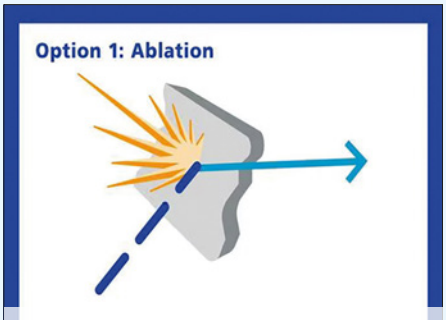
Lasernytt

1-2026

Så vässar laserteknikproduktionen av elfordon



Laser i stället för tillfällig åtgärd

Laserdag II

Lasersäkerhet II

BRANSCHENS FÖRETRÄDARE INFORMATIONSUTBYTE KUNSKAPSUTBYTE KONTAKT- OCH INFORMATIONSNÄTVERK SEMINARIER OCH KURSER

Grundläggande kurs i lasersvetsning
European Laser Welding at a Basic Level (ELW-B)

LASERNYHETER

CNC Fiber Laser Cutting System

Det kompakta Linc-Cut-skärbordet är användarvänligt och optimerat för verkstäder med begränsat utrymme och har en kassettlåda för bekväm på- och avlastning av plåtar. Det finns tillgängligt med antingen en 3 kW eller 6 kW fiberlaser och erbjuder skärsnitt upp till 25 mm tjock plåt i olegerat stål.

www.lincolnelectric.eu.

Arbetet med revisionen av ISO 9606

Som tidigare rapporterats pågår revision av hela ISO 9606-serien som slås ihop till en standard.

Eftersom handhållen lasersvetsning föreslås att läggas till blir det mycket diskussioner om väsentliga parametrar och giltighetsområden. Det har därför genomförts en extra omröstning bara inom arbetsgruppen (WG 4) för att hantera föreslag från Österrike och Portugal om begränsningar av giltighet för materialtjocklek och diameter. Men de föreslagna giltighetsområdena kom från ISO 15614-11, vilket möjligen är relevant för egenskaperna, men detta är svetsarprövning. Man kan notera att handhållen lasersvetsning lades till i ASME IX för ca fyra år sedan. Input från detta och de långa diskussionerna resulterade i följande förslag, utöver kraven som anges för övriga metoder. Kvalificering med kontinuerlig laserstråle kvalificerar svetsning med pulsad laserstråle men inte omvänt.

Kvalificering med svetsmetod 52 utan tillsatsmaterial kvalificerar för svetsning med tillsatsmaterial men inte omvänt. Kvalificering med insmältningsteknik kvalificerar endast svetsning med insmältningsteknik. Kvalificering med nyckelhåls-teknik kvalificerar endast svetsning med nyckelhålsteknik.

Mathias Lundin, Svetskommissionen

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 00

Redaktör
Lars Hamrebjörk

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

Ansvarig utgivare
Joakim Ekeroth

Lasernytt på Internet
www.lasergruppen.eu

Layout: Marcus Dahlin, Dahlin grafisk design.

Tryck: Haninge Tryckeri

LASER
LASERGRUPPEN

INNEHÅLL

Laser i stället för en tillfällig åtgärd 4
Laserfokus på förenklade konstruktioner i Eksjö 6
Laserdag II 2025 – Swerim i Kista/Stockholm 8
Välkommen till Laserdag I, 2026 12
Lasersäkerhet II i Södertälje 14
LiM summary, World of Photonics – Lasers in Manufacturing 16
Så vässar laserteknikproduktionen av elfordon 19
Influence of Laserbeam Rotating to the Porosity of Laser-MIG -Hybrid Welded AW 6063-T6 Aluminum Alloy for Battery Trays 20
Termer och definitioner lasersvetsning – del 3 25
Kalendarium 27
European Automotive Laser Applications 2026 28
Nordic Welding Expo 17-19 mars 2026 31
Laser forming of metal 32
– Integrated laser processes enabling new industrial manufacturing possibilities
Medlemsföretag 35

Tankar från styrelsen

Ett akademiskt perspektiv på laserforskningens framtid

Min utblick är tvådelad. Den berör synen på lasersvetsning hos forskningsfinansiärer samt framtiden för ny laserteknik för svets och additiv tillverkning.

Sverige har en lång tradition av att framgångsrikt använda lasersvetsning inom tillverkningsindustrin. Trots detta är det i dag förvånansvärt svårt att övertyga forskningsfinansiärer om behovet av fortsatt och fördjupad forskning på området. Lasersvetsning betraktas ofta som en mogen teknik – en teknologi som ”fungerar” och därför inte anses kräva större utvecklingsinsatser. Denna bild riskerar att bli kostsam för industrin i längden.

Tekniken utvecklas snabbt internationellt, och de industriella utmaningarna förändras i takt med ökade krav på hållbarhet, materialeffektivitet och flexibilitet i produktion. Nya material, hybrida konstruktioner och mer komplexa geometrier blir allt vanligare. För att möta dessa behov krävs robustare svetsprocesser som kan hantera större variationsbredd och svårare fogningsförhållanden än tidigare. Detta gör den traditionella synen på lasersvetsning som ”färdigutvecklad” teknik både förlegad och riskabel.

Internationellt dominerar två områden forskningsfronten: additiv tillverkning och laser ”beam shaping”. Båda dessa tekniker har en potential att fundamentalt förändra hur vi ser på laserbaserad materialbearbetning.

”Beam shaping”, där intensitetsfördelningen i laserstrålen formas och kan varieras dynamiskt, visar särskilt lovande resultat. Genom att anpassa intensitetsprofilen under processen kan man öka robustheten mot toleranser, förbättra spaltbryggning och i vissa fall även styra mikrostrukturen i fogen. Resultaten pekar mot en helt ny generation av mer förutsägbara och anpassningsbara lasersvetsprocesser.

Liknande möjligheter öppnar sig inom tråd- och pulverbaserad additiv tillverkning. När laserstrålens energi- och intensitetsprofil kan anpassas i realtid förbättras både materialtillförseln och värmebalansen. Detta leder till en stabilare smälta, bättre geometri och mer kontrollerad mikrostruktur. Teknikskiftet från statiska top hat profiler till formbara strålar är därför mer än en inkrementell förbättring – det är ett teknologiskt språng men också många utmaningar med tanke på att antalet frihetsgrader i processparametrarna ökar väsentligt.

Ur ett svenskt perspektiv finns här en tydlig risk: om inte våra forskningsfinansiärer och industripartners inser betydelsen av dessa nya möjligheter riskerar vi att halka efter internationellt. De länder som nu investerar i nästa generation av laserprocesser kommer också att ta ledningen i framtidens tillverkningsteknologi.

Jag hoppas att vi tillsammans i Lasergruppen kan lyfta fram hur nya tekniker som laser ”beam shaping” och additiv tillverkning håller på att omdefiniera vad lasersvetsning kan vara. Vi står inför ett teknikskifte där processerna blir mer adaptiva, mer robusta och mer materialeffektiva. Lasersvetsning är därför allt annat än en avslutad teknik – den är på väg in i en ny utvecklingsfas som kommer att forma framtidens tillverkning.

Fredrik Sikström
Högskolan Väst

Laser i stället för en tillfällig åtgärd

"Vi har hittat lösningen för rymdskrot"

Gabriel Pankow
Trumpf

Det börjar bli ont om plats i omloppsbanan på grund av allt rymdskrot. Någon borde verkligen uppfinna något för att förhindra framtida kollisioner med satelliter och rymdstationer. Wolfgang Riede vill lösa detta med lasrar. Egentligen är det ganska enkelt.

Hur stort är problemet i omloppsbanan?
För närvarande ungefär lika stort som ett och ett halvt Eiffeltorn. Detta är mängden icke-manövrerbart skrot som permanent kretsar kring jorden, nämligen cirka 13 000 ton. I takt med att omloppsbanan alltmer och snabbare fylls med satellitinfrastruktur förväntar vi oss att den totala massan av skrot och satelliter kommer att fördubblas eller till och med tredubblas till år 2030 – alltså om bara fem år!

Vad är egentligen rymdskrot?
Det varierar från storleken på ett sandkorn till riktigt stort: Det består först och främst av cirka 50 stora objekt, såsom övergivna raketsteg från 68 års rymdfartshistoria, till exempel även den enorma jordresurssatelliten Envisat från Europeiska rymdorganisationen ESA, som av oförklarliga skäl helt enkelt slutade fungera 2012. Sedan finns det många små trasiga satelliter. Dessutom finns det ungefär 40 000 små bitar som är större än tio centimeter som vi kan spåra från jorden. Och det finns miljontals mindre delar, som vi inte ens vet var de flesta av dem finns.

Att det finns raketsteg och trasiga satelliter låter rimligt. Men varifrån kommer alla dessa små skrotbitar?
Orsakerna är både okontrollerade och kontrollerade kollisioner: många härrör från så kallade antisatellittester. Under kalla kriget ville amerikanerna och sovjeterna bevisa för varandra att de kunde skjuta ner satelliter med raketer. Detta händer även idag. År 2007 sköt Kina ner en av sina satelliter; år 2021 gjorde Ryssland detsamma. Båda explosionerna lämnade enorma skräpmoln i omloppsbanan.

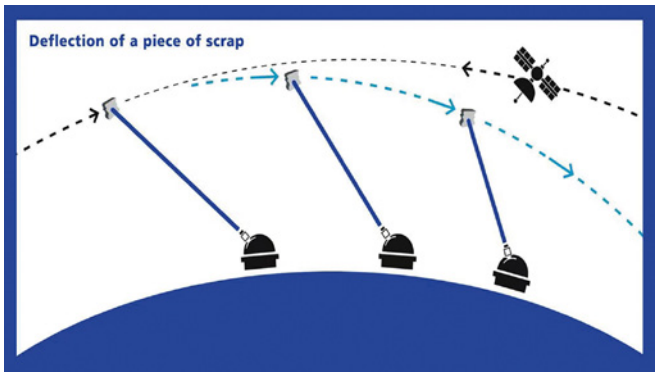
Tja, det finns gott om plats där uppe ...
Det finns gott om plats, men delarna är i rörelse och rör sig runt jorden med en hastighet på upp till 28 000 kilometer i timmen – för att sätta det i perspektiv: det är nästan åtta kilometer i sekunden! Varje del befinner sig i sin egen omloppsbana; de flyger inte synkront sida vid sida, som Saturnus ringar, utan snarare i ett vilt virrvarr. Dessutom roterar delarna och ändrar därmed ständigt sin bana. Därför händer det att den internationella rymdstationen (ISS) eller någon av de många fungerande satelliterna hamnar på kollisionskurs med ett vrak. När de kolliderar frigörs en enorm mängd energi, som vi knappast kan återskapa på jorden. Lasertekniker kommer att förstå dessa värden: En partikel med en diameter på en millimeter – alltså pytteliten – utvecklar en energi på 70 joule per kvadratmillimeter vid en kollision i omloppsbanan – det är väldigt mycket! Kort sagt: De satelliter som träffas slås antingen i två delar eller förstörs helt. Värden värda miljontals euro går förlorade, och den infrastruktur vi använder på jorden skadas. Det är problemet.

Oj, och vad kan man göra åt detta?
Två möjligheter: Om vi förutser en kollision måste satelliten undvika den. ISS gör detta nästan konstant. Den får dock bränsle, vilket inte satelliterna får. Satelliter har ett begränsat antal undanmanövrar, och var och en minskar deras totala livslängd, vilket kostar mycket pengar. För det andra finns det regelbundna upprensningsrymduppdrag där medelstora skrotdelar grips tag av en robotarm och så att säga slungas ner i atmosfären så att de brinner upp där. Det är dyrt och inte ens ett alternativ för de flesta skrotdelar. Som ni ser är båda metoderna bara tillfälliga åtgärder. Vi behöver en riktig lösning!

Och har ni hittat rätt lösning?
Jag tror det. Laser Momentum Transfer, vi kallar det för laserputtning. Vårt team på tyska flyg- och rymdcentrum (DLR) har utvecklat ett koncept för hur detta fungerar. Och principen är verkligen lätt att förstå: Fotonerna i laserljuset utövar tryck, det så kallade ljustrycket. Det är lågt. Men med en skrotdel i rasande fart i omloppsbanan kan det göra en avgörande skillnad. Om vi träffar den framifrån med en kraftfull laser, saktar vi ner den. Om vi träffar den bakifrån, knuffar vi den framåt. Anledningen till detta är följande: Om den saktar ner sjunker den. Om den accelererar, stiger den. Och på så vis kan vi från jorden helt enkelt knuffa ut den ur kollisionskursen.

Det måste finnas en hake!
Vi behöver inte en laserstation utan tio. Fördelade över hela världen.

Vad beror det på?
Ljustrycket är helt enkelt lågt. Vi kan bara ändra skrotdelarnas hastighet med



SCENARIO: En skrotdel i omloppsbanan hamnar på kollisionskurs med en satellit och hotar att skada eller förstöra den. Från jorden bestrålar tio seriekopplade markstationer, skrotdelen och styr om dess bana, vilket skonar satelliten.

Om allt går perfekt kan vi tillhandahålla bevis på funktionalitet om fem år.
Wolfgang Riede, laserfysiker och chef för avdelningen för aktiva optiska system vid institutet för teknisk fysik vid tyska flyg- och rymdcentrum i Stuttgart.

tio mikrometer per sekund. Det betyder att vi måste sikta länge för att uppnå någon effekt. Tänk dig att målobjektet dyker upp vid horisonten; sedan, med en flyghastighet på åtta kilometer per sekund, har vi ungefär tio minuters visuell kontakt innan det försvinner igen på andra sidan. Men vi kan inte rikta ljuset mot det så fort det dyker upp vid horisonten, för då är vinkeln flat och strålen skulle färdas genom ett stort luftrum. Vi får dock bara använda luftrum som är stängt för civil trafik, och som bara får vara inom en viss radie runt markstationen. Så vi väntar tills det närmar sig. Då måste vi träffa föremålet antingen framifrån eller bakifrån, eftersom vi antingen vill bromsa det eller knuffa det framåt. Således halveras tidsperioden igen, och vi får en kontakttid på endast två till tre minuter. Det räcker inte för en riktig omlänkning. Förfarandet fungerar bara om tio markstationer är seriekopplade och bestrålar objektet under tio passeringar. En lasersäsong, kan man säga.

Jag förstår. Men hur ska man ens kunna träffa den här lilla saken i omloppsbanan?
Det är inget problem. Vi har arbetat med extremt exakta lasermetoder över sådana avstånd inom rymdfärd under mycket lång tid. Till exempel för att ens upptäcka sådana skrotdelar. Det är något annat som kommer att bli knepigt.

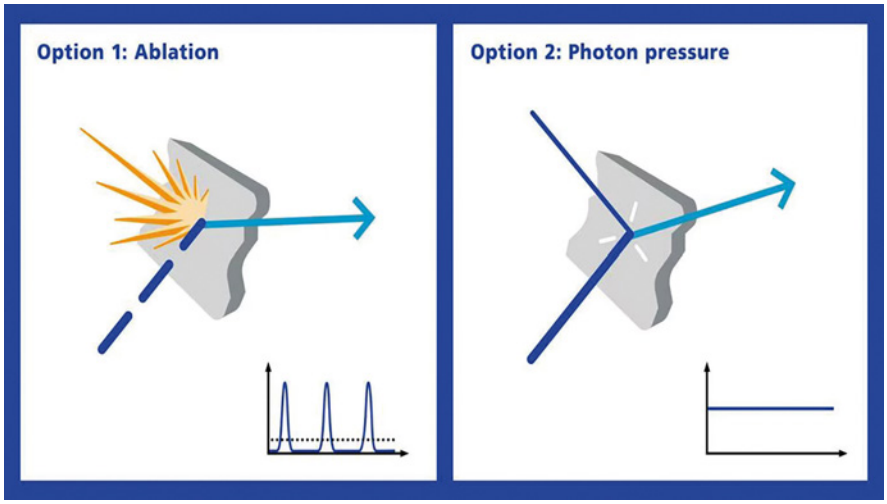
Vad är det mer som är haken?
Hur långt i förväg en kollision med säkerhet kan förutsägas. Det är nämligen inte enkelt. Precis som med vädret blir det svårare ju längre in i framtiden man vill blicka. Våra stationer skulle behöva några dagars ledtid. Vi jobbar på det här problemet.

Har laserputtningen fungerat hittills?
Vi har aldrig provat det i verkligheten; men det är normalt för ett rymdprojekt. Du förstår, förutom markstationerna behövs två satelliter i en konstellation – det vill säga, de arbetar tillsammans – för att mäta effekten under bestrålningen och rapportera den till oss. Dessa satelliter finns ännu inte.

Då är allt bara teoretiskt …
Inte alls! Ärligt talat är jag själv förvånad över hur snabbt vårt DLR-projekt tar fart. ESA har tagit på sig uppgiften och gett oss i uppdrag att designa en markstation. Vi har säkrat TRUMPF Scientific Lasers som partner för strålkällan. Om allt går perfekt – finansiering, bygge, val av markstationer – kan vi tillhandahålla det grundläggande beviset på funktionalitet om fem år. Okej, allt kommer förmodligen inte att gå perfekt. Men vi talar fortfarande om en överskådlig tidsram fram till implementeringen.

Vad tror du det plötsliga ökade intresset för ditt projekt beror på?
Som sagt: Mänskligheten kommer att massivt utöka infrastrukturen i omloppsbanan, till exempel som en källa för mobilt internet, se satellitnätverket Starlink. Skrotproblemet är ett hinder och tenderar att bli avsevärt värre – just på grund av expansionen, som i sin tur genererar nytt avfall. Alltså krävs snart en lösning.

Men vem ska betala för laserputtningen?
ESA:s medlemsstater bidrar till detta. Men i slutändan är planen att erbjuda Laser Momentum Transfer som en tjänst på marknaden: för privata företag, organisationer eller stater som vill skydda sin orbitala infrastruktur. Om alla aktörer förstår de värden som står på spel, borde finansieringen av teknologins implementering vara ett endast litet problem. Sist men inte minst har vi nu för första gången i Tyskland ett ministerium för rymdresor, så vi förväntar oss även nationellt politiskt stöd.



Till vänster: En pulsad laserstråle träffar objektet så hårt att det skapar en plasmaflagga som avleder den. Fördel: Det räcker med en passering över objektet, vilket förkortar ledtiden. Nackdel: Det finns risk att objektet går sönder och förvandlar en farlig skrotdel till flera.
Till höger: En kontinuerlig laserstråle använder fotontrycket för att försiktigt putta objektet ur kurs. Fördel: Det finns ingen risk att objektet splittras. Nackdel: Det krävs upp till tio passeringar över objektet för att effekten ska vara tillräcklig. Ledtiden är därför längre.

Laserfokus på förenklade konstruktioner i Eksjö

Artikelförfattare: **Rickard Johansson,** Sveten, rickard.johansson@svets.se

Mathias Klockgärd och Philip Järpenby framför setupen för laserhärdning och cladding.

På Härenviks i Eksjö har man en ovanlig men framgångsrik setup för laserhärdning och cladding. – Jag tror att vi är unika med vår lösning, åtminstone i Sverige, säger Philip Järpenby, marknads- och försäljningschef på Härenviks.

Det som idag är Härenviks föddes i ett traktorgarage i Edshult 1999, som AT Modellprodukter. Grundaren, modellsnickaren Thomas Adolfsson, hade länge noterat att många av de produkter han stötte på under sitt arbete som snickare inte var optimalt konstruerade. Tanken slog honom att det fanns ett utrymme på marknaden för någon som kunde ta sig an befintliga produkter och förenkla och förbättra deras konstruktion.

I dag, nästan 30 år senare, är det fortfarande i stora drag vad verksamheten går ut på, även om företaget har vuxit sedan dess (35 anställda) och flyttat till betydligt större lokaler i Eksjö.

Genom att optimera och konstruera produkter i gjutna material hjälper Härenviks sina uppdragsgivare att minska produktionskostnader och öka hållfastheten i deras gods. Ett typiskt uppdrag för Härenviks är att ta en befintlig svetsad konstruktion och förenkla den och omvandla den till en ny, gjuten konstruktion, med färre beståndsdelar (se referensprojekt i exempel 1).

Att företaget nått framgång inom sin nisch blir tydligt när man kliver in i lokalerna. Även om diplomen från Dagens Industris Gasellpris och Företagarnas pris för årets lokala företagare hänger på tveksam hedersplats mellan toalettdörrarna i receptionen, vittnar de om ett företag på frammarsch.

Företaget har numera både konstruktion och utveckling av gjuterimodeller, med tillhörande bearbetning, laserhärdning, lasercladding, samt montage, lackering och gjutsimulering inhouse.

– Det finns ett klart hållbarhetsvärde i att ha alla processer på samma plats, mot att skicka runt godset bland underleverantörer. Den gemensamma dialogen mellan oss och kund blir också mycket enklare när man har allt inhouse, säger Philip Järpenby.

Ovanlig setup

När Svetsen får en rundtur i lokalerna är huvudattraktionen företagets ovanliga setup för laserhärdning och lasercladding. Istället för att ha en rörlig laser som rör sig runt godset har man fixerat lasern och låter en robot flytta och rotera godset framför lasern.

– Vi har satt laserkällan uppe i taket, till höger, och cladding-applikationen

Roboten kan röra sig fritt mellan laserkällan uppe till höger i taket och claddingapplikationen till vänster.

till vänster om den. Sedan har vi en robot däremellan som arbetar med en pick and play-lösning. Roboten plockar godset, går upp till laserkällan för härdning, men kan förstås också gå vidare direkt till cladding. Efter härdningen eller claddingen går den ner och droppar godset och tar nästa gods.

Setupen möjliggör en effektivare produktion med lägre bemanning. Det är också ur säkerhetssynpunkt fördelaktigt att ha lasern fixerad i taket.

Härdningen sker med en temperatur på strax över 1 000 grader. Därefter kyls ytan snabbt av, ofta av materialets inre värmeledningsförmåga då det underliggande materialet i godset är opåverkat av lasern och därmed ännu kallt. Processen ger hårda och härdade egenskaper på ytan (härddjup på 1,5 till 2 millimeter), medan grundegenskaperna behålls i det resterande godset.

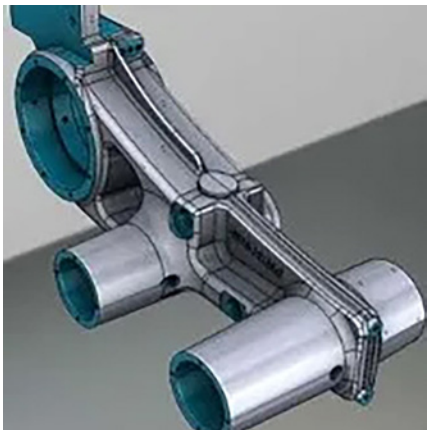
– Hårt ytskikt och en seg kärna, kan man säga. Då får vi det bästa av två världar, säger Philip.

Bland fördelarna med laserhärdning vill han även lyfta fram:

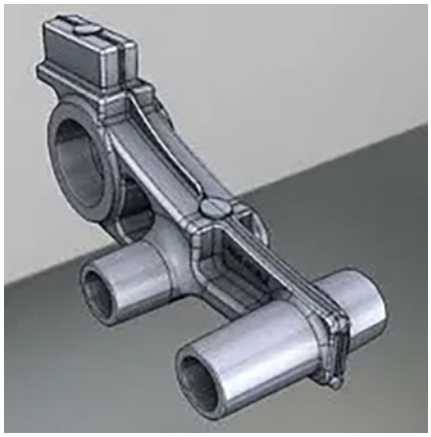
- Hög precision – exakt kontroll av härddjup och område.
- Minimal deformation och sprickrisk.
- Snabb process.

Förenklad konstruktion, exempel 1:

Generation 1.0, svetsad.



Gjuten bearbetad.



Design och konstruktion av gjutet ämne.

Leverensklar generation 2.0.

Nya egenskaper med cladding

Med claddingen kan ytterligare värde tillföras godset. I processen används laser för att smälta ett tillsatsmaterial på ytan av ett metalliskt underlag. Den höga energitätheten smälter snabbt både ett tunt lager av underlaget/substratet, och tillsatsmaterialet. Resultatet blir en smältpool där materialen blandas något, vilket ger en stark metallurgisk bindning när det stelnar. På så sätt kan man skapa ett nytt skikt med förbättrade egenskaper – till exempel högre slitstyrka, korrosionsmotstånd eller värmetålighet – utan att påverka hela komponenten.

– Vi ser ganska många applikationer där kunden söker en hög nötningsbeständighet, du har en kniv eller ett hjul som ska hållas vasst. Kunden kanske är ute och jobbar i skog och mark med sten, bark, lera och rötter. Då måste man lägga på ett väldigt nötningsbeständigt material, det kan vara inconel, rostfritt eller material som är uppblandat med karbider, för att få de unika egenskaper som efterfrågas. Där kan vi tillföra det sista med lasercladdingen, säger Philip.

Claddingen medför också att produktionen av gods med vissa önskade specialegenskaper kan tillverkas mer kostnadseffektivt.

– Har du en högre legering på ett material som exempelvis måste vara smörjande så behöver du inte längre tillverka hela ämnet eller detaljen i det materialet. Med cladding kan du ha en billigare kärna och lägga på det förädlade materialet bara där det behövs, säger Mathias Klockgärd, Technical Sales Manager på Härenviks.

Affärsmodell: förenkling

I dagsläget har Härenviks ett 30-tal aktiva kunder i olika branscher. Men spännvidden är stor och målgruppen för företagets verksamhet är i stort sett alla med behov av att förenkla en svetsad konstruktion.

Philip exemplifierar affärsmodellen genom att hänvisa till ett gångjärn (se exempel 2) som ligger i en öppen pall i väntan på nästa steg i produktionsprocessen.

– I föregående version hade det här gångjärnet varit uppdelat i tre delar, ett gångjärn, en fläns som vi ser här som nu är integrerad i gångjärnet, med en långt utstickande stålaxel. När vi levererar det nya gångjärnet komplett till vår kund är det en artikel i stället för tre. Då är den alltså gjutet, bearbetat segjärn, svarvat, härdat och slipat. Stålaxeln är integrerad i gångjärnet via krympförband och allt är lackerat, monterat och klart för slutmontering hos kunden.

Förenklad konstruktion, exempel 2:

Läs mer på Internet

www.svetsen.se

Deltagare från vänster: Christian Almroth, Permascand, Joakim Ekeroth, Svetskommissionen, Rickard Olsson, Laser Nova AB, Bo Williamsson, Linde Gas AB, Mikael Olsson, Trumpf, Fredrik Sikström, Högskolan Väst, Mikael Juntti, Ferruform AB, Robert Leo, GKN Aerospace, ordförande, Martin Ahnelöv, Svenska Elektrod, Jarmo Meriläinen, AB Alvenius Industrier, Ludvig Briheim, Svenska Elektrod, Jonathan Bergqvist, Siemens Energy AB, Dennis Bein, Westinghouse Electric Sweden AB, Alexander Lundstjälk, Swerim AB, Ethan Sullivan, Swerim AB. **Deltog via Teams-länk:** Jan Frostevarg, Duroc Laser Coating i Luleå

Laserdag II 2025 – Swerim i Kista/Stockholm

Joakim Ekeroth
Svetskommissionen

Torsdag 13 november hölls Laserdag II 2025 för Lasergruppen på Swerim i Kista/Stockholm. Det var 16 intresserade deltagare som deltog för att ta till sig ny kunskap inom lasersvetsning och köra vad som händer hos Swerim. Dagen avslutade också med en labbrundvanding i Swwerima labblokaler.

Ethan Sullivan hälsade deltagarna välkomna och presenterade enligt tradition sin arbetsgivare, Swerim AB: Ett svenskt industriforskningsinstitut med fokus på metallers väg från råmaterial till färdig produkt. Verksamheten finns i Luleå och Kista, där avancerad forskning bedrivs inom lasermetoder för svetsning, skärning, ytbehandling och additiv tillverkning.

Robert Leo presenterade kortfattat Lasergruppens verksamhet och bad om kreativ återkoppling av Lasergruppens aktiviteter år 2025.

Elektriska fogar optimerade för ökat utmattningsliv

Ethan avslutade med att beskriva ett eget genomfört FoU projekt med namnet COMMIT, elektriska fogar optimerade för ökat utmattningsliv.

Lasersvetsade strömledande förband i elektriska fordon utsätts för en komplex kombination av mekanisk samt termisk utmattning. I COMMIT-projektet utvecklades en ny utmattningstestmetod för att utvärdera just sådana lasersvetsade förband i aluminiumbusbars (samlingsskenor). Med den framtagna utmattningsriggen kan man köra mekanisk utmattning med pålagd ström, upp till 300 A, för att simulera förhållandena i batteripacket under snabbladdning.

Testmetoden gav många viktiga insikter kring sambandet mellan svetsens egenskaper och utmattningsprestanda. Till exempel, lagring av aluminium i en fuktig miljö under lång tid orsakar

Bild 1: Ethan Sullivan, Robert Leo och Jan Frostevarg, hälsade välkommen till Laserdag II 2025 hos Swerim.

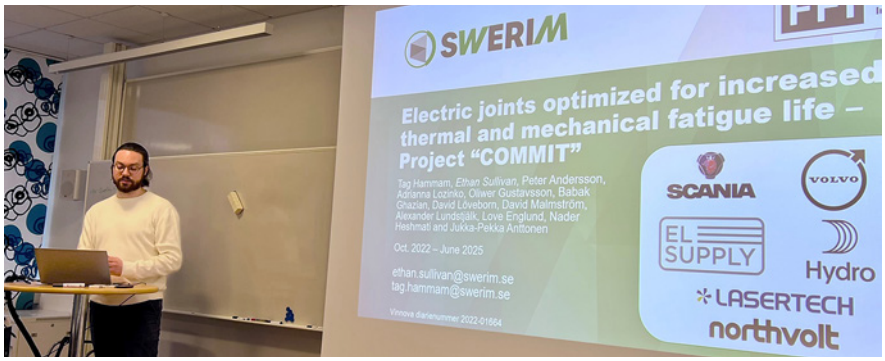


Bild 2: Ethan berättade om COMMIT projektet som Swerim har deltagit i.

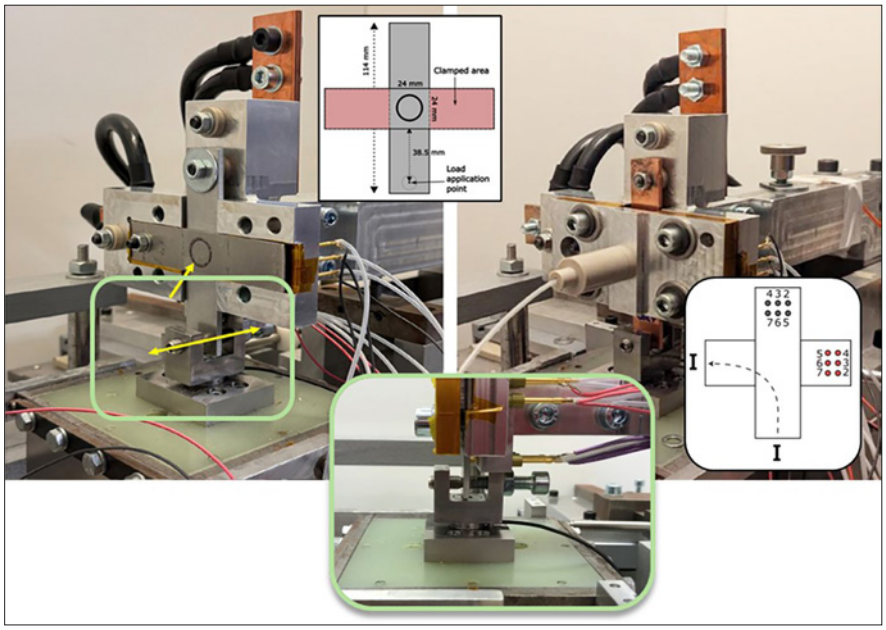


Bild 2b: Bild på den nyutvecklade utmattningsriggen i COMMIT. Ett kryssformat prov kan utsättas för cyklisk mekanisk last upp till 100 N lastamplitud och 10 Hz frekvens. Last, position samt spänningsfall mäts kontinuerligt under testning.

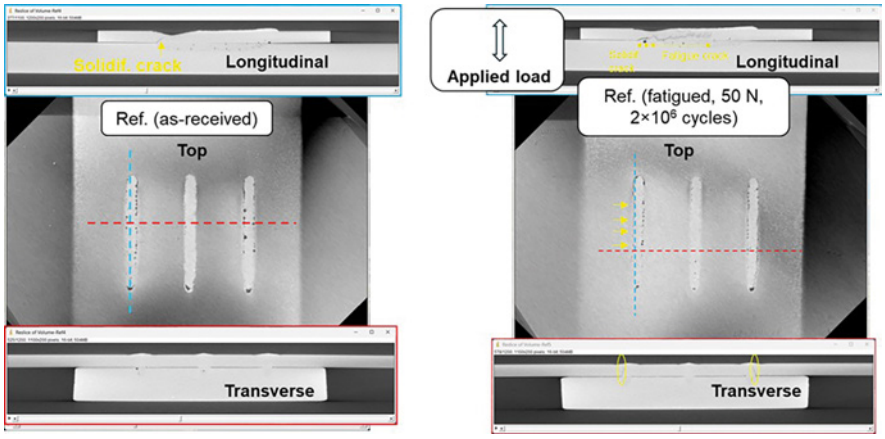


Bild 2c: Datortomografibilder (3D-röntgen) på ett svetsförband med tre lasersvetsar före (till vänster) och efter (till höger) utmattning. En utmattningsspricka som har propagerat från en befintlig stelningsspricka i ändkratern syns.

oxidation på aluminiumets yta, vilket ledde till större mängd porer efter lasersvetsning. Däremot visade stelningssprickor i ändkratrarna sig vara skadligare som defekt vid utmattning än porerna. Därför är det viktigt att optimera svetsprocessen för att undvika stelningssprickor i svetsslut.

Även svetsgeometrin spelade en väntad stor roll, särskilt svetsbredden vid interfacet mellan de två arbetsstyckena. Svetsbredder på 1,0 mm och 1,4 mm klarade utmattning upp till 2 miljoner cykler vid en måttlig last, medan de 0,7 mm breda svetsarna havererade redan efter cirka 500 000 cykler. Att en så liten skillnad i svetsbredden ger ett så stort utslag i utmattningsprestanda bevisar att processövervakning samt kvalitetssäkring för att se till att minimisvetsbredden uppnås kan vara avgörande för produktion av säkrare, pålitligare elfordon.

Sammanfattningsvis möjliggör den nya testmetoden fördjupad förståelse för inverkan av svetskvaliteten och svetsens egenskaper på dess utmattningsprestanda. Resultaten i COMMIT har lagt grunden till flera pågående forskningsprojekt, bland andra CODELAB (definition av acceptanskritierier för defekter i lasersvetsade aluminiumbusbars) samt SOLSTA (fastfasfogningsmetoder för kaross- och elektriferingsapplikationer).

Framtidens teknik inom lasersbearbetning

Bo Williamsson från Linde Gas AB och *Mikael Olsson* från Trumpf genomförde gemensamt en framtidsresa i LASER-teknikens snabba utveckling mot i första hand industriapplikationer. Deltagarna på Laserdagen ställde många frågor efter Bo och Mikaels presentation.

Kompetens inom lasersvetsning

En röd tråd i resterade delar av Laserdagen var kompetens. Vi fick göra en rundvandring i Swerims laboratorium. I en del av lokalerna vi fick se hur lasertekniken används i praktiken. Teknologie doktor, Jan Frostevarg skall personligen i samarbete med Swerim erbjuda kvalitetssäkrade Laser kurser exempelvis European Laser Welding at a Basic Level (ELW-B).

Samma kurs kan även ges på en högre C-nivå. Vidare pågår planering att introducera IW-utbildningsmoduler i Lasermetoden på SeQF:4–5 motsvarande IW-gymnasium och erbjuda utbildningar för att uppfylla myndighetskrav i arbetsmiljöskydd, Laser Safety Officer (LSO) utbildningar. Även anpassade kurser kan ges utanför ramarna för IW/ELW för att tillgodose behov hos svetsande organisationer (men då utan diplom).

Bild 3: Bo Williamsson från Linde Gas inledde presentationen.

Bild 4: Mikael Olsson från Trumpf fortsatte och inledde med att berätta om den spektakulära jubileumsmarkeringen, där TRUMPF firade sitt 100 årsjubileum genom att avfyra en grön laserstråle rakt upp i rymden från huvudkontoret i Ditzingen. Laserstrålen, en av världens kraftfullaste showlasrar, var synlig på upp till 80 kilometers avstånd. Mikael Olsson fortsatte och berättade bland annat om aluminiumlegeringar för E mobility och deras växande betydelse i elektrifierade fordonsplattformar.

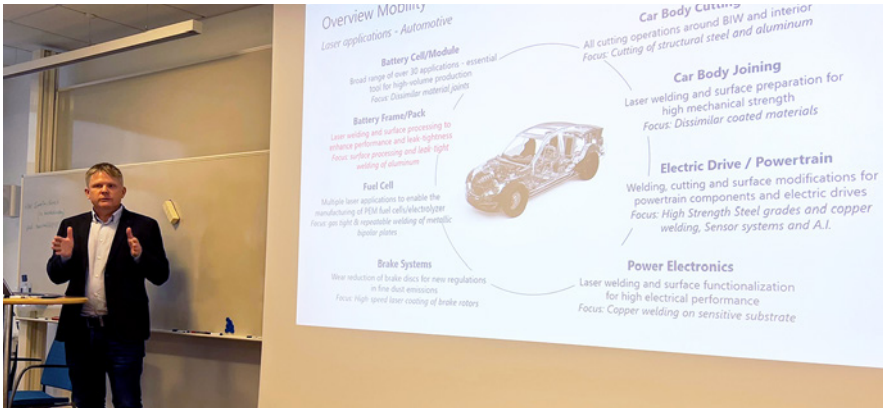


Bild 5: Mikael Olsson från Trumpf, beskriver här en: En översiktsbild som visar centrala laserapplikationer inom bilindustrin: Battery Cell/Module, Battery Frame/Pack med läckagefria lasersvetsar i aluminium, Fuel Cell, Brake Systems, Car Body Cutting, Car Body Joining, Electric Drive/Powertrain samt Power Electronics.

ASUS - Analys, Samverkan och utveckling av Svetskompetens

Joakim Ekeroth från Svetskommissionen berättade på Laserdagen om ASUS och hade i Lasernytt-I, 2025 en utförlig artikel där en ASUS-enkät fokuserar analysverktygen mot Lasermetoden. I samarbete med Europeiska socialfonden finns en 58 sidig rapport framtagen med hela svetsbranschens kompetensförsörjningsplan.

ASUS – Analys, samverkan och utveckling av svetskompetens, är Svetskommissionens förstudie inom Sveriges största kartläggning av kompetensförsörjningen i svetsbranschen. Projektet har genomförts med stöd av Europeiska socialfonden och omfattar intervjuer, enkäter och dialoger med företag, utbildningsaktörer och arbetsgrupper i hela landet.

Målet har varit att identifiera branschens verkliga kompetensbehov, jämföra dessa med dagens utbildningskapacitet och att ta fram förslag som stärker svensk industris konkurrenskraft. Förstudien visar att branschen står inför en kritisk kombination av generationsväxling, tekniksprång och bristande utbildningsvolymer. Industrirådet bedömer att 8 500 svetsare kommer att behövas inom tre år, samtidigt som många företag saknar ett strukturerat arbete med kompetensutveckling och validering. Dessutom råder en låg förståelse hos beslutsfattare för svetsningens komplexitet och de avancerade kvalifikationssystem som används internationellt.

ASUS presenterar 27 åtgärdsförslag, bland annat satsningar på kvalitetssäkrade EWF utbildningar, modulärt lärande, företagsanpassad kompetensutveckling och ökad validering — inte minst för nyanlända och personer som byter karriär. Planen framåt är att söka nya ESF projekt för att genomföra riktade insatser.

Lasermetoden – en av branschens mest strategiska tekniksatsningar

I takt med att industrin digitaliseras blir laserteknikens betydelse allt större. Lasersvetsning, laserhybridsvetsning och laserbearbetning erbjuder:

- hög produktionshastighet
- små värmepåverkade zoner
- optimal precision och repeterbarhet
- god spårbarhet och automationsvänlighet

Lasertekniken ställer samtidigt höga krav på kompetens, både för operatörer, tekniker, konstruktörer och arbetsmiljöansvariga. Det behövs kunskaper inom optik, strålskydd, kvalitetssäkring, processövervakning och parametrisk styrning, vilket gör området strategiskt viktigt i ASUS perspektivet.

I svetsbranschens kompetensförsörjningsplan lyfts lasermetoden ofta fram som ett teknikområde där bristen på utbildning och kompetens är särskilt märkbar, samtidigt som efterfrågan ökar i företag som arbetar med avancerad tillverkning, e mobility komponen-

Svetsbranschens kompetensförsörjningsplan.

ter, tryckkärl, tunnplåt och höghållfasta material.

ASUS understryker därför behovet av:

- fler utbildningar med laserprocesser i kursplanen
- uppdaterade IWE/IWT/IWS moduler kopplade till modern laserbearbetning
- fördjupad samverkan med Lasergruppen
- ökad satsning på säkerhet, kvalitet och processförståelse inom lasertekniken

Laserbaserade metoder är inte längre en nisch — de är en affärskritisk del av svensk industris utveckling, och kompetensförsörjningen behöver moderniseras därefter.

Bild 6: Joakim Ekeroth, Svetskommissionen, ASUS – Kartläggning av svetsbranschens kompetensbehov.

Korta definitioner av termer & akronymer

- COMMIT - Vinnovaprojekt om elektriska fogar och utmattningsprestanda, drivet av Swerim
- Lasersvetsad aluminium busbar - Busbar = Strömskena som leder höga strömmar mellan battericeller/moduler. Tillverkas ofta i aluminium p.g.a.:

– låg vikt
– god ledningsförmåga
– billigare än koppar
– lätt att forma och integrera i batteripaket.

- CODELAB – Classification of Defects and Acceptance Levels.
- SOLSTA – Solid State Joining Methods for Electric Vehicles (Svenska: fastfasfogningsmetoder för kaross och elektrifieringsapplikationer.)
- ASUS – Analys, Samverkan och utveckling av Svetskompetens.
- SeQF – Sveriges referensram för kvalifikationer – åttagradig nivåskala för att jämföra utbildnings och kompetensnivåer nationellt (motsvarar EU:s EQF ramverk).
- IW – International Welder – internationell svetsarutbildning enligt IIW/EWF.
- IWE – International Welding Engineer (svetsingenjör)
- IWT – International Welding Technologist (mellannivå)
- IWS – International Welding Specialist (grundnivå svetsansvariga)
- IWI – International Welding Inspector (inspektör, tre nivåer: B/S/C)
- LSO - Laser Safety Officer – ansvarig för lasersäkerhet enligt t.ex. IEC/EN 60825 1.
- ELW - European Laser Welding (Basic Level) – europeisk lasersvetsspecialist enligt EWF riktlinjen EWF 651.

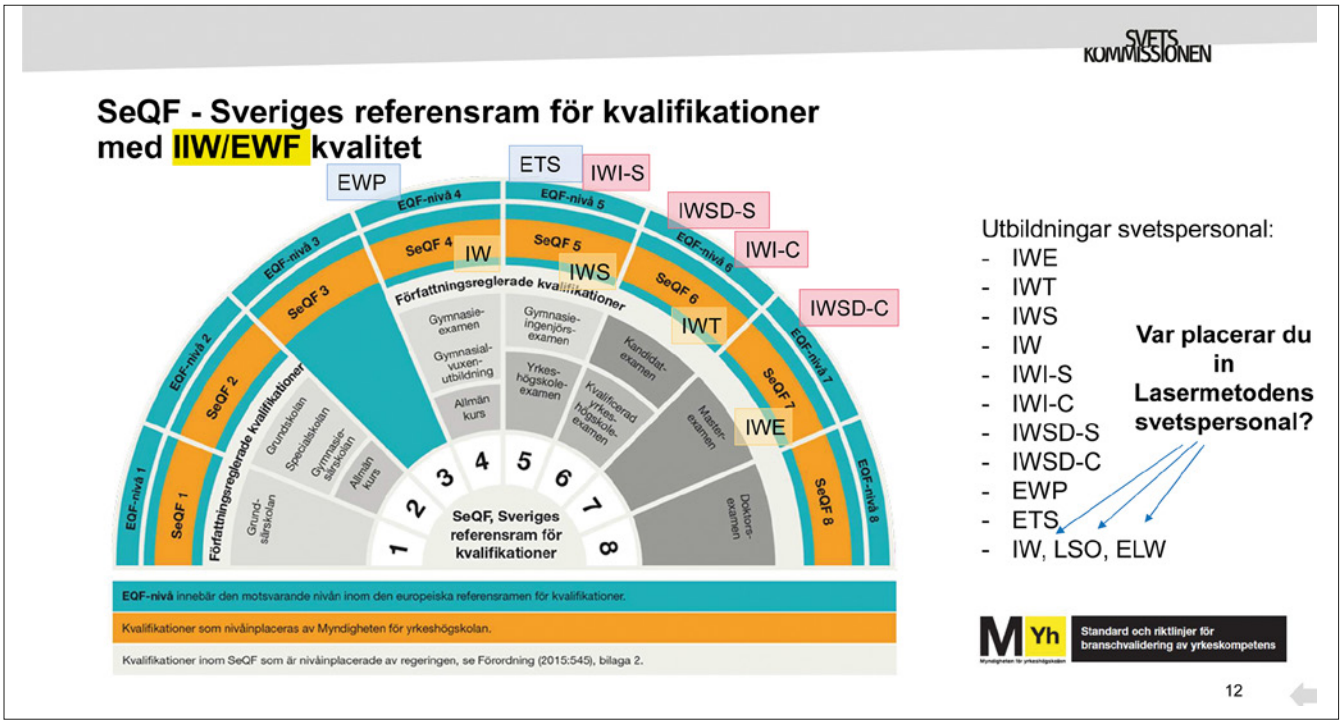


Bild 7: Var placerar du som läsare in Lasermetodens svetspersonal? Bilden illustrerar en översikt av SeQF:s åtta nivåer och de etablerade IIW/EWF-kvalifikationerna. I bilden syns även nya utvecklingsförslag för lasermetoder (IW-laser, LSO och ELW), vilka ännu inte är nivåplacerade inom SeQF.

Välkommen till Laserdag I, 2026

Torsdag 7 maj 2025 – kl: 09:30 – 15:30

Lasergruppens Årsmöte. 08:00 - 09:15

Plats: ASSAR Arena.

Adress: Kavelbrovägen 2B, 541 36 Skövde.

Lunch: Gemensam lunch erbjuds. Förbeställda matlådor serveras och äts gemensamt i närheten av möteslokalen.

Kommunikation:
Tåg: Skövde Central. 5 min promenad från stationen via gångtunneln mot Boulognerskogen, förbi SJ:s parkering och över Kavelbrovägen.
Bil: Mittemot ASSAR ligger SJ:s parkering. Vid Regionens hus, Stationsgatan 3 (Mode) finns ett stort parkeringshus.

Anmälan: via *www.lasergruppen.eu/aktiviteter*
anmälan är öppen fram till 29 april.

ASSAR arena i samarbete med Högskolan Skövde

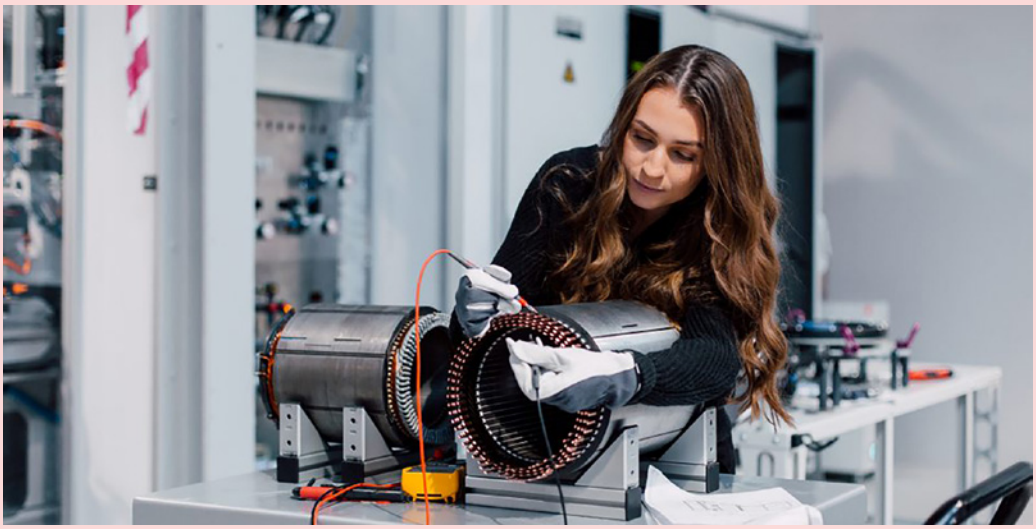
Högskolan i Skövde bedriver utbildning och forskning inom ingenjörsvetenskap med fokus på den moderna industrins behov, där tyngdpunkten ligger på områden som produktionsteknik, maskinteknik, automation och industriell digitalisering. En central komponent i utbildningsmiljön är ASSAR Industrial Innovation Arena, en fysisk plattform för samverkan mellan akademi och den regionala tillverkningsindustrin, däribland Volvobolagen. Genom denna miljö integreras forskning och utbildning med industrins praktiska utmaningar. För studenter innebär detta möjligheter att genomföra tillämpade projektarbeten och använda högteknologiska laboratorier för att omsätta teoretiska modeller i praktiken. Detta samarbete syftar till att skapa en direkt koppling mellan utbildningens innehåll och arbetsmarknadens tekniska utveckling, vilket ger studenterna relevanta branschkontakter redan under studietiden.
Kort presentation av ASSAR – www.assarinnovation.se/om-assar/

Välkomna!

Kontaktperson: Lasergruppens ordförande Robert Leo, *robert.leo@gknaerospace.com*
eller Joakim Ekeroth, Svetskommissionen (*www.svets.se/joakim*)
Dagens företagsvärd: Tobias Andersson, *tobias.andersson@his.se*

LASER
LASERGRUPPEN

SVETS KOMMISSIONEN



Program Laserdag I, 2026 (med förbehåll om eventuella ändringar)

08.00 – 08.15	Registrering och kaffe till årsmöte	Samling vid ASSAR arena konferenslokal
08.15 – 09.15	**Lasergruppens Årsmöte**	ASSAR Arena, Möteslokal
09.15 – 09.30	Registrering och kaffe till **Laserdag I**	
09.30 – 09.45	**Välkommen till Laserdag I, 2026.**	*Tobias Andersson* Högskolan i Skövde *Robert Leo*, GKN Aerospace Sweden AB, ordförande lasergruppen
09.45 – 10.05	**FoU: Laser Welding Processes in Electromobility Applications**	Doktorand *Andreas Andersson Lassila* Högskolan Skövde
10.05 – 10.15	Fri frågestund, diskussion	
10.15 – 10.35	**FoU: Elektromobilitet och laserapplikationer**	Doctor *Stephanie Robertson*, Traton, Teams uppkoppling.
10.35 – 10.45	Fri frågestund, diskussion	
10.45 – 11.20	**Bensträckare med fika**	
11.20 – 11.40	**ASSAR, Science park, Innovation**	*Tobias Andersson*, Högskolan i Skövde
11.40 – 11.50	Fri frågestund, diskussion	
11.50 – 12.10	**Högskolan Väst. Senaste FoU nytt från en doktorands perspektiv**	*Ghazal Mahdavian*, Högskolan Väst
12.10 – 12.20	Fri frågestund, diskussion	
12.20 – 13.20	**Lunch**	Gemensam lunch erbjuds
13.20 – 13.40	**Handhållen lasersvetsning i olika material**	*Bo Williamsson*, Linde Gas AB *Jan Frostevarg*, Duroc Laser Coating
13.40 – 13.50	Fri frågestund, diskussion	
13.50 – 14.00	**CODELAB Litteraturstudie**	*Ethan Sullivan*, Swerim AB
14.00 – 14.10	Fri frågestund, diskussion	
14.10 – 15.30	**ASSAR Labbrundvandring efter lunch**	*Tobias Andersson* & *Andreas Andersson Lassila* Högskolan Skövde
prel. 15.30	Avslutning Laserdag I & kommande Laserdagar, 2026	*Robert Leo*, GKN Aerospace Sweden AB *Tobias Andersson*, Högskolan I Skövde

Deltagare från vänster: Hans Torstensson, Volvo CE, Urban Widen, Skärgårdsvik AB, Martin Lindgren, Arbetsmiljöverket, Robert Leo, GKN Aerospace, Jonathan Bergqvist, Siemens Energy AB, Timothy Hamblin Smith, LMIAB, Marilla Altersten, Strålsäkerhetsmyndigheten, Larisa Mileshina, Strålsäkerhetsmyndigheten, Joakim Ekeroth, Svetskommissionen, Mikael Juntti, Ferruform AB, Peter Nerman, Traton Sweden AB, Kudawashe Nyandoro, Traton AB, Paul Thompson, Laser Nova AB, Jarmo Meriläinen, AB Alvenius Industrier. **Fotograf:** Peter Norman, Scania (Siluett med skugga längst ned till höger på fotografiet)

Joakim Ekeroth
Svetskommissionen

Lasersäkerhet II i Södertälje

Möte med Lasergruppens samverkansgrupp för Lasersäkerhet del-II, den 14 november 2025 i Södertälje hos Traton Sweden AB, Scania CV AB i Södertälje.

Peter Nerman var en engagerad och kunnig värd för dagen.

Traton Sweden AB är ett svenskt dotterbolag inom den globala Traton Group, som samlar varumärken som Scania, MAN, Navistar och Volkswagen Truck & Bus. Bolaget är registrerat i Södertälje och fungerar som nav för koncernens svenska FoU-verksamhet. Efter lunch erbjöds deltagarna en rundvandring i anläggningen.

Robert Leos presentation – och en tankeväckande cliffhanger

Robert Leo presenterade Lasergruppens verksamhet i korthet. Tillsammans med Peter Norman gav han en resumé av första kickoff mötet vid 3M i Solna: *Lasersäkerhet del I, 2025* (se Lasernytt nr 1-2025).

Därefter bjöd Robert på en tankeväckande cliffhanger — en resa från lasersäkerhet i den kontrollerade industrimiljön till helt nya arenor: öppna fält, jordbruk och laserteknik utanför alla skyddande barriärer. Hur säkerställer samhället ”lasersäkerhet” i jordbruket?

Deltagarna fick se en traktorbaserad jordbruksmodul som ersätter traditionella biologiska och kemiska pesticider. Pesticider är ett samlingsnamn för flera undergrupper, exempelvis herbicider (mot ogräs), insekticider och fungicider. Forskning visar att flera herbicider kan vara skadliga för nyttodjur, inklusive viktiga pollinatörer.

Den nya laserbaserade ogräsbekämpningen kan därför hjälpa jordbruket att kraftigt minska användningen av pesticider. Metoden bygger på AI styrda kameror som i realtid skiljer mellan gröda och ogräs. CO_2 lasrar riktas sedan mot ogräsets växtpunkt och eliminerar det genom precisionsstyrd termisk destruktion, utan att störa grödan eller jorden.

Ekologiska fördelar:
- minskad kemikalieförbrukning
- lägre påverkan på omgivande miljö
- förbättrad växtlighet när ogräskonkurrensen minskar
- arbetsbesparing och ökad långsiktighet

Metoden representerar ett robust, kemikaliefritt och framtidsinriktat system för hållbart jordbruk.

Laserbaserad ogräsbekämpning i jordbruket.

LMI AB om lasersäkerhet och oreglerad import

LMI AB lyfter vikten av korrekt lasersäkerhet, särskilt när laserbaserad utrustning importeras från leverantörer utan dokumenterad kvalitetssäkring. Utrustningen på bilden är ett exempel på en direktimporterad laserablationsmaskin som saknar tillräcklig manual, tydlig riskinformation och krav på utbildning — trots att felaktig användning kan innebära *allvarliga risker för ögonskador* och oönskad exponering för högeffektslaser.

Timothy Smith betonar att oreglerad import är ett växande problem. Avsaknad av korrekt CE dokumentation, svensk manual och praktisk utbildning gör att användare inte alltid förstår vilken laserklass eller riskzon de exponeras för. LMI AB uppmanar därför industrin att säkerställa att all laserutrustning uppfyller *gällande europeiska säkerhetsstandarder* innan den tas i drift.

Laserutrustning delas in i olika *riskklasser*, där klass 3B och 4 kan orsaka *omedelbar och permanent synskada*, även via reflektion. Seriösa tillverkare måste därför leverera:

- tydliga manualer
- säkerhetsföreskrifter
- information om personlig skyddsutrustning
- märkning och dokumentation enligt europeiska standarder

När produkter importeras utan dessa delar ökar risken för felaktig och farlig användning — för både operatörer och personer i omgivningen. Budskapet från LMI AB är klart: **Lasrar är kraftfulla verktyg som kräver rätt utbildning och korrekt informationsunderlag**.

Deltagarna diskuterade det centrala dilemmat - Hur maximerar vi lasersäkerheten för handhållna lasermetoder utan att skapa så stora hinder att svenska företag förlorar uppdrag i global konkurrens?

Sammanfattning – Lasersäkerhet del II i Södertälje

Under mötet identifierade arbetsgruppen flera centrala fokusområden för att stärka lasersäkerheten i Sverige och norra Europa. Ett av de viktigaste budskapen är:

Att maximera säkerheten vid handhållen lasermetod, samtidigt som svenska företag måste kunna förbli konkurrenskraftiga på en global marknad.

Arbetet fortsätter med att:

- systematiskt hantera gemensamma frågeställningar
- vidareutveckla det nya Gröna kortet för daglig lasersäkerhet
- upprätthålla kontakt med berörda myndigheter
- höja nationell kompetens genom IIW/EWF utbildningar via ANB Sverige
- granska och anpassa LSO checklistan till svenska krav i AFS 2023:10 och SAM

Fokusområden i AFS 2023:10:

- riskbedömning
- gränsvärden
- laserklasser (3B och 4)
- skyddsutrustning
- information & utbildning
- medicinsk kontroll

Målet är att skapa ett gemensamt, robust och praktiskt ramverk för säker och konkurrenskraftig användning av laserteknik, där både arbetsmiljön och svensk industris konkurrenskraft kan tryggas.

Arbetshypotesen är att utveckla ett ”siamesiskt tvillingkort” där det etablerade Gula kortet för gassäkerhet kompletteras med ett nytt Grönt kort för lasersäkerhet. Tanken är att skapa ett gemensamt system för daglig och praktisk säkerhet i verksamheter där lasermetoder används.

Det Gröna kortet ska följa svenska myndighetskrav (SSM & Arbetsmiljöverket) och samtidigt harmonisera med internationella utbildningsriktlinjer från *IIW/EWF*, vilket gör att svensk industri kan arbeta både *säkert och konkurrenskraftigt*.

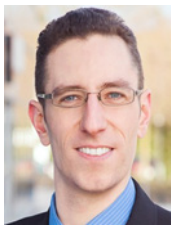
Foto: Mikael Juntti.

VD Tim Smith, LMI AB i Nås, dalarna, demonstrerar här en importerad laserbaserad rengöringsutrustning som väckt många frågor kring lasersäkerhet. (maskinen blev av naturliga skäl ej inkopplad/påslagen vid demonstrationen).

Gula och Gröna kortet.

LiM summary

World of Photonics – Lasers in Manufacturing



Jörg Volpp
Biträdande professor
Högskolan Väst

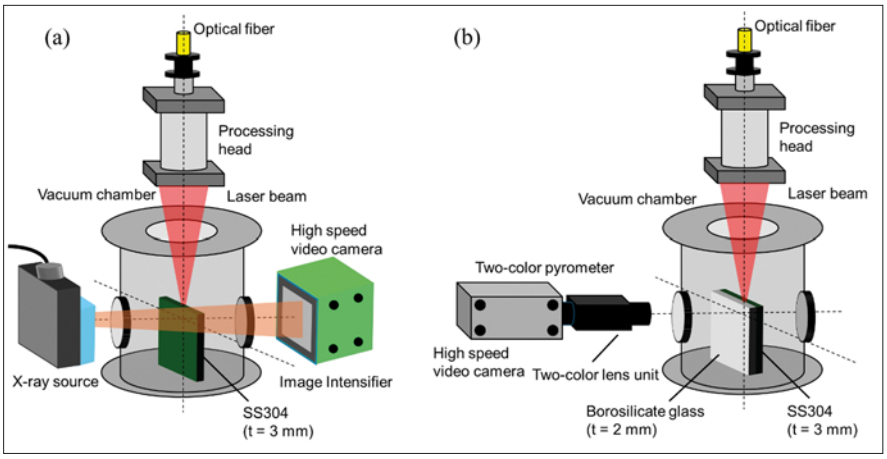


Figure 1: Experimental set up for laser welding observed using (a) X ray imaging system and (b) 2-color temperature measurement system.

On June 23rd, the president of WLT (Wissenschaftliche Gesellschaft Lasertechnik und Photonik e.V.), Prof. Thomas Graf, opened the four-day LiM conference. With 4 to 5 parallel sessions, the conference offered a wide range of topics and attracted a lot of attention. The non-peer-reviewed proceedings can be found open access here: *https://www.wlt.de/lim-conference*, while peer-reviewed papers will be available open access as Lasers in Manufacturing and Materials Processing. In parallel, the World of Photonics fair took place with exhibitors from all over the world exchanging news around the photons.

Laser process monitoring

Several sensor systems were used to get processing data and increased use of AI in terms of Machine Learning was seen at LiM. Ronald David Pordzik et al. used Optical Coherence Tomography measurements and advanced data interpretation to learn more about aluminum welding. Simon J. Altenburg et al. used hyperspectral imaging during Powder Bed Fusion. Gerald Manuel Kolter et al. used AI to analyze real-time monitoring data to detect imperfections already during the laser cutting process.

Sato & Tsukamoto (paper 286) investigated spatter suppression mechanism in deep penetration laser welding under reduced ambient pressure at high laser power. Advanced monitoring techniques were used: X-ray transmission imaging and two-color temperature measurements (Fig. 1) were installed to record fluctuations in the keyhole during laser irradiation in vacuum conditions. At atmospheric pressure, a periodic plume formation was seen, which leads to fluctuating laser energy input and unstable molten pool (Fig. 2). This in turn leads to high risk of spatter formation. In contrast, under reduced ambient pressure, the plume density was seen to be reduced, which promoted consistent laser energy transfer. This stabilizes the molten pool and significantly reduces spatter formation.

Laser beam shaping

Beam shaping was a hot topic at LiM. After Barbara Previtali showed beam shaping solutions for E-Mobility in her Plenary talk and Christian Hagenlocher et al. introduced the benefits and potentials of dynamic beam shaping in his invited talk, many presentations showed the influence of different beam shaping solutions on material behavior.
Deformable mirrors as a refractive beam shaping method was shown for the use in real-time beam shaping (Ionut Balasa et al.). Fredrik Sikström et al. even used

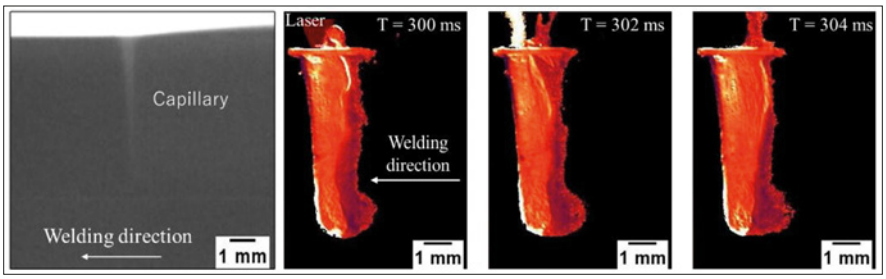


Figure 2: X-ray image of laser welding beads obtained under ambient pressure of (a) 10^5 Pa and 2-color temperature image of laser welding beads.

the deformable mirror for process control in welding and Directed Energy Deposition. Advantages in gap bridgability were seen by Yongcui Mi et al.

Ring shaped beams were used during Laser Powder Bed Fusion to improve Ti-6Al-4V processing by Marida Pontrandolfi et al., while Jonas Wagner et al. analyzed the differences between static and dynamic beam shaping regarding melt pool characteristics. Undesired beam shaping was analyzed by Johannes Wahl et al. regarding the impact of the vapor plume on the beam shape during deep penetration welding. Ahmad Reshad Bakhtari et al. showed the reduced crack susceptibility during aluminum welding using dynamic beam shaping.

Busatto et al. (paper 230) investigated the effect of axial beam oscillations (along Z-axis) on laser fusion cutting. Instead of typically used harmonic oscillations, various different oscillation waveforms were tested (Fig. 3). They used various axial oscillation waveforms, namely sinusoidal, triangular, square, ramp-up, and ramp-down patterns.

It was seen that the square waveform increased part quality at the same processing speed as the reference static condition. All other waveform patterns explored show improvements in both part quality and processing speed (Fig. 4). Best process performance was obtained using sinusoidal and ramp-down axial oscillation patterns. Sinusoidal oscillations led to a 14% increase in cutting speed and a 58% reduction in burr height, whereas the ramp-down waveform achieved a 21% increase in speed and a 42% reduction in burr height. Additionally, a substantial reduction in surface roughness was measured (65% and 55% in the central and lower regions of the material thickness, respectively). Experimental results demonstrate notable improvements in process performance through axial oscillation.

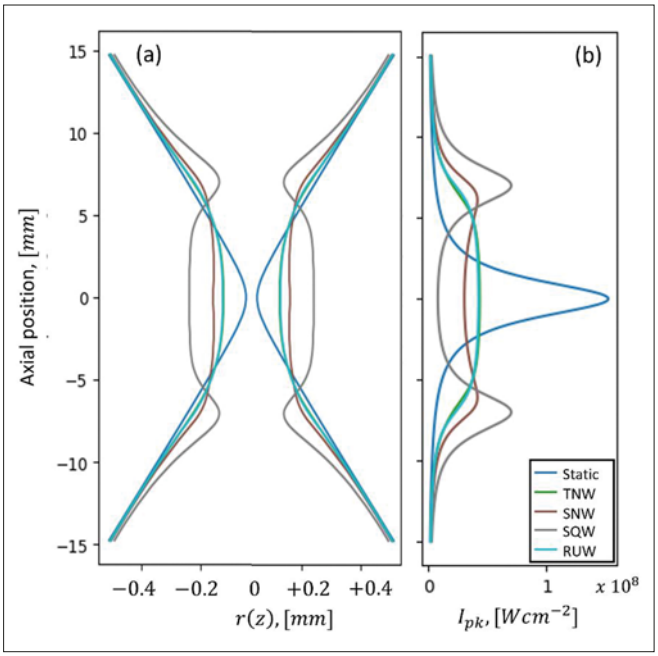


Figure 3: (a) Beam radius and (b) peak intensity along laser propagation direction for different waveforms (*A=7 mm, f=1.0 kHz*).

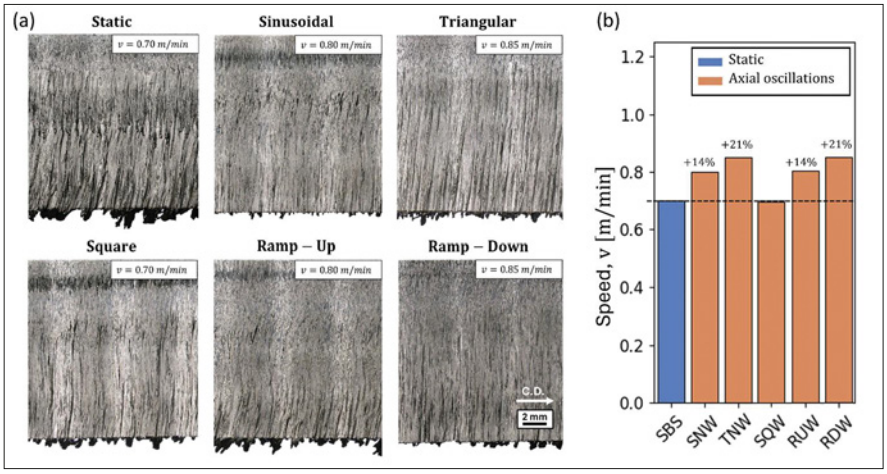


Figure 4: (a) Optical microscope cut-edges images and (b) cutting speeds of selected process conditions under different axial oscillation waveforms: Static (in blue) and Dynamic conditions (in brown). Sinusoidal, Triangular, Square, Ramp-up and Ramp-down.

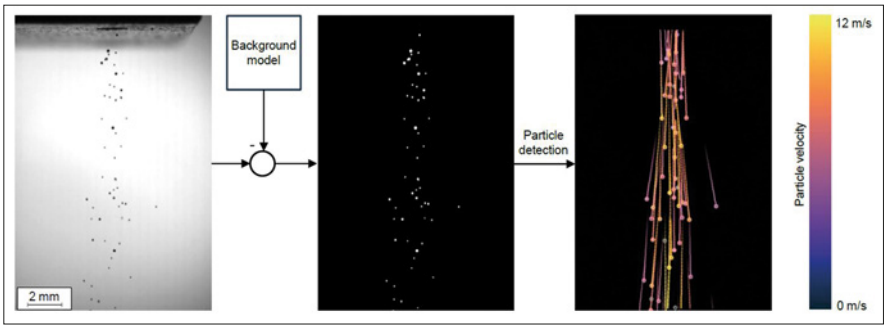


Figure 5: Evaluation procedure of the high-speed videos.

Additive Manufacturing

Additive Manufacturing was still a prominent section at LiM. Both DED and PBF were examined in different ways.

Bohlen & Seefeld (paper 186) investigated the particle flow characteristics within a powder stream for Directed Energy Deposition (Fig. 5). High-speed imaging was used to track particles. The mean velocity, velocity variations, and flight directions of individual particles were extracted. Powder channels with varying surface roughness were tested to assess their influence on stream characteristics, while lower channel roughness lead to increased mean particle velocity and narrower flight angles. The divergence angle decreased by approximately 61 %.

Using 70-hour endurance tests, it was seen that long-term stability of particle flow and divergence induced no measurable change. Surface topography evolved slightly due to particle impact, but roughness values remained stable and no structural degradation occurred (Fig. 6). These findings offer valuable

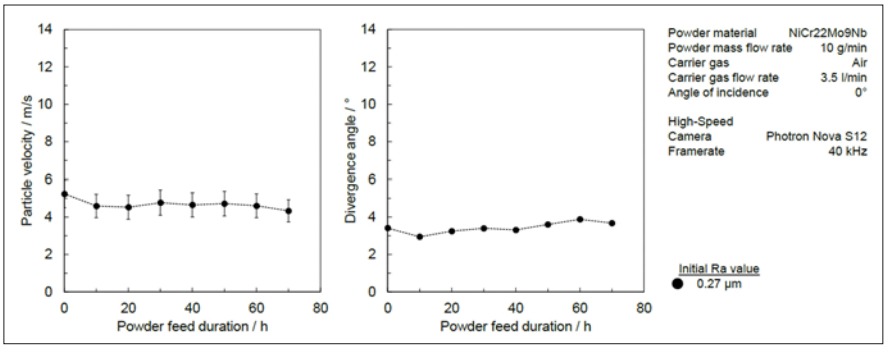


Figure 6: (a) Particle velocity and (b) divergence angle as a function of the powder feed duration for smoothest channel roughness.

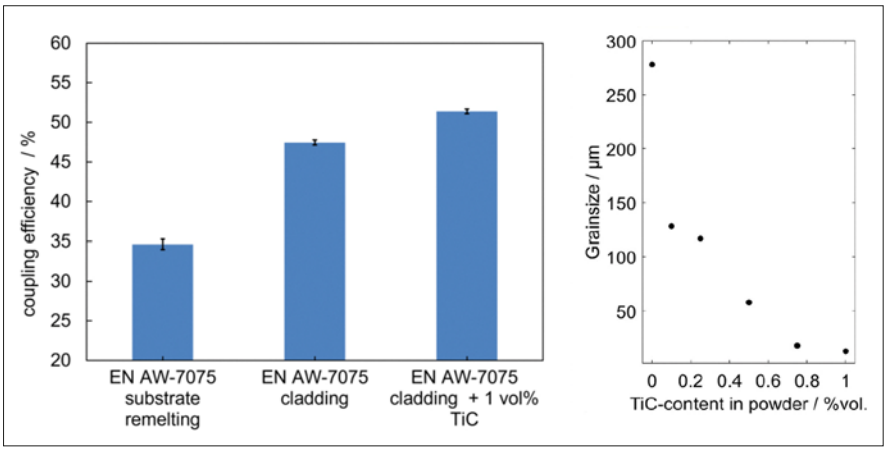


Figure 7: Coupling efficiency for the investigated material combination and influence of the addition of TiC-nanoparticles on the grain size.

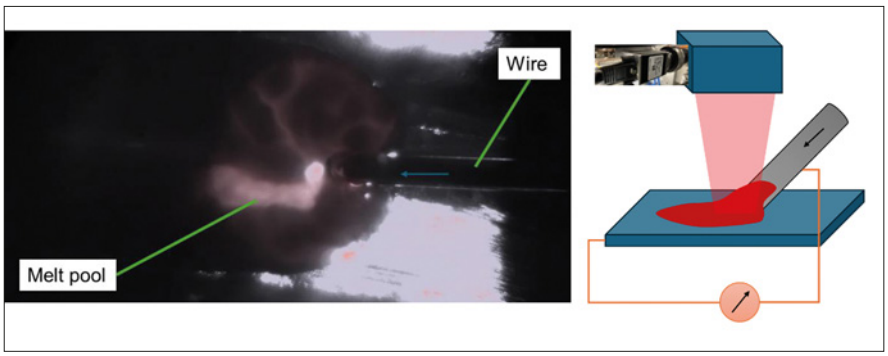


Figure 8: Example of a coaxial camera picture and sketch of the conductance measurement system.

insights into optimizing powder delivery systems for enhanced efficiency and precision in laser-based DED processes.

Bendixen et al. (paper 242) managed to deposit crack free deposition structures of EN AW-7075 by adding up to 1 vol% of TiC-nanoparticles (35-55 nm) to the powder feedstock during laser-DED. Nanoparticles successfully incorporated into the melt pool and induce grain refinement due to inoculation. This helped to eliminate hot cracking. The addition of nanoparticles also enhanced the absorption of the laser energy in the powder. The coupling efficiency of the processing laser beam was increased for the alloy to a small extent and no challenges due to reduced flowability occurred.

Joerg Volpp & Fredrik Sikström evaluated the potential of using camera and conductance signals during laser-wire DED processes to identify risks for formation of pores and cracks (Fig. 8). The relation between melt pool dimensions and geometrical wire fluctuations was analyzed using coaxial camera recordings. A melt pool width decrease indicated a subsequent movement of the wire from the center of the melt pool to the side, which is likely caused by solid wire parts moving against solid material below the melt pool. Thereafter, a sudden wire movement led to an increased laser energy input to the melt pool that increased the melt pool size and stabilized the process again. The comparison of the conductance signal with the actual defects in the part revealed that accumulations of a conductance decrease indicate porosity, but cracks are not directly visible in conductance signals (Fig. 9).

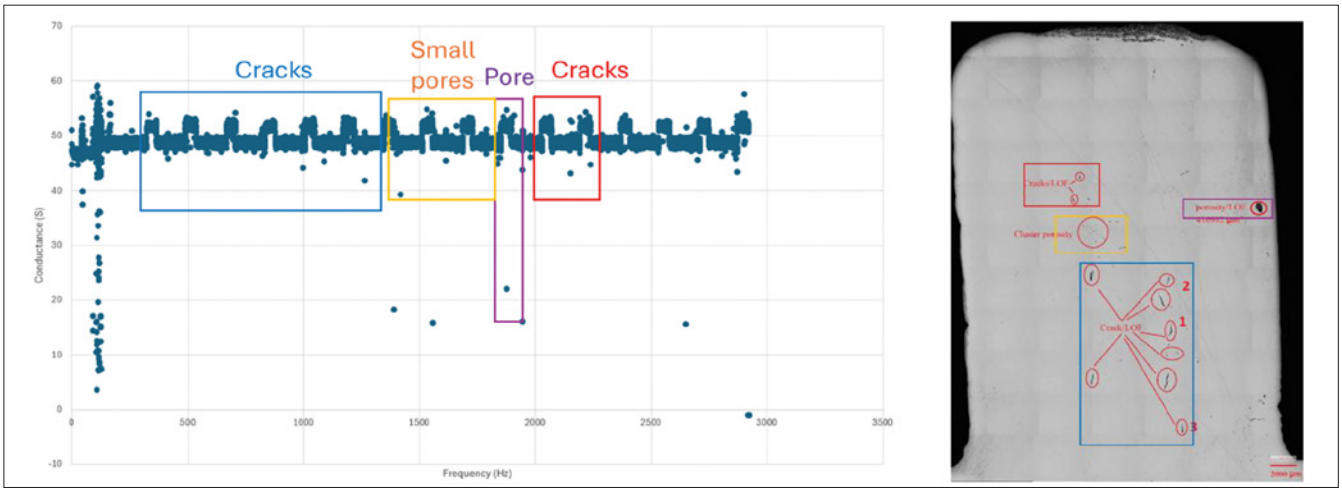


Figure 9: Relating conductance signal to part defects.

Så vässar laserteknikproduktionen av elfordon

Andreas Lassila i laserlabbet på ASSAR Industrial Innovation Arena.

Laserteknik blir allt viktigare när industrin ställer om till elektrifiering. För Andreas Lassila, forskare vid Högskolan i Skövde, handlar det om att förbättra hur centrala komponenter som batterier, elmotorer och kraftelektronik tillverkas – med högre kvalitet och större precision.

Andreas Lassilas forskning fokuserar på lasersvetsning, en teknik med stor potential men också tydliga utmaningar. Särskilt gäller det att säkerställa stabila processer och jämn kvalitet, något som blir extra komplext när tekniken används i nya tillämpningar inom elektromobilitet.

– Små variationer i till exempel lasereffekt eller svetshastighet kan få stor påverkan på fogkvaliteten. Det gör processkontrollen helt avgörande, säger Andreas Lassila.

Fysiska experiment och simuleringar

En viktig del av forskningen är att kombinera fysiska experiment med avancerade simuleringar. Genom att modellera processerna digitalt går det att förutse svetsresultat och upptäcka risk för defekter i ett tidigt skede – innan produktionen är igång. Det minskar behovet av tidskrävande tester och gör utvecklingsarbetet mer träffsäkert.

För industrin innebär det stora möjligheter att både spara resurser och höja kvaliteten. Samtidigt finns det hinder på vägen, inte minst när forskningsresultat ska omsättas i praktiken.

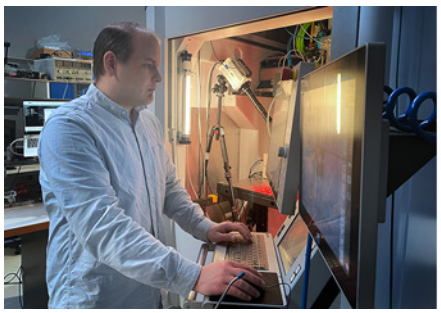
– En stor utmaning är att få resultat från kontrollerade laboratoriemiljöer att fungera i verklig produktion, där variationerna är större och kraven höga, säger Andreas Lassila.

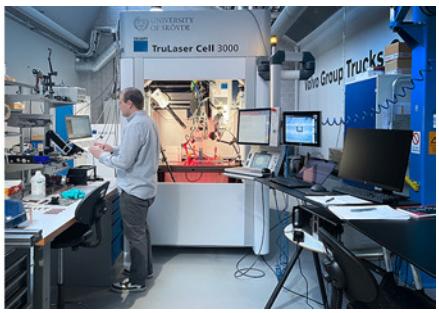
Laserteknik ger mer hållbar industri

Framåt ser han en tydlig utveckling där laserteknik integreras alltmer med digitala verktyg, sensorer och AI. Det banar väg för mer adaptiva och självkorrigerande processer – och en industri som både är effektivare och mer hållbar.

Läs mer på Internet

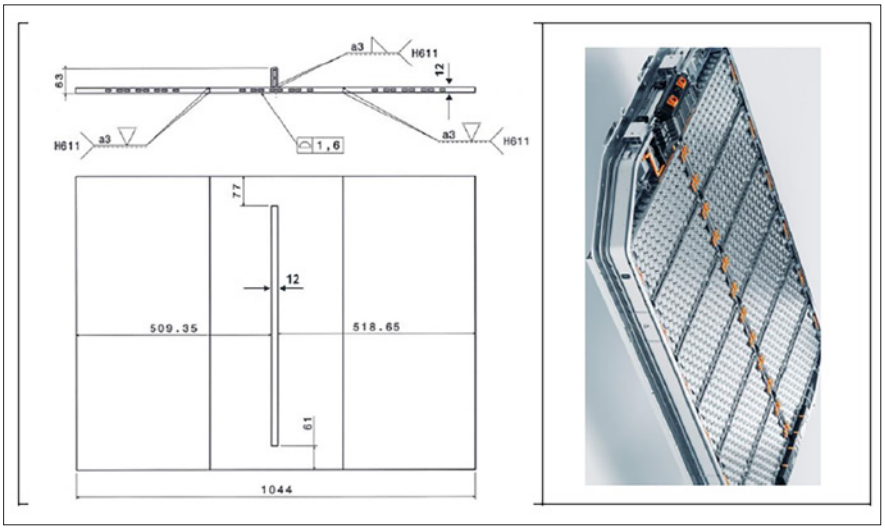
www.assarinnovation.se





Influence of Laserbeam Rotating to the Porosity of Laser-MIG-Hybrid Welded AW 6063-T6 Aluminum Alloy for Battery Trays

Artikelförfattare: **H. Staufer, J. Gaisberger, M. Shorn** Fronius International GmbH. Översättning: **Peter Norman**



Figur 1: Layout av aluminiumprofiler (vänster); batteritråg för e-mobilitet (höger) [3]

Aktuella prognoser för framtidens persontransporter indikerar en betydande ökning av e-mobilitet [1]. Även om statliga subventioner och incitament i hög grad stödjer denna utveckling [2], kan de faktiska utfallen komma att avvika från prognoserna till följd av olika osäkerheter. Dessa skillnader beror huvudsakligen på de antaganden som görs samt på de många faktorer som påverkar de använda modellerna [4]. Trots dessa osäkerheter och trots behovet av omfattande förbättringar av infrastrukturen [5–7] förväntas e-mobiliteten fortsätta att växa.

E-mobilitetskoncept förväntas i grunden förändra konventionella produktionsmetoder som under flera decennier varit etablerade inom fordonsindustrin – särskilt inom områden relaterade till karosstillverkning (Body-in-White, BiW) och plåtsammanfogning. Vissa fordonssektioner, exempelvis avgassystem och alla komponenter direkt kopplade till förbränningsmotorer, förväntas successivt försvinna, medan nya komponenter förväntas utvecklas. Särskilt batterihuset kan betraktas som en av de komponenter som väcker ett ökat intresse hos svetsingenjörer.

Det är därför anmärkningsvärt att den vetenskapliga och tekniska litteraturen om tillverkning av batterihus samt de krav som måste beaktas vid svetsning är begränsad. Detta framstår dock som förståeligt med hänsyn till att patentsituationen inom området fortfarande är oklar. Tillverkningsrelaterade patent är fortfarande under behandling och därmed i betydande omfattning ännu inte offentligt tillgängliga. Följaktligen kvarstår en viss osäkerhet beträffande fullständigheten i den identifierade litteraturen.

Ur ett rent tekniskt perspektiv tillhör batterihus de strukturella karosskomponenter inom fordonsindustrin som måste uppfylla särskilda krav, särskilt avseende krockprestanda. Som en del av det elektriskt drivna fordonets batterihanteringssystem utgör batterihuset en komponent i en omfattande sammansättning av delsystem [8].

Moderna batterihus tillverkas av en rad olika material, exempelvis glasfiberförstärkta plaster [9, 10], höghållfasta och ultrahöghållfasta stål [11, 12] samt aluminiumlegeringar [13], med särskilt fokus på mer avancerade legeringar i 6000-serien [10]. Genom användning av tillsatsmaterial AA 4943 i kombination med en MIG-svetsprocessvariant med omvänd trådmatning har svetsförband erhållits där draghållfastheten är jämförbar med grundmaterialets [14, 15].

I de experiment som genomförts inom ramen för denna studie användes uteslutande aluminiumlegeringar i 6xxx-serien, specifikt EN AW-6083-T6, i kombination med ett tillsatsmaterial ur 4xxx-serien (EN ISO 18273: S Al 4043A).

Porbildning

Vid smältpunkten ökar vätes löslighet kraftigt i aluminium. När temperaturen därefter sjunker (under jämviktsförhållanden) drivs vätet successivt ut ur materialets matris. Under fasövergången förändras vätekoncentrationen med en faktor på cirka 20, vilket är betydligt högre än i stål där förändringen endast är cirka faktor 4.

En annan avgörande faktor är tiden, särskilt stelningstiden för svetsgodset,

vilken beror på legeringens sammansättning och dess värmeledningsförmåga. Den förstnämnda påverkas av legeringens kemiska sammansättning och dess interaktion med tillsatsmaterialet. Den sistnämnda är kopplad till värmehanteringen, som bestäms av energitillförseln från värmekällan (laser och/eller ljusbåge) samt värmeavledning genom strålning, ledning och konvektion. Aluminium har i detta sammanhang ungefär tre gånger högre värmeledningsförmåga än stål.

Denna komplexa situation bidrar till porbildning, eftersom en ogynnsam kombination av låg energitillförsel vid MIG-svetsning och hög värmeledningsförmåga kan förhindra tillräcklig diffusion av väte från smältbadet. Detta leder till övermättnad av väte i svetsgodset, vilket är den huvudsakliga orsaken till porbildning vid svetsning av aluminium.

Vätekällor kan delas in i två huvudkategorier: sådana som är inneboende i tillverkningsprocessen och sådana som tillförs genom yttre faktorer. Den första kategorin omfattar ytföroreningar såsom oljor och fetter på grundmaterialet, rester av dragmedel på tillsatstråden eller exponering för fukt under värmebehandling. I gjutna aluminiumlegeringar är mängden löst väte särskilt hög på grund av kondensationseffekter vid smältning eller användning av sekundära metallurgiska processer.

Ytterligare vätekällor uppstår genom felaktig lagring av komponenter i fuktiga miljöer eller problem i svetsutrustningen, exempelvis fukt i skyddsgasen. Under bågsvetsning dissocierar vattenånga (H_2O) i plasmat till väte och syre. Syre har stark affinitet till aluminium, vilket ökar sannolikheten för oxidbildning och kan leda till oregelbundenheter i svetsen. Ur ett svetsningstekniskt perspektiv är det därför avgörande att eliminera potentiella vätekällor för att reducera porbildning.

Vid laser-MIG-hybridsvetsning uppstår en synergieffekt mellan laserstrålen och MIG-bågen. För att förstå orsakerna till porbildning i aluminium är det viktigt att skilja mellan dessa två processer. För att förhindra porbildning måste hastigheten för väteavgång från smältbadet vara större än hastigheten för väteupptag. Detta kan uppnås genom att minimera vätekällorna.

Vid MIG-svetsning kan porositeten reduceras genom att öka energitillförseln, medan en för lång ljusbåge eller avvikelser i spänning från optimala parametrar kan påverka svetskvaliteten negativt. Användning av tillsatsmaterial som innehåller magnesium kan även metallurgiskt minska väteupptaget i viss utsträckning.

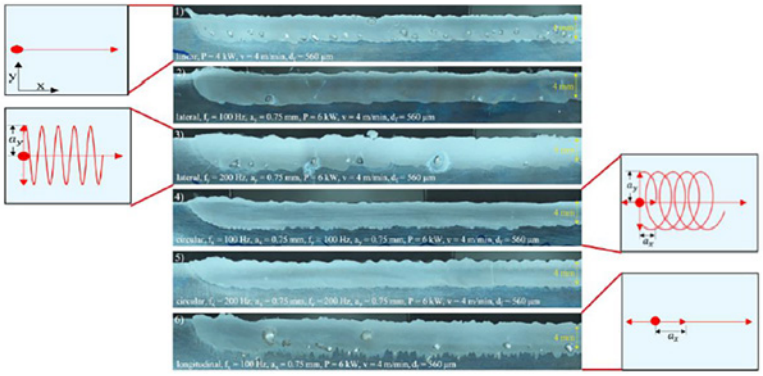


Figure 2: Metallographic longitudinal sections of the welded samples for the investigated oscillation patterns. The sections were polished and subsequently etched with NaOH adopted from [16].

Figur 2: Metallografiska längdsnitt av svetsprover med olika oscillationsmönster (1–6).

Vid lasersvetsning är porbildningsmekanismen mer komplex eftersom inget tillsatsmaterial används och betydligt högre effekttäthet kan uppnås. En grundläggande åtskillnad görs mellan värmeledningssvetsning och nyckelhålssvetsning, där denna studie fokuserar på den senare. Porbildning vid nyckelhålssvetsning uppstår huvudsakligen genom instabilitet i ångkapillären som orsakas av fluktuationer i ångtrycket.

Under bildningen av ångkapillären förångas en del av materialet och lämnar smältbadet. På grund av dynamiska effekter i smältbadet och hög ytspänning kan ånga dock kapslas in, vilket leder till porbildning, särskilt i svetsens rotområde. Denna effekt förstärks ytterligare av de väterelaterade mekanismer som beskrivits ovan.

För att motverka detta fenomen kan olika åtgärder vidtas, såsom användning av specifika skyddsgaser, ökning av stråldiametern (genom justering av strålkaustik eller defokusering) eller förändring av förhållandet mellan inträngningsdjup och svetsbredd genom justering av lasereffekten [16].

Strålformning

Inverkan av rumslig stråloscillation på dynamiken i ångkapillären och på porbildning har undersökts i flera studier av djupinträngningssvetsning av aluminiumlegeringar. Resultaten visar att användning av en oscillerande laserstråle kan påverka smältbadets rörelse och därmed även porbildningen. Figur 2 visar metallografiska längdsnitt av svetsprover med olika oscillationsmönster. De olika delbilderna illustrerar tydligt hur porbildningen påverkas av den valda oscillationsstrategin.

Vid konventionell linjär svetsning utan oscillation (*Figur 2, bild 1*) observeras ett relativt stort antal processporer i svetsgodset. Dessa porer uppstår till följd av instabilitet i ångkapillären och begränsad möjlighet för gas att lämna smältbadet. När lateral oscillation appliceras (*Figur 2, bild 2 och 3*) kan en viss reduktion av porositeten observeras. Oscillationen leder till en förändrad smältbadsdynamik, vilket förbättrar gastransporten, men porbildning förekommer fortfarande i viss omfattning.

En betydligt tydligare effekt uppnås vid cirkulär stråloscillation (*Figur 2, bild 4 och 5*). I dessa fall minskar poro-

Tabell 1: Använd utrustning för experimenten.

Component	Designation
Power source	FRONIUS „TPS 600i“
Welding head	FRONIUS „WF 60i LaserHybrid CMT”
Wire feeder	FRONIUS „WF25i Reel 4R“
Laser source	TRUMPF „TruDisc 10002“ (λ = 1030 nm)
Robot	KUKA „KR 60 L30 HA“
Shielding gas (DIN EN ISO 14175)	I1 (Argon 4.6)

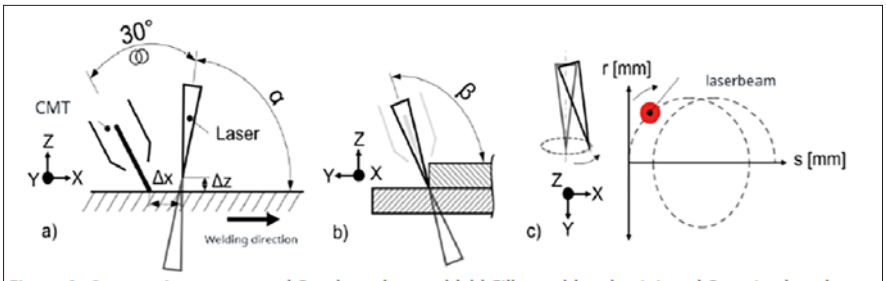


Figure 3: Geometric test setup: a) Bead on plate weld, b) Fillet weld on lap joint, c) Rotating laserbeam; test results are given in Table 2

Figur 3: Geometri för cirkulär stråloscillation.

Tabell 2: Svetsparametrar för strängsvets på plåt.

Parameter	Einheit	Value
Fiber diameter (Laser)	[µm]	200 / 600
Collimation length	[mm]	200
Focal length	[mm]	300
Laser power	[W]	3000 / 6000
Welding speed	[m/min]	3
Arc type	[-]	PMC
Wire feed speed	[m/min]	7
Voltage, average	[V]	20,7
Current, average	[A]	157
Base metal	[-]	EN AW-6063-T6
Filler metal (DIN EN ISO 18273)	[-]	S Al 4043 (AlSi5), Ø1,2 mm
Δx	[mm]	2
Δz	[mm]	0
α	[°]	87
β	[°]	90
CTWD	[mm]	15

siteten markant och svetsgodset uppvisar endast enstaka porer. Den cirkulära rörelsen hos laserstrålen skapar en mer homogen temperaturfördelning och en stabilare ångkapillär, vilket underlättar gasavgång från smältbadet.

Vid longitudinell oscillation (*Figur 2, bild 6*) kan porbildningen reduceras ytterligare beroende på val av parametrar. I vissa fall kan svetsar erhållas som i princip är fria från porer. Detta visar att oscillationsmönstret har en avgörande betydelse för porbildningen.

En viktig parameter i detta sammanhang är oscillationsfrekvensen. Vid lägre frekvenser bildas gasbubblor i smältbadet som sedan kan transporteras bort vid nästa passage av laserstrålen. Vid högre frekvenser sker en kontinuerlig omrörning av smältbadet, vilket ytterligare förbättrar gasavgången och minskar risken för att porer kapslas in.

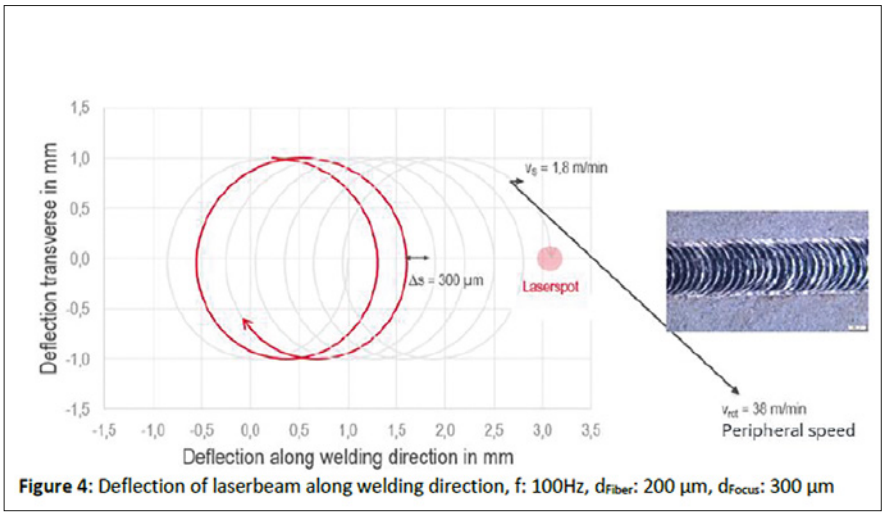


Figure 4: Deflection of laserbeam along welding direction, f: 100Hz, d_{Fiber}: 200 µm, d_{Focus}: 300 µm

Figur 4: Olika oscillationsmönster för laserstrålen.

Metallografiska analyser visar att inträngningsdjupet i många fall förblir relativt konstant trots förändringar i oscillationsmönster, medan porositeten påverkas i betydligt större utsträckning. Detta indikerar att stråloscillation i första hand påverkar smältbadets dynamik och gastransport snarare än energiinträngningen i materialet.

Sammanfattningsvis visar resultaten att användning av oscillerande laserstråle, särskilt med cirkulära och longitudinella rörelsemönster, är en effektiv metod för att reducera porbildning vid djupinträngningssvetsning av aluminium.

Experimentell undersökning

Den experimentella undersökningen genomfördes med syfte att analysera hur laser-MIG-hybridsvetsning påverkas av olika processparametrar, med särskilt fokus på laserstråleoscillationens inverkan på porbildning och svetsgeometri. Den använda svetsutrustningen bestod av en robotiserad svetscell utrustad med en högeffektslaser samt ett MIG-svetsaggregat. Som skyddsgas användes argon.

Laserstrålen oscillerade i ett cirkulärt mönster runt sin optiska axel med en definierad radie. Denna rörelse beskrivs schematiskt i *Figur 3*.

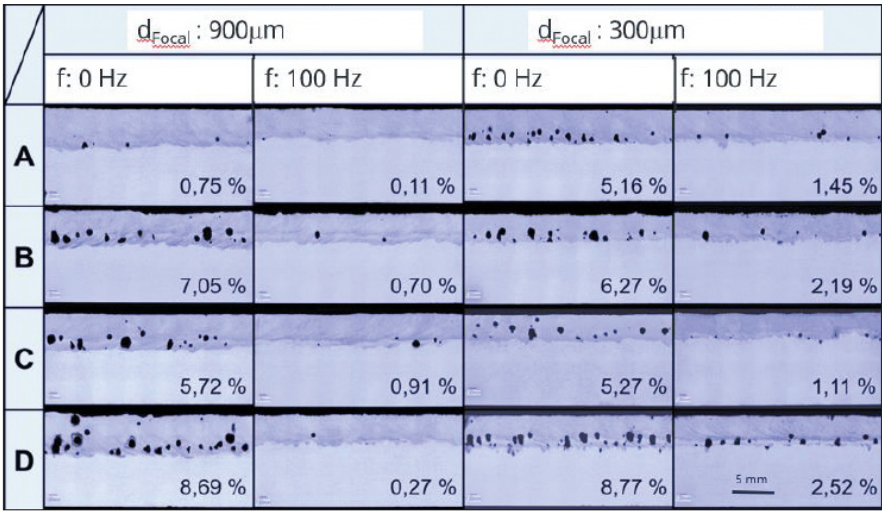
Försöken genomfördes initialt som strängsvets på plåt för att isolera effekten av oscillation på porbildning och inträngningsdjup. De använda svetsparametrarna framgår av *Tabell 2*.

Resultaten visar att oscillation av laserstrålen har en tydlig inverkan på porbildningen i svetsgodset. Vid frånvaro av oscillation observeras en högre porositet, medan användning av oscillerande laserstråle leder till en mer stabil smältbadsdynamik och därmed reducerad porbildning. *Figur 4* visar de olika oscillationsmönster som användes i försöken.

Resultaten från dessa försök sammanställs i *Tabell 3*.

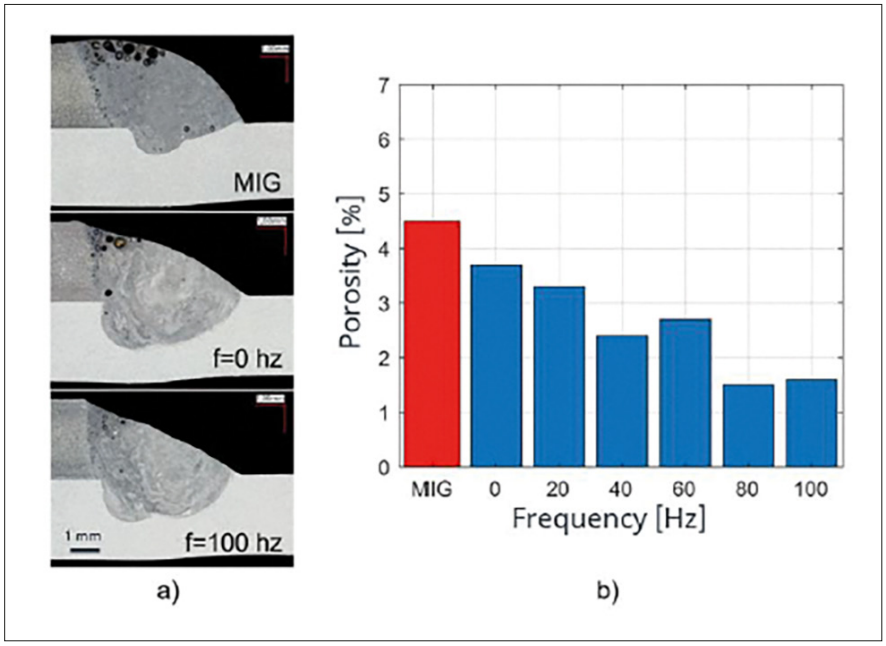
Efter analys av strängsvets på plåt genomfördes ytterligare experiment med överlappsfogar, vilka bättre motsvarar verkliga tillämpningar i batterihus. De parametrar som användes för dessa försök framgår av *Tabell 4*.

Tabell 3: Resultat (lämnas tom enligt användarens önskemål).



Tabell 4: Svetsparametrar för överlappsfog.

Parameter	Unit	Laser-MIG Hybrid	MIG
Fiber diameter	[µm]	600	-
Focal diameter	[µm]	900	
Laser power	[Watt]	4500	-
Travel speed	[m/min]	3,5	0,75
Arc mode	[-]	PMC	PMC
Wire feed speed	[m/min]	8,5	6
Voltage	[V]	22,5	19,7
Current	[A]	192	134
Filler metal (DIN EN ISO 18273)	[-]	S Al 4043 (AlSi5) Ø1,2 mm	S Al 4043 (AlSi5) Ø1,2 mm
Base metal		EN AW-6063-T6 EN AC-43500	EN AW-6063-T6 EN AC-43500
Δx	[mm]	2	-
Δz	[mm]	2	-
α	[°]	87	80
β	[°]	120	105
CTWD	[mm]	15	13



Figur 5a: Makrobild av svets med porbildning nära övre plåt.
Figur 5b: Samband mellan oscillationsfrekvens och porositet.

Den övre plåten är, på grund av sina materialegenskaper, särskilt benägen att ge upphov till poransamling i svetsgodset och utgör därmed en specifik utmaning i den valda fogtypen. Detta bekräftas tydligt av de porer som observeras nära detta material i makrobilderna i *Figur 5a*.

För att analysera oscillationsfrekvensens inverkan mer i detalj genomfördes flera experimentella serier. En jämförelse gjordes mellan laser-MIG-hybridprocessen med stationär laserstråle och MIG-processen. En tydlig skillnad i porositet kunde observeras. Svetsar utförda med laser-MIG-hybrid utan oscillation uppvisade lägre porositet än motsvarande svetsar utförda med MIG-processen.

Vid analys av *Figur 5b*, som visar sambandet mellan oscillationsfrekvens och porositet, framgår att en ökning av oscillationsfrekvensen leder till en minskning av porositeten med upp till cirka 2 % över hela svetsvolymen.

Samtidigt observeras ett samband mellan oscillationsfrekvens och inträngningsdjup, där inträngningsdjupet tenderar att minska med ökande frekvens. I rotområdet blir svetsen bredare vid användning av oscillerande laserstråle. Detta indikerar att känsligheten för positionsavvikelser, exempelvis till följd av toleranser i komponenterna, kan reduceras jämfört med en stationär laserstråle. Å andra sidan leder den ökade smältningen av den övre plåten till att ytterligare vätekällor tillförs, vilket kan motverka den positiva effekten av oscillation. Det är därför avgörande att välja en optimal oscillationsfrekvens och tillhörande svetsparametrar för att uppnå en balans mellan:

- låg porositet
- tillräckligt inträngningsdjup
- god bindning

Resultaten visar att oscillerande laserstråle i laser-MIG-hybridsvetsning förbättrar smältbadets rörelse och därmed gasavgången, vilket minskar sannolikheten för porbildning.

Slutsatser

Resultaten från experimenten med laser-MIG-hybridprocessen ger viktiga insikter om hur laserstråleoscillation påverkar svetskvalitet och porbildning. Undersökningarna av strängsvets på plåt visade att användning av oscillerande laserstråle har en tydlig inverkan på

porbildningen. Oscillation leder till en signifikant reduktion av porositeten i svetsgodset.

Undersökningarna av överlappsfogar, vilka är särskilt relevanta för batterihus, bekräftar de utmaningar som är förknippade med att reducera porositet. Laser-MIG-hybridsvetsning utan oscillation uppvisar redan lägre porositet än konventionell MIG-svetsning, men ytterligare reduktion kan uppnås genom användning av oscillerande laserstråle. Samtidigt påverkar oscillationsfrekvensen svetsgeometrin. Ett ökat frekvensvärde leder generellt till minskat inträngningsdjup och ökad svetsbredd i rotområdet.

Sammantaget visar resultaten att användning av oscillerande laserstråle möjliggör en bättre kontroll av smältbadets dynamik, vilket i sin tur förbättrar gasavgången och minskar risken för porbildning.

Referenser

[1] N.N. *Global EV Outlook 2019*. 2019 [cited 2019-09-25]; Available from: *www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019.*

[2] N.N. Electric Vehicle Initiative. 2019 [cited 2019-09-25]; Available from: *https://www.iea.org/topics/transport/evi/.*

[3] N.N. Energieversorgung des Motors effizient, sicher und kostengünstig; Available from: *https://emobilitysolutions.com/de/batterien-fuer-elektroautos.*

Available from: *https://aluminium-insider.com/electric-vehicles-evs-outlook-for-sales-and-aluminium-demand/.*

[4] Ma, H., et al., *A new comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles*. Energy policy, 2012. 44: p. 160–173.

[5] Hauke Engel, R.H., Stefan Knupfer, und Shivika Sahdev. *The potential impact of electric vehicles on global energy systems*. Automotive & Assembly 2018 [cited 2019-09-25]; Available from: *https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-potential-impact-of-electric-vehicles-on-global-energy-systems#.*

[6] Daniel Monzon, M.A., Carlo Stella. *Electric mobility impact on downstream oil business*. Utilities & alternative energy 2018 [cited 2019-09-25]; Available from: *https://www.adlittle.com/en/Electric.*

[7] Wolfram, P. and N. Lutsey, *Electric vehicles: Literature review of technology costs and carbon emissions*. The International Council on Clean Transportation: Washington, DC, USA, 2016: p. 1–23.

[8] Bower, G. *Audi e-tron Battery TMS: How Does It Stack Up Against Tesla Model 3?* 2018 [cited 2019-09-25]; Available from: *https://insideevs.com/news/340030/audi-e-tron-battery-tms-how-does-it-stack-up-against-tesla-model-3/.*

[9] Mason, H. SGL *Carbon manufactures prototypes of composite battery cases*. [cited 2019-09-26]; Available from: *https://www.compositesworld.com/news/sgl-carbon-manufactures-prototypes-for-composite-battery-cases.*

[10] Scamans, G. *Electric Vehicles Spike Demand for High Strength Extrusions*. 2018 [cited 2019-09-26]; Available from: *https://www.lightmetalage.com/magazine/2018/october-2018/.*

[11] N.N. *Wie Stahl Batteriezellen schützt*. 2019 [cited 2019-09-26]; Available from: *https://www.thyssenkrupp-steel.com/de/branchen/automobiltrucks/elektromobilitaet/batteriegehaeuse/.*

[12] Djukanovic, G. *Aluminium vs. steel in electric vehicles – the battle goes on*. 2018 [cited 2019-09-26]; Available from: *https://aluminiuminsider.com/aluminium-vs-steel-in-electric-vehicles-the-battle-goes-on/.*

[13] Djukanovic, G. *The Electric Vehicle Revolution Will Spur Aluminium Demand*. 2017 [cited 2019-09-26]; Available from: *https://aluminiuminsider.com/electric-vehicle-revolution-will-spur-aluminium-demand/.*

[14] Jarret, M., *Accelerating the Development of Aluminium Lightweighting Solutions for Body-In-White and Crash Management Systems in Global Automotive Lightweight Materials Conference*. 2016: Birmingham.

[15] Egerland, S.: *Laser-MIG-Hybrid Welding of Automotive Battery Housings – A Concept Study involving Practical Weld Results*. Sheet Metal Welding Conference XIX, 2016, Livonia, USA.

[16] Fetzer F.: *Reduction of pores by means of laser beam oscillation during remote welding of AlMgSi*. Optics and Lasers in Engineering 108 (2018) 68–77.

Läs mer på Internet

www.iiw2025.com/

Lasersäkerhet LASER LASERGRUPPEN

Välkommen till mötet Lasersäkerhet del IV på Elmiamässan torsdag 21 maj, kl. 12:30 - 16:00 på Elmia Svets.

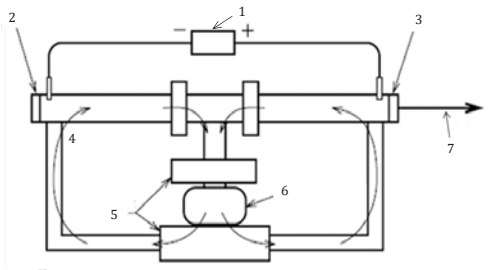
Mer information, program och anmälan på Lasergruppens webbplats:

www.lasergruppen.eu

Termer och definitioner lasersvetsning – del 3

International Institute of Welding, IIW, Commission VI Terminology, har ett pågående standardiseringsprojekt för terminologi för lasersvetsning. Standardförslaget betecknas ISO/WD 25901-5 ”Svetsning och besläktade förfaranden – Terminologi – Del 5: Lasersvetsning” och innehåller ett drygt 100-tal termer med definitioner. Ett urval av termerna och definitionerna kommer att översättas till svenska och presenteras löpande i Lasernytt. Återkom gärna om ni har synpunkter på översättningarna.

English term:	Definition
Fast axial flow laser **FAF laser**	coaxial type laser in which the laser medium gas is compulsorily circulated at high speed *Note 1 to entry*: High speed circulation is obtained by e.g. pump or blower *Note 2 to entry*: See Figure.



Key
1 high voltage power supply
2 totally reflecting mirror
3 partially reflecting mirror
4 gas flow
5 heat exchangers
6 roots or turbine pump
7 beam output

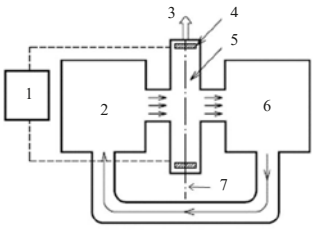
Figure **Fast axial flow (FAF) laser**

Svensk term:	Definition
Snabb axiell flödeslaser **FAF-Laser**	Koaxiell lasertyp där lasermediumgasen tvångscirkuleras med hög hastighet *Notis 1 till posten*: Hög hastighet på cirkulation uppnås med t ex pump eller fläkt *Notis 2 till posten*: Se figur.

Figur: Snabbt axiellt flödes- (FAF) laser
Index:
1. Högspänningsaggregat (eller högspänningskälla)
2. Helreflekterande spegel
3. Halvreflekterande spegel (eller delvis reflekterande spegel)
4. Gasflöde (eller gasströmning)
5. Värmeväxlare
6. Roots- eller turbinpump
7. Strålutgång (eller laserutgång)

Källa Translated from JIS Z 3001-5:2013, 54017

English term:	Definition
Two-axis transverse type laser	laser in which the gas flow and the laser beam axis in the active laser medium are perpendicular *Note 1 to entry*: See Figure.



Key
1 high voltage power supply
2 blower
3 beam output
4 reflection cavity mirror
5 discharge area
6 heat exchanger
7 beam axis

Figure **Two-axis transverse type laser**

Svensk term:	Definition
Tvåaxlig transversell laser (eller tvärströmslaser)	Laser där gasflödet och laserstrålens axel i det aktiva lasermediet är vinkelräta mot varandra *Notis till posten 1*: Se figur.

Bild: Tvåaxlig transversell laser
Index:
1. Högspänningsaggregat (eller högspänningskälla)
2. Fläkt (eller blåsmaskin/cirkulationspump)
3. Strålutgång (eller laserutgång)
4. Reflektionskavitetspegel (eller resonator-spegel)
5. Urladdningsområde (eller urladdningszon)
6. Värmeväxlare
7. Strålaxel (eller den optiska axeln)

Källa Translated from JIS Z 3001-5:2013, 54020

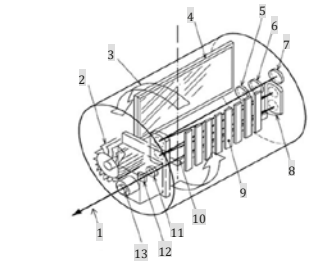
English term	Definition
Transverse type laser **Transverse flow laser**	laser in which the gas flow of the active laser medium, the laser beam axis and the discharge direction are perpendicular to each other

Svensk term	Definition
Transversell laser **Tvärströmslaser**	Laser där gasflödet och laserstrålens axel eller urladdningsriktningen i det aktiva lasermediet är vinkelräta mot varandra

Källa Translated from JIS Z 3001-5:2013, 54019

English term	Definition
Three-axis transverse type laser	pass made to hold the parts to be welded in proper alignment until the final welds are made *Note 1 to entry:* This may be produced by a continuous or discontinuous pass with partial penetration.

Svensk term	Definition
Treaxlig transversell laser	Laser där det aktiva lasermediets gasflöde, laserstrålens axel och urladdningsriktningen är vinkelräta mot varandra *Notis till posten 1*: Se bild. Figur: Treaxlig transversell laser Index: 1. Strålutgång (eller laserutgång) 2. Tangentialfläkt (eller tvärströmsfläkt) 3. Gasflödesriktning 4. Värmeväxlare 5. Effektmonitor i realtid (eller realtidsmätare för uteffekt) 6. Bakre spegel (eller ändspegel) 7. Polariserande spegel 8. Vikspegel (används för att ”vika” strålgången och göra lasern mer kompakt) 9. Segmenterad anod 10. Katod 11. Utkopplare (eller utgångsspegel) 12. Slutare 13. Utgångsfönster



Key
1 beam output
2 tangential blower
3 gas flow direction
4 heat exchanger
5 real time power monitor
6 rear mirror
7 polarizing mirror
8 folding mirror
9 segment anode
10 cathode
11 output coupler
12 shutter
13 output window

Figure **Three-axis transverse type laser**

Källa Translated from JIS Z 3001-5:2013, 54021

English term:	Definition
Solid state laser	laser type which uses a solid as the active laser medium to generate the laser beam

Svensk term:	Definition
Fastkroppslaser	Lasertyp som använder ett fast material som aktivt lasermedium för att generera laserstrålen

Källa IIW Commission VI

English term:	Definition
Nd:YAG laser **neodymium-doped yttrium-aluminium-garnet laser**	Solid state laser where the active laser medium is neodymium ions embedded in yttrium-aluminium-garnet crystal *Note 1 to entry:* It is optically pumped using a flash lamp or laser diodes and typically emits light with a wavelength of 1064 nm.

Svensk term:	Definition
Nd:YAG-laser **neodymdopad yttrium-aluminium-granat-laser**	Fastkroppslaser där det aktiva lasermediet består av neodymjoner inbäddade i en yttrium-aluminium-granatkristall *Notis 1 till posten:* Den pumpas optiskt med hjälp av en blixtlampa eller laserdioder och emitterar vanligtvis ljus med en våglängd på 1064nm

Källa IIW Commission VI

English term:	Definition
lamp pumped laser	solid state laser which uses a flash lamp or a DC lamp for excitation
Svensk term:	**Definition**
Lamp-pumpad laser	Fastkroppslaser som använder en blixtlampa eller en likströmslampa (DC-lampa) för excitering

Källa Translated from JIS Z 3001-5:2013, 54011

English term:	Definition
neodymium-glass laser glass laser	solid state laser where the active laser medium is neodymium ions embedded in silica glass *Note 1 to entry:* Not usually for welding
Svensk term:	**Definition**
Neodymglaslaser	Fastkroppslaser där det aktiva lasermediet består av neodymjoner inbäddade i kvartsglas *Notis 1 till posten:* Används vanligtvis inte för svetsning

Källa IIW Commission VI

English term:	Definition
rod laser	laser in which a cylindrical transparent laser medium with polished end faces is used
Svensk term:	**Definition**
Stavlaser	Laser där ett cylindriskt, transparent lasermedium med polerade ändytor används

Källa Translated from JIS Z 3001-5:2013, 54025

Kalendarium

Maj

7 **Årsmöte Lasergruppen – Laserdag I,** *(www.lasergruppen.eu/aktiviteter)*

19-22 **Elmia Svets & Fogningsteknik,** Jönköping, *(www.elmia.se/svets)*

Juli

12-17 **IIW – 79th Annual Assembly and International Conf.,** Salzburg, Österrike *(www.iiw2026.com)*

September

21-25 **Lane 2026, Erlangen,** Tyskland, *(www.lane-conference.org)*

Oktober

5-8 **45th Annual ICALEO 2026,** Denver, Colorado, USA, *(www.icaleo.org)*

November

v. 45 **Laserdag II,** SSAB Oxelösund

2027

Juni

22-25 **LiM, München,** Tyskland, *(www.wlt.de/lim-conference)*

European Automotive Laser Applications 2026

Ethan Sullivan
Swerim

Foto: Automotive Circle.

European Automotive Laser Applications 2026 samlade närmare hundra deltagare från tretton länder i Bad Nauheiddddddm i februari. Trots att presentationer täckte in nästan hela värdekedjan fanns en röd tråd: krav på robusthet, spårbarhet och adaptiv styrning inom lasersvetsning ökar snabbare än någonsin. Drivkrafterna kommer framför allt från fordonsindustrins förändring mot elektrifiering, där allt från koppar-hairpins till storskaliga batteripack måste svetsas med hög precision, korta takttider och minimalt antal felsvetsar. Därför har sensorer, maskininlärning och hybridprocesser klivit fram som centrala byggstenar för framtidens produktion.

En av de tydligaste trenderna är hur optisk koherenstomografi (OCT) blivit en naturlig del av processövervakning och kvalitetssäkring inom lasersvetsning. Ursprungligen användes OCT främst för att mäta svetsdjup under processens gång, men dagens tillämpningar är betydligt bredare. *Blackbird* visade hur OCT utvecklats till ett fullskaligt system för både fogsökning och sömkontroll efter svetsning. Genom att kombinera större skanningsvolym och snabbare databehandling kan man utföra fogsökning framför smältbadet och samtidigt genomföra sömkontroll direkt efter svetsen stelnat. En intressant nyhet var möjligheten att mäta nyckelhålets oscillationsfrekvens, som har visat sig vara starkt kopplad till processtabilitet och porositet. OCT integreras dessutom allt oftare med visionsystem, vilket gör att en kamera kan identifiera komponentens läge medan OCT fokuserar på geometri och djup. Detta medför betydligt kortare takttider. Genom korrelation med in situ synkrotronmätningar bevisade IPG OCT:s pålitlighet även vid svetsning med single-mode lasrar, även om svårigheter vid svetsning i vinkel kvarstår.

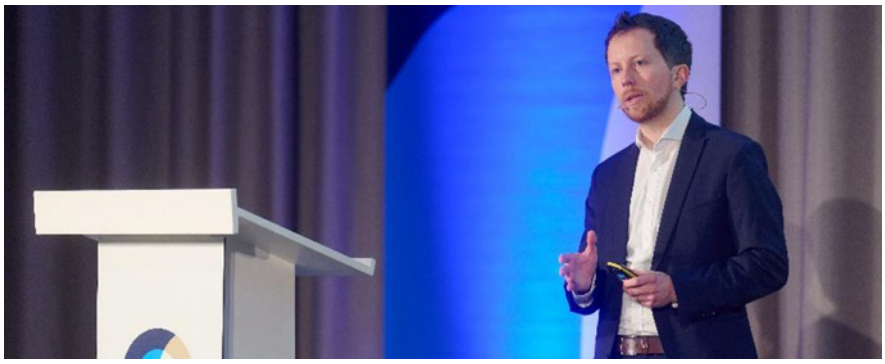
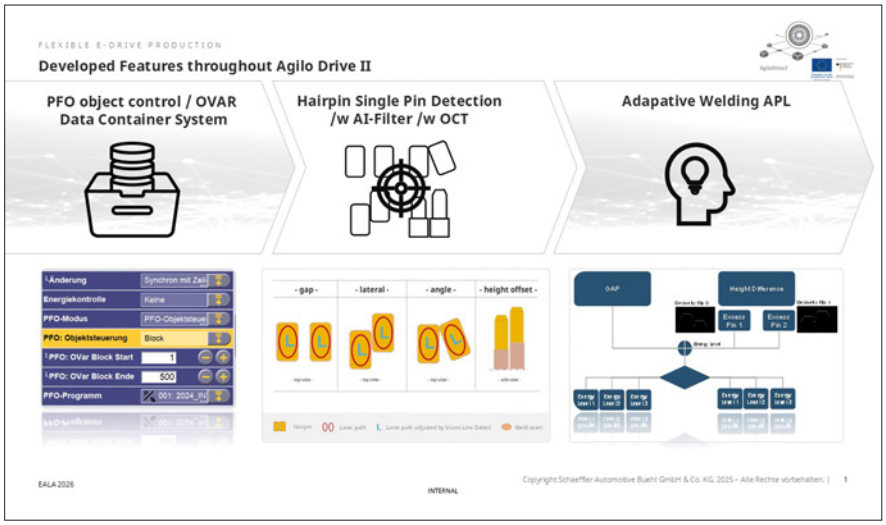


Foto: Automotive Circle.

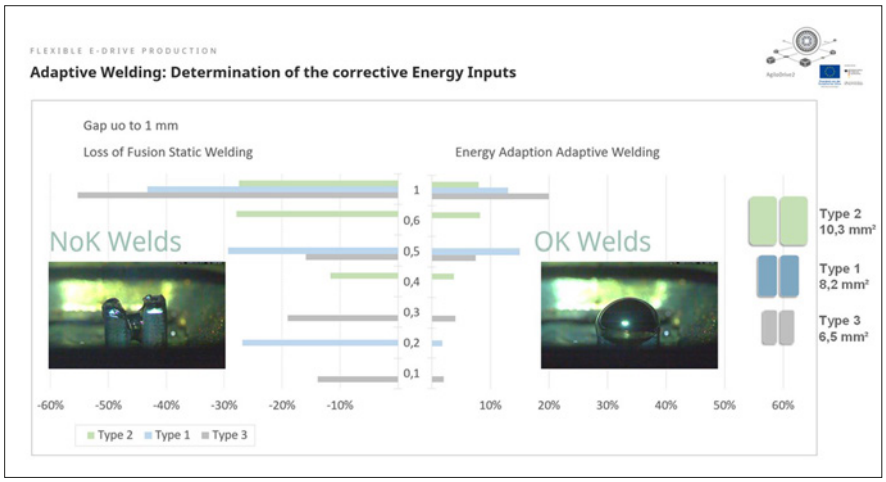
Thibault Bautze-Scherff, Blackbird Robotersysteme, höll ett föredrag om användning av OCT tillsammans med AI till processövervakning och kvalitetssäkring före, under samt efter lasersvetsning.

Optisk koherenstomografi (OCT)

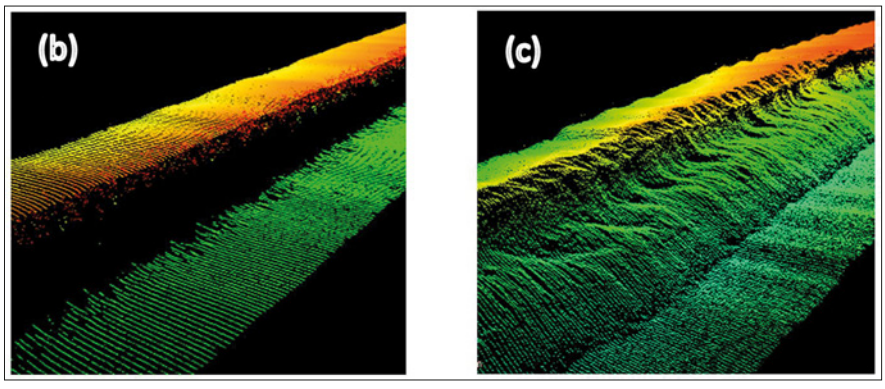
Närmare applikationssidan visade *Schaeffler* och *Trumpf* hur adaptiva lösningar används vid svetsning av så kallade hairpins (små kopparstavar som används i elmotorers statorer). Här kan små höjdskillnader eller spalter ge förödande kvalitetsproblem. Geometriavvikelser mätta via OCT systemet matas in i en AI-modell som justerar värmetillförseln i realtid, vilket möjliggör betydligt stabilare svetsning. Röntgentomografi visade också att den största utmaningen inte



Arbetsflödet för detektering av felaktig passning med OCT inför lasersvetsning av hairpins (med tillstånd av Trumpf och Schaeffler).



Graf som visar en tydlig förbättring i svetskvalité genom adaptiv anpassning av lasereffekt utifrån OCT-sensordata (med tillstånd av Trumpf och Schaeffler).



Exempel på användning av OCT för fogsökning/fogföljning (vänster) samt kvalitetssäkring av lödförbandet efter lödning, likt lösningen Abicor Binzel presenterade. N. D. Dupriez, "OCT for Controlled and Precise Robotic Arc Welding and Tactile Laser Welding and Brazing", presenterad vid Lasers in Manufacturing 2025, München, juni 2025.

alltid är bindfel utan porositet, vilken påverkar både elektriska och mekaniska egenskaper. Därför användes svetsens tvärsnittsarea som acceptanskriterium snarare än visuell bedömning.

Liknande arbetssätt börjar dyka upp på fler håll. *Ford* och *Precitec* visade hur batteriboxar i aluminium (5xxx och 6xxx legeringar) kan lasersvetsas med tråd för att motverka varm sprickbildning. Här spelar både fogföljning och adaptiv styrning av lasereffekt stor roll eftersom foggeometrin ofta varierar i sådana stora strukturer. Genom en kombinerad koaxiell kamera, triangulering samt trådmatning säkrar man att rätt materialblandning uppnås och att penetrationen hålls stabil även när spaltvariationer uppstår under svetsning.

Abicor Binzel presenterade ett helt annat område där OCT kan få stort genomslag: taktil lasersvetsning och lödning. Traditionellt har fogföljning här skett med trådtippen och visionsystem, men OCT kan potentiellt ge mycket bättre information om fogens passform, penetration och ytfel – till och med under svåra vinklar där kameror inte räcker till. Experiment visade att systemet kunde hitta ytsprickor så korta som en halv millimeter, något som annars är svårt att upptäcka i realtid.

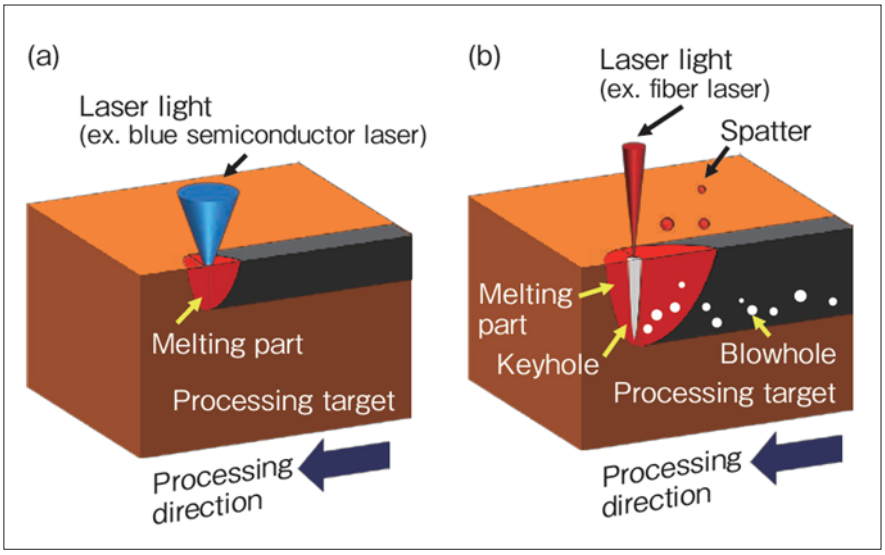
Multisensorsmetoder

Två andra presentationer tog upp hur kombinationen av flera sensorer och AI kan användas för prediktion av svetskvalitet. *Laserax* kombinerade fotodiod och kamera för att modellera olika typer av defekter i busbarsvetsar och kunde uppnå god träffsäkerhet i både binär klassning (godkänd/icke godkänd) och för att identifiera vilka defekter som uppstått. *General Motors* presenterade ett liknande arbete i sitt ”WeldBrain”-projekt, där målet är att ta fram ett generellt prediktionssystem för skjuv- och peelstyrka, med direkt koppling till omarbetning och kvalitetsutfall. Gemensamt för båda fallen är att omställning från destruktiva prov till oförstörande inline kontroll är på god väg att förverkligas.

Sammanfattningsvis har multisensor-approaches, där OCT, visionsytem och fotodioder samverkar i realtid, blivit nyckeln till att möta fordonsindustrins ökade krav på nollfelsproduktion.

Laserhybrid-processer

Hybridprocesser fick också stort utrymme. *Fronius* visade hur laser CMT AC används för stora kylplattor i aluminium, där kombinationen av låg värmetillförsel och gott spaltöverbryggande är central. En viktig insikt var att OCT fungerar utmärkt även under ljusbågen, vilket gör processen fullt övervak-



Blåa lasrar erbjuder en stabil svetsprocess medan IR-lasrar tillför djup penetration, dock med minskad processtabilitet. (furukawaelectric.com)

ningsbar. Genom beam wobbling (alltså stråloscillering, snabb cirkulär rörelse av strålen) kunde porositeten reduceras kraftigt, något som är kritiskt för täthet i batteriträg och kylplattor. Inom karossapplikationer (Body in White) presenterade Optoprime en jämförelse mellan fotodiod och OCT för defektdetektion i laser-hybrid. Här visade sig fotodioden klara alla typer av defekter som ingick i studien, medan OCT hade svårare att detektera defekter vid fullpenetrerande hybridfog. Intressant nog visade jämförelsen av olika strålprofiler (statisk ring, dynamisk ring, koaxial multimode m.m.) att svetsresultatet var mycket likartat så länge spotstorlek och effekt hölls lika – det som skiljer är snarare logistiska aspekter som kostnad, flexibilitet och integration.

På kopparsidan fortsätter blåa lasrar att locka stort intresse på grund av sin höga absorption i koppar. Presentationerna visade god penetrationsförmåga och minskat sprut, men samtidigt påpekades begränsningar i cykeltid och skanningsområde. Det är fortfarande så att singlemode NIR-lasrar kan uppnå liknande smältbeteende betydligt snabbare, men utan den sprutminskning som blått ljus ger. Det är en balansgång mellan kvalitet och takt. Däremot hölls samtliga presentationer kring blåa lasrar av universitet eller utrustningsleverantörer. Det återstår att se om fordonstillverkare hakar på denna utveckling.

Foto: Automotive Circle.

Laserbearbetning för batteriåtervinning

Ett mer oväntat tema var lasers roll i batteriåtervinning (*Trumpf*). Här kombineras laserskärning av batteriplattor med nanosekundspulslaser för att frigöra aktivt material (som NMC och LFP). Genom att laserablera bort det aktiva materialet kan man fånga upp materialet i filtersystem och därmed återvinna värdefulla jordartsmetaller mer energieffektivt än med mekaniska metoder. En viktig insikt var att framtidens batteridesigner kommer att talaserablering hänsyn till återvinning redan i konstruktionsfasen, alltså ”design for laser disassembly”.

Lasersvetsning av gjutet aluminium

Materialutmaningar fick också stort fokus, där svetsning av gjutna aluminiumkomponenter är fortsatt aktuellt. Här visade Materialminds/DGM hur porositet i AlSi12 ofta kommer från instängt vatten i materialets oxider och från återvunnet råmaterial. Wobbling, beam shaping och multispot-metoder gav tydliga förbättringar, framför allt genom stabilare nyckelhål. En intressant detalj var att en andra ”rensvetsning” över samma fog kunde få porer att vandra ut och minska läckrisken. Rengöring och hantering visade sig också kritiskt – väl rengjorda komponenter kan svetsas upp till två veckor senare så länge materialet lagras i kontrollerad miljö med rätt daggpunkt.

Sammanfattning av konferensen

Sammanfattningsvis går lasersvetsning inom fordonsindustrin mot allt högre grad av automatiserad processkontroll, där data från flera sensorer och AI integreras direkt i svetssystemet. Hybridprocesser, OCT övervakning samt adaptiva strategier gör det möjligt att hantera de komplexa materialkombinationer och snäva toleranser som elektrifieringen kräver. Samtidigt öppnar helt nya områden som återvinning och taktil lasersvetsning för fixering. Trenden är tydlig: framtidens lasersvetsning handlar inte längre främst om laserkällan i sig, utan om hur man mäter, tolkar och styr hela processen i realtid.

Läs mer på Internet

www.automotive-circle.com/events/eala-2026/

Nordic Welding Expo 17-19 mars 2026

Bo Williamsson
Linde Gas AB region Europe North

Nordic Welding Expo är en industrimässa som arrangeras i Tammerfors vartannat år. Undertecknad hade nöjet att representera Linde Gas, men jag fick också tillfälle att spendera en del tid med att träffa andra utställare. När det gäller laserskärning och svetsning ställde Truteknikka/Apricon (Trumpf), Vossi Group (LVD laser) och Aliko (Cutlite) ut maskiner. Inga stora nyheter presenterades på den sidan. Fokus på mässan ur lasersynpunkt låg istället på handhållen lasersvetsning.

Flera olika utställare visade maskiner på mässan, i de flesta fall maskiner från Kina. Samtal med flera utställare gav att man har stora förväntningar på marknadsutvecklingen.

Kemppi lanserade sin första maskin för handhållen lasersvetsning. Se *bild 1*. Maskinen är i nuläget inte aktuell för den svenska marknaden. K2 är Kemppis lågprismärke, men jag tror att maskiner kan komma att lanseras i det ordinarie sortimentet framöver. Man ville inte visa vad som dolde sig under skalet, men det handlar om en 3 kW laserkälla (Raycus?).

Även ESAB och Lincoln har tagit fram egna maskiner för handhållen lasersvetsning, men de visades inte på mässan. Både företagen har nu 2 kW maskiner i sina program. Det är onekligen intressant att flera av de stora svetsmaskintillverkarna nu lanserar egna maskiner.

Utöver Kemppi visades flera olika Kinatillverkade maskiner på mässan. Flera leverantörer visade också system integrerade med robot.

Pronius Oy ställde ut maskiner från TRM, *bild 2*. Precis som i Kemppi-fallet handlar det om ett 3 kW vattenkylt lasersystem. TRM finns också tillgängliga i 1 och 2 kW utförande.

Bild 1: Kemppi.

Bild 2: TRM.

Robomatik Oy visade maskiner från Megmeet tillgängliga i effekter upp till 3 kW, *bild 3*.

Bild 3: Megmeet.

Ionix Oy visade IPG Lightweld XC (också i kombination med robot), *bild 4*.

Bild 4: IPG Lightweld

Sammanfattningsvis var mässan en positiv upplevelse, även om antalet utställare av lasermaskiner var relativt begränsat i jämförelse med konventionell skärning och svetsning. Under mässan arrangerades också ett relativt välbesökt seminarium på temat säkerhet vid handhållen lasersvetsning.

Laser forming of metal

– Integrated laser processes enabling new industrial manufacturing possibilities

Morten Kristiansen
Associate professor, Aalborg University
CEO, AutoShape ApS

Figure 1: Various sheet metal parts manufacturing with l a ser integrated manufacturing.

The integration of multiple laser processes into a single machine enables new manufacturing possibilities to produce sheet metal components components and in *Figure 1* several examples are presented. This development originated at Aalborg University in Denmark, where remote laser cutting experiments produced unexpected results—sheet metal was bent instead of cut. This unintended outcome provided a missing piece in the vision of manufacturing complete sheet metal parts within a single machine, while also enabling integrated quality control. The technique, we named it Laser Integrated Manufacturing (LIM), combines laser cutting, forming, and engraving with in-line quality control in an automated system.

When laser experiments fail, new opportunities can emerge—and this was precisely the case at Aalborg University during the ROBOCUT research project 15 years ago. Remote laser cutting proved challenging to control, often resulting in unintended bending of the sheet metal. While not entirely new, as the first scientific observations of laser-induced bending date back to the early 1980s, the phenomenon revealed significant potential. Laser-based bending is particularly important, as forming is a critical but traditionally separate process in the fabrication of complete sheet metal components. The long-term vision became the development of an automated system capable of replacing multiple manufacturing steps within a single machine. This insight laid the foundation for a series of research initiatives, including INTERLASE, the Flexible Laser Processing Laboratory for Advanced Manufacturing, and FLIP, all aimed at advancing the technology toward industrial application. This article presents the underlying technique and outlines its transition from research towards industrial use.

Laser forming

Sheet metal forming by laser operates on principles similar to welding, where thermal expansion and contraction induce deformation, illustrated in *Figure 2*. However, key differences distinguish the processes. In laser forming, the material must not reach the melting point in order to avoid surface degradation, and the induced deformation must be precisely controlled to achieve the desired geometry. The process is inherently complex and difficult to control, which likely explains why it has not yet been widely adopted in industrial applications. When the material is heated by a moving laser beam, several parameters govern the outcome, including beam diameter, laser power, travel speed, scan path, and dwell time between successive passes. The localized heating induces deformation, which is further influenced by component geometry, thickness, and boundary conditions such as clamping or fixation. In addition, the material itself is affected by both deformation and thermal input, leading to changes in mechanical properties. These changes, in turn, influence subsequent deformation and heat distribution, creating a highly interdependent

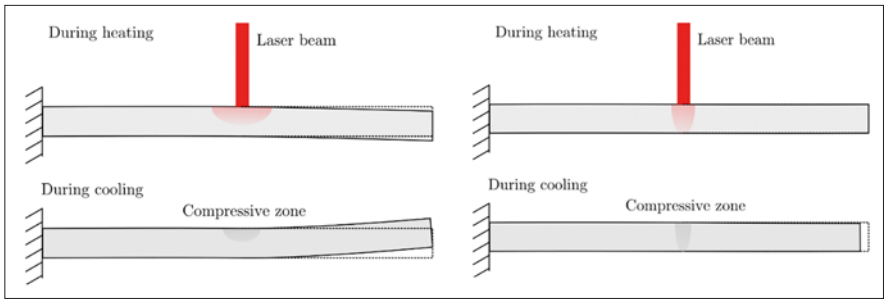


Figure 2: To the left is temperature gradient mechanism used to bend metal up towards the laser source. To the right is upsetting mechanism used to shorten metal avoiding wrinkles and making parts fit.

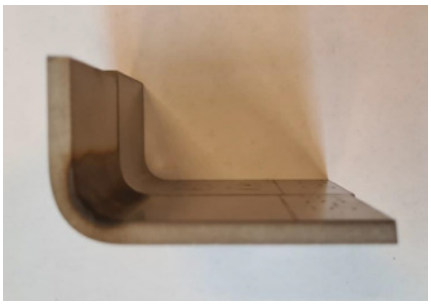


Figure 3: A laser formed part on top of a mechanical bend part made from equally sized 5 mm thick stainless steel. It is clear to see the shortening of the laser formed part.

and nonlinear process. Furthermore, prior manufacturing history plays a role as the rolling direction introduces residual stresses, and surface condition affects laser absorption [2]. To manage this complexity, predictive models and control algorithms have been developed, enabling controlled bending with specified bend radius and angle.

Using these methods, a bend angle accuracy of ±0.2° has been achieved. The approach has been validated on more than ten industrial metals, including stainless steel, carbon steel, aluminium, titanium, brass, and nickel silver, across a range of thicknesses.

The behaviour of laser forming differs significantly from conventional sheet metal bending. Instead of stretching, the material undergoes localized contraction, resulting in a slight shortening of the part, illustrated in *Figure 3*. This also leads to localized thickening in the bend zone, which can enhance fatigue resistance. From an industrial perspective, additional advantages include the absence of dedicated tooling and fixtures, as well as the ability to form components with limited physical access, since only line-of-sight for the laser beam is required.

Laser Integrated Manufacturing

Laser forming provided the key enabler for integrating multiple laser-based processes into a single manufacturing system, see *Figure 4*. On its own, laser forming is relatively slow, as it typically requires multiple scanning passes with cooling intervals between them. However, its true value lies in its ability to be combined with other laser processes such as cutting, engraving, and welding, thereby enabling process integration within one platform. The concept of consolidating several laser processes into a single industrial system has not previously been demonstrated at an industrial level. This approach has been developed under the name Laser Integrated Manufacturing (LIM) [1]. LIM represents a new paradigm in sheet metal manufacturing, where multiple laser-based operations are executed within a unified production system.

Classification	Thickness (mm)	Cutting Free form	Bending Linear	Welding	Marking
Thin sheet	0.2-1.0	Etching Laser Stamping Wire (EDM)	Press brake Laser Punch or die set	Laser	Laser Etching Printing
Sheet	1.0-3.0	Laser Stamping Waterjet Wire (EDM) Punching	Press brake Laser Punch or die set	TIG MIG/MAG Laser	Laser Etching Printing
Heavy sheet	3.0-6.0	Laser Stamping Punching Waterjet Wire (EDM) Plasma	Press brake Roll bending Laser	TIG MIG/MAG Laser	Laser Etching Printing

Figure 4: Laser is the only technology that spreads across all processes.

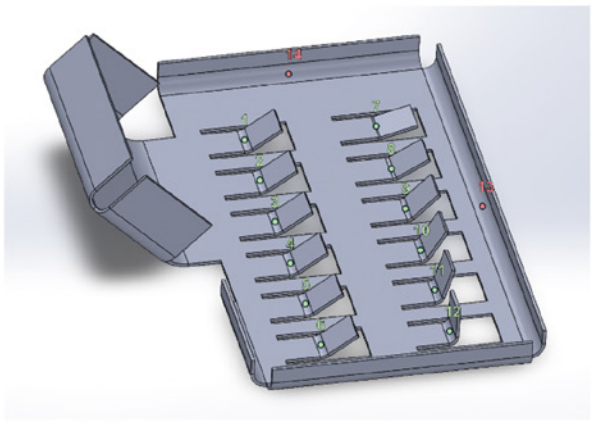
By combining cutting, forming, welding, and additional laser processes in one machine, LIM eliminates the need for conventional tooling and dedicated forming equipment. This results in more streamlined workflows, reduced production time, and minimized material handling, while also improving overall precision. Furthermore, the use of standard sheet metal combined with direct manufacturing from CAD models contributes to increased flexibility, lower costs, and improved operational efficiency. The system is designed for high levels of automation. The operator provides a CAD model of the desired component along with the sheet metal to be processed. From this point, dedicated software automatically plans and executes the required sequence of operations. During manufacturing, the process is continuously monitored, and a quality report is generated upon completion, ensuring traceability and process validation.

Quality inspection

Inline monitoring is integrated into the LIM system to ensure the production of components with tight tolerances. This monitoring capability also enables the generation of detailed quality reports for each manufactured part. The reports are based on the dimensional tolerances specified in the CAD model and it is exemplified in *Figure 5*. These tolerances are systematically compared with measurements obtained from the produced component, allowing the system to determine whether each part meets the required specifications. This instantaneous, 100% inspection approach enables immediate detection of manufacturing deviations, thereby reducing scrap and minimizing production delays. In addition, the generated quality documentation supports both internal quality assurance and external compliance requirements.

Transition to industrial use

The industrial interest generated through the research projects, along with two patents related to the technology, became key drivers for establishing a startup to bring the concept into industrial use. AutoShape was founded



	CAD (°)	(°)	(°)	(°)
1	35	1	34.83	0.18
2	35	1	34.80	0.10
3	35	1	34.76	0.16
4	35	1	34.77	0.10
5	35	1	34.76	0.09
6	35	1	34.76	0.10
7	15	1	14.98	0.10
8	30	1	29.97	0.12
9	45	1	44.95	0.12
10	60	1	59.59	0.16
11	75	1	74.46	0.16
12	90	1	89.40	0.09
13	90	1	87.12	0.22
14	90	1	88.94	0.45

Figure 5 : Quality inspection of a manufactured part with 14 bends. A bend angle is given for each bend with a ± 1 ° angle tolerance. The inspection shows that bend 1 - 12 are within the tolerances.

Figure 6 : CFE- 350 .

in 2021 by researchers, marking the beginning of an extensive effort to transform the technology from laboratory demonstrations into a robust industrial solution. While early results in controlled environments were promising, significant development was required to translate these into a machine suitable for industrial deployment. This included ensuring robustness, user-friendliness, safety, and compliance with industry standards, as well as developing an intuitive user interface and long-term service and support capabilities. As a result, the CFE-350 system was developed, see *Figure 6*. The machine is capable of integrating laser cutting, forming, and engraving, combined with inline quality inspection and reporting. A series of funded development projects have supported the maturation of the technology, bringing the system closer to full industrial readiness.

The target market for the CFE-350 includes small, complex components within sectors such as medical devices, electronics, and micromechanics. Typical applications include housings, clips, clamps, shielding components, connectors, heat sinks, antennas, spring elements, and various mounting and structural parts. The business case is particularly strong for complex components in prototyping and small-to-medium production volumes, typically up to 10,000 units, and potentially higher for highly complex parts. This is driven by the system's core capabilities: direct manufacturing from CAD input, fully automated processing within a single machine, elimination of tooling, and a compact production footprint. Additionally, each component can be manufactured as a unique item, enabling rapid design iterations and significantly reducing the time from concept to finished part—often to just a few hours.

Looking ahead, further opportunities exist as laser technology continues to evolve. Additional processes may be integrated into the platform, and the system's capabilities can be extended to accommodate larger components and broader application areas.

Referenser

[1] Kristiansen, M., Laser Integrated Manufacturing – A benchmark, IOP Conference Series:
Materials Science and Engineering, https://doi.org/10.1088/1757-899X/1332/1/012027
[2] Thomsen, A. N., Kristiansen, M., Kristiansen, E., & Endelt, B., Online measurement of the surface during laser forming, https://doi.org/10.1007/s00170-020-04950-6

Läs mer på Internet

www.autoshape.com

LASER
LASERGRUPPEN

Medlemsföretag

3M
0241-624 00
Ernst Hedlunds väg 35
785 30 Gagnef

AB Alvenius Industrier
016-16 65 00
Kungsgatan 75
681 07 Eskilstuna

Alfa Laval Corporate AB
046-36 65 00
Rudeboksvägen 1
226 55 Lund

Cummins-Meritor
0581-840 00
Meritor HVS AB
Ishockeygatan 3
711 34 Lindesberg

Ferruform AB
092-07 65 94
Box 815
971 25 Luleå

GKN Aerospace Sweden AB
052-09 38 33
461 81 Trollhättan

Högskolan Skövde
0500-44 80 00
Institutionen för Ingenjörsvetenskap
541 28 Skövde

Högskolan Väst
0520-223 000
461 86 Trollhättan

JE RobotTeknik Automatik AB
070-567 33 40
Kungsgatan 4
335 31 Gnosjö

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

Nippon Sanso Sverige AB
076-501 08 00
Box 51
731 22 Köping

NKC Manufacturing Sweden AB
031-337 11 39
Kvibergs Broväg 10
402 52 Göteborg

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

Pepab Produktionspartner AB
0270-42 91 51
Bröksmyravägen 33
826 40 Söderhamn

Permanova Lasersystem AB
031-706 19 80
Krokslättsfabriker 30
431 37 Mölndal

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 Processing Systems AB
046-36 10 00
Ruben Rausings gata
221 86 Lund

Traton AB, Avd TGRMVMS
08-553 704 10
Byggnad 101-2
151 87 Södertälje
Peter Nerman, peter.nerman@scania.se

Trumpf Maskin AB
0322-66 97 00
Box 606
441 17 Alingsås

Volvo Construction Equipment AB
016-15 10 00
631 85 Eskilstuna

Volvo Lastvagnar AB
090-70 74 77
Bölevägen
Box 1416
901 24 Umeå

Volvo Powertrain Corporation AB
073-902 33 51
405 08 Göteborg

Norska sektionen

GKN Aerospace Engine Systems Norway
+47 32 72 84 00
PO Box 1004
N-3601 Kongsberg
Norge

Hedersmedlemmar

Johnny Larsson
Övre Fogelbergsgatan 6, lgh 1504
411 28 Göteborg

Claes Magnusson
044-10 05 61
Kanalgatan 38
291 34 Kristianstad

Bertil Pekkari
070-550 91 15
Vendergatan 1
442 47 Kungälv

MASKINER FÖR LASERBEARBETNING

LASERSKÄRNING

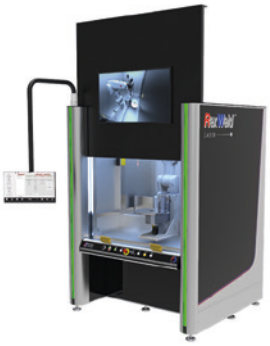
Plåtskärning
HSG GH Serien

3 - 60 KW
2,8 - 4G acceleration
3,1x1,55 → 4,1x2,05 → 6,2x2,05 m arbetsyta

Rörskärning
HSG TS2 Serien

3 - 6 KW
1, 4G acceleration
Kapacitet runda Ø12-273 mm fyrkant □12x12 . 220x220 mm
Bearbetar även alla möjliga andra profiler.
Fasskärning och identifiering av fog
Rörlängd 1-6,5 m TS2 / 1-9,2 m TS2-90

LASERSVETSNING



RexWeld

IPG laser 3 kW
ABB robotsystem
Integrerat visionsystem
KUKA Laserspy
strålövervakning
Klass 1 laserkapsling

IPG LightWELD

Handhållen lasersvets
Minimal HAZ
Förinställda svetsprogram
Ergonomisk design
Tvåstegsavtryckare
Integrerad rengörings-
funktion

LASERMÄRKNING

Abmark Maxi

Motoriserad programmerbar
z-axel för fokusering
Rotationsenhet
Fokus finder
Kan kundanpassas
Anpassningsbar för olika
laserkällor

SERVICE • UTBILDNING & LASERSÄKERHET

För en produktion som håller över tid

Besök oss på Elmia Svets & Fogningsteknik
MONTER A08:20

Laser Machining Inc. LMI AB • Hjärpholn 18 • 786 93 NÅS
0281-307 10 • www.lmiab.se • info@lmiab.se

LMiab
LASER MACHINING INC.