

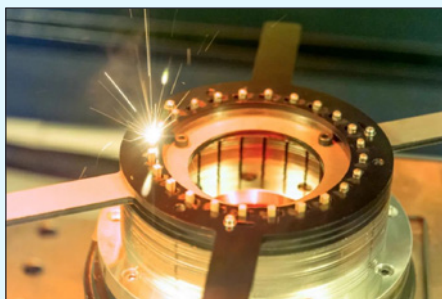
Lasernytt



1-2023



Välkommen till Laserdag I – Torsdag 4 maj



Motorproduktion



Handhållen lasersvets



Återblick på LANE-konferensen

EWF - SPECIALKURS LASERSKÄRNING

Laserskärning är en högproduktiv kapningsmetod för den moderna tillverkande industrin. Laserskärning förekommer idag på många organisationer och är relativt enkel att använda. För mer avancerade material, felsökning eller svårare applikationer eller utvecklingsarbeten krävs oftast mer ingående processkunskap

European Welding Federation, EWF, har utvecklat ramarna för en fristående specialkurs inom laserskärning som Luleå tekniska universitet nu kan ge på svenska. Ett internationellt diplom, EWF-diplomet, garanterar utbildning av hög kvalitet

Kursen, nivå B, omfattar totalt 40-48 timmar och ger Dig goda teoretiska och praktiska kunskaper om laserskärning, men även en överblick över andra laserbearbetningsmetoder

Kursen vänder sig till

Ingenjörer, tekniker, konstruktörer, produktionstekniker, utvecklingsingenjörer och utbildare m.fl. som vill skaffa sig kunskap om metodens möjligheter för rationell och effektiv skärning

För mer kursinformation:
<https://www.ltu.se/EWF>

*Vi erbjuder även anpassade kortare kurser
(utan diplom), intresseanmäl för mer info*

**Datum: Kurs planeras för
2023, anmäl intresse för
uppdatering av kursdatum**

**För intresseanmälan, kontakta:
Jan Frostevarg, Luleå tekniska universitet
jan.frostevarg@ltu.se, 0920 - 49 1675**



EWF - SPECIALKURS LASERSVETSNING / LASERHYBRIDSVETSNING

Lasersvetsning är en högproduktiv sammanfogningsmetod för den moderna tillverkande industrin. Lasersvetsning är framtidens metod enligt många experter och ersätter allt mer konventionella svetsmetoder som MIG/MAG-, TIG-, motstånd- och elektronstråle-svetsning

European Welding Federation, EWF, har utvecklat en fristående specialkurs inom lasersvetsning och laserhybridsvetsning som Luleå tekniska universitet ger på svenska. Ett internationellt diplom, EWF-diplomet, garanterar utbildning av hög kvalitet

Kursen, nivå B, omfattar totalt 68 timmar och ger Dig goda teoretiska och praktiska kunskaper om lasersvetsning, men även en överblick över andra laserbearbetningsmetoder

Kursen vänder sig till

svetsingenjörer, svets tekniker, konstruktörer, produktionstekniker, utvecklingsingenjörer och utbildare m.fl. som vill skaffa sig kunskap om metodens möjligheter för rationell och effektiv sammanfogning

Intresseanmälan:
<https://www.ltu.se/EWF>

**Datum: Kurs planeras för
2023, anmäl intresse för
uppdatering av kursdatum**

**För intresseanmälan, kontakta:
Jan Frostevarg, Luleå tekniska universitet
jan.frostevarg@ltu.se, 0920 - 49 1675**



Lasernytt utkommer med 3 nummer/år och ges ut av
Lasergruppen c/o Svetskommissionen
Grev Turegatan 12 A, 114 46 Stockholm
Telefon: 08-120 304 03

Redaktör
Lars Hamrebjörk

Redaktionellt arbete
Lars Hamrebjörk
Telefon: 070-630 22 17
E-post: lars.hamrebjork@construedo.se

Ansvarig utgivare
Jonas Saarimäki

Lasernytt på Internet
www.lasergruppen.eu

Layout: Marcus Dahlin, Dahlin grafisk design.

Tryck: Haninge Tryckeri



INNEHÅLL

TANKAR FRÅN STYRELSEN	3
Motorproduktion	4
– Borttagning av isoleringsskikt och svetsning av koppar	
Välkommen till Laserdagen I	8
LightWELD handhållen lasersvets är här!	10
Seminarium handhållen laser på LTU	12
LaserQuizz	13
Laserdag II 2022 på Höganäs AB	14
Återblick på LANE konferensen	22
– Fürth, Tyskland, 4-8 September 2022	
Europeisk bilindustri leder utvecklingen inom laserbearbetning	28
Nostalgartekel från 2003	
Kalendarium	34
Medlemssida	35

Tankar från styrelsen

Etablering för framtiden

Även om vi fortfarande befinner oss i en pandemi, har de medicinska ansträngningarna möjliggjort framtagning av flera olika sorters vaccin, som kunnat framställas så att vi nu lever nästintill som tidigare. Dessa år av distansering har gjort det mer tillåtande att hålla kortare möten utan att behöva resa. Det innebär att resekostnader minskat, viss tid har frigjorts och att samarbeta på distans har blivit lättare än tidigare. Inom vår bransch märks det fortfarande av, men resandet har till viss del börjat igen och det är verkligen kul att träffas i person efter dessa år, både nya och alla bekanta ansikten.

Lasertekniken har gjort intåg i de stora etableringarna och är en kärnteknik vid batteritillverkning, något som jag tycker är riktigt roligt. Även om vi i dagsläget inte är mycket delaktiga är etableringarna ett led mot än mer ökad användning av avancerad och modern tillverkningsteknik. Laserbearbetningens avtryck har minskat rejält över åren. Från att ha en effektivitet i omvandling till laserljus från energi på cirka 2 % för 40 år sen, är vi nu uppe i nära 60 %, samtidigt som mer av laserstrålens ljus nyttjas. Eftersom även kringbearbetning blir mindre så minskas därmed det ekologiska fotavtrycket idag när laser används jämfört de flesta andra metoder vid exempelvis svetsning.

Här i norr har det blivit ett nav av ansträngningar och etableringar för att göra både Sverige och Europa mer hållbart, både vid kriser, självförsörjning och den gröna omställningen. Det kommer att behövas många som flyttar hit upp i norr. Bilden av att Norrland är glesbefolkat stämmer verkligen inte om man ser till kuststräckan, som faktiskt är en av de mer tätbefolkade regionerna i landet. Detta sammantaget gör att satsningar behöver göras för att även till-

verkningen av etableringarna, och vikten av modernisering hos industriföretag, inte ska förbises. Under det kommande året förutser jag att vi kommer att se många fler satsningar på utvecklande av laserbaserade tillverkningsprocesser inom just energisektorn, exempelvis för batterier och fogning av transportrör och tankar för vätgas. Ett annat område som kommer att fortsätta utvecklas är inom metall 3d-printing, där jag även tror att vi kommer se fler företag som investerar, både i pulverbäddsteknik och deponeringsteknik med blåst pulver eller svetstråd.

Det tredje området jag tror vi kommer att få se växa snabbt, såvida det inte blir några olyckor, är handhållen lasersvetsning. Denna teknik har möjlighet att bli en game-changer för svetsindustrin, särskilt inom vissa segment. Detta eftersom det blir mindre värmepåverkan (mindre deformation och värmepåverkad zon), bättre ergonomi och inte lika mycket svetsrök för svetsare samt att produktiviteten kan öka dramatiskt. För aluminiumsvetsning och koppar blir det intressant att se hur snabbt tekniken kommer att anammas. Den inbyggda rengöringen är också för exempelvis vid rostfritt stål högtintressant.

Det blir spännande att se vad det året kommer att resultera i!

PS. Mina tankar går även till de drabbade i Ukraina, där jag inte tror men ändå hoppas att det kommer att få ett slut snart DS.



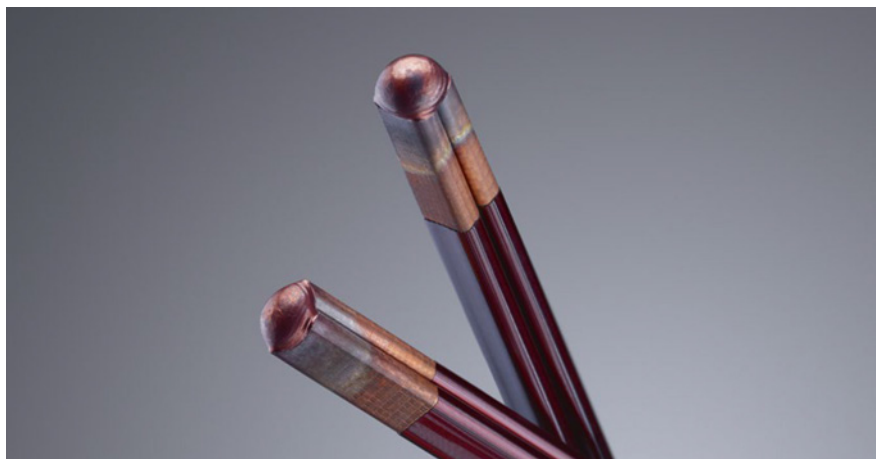
Författare
Jan Frostevarg

Motorproduktion

– Borttagning av isoleringsskikt och svetsning av koppar



Mikael Olsson
Trumpf Maskin



Figur 1: Platt koppartråd med laserfärgborttagning och svetsning.

För kraftfulla motorer, särskilt för nya energifordonsapplikationer, har det blivit vanligt att använda koppartrådar med rektangulära tvärsnitt (dvs. plana koppartrådar) för att producera statorer. Lasertechnik har visat sig vara en högkvalitativ produktionsmetod för färg och svetsning, en nyckelprocess för statorproduktion. Färgborttagningsprocessen använder pulserade lasrar för att ta bort alla vanliga isoleringsmaterial. I svetsprocessen med platt koppartråd har lasersvetsning med hög hastighet på galvanometern baserat på bildpositionering visat sig vara en effektiv lösning när det gäller hastighet och användning av installationsutrymme.

På grund av den ökade efterfrågan på elfordon letar motortillverkare efter mer produktiva processer för svetsning med hög kapacitet och hög kvalitet, och förverkligandet av en högre grad av automatisering är den grundläggande garantin för högt kapacitetsbehov. Som ett resultat rådde platttrådsstatorer till stor del: tillverkare började använda tryckluft för att sätta in rektangulära koppartrådar (så kallade "platta koppartrådar" på grund av deras form) i hela statorspåret, snarare än att linda runda koppartrådar runt enskilda statorspar

som tidigare. Typiska kantlängder för rektangulära tvärsnitt av platt koppartråd är mellan 2 och 4 mm. Denna process möjliggör högre produktionshastigheter och kan enkelt automatiseras. Eftersom platta koppartrådar är hårdare än runda ledningar kan inriktningen av plana koppartrådar i motorn kontrolleras bättre. Ju större fyllningsfaktor, desto högre termisk belastningskapacitet och desto större motoreffekt. Koppartråden är belagd med ett isolerande skikt och kräver lokal ablation i båda ändarna för att uppnå kontakt, där pulserade lasrar

används. Jämfört med bearbetning som hyvling och fräsning ökar laserbearbetning produktiviteten med 80 procent.

När den platta koppartråden är inbäddad i spåret skruvas de utskjutande ändarna på toppen och botten av statorn ihop eller hålls på plats av en klämma ("vridhuvud") och svetsas sedan. Ändarna är dock inte alltid idealiskt anpassade till varandra. Om automatisk identifieringspositioneringssvetsning används, hjälper bildigenkänningsbaserade sensorsystem integrerade i laseroptik till att uppnå tillförlitliga och reproducerbara resultat, vilket gör att motorn kan få högsta möjliga ström.

Vanliga isoleringsskikt för platta koppartrådar:

- Polyamid-imider (PAI)
- Polyetereterketon (PEEK)
- Polyamid-imider med polyimidfolie (PAI+FEP)

Tidigare var PAI-beläggningar de vanligaste i branschen, men nyligen har användningen av PEEK- och PAI+FEP-beläggningar ökat stadigt. Även om PAI fortfarande är det överlägset mest använda beläggningsmaterialet.

Ablationsprocess

Den isolerande beläggningen på kopparytan avlägsnas rent och effektivt med pulserad laserablation. Lasern fokuseras in i isoleringen, matar in energi och ablaterar den på nanosekunder. PEEK har en hög absorptionshastighet för laser; För PAI och PAI+FEP rekommenderas förbehandling av laserpuls för att öka absorptionen.

Koppar kan ändra färg på grund av vissa termiska effekter av laserablation. Missfärgningen påverkar emellertid inte den efterföljande processen, eftersom



Figur 2: Kopparisolerings: PAI, PEEK och PAI+FEP från vänster till höger.

kopparens struktur inte har förändrats. Det finns en risk att grader kan utvecklas vid gränsen mellan isoleringsbeläggningen och koppartråden, och i extrema fall finns det risk för att burrdelen kommer att hålla fast vid de omgivande delarna eller fixturerna i efterföljande svetsprocesser. Om det behövs kommer möjligheten att använda femtosekundpulser för sekundär bearbetning att optimera grader och missfärgning.

För effektiv ablation använder vi TruMicro 7070 och TruMicro 7060 kortpuls-lasrar. Följande är en idealisk referens för processparametrar:

- Frekvens: > 20 kHz
- Pulsöverlappning: > 40%
- Överlappning på plats: > 40%
- Pulsenergi: > 40 mJ

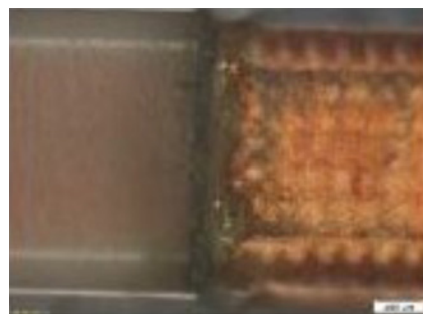
Goda färgborttagningsresultat kan uppnås med lasermärkningssystemen TruMark 7000 och 5000. Använd en fokuseringslins med en brännvidd på 160 mm för att maximera ablationseffektiviteten; Med ett rimligt antal lasrar (se nedan) kan effektiviteten optimeras ytterligare. Beroende på processparametrarna kommer det att finnas mikrostrukturer på koppartrådens yta efter laserablationsprocessen. Denna effekt kan minimeras genom att öka frekvensen eller justera fokuspositionen. Processen utförs i två steg: först strippning av isoleringen och sedan rengöring av koppartrådens yta (två olika uppsätt-

ningar laserparametrar används i produktionen). Till exempel har TruMark 7050 en frekvens på 55 kHz när du tar bort färg. Första gången ska göras med en hög hastighet på ca 1m/s eller så, upprepa sedan tre gånger vid 600mm/s. För rengöring rekommenderas en enda hastighet på 255 kHz och 3000 mm/s. Vid ojämn beläggningstjocklek är det viktigt att justera processparametrarna på den tjockare sidan. Beroende på typen av platt koppartråd kan bearbetningshastigheter på 0,3 till 3 cm vid 2 per sekund uppnås.

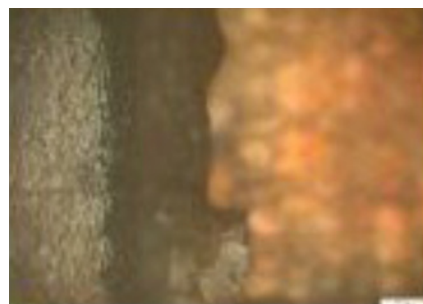
Process metodik

De separerade enskilda platta koppartrådarna kan avmålats med en laser eller baseras på hela koppartråden. Till exempel kan den kontinuerliga matningsmetoden användas för in-line-processer, som används mest vid framställning av platt koppartråd. Beroende på tangentmaskinens matningshastighet måste programmerbara fokuserade galvanometrar (PFO) konfigureras annorlunda för att behålla färgborttagningspositionen i PFOs arbetsområde. Följande är tre rekommendationer för konfigurationsprinciper som du kan använda:

Bearbetning i 90° vinkel från fyra håll, baserat på TruMicro 7060. Fyra 160mm brännvidd PFO galvanometrar och 460µm fyrkantiga fiberkombinationer används. Varje kombination av två PFO:er använder en energidelning på



Figur 3: Ablationsprocess för PEEK: Karbonisering av processfönstrets gräns kan ses. Omarbetning med en femtosekundlaser kan förbättra kvaliteten.



Figur 4: Kantkvalitet efter PEEK-skalning.



Figur 5: Sekundär bearbetning med femtosekundlaser.

50:50. TruMicro kan konfigureras med 4 ljusuttag och 2 splittermoduler. Efter det första steget, efter att de två motsatta sidorna av den platta koppartråden har tagits bort, flyttas koppartrådens strippningsläge från utlopp 1 och 2 till utlopp 3 och 4. Den maximala längden på borttagning av enstaka färger för denna lösning är 56 mm.

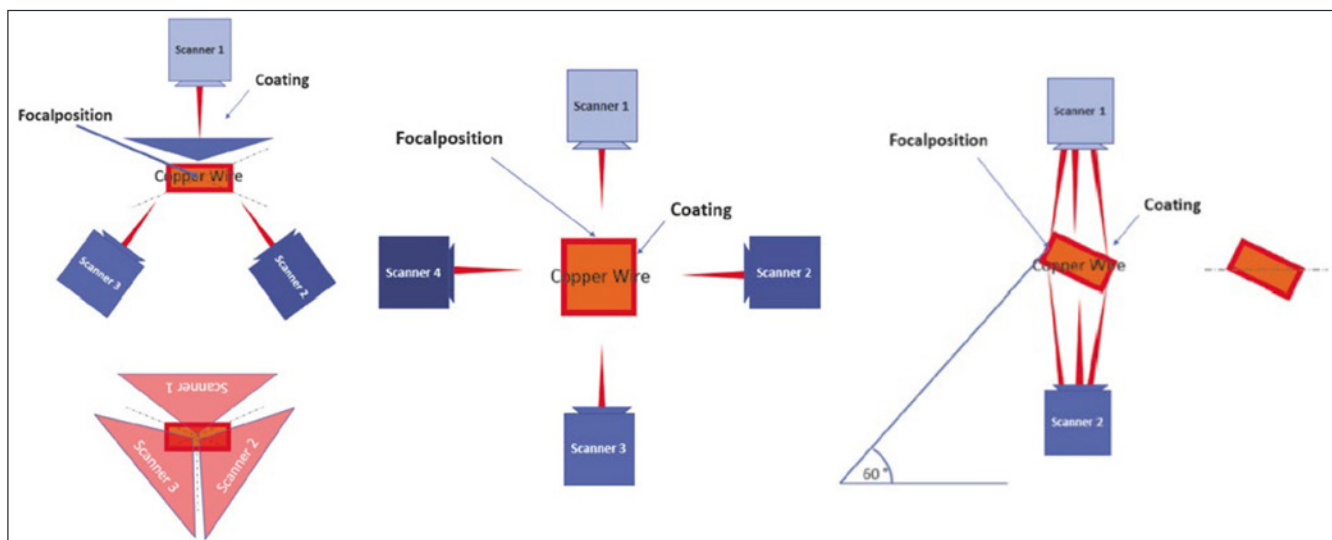
Bearbetning i 120° vinkel från tre håll. Denna konfigurationsmetod är mer ekonomisk och har medelhög färgborttagnings effektivitet, välj vanligtvis



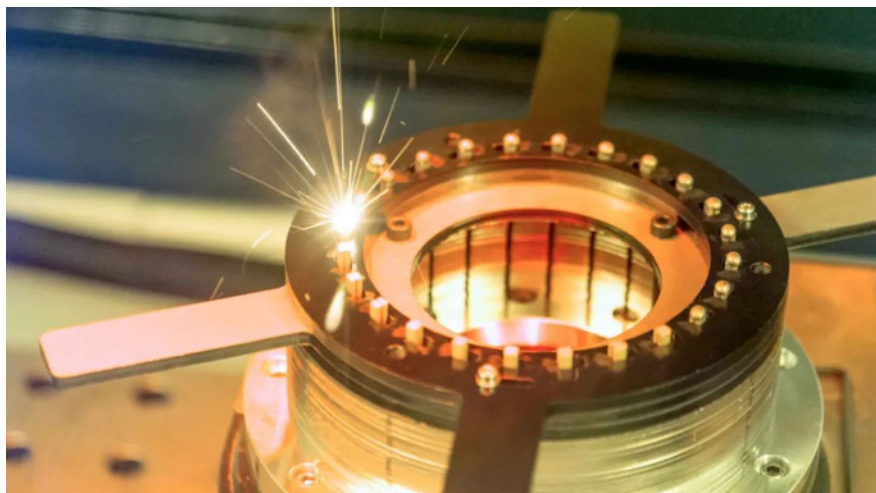
Figur 6: Färgförändring av koppar på grund av termisk påverkan



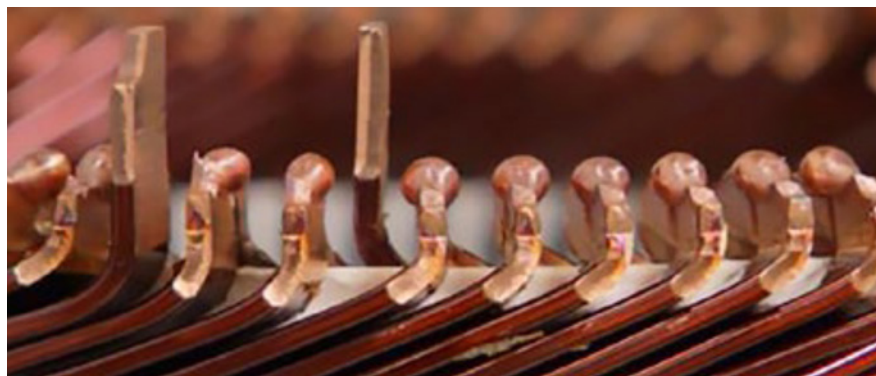
Figur 7: Ablation med TruMark 7050 på en platt koppartråd belagd med PEEK. Karboniseringseffekten är synlig vid kanterna.



Figur 8: Vänster: Bearbetning i 120° vinkel på 3 ytor koppartråd. Mitten: Bearbetning i 90° vinkel på 4 ytor av koppartråden. Höger: Bearbetning i en vinkel på mindre än 60° på 2 ytor av koppartråden. Denna metod är endast möjlig med rektangulära linjer. Fokus måste ställas in i mitten av koppartråden.



Figur 9: Svetsprocess för platt koppartråd.



Figur 10: Svetsad platt koppartråd med ett svetsdjup på 2 till 3 mm. Varje par har en annan orientering och inriktning, så skanningsoptik med bildigenkänning är nödvändig.

TruMark 7000-serien och konfigurera teledjupet. För specifika typer av platta koppartrådar kan TruMicro 7060 också användas, och fokuseringslinsens brännvidd är i allmänhet 160 mm. Om TruMark-serien väljs, på grund av den låga effekten hos en enda enhet, är varje enhet endast utrustad med ett ljusuttag

och en separat galvanometer, det vill säga tre enheter krävs för att förverkliga processen; Med TruMicro-serien, tack vare sin höga effektfördel, är det möjligt att uppnå en strålkälla med tre PFO-galvanometrar på ett spektroskopiskt sätt.

Bearbetning utförs i en vinkel på mindre än 60° från båda riktningarna. En-

dast TruMicro 7070 rekommenderas för denna konfiguration, vilket medför en viss risk för kvarvarande sidoisoleringsbeläggning.

Beroende på isoleringens material kan PAI-belagd platt koppartråd uppnå färgborttagningseffektivitet på upp till 13 cm²/s (7 cm²/s genomsnitt) med TruMicro-serien. Med TruMark-systemet kan PAI-belagd platt koppartråd uppnå en färgborttagningseffektivitet på 4cm²/s. I färgborttagningsprocessen är laserprocessen 40 till 80 procent snabbare än bearbetningen.

Svetsning av plana koppartrådar

Efter att stiftprocessen har satts in måste de upphöjda ändarna på den platta koppartråden på statorn svetsas ihop en-till-en för att uppnå optimal fysisk kontakt. Under svetsförberedelseprocessen skär trådschäraren den plana koppartråden separat, bildar en slät yta efter skjuvning vid koppartrådsporten och vrider sedan ihop den eller håller den på plats. Det finns betydande positionstoleranser här, och platta koppartrådar kan inte alltid vara perfekt inriktade på varandra. Toleranser som involverar höjdförskjutning och frigångsbredd kan påverka svetsprocessen negativt, eftersom för stora toleranser minskar den effektiva fogytan. Å andra sidan har svetsprocessen mycket strikta krav på svetsoleranser. Denna utmaning måste lösas under svetsprocessen.

Som förberedelse för svetsning rekommenderar vi att du dammsuger den platta koppartråden för eventuella föroreningar. Vissa svetsfel och sprut på sta-

torer och fixturer kan undvikas i största möjliga utsträckning.

Lösningar för platt koppartrådsbindningstillämpningar finns tillgängliga från laserserien TruDisk 3001 till 8001 och automationsplattformen TruLaser Cell 3000. Lasern har en våglängd på 1030 nm och en maximal effekt på 6kW.

Höghastighetslödning av hög kvalitet är möjlig baserat på ovanstående schema (enkel platt koppartrådlödfog $t \leq 0,4$ s, beroende på storleken på den platta koppartråden).

Eftersom positionen, orienteringen och inriktningen för varje par platta koppartrådar som ska svetsas inte alltid uppfyller de toleranser som accepteras av standardsvetsparametrarna, använder vi PFO-höghastighetsgalvanometrar och placerar dem via ett bildtagningssystem (VisionLine). Det kamerabaserade sensorsystemet kommer att upptäcka positionen och orienteringen för varje par koppartrådar i förväg och automatiskt kalibrera med galvanometern i realtid, så att små luckor och positioneringsavvikelser i den platta koppartråden kan korrigeras för att fortsätta svetsprocessen.

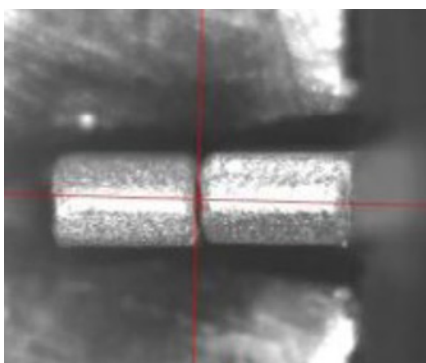
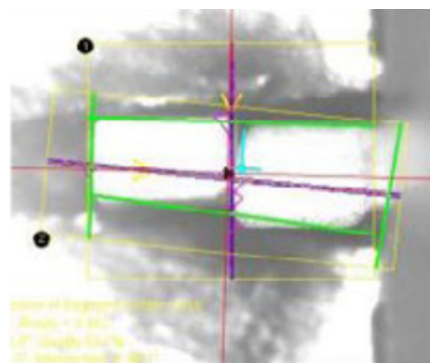
Lasern, den optiska modulen och inspektionssystemet är mycket integrerade och fungerar till stor del automatiskt, eller separat om det behövs. I grund och botten kan ett sådant standardiserat system uppfylla produktionsnivån.

Vi använder svängsvetsning för att täcka större luckor. För att optimera svetsprocessen med platt koppartråd och få bättre lödfogar är det nödvändigt att optimera svängbanan för lasersvetsstrålen. Här, om den platta koppartråden är ansluten på sin kortsida, rekommenderas den linjära svängsvetsbanan särskilt; Å andra sidan, om du vill ansluta på långsidan, välj en cirkulär eller oval svängsvetsbana. Med denna process uppnår vi höghastighetssvetsning och minimerar sprut- och porositsbildning, vilket resulterar i svetsar med hög draghållfasthet och god penetration för optimal konduktivitet hos plana koppartrådar. Dessutom gör laserlödfogarnas nästan nollöverhäng det möjligt att få kärnspåren och plana koppartrådar närmare varandra. Detta innebär att mer kompakta motorkonstruktioner kan uppnås när motorns installationsutrymme är fixerat.

I den platta koppartrådsmålningsprocessen är pulserad laserablation en



Figur 11: Vänster: Det finns många sprutsvetsar Höger: Den optimerade strålen minskar stänk avsevärt.

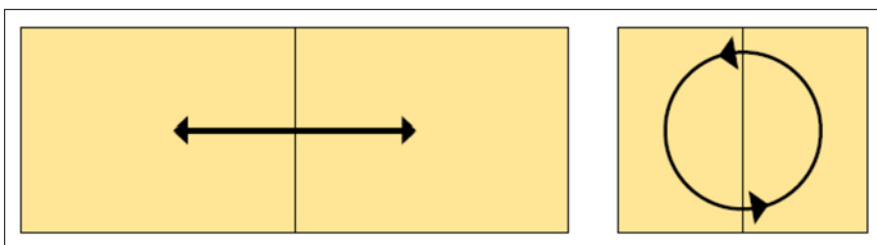


Figur 12: Positionsdetektering med hjälp av en integrerad höghastighetsgalvanometer och VisionLine-bildtagningssystem.

mycket ekonomisk och pålitlig processlösning. Vi kan erbjuda tre olika färgborttagningslösningar för att möta olika behov, kunderna kan välja olika processlösningar och optiska konfigurationer beroende på deras faktiska situation, jämfört med mekaniska processer kan färgborttagnings effektiviteten ökas med upp till 80 procent. I den platta koppartråds svetsningsprocessen möjliggör TruDisk 3001, 5000, 6001 eller 8001 laserserier med PFO höghastighetsgalvanometer och bildtagningssystem



Figur 13: Kamerabaserat VisionLine-bildbehandlingssystem för att övervaka svetsobjektets position och kalibrera svetsprocessen i enlighet med detta.



Figur 14: Schematiskt diagram över elliptisk svängsvetsgeometri Vänster: Schematiskt diagram över geometrin för en linjär svängsvets som förbinder kortsidorna på två plana koppartrådar Höger: En cirkel där två plana koppartrådar är anslutna långa.

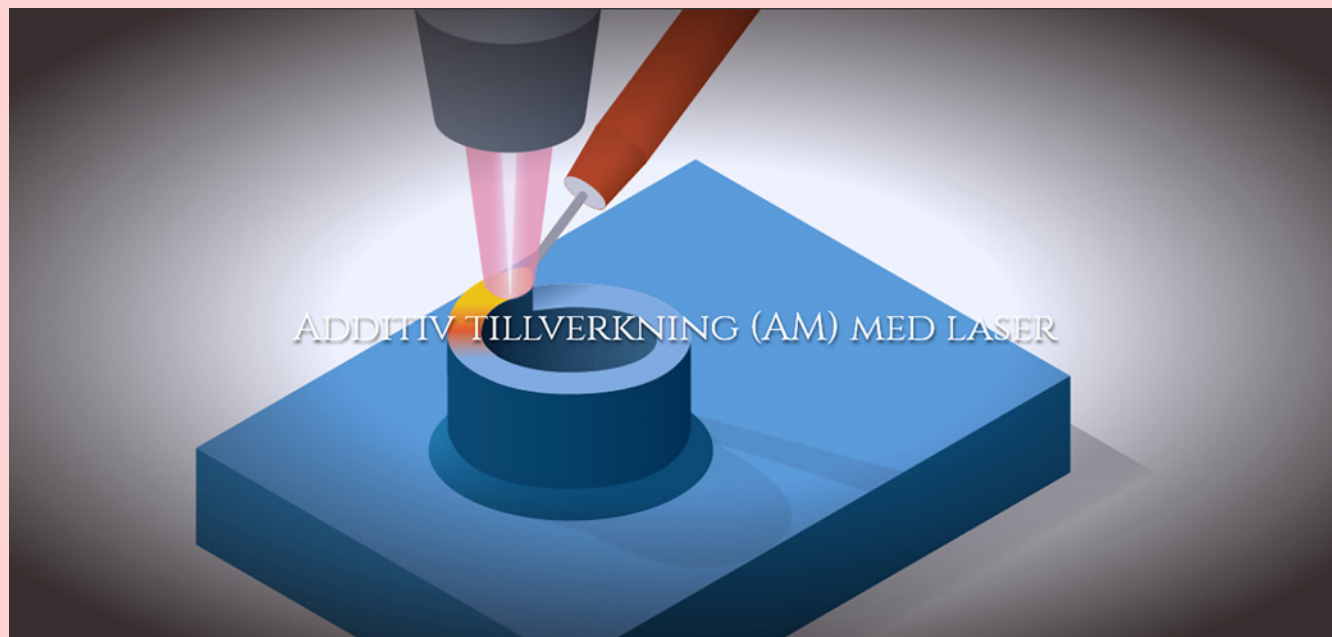
(VisionLine) effektiv svetsning av hög kvalitet. Kombinationen av skivlasrar, höghastighetsoptiska galvanometrar och bildtagningssystem uppfyller både den höga kvaliteten (låg sprut och poro-

sitet) och höga produktivitetskrav för motorplatt koppartråds svetsning. Dessutom erbjuder galvanometern en extremt flexibel lösning för det stora utbudet av svetsprofiler hos målelementen. ■

Välkommen till **Laserdagen I, 2023**

Torsdag 4 maj – kl 09:30 – 17:00

Vi träffas hos Permanova Lasersystem AB, Kryptongatan 11, Mölndal.



Lasergruppens årsmöte

09:00 – 09:30

Välkommen på årsmöte, kallelse kommer inom kort.

Anmälan senast via

www.lasergruppen.eu

Eller QR-kod:



Laserdagen är kostnadsfri för alla medlemmar. Icke medlemmar betalar 1 000 kr som faktureras innan mötet.

LASER
LASERGRUPPEN

**SVETS
KOMMISSIONEN**

Program

Laserdag I 2023

09:30 – 17:00

Välkommen med en morgonfika!



- **Presentation av Permanova AB**
Håkan Grubb, Permanova



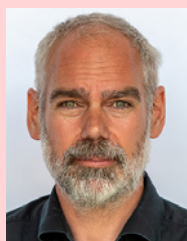
- **Driving the shift – battery manufacturing**
Mattias Olsson, Scania



- **GKNs resa inom AM**
Christo Dordlofya, GKN



- **Metodutveckling för spiral-punktsvetsning med laser**
Peter Norman, Scania



- **Produktion av celler och moduler**
Björn Lekander, Permanova

Fler föreläsare tillkommer. Komplet program kommer finnas på Lasergruppens webbplats.

Lunch

Guidad visning

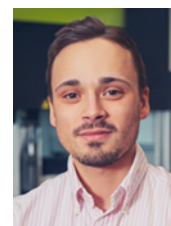
Rundvandring på Permanovas anläggning för tillverkning av robotiserade lasersystem.

Varmt välkomna!

Det slutliga programmet för Laserdagen I kommer på Lasergruppens webbplats här:



LightWELD handhållen lasersvets är här!



Niklas Larsson
Laser machining Inc



Figur 1: Den handhållna lasersvetsen LightWELD har en mycket kompakt och enkel design.

Laser machining Inc i Nås, Västerdalarna har lanserat en revolutionerande nyhet. De har som första företag i Sverige börjat sälja IPG Photonics handhållna lasersvets. Svetsen är den första CE-godkända av sitt slag att säljas i Sverige. Produkten heter LightWELD och lanserades i USA för cirka ett år sedan.

LightWELD handhållen lasersvets från IPG Photonics är både snabb och mycket enkel att lära sig, även för en icke svetskunnig, vilket gör den mycket användarvänlig. Svetsystemet är enkelt och snabbt att installera och ger konsekventa högkvalitativa resultat över ett brett utbud av material och tjocklekar.

En stor fördel med denna typ av svets är enkelheten, där ingen expertkunskap i svetsning krävs för att få till en fin svetsfog. Konstruktionen består av en fiberlaser med en effekt på 1500W, processgas (Nitrogen eller Argon), och

ett "pistolhandtag" som vid kontakt med materialet svetsar när man trycker på avtryckaren. IPG Photonics har också utvecklat en trådmatare som en tillbehörsprodukt. Svetsen kan modifieras direkt på maskinen där man enkelt kan ändra bredd på fogen, hur brett den pendlar upp till 5mm. Wobblefrekvensen kan också modifieras på maskinen mellan 0–300 hertz, vilket är väldigt avgörande beroende på fogens utformning. Effekten kan också ändras med ett enkelt knapptryck på maskinen mellan 0–1500 watt.

Användarvänlighet

En mycket smart funktion är också programinställningarna som finns förinstallerade för olika material och tjocklekar. Det gör att du från början har bra program att utgå från för att få till bra svetsar. Detta ökar användarvänligheten och gör att användaren snabbt kan komma i gång. Erfarna svetsare kan också utveckla sina egna programinställningar eller modifiera de förinställda och sedan spara dem. En följd av dessa programinställningar är också att vem som helst kan få till fina svetsar utan att vara en utbildad svetsare vilket kan lösa problem med att hitta kvalificerad personal. Olika material kan även svetsas mot varandra som koppar mot stål, även om svetsen inte blir bättre än det svagaste materialet. Detta skapar nya möjligheter för många användare.

Vid svetsning skruvar användaren på ett passande kopparmunstycke på handtaget. Det finns ett gäng olika munstycken beroende på vilken typ av fog som ska svetsas och om tillsatsmaterial ska användas.

Genom att snabbt byta munstycke på pistolhandtaget kan man också lätt både förbehandla och efterbehandla. Maskinen har nämligen ett laser cleaning-läge där materialet rengörs från rost, ojämnheter, missfärgningar, oxider osv. Möjligheterna vid efterbehandling av svets blir stora då bredden på laserstrålen vid rengöring kan modifieras och som mest bli 15mm bred. Även vid rengöring kan effekten på lasern justeras mellan 0–1500 watt för att få ett så bra resultat som möjligt utan att påverka materialet eller hållfastheten i svetsfogen. Här finns en stor fördel gentemot traditio-

nell svetsning då efterbehandlingstiden reduceras kraftigt samtidigt som materialspillet minskar.

Vid jämförelse med traditionell svets är den värmepåverkade zonen extremt liten. Detta då du dumpar mycket mindre värme i materialet med laser. Detta gör att maskinen blir ideal i tunnplåt som annars lätt slår sig. Penetrationsdjupet är omkring 5mm i de flesta material vilket gör att den lämpar sig bäst i tunnare plåt, om du inte har möjligheten att svetsa från båda sidor.

Säkerhetskrav vid handhållen lasersvetsning

Laser Machining Inc, LMI AB, ställde ut lasersvetsen på Elmia svets och fogningsteknik och intresset för den var mycket stort. Den hade endast ställts ut en gång i Europa tidigare, i Tyskland. Micke Bergman, COO på LMI AB beskrev svetsen som "the star of the show". Flera besökare besökte mässan enbart för att lära sig om LightWELD.

Det har tidigare varit svårt att möta säkerhetskraven för att få en handhållen lasersvets godkänd, men genom en rad säkerhetsåtgärder har det nu förverkligats. "Pistolen" måste ha galvanisk kontakt med materialet för att kunna tända laserstrålen och på så sätt svetsa, det går alltså inte att skjuta fritt och rikta laserstrålen vart som helst.

När svetsen används måste den också vara inkapslad av säkerhetsväggar eller så kallade lasergardiner då detta är en klass-4 laser. En speciell svetshjälm måste också bäras som skyddar mot såväl laserstrålning som svetsblänk. Denna hjälm bärs samtidigt som vanliga laserglasögon bärs under. Detta är en av produktens tydliga nackdelar då det krävs mer av lokalen den ska användas i, om den jämförs med traditionell svets. Hjälmerna är också tyngre än en vanlig svetshjälm, här finns utvecklingsmöjligheter med att ta fram en hjälm speciellt för handhållen lasersvetsning.

Standarder för lasersvetsning är också under uppbyggnad i Sverige och något vi bör kunna se i framtiden samtidigt som det kommer implementeras i utbildningar. LMI AB tror starkt på denna produkt och ser den som en maskin med stor potential och stora möjligheter för många företag i olika branscher. ■

Läs mer

www.lmiab.se



Figur 2: En vagn finns också i sortimentet för förvaring och enklare flytt av svetsen.



Figur 3: Ett fint resultat kan uppnås med lasersvetsen.



Figur 4: Med cleaningsmunstycket kan fogen eller materialet rengöras.

Seminarium handhållen laser på LTU



Samling för demo i laserlabbet på LTU.



Mikael Juntti
Scania



Jan Frostevarg
LTU

LTU (Luleå Tekniska Universitet) höll den 23 februari ett seminarium/workshop om handhållen laser. Detta var andra gången som man höll detta. Första tillfället var under hösten 2022.

Ett 20-tal deltagare från olika företag deltog. De flesta deltagare kom från olika mindre verkstadsföretag men även representanter från större företag var med. Seminariet inleddes av Biträdande professor Jan Frostevarg som berättade översiktligt om lasertekniken och dess fördelar, men även om säkerhetsaspekterna som kanske inte är så bekanta för deltagare som hittills inte haft laser i sin verksamhet.

Tim Smith och Niklas Larsson från LMI AB berättade om IPGs handhållna laser LightWELD och beskrev dess användning och varianter. Prisbild och säkerhetsfrågor diskuterades också.

Handhållen lasersvetsning är nu en tillräckligt mogen teknik för att på riktigt kunna användas i produktion. Säkerheten är otroligt viktig, både för svetsare och för de i närområdet. Dessa säkerhetsaspekter har blivit lösta av IPG och deras LightWELD som för första gången nu använts i Sverige. Men även handhavandet var förvånande enkelt. Det kommer att komma säkra system av fler leverantörer, men ännu är de ensamma om detta och dessutom gjort systemet väldigt lätt att hantera. Till sammans med den säkra och skonsamma rengöringsfunktionen som finns inbyggt i systemet har detta potential att användas för många applikationer inom industrin.

Efter seminariedelen så utfördes praktisk demo i LTUs laserlab där Therese Hedqvist (Anjo) demonstrerade både svetsning och rengöring på olika material. Slutligen fick deltagarna möjlighet att själva prova svetsa/rengöra, vilket de flesta var ivriga att göra.

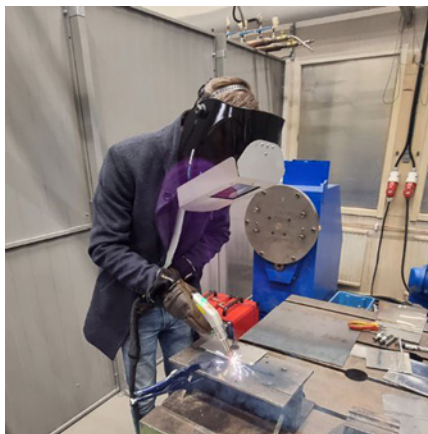
Här är några korta reflektioner om tekniken från deltagarna (som var blandat mellan tekniker och svetsare):

- Snabbt!
- Vilka släta fogar!
- Svetsa Aluminium var inga problem. Undra om det här kan användas i stället för friktionssvetsning?
- Nästan ingen svetsrök
- Jag som nybörjare kunde få till hyggliga svetsar efter bara något försök



Therese Hedqvist demonstrerar LightWELD

- Rengöringen kan lösa många av våra problem
- Plåtarna slår sig ju inte, och det går hålla i plåtarna utan att bränna sig direkt efter svetsning ■



Deltagare provsvetsar handhållen laser.



LaserQuizz

Fråga 1: Vid laserpåsvetsning tillförs material bland annat som pulver. Hur mycket uppblandning av substratmaterial i det påsvetsade tillsatsmaterialet kan förväntas vid denna process?

- a) 0%
- b) 1-5%
- c) 40-50%
- d) 100%

Fråga 2: Vid laserpåsvetsning med pulver har pulvret en kornstorleksfördelning; PSD (Particle Size Distribution). Vilken av nedan PSD är vanligt förekommande vid laserpåsvetsning?

- a) 1-5 μm
- b) 53-150 μm
- c) 500-800 μm
- d) 1000-1500 μm

Fråga 3: Vid laserpåsvetsning talar man om depositionseffektivitet, dvs hur mycket av det tillförda materialet som svetsas fast på substratmaterialet. Vad är en uppnåelig depositionseffektivitet vid laserpåsvetsning med pulver som tillsatsmaterial?

- a) 100%
- b) 40-50%
- c) 90-95%
- d) 70-75%

Fråga 4: När man pratar om Att ljusvågorna svänger i samma (plan) riktning?

- a) Att ljuset är samlat och riktat åt samma håll
- b) Att ljusets vågor är i samma riktning
- c) Att ljusets vågor är i samma fas
- d) Att ljusets vågor har samma våglängd

Fråga 5: Vid laserskärning, vad har en polariserad laserstråle för effekt?

- a) Skärningen blir effektivare, dvs lägre effekt behövs för samma skärdjup
- b) Skärningen får bättre och jämnare kvalitet längs snittet
- c) Skärningen blir sämre, eftersom mer av laserljuset absorberas vid ytan blir snittet inte lika rakt
- d) Skärresultaten skiljer sig beroende på vilken riktning skärning utförs

Fråga 6: Vilka gaser används för generering av laserstrålen i en konventionell koldioxidlaser?

- a) Koldioxid, Argon, Nitrogen
- b) Koldioxid, syrgas, Argon
- c) Koldioxid, Nitrogen, Helium

Fråga 7: Vid lasersvetsning utan tillsats i tjockt material så finns två olika typer av svetsning, vilka?

- a) Smältsvetsning och värmeledningssvetsning
- b) Värmeledningssvetsning och nyckelhållssvetsning
- c) Nyckelhållssvetsning och pulssvetsning

Rätt svar hittar ni på sidan 34.



Laserdag II 2022 på Höganäs AB

En med skånska mått mätt kylig morgon den 20 oktober samlades knappt 30 personer på Garage Bar i Höganäs för att ta del av Laserdag II i Lasergruppens regi. Föreläsarna, vars fokus för dagen var additiv tillverkning, var *Fredrik Vinnerborg*, *Sven Bengtsson* och *Conny Lampa* från Höganäs AB, *Mikael Olsson* från TRUMPF Maskin AB, *Bo Williamsson* från Linde Gas AB, *Alexander Kaplan* och *Jan Frostevarg* från Luleå Tekniska Universitet samt *Ann-Sofie Sjöblom* från Svenska institutet för standarder. Presentationer av forskningsresultat, goda exempel på tillämpningar, maskinnyheter med mycket mera varvades med mingel i mysig atmosfär bland bildelar och motorcyklar. Dagen avslutades med rundvandring på Höganäs där ArcX (ytbeläggning), PoP center (pulvermetallurgi) och produktionen av metallpulver visades. Deltagarna fick bland annat se en demonstration av höghastighetslaserbeläggning av stål på aluminium.

av den omgivande luften, men också att skapa ett lätt övertryck i printkammaren.

Föroreningskällor i själva pulvret kan vara adsorberat oxygen, fukt, oxidinneslutningar och gasfyllda porer. Föroreningshalten i printkammaren påverkas av gasrenhet och spolprocedur men även av läckage och typ av oxygensensor som används för oxygenanalysen.

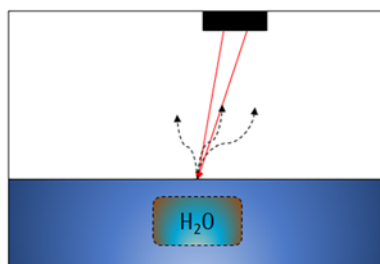
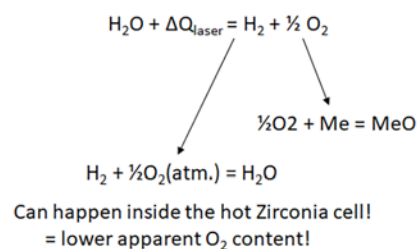
I många fall är oxygensensorn i printkammaren en zirkoniumcell. Frigjort hydrogen från fukt vid printprocessen reducerar oxygenet i den varma cellen som då indikerar en lägre oxygenhalt än den verkliga halten i printkammaren. I vissa fall kan oxygensignalen t.o.m.



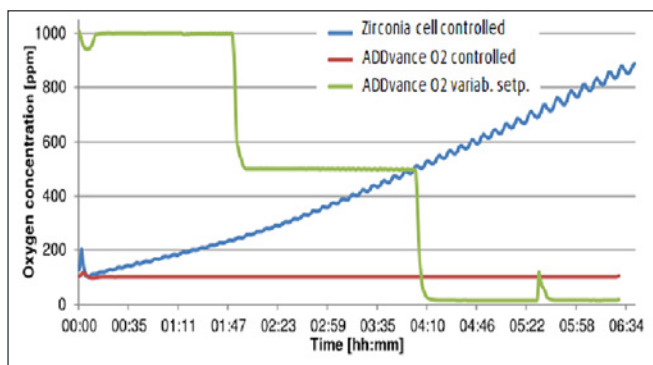
Inflytande från oxygen på avancerade lättviktsmaterial vid printning med L-PBF
Bo Williamsson, Linde Gas AB

Processgasens funktion vid printning med L-PBF är att skydda smältan och själva pulverbädden från att påverkas

Hot vs. Cold O₂ analysis



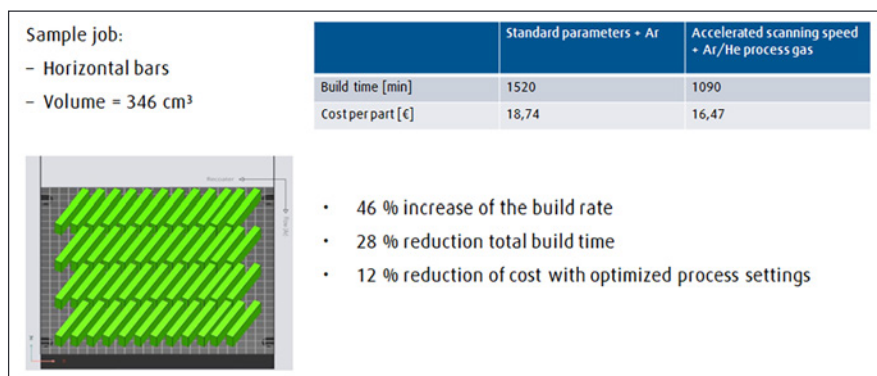
Figur 1: Oxygenmätning med zirkoniumcell.



Figur 2: Oxygenmätningar med lambda- och elektrokemisk sensor. Den upplevda oxygenhalten är betydligt högre än den verkliga.



Figur 3: Utrustning för mätning och styrning av oxygenhalten i printkammaren.



Figur 4:



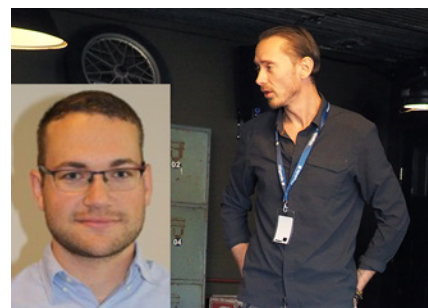
Figur 5: Fokuserade åhörare på Laserdagen

släckas ut helt. Ett sätt att lösa problemet är att använda en ”kall” sensor av exempelvis elektrokemisk typ, *figur 1*.

Vid printning av mer avancerade material som är känsliga för oxidation kan man också styra oxygenhalten i kammaren genom att ställa in en ”set-point” som styr tillsatsen av gas för att nå rätt gasrenhet i kammaren, *figur 2 och 3*.

Blandgaser för printning

Normalt används argon eller nitrogen vid printning med L-PBF. Valet av gas styrs av vilket material som ska printas. I vissa fall kan produktivitet och kvalitet ökas genom att använda blandgas. Undersökningar har visat att tillsats av helium i argon ger signifikanta förbättringar, *figur 4*.

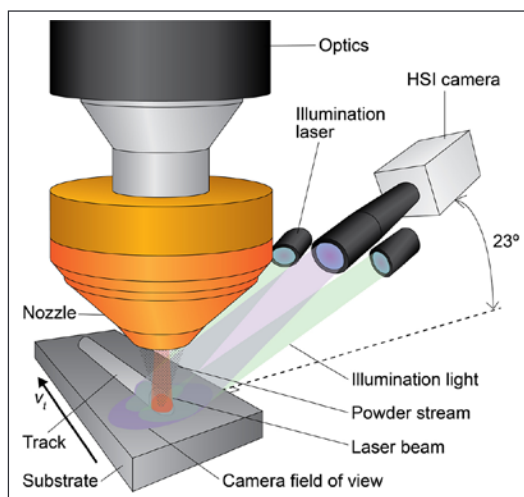


Influence of aluminium powder aging in Directed Energy deposition

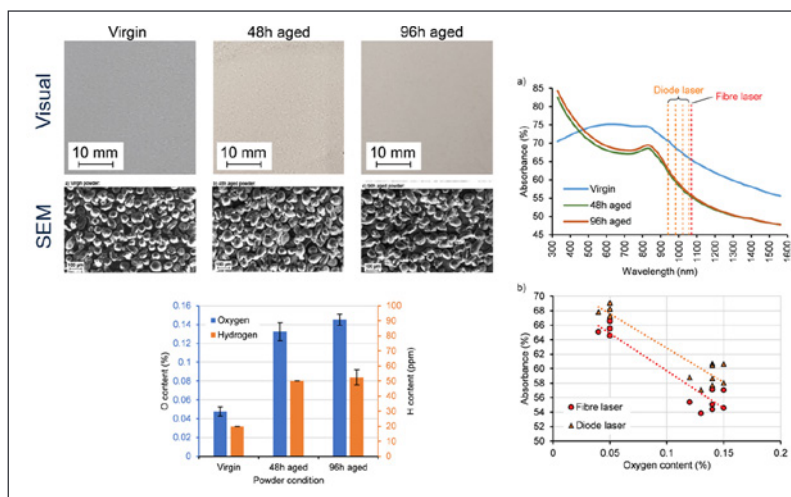
Adrien Da Silva / Jan Frostevarg, LTU

Jan Frostevarg presenterade sin kollega *Adrien Da Silvas* arbete (som tyvärr inte kunde delta). Här presenterades en studie som handlar om Directed Energy Deposition (DED), dvs med laser smälta pulver som blåses mot en ny yta så att en ny yta skapas. Titeln på presentationen var ”Influence of aluminium powder aging in Directed Energy deposition”.

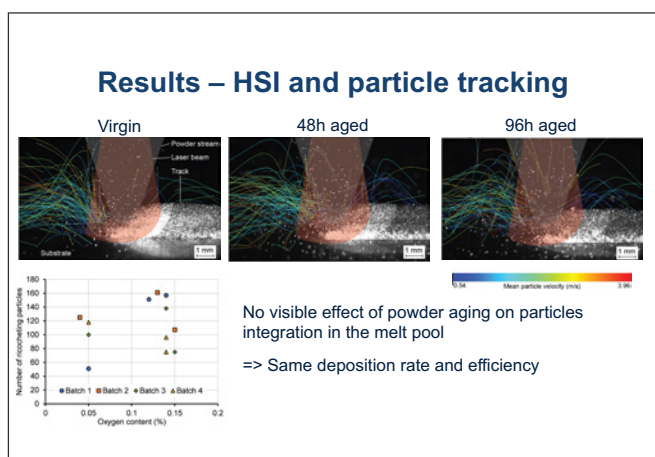
Att använda aluminium vid påsvetsning är sällan undersökt, det är svårt att hitta någon litteratur alls om det. Med tanke på det industriella intresset kring nyttjande av materialet så behöver grundläggande studier göras, vilket här görs ur ett industriellt nyttjandeperspektiv. Ett problem med att använda metallpulver är att det åldras, dvs dess egenskaper förändras över tid. Åldrande av pulver är ofta en fråga om hur det påverkar resultat. Vi har här undersökt vad det beror på, genom att simulera åldrande genom uppvärmning i ugn under lång tid och upprepade försök för att säkerställa resultaten. Normalt åldras pulver genom lagring och åldrande påbörjas så



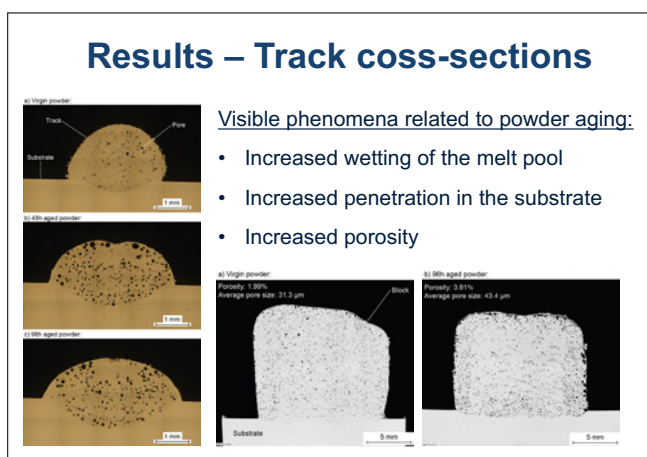
Figur 6: Laserbaserad påsvetsning av aluminium, med höghastighetsfilmning.



Figur 7: Effekter av åldrande på pulvret, färgändring innebär att reflektivitet ändras för olika våglängder. Åldrat pulver innehåller mer syre och väte (kommer från fukt i luften). Åldrat aluminiumpulver reflekterar mer ljus när det åldrats.



Figur 8: Bildtext saknas.



Figur 9: Bygga strukturer med laserdeponering av olika åldrat aluminiumpulver, resulterar i ökad mängd porer, ökad värmeförlust och förändrade mekaniska egenskaper.

snart burkens förslutning brutits. Även vid användande av pulver och dess återanvändande (av ej förstört material) sker en föråldring.

Här har användande av åldrat aluminiumpulver studerats under både process med höghastighetsfilmning (Figur 6) men även påföljande resultat, för påsvetsning och 3d-printing. Åldrat pulver fanns innehålla allt högre halter av väte och syre (relativ luftfuktighet och temperatur påverkar hastighet av åldrande). Syre kan påverka ytspänningen hos smältan, medan väte ofta ger upphov till porer.

Reflektivitet och absorption

Figur 7 visar effekter av åldrande hos här använt aluminiumpulver. I en kammare har för de olika pulver analyserats för reflektivitet och absorption av laserljus för olika våglängder. Vid laserbearbetning vill man gärna se att reflektivitet är låg-

re så att mer av laserljuset absorberas av materialet som ska bearbetas. Aluminium har generellt bättre absorption med diodlaser på grund av att den har lägre våglängd, men absorptionen minskar ungefär lika mycket för både diodlaser och fiberlaser när pulvret åldrats. Åldrat pulver har vid mätningar visat sig innehålla mer väte och syre, vilket troligen kommer från fukt i luften som binds vid ytan hos partiklarna och bildar oxider.

Genom höghastighetsfilmning har processen undersökts och partiklar spårats i bana och hastighet. Figur 8 visar att det inte är någon större skillnad på hur många partiklar som smälter ihop med smältölen.

Risk för porer

När åldrat pulver används ökar risk för porer i omfattning och storlek, men även den geometriska profilen förändras. Vätningen mot substratet förbättras

och resultatet blir även att större del av substratet smälts, vilket indikerar på mer värmeförlust till processen. Det är oklart om detta beror på kemiska reaktioner eller om laserljuset absorberas bättre i det smälta materialet än i det fasta vid högre halter av syre och väte. Spåren blir bredare men uppvisar framförallt större bildande av porer. Det är ingen direkt skillnad om pulvret är lagt i ett spår eller om det är en större struktur som byggts, Figur 9. I tillverkade prover uppvisas opåverkat pulver ha högre draghållfasthet, medan åldrat pulver en något förhöjd elasticitet.

Slutsatser

För de erfarna är följande råd ingen större nyhet, dock har olika åldrat aluminiumpulver för deponering med laser här undersökts ur både process-, kemisk- och mekaniskt perspektiv. Rekommendation är att undvika att använda åldrat



Figur 10: Lunchburgare – Good Stuff for Good People.

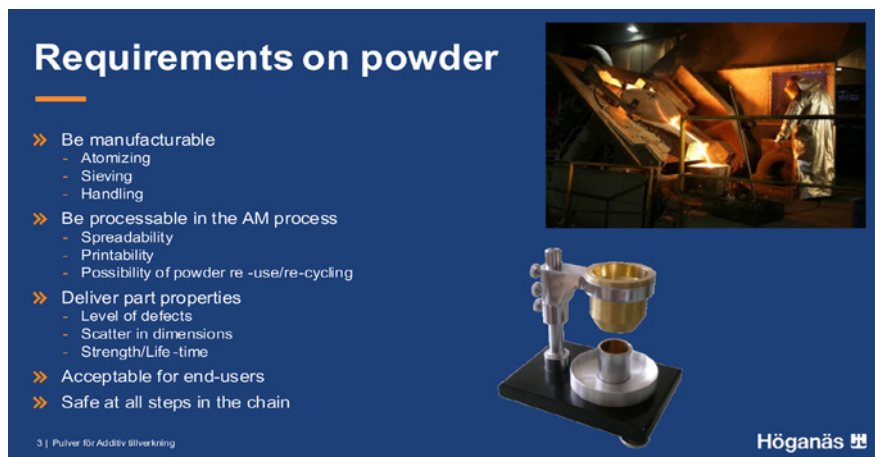
pulver så långt det är möjligt. Även att se till att använda pulver i torr miljö är rekommenderat eftersom det då borde förlänga tiden innan det åldras.



Pulver för additiv tillverkning med laserbaserad pulverbäddsteknik

Sven Bengtsson, Höganäs AB

Pulver som används till laserbaserad additiv tillverkning med pulverbäddsteknik behöver speciella egenskaper för att fungera bra i processen. Partikelstorleken anpassas till storleksordningen 15-45 eller 20-63 μm . Dessutom måste pulvret kunna spridas ut i tunna jämna lager. För att åstadkomma detta så tillverkas pulvret genom gas atomisering. Denna metod ger sfäriska partiklar med goda spridningsegenskaper. Tyvärr är den atomiserade partikelstorleksfördelningen bredare än vad som är önskvärt så man måste sikta av både på den fina och den grova sidan. Fördelen är att man får ett pulver med jämn och god kvalitet. Nackdelen är naturligtvis att man har ett materialflöde som måste omarbetas vilket ökar kostnaderna. Gas atomisering är en process som fungerar på i stort sett alla metaller och legeringar. Vissa legeringar måste smältas i en vacuumugn för att kunna hålla jämn kvalitet. När metallen är smält fylls ug-



Figur 11: Figurtext saknas.

nen med skyddsgas och atomiseringen sker på vanligt sätt.

Det finns ett antal varianter på gas atomiseringsprocessen som ger olika fördelar

Det atomiserade pulvret körs igenom en cyklon för att skilja ut partiklar som är för små. Senare siktas pulvret genom en vibrerande/skakande sikt som skiljer ut partiklar som är för stora. Både för smått och för grovt material återförs till smältprocessen vid ett senare tillfälle.

De material som efterfrågas är typiskt samma material som används i andra processer som gjutning eller smide. Detta medför naturligtvis att kemin i materialet inte alltid är den enklaste att tillverka komponenter med hög kvalitet med.

En anpassning som är speciell för additiv tillverkning är att material som åldras, maråldringsstål eller utskiljningshärdande stål är populära. Konventionella martensithärdande, kolhaltiga stål ger större dimensionsförändringar under printprocessen jämfört med den "åldrande" stålqualiteterna. Dessa har normalt mycket högrelegeringsinnehåll än låglegerade kolhaltiga stål så pulverkostnaden blir högre. Denna kostnad skall vägas mot en större möjlighet få fram komponenten inom toleranserna i första försöket.

I presentationen gick Sven Bengtsson igenom i princip alla grupper av material som används inom LPBF. Verktygsstål, konstruktionsstål, Nickel-baserade superlegeringar, Aluminiumlegeringar, Kopparlegeringar och Titanlegeringar. Det finns dessutom en grupp material som baseras på Kobolt och Krom som används mycket inom tandteknisk och medicinsk verksamhet.

Ett område där det pågår intensiv utveckling är aluminiumlegeringar. Där finns gjutlegeringar om fungerar väl i AM processen, men de mer höghållfasta legeringarna drabbas av varmsprickor på grund av sin uppbyggnad. Ett antal pulvertillverkare har tagit fram andra legeringssystem med Scandium eller Zirkonium som legerings element. Dessa har ett annorlunda stelningsbeteende och man kan undvika varmsprickor.

Ett annat område med hög aktivitet är aerospace och IGT (Stationära gasturbiner). Här kan man dra nytta av den exceptionella formbarheten genom additiv tillverkning och det har även medfört utveckling/modifiering av nya nickellegeringar.

Sammanfattningsvis kan man säga att det sker en snabb utveckling inom vissa materialområden, men också en mognad inom industrin vilket gör att andra mer produktionsinriktade egenskaper som produktivitet och kvalitet värderas av kunderna.



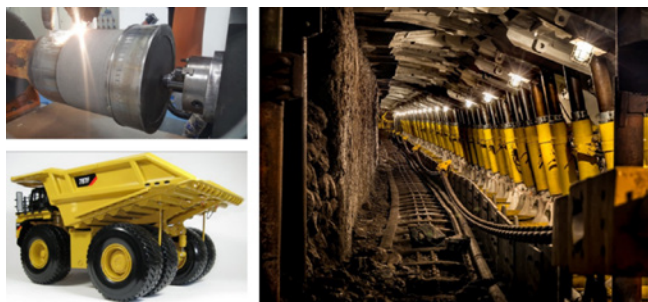
Laserbeläggning för en hållbar utveckling

Conny Lampa, Höganäs AB

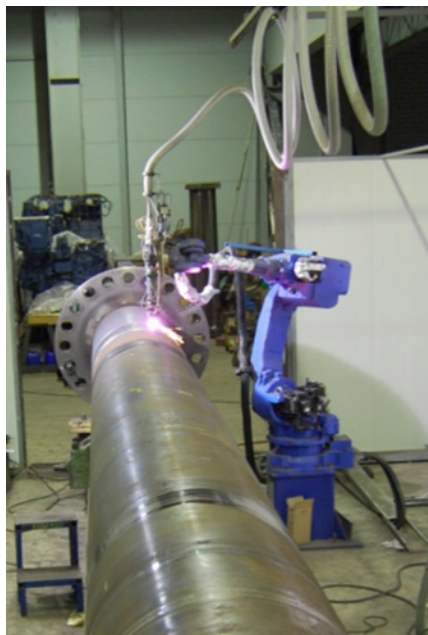
Laserbeläggning kan definieras som en ytmodifieringsmetod där en laserstråle används till att smälta ett tillfört materi-



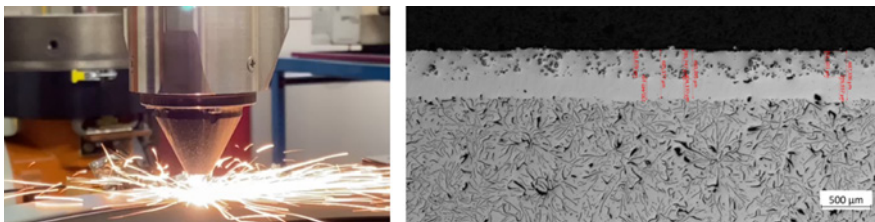
Figur 12:



Figur 13: Exempel på applikationer där laserbelagt Rockit 401® används som hårdromersättning: Hydraulcylinder i gruvtruck (a) och hydraulcylinder i takstötta i gruvort (b).



Figur 14: Reparation av fartygsaxel med laserbeläggning.



Figur 15: Höghastighetsbeläggning av bromsskiva (t.v.) samt tvärsnitt av belagd bromsskiva med rostfritt buffertlager samt nötningsskikt innehållande karbider (t.h.).

al på ytan av ett substrat för att reparera ytor och/eller förbättra ytegenskaper såsom nötningsbeständighet och korrosionsmotstånd.

Hållbarhet är ett nyckelord för laserbeläggning då metoden kan användas både vid reparation av slitna och /eller skadade komponenter som därmed får längre livslängd, samt vid nytillverkning där en komponent kan tillverkas i ett enklare bulkmaterial och sedan beläggas med ett högpresterande ytskikt där dessa egenskaper erfordras. I jämförelse med många andra ytbeläggningsmetoder är dessutom laserbeläggning både energieffektiv och materialeffektiv vilket ytterligare bidrar till hållbarhet.

Fokuserar man på applikationer bidrar även här laserbeläggning till hållbarhet. Hårdare miljökrav sätter press på industrin att minska användandet av cancerogent hexavalent krom (hårdförkromning). Här finns idag fullgoda ersättningsmaterial, bl a Höganäs pulver

Rockit 401®, som används som hårdkromersättning på hydraulcylindrar både på gruvtruckar och på takstötter i gruvorter.

Med en hårdhet på 55-58 HRC erbjuder Rockit 401® en unik kombination av nötnings- och korrosionsbeständighet. Materialet är dessutom svetsbart utan för- och eftervärmning och har god bearbetbarhet efter påsvetsning.

MIG eller Laser

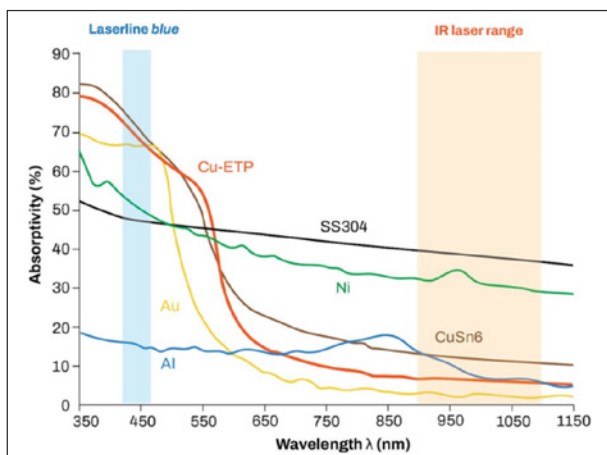
Ett exempel på hållbar reparation med laserbeläggning är reparationen av en slitna fartygsaxel. Här hade slitage och sprickbildning uppkommit på grund av undermålig smörjning. I väntan på leverans av en ny axel fanns två alternativ; reparation av det slitna området med MIG och tråd eller med laser och pulver. Efter reparation med MIG svetsning är axeln godkänd för användning i 6 månader. På grund av laserbeläggningens unika egenskaper med minimal värmepåverkan och uppblandning med grundmaterialet godkändes en lyckad reparation för permanent användning, dvs ingen ny axel behövde införskaffas. Att reparationen med laser dessutom blev 40% billigare än MIG blev ytterligare en fördel.

Nya möjligheter inom fordonsindustrin

En framtida möjlig applikation är laserbeläggning utav bromsskivor till fordon. Det har visat sig att fordonens

bromssystem genererar betydande mängder fina partiklar mindre än 10 µm. Dessa partiklar är mycket skadliga för lungor, blodkärl och det autonoma nervsystemet. Ju mindre partikelstorlek, desto farligare. Detta har lett till att nya utsläppskrav från 2025 även kommer att förväntas gälla fina partiklar från bromssystem. Fordonsindustrin tittar på många olika möjligheter att uppfylla dessa förväntade krav och ett av alternativen är att använda laser till att belägga bromsskivorna med material som ökar skivornas korrosionsmotstånd och deras nötningsbeständighet. Korrosionsmotståndet blir ännu viktigare för eldrivna bilar då skivbromsarna till största delen kommer att vara överksamma vid normal körning men måste fungera vid nödsituationer. En rostig bromsskiva ger dålig bromsverkan.

Bromsskivor idag är oftast tillverkade av gjutjärn på grund av materialets goda egenskaper samt relativt låga kostnad. Gjutjärn har en hög kolhalt och är därmed sprickbenäget vid smältsvetsning. Genom att använda höghastighetslaserbeläggning kan man dock minska uppblandningen av beläggningmaterialet med gjutjärnet och därmed minska risken för sprickor i beläggning och skiva. För att uppnå både goda korrosionsegenskaper samt nötningsmotstånd är en lösning att använda ett rostfritt buffertlager som sedan täcks med ett hårdare nötningskikt.



Figur 16: Metaller absorptivitet av olika laservåglängder



Figur 17: Hornets nya pulvermatare till vänster och en konventionell pulvermatare till höger (a). Endast två komponenter kommer i kontakt med pulvret (b) och (c).

Högre lasereffekter

För ett par år sedan trodde ingen att laserbeläggning skulle vara betjänt av högre lasereffekter än 7 - 8 kW. Nu är dock trenden mycket höga lasereffekter, upp till 22 kW. På utvecklingsstadiet har man tom använt 50 kW. Denna utveckling sker framförallt på grund av att man vill öka beläggningshastigheterna i belagd yta per tidsenhet. För detta krävs det då också pulvermatare som kan ge stabil pulvermatning vid höga pulvermatningshastigheter, upp till 600 g/min. Här har Hornet Laser Cladding B.V. patenterat ett nytt koncept som man hävdar ger ett mycket stabilt pulverflöde, underlättar säker pulverhantering och är lätt att rengöra.

Laservåglängder

Laserkällan handlar inte bara om effekt utan även våglängd. Vid laserbeläggning idag används industriellt nästan uteslutande laservåglängder i området kring 1 μm , dvs i det infraröda området. Vid bearbetning av högreflekterande material såsom koppar är det fördelaktigt att använda laservåglängder omkring 450 nm, dvs i det blå området. Blå laser finns idag upp till 3 kW lasereffekt vilket är en begränsande faktor men vi kan vänta oss högre lasereffekter de närmaste åren. En intressant observation som gjorts vid användandet av blå laser vid beläggning är att den våglängden även ger en stabilare process vid beläggning av övriga material, dvs inte bara koppar och dess legeringar.

Utvecklingen begränsas dock inte till detta utan det sker kontinuerlig utveckling av optik, munstycken, processövervakning, hanteringsutrustning och givet-

vis också tillsatsmaterial där Höganäs AB leder delar av utvecklingen framåt.

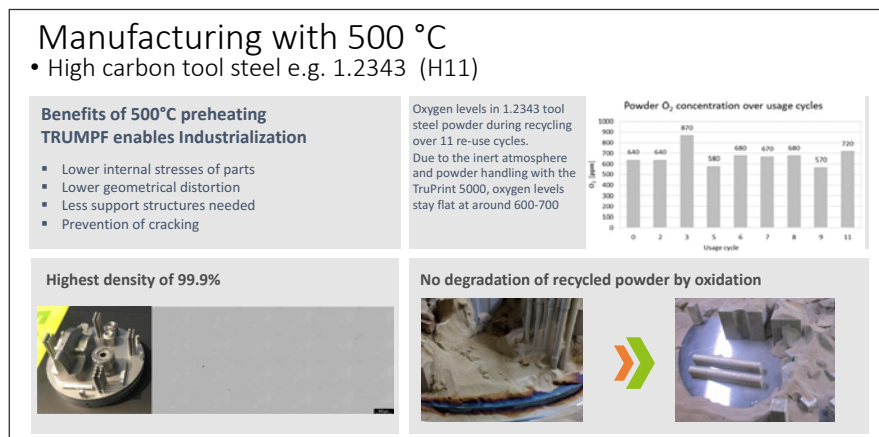


Industriella lösningar och applikationer inom additiv tillverkning

Mikael Olsson, Trumf Maskin AB

Mikael Olsson ifrån TRUMPF höll en presentation om industriella lösningar och applikationer inom additiv tillverkning. Fokus var på additiv tillverkning inom området metalliska material samt metoderna Laser Metal Deposition och Laser Metal Fusion och deras olika fördelar. LMD tillhandahåller stora möjligheter när det gäller påläggning

av slitskikt, reparation av slitna detaljer, svetsning med tillsatsmaterial, samt additiv tillverkning. Ett flertal industriella tillämpningar presenterades. Inom området Laser Metal Fusion presenterades banbrytande innovationer såsom 500 graders förvärmning och 3D-printning av ren koppar. När det gäller 500 graders förvärmning så möjliggör det printning av material med hög kolhalt utan stora inre spänningar och deformationer. Mindre supportstrukturer behövs i tillverkningsprocessen och metoden motverkar sprickbildning i materialet, vilket skapar utökade möjligheter för LMF processen som metod. För 3D-printning av ren koppar används grön laser som ger en bättre absorption i materialet och därmed kan komponenter med hög densitet och ledningsförmåga tillverkas på ett robust och tillförlitligt sätt. Därtill visades en rad komponenter som tagit steget ifrån prototypstadiet till volymproduktion inom olika industriella segment. Inte minst inom TRUMPS egna tillverkning av produktionsmaskiner.



Figur 18:



Guidad verksvisning - Metallpulvertillverkning i Höganäs

Deltagarna hade möjligheten att närvara vid en visning av produktionsanläggningarna i Höganäs. Visningen omfattade Svampverket, Pulververket och Distaloyerket där metallpulvertillverkningen sker i flera steg. Det första steget är tillverkning av råpulver, som sedan går igenom ytterligare processteg beroende på vilka egenskaper det färdiga metallpulvret ska ha.

Svampverket - Svampbaserat råpulver

Svampbaserade råpulver tillverkas genom reduktion av järnslig. Reduktion är den reaktion då oxider, till exempel järnoxid (Fe_3O_4), omvandlas till rent järn (Fe) genom att syret avlägsnas från materialet. Det sker genom en kemisk reaktion med ett reduktionsmedel. Processen genererar spillvärme som utnyttjas i såväl egna anläggningar som för lokal fjärrvärme.

Produktionen av svampbaserade råpulver sker i Svampverket genom en reduktion i ugnar i fastfas (det vill säga järnet når inte smälttemperatur i processen). Slutresultatet kallas för järnsvamp eftersom pulverpartiklarna har en mikrostruktur med många håligheter och liknar, sett genom ett mikroskop, en tvättsvamp.

(Utöver Svampverket har företaget en anläggning Halmstad för produktion av atomiserade råpulver genom smältning av stålskrot i ljusbågsugn, kvalitetsjustering och atomisering.)

Jonas Bergendahl demonstrerade Höganäs utvecklingscenter för PM-teknologi – PoP center.



Mattias Weibull presenterade Höganäs ArcX vattenskrämaskin som används för att kapa belagda prover utan värmepåverkan.



Vänster bild: Conny Lampa demonstrerar utrustningen för laserpåsvetsning som Höganäs ArcX förfogar över. Höger bild: Lasergoggles har man för syns skull.

Pulververket - Tillverkning av atomiserade och svampbaserade baspulver

Råpulver (med tillsatser) omvandlas till baspulver genom behandling i värmebehandlingsugnar, även kallade bandugnar. Där får de rätt kemisk sammansättning och fysiska egenskaper. Under värmebehandlingen sker bland annat en slutreduktion, det vill säga en fortsatt metallurgisk reduktion av de oxider som finns i tillsatser och i råpulvret.

Distaloyverket

Legeringsämnen och baspulver blandas och behandlas i värmebehandlingsugnar till färdiga Distaloy-produkter. Förutom reduktionsprocesser sker en värmebehandlingsprocess där legeringsämnen fästs och delvis legeras till pulverpartiklar.

Tillverkning av kundblandningar

I en process där man mekaniskt blandar ett eller flera metallpulver med legeringsämnen och andra tillsatser erhålls blandade pulver. Blandning av pulver sker i speciella blandare. Flertalet av de blandade pulver som tillverkas är unika och enligt en särskild kunds specifikation, så kallade kundblandningar.

Förutom pulvertillverkningsprocesserna så visades exempel på pressade och sintrade komponenter som används inom många olika områden. Vi pratade även om Höganäs klimatarbete och målet att bli den första gröna metallpulvertillverkaren.

Höganäs

Höganäs är världsledande på marknaden för metallpulver med en årlig kapacitet på 500 000 ton. Höganäs vision är att inspirera industrin att göra mer med mindre och att agera föregångare inom branschen genom att bli den första gröna metallpulvertillverkaren. I nära samarbete med sina kunder utvecklar Höganäs morgondagens lösningar för fordonskomponenter, elmotorer, ytbeläggning, additiv tillverkning och hållbar rening av vatten och mark. ■

Missa inte Laserdag I
4 maj, 2023.

Denna gången träffas vi hos
Permanova Lasersystem AB i
Mölndal.



Peter Olsérius visade Höganäs ArcX Plasma Transferred Arc (PTA) för påsvetsning. Här den gamla manuella maskinen.



Ivan Smirnov demonstrerade Höganäs ArcX utrustning och process för höghastighetslaserpåsvetsning.

Återblick på LANE konferensen



– Fürth, Tyskland, 4-8 September 2022



Adrien da Silva
Luleå tekniska
universitet



Alexander Kaplan
Luleå tekniska
universitet

En av de större lasermaterialbearbetningskonferenserna, LANE, var återigen arrangerad och hållen i Fürth, Tyskland, där den föregående varit en delvis hybrid variant på grund av Covid-19 under 2020. Den arrangerades av universitetet Erlangen-Nürnberg. De artiklar som genomgått peer-review för konferensen är publicerade som Open access och kan finnas i CIRP Journal of Materials Processing Technology. 44 sessioner hölls och återger väl vissa trender inom forskning och industri. De flesta av dessa handlade om AM (additiv tillverkning), fjorton stycken. Sex handlade om lasersvetsning, fyra om kortpulsbearbetning, tre om ytbehandling och två om skärning och borrar. Förutom dessa tekniker så adresserades ytterligare sju sessioner om sensorer och styrning, tre om simulering och modellerande. Andra sessioner handlade om e-mobilitet, batterier, Industri 4.0, säkerhet och andra processer. Under dessa fyra dagar var det nära 200 presentationer hölls och det var flera hundra deltagare, mestadels från Tyskland.

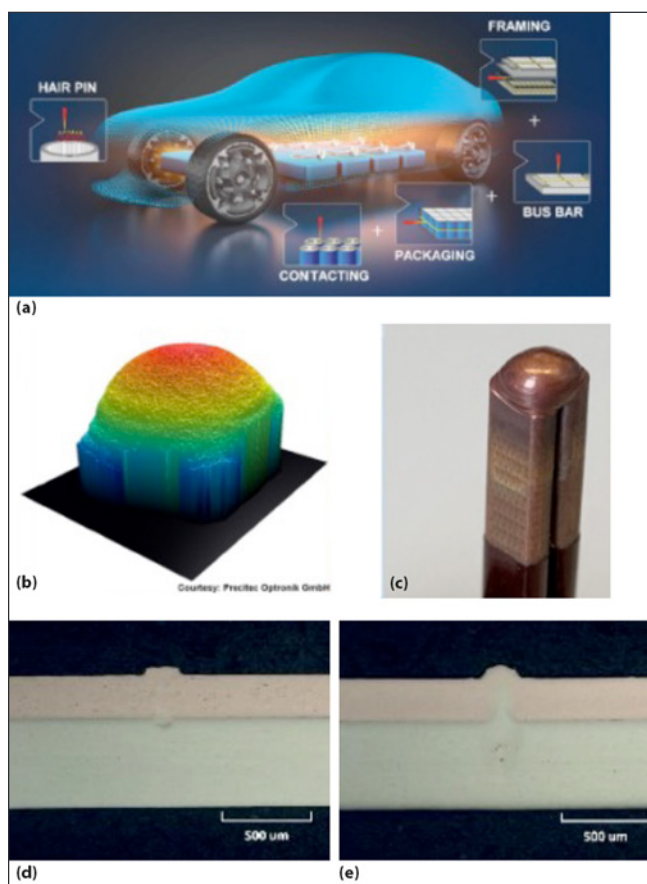
hålet observerat och analyserat av Kumar vid Universitetet i Bourgogne i Frankrike, se *Figur 2*.

En annan variant av höghastighetsfilmning är att använda en synkrotronljuskälla, vilken kan ge högupplösta bilder inuti ett material, så att nyckelhål kan observeras. Klaus Schrickler, University of Ilmenau, Tyskland (*Figur 3*), visade användande resultat för betydande övergående förlängningar på baksidan av nyckelhålet.

Ytterligare information kring nyckelhålets beteende kan ges av numeriska beräkningar (Computational Fluid Dynamics, CFD). Chianese, vid Universitetet i Napoli i Italien och Warwick i

I svetsning är E-mobilitet ett snabbt växande område. Särskilt för svetsning av koppar, vilket illustreras av Markus Kogel-Hollacher, Precitec Optonik GmbH, i *Figur 1* för bilanvändning. Känsligheten för överlappande svetsar för koppar på rostfritt stål relaterat energitäthet i laserstrålen undersöktes av Ascari, vilka tillhör både Ferrari och Bologna universitet.

För bi-materialfogning av aluminium mot titan, var det asymmetriska nyckel-



Figur 1: (a) typexempel av lasersvetsning för elbilar, (b),(c) topologi för en laser-svets i koppar med "hairpin", noggrant mätt med OCT teknik; (d),(e) olika tvärsnitt för en överlappssvets med koppar mot rostfritt stål, beroende på energitätheten hos laserstråle

England, visade hur nyckelhålet svarar på vinglande (wobbling) av laserstrålen vid svetsning av batterier, se *Figur 4*.

Av intresse var även den sammanhängande mätningen av laserstrålens absorption under processen vid nyckelhållssvetsning, vilket bekräftar att efter en övergående inkörningsfas kan vara så hög som 90%.

Bland det växande antalet presenterade metoder för att tillämpa maskinlärning (ingår i begreppet artificiell

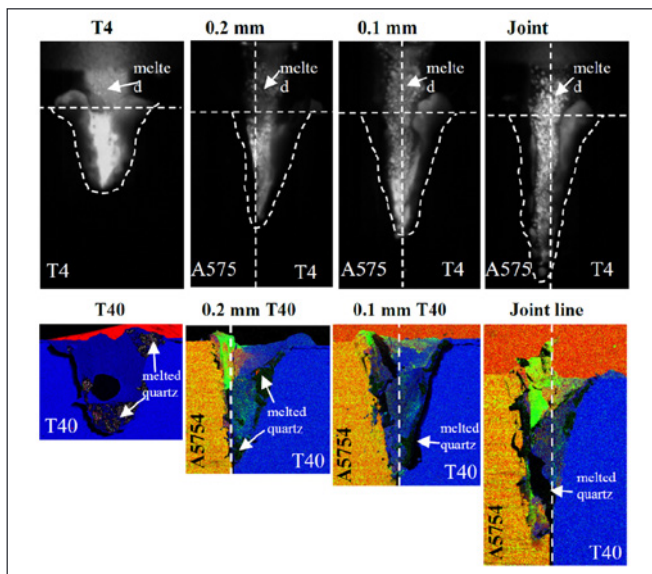


Figure 2: Lasersvetsning i bi-metall för Aluminium mot koppar (Al-Cu). övre: bilder från höghastighetsfilm av det asymmetriska nyckelhålet, för olika laterala strålpositioner, här mot T40-kopparsidan; undre: mätning av motsvarande fördelning och sammanslagning av de kemiska beståndsdelarna i metallerna.

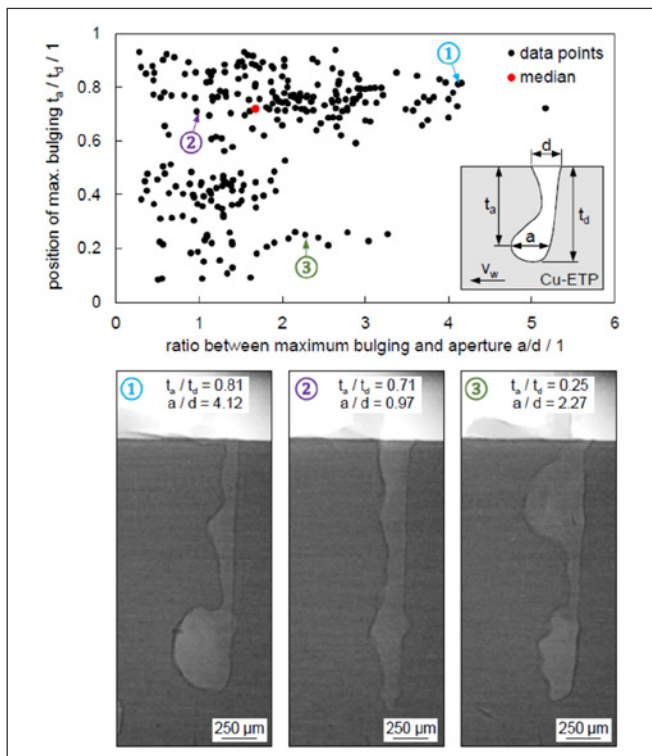


Figure 3: (nedre) Nyckelhålets utseende från sidan vid högtransmissionsinspelning med synkrotronbelysning, vilket visar på en utbuktning vid roten av nyckelhålets bakre del och (övre) tillhörande statistiska utvärdering.

intelligens, AI) har en dynamisk inlärningsprocess genom sensorsvar från laserpulser lett till algoritmer som kan stabilisera nyckelhålet visats av Wasmer, vid EMPA i Schweiz (Figure 5). Flertalet processövervakningsmetoder presenterades, särskilt för temperaturövervakning för laserprocesserna.

Ett intressant sätt att stabilisera processen visades av Armon vid Civan Ltd

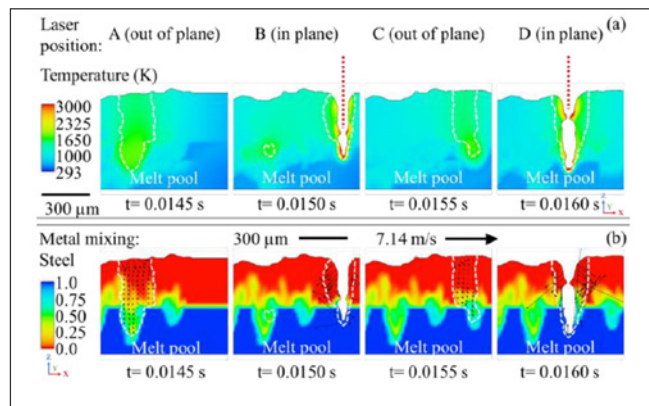


Figure 4: Numerisk simulering av lasersvetsning med nyckelhål, där nyckelhålet kollapsar (övre) över tid för en vinglande (wobbling) laserstråle och (nedre) motsvarande kemisk-metalliska fördelning.

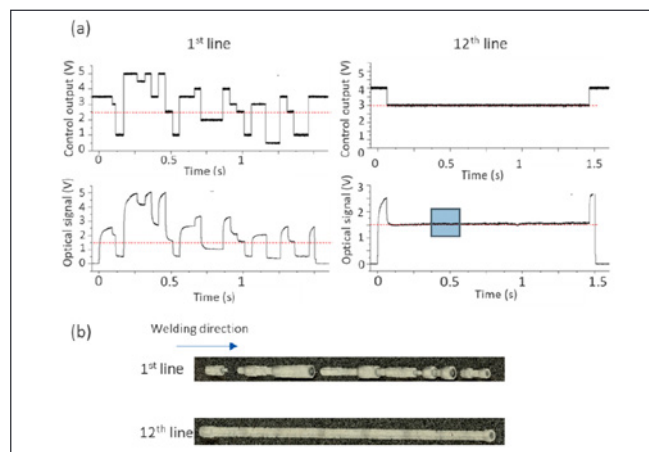


Figure 5: Maskininläring för att stabilisera en lasersvets; (a) uppmätt signal mot tid (nedre) och (övre) kontrollsignal för uteffekt för det (vänster) första och ostabila svetsspåret och (höger) det 12:e stabiliserade spåret. (b) vy ovanifrån för de resulterande spår, nr 1 och 12.

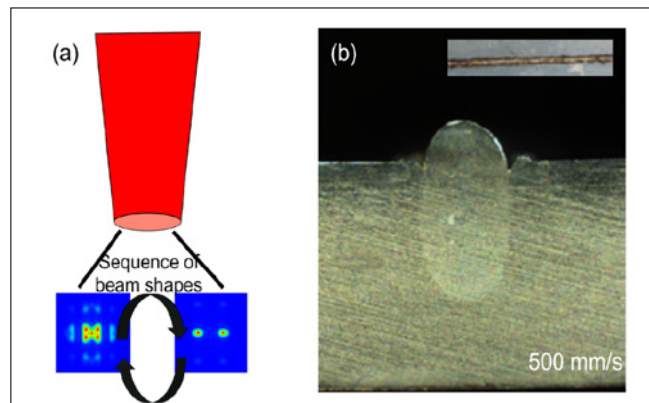


Figure 6: (a) Dynamisk laserstrålsformning som möjliggör skiftande mellan strålförmer och (b) motsvarande resulterande svets.

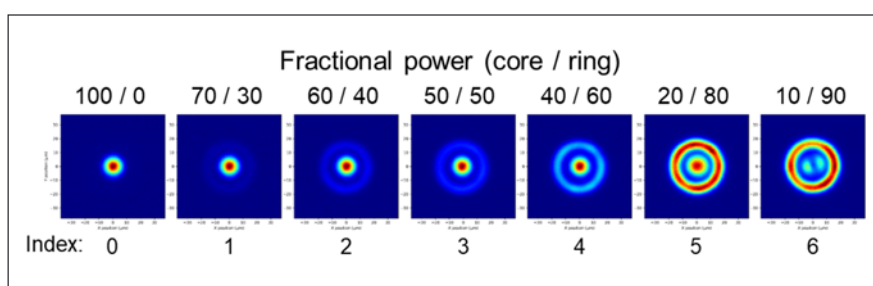


Figure 7: Möjligheter för att växla mellan sju olika strålförmer för bearbetning med PBF-LB/M.

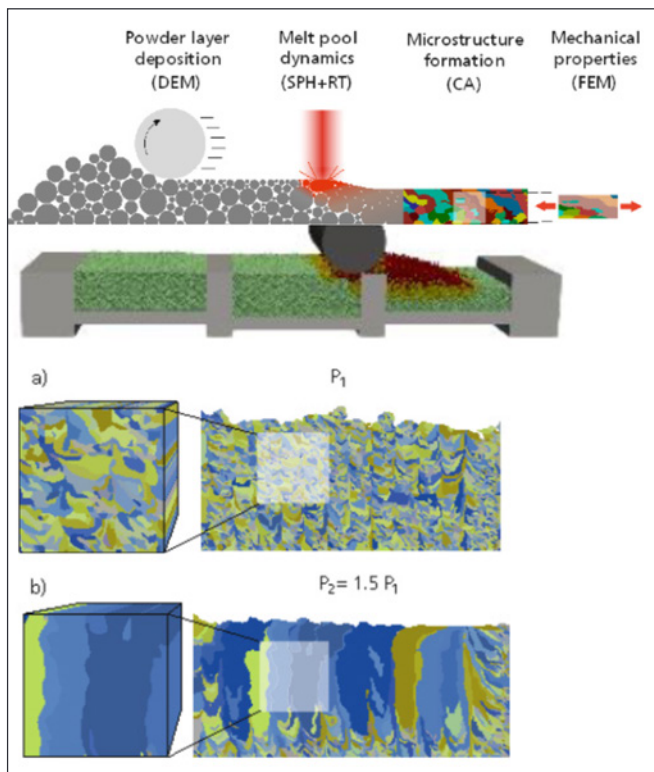


Figure 8: Numerisk simulering av pulverbäddstillverkning för AM (PBF-LB/M); kompression av pulver, smältning och korntillväxt under stelning, för två olika uteffekter för laserstrålen.

i Israel. Puckelbildning vid svetsens råge kan reduceras genom att under processen snabbt omforma laserstrålen, *Figure 6*.

För laserbaserad additiv tillverkning (AM) har Herr Kliner vid företaget nLight i Österrike också visat på dynamisk strålformning, *Figure 7*. Detta är lämpligt för att optimera pulverbäddprocessen (PBF-LB/M). Generellt så visades ett antal spatiala och temporala strålformningstekniker.

En numerisk simulering av pulverbäddprocessen presenterades av Bierwisch vid Fraunhofer IWM i Tyskland. Denna visade på en kedja av mekanis-

mer från kompression av pulverbädden vid dess förberedelse, fram till dess korntillväxt (bildande av dess mikrostruktur), för flertalet överlappande lager under och efter stelning, vilket visas i *Figure 8* för två uteffekter för laserstrålen.

Herr Abel från LZH i Hannover i Tyskland, visade en studie för PBF-LB i Kovar (kovariant, temperaturfast) metall med glas, se *Figure 9*.

Polarisering av högeffektlaserstrålar har blivit något av en bortglömd egenskap. Helt enkelt för att opolariserade eller cirkulärt polariserade strålar är

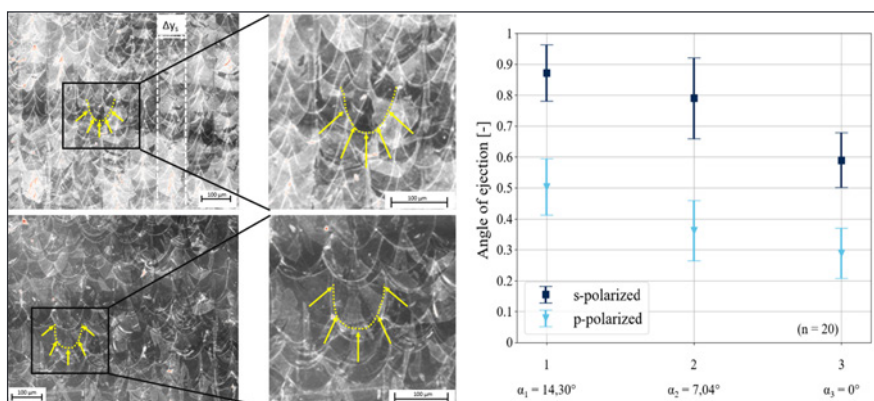


Figure 10: Vänster: tvärsnitt (med förstoring) för struktur tillverkad med PBF-LB/M; (övre) med p-polarisering av laserstrålen (i rörelseriktning) och (nere) med s-polarisering (tvärgående mot rörelseriktningen); uppmätt vinkel och sprututkastning, vilket skiljer sig mellan s- och p-polarisering.

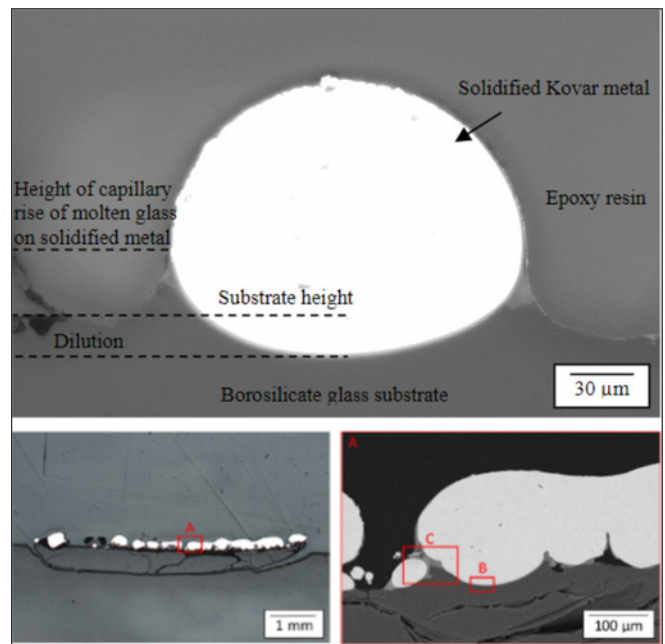


Figure 9: Bi-materials additiv tillverkning (PBF-LB) genom att placera Kovar-metall (ljus) på glas.

riktningsoberoende för många och för komplexa tillämpningar. Korrekt tillämpning av strålpolarisering kan dock förbättra den resulterande kvaliteten och prestandan vid laserprocesser. Herr Stengel vid SLM Solutions i Tyskland, har visat skillnader i sprutbildning vid PBF-LB/M (*Figure 10*) när linjärpolarisering används antingen i riktning med strålen eller tvärgående.

För PBF-LB/M visades det av Henn, vid IFWS i Stuttgart att AM-processen kan kombineras med ablationsbaserad skärning i samma system.

DED-tekniken för AM med blåst pulver (Directed Energy Deposition, DED),

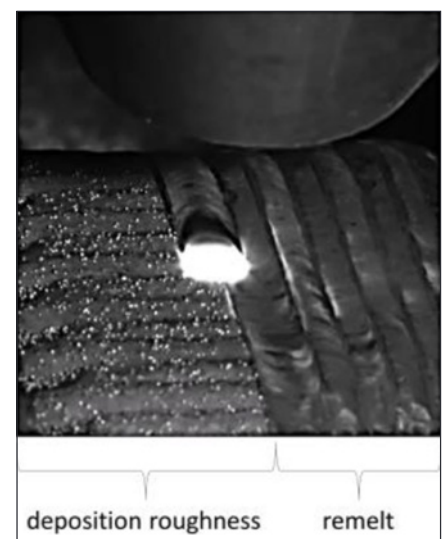


Figure 11: Till vänster syns obearbetad yta efter DED-tillverkning (AM med blåst pulver och laser) och till höger omsmält yta och smälta under laserstrålen (det ljusa området)

erbjuder också flexibilitet att omsmälta spåren efter bearbetning, genom att svepa över ytan med laserstrålen med optimerade parametrar, vilket jämnar ut fastsmälta pulver- och sprutpartiklar med ytan (Figur 11). Detta visades av Jardon vid Vrije Universitet i Bryssel i Belgium.

Tack vare nylig utveckling i optiska system, finns det vissa tillverkare som erbjuder koaxial matning av tråd, där tråden matas i mitten och en uppdelad stråle eller flera strålar värmer upp smältbad och tråd, Figur 12. Det möjliggör ökad flexibilitet och tillförlitlighet för DED processen Laser-Metal Wire Deposition (LMWD), vilken tidigare varit riktighetsberoende på grund av extern trådmattning.

Med ett sådant nytt system behöver nya parametrar hittas. En av de stora utmaningarna med AM-processer är konstant ändrade geometriska och termiska förhållanden när detaljer byggs upp, vilket kräver förändrade processparametrar. En lösning som ges av Tekniska Universitetet i München är att implementera en closed-loop, baserad på smältpölstemperaturen och mäts med en koaxial pyrometer. I den första studien, Avalino Zapata visade att det är möjligt att extrahera väldigt exakta temperaturdata från smältpölen med en liten mätpunkt nära tråden (Figur 13).

I en andra studie visade Christian J. Bernauer prestandan hos ett closed-loop system baserat på dessa pyrometermätvärden. Genom att ställa in en målsmälttemperatur på 1525°C kan systemet automatiskt ändra uteffekten hos laserstrålen när förutsättningar för tillverkning ändras (geometri och temperatur i underliggande yta), exempelvis när processen korsar mellan två substrat med olika tjocklek (Figur 14).

Att implementera en sådan closed-loop tar bort behovet att manuellt förändra parametrarna när förutsättningar förändras, eller till och med att ens behöva veta vilka förutsättningar som kommer att påverka processen. Detta ger stöd i att ge samma kvalitet för materialdeponering oberoende av extern påverkan. Exempelvis i Figur 15 visas skillnad mellan en ej kontrollerad och en kontrollerad process.

Tack vare initiativ av professor Pavel Krakhmavel vid Karlstad universitet, så avslutades konferensen med en session dedikerad AM i Sverige, vilket bestod av fem presentationer.

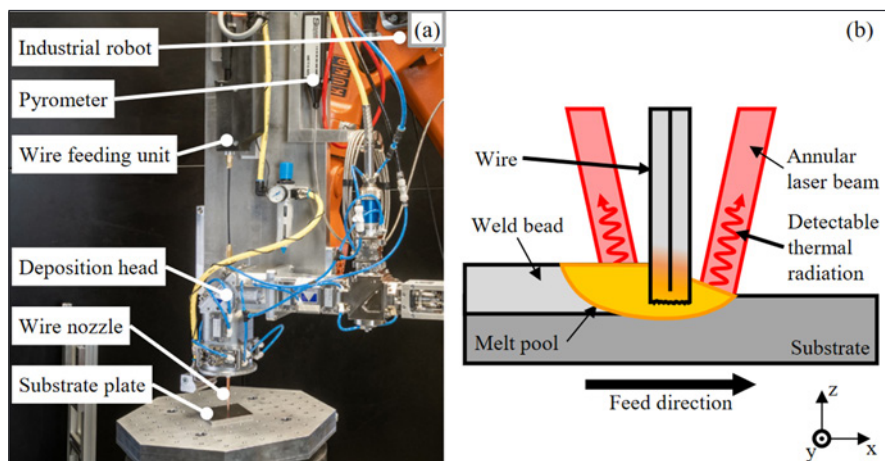


Figure 12: DED Laser metal deposition processen med koaxiell trådmattning: (a) experimentell uppställning och (b) skematisk illustration för processområdet.

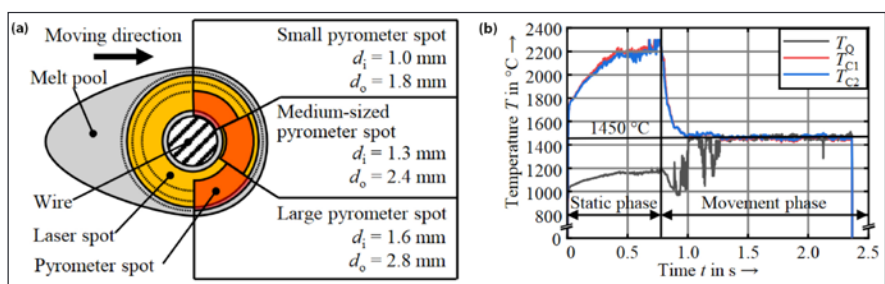


Figure 13: a) Skematisk illustration för mätningens uppställning för en liten, mellanstor och stor mätpunkt för pyrometern och b) temperaturmätvärden för det byggda spåret.

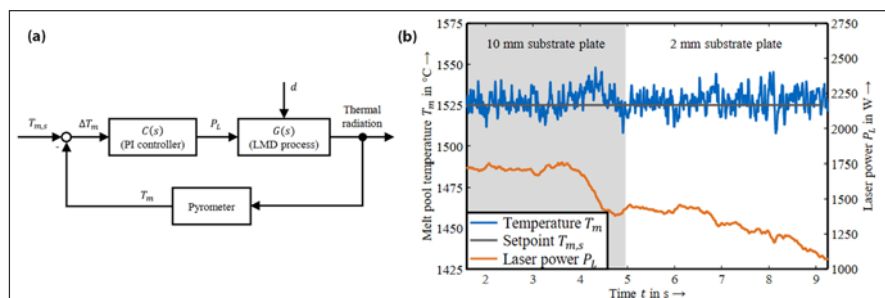


Figure 14: a) Blockdiagram för det använda closed-loop smältpölstemperaturkontrollsystemet och b) closed-loop temperatursignal för en plötslig förändring i substratets tjocklek.

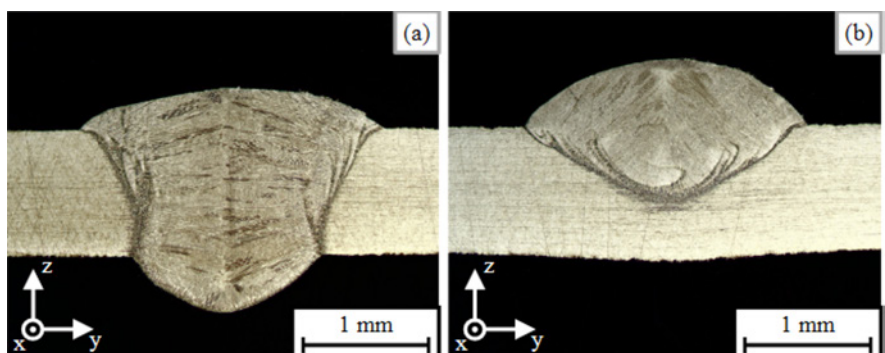
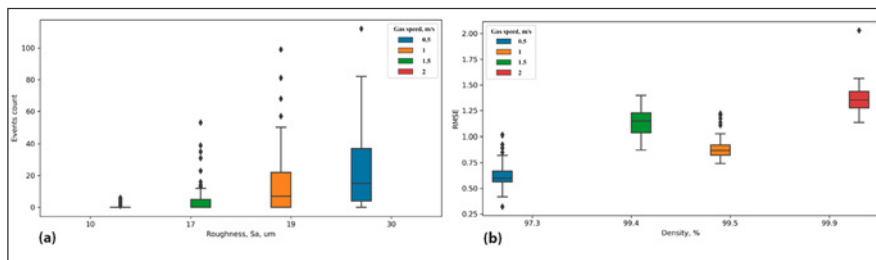


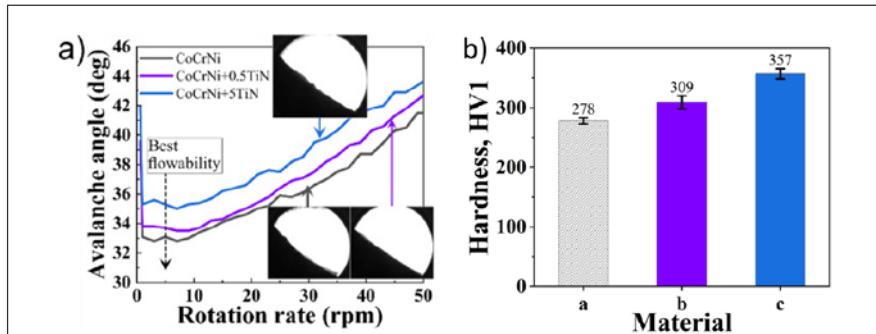
Figure 15: Deponering på ett 1mm tjockt substrat: a) ej kontrollerad process med konstant energi på 1500W och b) en kontrollerad process med konstant smältpölstemperatur på 1525°C.

Exempelvis från LTU presenterades en ny alternativ väg för AM, att göra AM direkt via ståltillverkning. I en grundläggande studie användes en laserstråle för

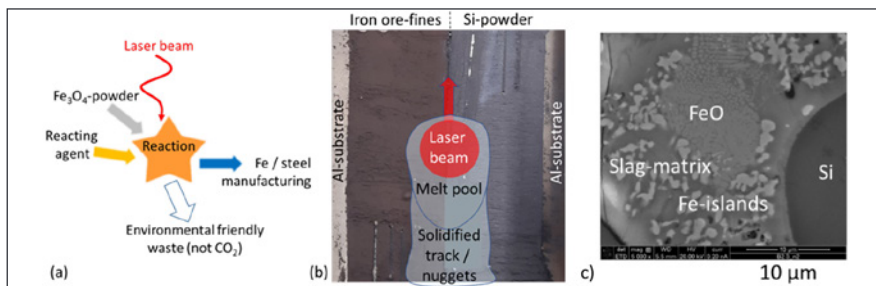
att smälta järnpulver med silikonpulver som syrereducerande ämne. Det resulterade i områden med nästan rent järn, vilket bekräftar att reduktionen ägde rum.



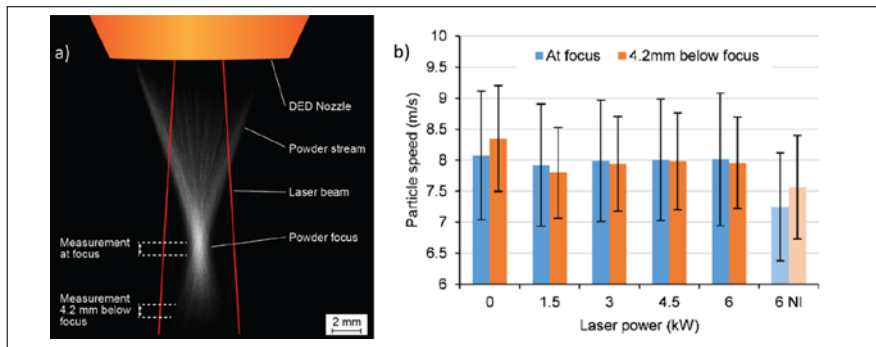
Figur 16: a) Händelseräkning från accelerometers råsinal med relation till provets yttjämnhet, b) rotmed-ekvadratenergi från mikrofonsignalen i förhållande till provdensiteten.



Figur 17: a) pulverflytbarhet och b) hårdhet hos delarna byggda med ren CoCrNi, 0,5 % tillsats av TiN och 5 % tillsats av TiN.



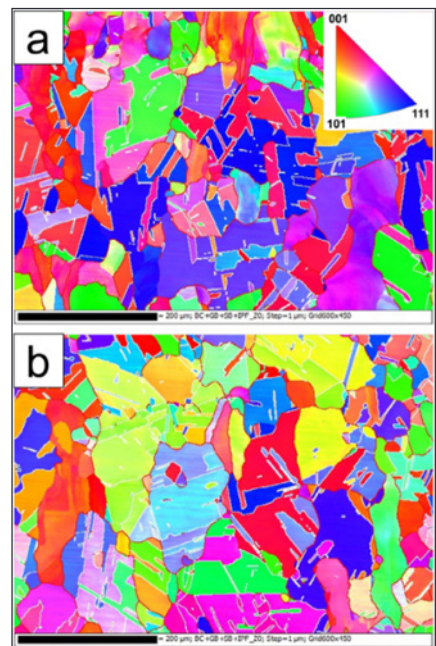
Figur 19: "Proof of concept" för järnmalsreduktion under en lasersmältningssykel, för AM: (a) princip, (b) pulverbäddar där laser bearbetar och (c) bevis på reduktion av malm till Fe-öarna.



Figur 20: a) experimentell uppställning, b) medelvärde och standardavvikelser hos partiklarnas hastighet för olika effekter på laserstrålen.

Ivan Zhirnov från Karlstads universitet presenterade om akustisk övervakning av PBF-LB/M. Det visades att akustiska emissioner när ett nytt lager av pulver läggs ut kan användas för att mäta yttjämnheten hos delen under byggnaden, och att de akustiska emissionerna under bearbetningen kan korreleras med detaljdensiteten, Figur 16. Både grovheten och deldensiteten är beroende av skyddsgasflödet, som därefter skulle kunna justeras in situ enligt de uppmätta akustiska emissionerna.

Sri Bala Aditya Malladi från Chalmers tekniska högskola hade en presentation om PBF-LB/M för CoCrNi förstärkt med TiN. Det visades att tillsatsen av TiN i pulvret ökar hårdheten hos den resulterande metallmatriskompositen, men också minskar möjligheter för bearbetning (Figur 17). Att blanda metallpulvret med TiN minskar dess flytbarhet något, vilket påverkar den slutliga deldensiteten som var 99,9 % med 0,5 % TiN-tillsats och 99,5 % med 5 % TiN-tillsats.

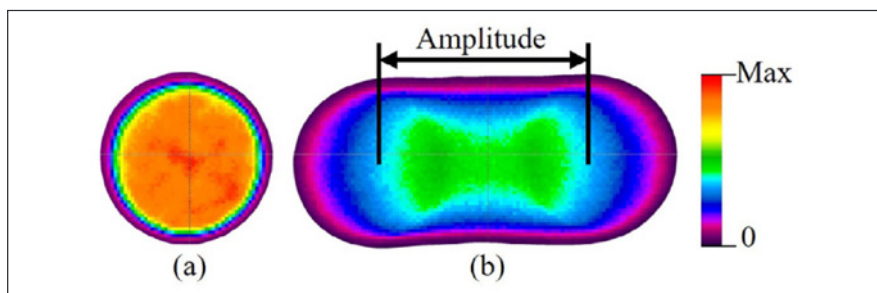


Figur 18: EBSD bilder från prover eftervärmebehandlade med a) 1177°C, och b) 1220°C.

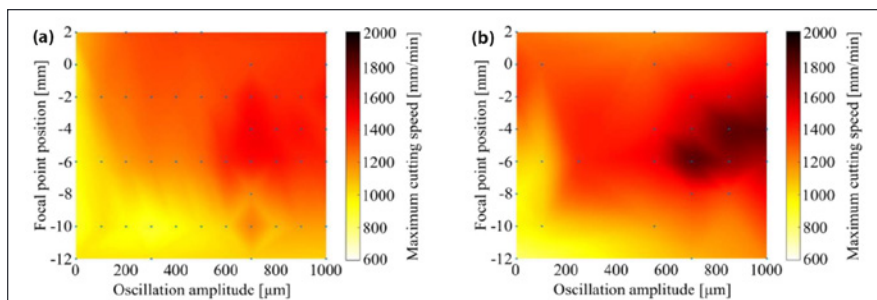
Kumar Babu Surreddi från Högskolan Dalarna visade en studie om mikrostrukturen och det mekaniska beteendet hos Hastelloy-X producerad med PBF-LB/M och effekterna av olika värmebehandlings. Resultaten visar att värmebehandling av Hastelloy X vid 1177°C i stället för 1220°C inducerar en mindre kornstorlek (Figur 18), högre hårdhet, högre utbyte och brottgränser samt en lägre töjning. Dessutom visade imponerande SEM-videor inspelade under in situ dragprovning kornens deformation under ökande belastning.

Från Luleå tekniska universitet presenterade Alexander Kaplan en ny alternativ väg för AM, att direkt utföra stältillverkningen samtidigt som AM-processen sker. I en grundläggande studie smälte en laserstråle järnmalspulver tillsammans med kiselpulver som reduktionsmedel och faktiskt resulterade i domäner av nästan rent järn, vilket bekräftar att reduktionen ägde rum, se Figur 19.

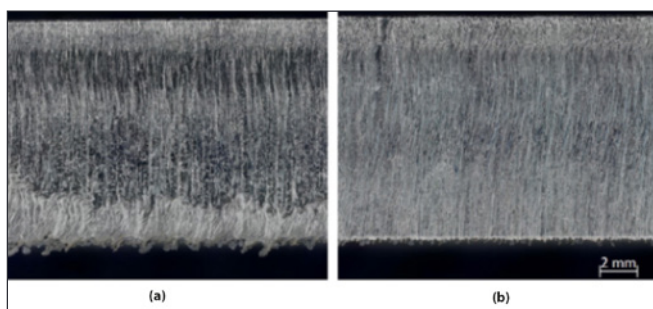
Adrien Da Silva från Luleå tekniska universitet presenterade en studie om laserstrålens inverkan på partiklarnas hastighet vid DED process med pulvertillförsel. Partikelhastigheten mättes vid olika lasereffekter baserat på höghastighetsfilmning och partikelspårning av pulverströmmen. Det visades att även om en extrem minoritet av partiklar accelereras av rekytrycket, förblir medelhastigheten för partiklar i pulverströmmen oförändrad på grund av deras höga



Figur 21: Laserstrålens intensitetsfördelning med: (a) en statisk stråle och (b) dynamisk strålform



Figur 23: Konturgraf för dynamisk strålformning för maximal skärhastighet för: a) rostfritt stål, b) aluminium.



Figur 24: Skärkanterna som erhållits med: (a) statisk strålform och; (b) dynamisk strålform.

hastighet och korta interaktionstid med laserstrålen (Figur 20).

Inom laserskärning finns idag ett stort intresse för dynamisk strålformning (Figur 21) för att öka skärhastigheten. Michael Sawanna från IFSW i Stuttgart genomförde en grundläggande forskning om inverkan av dynamisk strålformning på skärfrontens geometri genom 3D-mätning baserad på höghastighetspolariserade bilder. Resultaten visar att varje laserstråleoskillation tryckte en het våg av smält metall nedför den skurna fronten (Figur 22).

Masoud Kardan och Nikita Levichev från KU Leuven i Belgien visade hur dynamisk strålformning kan implementeras i laserskärning och göra processen mer effektiv. Jämfört med laserskärning med en statisk strålform måste två extra parametrar ställas in: oscillationsfrekvensen och oscillationsamplituden. Författarna hittade optimerade parametrar för att maximera skärhastigheten, som visas i Figur 23.

Det visades att dynamisk strålformning kan tillåta 40 % högre skärhastig-

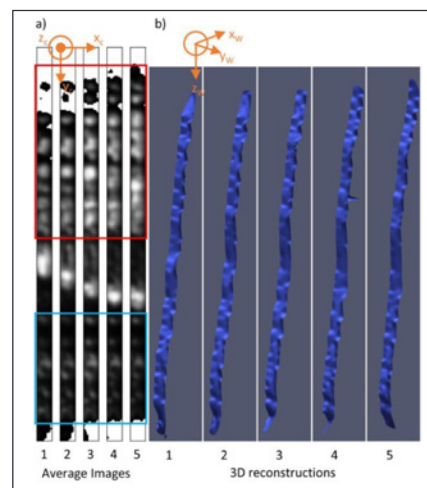
het med samma lasereffekt, den minskar också slagg med 57 % och grovheten på skärkanten med 10 % (Figur 24).

I laserskärning har Silvana Burger från Universitetet i Erlangen-Nuremberg (värd för konferensen) presenterade höghastighetsbilder för att analysera smältans vågor i skärfronten och droppbildning vid rotsidan vid distansskärning (remote fusion cutting) av stål, Figur 25. I en annan studie, för PBF-LB/M, visades det av Henn vid IFSW Stuttgart att AM-processen kan kombineras med en ablationsbaserad skäroperation i samma system.

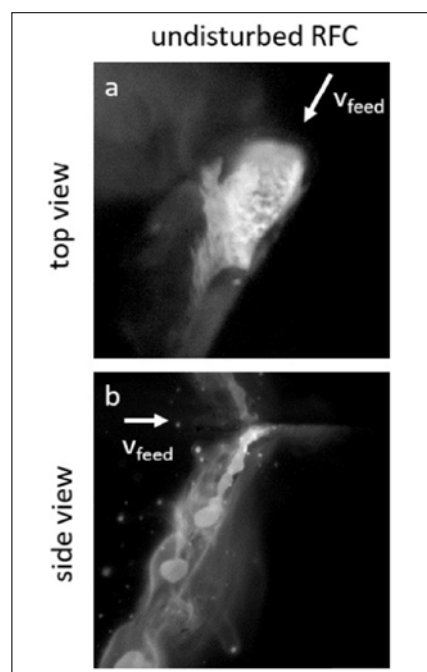
Avslutning

Även om ovanstående rapporter åter speglar de många presentationerna om lasermetallsvetsning, skärning och AM, var programmet också sammansatt av många olika fler bidrag, exempelvis inom kortpulsbearbetning, mikrobearbetning, borrar, texturering, ytbehandling och icke-metallisk laserbearbetning.

Avslutningsvis kan nämnas att medan den tidigare LANE var tvungen att vara



Figur 22: Dynamisk skärning. a): Fem på varandra följande genomsnittliga bilder med tidssteg på $\Delta t = 13,3 \mu s$, medan lasern rör sig i matningsriktningen. b): Motsvarande 3D-rekonstruktioner för de fem tidsstegen.



Figur 25: Höghastighetsfilmsbilder på smältfronten vid distansfusionslaser-skärning.

av hybridformat på grund av pandemin, var det återigen en mycket efterlängtat, viktig och värdefull upplevelse att träffas fysiskt i Fürth, vilket ledde till många nya samtal om möjliga utvecklingsmöjligheter och samarbeten. Nästa gång konferensen planeras äga rum är 15-19 september 2024. ■

Läs mer

www.lane-conference.org
www.sciencedirect.com/journal/procedia-cirp/vol/111/suppl/C
www.lane-conference.org/industrial-paper-2022/

Europeisk bilindustri leder utvecklingen inom laserbearbetning

Rapport från European Automotive Laser Application, 29-30 januari 2003, i Bad Nauheim. Del 2.

Av Johnny K Larsson, Volvo Cars

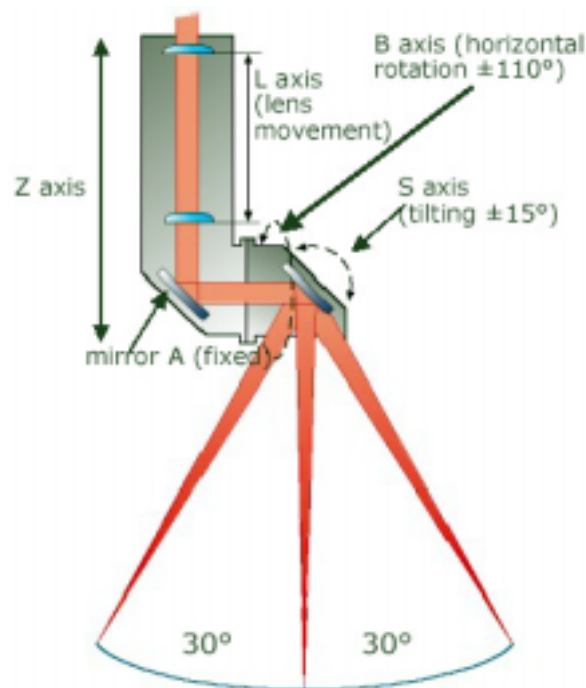
6. Plant and System Technology for Laser Welding: New Applications demand New Concepts - What are the Solutions?

Herr Menin från Comau Systems s.p.A. berättade om ett nytt koncept för "Remote Laser Welding" som hans företag har utvecklat. Han började med att ange några allmänna regler och hållpunkter vad gäller denna speciella laserteknik. Eftersom god strålkvalitet är ett måste för tekniken menade han att en CO₂ laser krävs som källa. Minst 3kW uteffekt och en K-faktor > 0.9 är andra tumregler. Bland "fjärrlasers" fördelar nämndes hög produktivitet och hög flexibilitet. En annan väsentlig fördel som hänger samman med den höga bearbetningshastigheten är att t.ex. fler svetsoperationer kan utföras i en och samma cell, vilket gör att man kan spara verkstadsyta. Dessutom sitter den optiska enheten långt från bearbetningsstället varför man inte riskerar någon nämnvärd nedsmutsning av eller skador på optiken.

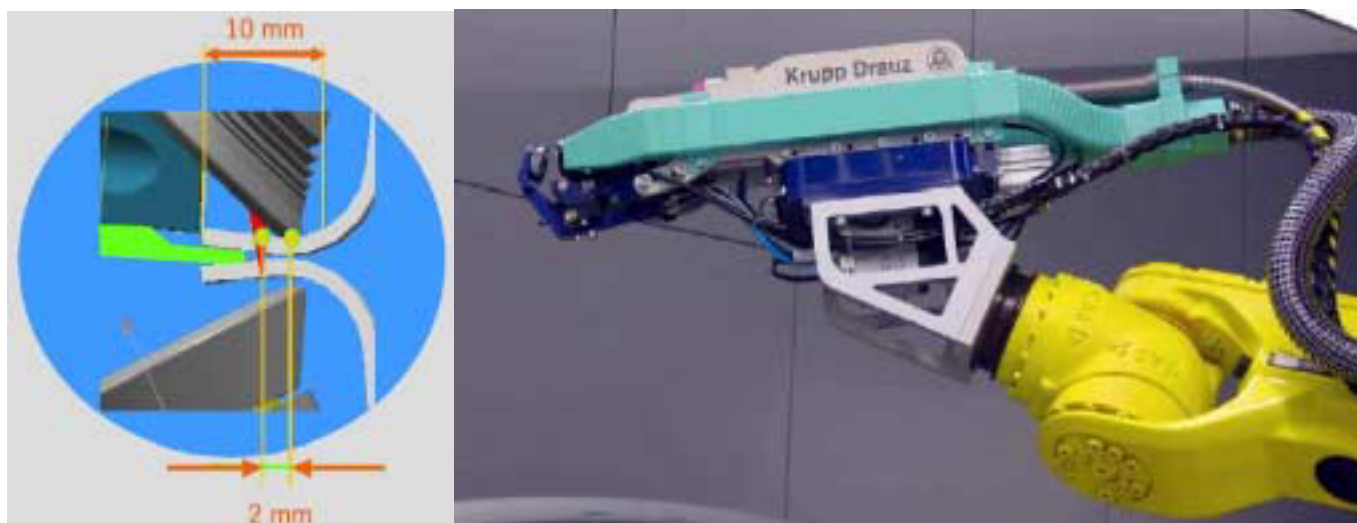
Bland negativa aspekter nämndes de välkända problemen med tillförsel av skyddsgas och tillsatsmaterial. Dessutom har dagens system en begränsad arbetsvolym då laserstrålen inte kan falla in alltför snett för att en acceptabel svetskvalitet skall erhållas. Infallsvinklar upp till 30° är möjliga, men för en god svetskvalitet bör vinkeln inte överstiga 15°. För att komma förbi dessa begränsningar har Comau utvecklat ett patenterat 4-axligt höghastighetssvets huvud som arbetar med två speglar av vilka endast en är rörlig [Figur 8]. Genom den ökade rörligheten i svets huvudet kan ett 240° stort område bearbetas över en bredd på 720-1220mm samt med ett avstånd till arbetsstycket på upp till 550mm. Ompositioneringshastigheten är mindre än 0.1 sekund från punkt till punkt. Herr Menin visade avslutningsvis en video som beskrev fjärrlasersvetsning av en sidodörr, vilken var upplagd i en horisontell fixtur. Under svetsningen gjordes emellertid många ompositioneringar av fixturen, varför man kan ifrågasätta den optimala användningen av fjärrlasertekniken.

De två därpå följande presentationerna handlade om spänn- och fixturteknik. Det första föredraget hölls av

Herr Möckel, Krupp Drauz Ingenieurbetrieb GmbH. Efter att ha gått igenom de klassiska fördelarna med lasersvetsning menade han att akilleshälen för denna processteknik ligger i fixeringen av de detaljer som skall sammansvetsas. Han jämförde då med punktsvetsning där man har både process och inspänning i en och samma operation. Herr Möckel visade den dubbelrulle som utvecklats för svetsning i t.ex. dörröppningar. Denna rulle kan kompletteras med ett tredje hjul, en s.k. "Entgasungsscheibe" (avgasskiva), vilken sitter vinkelrätt mot de andra två rullarna och är avsedd att tryckas in mellan plåtflänsarna för att säkerställa ett kontrollerat gap för avgasning av förångad zink [Figur 9]. Riktlinjer för dörrflänsbredder angavs vara minimum 10mm plan fläns samt att avståndet mellan tryckrulle och svets inte får vara mindre än 2mm. Tryckrullarna arbetar med en spännkraft på 500-700N. För att klara radier i dörröppningshörnen bör dessa inte vara mindre än 20mm. Avslutningsvis presenterades ett verktyg för svetsning av treplåtsförband med hjälp av två laserstrålar. Uppställ-



Figur 8. Principen för Comau's patenterade 4-axliga höghastighets-svets huvud vilket är speciellt utvecklad för "Remote Laser Welding".



Figur 9. Krupp Drauz' koncept med dubbeltryckrulle och ett tredje hjul som säkerställer avgasmöjligheter av förångad zink vid överlappssvetsning.

ningen var snarlik det tidigare beskrivna konceptet, men med en viss modifiering av den s.k. avgasskivan som i detta fall hade dubbla skivor, en för varje plåtinterface. Genom att med vardera strålen endast penetrera två plåtar från vardera sidan slipper man ifrån en osäker treplåtssvetsning samtidigt som man kan upprätthålla en hög processhastighet.

Herr Tünkers från *Tünkers Maschinenbau GmbH* inledde med att visa på det tvårullarsspänne som man utvecklat tillsammans med HighYag. I övrigt handlade hans presentation mest om mer traditionell spänntechnik där han skilde mellan integrerade och modulära spännena. Den modulära typen är att föredra om krav på hög flexibilitet föreligger. Generellt kräver lasern spännena av mindre storlek för att säkerställa en god åtkomst. Här visade Herr Tünkers på den s.k. Alpha-serien, där spännena har en reducerad längd genom att cylindern integrerats i själva spännkroppen. Genom att eftersträva korta armar på spännena erhålls en högre spännkraft, vilken kan fördelas på en tvåstegsfunktion, så att den högre kraften endast används i själva fixerfunktionen.

Vidare har *Tünkers* utvecklat ett system för att prägla "noppor" vilka tjänar som distanser vid hopsvetsning av zinkbelagda plåtar och möjliggör en effektiv avgasning av förångad zink. Dessa "noppor" skapas genom att detaljens flänsar matas igenom en form av spänn- och präglingsverktyg. I den nya generationen av spännena finns också inbyggda kvalitetsövervakningssystem, vilka kan avgöra om rätt material används (främst rätt tjocklek) eller att tillräckligt stor avgasspalt finns.

I den diskussion som följde på denna del av konferensen undrade Herr Hornig, BMW, hur *Krupp Drauz'* avgasningsskiva fungerar vid bomberade ytor, då ju de dörröppningssvetsningar som visades är tämligen raka.

På detta svarade Herr Möckel att realiserbarheten måste utprovas från fall till fall.

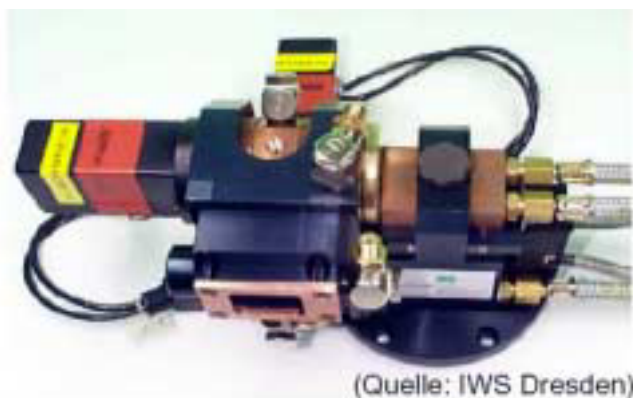
Herr Behr från *Audi AG* hade en intressant synpunkt rörande skyddsgastillförsel vid lasersvetsning. Eftersom de presenterade spännena kräver pneumatik för att fungera, varför inte använda denna tillförsel av luft att tjäna som skyddsgas?

7. Current Application Reports of Automotive Industry and Suppliers

Denna del av konferensen inleddes med ett föredrag av Dr. Stothard från *BMW AG*, där han berättade om företagets erfarenheter av pulverytbeläggning med hjälp av laser. Applikationsexemplen som visades var ventilsäten, kolvringar och cylinderfoder. Beläggningen görs med ett förslitningsmaterial i syfte att förlänga komponenternas livslängd. Lämpligast använder man sig av en diod-laser som källa, men det är fullt möjligt att också nyttja en Nd:YAG-laser. Dr. Stothard visade några system med integrerad pulvertillförsel där avståndet mellan fokuspunkt och tillsatspulvrets matningsmunstycke var mellan 1-3mm. Andra nyckelvärden för processparametrar som nämndes i sammanhanget var:

- Lasereffekt 3kW
- Påläggningshastighet 1-5m/min
- Fokuspunkt 6-12mm², vilket ger en energitäthet på 10⁴-10⁵W/cm²

Som ett praktikfall visades ett exempel med ytbeläggning av cylinderfoder för aluminiummotorblock. Aluminium-kiselpulver med olika atomviktsfördelningar hade använts vid påläggning, och inte i något fall hade spröda intermetalliska faser observerats. Genom beläggningen ökar man hårdheten i slitytan till 140HV_{0,3} att jämföra med basmatrikens hårdhet på 80HV_{0,3}. För att nå



Figur 10. Olika scanner-optik-system som används vid svetsning av avgaskylare hos Behr GmbH; system Scanlab t.v. och system IWS Dresden t.h.

samma goda slitenskaper vore man tvungen att gjuta hela motorblocket i den synnerligen dyra legeringen Alusil®.

Avslutningsvis påpekade Dr Stothard att pulverbeläggning m.h.a. laser lämpar sig mindre bra på aluminium pressgjutgods, då denna tillverkningsteknik innebär att grundmaterialet kommer att innehålla trycksatta porer.

Dr. Grünewald från *Behr GmbH* redogjorde för en industriell applikation där man lasersvetsade avgaskylare. Materialet som används är 0.4mm tjock austenitisk rostfri plåt, och principen är svetsning med scanner-optik. Man använder sig av två olika system med olika stora arbetsområden; *Scanlab* 270×270mm, samt det mindre, 5kg tunga, scannerverktyget från *IWS* (Dresden) 45×30mm [Figur 10]. Det är en form av gavlar som svetsas till kylarkroppen. Gavlarna är utformade som ett nät med öppningar på 6×13.5mm i vilka svetsningen sker. Energikälla är en 3kW diffusionskyld CO₂-laser, och med en svetshastighet på 10m/min klarar man att svetsa en gavel på 3 sekunder. En blandning av Helium och Kväve används som skyddsgas. Tidigare har svetsningen gjorts som klassiska överlappsfogar för laser, men i det nya konceptet arbetar man med s.k. strålfällepripcip och pendling av laserstrålen. Fördelen med detta är att man dels får en högre hållfasthet p.g.a. större bindyta, samt att taktiden förkortas då all svetsning kan ske i en och samma station.

Lasersvetsning av höghållfasta stålqualiteter (HSS) är ett angeläget ämnesområde inom bilindustrin och om detta tema handlade Dr. Höfemanns, *Salzgitter Flachstahl GmbH*, föredrag. Vid lasersvetsning sker en hårdhetsökning i svetsgodset p.g.a. det snabba processförloppet och den därmed snabba avvalningen. Dock menade Dr. Höfemann att hårdhetsökningen är marginell och inte påverkar hållfastheten, vilket påstående han exemplifierade med ett antal dragprov där mikrolegera-

de såväl som tvåfasstål (DualPhase) hade stumsvetsats. I samtliga fall hade brotten skett i grundmaterialen. Däremot menade han att användningen av tillsatsmaterial har en motsatt effekt och alltså kan ge en lägre hållfasthet vid svetsning av höghållfasta stål. Detta är något som man fortsättningsvis även bör beakta vid laserhybridsvetsning. En annan av lasersvetsningens akilleshälar, nämligen svetsning av zinkbelagt stål och då i synnerhet om zinkbeläggningen är av tjockare typ, menade Dr. Höfemann att man kunde lösa antingen genom att använda sig av just laserhybridsvetsning alternativt att utforma fogen för kälsvetsning.

Den eviga frågan om att bedöma svetsbarheten hos nya material, och då särskilt vad som menas med god lasersvetsbarhet, togs upp av bl.a. Herr Hornig från *BMW*. S.k. CTU-bilder för gasmetallbågsvetsning borde kunna översättas till laser. Tyvärr saknas i allmänhet denna information just då det gäller de nyare varianterna av höghållfasta kolstål.

Inom bilindustrin blir det allt vanligare med tillverkning av s.k. retro-modeller, såsom *BMW Mini*, *VW Beetle* och *Chrysler Cruiser* PTA. Det senaste bidraget inom denna kategori kommer från *DaimlerChrysler* och heter Maybach. Maybach är kanske mera förknippat med motorer åt vilka uppfinnaren fick ge sitt namn, men under 1930-talet lanserade *Mercedes* en prestigemodell som gick under detta namn. Om den moderna Maybach-modellen informerade Herr Bernhard från *DaimlerChrysler*. Den tillverkas sedan juni förra året i två varianter, standard och förlängd, och är en typisk lågvolumprodukt. Endast 8 bilar tillverkas om dagen. En hel del aluminium används i karossen, t.ex. i takmodulen, motorhuven, framskärmarna och sidodörrarna.

Det är just vid sammansättningen av sidodörrarna som man använder sig av lasersvetsning. 75 överlapps- svetsar i längder mellan 25 och 1200 mm utförs på varje dörr. Detta innebär en total svetslängd per dörr på mel-



Figur 11. Inblick i DaimlerChyslers lasersvetscell för sammansättning av aluminiumsidodörrarna till lyxmodellen Maybach.

lan 4.9 och 6.5m beroende på om det är en framdörr eller baddörr. Som laserkälla används en *Haas HL4006D* lampumpad Nd:YAG-laser som vid 150mm fokallängd resulterar i en fokalpunktsdiameter på 0.45mm. Svetshastigheten varierar mellan 1.8-7.5m/min beroende på vilka komponenter som sammansvetsas och om tillsatsmaterial används eller inte. Detaljerna monterar i en vridbar fixtur och svetsas i 4 olika sekvenser. Den skyddsgas som används är helium, och för kvalitetssövervakning utnyttjar man *Weldwatcher*-systemet [Figur 11].

EALA-konferensen hade detta år långväga besök i form av deltagare från koreanska *Hyundai*. Dr. Chang föredrog hur laserutvecklingen framskridit inom hans företag. Det startade med ämnesskarvning, "tailored welded blanks", och fortsatte med laserhårdning av kamaxlar, bärramar och andra motor- och transmissionsdetaljer. Nu fokuserar man på karossapplikationer, där man idag har 26 olika skarvade ämnen i produktion, samt stegsvetsning av karossidornas dörröppningar. Den senare applikationen beskrevs redan vid fjolårets *ICALEO*-konferens, och ansågs där som en av de största "höjdarna" vad gäller industriella laserapplikationer. Man har två separata arbetsstationer, en för vänster och en för höger karossida. Varje station/lasercell är utrustad med 2 stycken industrirobotar som genomför 2400mm lasersvets per karossida. Centralt i karossfabriken befinner sig laserkällorna, två stycken lampumpade *Haas*-lasrar som via fiberoptik distribuerar energin till arbetsstationerna, vilka ligger mellan 45-60 meter bort. Man använder sig av "time-sharing" och låter en cell jobba i taget medan den andra laddas med nya detaljer. Med detta koncept erhåller man en cykeltid på 90 sekunder vilket tillåter tillverkning av 900 bilar om dagen. Stegsvetslängden är 20mm och påstods ge en

25%-ig hållfasthetsökning jämfört med punktsvetsning. För framtiden ansåg Dr. Chang det inte som någon omöjlighet att framtidens karosser till 70% sammansvetsade med laser och bara till 30% med punktsvetsning. Det tyngst vägande skälet till en sådan lösning är den att man sparar avsevärd verkstadsyta.

European Automobile Manufacturer's Report

Slutligen var det dags för vad Herr Ebert betecknade som "The Elephant Event", d.v.s. det avsnitt av konferensen där representanter från de europeiska biltillverkarna traditionsenligt redogör för sina senaste laserapplikationer.

PSA S.A.

Först ut var Herr **Kielwasser** från *PSA Peugeot Citroën*. Företaget har under ett antal år använt laserskärning för att skapa de varianthål som krävs för montering av vissa exteriöra plastkomponenter på Sport-versionen av *Citroën Saxo*. Denna teknik har nu förts över på den nya modellen C2. Man skär 28 hål i karossidan och ytterligare 8 i bakskärm. Cykeltiden är 63 sekunder och hålen kan skäras med en tolerans på +/-0.5mm. Man använder sig av tre stycken Nd:YAG-lasrar (HL353 från HAAS) och fem robotar vilka är utrustade med skärhuvud, sensor samt övervakningskamera.

Vad gäller forskning och utveckling fokuserar man på "Remote Laser Welding" (RLW) och tittar på dess tillämpning vid sammansättning av dörrar i ett projekt tillsammans med *Rofin Sinar*. Det har visat sig möjligt att sammansvetsa sidodörrar med 72 stycken 2cm långa stegsvetsar under en cykeltid av 52 sekunder. Med ett dylikt upplägg räknar *Peugeot Citroën* med att kunna reducera erforderlig produktionsyta med 30%.

DaimlerChrysler AG

Därnäst kom Herr **Bernhardt** från *DaimlerChrysler*, vilken började med lite återblickar på tidigare lasersvetsapplikationer inom *Mercedes*, vilka bl.a. omfattade den numera klassiska tredimensionella stumsvetsen mellan tak och bakskärm på S-Klasse-modellen. Den har under årens lopp genomförts m.h.a. två stycken CO₂-lasrar, en för vänster och en för höger sida. Numera är det Nd:YAG som dominerar, vilket exemplifierades med takbågarna för den nya E-Klasse. Dessa utgörs av slutna sektioner vilka skapas av två höghållfasta detaljer i StZE340 med en tjocklek av 1.25mm vilka sammansvetsas med hjälp av en 3kW Nd:YAG-laser (HL3006D) där svetshastigheten angavs vara 3.7m/min.

Samma lasertyp används vid laserlödning av baddörren till E-Klasses kombimodell, då i kombination med

ett adaptivt fogföljningssystem från *Scansonic*. Mjuka pressplåtsdetaljer i DC05 (tjocklek 0.8mm) sammanfogas med tillsats av klassiskt CuSi3-material och processhastigheten varierar mellan 1.5 och 4m/min. Eftersom fogen, vilken är 1.5m lång, ligger i vad Herr Bernhardt kallade "Sichtbereich" är utseendekraven mycket höga.

Vad gäller framtiden ser man en stor avnämning för lasersvetsning i sina transportmodeller, typ Vito m.fl. I dag har dessa modeller över 20m smältsvets, vilket *DaimlerChrysler* bedömer att framgångsrikt kunna ersätta med lasersvets. Dock menade herr Bernhardt att 100% lasersvetsning av karosser eller karosskomponenter inte var något mål man strävar efter. Vidare uttryckte han önskemål om standardiserade snittställen mellan robot och laserverktyg, synpunkter som ju tidigare har framförts av bl.a. Herr **Elsner**, vilken tidigare var "laser-guru" hos VW, men numera erbjuder *DaimlerChrysler* sina tjänster. Slutligen nämnde Herr Bernhardt att han efterlyser tillförlitliga simuleringshjälpmedel för simulering av såväl robotburen verktygshantering, typ RobCad, som av själva lasersvetsprocessen. Vid förra årets EALA talade sig representanter från *DaimlerChrysler* varma för det internutvecklade programmet *LASIM*, varför man kan tolka årets uttalande som att man inte nått de förväntningar man hade på sagda program.

Fiat Auto

Härnäst var det Herr **Mairone** från *Fiat* som stod på tur för att delge oss sitt företags senaste lasersatsningar. Dock inledde han med att säga att många av de tilltänkta applikationerna riktar sig mot modeller vilka är under utveckling, varför han p.g.a. sekretesskäl var hindrad från att ge närmare information. Emellertid har *Fiat* genomfört ett antal studier och experimentella försök för såväl "multi-spot"- som "Remote Laser"-svetsning, och Herr Mairone menade på att såväl teknisk som ekonomisk realiserbarhet har kunnat bevisas. Framförallt inom området RLW har *Fiat*, tillsammans med t.ex. *Comau*, varit internationellt pådrivande, varför det inte torde vara någon alltför djärv gissning att vi får se denna teknik applicerad på kommande *Fiat*-, *Lancia*- och *Alfa Romeo*-modeller. Det kommer då i första hand att gälla s.k. "closures"-applikationer, d.v.s. motorhuvar, bakluckor och dörrar. Andra områden inom förutveckling som studeras är laserlödning, laserhybrid-svetsning samt on-line processövervakning där *CRF* (*Centro Recherche Fiat*) har utvecklat ett nytt system för tailored welded blanks (TWB).

Volvo Car Corporation

Min kollega Herr **Palmquist** berättade om erfarenheter

från tidigare CO₂-lasersvetsning ställd i jämförelse med de förväntningar man har på en utökad Nd:YAG-användning. *Volvos* tidigaste laserceller för takskarvs-svetsning, vilka var baserade på koldioxidlasrar uppvisade förhållandevis höga driftskostnader vad gäller energi- och gasförbrukning. Vidare uppgick stilleståndet för underhåll under ett års produktion till 60 timmar, vilket kanske inte låter som en alltför hög siffra, men den skall då ställas i relation till de 70 minuters "down-time" per år vilket visat sig vara resultatet vid övergång till Nd:YAG-svetsning av karosstaken. Genom att byta ut en av CO₂-lasrarna i Torslanda-cellen har kostnaderna för gaskonsumtion kunnat minskas med 85,000 euro/år, samtidigt har svets hastigheten kunnat ökas från 4.5m/min till 6m/min. Vecka 0250 byttes även den andra CO₂-lasern i cellen ut mot en dito Nd:YAG, vilket kommer att innebära ytterligare 70,000 euro/år i besparing p.g.a. minskad skydds- och processgasförbrukning.

Volvo bedriver en intensiv utveckling för att på sikt införa laserlödning på främst bakluckorna i det kommande modellprogrammet, men även på synliga skarvar i karossidorna. Nackdelen med laserlödning är den förekomst av porer i lödgodset som har observerats. Efter Herr Palmquists presentation utspann sig en debatt kring CO₂- kontra Nd:YAG-laser vid svetsapplikationer. Audi (liksom f.ö. också BMW) håller sig fortfarande till CO₂-laser vid svetsning av taken på sina stälkarosser i Neckarsulm, och menade att man inte kunnat konstatera lika stora skillnader i "down-time" som rapporterats från Volvo.

BMW Group

I EALA-sammanhang ser man alltid fram mot Herr **Hornings** presentation för BMW's räkning. Johann (Hans) Hornig har hållit på med lasersvetsning och -skärning i bortemot 15 år och får anses som en av de stora auktoriteterna i ämnet, och då BMW samtidigt alltid är tidigt ute med att anamma ny teknik, är det med speciell spänning man ser fram emot Herr Hornigs redovisningar. Såväl Mini (tidigare en *Rover*-produkt) som *Rolls Royce* har ju på senare år hamnat inom BMW-familjen. Laserskärning av en lågvolymsmodell som *Rolls Royce Phantom* har visat sig vara en lyckad ekonomisk lösning. I Dingolfing har en skäranläggning med laser (*Trumpf TLC6005*) med växelbord installerats vilken opererar i treskift och skär 30 olika karossdetaljer i företrädesvis aluminium, samt ett mindre antal (ca. 10%) i stål.

Annars är ju BMW's paradnummer just nu den ny 5-Reihe-modellen, vilken presenterar en komplett aluminiumfront. Karossfronten består av 72 separata alumini-

umdetaljer och även här används lasersvetsning vid sammansättningen. Dock rör det sig endast om ca. 2m lasersvets, då övriga fogtekniker utgörs av 622 stansnitar, 325cm MIG-svets, 26m strukturlim samt 47 bultförband. Laserapplikationerna hittar vi i mellanbrädeområdet och överensstämmer till stora delar med de områden som lasersvetsades på den tidigare 5-Reihe-generationen, fast då i stål. Det rör sig om kontinuerliga fogar som sammanbinder instrumentpanelbalken (IP-beam) med tvärbalk, mellanbräda samt den senare med själva mellanbrädeplåten. Man använder sig av en 4kW Nd:YAG-laser med 150mm brännvidd och twinspot-teknik kombinerad med tillsatsmaterial. Materialet i karosskomponenterna är företrädesvis ur AA5000-serien (Mg- och Mn-legerade) och har en tjocklek på 1.25mm. I lasercellen arbetar 2 svetsrobotar och 2 hanteringsrobotar växelsvis. Cykeltiden per mellanbrädesammansättning är 72 sekunder och tillgängligheten uppgavs till 86%.

BMW har sedan en tid tillbaka använt sig av RLW på 3-Reihe's "compact version" (projektbeteckning E46). Det rör sig om stegsvetsning av en förstärkning till en motorrumspanel. Den senare är 0.7mm tjock och tillverkad i ett medelhållfast "bake-hardening"-material (220BH) medan förstärkningen är något tjockare, 1.0mm, och har en högre hållfasthet (260BH). Båda detaljerna är dubbelsidigt förzinkade. De laddas på ett rotationsbord och svetsningen utförs med hjälp av en 5kW CO₂-laser som sätter 26 stegsvetsar, varav 4 fäster en mutter till förstärkningsdetaljen. På detta sätt svetsas komponenten på 8 sekunder med användning av Helium som skyddsgas. Om detaljen i stället skulle ha svetsats med motståndspunktsvetsning skulle cykeltiden ha uppgått till 40 sekunder. Eftersom detaljerna sitter i ett korrosionsutsatt område redogjorde Herr Hornig för de omfattande verifieringar mot DIN-normen för korrosion som genomförts för att godkänna lasersvetsning med avseende på dessa krav.

Även BMW använder sig av laserlödning på 5-Reihe's baklucka såväl som för kombivariantens bakdörr. Materialen utgörs av tunn (t=0.67mm) zinkbelagd pressplåt, St06Z100. Dock har BMW i samarbete med *Mitsubishi* utvecklat en något annorlunda teknik i den bemärkelsen att lödmaterialet tillförs koaxialt samt att laserstrålen är uppdelad i en "twin-spot"-konfiguration. Denna koaxiala trådtillförsel sades ge en bättre fyllnadsgrad jämfört med konventionell trådmatning.

En ytterligare detalj på nya 5-seriemodellen (projektbeteckning E60) är en distanskonstruktion för bakre stötfångarinfästningen, där en konventionell lösning innebär 39 arbetsmoment. Genom att fokusera på pro-

dukt- och produktivitetsförbättringar har BMW lyckats med en 20%-kostnadsbesparing genom att införa lasersvetsning för två olika sammansättningsoperationer. Traditionenligt håller sig BMW till en 5kW CO₂-laser vilken i detta fall är kopplad till ett TWINLAS®-system.

Renault S.A.

Herr Drexler från *Renault* berättade en hel del om sitt företags satsningar på laserlödning. För detta ändamål har man införskaffat en direktverkande diodlaser från *Rofin Sinar* (DF028) och gjort jämförelser mellan att ha denna lasertyp eller en Nd:YAG-laser som energikälla vid lödoperationer. Tänkbara applikationer är främre och bakre del av karossidorna samt takskarven, där man räknar med att kunna ligga på lödningshastigheter i storleksordningen 3.6m/min vid utnyttjande av ett *Scansonic* fogföljningssystem. De huvudsakliga fördelarna med laserlödning är dess ringa påverkan på det korrosionskyddande zinksiktet. Vidare angavs lödfogen ha bättre statisk hållfasthet jämfört med ett punktsvetsförband, samt bättre utmattningshållfasthet jämfört med en konventionellt lasersvetsad överlappsfog.

Renault har också undersökt överlappssvetsning med laser i treplåtsförband för att på sikt införa detta i karosidor och därmed minska flänsbredderna ner till ungefär 5mm. De modeller som är under övervägande är Laguna2 samt 2003 års modeller av Mégane och Scénic.

Herr Drexler berättade vidare om den LaserIntranet-sida som man skapat för att möjliggöra snabb kommunikation mellan olika lasermedarbetare inom Renault-koncernen. Vad gäller forskning och utveckling ligger tyngdpunkten på lasersvetsning av nya typer av extra höghållfasta stålqualiteter som t.ex. TRIP800. Vidare tittar man på laserlödning av stål/aluminium-kombinationer, laserhybrid-svetsning samt kvalitetskontroll av lasersvetsar.

Audi AG

"Elefantrundan" fullbordades av Dr. Niemeyer från **Audi AG**, vars huvudtema föga överraskande rörde laser- och laserhybrid-svetsning på den nyligen lanserade A8-modellen (projektbeteckning D3), vilken liksom sin föregångare är en s.k. aluminium-spaceframe. För ändamålet har 5 stycken 4kW diodpumpade Nd:YAG-lasrar från *Rofin Sinar* med 600µm fiber införskaffats. Totalt förekommer 20m konventionell lasersvetsning i golv och karossöverbyggnad, men det största intresset riktades mot de 5m laserhybrid-svetsning som används vid sammansättning av karossidorna. Här rör det sig om förstärkningsplåtar och konsoler i tjockleksområdet 1.0-1,15mm som hybridsvetsas till extruderprofiler i upp till



Figur 12. Den extremt släta svetsrågen på Audi A8's taksvällare åstadkommen genom användning av laserhybridsvetsning. Följande processparametrar används: laser effekt 3.8kW, svetshastighet 3.6m/min, trådmatningshastighet 4.5m/min.

4.0mm vägg tjocklek [Figur 12]. Fokallängden är 250mm och man använder sig av ett processövervakningssystem från 4D Ingenieurbüro. Svetshastigheten varierar beroende på materialkombination och komplexiteten hos foggeometrin, men ligger i intervallet 3.3-5.5m/min.

Bland de rena lasersvetsapplikationerna kan nämnas stegsvetsning i golvet där 1-2mm tjocka plåtar svetsas till 1.6mm tjocka extruderade profiler, takplåten som även den svetsas till slutna extruderade profiler samt delar av karrossidan som på sina ställen svetsas till 2-3mm tjockt aluminiumgjutgods med 35-80mm långa stegsvetsar. På en underhållsfråga svarade Dr. Niemeyer att normalt sker utbyte av skyddsglas för optiken en gång per månad.

Framtida satsningar gäller RLW-applikationer och fortsatt laserlödning av bakluckor. Dessutom nämnde Dr. Niemeyer att massiva laseraktiviteter skall sättas in på stål, och då främst med ett tilltänkt införande på den nya modellen av Audi A3.

Slutord

Som alltid bjöd EALA-konferensen på ett brett informationsutbud och kompletterades på ett bra sätt av den utställning som olika laserutrustningsleverantörer genomförde i anslutning till konferenshallen. Den internationella prägeln med simultantolkning på tyska/engelska/franska torde göra att attraktionsvärdet ytterligare stärks i framtiden, men redan nu avspeglades i antalet långväga konferensdeltagare från USA, Japan och Korea. Så för den som vill ha en förstklassig uppdatering på laseraktiviteter, pågående såväl som planerade, inom bilindustrin - boka redan nu in nästa års evenemang som kommer att genomföras i Bad Nauheim (Frankfurt a.M.) 28-29 januari 2004.

Kalendarium 2023

Maj

- 4 **Laserdag I** - Permonova, Mölndal
4 **Årsmöte** - Permonova, Mölndal

Juni

- 26-29 **LiM – München**
(www.wlt.de/lim-conference)
27-30 **Laser World of Photonics – München** (Lasermässan)
(www.world-of-photonics.com/en/)

Juli

- 23-28 **AWS Advances in welding and additive manufacturing research**, Miami
(<https://awo.aws.org/conferences/upcoming-conferences/aws-instructors-institute-2023/>)
16-21 **IIW 76:e Annual Assembly**, Singapore
(www.iiw2023.com)

Augusti

- 22-24 **NOLAMP19**, Åbo
(www.nolamp19.fi)

September

- v 37 **Utgivning av Lasernytt 2**
11-15 **Schweissen und Schneiden**, Essen, Tyskland (Svetsmässan)
(www.schweissen-schneiden.com/joining-cutting-surfacing/)

Oktober

- Laserdag II**, Lasertech, Karlskoga
16-19 **ICALEO**, Chicago
(www.icaleo.org)

LaserQuizz svar: 1b, 2b, 3c, 4b, 5d, 6c, 7b.

Air Liquide Gas AB

031-338 26 48
Wallinsgatan 6
431 41 Mölndal

Alfa Laval Corporate AB

046-36 65 00
Rudeboksvägen 1
226 55 Lund

Autokropolis Engineering

031-774 06 88
Övre Fogelbergatan 6
411 28 Göteborg

Ferruform AB

092-07 65 94
Box 815
971 25 Luleå

GKN Aerospace Engine Systems Sweden

052-09 38 33
461 81 Trollhättan

GKN Automotive AB

0221-76 20 00
Box 961
731 29 Köping

Husqvarna Construction Products Sweden AB

036-570 60 00
Box 2098
550 02 Jönköping

Hydro Extruded Solutions AB

012-28 30 39
612 81 Finspång

Höganäs AB

042-33 80 00
263 83 Höganäs

Högskolan Väst

0520-223 000
461 86 Trollhättan

Laser Machining Inc. LMI AB

028-13 07 16
Storbygatan 7
780 53 Nås

Lasernova AB

063-18 08 80
Odenskogesvägen 1
831 48 Östersund

Lasertech LSH AB

058-68 48 00
Bofors Industriområde
691 80 Karlskoga

Linde Gas AB

08-706 95 00
Products & Applications
Box 30193, 104 25 Solna

Luleå Tekniska Universitet

0920-49 10 00
Avd. för produktionsutveckling
971 87 Luleå

MERITOR HVS AB

058-18 43 86
Ishockygatan 3
711 34 Lindsberg

NKC Manufacturing Sweden AB

031-337 11 39
Kvibergs Broväg 10
402 52 Göteborg

Nippon Gases Sverige AB

076-501 08 00
Box 51
731 22 Köping

Oerlikon Metco Europe GmbH

070-683 84 11
Metco Norden Filial
Gesällvägen 6, 145 63 Norsborg

PG Benson AB

070-6718996
Ryttarvägen 22
132 45 Saltsjö Boo

Pepab Produktionspartner AB

0270-42 91 51
Bröksmyravägen 33
826 40 Söderhamn

Permanova Lasersystem AB

031-706 19 80
Krokslättsfabriker 30
431 37 Mölndal

Scania CV AB

08-553 810 00
151 87 Södertälje

Siemens Industrial Turbomachinery AB

012-28 22 39
612 83 Finspång

SSAB EMEA AB

024-37 00 00
781 84 BORLÄNGE

SSAB Oxelösund AB

0155-25 40 00
613 80 Oxelösund

Strandmöllen AB

037-21 55 40
Nasvägen 22
341 34 Ljungby

Swerim AB

08-440 48 70
Isafjordsgatan 28A
Box 7047
164 07 Kista

TeknikCentrum i Gnosjö

037-927 29
Gunnarsvägen 1
335 31 Gnosjö

Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB

046-36 55 59
Ruben Rausing's gata
221 86 Lund

Trumpf Maskin AB

0322-66 97 00
Box 606
441 17 Alingsås

Volvo Construction Equipment AB

016-15 10 00
631 85 Eskilstuna

Volvo Car Corporation

Advanced Body Engineering
Dept 93711
Geo. loc. PV2A60
405 31 Göteborg

Volvo Lastvagnar AB Umeverken

090-70 74 77
Bölevägen
Box 1416
901 24 Umeå

Volvo Powertrain Corporation AB

073-902 33 51
405 08 Göteborg
Mikael Nordqvist

Väsman Invest Laserteknik AB

024-01 31 74
Svetsarevägen 1
771 42 Ludvika

Westinghouse Electric Sweden AB

021-34 70 00
SE-721 63 Västerås

Wugang Tailored Blanks Sweden AB

0454-57 47 50
VCBC Norra Industriområde
293 80 Olofström

Making our world more productive



Ny laser, vad händer nu?

Linde guidar dig genom processen från A till Ö.

En säker, pålitlig och effektiv gasförsörjning är en av de viktigaste faktorerna vid en investering i en ny lasermaskin eller när du vill optimera din nuvarande laserbearbetning. Linde hjälper dig igenom processen på bästa möjliga sätt.

Gaser utvecklade för laserbearbetning

Högkvalitativa gaser utvecklade för laserbearbetning garanterar optimal kvalitet och prestanda i din produktion.

Flexibla lösningar för din gasförsörjning

Få tillgång till ett omfattande program med gasförsörjningslösningar från gasflaskor och paket, till helautomatiska system med flytande gas för problemfri gasförsörjning.

Resonatorgaser

Laser Helium, Laser Nitrogen och Laser CO₂ tillsammans med LASERMIX® resonatorgasblandningar ger en optimal och pålitlig laserfunktion.

Fullt utrustningsprogram

Vi erbjuder ett komplett utrustningsprogram för gasförsörjning. Alla regulatorer, gascentraler och tillbehör är utvecklade för laserbearbetning.

Underhåll och teknisk service

Vi hjälper dig med design, installation och underhåll av ditt gasförsörjningssystem enligt gällande krav och regler.

Uveckling och informationsspridning

Vi är aktiva när det gäller utveckling av alla former av laserbearbetning, ofta i samarbete med ledande institut och lasertillverkare. Vi strävar alltid efter att ge dig de bästa möjliga och mest långsiktiga lösningarna för din laserverksamhet.

Vill du veta mer?

För support och mer information, kontakta oss på laserhelp@linde.com

www.linde.se