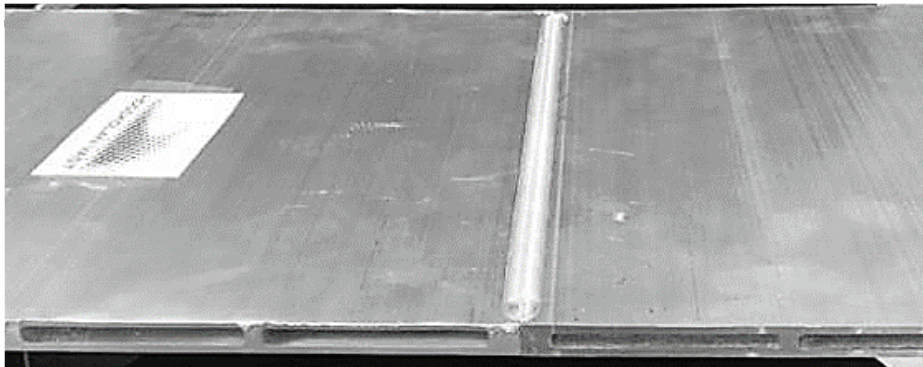


Lättviktskonstruktion av elfordon med friktionssvetsning (EVAStir)

Publik rapport



Författare: Joel Andersson
Datum: 2022-04-27
Projekt inom: Hållbar produktion

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Sammanfattning på engelska	3
3 Bakgrund	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	5
6 Resultat och måluppfyllelse	5
7 Spridning och publicering	10
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	10
7.2 Publikationer	11
8 Slutsatser och fortsatt forskning	11
9 Deltagande parter och kontaktpersoner	12

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

EVASTIR-projektet syftade till att stödja den svenska fordonsindustrin med övergången från förbränningsmotorfordon till batteridrivna elfordon, och samtidigt introducera som nya hållbara tillverkningsprocesser. Projektet syftar till att stärka den svenska konkurrenskraften inom elfordonsindustrin och möjliggör en komplett svensk leveranskedja genom OEM, underleverantör, råvaruleverantör och leverantör av tillverkningsutrustning. Projektet leddes av den akademiska partnern Högskolan Väst och stöddes av tre stora industriella partners, Volvo Cars, Hydro Extruded Solutions och ESAB. Den totala projektiden var 30 månader med en total tilldelad budget på 3,6 MSEK, varav 1,8 MSEK finansierades genom Vinnova FFI-programmet.

Detta projekt har utvecklat en svetsprocess, friction stir welding (FSW), för att stödja design och tillverkning av en kostnadseffektiv, skalbar, lätt och krocksäker batterilåda för elfordon. De specifika tekniska målen för projektet var att utveckla friktionssvetsningsprocedurer för olika materialfogar av gjutna och extruderade aluminiumlegeringar och för höghastighetssvetsning upp till 5m/min. Genom att använda både portalmaskiner och robotiserade FSW-system optimerades svetsprocessen för att i slutändan uppnå svetsar som utvärderades enligt ISO25239 teststandarden för FSW. Goda svetsegenskaper uppnåddes vid hastigheter på 4m/min vilket effektivt fördubblade produktiviteten jämfört med dagens industriell tillverkning. Vidare har befintlig robotutrustning vid Högskolan Väst uppgraderats för en ny processvariant, Stationary Shoulder FSW (SS-FSW). Detta är det första robotiserade SS-FSW systemet i Norden. De resulterande SS-FSW-fogarna gav ökad processstabilitet för robotsvetsar, gav minskad deformation, förbättrade mekaniska egenskaper och resulterade i en mycket jämn svetsyta.

Projektet avslutades med två projektdemonstratorer, inklusive en fullskalig batterilåda bestående av aluminium pressgjutgods och plåt, och en golvpanel tillverkad av aluminium extruderings. Svetsar av god kvalitet tillverkas i 3 mm tjock AA6063-T6 extruderad aluminiumlegering vid höga svetshastigheter i ett intervall av 3,0-5,0 m/min genom att implementera högre verktygsrotationshastigheter (3500-4500 rpm) och axialkraft (8-11 kN). Dessa höghastighetssvetsar resulterade i en fogeffektivitet på 72 % jämförd med grundmaterialet. EBSD-analys i de olika mikrostrukturzonerna bekräftade den betydande kornförfiningen i SZ tillsammans med en stor del av korngränsar med hög vinkel, vilket resulterade i hög deformation i dragprov. Vid dragprov bröts svetsen i TMAZ /HAZ-gränssnittet, vilket sammanföll med platsen för lägsta hårdhet, dvs. 50-53 HV. För att överföra resultaten av en optimerad uppsättning processparametrar producerade vi de två demonstratorerna. Demonstrator 1 bestod av överlappsvetsning av tunnplåt mot en HPDC-komponent för att forma ett vattentätt lock på batterilådan. Demonstrator 2 bestod av FSW fogning av flera extruderings för att forma en styv golvpanel till batterilådan.

2 Sammanfattning på engelska

The EVASTIR project aimed to support the Swedish automotive industry with the transition from internal combustion engine to battery electric vehicles, while introducing new sustainable manufacturing processes. The project aims to strengthen the Swedish competitiveness in the electric vehicle industry and the successful completion of this project would enable a full Swedish supply chain through OEM, subcontractor, raw materials supplier and manufacturing equipment supplier. The project was led by academic partner University West, and supported by three major industrial partners, Volvo Cars, Hydro Extruded Solutions and ESAB. The total project duration was 30 months with a total allocated budget of 3.6 MSEK, of which 1.8 MSEK was funded through the Vinnova FFI programme.

- This project has developed a welding process, friction stir welding (FSW), to support design and fabrication a cost-effective, scalable, lightweight and crash-resistant battery tray for electric vehicles. The specific technical objectives of this project were to develop friction stir welding procedures for dissimilar material joints of cast and extruded aluminium alloys and for high speed welding up to

5m/min. Using both gantry machines and robotic FSW systems, the weld process was optimised, ultimately to achieve welds compliant with ISO testing standards at speeds up to 4m/min, effectively doubling the productivity compared to industrial state-of-the-art. Furthermore, existing robotic equipment at University West was retrofitted to accommodate a new process variant, Stationary Shoulder FSW. This is the first robotic stationary shoulder system in the Nordic countries. The resulting stationary shoulder FSW joints provided increased process stability for robotic welds, provided reduced distortion, improved mechanical properties and resulted in a very smooth weld surface finish. The project was concluded with two project demonstrators, including a full-scale battery tray consisting of cast and sheet metal, and a battery tray floor panel fabricated from extruded panels. Good quality welds are produced in 3 mm thick AA6063-T6 extruded aluminium alloy at a high welding speeds in a range of 3.0-5.0 m/min by implementing violent material mixing i.e., higher tool rotation speeds (3500-4500 rpm) and plunge force (8-11 kN). The weld cross-section registered curious hardness profile of 'U' shape. These high speed welds resulted softening of weld stir zone (~60 HV) along with HAZ (~50 HV). The highest joint efficiency of 72 % was found for the weld produced at 4.0 m/min and 3500 rpm. EBSD analysis in the different microstructure zone confirmed the significant grain refinement in the SZ along with large fraction of HAGB, which resulted in tensile deformation. The high speed weld exhibited tensile failure from the TMAZ/HAZ interface, coinciding with the location of lowest hardness, i.e. 50-53 HV. In order to transfer the results of optimized set of process parameters, we produced the two demonstrators. Demonstrator 1 consisted of lap welding of HPDC component with sheet cover, while demonstrator 2 consisted of FSW of joining two large extrusion battery floor panels. In addition to the research output for the benefit of industrial partners, the project has also produced significant academic outputs including two publications in international journals and two additional publications in writing and expected to be published by the end of 2022. A Post-doc researcher was recruited, and two Master theses completed. The EVASTIR project was also presented to Scandinavian academia and industry at the AG52 meeting, hosted by the Swedish Welding Commission.

3 Bakgrund

Bilindustrin går igenom sin största förändring någonsin med omvandlingen från förbränningsmotor (ICE) till batteridrivna elfordon (BEV). Nivån på investeringar och FoU-budgetar är på rekordnivå och nya aktörer på marknaden såsom Tesla och BYD är ett hot för den svenska fordonindustrin. EVASTir projektet syftar till att stödja övergången av den svenska fordonsindustrin till batteridrivna elfordon och har vidareutvecklat friction stir welding, en så-kallad 'solid-state sammanfogningsprocess' där materialet inte smälts.

Friction Stir Welding (FSW), som uppfanns vid The Welding Institute (TWI) 1991, använder ett roterande verktyg som trycks ner mellan två metalliska delar och förs längs en foglinje för att bilda en fog med plastisk material, utan att uppnå smältemperaturen. Principen för FSW visas i figur 1. Friktion mellan verktyget och arbetsstycket genererar värme, som mjukar upp materialet runt verktyget. Det roterande FSW-verktyget förflyttas sedan genom det mjuknade materialet, som smids ihop när verktyget rör sig längs foglinjen. FSW ger flera fördelar för sammanfogning/svetsning av aluminium jämfört med mekanisk infästning och smältsvetsning, inklusive utmärkta svetsmekaniska egenskaper, även i icke-bågsvetsbara legeringar, låg energitillförsel, låg deformation och låg krympning på grund av svetsprocessens solid-state karaktär.

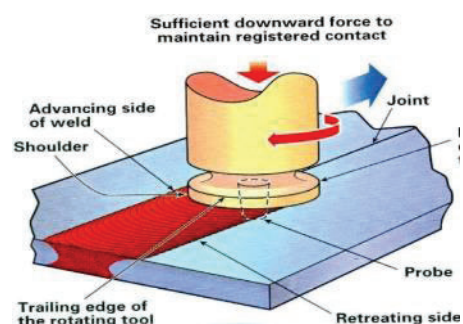


Figure 1: The principle of Friction Stir Welding

FSW har utvecklats till en mogen sammanfogningsteknik med ett brett utbud av industriella tillämpningar, allt från raketbränsletankar för NASA Delta-raketerna, SpaceX Falcon,

hemelektronik som Apple iMac och spårvagnar och tåg som Londons tunnelbanetåg och de japanska Shinkansen kultåg. Inom bilindustrin sågs den första användningen av FSW i sportbilar med små volymer som Audi R8, Mercedes SL och Ford GT. Senare användes FSW av Tesla Inc. för tillverkningen av Model S-batterilådan och därefter för andra bilar, inklusive Renault Zoe, Mercedes EQC och Polestar 2.

Även om FSW används ofta för extruderade material, kombinationen av gjutna och valsade aluminiumlegeringar är än så länge inte allmänt använd industriellt och det finns inga allmänna riktlinjer tillgängliga för hur produkter ska tillverkas med FSW. Dessutom är svetshastigheterna för typiska högvolympapplikationer ofta begränsade till 2m/min.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

EVASTIR-projektet stödde den svenska fordonsindustrin med övergången från förbränningsmotor till batteridrivna elfordon, samtidigt som nya hållbara tillverkningsprocesser introducerades. Detta projekt utvecklade en svetsprocess, FSW, för att stödja design och tillverkning av en kostnadseffektiv, skalbar, lätt och krocksäker batterilåda för elfordon. De specifika tekniska målen för detta projekt är att utveckla FSW-procedurer för olika materialfogar av gjutna och extruderade aluminiumlegeringar och för höghastighetssvetsning till 5m/min.

Projektet behandlade följande forskningsfrågor:

- Vilka är begränsningarna för att öka svetshastigheterna i FSW utöver den nuvarande industrireferenshastighet på 2m/min och hur kan det förbättras?
- Kan olika aluminiumlegeringar sammanfogas med FSW och uppnå acceptabla svetsegenskaper i enlighet med ISO standarden?
- Vad är de unika mekaniska och mikrostrukturella egenskaperna hos höghastighets- och FSW-fogar i blandade material jämfört med en referens FSW fog på låg hastighet?

Projektet bestod av fem arbetspaket (WP). WP1 är fokuserat på utveckling av svetsprocessen och WP2 är fokuserat på design av batterilådor. WP 1 och 2 löper parallellt och kommer att ha regelbundna interaktioner så att produkten och sammanfogningslösningen är helt kompatibla. WP3 behandlade produktivitets-, kostnads- och hållbarhetskrav genom att jämföra FSW med andra tillverkningsmetoder som lasersvetsning eller bågsvetsning. WP4 samlade den utvecklade svets- och produktdesignkunskapen till en slutprojektdemonstrator, som visar tillverkningen av en representativ batterilåda med FSW. Projektet leddes av den akademiska partnern University West som ansvarade för resultatspridning (WP5), och stöddes av tre stora industriella partners, Volvo Cars, Hydro Extruded Solutions och ESAB, som gav värdefulla industriella insikter för den forskningen som utvecklats. Den totala projekttiden är 2,5 år med en total budget på 3,6 MSEK, varav 1,8 MSEK finansierades genom Vinnova FFI-programmet.

5 Mål

Det övergripande målet med detta projekt var att stödja den svenska fordonsindustrin till att bli en 'nollutsläppindustri', både i sina produkter och sin produktion, genom att tillverka elfordon med hållbara tillverkningsprocesser.

De specifika tekniska målen för detta projekt var att:

- Skapa designriktlinjer för bilindustri för en ny svetsprocess, FSW.
- Utveckla svetsprocedurer för fogar av blandade material såsom extruderat mot gjutet aluminium.
- Utveckla verktyg och procedurer för friktionssvetsning för höghastighetssvetsning upp till 5m/min.
- Bedöm den strukturella integriteten i FSW-fogen och producera provningsdata som är relevant för datorstödd ingenjörskonst (CAE) och finit elementanalys (FEA).

- Utvärdera olika utföranden av batterilådor och bedöm deras lämplighet för FSW.
- Demonstrera tillverkningen av en batterilåda med hjälp av de utvecklade sammanfogningsprocesserna.

Projektet syftade till att stärka den svenska konkurrenskraften inom elfordonsbranschen på olika nivåer:

- OEM-nivå (Volvo Cars): Minskning av tillverkningskostnader genom införande av innovativa sammanfogningsmetoder.
- Underleverantörsnivå (Hydro): Genom att förstå bilindustrins design och materialkrav på svetsade sammansättningar kommer positionen som leverantör av aluminiumprofiler stärkas, både till svenska och internationella biltillverkare.
- Equipment Integrator Level (ESAB): Detta projekt kommer att öka förståelse för industriella behov inom fordonsindustrin och skräddarsy produktionssystem därefter. Det övergripande målet är att leverera tillverkningsutrustning till fordonsindustrin och underleverantörer över hela världen.

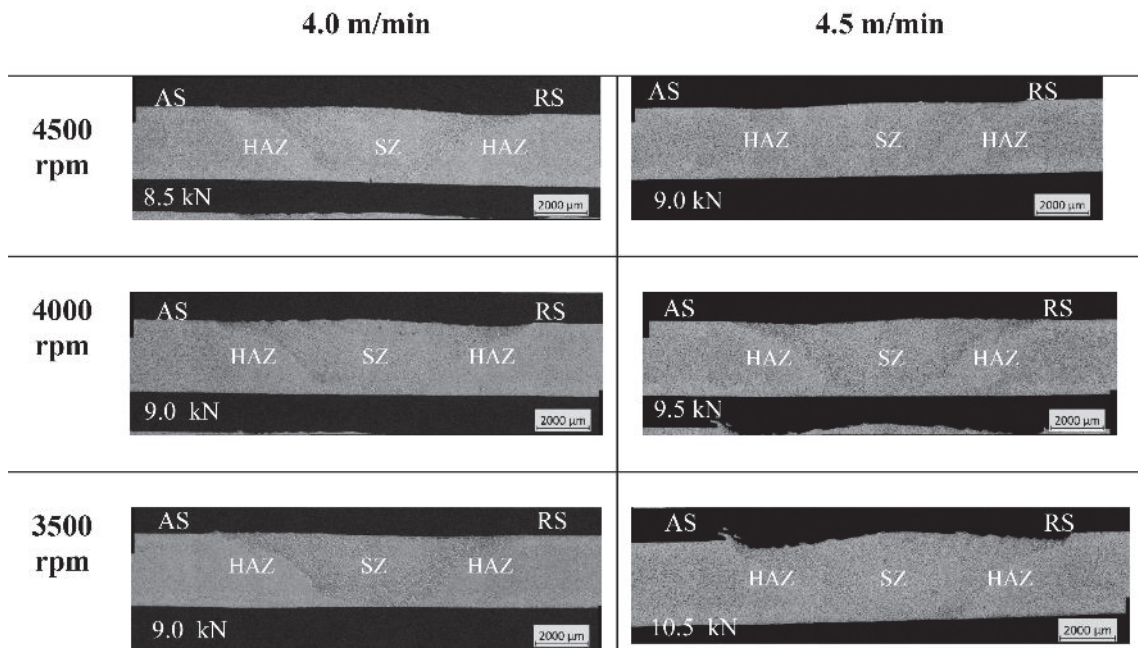
Kunskapsskapandet bland projektpartnererna ESAB och Hydro kommer att göra det möjligt för dessa företag att leverera till den bredare svenska transportbranschen, antingen som Tier 1-underleverantör, Tier 2-materialleverantör eller som systemintegratör och tjänsteleverantör.

Alla kommande batteridrivna fordon kommer att kräva någon form av kapsling av batterierna för att garantera krocksäkerhet, effektiv kylning och elektriskt skydd, samt för att förhindra vattenintrång eller batteriläckage. Resultaten från detta projekt är därför tillämpbara, inte bara för projektpartner Volvo Cars, utan även för den bredare svenska transportbranschen inklusive bussar och lastbilar.

6 Resultat och måluppfyllelse

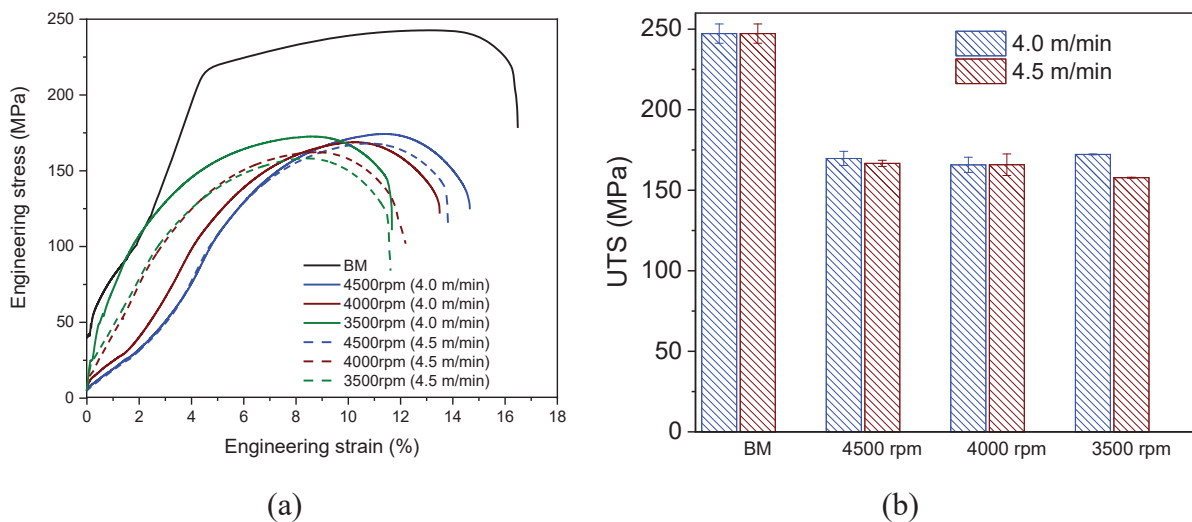
FSW-systemet vid Högskolan Väst har uppgraderats med det nya stationära ansatshuvudet FSW och de första svetsresultaten visar att denna teknik kan producera utmärkta svetsar med bättre repeterbarhet än konventionella FSW. Svetsytan är också avsevärt förbättrad jämfört med konventionella svetsar, vilket potentiellt eliminerar behovet av eftersvetsbearbetning i vissa applikationer.

FSW processen utvecklades i 6000-serie aluminium legeringar som var värmebehandlats till T6 tillstånd. Svetshastigheterna som uppnås på robotsystemet vid Högskolan Väst under RP2 är 3,6m/min för konventionell FSW och 2,5m/min för SS-FSW. Dessutom tillämpades svetsprocedurerna på Hydro FSW-maskinen som har högre kraftkapacitet. På det systemet uppnåddes svetshastigheter på över 4m/min och genom ytterligare verktygs- och parameteroptimering har det utmanande målet på 5m/min uppnåtts. Svetsen som producerades vid 5,0 m/min rapporterade mindre märkbar brist på penetration i botten av plåten, vilket resulterade i fogverkningsgraden strax under 70%. Genom mekanisk provning och metallurgisk analys av lederna verifierades egenskaperna. En svetshållfasthet överstigande 70 % av grundmaterialets styrka uppnåddes vid 4,0 m/min svetshastighet. Ytterligare optimering av svetsegenskaperna förväntas i RP3. Vidare optimerades verktygets rotationshastigheter och dykkraft vid svetshastigheter på 4,0 och 4,5 m/min. Figur 1 visar typiska bassängformade svetstvärsektioner med god och enhetlig materialblandning på framatningsidan (AS) och retirerande sida (RS) av fogen. HSFSW-fogen vid 4,5 m/min och låg rotationshastighet (3500 rpm) utvecklades under skärning i toppen av svetsklumpen (se figur 1) på grund av den högre axialkraften. Den högre axialkraften användes för att säkerställa fullständig penetration vid lägre rotationshastighet. Avvägningen mellan verktygsrotation och axialkraft visade sig vara mycket avgörande vid en så hög svetshastighet vilket skulle kunna styras och förbättras med hjälp av temperaturstyrning.



Figur 2 Optisk mikrofotografi av svetsvärnsnitten vid olika höga svets- och rotationshastigheter

Foghållfastheten analyserades genom dragprovning (Figur 3). Svetsen som producerades vid 4500 rpm och 4,0 m/min rapporterade cirka 70 % av grundmaterialets styrka, medan en liten minskning av konstaterades vid 4,5 m/min. Den högsta fogeffektiviteten på 72 % rapporterad av fog producerad vid 4 m/min och 3500 rpm. Den lägsta fogeffektiviteten (~65%) som hittats för fogen producerad vid 4,5 m/min och 3500 rpm och ansågs otillräckligt. Oavsett svets hastigheter utvecklades den liknande foghållfasthet som erhöles för svetsarna vid 4000 rpm. Alla höghastighetssvetsar bröts i samma läge, på TMAZ/HAZ-gränssnittet på 'retreating' sidan av svetsarna, oavsett svets- och rotationshastigheter.



Figur 3 Dragbeteende: (a) spänning-töjningskurva och (b) jämförelse av dragegenskaper vid olika svets- och rotationshastigheter tillsammans med BM

Genomförbarheten av FSW för pressgjutgods (HPDC) mot extruderat plåt i överlappsconfiguration analyserades. Tre FSW verktyg har utvärderats och en defektfri svets uppnåddes med ett verktygsdesign (se figur 4). Olika svetsparametrar användes för att se påverkan på ytan, makrostrukturen och mekaniska egenskaper. Det visade sig att svetsning av extrudering till

gjutgods kräver mer värme på den gjutna sidan (bottenplåten), vilket begränsade svets hastigheten betydligt. Eftersom ett begränsade antal HPDC-testkupper fanns tillgängliga begränsades undersökningen till att erhålla defektfri svetsning upp till 1 m/min svets hastighet.

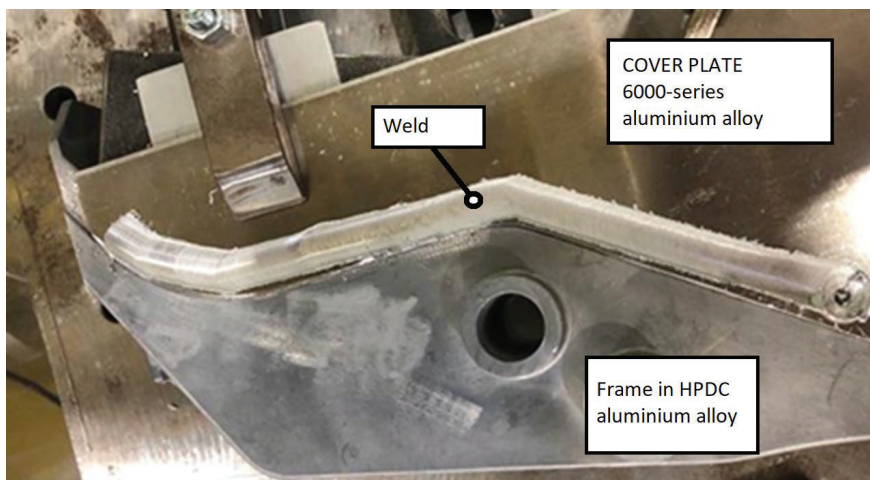


Figur 4 Svetsa tvärsnitt av extrudering till gjutning

Sammantaget tyder resultaten på att projektet har lyckats med det övergripande målet att stärka den svenska konkurrenskraften inom elfordonsindustrin såväl som dess leveranskedja, och svets hastigheterna på 3,5m/min kan anses vara världsledande, och jämförbar med andra sammanfogningsprocesser såsom TIG och lasersvetsning.

En studie genomfördes också på hur värmepåverkade zonegenskaper kan undersökas i FSW fogar för krocksäkerhetsstudier. De mest relevanta mekaniska egenskaperna för FSW visade sig variera med fogdesign, belastningstyp, placering av sluthålet och defekter. Användning av termiska och mekaniska cykler som registrerats under svetsning och efterföljande fysiska simuleringar (t.ex. i Gleeble- utrustning) är tänkta för att simulera egenskaperna i värmepåverkade zonen. Som ett resultat förväntas noggrannheten i krocksimuleringarna förbättras för de långa svetsfogarna som används i batterilådor för elfordon, vilket undviker överdesign och gör de svetsade lådorna säkrare och lättare.

Demonstrator 1 visas i Figur 5, där en aluminium tunnplåt svetsades mot en HPDC-komponent. En stor utmaning med denna demonstrator var det begränsade utrymme från plåtkanten till fogen, vilket kräver mycket noggrann positionering av FSW verktyget. Det är speciellt svårt att hantera på roboten som har en vis utböjning på grund av de höga processkrafterna. SS-FSW visade sig vara mer repeterbar och avståndet från fogen till plåtkanten kunde minskas. Därför utfördes SS-FSW på samma demonstrator vilket ytterligare resulterade i bättre ytjämnhet. Figur 6 visar demonstrator 2, där extruderade golvpaneler för batterilådor är svetsade på hög hastighet för att forma en golvpanel till batterilådan.



Figur 5: Demonstrator 1 med FSW av en aluminium plåt på en HPDC-gjutet ram



Figur 2 Demonstrator 2: FSW av extruderade profiler för tillverkning av en golvpanel till batterilådan

Leveransbart nr.	Leveransbar titel enligt projektförslag	Faktisk leverans
D1.1	Svetsprocedurspecifikation (A+B)	<p>Svetsprocedurer utvecklades för tre olika konfigurationer med två olika FSW-tekniker, konventionell FSW och SS-FSW:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stumfogar av extruderade aluminiumlegeringar - Överlappsfogar av extruderade aluminiumlegeringar - Överlappsfogar av extruderade till pressgjutna aluminiumlegeringar <p>Stumfogarna producerades med hastigheter upp till 3,6m/min på robotsystemet och 5m/min på portalmaskinen. Fogar uppnår över 70% av grundmaterialets styrka vid svetshastigheter upp till 4m/min.</p>
D1.2	Mekaniska egenskaper hos olika FSW-skarvar	Svetsar bedömdes enligt ISO25239 som riktlinje. Svetsarna presterade bra i dragprover och överträffade UTS-kraven för FSW-fogar vid hastigheter upp till 4,5 m/min.
D2.1	Definition av relevanta mekaniska egenskaper för datorstödd teknik.	En leveransbar rapport om CAE-kraven färdigställdes i juni 2021 och satte scenen för ett framtida projekt för att tillhandahålla FSW och Heat Affected Zone-egenskaper för deras krocksäkerhetsstudier på Volvo Cars och som är tillämpliga på den bredare bilindustrin.
D2.2	CAD-modell av batterilåda demonstrator	CAD-modeller producerades för demonstratorn och användes för offline programmering av FSW-roboten. Designen baserades på nästa generations EV-plattform från Volvo, men är tillämplig på generiska EV-batterier. Golvpanelsdemonstrationsdesignen tillverkades av befintliga aluminiumprofiler, som användes för golvpanelen på en befintlig EV och levererades av en fordonsunderleverantör.
D3.1	TR: Studie av produktivitets- och	Rapporten beskriver produktivitetsökningen genom att svetsa med högre hastighet samt

	hållbarhetsfördelar med FSW	allmänna fördelar i hållbarhet genom att använda FSW processen, dvs. låg energiförbrukning, inget skyddsgas, inga ångor, lätt återvinningsbar genom att inte införa ett fästelement eller annan metall.
D4.1	Svetsad batterilåda	Två fullskaliga projektdemonstratorer: Den första demonstratorn använde både stationär skuldra och konventionell FSW för att sammanfoga övre och nedre locket på en HPDC-gjuten ram för att bilda ett helt förseglat batterilåda. Den andra demonstratorn består av flera svetsade profiler för att bilda en styv golvpanel för en batterilåda.
D5.1	Tidskriftsutgivning, populärvetenskaplig publicering och konferenspresentation.	<ul style="list-style-type: none"> - Två publikationer i internationella tidskrifter - Två publikationer är skriftliga och förväntas publiceras i slutet av 2022. - En Postdoc forskare har rekryterats - Två masteruppsatser togs fram - EVASTIIR-projektpresentation till Friction Stir Welding and Processing AG-52 divisionsmöte organiserat av Svetskommissionen.
D5.2	Demonstration av projektet på fordons- eller svetsmässa.	På grund av pandemin blev de flesta evenemang och konferenser inställda, och därför kunde denna aktivitet inte slutföras under projektets gång. Högskolan Väst och ESAB avser dock att visa upp demonstratorn vid ett relevant evenemang såsom Elmia Svets & Fogningsteknik.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	
Introduceras på marknaden	X	Resultaten av EVASTir- projektet tas redan vidare inom Volvos bilar för introduktion i nästa generations elfordon från 2023.
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

1. High-speed friction stir welding in light weight battery trays for the EV industry. V Patel, J De Backer, H Hindsefelt, M Igestrand, S Azimi, J Andersson, J Säll. Science and Technology of Welding and Joining 27 (4), 250-255, 2022
2. High speed friction stir welding of AA6063-T6 alloy in lightweight battery trays for EV industry: Influence of tool rotation speeds. V Patel, J De Backer, H Hindsefelt, M Igestrand, S Azimi, J Andersson, J Säll. Materials Letters, 132135, 2022
3. Properties augmentation of cast hypereutectic Al-Si alloy through Friction Stir Processing (FSP). W Bates, V Patel, H Rana, J Andersson, J De Backer, M Igestrand, L Fratini. Metals and Materials International, 2022. [Article In Press]
4. Presentation of the EVAStir project, Svetskommissionens Arbetsgrupp 52, September 2021, Göteborg. [Conference Presentation]

8 Slutsatser och fortsatt forskning

FSW har visat sig vara en ren, säker, hållbar och pålitlig fogningsprocess, som ger mycket goda svetsegenskaper i aluminiumlegeringar inklusive bladade material som plåt mot gjutgods. Processen har goda förutsättningar för ökat användning inom fordonsindustrin. Introduktion av höghastighets FSW i volymproduktion i Sverige förväntas skala upp och stärka produktionen av lättviktsbatteripaket för elbilar. Projektet har visats att goda svetsresultat kan uppnås på höga hastigheter (se Figur 7). Dessutom visade projektet att optimerat verktygsdesign och högre maskinspecifikation möjliggör ytterligare ökad svetshastighet över 4 m/min, vilket leder till en effektiv produktivetsförbättring på 100 % jämfört med nuvarande tillverkningssystem inom bilproduktion.

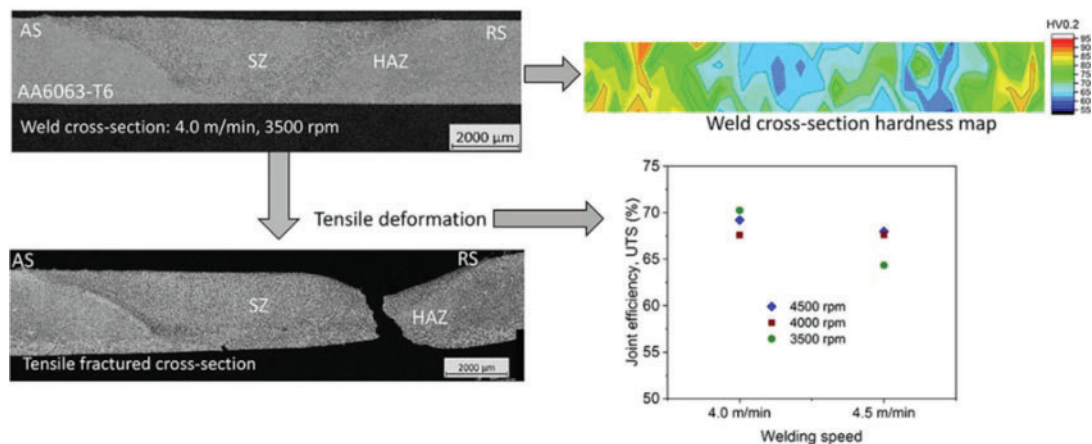


Figure 7: Summary of high speed FSW developments: Cross section, hardness and tensile strength.

Resultaten av detta projekt har presenterats för svenska fordonsindustrier såsom Volvo Cars, Volvo Lastvagnar, NEVS och CEVT genom att organisera möten och workshops på Högskolan Väst. Projektresultaten har även delats på sociala medier som LinkedIn med mycket positiv respons, vilket har initierats nya samarbeten inom lastbilstillverkning, både inom Sverige och internationellt. Projektet har också lett till ett förnyat samarbete med befintliga partners Hydro och Volvo Cars, vilket förväntas leda till nya projekt inom FSW under 2022, till exempel genom Vinnova FFI Hållbar Produktion och LIGHTER 2022 utlysningar.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Högskolan Väst (projektkoordinator)

Institutionen för ingenjörsvetenskap vid Högskolan Väst (University West) har stor erfarenhet av produktionsteknik med över 12 års forskning inom aluminium FSW och andra svetsprocesser såsom båg-, laser- och EB svets, med cirka 300 publikationer. HV var det första universitetet i Skandinavien som hade ett robotiskt FSW-system. HV anses också vara bland toppgrupperna globalt inom robotiserad lasertråd additiv tillverkning. Forskningsgruppen har även en Gleeble termomekanisk simuleringssystem och en Vareststraint svetsbarhetstestsystem. Svetsgruppens betydande styrkor inom svetsning av 'svåra att svetsa' material är mest relevanta för den fortsatta utvecklingen. Projektet koordinerades av Assoc. Prof. Joel Andersson, avdelningschef Svetsteknik vid HV, som har skrivit ett 50-tal artiklar inom svets- och metallurgiområdet.

Projektet fick ytterligare stöd av Dr Vivek Patel, Dr Jeroen De Backer och Mr Mattias Igestrand.

Kontakt: Dr Joel Andersson – joel.andersson@hv.se



Robotic FSW system at University West

ESAB AB

ESAB är ett ledande svetsföretag som täcker de flesta discipliner av svetsning/fogning. Företaget finns i alla större länder med totalt 35 fabriker för utrustning och tillsatsmetall och är idag det enda svetsföretaget med expertis inom FSW. ESAB har levererat över 60 större installationer i FSW. Omsättningen 2016 var 1,8 miljarder USD. ESAB har varit en medlem i FSW-initiativet sedan processen uppfunnits. Under åren har ESAB byggt upp en kompetens att leverera kompletta FSW-lösningar till kunder och applikationer inom flyg-, transport- och fordonsindustrin. ESAB äger ett flertal patent inom FSW. Deltagarna från ESAB kommer från FSW processutveckling, produktledning och design. ESAB är den främsta leverantören av allmänna FSW-stationer i Europa och utan tvekan den ledande globala leverantören av FSW för flygindustrin. ESAB håller för närvarande på att upprätta ett samarbetsavtal med en ledande aktör inom civil flyg- och rymdindustri och deltagande i OASIS-projektet skulle ge en konkurrensfördel gentemot utomeuropeiska aktörer i främst USA och Kina.

Kontakt: Peter Kjällström – peter.kjallstrom@esab.se



Hydro Extruded Solutions AB

Hydro är en global leverantör av aluminium med verksamhet i hela värdekedjan. Hydro är ett helt integrerat aluminiumföretag med 35 000 anställda i 40 länder på alla kontinenter, som kombinerar lokal expertis, världsomspännande räckvidd och oöverträffad kapacitet inom FoU. Förutom produktion av primäraluminium, valsade och extruderade produkter och återvinning, utvinns Hydro även bauxit, förädlar aluminiumoxid och genererar energi för att vara det enda 360°-företaget i den globala aluminiumindustrin. Hydro har omfattande kunskaper om att använda aluminiumlegeringar och var det första aluminiumextruderingsföretaget i världen att införa friktionssvetsning för över 20 år sedan vid sin fabrik i Finspång. Hydro finns inom alla marknadssegment för aluminium, med försäljnings- och handelsaktiviteter genom hela



Extruded aluminium battery tray concept by Hydro, jointly developed with TWI Ltd.

värdekedjan som betjänar mer än 30 000 kunder. Baserat i Norge och med rötter i mer än ett sekels erfarenhet av förnybar energi, teknologi och innovation, är Hydro engagerade i att stärka livskraften för sina kunder och samhällen, forma en hållbar framtid genom innovativa aluminiumlösningar. I Sverige finns Hydro med extruderade lösningar, byggsystem och valsade produkter (1070 anställda på 7 orter). Extruded Solutions har tillverkningsanläggningar i Finspång och Vetlanda samt ett aluminiumgjuteri i Sjunnen. Building Systems har anläggningar i Vetlanda och Rolled Products har ett försäljningskontor i Stockholm. Extruded Solutions har ett FoU-center, Innovation & Technology, i Finspång. Den tidigare Sapa-koncernen grundades i Sverige, med vår första produktionsanläggning i Vetlanda 1963.

Kontakt: Mr Jan Backlund – jan.backlund@hydro.com

Partnerbeskrivning Volvo Personvagnar AB

Volvo Cars är ett svenskt premiumbilsföretag. Det har sitt huvudkontor på Torslanda i Göteborg, och är ett dotterbolag till det kinesiska fordonsföretaget Geely. Volvo Cars har produktionsanläggningar i Sverige, Belgien, USA och Kina och fortsätter att expandera befintlig verksamhet i EMEA och Asien och Stillahavsområdet. Volvo Cars har FoU-center i Silicon Valley och Köpenhamn och Design Center i Camarillo, Göteborg och Shanghai. Volvo Cars tar en djärv ledning med elektrifiering inom bilindustrin. Som det första stora premiumbilmärket som satsar på en hybrid eller helelektrisk drivlina för alla våra modeller, siktar vi på att driva fordonssektorn framåt, förbättra luftkvaliteten i våra städer och öka vår framgång som företag. Varje ny Volvobil som lanseras från 2019 och framåt kommer att ha en elmotor. Detta ambitiösa engagemang visar att vi på Volvo Cars vågar ta ledningen och anamma en renare mobilitet. Det understryker vårt mål att minska miljöpåverkan från våra produkter och att förbättra luftkvaliteten i våra städer. Mest av allt visar det att vi lyssnar på våra kunder och deras behov. I år tar vi nästa steg mot att elektrifiera vårt sortiment. Vi uppgraderar våra befintliga T8 och T6 Twin Engine plug-in hybriddrivlinor med förbättrade batterier, och plug-in alternativ kommer nu att finnas tillgängliga på alla modeller vi bygger. Vi kommer också att introducera en rad milda hybrider baserade på kinetisk energiåtervinningsteknik från och med i år, som omfattar både diesel- och bensinmotorbilar.

Kontakt: Mrs. Ana Magalhães: ana.magalhaes@volvocars.com



Volvo Cars 360c concept car: all-electric, fully autonomous, modular vehicle