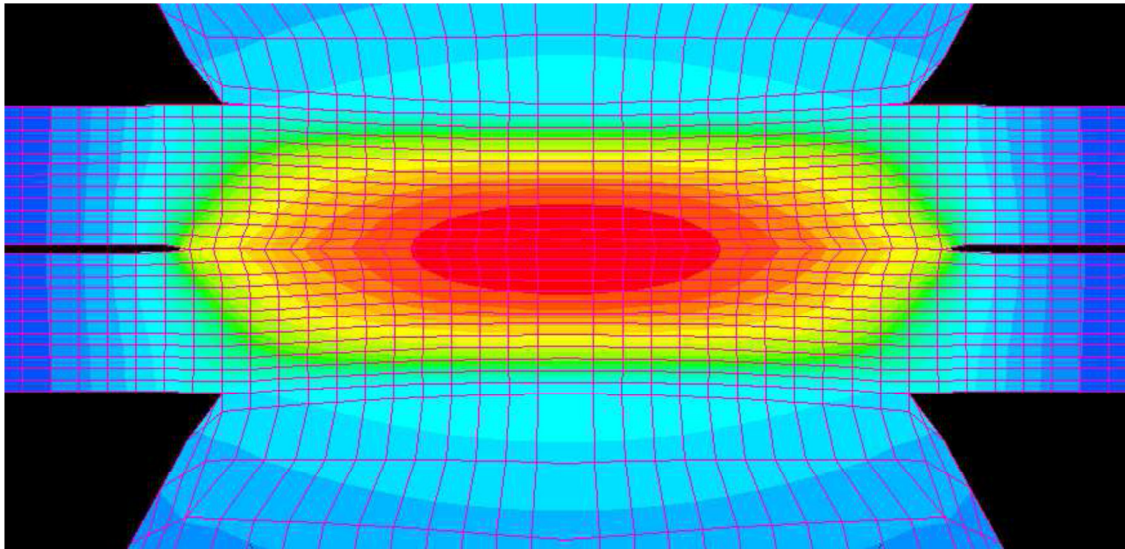




FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

# Punktsvetsning för lättviktskonstruktioner SPOTLIGHT



Författare: Arne Melander, Oscar Andersson, Johannes Gårdstam, Fredrik Wredenber,  
Paul Janiak, Mattias Linden, Karl Fahlström, Anna Runnemalm, Ola Albinsson, Åsa  
Lundevall

Datum 2013-01-31

Delprogram: Hållbar tillverkning



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund</b>	<b>4</b>
<b>3. Syfte</b>	<b>5</b>
Projekt mål	6
<b>4. Genomförande</b>	<b>6</b>
<b>5. Resultat</b>	<b>7</b>
WP1 Utveckling och verifiering av simuleringsmetoder för punktsvetsning	7
WP2 Utmaningsdriven punktsvetsning	8
WP3 Punktsvetsning av aluminium	8
WP4 Innovativa metoder för elektrodformering	9
WP5 Automatiserad oförstörande provning av punktsvetsar	9
WP6 Robusta tekniker för reduktion av antalet punktsvetsar	10
WP7 Dokumentation av guidelines och spridning av resultat	11
<b>6. Bidrag till FFI-mål</b>	<b>11</b>
<b>7. Spridning och publicering</b>	<b>13</b>
<b>8. Slutsatser och fortsatt forskning</b>	<b>14</b>
<b>9. Deltagande parter och kontaktpersoner</b>	<b>15</b>

### Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

## 1. Sammanfattning

Svensk fordonsindustri måste vara i den internationella frontlinjen med avseende på produktionsprocesser och teknologier för att klara global konkurrens och behålla produktion i Sverige. Detta projekt syftar till att långsiktigt stärka svenska forskningsmiljöer motiverat av ökade krav på miljö och fordonssäkerhet. Projektet är även inriktat mot att säkra kostnadseffektivitet och optimerade konstruktioner.

Projektet bidrar med lösningar vid punktsvetsning med material och kombinationer av dem så att lättare bilarosser och lastvagnshytter skapas. Både punktsvetsning av höghållfasta stål och aluminium täcks in. Det finns idag begränsningar vid svetsning av stål när det gäller relationen mellan plåttjocklek och total plåttjocklek. I detta projekt kommer man försöka utvidga dessa gränser.

Projektets mål är:

- Utveckla och verifiera simuleringsmetoder för punktsvetsning så att beredningstider kan reduceras
- Utveckla kostnadseffektiva punktsvetsningsprocesser för nya stål och kombinationer av många plåtar.
- Utveckla punktsvetsprocesser för aluminiumlegeringar.
- Utveckla metoder för punktsvetsning av tjockare fogar med fler plåtar än vad fordonsindustrin tillåter idag.
- Utveckla innovativa metoder för elektrodformering
- Utveckla och bygga en demonstrator för OFP av punktsvetsar delvis baserad på erfarenheter från tidigare projekt.
- Utveckla kvalitetssäkrade optimeringsmetoder så att antalet punktsvetsar kan reduceras och anpassas till olika delar i en kaross eller hytt.
- Att utarbeta lättanvända guidelines baserat på projektets resultat.

Följande resultat har uppnåtts:

- Projektet har uppfyllt de ställda målen att ta fram och verifiera metoder för virtuell beredning av punktsvetsning med avseende på punktsvetsstorlek och risk för svetsnsprut. Detta har gjorts för ett brett spektrum av stål för framtida karosskonstruktion.
- Projektet har arbetat med utveckling av punktsvetsning av så kallade omöjliga kombinationer som kommer bli viktiga i framtidens karosser. Projektet har uppfyllt mål att kartlägga hur fogar mellan stort antal plåtar (upp till 5 stycken) i olika tjocklekar kan sammanfogas med punktsvetsning. Särskilt har fogar med tunna ytterplåtar (ner mot 0.5mm) studerats. Plåtar med hållfastheter upp emot 1500MPa har studerats. Gränserna

för när det är möjligt att punktsvetsa har kartlagts och dessa gränser har flyttats genom införande av innovativ teknik.

- I projektet har möjligheterna att punktsvetsa aluminiumlegeringar under produktionsförhållanden kartlagts. Begränsningar ligger huvudsakligen i nedbrytning av elektroder och olika metoder att begränsa eller kompensera denna nedbrytning har studerats i projektet. Detta gör att punktsvetsning idag framstår som en mycket mer realiserbar sammanfogningsmetod för aluminiumlegeringar än vid projektets start.
- Den elektrodinriktade delen av projektet gavs en något annorlunda inriktning än i den ursprungliga projektplanen. Den ursprungliga idén var att utprova automatiska formeringsmetoder för svetselektroder. Istället valdes att ta fram underlag för hur elektroder bryts ner under kontrollerade förhållanden i långa svetsserier. De genomförda studierna visar på möjligheter att förlänga formeringsintervall och därmed reducera kostnader.
- En ny metod för oförstörande provning av punktsvetsar har utvecklats nämligen termografi. Metodik har utvecklats ända fram till en första demonstrator för punktsvetsar i en baklucka. Projektet är ett viktigt bidrag till realiseringen av en ny teknologi som är lämplig att kombinera med automatiserad punktsvetsning.
- I projektet har en ny metodik tagits fram att optimera utplaceringen av punktsvetsar i en kaross. Metodiken har tillämpats på en enkel balk där man kunnat visa att punktsvetsmängden kan reduceras väsentligt genom att placera svetsarna på bästa ställen.
- Utbildningsmaterial har tagits fram motsvarande de olika delprojekten. Detta har skett både som bildspel och som videor. Projektet har genomfört en road-show till de större karosfabrikerna i Sverige vid projektets slut och har mötts av en mycket positiv respons av personal som arbetar med punktsvetsning i sin vardag.

## 2. Bakgrund

Svensk fordonsindustri måste vara i den internationella frontlinjen med avseende på produktionsprocesser och teknologier för att klara global konkurrens och behålla produktion i Sverige. Detta projekt syftar till att långsiktigt stärka svenska forskningsmiljöer motiverat av ökade krav på miljö och fordonssäkerhet. Projektet är även inriktat mot att säkra kostnadseffektivitet och optimerade konstruktioner.

Kraven ökar på låg bränsleförbrukning. Detta drivs både av miljöhänsyn och bränslekostnad. Dessa krav leder till användning av material som bidrar till lättare karosser som samtidigt kan uppfylla kraven på prestanda. Prestandakraven kan ofta leda till tyngre konstruktioner som alltså även måste kompenseras för.

I ett tidigare projekt (MERA, Punktsvetsning av ultrahöghållfasta stål) studerades förväntade problem vid produktion med ultrahöghållfasta stål, hur hållfastheten påverkas



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

och hur man kan undvika problem. Projektpartnererna var huvudsakligen samma som i Spotlight.

Fokus i detta projekt är emellertid annorlunda. Projektet bidrar med lösningar vid punktsvetsning med material och kombinationer av dem så att lättare bilkarosser och lastvagnshytter skapas. Både punktsvetsning av höghållfasta stål och aluminium kommer täckas in. Det finns idag begränsningar vid svetsning av stål när det gäller relationen mellan plåttjocklek och total plåttjocklek. I detta projekt kommer man försöka utvidga dessa gränser.

Fordonsindustrin använder i allmänhet inte idag punktsvetsning av aluminium beroende på produktionsproblem. Punktsvetsning skulle skapa betydande fördelar om det kunde användas i produktion. Vid detta projekts start fanns enstaka exempel från USA på användning av punktsvetsning för aluminium för lågserieproduktion. Projektet adresserar också ett kopplat problem nämligen underhåll av elektroder för punktsvetsning av olika material.

Vid detta projekts start var beredning av punktsvetsning nästan helt baserat på fysisk provning. I projektet utvecklas och verifieras simuleringsmetoder. Detta syftar till kortare beredningstider.

### **3. Syfte**

#### **Effektmål**

Projektet bidrar till reducerad spridning av CO<sub>2</sub> och andra föroreningar genom reducerad kaross och hyttvikt. Reduktionen uppnås genom ökad användning av avancerade lättviktsmaterial i innovativa och miljövänliga produkter, material som industrin har begränsad erfarenhet av. Projektet kommer att leverera ny fogningskunskap för dessa material.

Projektet bidrar också till mer effektiva beredningsmetoder för fogning av fordonskomponenter genom att utveckla simuleringsmetoder för själva tillverkningsprocessen och för optimering av utplacering av punktsvetsar. Detta kommer leda till kostnadsbesparingar, kortare ledtider och lägre investeringar.

Punktsvetsning av aluminium förväntas vara mycket mer kostnadseffektivt än till exempel självstansande nitning som idag ofta används vid fogning av aluminium. Flera fördelar kan läggas till detta som ingenjörsmässigt fördelaktiga plana ytor efter punktsvetsning.

Projektet fokuserar också på utveckling av OFP metoder för punktsvetsning. Detta kan leda både till kostnadsreduktioner och kvalitetshöjning.



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

Sammantaget kommer detta öka konkurrenskraften och ge en högre kompetens och lägre kostnad i Svensk fordonsindustri. Det kommer också ge en positiv miljöeffekt. Projektet kommer bidra till kunskapsbaserad produktion i Sverige. Projektet är ett bra exempel på nära samverkan mellan industri, universitet och institut. Projektet kommer också vara högst intressant för företag utanför projektgruppen.

## Projektmål

Projektets mål är kort uttryckt:

- Utveckla och verifiera simuleringsmetoder för punktsvetsning så att beredningstider kan reduceras.
- Utveckla kostnadseffektiva punktsvetsningsprocesser för nya stål och för aluminiumlegeringar.
- Utveckla metoder för punktsvetsning av tjockare fogar med fler plåtar än vad fordonsindustrin tillåter idag.
- Utveckla innovativa metoder för elektrodformering
- Utveckla och bygga en demonstrator för OFP av punktsvetsar delvis baserad på erfarenheter från tidigare projekt
- Utveckla kvalitetssäkrade optimeringsmetoder så att antalet punktsvetsar kan reduceras och anpassas till olika delar i en kaross eller hytt.
- Att utarbeta lättanvända guidelines baserat på projektets resultat.

## 4. Genomförande

Projektet är indelat i arbetspaket (WP) var och ett med mål och milestones. WP har olika storlek anpassat till behoven. Samordning kommer eftersträvas mellan WP. Arbetssättet har tillämpats i tidigare projekt med goda erfarenheter.

I korthet kommer projektet att:

- Utveckla virtuella simuleringsmetoder för punktsvetsprocessen som kan leda till kortare ledtider för beredning
- Utveckla kostnadseffektiva punktsvetsningsmetoder för nya stål och aluminiumlegeringar
- Utveckla punktsvetssteknik för tjocka fogar och sådan som innehåller många plåtar.
- Föreslå innovativ elektrodspetsformeringsteknik
- Utveckla demonstrator för automatiserad OFP av punktsvetsning
- Utveckla tekniker att optimera utplacering av punktsvetsar ur hållfasthetsperspektiv.
- Ta fram guidelines baserat på resultaten från projektet.

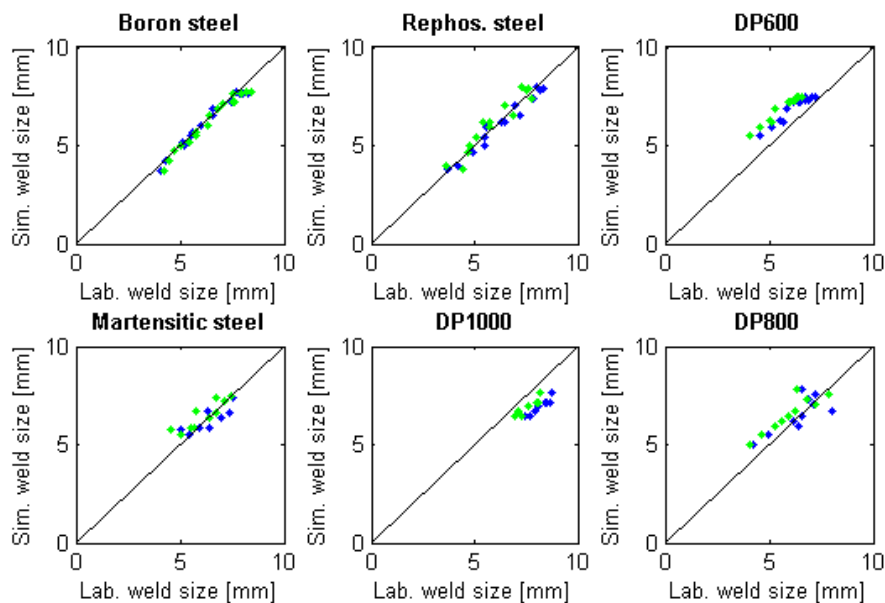
## 5. Resultat

### WP1 Utveckling och verifiering av simuleringsmetoder för punktsvetsning

Naturliga variationer som inträffar vid punktsvetsning i laboratorieskala och i produktion har kartlagts som en referens till sådana variationer som uppkommer i de nya virtuella metoder som utvecklats i projektet.

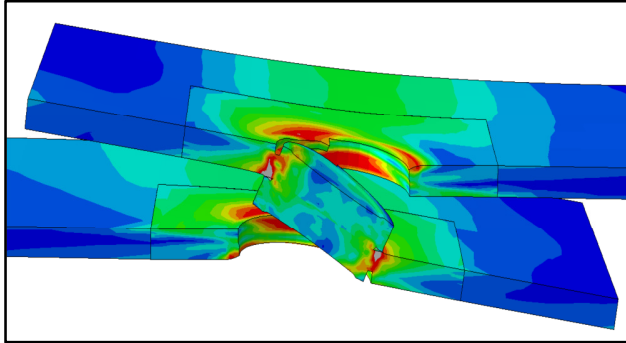
Baserat på en stor databas med punktsvetsdata har regressionsmodeller tagits fram som från material och processdata kan förutsäga punktsvetsstorlek. Modellerna får en spridning i resultaten som ligger mellan vad fysisk laboratorieprovning och produktionsutfall ger.

Finita elementsimulering har använts för att förutsäga punktsvetsstorlek och risk för svetsprut. Nya indata har tagits fram för simuleringarna. Resultaten har jämförts med verifierande försök. Simuleringsmodellerna, Fig 1, får en spridning i resultaten som ligger nära regressionsmodellerna.



**Figur 1 Jämförelse mellan resultat från simulering och fysisk provning av första punkt (grön) och andra punkt (blå).**

Nya modeller har utvecklats som simulerar dragprov av punktsvetsförband. Modellerna visar goda resultat, Fig 2.



Figur 2 Simulering av ett förstörande dragprov i borstål, bilden visar effektivspänning.

## WP2 Utmaningsdriven punktsvetsning

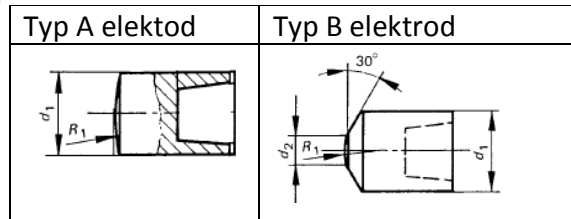
I detta delprojekt studerades utmanande plåtkombinationer som kan innehålla upp till fem plåtar och kombinationer av tjocka och tunna plåtar. För att klara dessa kombinationer måste ofta innovativa svetsmetoder som sekvenserad pulsad svetsning med flera strömpulser med mellanliggande kylning. Utvecklingsverksamheten syftade till att öka antalet möjliga plåtkombinationer att svetsa. Följande uppnåddes:

- Materialtjocklekar utanför företagets rekommendationer kunde svetsas, exempelvis kunde material tunnare än 0,7mm svetsas med goda resultat. Dock uppstod vissa problem när material tunnare än 0,65mm användes. Material tunnare än 0,65mm (i detta fall 0,55mm) kunde svetsas med hjälp av pulsad svetsningen.
- Innovativa tekniker som sekvenserad pulsad svetsning, partiellt isolerade elektroder och höghastighetsfilmning av punktsvetsningen skulle kunna vara ett sätt för att svetsa mer komplexa materialkombinationer eller optimera paustider (höghastighetsfilmning) mellan pulserna vid sekvenserad pulsad svetsning.

## WP3 Punktsvetsning av aluminium

Det har länge ansetts att det är omöjligt att punktsvetsa aluminium. Det beror främst på nedbrytning av elektroden vid de höga strömstyrkor som är aktuella och defekter som uppkommer i svetsarna. I projektet har det studerats om det är möjligt att lösa dessa problem genom val av elektroder. Inom delprojektet utfördes experimentell verksamhet där svetsbarhet på olika kombinationer av aluminiumplåtar var i fokus. Svetsningen av aluminium utfördes till en början med liknande utrustning som för stål d.v.s. samma elektrodgeometri, elektrodlegering osv. Det upptäcktes relativt snart att elektrodgeometrin spelade en avgörande roll för svetsbarheten hos aluminium. Under projektet jämfördes två olika elektrodgeometrier, typ A och typ B se Tabell 1.





Tabell 1 – Schematisk bild av elektrod typ A och B [3-2].

Elektrodtyp A gav bättre svetsbarhet (större svetslob) än elektrodtyp B för alla materialkombinationer som utvärderats i detta projekt.

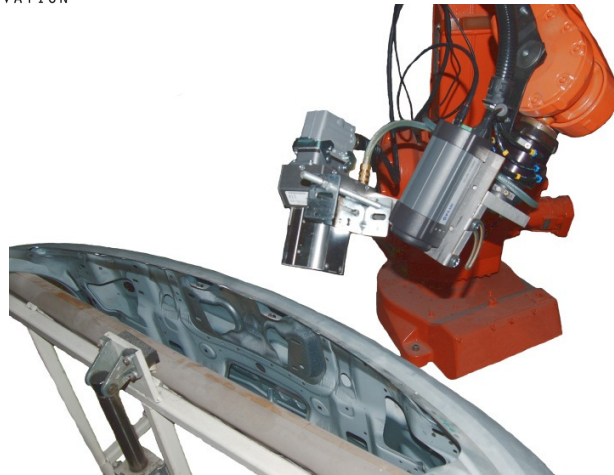
#### WP4 Innovativa metoder för elektrodformering

Elektrodformering är en viktig process som måste tas i beaktning vid punktsvetsning, både tid och pengar kan sparas om man kan utnyttja elektroderna längre innan formering måste ske. I delprojekt 4 studerades elektrodslitage av två olika materialkombinationer. Den experimentella delen i projektet gick ut på att se hur många svetsar som kunde utföras med godkänt resultat, att pluggdiameter inte faller utanför utan elektrodformering. I fallet för tvåplåtskombinationen utförs vanligtvis en flankformering efter 100 svetsar som sedan upprepas 4 gånger innan en total formering görs, formering av flank och topp. Under elektrodslitageförsöket på lätt svetsning gjordes 600st svetsar och underkänd pluggdiameter uppstod efter 500st svetsar, vilket är 400st fler svetsar innan någon slags formering utförs jämfört med dagens metoder. För fallet med treplåtskombinationen (tung svetsning) gjordes totalt 1000st svetsar utan att en underkänd pluggdiameter erhöles, även här ökade resistansen mellan elektroderna i luftpunkten kraftigt i början för att sedan klinga av efter ett tiotal svetsar. Slitaget på själva elektroderna var dock mycket kraftigare jämfört med lätt svetsning. Resultaten kan användas för att öka intervallen för formering så att de till exempel enbart sker vid skiftbyten. Betydande vinster i tillgänglig processtid kan uppnås på detta sätt.

#### WP5 Automatiserad oförstörande provning av punktsvetsar

Inledningsvis i projektet studerade olika metoder för oförstörande provning. Därefter identifierades termografi som den mest lovande metoden ur tillförlitlighetssynpunkt och möjlighet att robotisera.

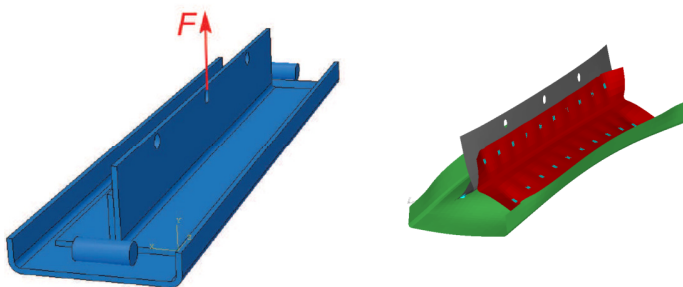
Termografi som OFP metod för svetsar är en förhållandevis ny metod och inget kommersiellt system finns på marknaden. Tekniken baseras på registrering av yttemperaturförändringar med hjälp av en IR-kamera efter uppvärmning. En demonstratoranläggning byggdes upp för en backlucka till en personbil och metodiken utvärderades med mycket lovande resultat, se Fig 3.



Figur 3. Automatisk inspektionscell för punktsvetskontroll baserat på termografi

### WP6 Robusta tekniker för reduktion av antalet punktsvetsar

Punktsvetsning är en kostnadseffektiv fogningsmetod där mängden punktsvetsar ökar för varje ny generation på grund av mer höghållfast stål i konstruktionen. Detta har nu lett till ett produktionsproblem där fler svetsrobotar och mer tid måste till för att tillverka alla svetsar. Obelastade punktsvetsar bör således inte tillverkas och de som tillverkas bör sitta där de gör mest nytta. Ett sådant angreppssätt skulle leda till att antalet punktsvetsar skulle minimeras och produktiviteten och konkurrenskraften öka. I projektet togs en optimeringsmodell fram som minimerar antalet svetsar i en specifik komponent under specifika lastfall. Optimeringen görs så att den är robust med avseende på den spridning i svetsstorlekar som finns i praktiken. För den balk som illustreras nedan, Fig 4, kunde antalet svetsar reduceras med 25%.



Figur 4. Detalj som tagits fram i projektet och som används vid utveckling av metoden.

## WP7 Dokumentation av guidelines och spridning av resultat.

Delprojekt 7 inom SpotLight syftade till att dokumentera och sprida resultaten från projektet. Fokus var först och främst på spridning av resultat inom projektgruppen men också till övrig svensk industri. Varje arbetspaket levererade en presentation som sammanfattade resultaten och gav en röd tråd genom respektive arbetspaket. De sammanfattade presentationerna spelades även in som videoföreläsningar med berättarröst och presentationsbilder. Videoföreläsningarna är tänkta att underlätta framtida spridningen av resultat, främst till personer som inte har varit delaktiga under projektets gång. Inom ramen för delprojekt 7 anordnades seminarier hos de tre fordonsföretag som medverkade i projektet.

## 6. Bidrag till FFI-mål

### Bidrag till FFI mål

- Projektet bidrar till reducerade emissioner av CO<sub>2</sub> genom att möjliggöra hytt- och karosskonstruktioner med höghållfasta eller lätta material. För flera av dessa material som ultrahöghållfasta stål och aluminiumlegeringar finns inte idag etablerade punktsvetsningsmetoder. Genom Spotlight har punktsvetsningsmetodik tagits fram för dessa lättviktsmaterial.
- Projektet bidrar till förkortade ledtider för tillverkningsberedning genom att utveckla virtuell beredningsteknik för att förutsäga punktsvetsdiameter och risk för svets sprut. Genom de nya verifierade metoderna kan snabb virtuell bredning ersätta fysisk provning.
- Projektet bidrar till kostnadsreduktioner genom att ta fram metodik att optimera utplaceringen av punktsvetsar i en kaross. Med denna typ av teknik kan antalet punktsvetsar minskas och anpassas till den lastupptagning som krävs lokalt.
- Aluminium är attraktivt för framtida karosskonstruktion genom ett attraktivt förhållande mellan vikt och styrka. Ett problem är dock kostnaden för material och produktionsprocesser. I detta projekt har vi främst angripit kostnadsaspekten genom att studera under vilka betingelser kostnadseffektiv punktsvetsning kan ersätta dagens fogningsteknik som stansnitning och limning. Genom att visa att punktsvetsning har en god potential för fogning av aluminium har projektet bidragit till att möjliggöra ytterligare användning av aluminium i framtidens karosser.
- Produktion i Sverige förutsätter ofta en hög automatiseringsgrad och oförstörande provning bidrar kraftigt till robusta produktionsresultat. OFP utnyttjas oftast inte idag vid punktsvetsning utan stickprovsviss fysisk provning används. I projektet har ett stort steg tagits framåt för OFP av punktsvetsning baserat på termografi. Detta är en viktig

förutsättning för framtida kostnadseffektiv karossproduktion med hög automatiseringsgrad i Sverige.

- Projektet har alltså på bred front angripit frågeställningar som syftar till att göra punktsvetsning anpassad till framtida material för lättviktskarosser och hytter. Projektet har dessutom bidragit till att göra punktsvetsning ännu mer anpassad för modern automatiserad produktion och till kunskapsintensiv konstruktion och beredning baserad på avancerade virtuella metoder.

### **Bidrag till projekt-mål**

- WP1 har uppfyllt de ställda målen att ta fram och verifiera metoder för virtuell beredning av punktsvetsning med avseende på punktsvetsstorlek och risk för svets sprut. Detta gjorts för ett brett spektrum av stål för framtida karosskonstruktion.
- WP2 har inriktats mot punktsvetsning av sk omöjliga kombinationer som kommer bli viktiga i framtidens karosser. Projektet har uppfyllt mål att kartlägga hur fogar mellan stort antal plåtar (upp till 5 stycken) i olika tjocklekar kan sammanfogas med punktsvetsning. Särskilt har fogar med tunna ytterplåtar (ner mot 0.5mm) studerats. Plåtar med hållfastheter upp emot 1500MPa har studerats. Gränserna för när det är möjligt att punktsvetsa har kartlagts och dessa gränser har flyttats genom införande av innovativ teknik.
- I WP3 har möjligheterna att punktsvetsa aluminiumlegeringar under produktionsförhållanden kartlagts. Begränsningar ligger huvudsakligen i nedbrytning av elektroder och olika metoder att begränsa eller kompensera denna nedbrytning har studerats i projektet. Detta gör att punktsvetsning idag framstår som en mycket mer realiserbar sammanfogningsmetod för aluminiumlegeringar än vid projektets start.
- WP4 inriktades något annorlunda i genomförandet än i den ursprungliga projektplanen. Den ursprungliga idén var att utprova automatiska formeringsmetoder för svets elektroder. Istället valdes att ta fram underlag för hur elektroder bryts ner under kontrollerade förhållanden i långa svetsserier. De genomförda studierna visar på möjligheter att förlänga formeringsintervall och därmed reducera kostnader.
- I WP5 har en ny metod för oförstörande provning av punktsvetsar utvecklats nämligen termografi. Metodik har utvecklats ända fram till en första demonstrator för punktsvetsar i en baklucka. Projektet är ett viktigt bidrag till realiseringen av en ny teknologi som är lämplig att kombinera med automatiserad punktsvetsning.

- I WP6 har en ny metodik tagits fram att optimera utplaceringen av punktsvetsar i en kaross. Metodiken har tillämpats på en enkel balk där man kunnat visa att punktsvetsmängden kan reduceras väsentligt genom att placera svetsarna bästa ställen.
- I WP7 har utbildningsmaterial tagits fram motsvarande de olika delprojekten. Detta har skett både som bildspel och som videor. Projektet har genomfört en road-show till de större karossfabrikerna i Sverige vid projektets slut och har mötts av en mycket positiv respons av personal som arbetar med punktsvetsning i sin vardag.

## 7. Spridning och publicering

### Kunskaps- och resultatspridning

I projektet har kunskapsspridning till Svenska punktsvetsande företag haft högsta prioritet. Eftersom fordonsindustrin är ledande när det gäller införandet av lättviktskonstruktioner i storserieproduktion baserad på avancerade material har fokus legat på informationsspridning till dessa företag. Vi anser att vi fått ett mycket bra informationsgenomslag genom våra metoder att sprida information på ett sätt som passar mottagare som föredrar skrivna rapporter eller populära videos. Detta arbete har lett till att flera resultat från projektet snabbt tagits upp i industrin.

Ett exempel på detta är att virtuell beredning av punktsvetsning har införts i ett företag, detta är ett stort steg framåt där arbetet i Spotlight haft en stor betydelse.

Ett annat exempel är införande av innovativa metoder för att punktsvetsa ”omöjliga materialkombinationer” som införts industriellt.

Förutom detta arbete som syftat till att införa nya resultat så snabbt som möjligt i svensk industri har väsentliga delar av arbetet publicerats på internationella konferenser och i internationella tidskrifter med syftet att skapa kontakter med andra forskningssatsningar som tillsammans med Spotlight ligger i frontlinjen internationellt.

### Publikationer

I denna lista redovisas enbart öppna publikationer vid konferenser eller internationella tidskrifter

Titel	Publiceras	Författare
Statistical analysis of variations of resistance spot weld nugget sizes	IIW International Conference on Global Trends in Joining, Cutting and Surfacing Technology, Chennai, India, 2011.	Oscar Andersson, Arne Melander
General regression models for spot weld sizes	IIW International Congress Advances in Welding Technology & Science for	Oscar Andersson, Arne Melander

	Construction, Energy and Transportation Systems, Antalya, Turkey, 2011.	
Verification of the capability of resistance spot welding simulation	AWS Sheet Metal Welding Conference XV, Livonia, USA, 2012.	Oscar Andersson, Arne Melander
Verification of the capability of resistance spot welding simulation	Submitted to Science and Technology of Welding and Joining, 2012.	Oscar Andersson, Arne Melander
A new method of resistance spot welding for light-weight design	Awaiting publication	Oscar Andersson, Arne Melander, Joel Lundgren, Gert Larsson
Statistical Analysis of Variations in Resistance Spot Weld Results in Laboratory and Production Environment	The 5th Swedish Production Symposium, Linköping, Sweden, 2012.	Oscar Andersson, Arne Melander

## 8. Slutsatser och fortsatt forskning

Som framgår av beskrivningen ovan har Spotlight projektet varit framgångsrikt och på de flesta punkter kunnat uppnå de projektmål som ställdes upp vid projektets start. Genom att bra resultat uppnåtts inom industriellt intressanta områden finns naturligtvis potential att ytterligare flytta kunskapsfronten framåt på ett sätt som går att utnyttja industriellt. Nedan ger vi några förslag till fortsatt forskning redovisat per WP:

WP1: De virtuella punktsvetsningsmetoderna har visats beskriva experimentella resultat mycket bra då man har två plåtar. När antalet plåtar ökas så ökar spridningen mellan simulering och experiment. Orsakerna till detta behöver studeras för att öka träffsäkerheten.

WP2: Ett stort utrymme finns fortfarande att öka mängden ”omöjliga” kombinationer som går att punktsvetsa. Av särskilt intresse är sådana kombinationer som innehåller tunna ytplåtar och lite grövre UHSS i den inre strukturen. Nya innovativa grepp kan behövas för att lyckas med dessa utmaningar.

WP3: Spotlight visar att punktsvetsning av aluminiumlegeringar är industriellt intressant. Av stort värde vore kostnadseffektiva metoder att få kontrollerad elektrodnedbrytning. Sådana idéer finns föreslagna internationellt och vore intressant utveckla.

WP4: I Spotlight att framkomit att man ofta kan svetsa i längre serier än vad som är vanligt utan att formera elektroderna. I denna observation finns en stor ekonomisk potential som skulle kunna exploateras om bättre kunskap fanns om mekanismer och modeller för nedbrytning av elektroder.



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

WP5: OFP baserat på termografi har visat god potential i Spotlight. Ytterligare insatser behövs dock för att föra in metoden i industriell praktik.

WP6: Optimering av utplacering av punktsvetsar i karosskonstruktioner har visat sig ha god potential reducera totala antalet svetsar och därmed kostnader. Metodik behöver dock utvecklas vidare för att genomföra denna optimering med avseende på alla de användningssituationer som är relevanta. Metodik måste även demonstreras för fullstora komponenter och karosser.

## 9. Deltagande parter och kontaktpersoner

Företag	Namn
Volvo Personvagnar	Lars-Ola Larsson
	Joel Lundgren
	Martin Olsson
	Benny Andersson
	Martin Strömblad
Volvo Lastvagnar	Lars-Ove Karlsson
Scania	Rickard Ottosson
Gestamp Hardtech	Håkan Andersson
SSAM EMEA	Tony Nilsson
SAPA	Lina Ek
SAAB Automobile	Sven-Ove Olsson
	Tage Västerstig
	Tore Rönnhult
	Lennart Malmsköld
	Arne Melander
	Paul Janiac
	Mattias Linden
	Johannes Gårdstam
Swerea KIMAB	Fredrik Wredenberg
	Karl Fahlström
	Eva Lind-Ulmgren
	Joakim Hedegård
	Ola Albinsson
Swerea IVF	Åsa Lundevall
	Oscar Andersson
KTH	Oscar Andersson
Högskolan Väst	Anna Runnemalm
	Anders Appelgren