0,067	0,02	0,58	0,008	0,003	0,03	0,01	0,05	0,02	0,04	0,031	0,005	0,18
S355J2G3, 8 mm	0,159	0,33	1,39	0,015	0,009	0,06	0,06	0,02	0,01	0,03	--	0,004	0,27
WELDOX 960, 6, 12 mm	0,169	0,2	1,24	0,009	0,002	0,18	0,02	0,057	0,65	0,061	0,024	0,018	0,55

1) Kolekvivalent CEIIW(%) = $C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Cu+Ni)/15$

Tabell 2. Tillsatsmaterial, materialsammansättning

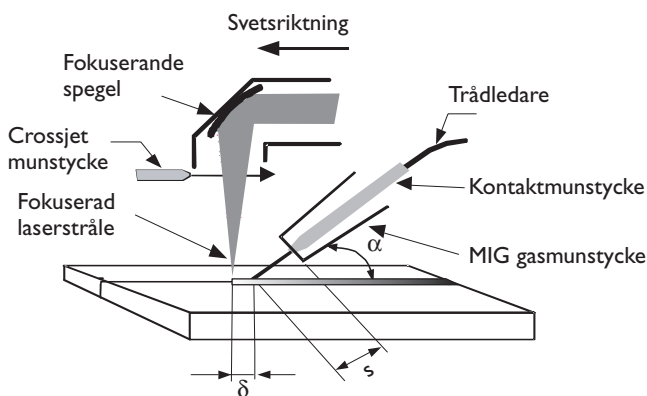
Tillsatsmaterial	C	Si	Mn
Autrod OK 12.5I	0,08	1,5	0,9
Autrod OK 12.64	0,1	1,7	1,0
Tubrod OK 14.12	0,07	1,3	0,6

Försöken har genomförts med utrustning enligt figur 1.



Figur 1. Försökupställning för plana provbitar

Viktiga parametrar, vilka kan påverka svetsresultatet, är svetspistolens position speciellt avståndet (δ) mellan tråd och laserstråle och vinkeln (α) mellan arbetsstycke och svetspistol. Avståndet mellan svetspistolens munstycke och svetsstället (s) den s.k. "stickout" har också stor inverkan liksom även svetsström, svetsspänning, svetsriktning och processgasens sammansättning och flöde. Svetsning utfördes på svetsfixtur med spänntänger för fasthållning av plåtämnen vilka häftats med laser eller MIG före hybridsvetsning.



Svetshastigheten ökar 50%

För att kunna svetsa plåt ≤ 8 mm med god säkerhet krävs en lasereffekt av minst 6 kW. Med 6 kW (5,4 kW på arbetsstycket) kan en svetshastighet på 1,2 m/min uppnås jämfört med 0,8 m/min för autogen lasersvetsning, alltså en ökning med 50%. Vid plåttjocklekar ≤ 12 mm bör tillgänglig laser-effekt vara 12 kW. Svetshastigheten kan vid laserhybrid-svetsning av 12 mm plåt med 12 kW (11,4 kW på arbetsstycket) ökas från 1,1 till 1,6 m/min, ca 50% ökning.

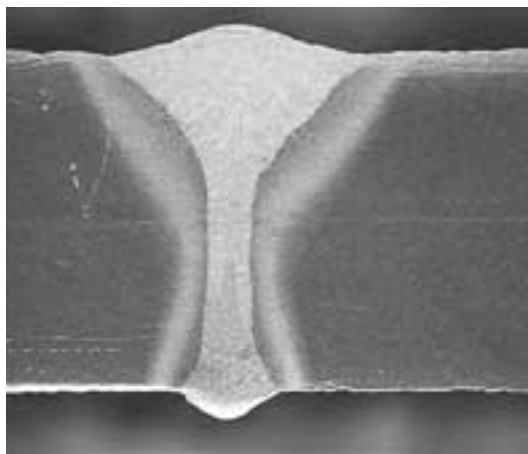
Minst 50% Helium

Det konstaterades att processgasen måste innehålla minst 50% helium för att inte blockera laserstrålen med för stor mängd plasma. Skyddsgaser med ren eller stor mängd helium tenderar att ge en spetsig råge och med små diken. Tillsats av argon upp till 50% medförde en mindre spetsig råge, men fortfarande små diken. Tillsats av koldioxid upp till 40% gav en svetsgeometri utan diken eller med mycket små diken (max ca 0,3 mm), men mängden sprut ökade med koldioxidhalten. En inblandning av koldioxid på 5% tillsammans med 65% helium och 35% argon har visat sig ge en optimal gasblandning med avseende på svetsdiken och sprut.

Huvuddelen av svetsförsöken genomfördes med tråd Autrod OK 12.51, men några försök gjordes med Autrod OK 12.64 och Tubrod OK 14.12 (rörtråd). Tillsats med OK 12.64 och samma svetsparametrar som med OK 12.51 gav ett mindre stabilt svetsförlopp med ojämn svetsråge och dikesbildningar. Tråden gav i övrigt ingen förbättring jämfört med OK 12.51. Vid svetsning med rörtråd OK 14.12 observerades ökad tendens till sprut jämfört med OK 12.51 och att penetrationen försvårades något.

Klarar flera fogutförande

Fogberedning genom laser-, plasma- och gasskärning är gynnsamma för hybridsvetsning. Dock måste oxider på snittytor och på plåtens ovan- och undersida avlägsnas noggrant för att undvika defekter i svetsen i form av porer, slagger i svetsgodset, genomrinning och försämrade penetration. Med 12 kW laser går dock 8 mm laserskuren kant med oxid kvat utmärkt att lasersvetsa, se figur 2a. Införande av en fogspalt på ca 0,5 mm vid svetsning av laserskurna kanter förbättrar svetsresultatet och möjliggör svetsning med godkänd svetsgeometri av oxiderade fogtor. Käl-fog med klippta kanter kan svetsas med bra resultat, se figur 2b.



Figur 2 a. Laserskuren kant, 8 mm med oxiden kvar. 12 kW, $v=1,8$ m/min, trådmatt=14m/min



Figur 2 b. Käl-fog, klippt kant, 8 mm, 77° fogvinkel. 6 kW, $v=0,7$ m/min, trådmatt=13m/min

Oxider försämrar

Oxider har en negativ inverkan på svetsresultat i form porbildning och genomrinning samt försämrade penetration och slagseghet. Orsaken till porer och genomrinning är bl.a. påverkan av viskositet och ytspänning medan slagsegheten tycks påverkas av närvaron av oxider i svetsgodset. Oxiderna tycks även påverka svetsgodsets absorption av laserenergin så att en större mängd material smälts på bredden, vilket påverkar penetrationsdjupet negativt.

En ökad inblandning av koldioxid i processgasen ger en ökad sprutmängd. En inblandning av max 5% koldioxid i processgasen gav bästa resultat med avseende på sprut och svetsgeometri. Med MIG-parametrar inställda för pulsad spraybåge kan besvärande sprut undvikas.

Svetsdiken kan ofta påvisas men de är grunda $< 0,5$ mm. Svetsdiken med något större djup än vid stumfog uppträder vid svetsning av T-fog men dock med gynnsam form avseende utmattningsspänningar.

Bra hållfasthet

Samtliga provade svetsförband uppvisar bra värden med avseende på statisk draghållfasthet. Brotten sker vid sidan av svetsen ute i grundmaterialet, vilket visar att svetsgodset har högre hållfasthet än grundmaterialet även om tillsatsstråd med lägre hållfasthet har använts. DOMEX-materialen testades också med avseende på böckbarhet och samtliga svetsar klarade också dessa krav. För DOMEX-materialen varierade slagsegheten kraftigt mellan de olika förbanden beroende på varierande mängd oxider i svetsgodset, vilka har sitt ursprung i fogkanterna. Då kanterna borstats före svetsning blev slagsegheten hög. Slagsegheten i WELDOX-materialen låg på eller något under slagseghetskravet för grundmaterialet som ska klara 27J vid -40°C. För många applikationer är dock slagsegheten fullt tillräcklig.

Publikationer

Projektet har presenterats vid en internationell laserkonferens och har slutrapporterats i en teknisk rapport:

1. Hans Engström, Klas Nilsson, Jan Flinkfeldt, Tony Nilsson, Anders Skirfors, Bertil Gustavsson. Laser Hybrid Welding of High Strength Steels. Proc. International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics, ICALEO 2001, Jacksonville, Fl., USA, oktober 15-18, 2001, section A Welding.
2. Klas Nilsson, Hans Engström, Jan Flinkfeldt, Tony Nilsson, Anders Skirfors, laserhybridsvetsning av tjockt konstruktionsstål. Luleå tekniska universitet, 2001:17.

Projektet har genomförts i kontinuerligt och nära samarbete mellan deltagarna. Inom projektet har hållits elva protokollförda projektmöten för planering och rapportering av aktiviteter. Fyra arbetsrapporter har framställts under projekttiden.

För ytterligare upplysningar kontakta Hans Engström eller Klas Nilsson Luleå tekniska universitet.

hans.engstrom@mb.luth.se

klas.nilsson@mb.luth.se

Robotiserad Lasersvetsning

Kombinationen laser - industrirobot har utvecklats till ett effektivt system för industriell produktion. Idag används till största delen Nd:YAG-laser tillsammans med olika industrirobotar för svetsning och skärning. Lasersvetsning

med industrirobot inom bilindustrin utförs typisk på takkonstruktioner och huvar/bakluckor vilka till sin natur är enkla svetsgeometrier med relativt raka svetsar, som normalt inte kräver komplicerade robotrörelser. Svetsning av överlappsfog dominerar. Denna fogtyp ställer betydligt mindre krav på toleranser på ingående komponenter samt noggrannhet hos laser/robot systemet än svetsning av stumfog.

Vidareutveckla teknik

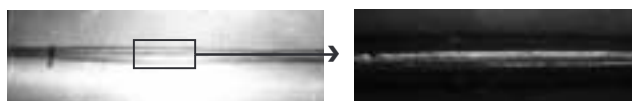
Målet med projektet är att hämta hem och vidareutveckla teknik för att kunna utföra och demonstrera avancerad robotiserad lasersvetsning, samt överföra denna kunskap till de industriella projektdeltagarna och övrig svensk industri. Projektet syftar också att lösa svetsstekniska problem vid svetsning av svårsvetsade material som ferritiska Cr-stål och härdat specialstål, samt att svetsa industriella applikationer.

Kvalificerade deltagare

Tre högt kvalificerade industripartners och två FoU-utförare har deltagit i projektet, se tabell sid 7.

Världsunik adaptiv styrning av processen vid lasersvetsning

I projektet har vi utvecklat teknik för fogföljning och adaptiv styrning av svetsprocessen vid robotiserad lasersvetsning. Systemet har testats med bra svetsresultat för stumfog med varierande spalter upp till 0.75 mm i 2 mm tjock stålplåt. Kallvalsad plåtyta med frästa kanter kräver en spalt på ca 0.15 mm för att fogföljaren ska kunna detektera spalten. Detta är det första adaptiva laser – robot systemet i världen som har satts i drift av Motoman.

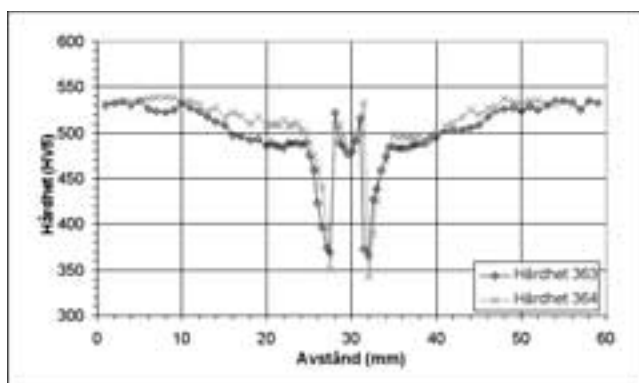


Figur 1. Adaptiv lasersvetsning av stumfog med industrirobot. Varierande spaltbredd från 0,15 mm till maximalt 0,75 mm mitt på plåten. Plåttjocklek 2 mm.

Projektdeltagare	Projektledare	Aktiviteter i projekt
Luleå tekniska universitet, Avd för produktionsutveckling	Hans Engström	Projektledning, FoU-arbete i laboratorium
Lunds Universitet, Avd för robotteknik	Giorgos Nicolieris	Know-how robotteknologi, kravspecifikation adaptiv styrning
Motoman Robotics Europe AB, Torsås www.motoman.se	Michael Tranberg	Robotteknologi, utv. och implementering av fogföljning och adaptiv styrning, utbyte och installation av robotutrustning
Faurecia Exhaust Systems AB, Torsås www.faurecia.se	Hans Nyström	Know-how svets-, material- och produktionsfrågor, tillhandahållande av material och applikationsobjekt, utveckling av lasersvetssteknik, materialundersökningar
Häggglunds Vehicle AB, Örnsköldsvik www.haggve.se	Bertil Mårtensson	Know-how svets-, material- och produktionsfrågor, lev. av material, utveckling av lasersvetssteknik, materialundersökningar

ARMOX 500 lasersvetsas med framgång

Svetssteknik har undersökts och utvecklats för ARMOX 500T. Med tillsatsmaterial Esab OK Autrod 13.26 och eftervärmning med induktion till 300°C erhålls svetsar av hög kvalitet och med goda mekaniska hållfasthetsegenskaper.

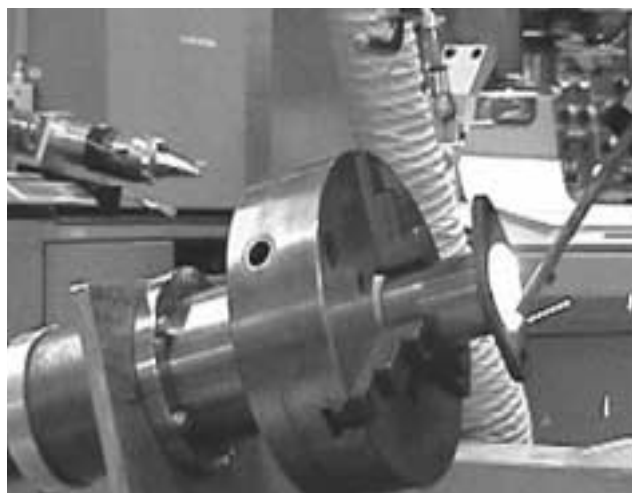


Figur 2. Hårdhetsfördelningen tvärs svetsen, ARMOX 500T. Tillsatsmaterial Esab OK Autrod 13.26, eftervärmning med induktion till 300 °C.

17% Cr-stål utan porer

Lasersvetssteknik med Nd:YAG-laser har också utvecklats för överlappsfog i 17% Cr-stål. För plåttjocklek 3 (1,5+1,5) mm blir svetshastigheten med Nd:YAG-laser begränsad till ca 2 m/min, där högre hastigheter ger kraftiga genomrinningar. Förekomst av porer kan elimineras genom att använda dubbelfokusoptik och nitrogen som skyddsgas. Faurecia Exhaust Systems AB menar dock preliminärt att denna gas inte bör användas till grenrör på grund av ökad risk för interkristallin korrosion samt att duktiliteten kan försämrats. Fortsatta utredningar planeras för att dokumentera svetsarnas egenskaper i drift.

Även svetssteknik för en rör-fläns applikation där röret består av 17% Cr-stål och flänsen av ett C-Mn stål har utvecklats, *figur 3*. Sprickbildning i svetsgodset har dock inte kunnat undvikas.



Figur 3. Försökupställning vid avsvetsning av rör i 17% Cr-stål mot fläns i C-Mn stål.

Rapporter, Publikationer

1. Engström, H., Wiklund, G., Mårtensson, B. Robotiserad lasersvetsning. Luleå tekniska universitet 2001:18.

Mer information kan fås genom Hans Engström
Luleå tekniska universitet, hans.engstrom@mb.luth.se
eller övriga projektdeltagare.

Laserpåsvetsning med 12 KW CO₂ laser i kombination med induktionsvärmning

Lyckosamt fullskaleförsök

Kraven på kolringar till stora dieselmotorer ökar alltefter som motorerna utvecklas. Detta innebär, att nya tillverknings- och ytbehandlingsmetoder måste tillgripas för att förbättra kolringens prestanda. Laser medger unika möjligheter för ytbehandling eftersom laserstrålens energi kan koncentreras till de ytor som ska förbättras. Luleå tekniska universitet har tillsammans med Daros AB, som är världsledande tillverkare av kolringar till stora dieselmotorer, under ett flertal år utvecklat metodiken för att laserytbehandla kolringar och nu kommit så långt att ett lyckosamt fullskaleförsök utförts i en fartygsdiesel med kolringsdiameter 900 mm. Den påsvetsade ytan täckte dock inte hela kolringens bredd, vilket är önskvärt för att ytterligare minska slitaget.

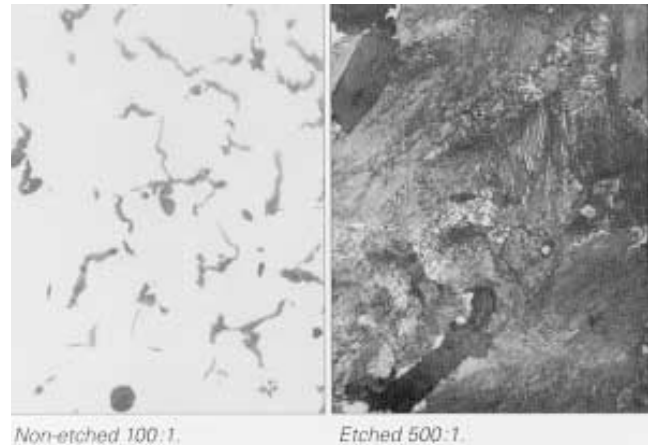
12 kW CO₂-laser ger bredden

I detta projektet har försök utförts med en 12 kW CO₂ laser stationerad hos Duroc AB. En integrerande linjefokuserande optik som täcker hela kolringens bredd på 20 mm har använts. Hög effekt och bred stråle gör det möjligt att välja påsvetsparametrar som gynnsamt motverkar sprickbildning samtidigt som produktionseffektiviteten kan öka. Högre effekter ställer samtidigt större krav på pulvermunstycket med tanke på reflexer. Syftet med detta projekt är att, tillsammans med Daros AB och Duroc AB, vidareutveckla laserpåsvetsning med effekter upp mot 12 kW med optik som ger en rektangulär stråle med jämn intensitetsfördelning på arbetsstycket. Med optiksystemet som bas ska systemet för pulvertillförsel av beläggingsmaterial vidareutvecklas. Målet är att kunna utföra laserpåsvetsning som ger ca 20 mm breda och 2 mm tjocka påsvetsade strängar.

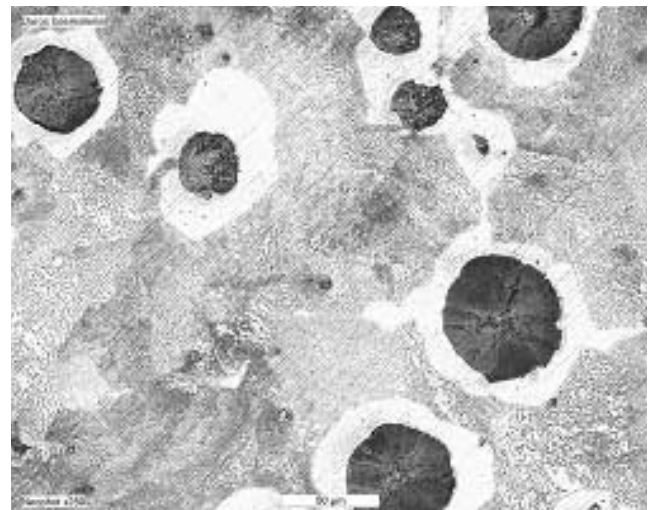
I detta projekt har laserpåsvetsning utförts vid Luleå tekniska universitet (LTU) och Duroc AB i Umeå. Vid LTU användes en 6 kW CO₂ laser, Rofin Sinar HF 6000 och hos Duroc användes en 12 kW CO₂ laser av märket Triumph TLF 12000. Vid försöken användes integrerande linjefokusoptik som gav strålstorlekar på 4*13 mm och 5*20 mm. För- och eftervärmning utfördes med hjälp av ett induktionsaggregat på 30 kW, MINAC 21 från Elva induktion AB, med frekvens 10-30 kHz och en eller fyra utgångstransformatorer.

Kompaktgråfitjärn och segjärn

Två grundmaterial har laserpåsvetsats, kompaktgråfitjärnet Darcast och SS0732. Materialen har olika grafitform och SS0732 har ferrit med mycket låg kolhalt runt om grafiten.



Darcast



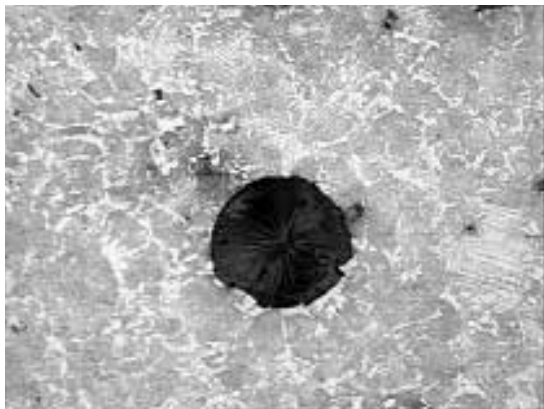
SS0732

Påsvetsmaterialet var ett nickelbaserat kromkarbidpulver som Daros utvecklat speciellt för laserpåsvetsning.

Förvärmning styr strukturen

För att påverka eller styra den struktur som bildas i grundmaterialet och påsvetssiktet efter laserpåsvetsning måste man veta vilka temperaturer materialet erhåller vid laserpåsvetsningen och hur temperaturen påverkas av för- och eftervärmningen. En serie temperaturmätningar utfördes därför på kolringssegment av Darcast material, 120*21*18mm (l*b*h), som utsattes för olika för- och eftervärmningstemperaturer vid laserpåsvetsningen. Målet

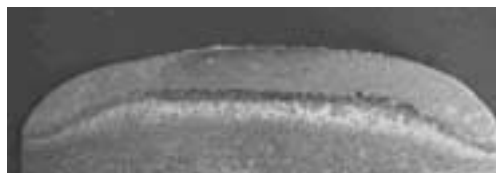
var att hålla för- och eftervärmningstiden så kort som möjligt för att förenkla detta moment då en hel kolring påsvetsas. Temperaturen, fyra minuter efter laserpåsvetsningen, bör ligga över 300°C för att erhålla en lämplig struktur i grundmaterialet. Försöken visade att det var lämpligt att grundmaterialet var 300°C då laserpåsvetsningen startade och att temperaturen var 500°C minst en minut efter påsvetsningen för att få ett lämpligt avsvalningsförlopp. Med dessa för- och eftervärmningstemperaturer utfördes laserpåsvetsning på provbitar med lasereffekter mellan 5700 W- 10000 W och lämpliga hastigheter så att hela provbitens bredd på 20 mm täcktes till en tjocklek på 1-2 mm. Det visade sig att Darcast materialet hade större benägenhet att få sprickor efter laserpåsvetsningen medan SS0732 blev sprickfritt för vissa laserparametrar. Vid påsvetsningen är temperaturen strax under påsvetsen så hög att kol diffunderar ut från grafiten in i grundmaterialet. I Darcast materialet omges grafiten av perlit med ca 0,8 % kolhalt och genom diffusionen blir kolhalten ännu högre vilket ökar risken för karbidbildning och sprickbildning. För materialet SS0732 minimerar ferriten runt grafiten risken för sprickbildning eftersom kolhalten från början redan är låg. Strukturen i grundmaterialet under påsvetszonen efter påsvetsningen visas i nedanstående bild. Den perlitiska strukturen har förändrats pga uppvärmningen och ferriten runt nodulerna är borta.



Tvärsnitt av gjutjärn SS0732 under en laserpåsvetsad yta.

20 mm breda påsvetsar

Med 12 kW lasern var det möjligt att täcka provbitens bredd med ett spår. Tvärsnittet visade att kanterna smälte mer än mitten av spåret främst pga att värmen inte leds bort lika bra där. Karbider från tillsatsmaterialet är delvis osmält i centrum av spåret medan de har helt smält vid kanterna.



Tvärsnitt av laserpåsvetsad yta.

Resultaten från försöken på provbitar med olika parametrar, pulvermunstycken, för- och eftervärmningstemperaturer gav en parameteruppsättning som var lämplig att använda för laserpåsvetsning av kolringar. De kolringar som skulle beläggas hade diametern 900 mm och ytan som ligger an mot cylindarfodret var 19 mm bred. Nio ringar påsvetsades för att testas i motor. Ringarnas utseende efter påsvetsningen framgår av nedanstående figur. Området vid start och slutpunkten kapas bort då ringen maskinbearbetas till färdiga dimensioner varför de ojämnheter som framgår i figuren inte har någon betydelse.

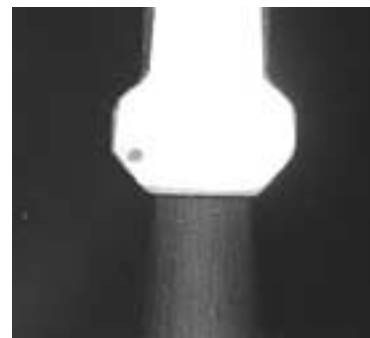


Laserpåsvetsade kolringar.

60% reflektion

Vid laserpåsvetsning med CO₂ laser reflekteras ca 60% av strålningen. Reflexerna kan orsaka skada på omgivande utrustning, främst pulvermunstycket, vilket är förödande om det sker under påsvetsning av någon dyr maskinkomponent. Genom att tillverka munstycket med så liten area som möjligt riktad mot påsvetsområdet kan risken minimeras. Munstycket kan också utformas så att pulverstrålen ut från pulvermunstycket inte sprider sig så mycket vilket innebär att munstycket kan placeras längre ifrån påsvetsområdet.

I detta projekt tillverkades några olika modeller av pulvermunstycken. De har rektangulärt utgångshål för att pulvret ska täcka den rektangulära laserstrålen. Alla munstyckena fungerade tillfredsställande men vid den slutliga behandlingen av kolringar valdes munstycket som var 15*1,5 mm eftersom det gav en något stabilare påsvetsprocess.



Påsvetsmunstycke

Rapporter

1. Greger Wiklund, Laserspåsvetsning med 12 kW CO₂-laser i kombination med induktionsvärmning. Luleå tekniska universitet, 2002:03

För ytterligare upplysningar kontakta Greger Wiklund, Luleå tekniska universitet: greger.wiklund@mb.luth.se

Lasersvetsning av aluminium till koppar: införande av laserteknik i ett svenskt småföretag

Lasersvetsning ersätter elektronstråle

SAAB Bofors Dynamics (tidigare Celsius/Bofors Anti Armour Systems) har under ett antal år elektronstrålesvetsat behållare för sprängladdning och raketmotorladdning. Behållaren består av en kopparkon (99,95 % ren Cu) inuti en hylsa i en aluminiumlegering (AA 2014 – T6). Elektronstrålesvetsutrustningen man förfogar över är relativt omodern och behöver uppdateras eller ersättas av någon annan metod, exempelvis lasersvetsning. Lasersvetsning erbjuder bland annat en högre flexibilitet än elektronstrålesvetsning och tanken är att även andra detaljer ska kunna svetsas med hjälp av laser.

Nytt företag

I samband med bytet av svetsmetod vill SAAB Bofors Dynamics även lägga ut svetsningen av behållarna till någon underleverantör. Detta är en av orsakerna till att företaget Lasertech LSH AB bildades i januari 2000. Lasertech, som idag har 3 anställda och 2 laserstationer, bedriver huvudsakligen legoarbeten inom lasersvetsning, -skärning och -hårdning.

IVF har tillsammans med Lasertech lasersvetsat ovan nämnda behållare i materialen aluminium AA 2014 – T6 till koppar. Processen är dock mycket känslig på grund av

att aluminium och koppar tillsammans lätt bildar väldigt spröda så kallade intermetalliska faser. Dessa faser kan inte undvikas vid svetsning men måste då begränsas i storlek. För att ej ha negativ inverkan på fogens mekaniska egenskaper bör dessa spröda faser ej vara tjockare än 10 µm. För att lyckas med detta bör en svetsmetod väljas som ger en smal svets och som stelnar snabbt. Sådana svetsmetoder är elektronstrålesvetsning och lasersvetsning.

Försöken har visat att det är möjligt att lasersvetsa dessa material och samtidigt erhålla de egenskaper som krävs för produkten.

IVF har vidare hjälpt Lasertech att komma igång med en produktionsanpassad lösning för att tillverka produkten. Seriemässig produktion beräknas starta första halvåret 2002.

Lasersvetsning sällsynt hos småföretag

Lasersvetsning är idag en etablerad metod för sammanfogning hos större svenska företag som exempelvis Volvo och Alfa-Laval. Hos småföretag är dock lasersvetsning fortfarande en relativt sällsynt sammanfogningsmetod, främst på grund av de relativt höga investeringskostnader som förknippas med laserteknik men även på grund av bristen på kunskap inom området.

Då ett småföretag tänker sig att investera i dyr utrustning är det viktigt att man omedelbart kan få intäkter i form av exempelvis legouppdrag vid användandet av utrustningen. Här har forskningsinstitut som IVF stora möjligheter att göra förstudier och tester för att beställaren av uppdraget och det utförande företaget ska få information om produkten i fråga är möjlig eller inte möjlig att exempelvis svetsa med laserteknik. Vidare kan forskningsinstitutet förmedla den kunskap som är nödvändig för att företaget i framtiden själv ska kunna göra dessa tester.

Med utgångspunkt ifrån ovanstående avgränsades projektet i två delar: