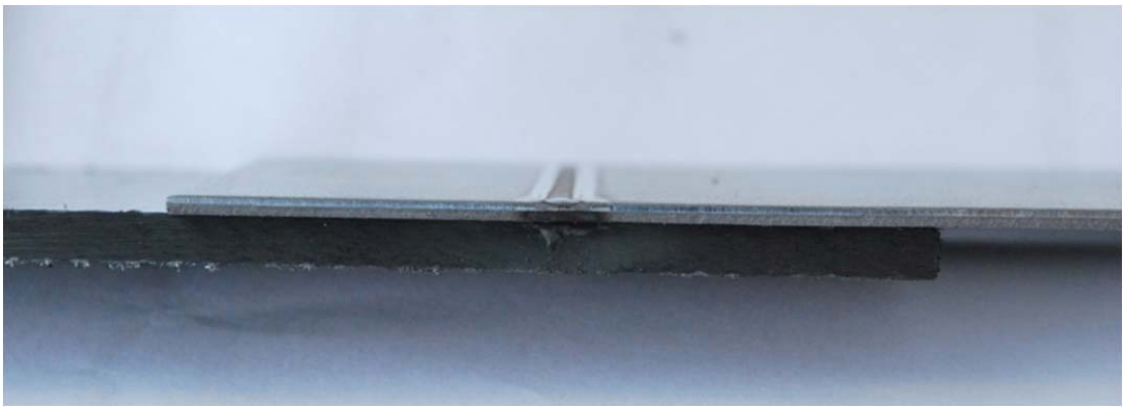
FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Fogning av termoplastkomposit mot metall med ljusbågssvetsning med hög strömtäthet (DENSARC)



Författare: Kjell-Arne Persson och Marie Allvar
Datum: Oktober 2013
Diarienummer: 2012-02488
Delprogram: FFI Hållbar produktionsteknik

FFI
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Innehåll

1. Sammanfattning 3

2. Bakgrund 4

3. Syfte 4

4. Genomförande 5

5. Resultat 5

5.1 Bidrag till FFI-mål 5

6. Spridning och publicering 5

6.1 Kunskaps- och resultatspridning 5

6.2 Publikationer 6

7. Slutsatser och fortsatt forskning 6

8. Deltagande parter och kontaktpersoner 8

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

FFI
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

1. Sammanfattning

Detta hypotesprojekt har utvärderat möjligheten att foga termoplastkomposit mot zink-belagt stål med hjälp av en TIG ljusbåge för att värma metallsidan och via värmeledning smälta fogytorna.
Två typer av termoplastkompositer har ingått (en med långa kontinuerliga kolfibrer vävda till laminerade mattor och den andra med korta fibrer slumpvis orienterade).

Projektmålen med hypotesprojektet var:

- Undersöka om TIG är lämplig som värmekälla vid fogning av termoplastkomposit mot stål.
- Definiera utmärkande egenskaper hos en överlappsfog med termoplastkomposit mot stål, mäta och relatera till uppsatta behov.
- Definiera behov av framtida utveckling för att ha en fogmetod som är robust, ger hög produktivitet och hög kvalitet så väl som kostnadsfördelar.

Slutsatsen är att det är möjligt att foga termoplastkomposit med korta fibrer mot zinkbelagt stål med hjälp av TIG som värmekälla. Hyfsat bra skjuvhållfasthet kan nås, skjuvhållfasthet på över 10MPa har erhållits och kan troligen förbättras ytterligare. Skjuvhållfastheten ligger i nivå med den lägre ändan av skjuvhållfastheten hos limförband som används inom bilindustrin. Framföringshastigheten var ganska hög, runt 1m/min, för 1,2mm tjock zinkbelagd stålplåt. Det krävs dock en viss tid innan termoplastkompositen hårdnat under vilken fogen behöver vara under tryck vilket förlänger totala fogcykeltiden.

Skjuvhållfastheten för fogen med laminerad komposit med långa fibrer var låg, ca en tiondel av vad som erhölls med komposit med korta slumpvis orienterade fibrer.

Fogningstekniken har framtida möjlighet speciellt i icke-belastade applikationer eller för tillfälliga fixeringar. För att få hög skjuvhållfasthet finns det begränsningar i val a v material (typ av termoplastkomposit, typ av metall och ytbeläggningar). Ytan på metallen där ljusbågen brunnit, dvs. på motsatt sida av stålplåten där själva fogen finns, blir slät och kan fås nästan osynlig efter målning. Själva fogtekniken är ensidig även om mothåll kan kräva dubbelsidig åtkomst.

2. Bakgrund

Bakgrunden till detta hypotesprojekt var:

- Framtida lågviktskonstruktioner kommer i ökande grad att vara av hybridtyp, i många fall med lastbärande metall och delar av termoplastkomposit.
- Det är viktigt att utveckla fogningsmetoder med förbättrad effektivitet och lägre kostnad för att foga komposit till metall. Krav på fogningsmetoder inom fordonsindustrin är att de ska klara stora serier, ha hög tillgänglighet och robusthet, ge tillräcklig hållfasthet (beroende på applikation), helst ensidig åtkomst, resultera i osynliga fogar och möjliggöra stor frihet i design.

Hypotesen baseras på fogning av termoplastkomposit mot metall genom att precis smälta kompositen så att bindning mot metallen erhålls.

- Som värmekälla kommer en TIG ljusbåge att användas. Ljusbågen kan fokuseras för att begränsa inverkan av värme på metallen.
- Ljusbågen kommer att brinna mot den fria sidan av metall och värma kompositen genom värmeledning.
- Metoden blir därigenom enkelsidig
- Jämfört med andra värmekällor, så som laser, kan investeringskostnaderna hållas låga.

3. Syfte

I detta projekt är idén att använda polymeren i kompositen för binda mot metallen. Polymeren måste därför värmas till över dess smältpunkt. Detta görs genom att med en ljusbåge värma den fria sidan av metall, värmeledning kommer att transportera värmen till fogsidan av metall, värma och smälta polymeren på ytan av kompositen och vid härdning under tryck åstadkomma en bindning mot metallen.

Målen med hypotesprojektet var:

- Undersöka om TIG är lämplig som värmekälla vid fogning av termoplastkomposit mot stål och hitta lämpliga svetsparametrar.
- Definiera utmärkande egenskaper hos en överlappsfog med termoplastkomposit mot stål, mäta och relatera till uppsatta behov.
- Definiera behov av framtida utveckling för att ha en fogningsmetod som är robust, ger hög produktivitet och hög kvalitet så väl som kostnadsfördelar.

FFI
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

4. Genomförande

Projektet har genomförts i samarbete mellan Swerea KIMAB, Volvo CC och Volvo LV.

Swerea KIMAB har varit projektledare, utfört fogning, mekaniska tester och utvärdering av fogar. Budgeten var 500 kkr.

Volvo CC och Volvo LV har specificerat krav, medverkat i utvärdering och diskuterat resultaten och bedömt den praktiska användbarheten av fogningstekniken. Volvo CC och Volvo LV har haft en budget på 100 kkr.

5. Resultat

5.1 Bidrag till FFI-mål

Projektet är klassificerat som:

- Behovsområde produktionsprocesser
- Forskningsområde produktionsteknik (arbetsvetenskap och ergonomi)
- Produktområde Karosserier för motorfordon, släpfordon och påhängsvagnar

Inom FFIs delprogram hållbar produktionsteknik har ny lättare material identifierats som ett viktigt område.
Detta projekt har syftat till att utvärdera möjligheten att använda en konventionell svetsutrustning i ett nytt sätt att foga termoplastkomposit till metall. Huvudslutsatsen är att detta är möjligt men med begränsningar i hållfasthet och val av material. Resultaten finns beskrivna i detalj i den tekniska slutrapporten och slutsatserna finns rapporterade även i denna rapport i kapitlet Slutsatser och fortsatt forskning.

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Kunskapen har spridits inom projektgruppen. Det finns en del teknisk nyhet som eventuellt kan gå att patentera men varken Volvo CC eller Volvo LV har i dagsläget någon lämplig applikation och ser därför inte värdet av ett patent som tillräckligt högt. Resultaten kommer att spridas genom att ingå i artiklar och föredrag.

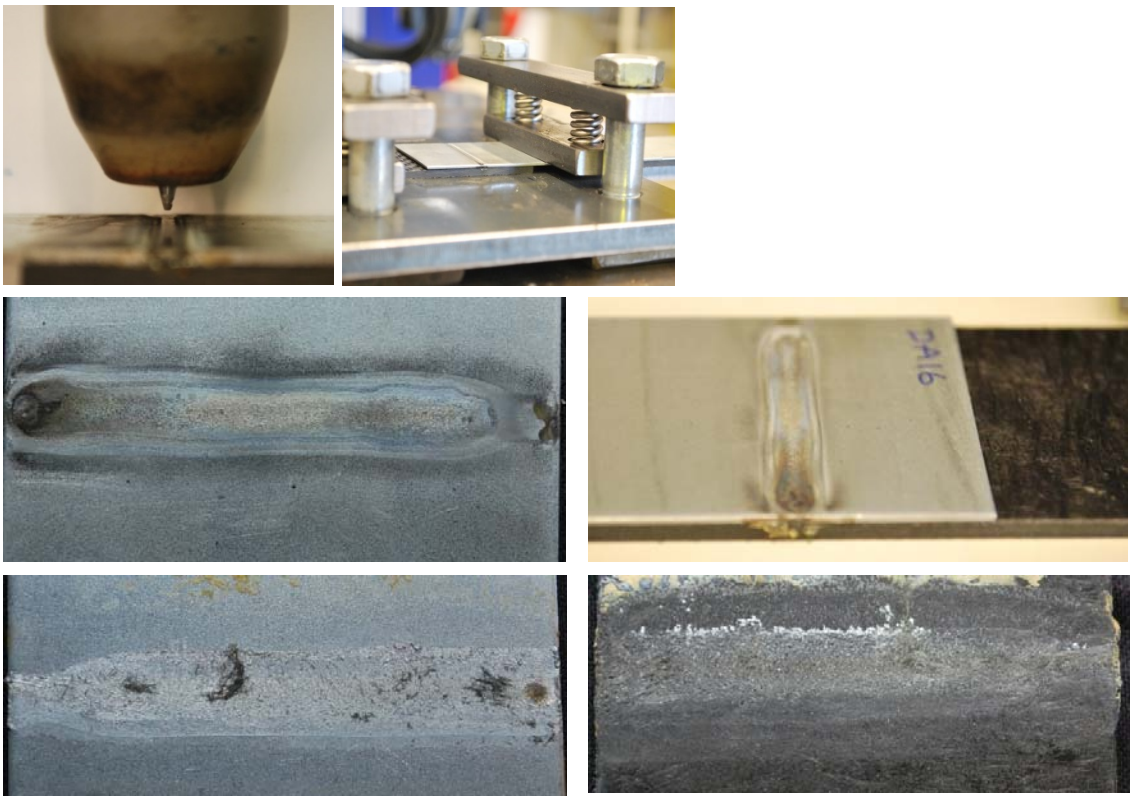
FFI
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

6.2 Publikationer

Inga resultat är ännu publicerade men det finns planer på att låta dem ingå i t ex en artikel tidningen Svetsen och i olika konferens föredrag.

7. Slutsatser och fortsatt forskning

I detta hypotesprojekt har fogning av termoplastkomposit mot zinkbelagt stål med hjälp av en TIG ljusbåge som värmekälla provats.
Två typer av termoplastkompositer har ingått i utvärderingen (den ena med långa kontinuerliga kolfibrer vävda till laminära mattor och den andra med korta kolfibrer slumpvis orienterade).



Fogning av termoplastkomposit med korta fibrer till zinkbelagt stål
Värmekälla TIG med fokuserad ljusbåge: EWM forceTIG
Stål med tjocklek 1,2mm och ca 7µm zink-skikt
Framföringshastighet: 0,85m/min
Dragkraft: F_m: 4,0kN Fogens brottyta: ≈288mm^2 (48 x 6) Skjuvhållfasthet 13.9MPa

FFI
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Projektets slutsatser är i korthet:

- Fogning mellan termoplastkomposit (med korta fibrer) och zinkbelagt stål med hjälp av TIG som värmekälla är möjlig. Ganska bra skjuvhållfasthet kan uppnås, värden högre än 10MPa har erhållits.
- Skjuvhållfastheten ligger i nivå med det lägre området för limmade fogar inom bilindustrin (typiska värden för epoxilim ligger i området 20-30MPa).
- Brottförlängningen i fogen är låg.
- Hållfastheten för komposit med långa fibrer i laminat var betydligt sämre, endast runt en tiondel av den som erhölls med komposit och slumpvis orienterade korta fibrer.
- Klämkraften för att trycka ner stålplåten mot kompositen nära fogen inverkar på hållfastheten (allt för stor kraft kan dock ge deformation beroende på mothåll och snarare resultera i mindre kraft över själva fogen minskar).
- Olika tjocklek på zink skiktet tycks inte påverka fogens hållfasthet.
- Ytan på metallens ovansida (ljusbågssidan) blir jämn speciellt då ljusbågslängden varit relativt lång (ökat avstånd mellan TIG elektrod och arbetsstycke).
- Fogen behöver en viss tid för att kompositen ska hårdna (typiskt mer än 15s).
- ForceTIG och konventionell TIG går båda att använda. Högre framföringshastighet kan dock erhållas med forceTIG.
- Olika sträckenergi behövs för olika tjocklek på stålplåten.

För framtiden skulle det vara intressant att testa föreslagen fogningsteknik i en verklig applikation. Denna applikation bör troligtvis vara en icke lastbärande fog eller en tillfällig fixering.

Det skulle också vara intressant att testa en kälfog med en komposit med långa kontinuerliga fibrer som livplåt, dvs med den skurna ytan, för att ha öppna fiberändar, mot den zinkbelagd stålplåt.

En annan möjlighet att förbättra fogens styrka skulle kunna vara att använda primer eller en speciell film för att binda mellan komposit och metall. Även ett mellanliggande skikt av fibermatta som binds både i zinkskiktet och i polymeren skulle vara intressant att prova. Fogning i kombination med mekaniska fogningsmetoder är även det av intresse.

En optimering av värmetillförseln och klämkraft (både kraft och tid för kompositen att hårdna) är givetvis också intressant att testa.

Framtida förbättringsområden för fogningsmetoden rör framförallt förbättrad hållfasthet hos fogen och bättre förlängning före brott.

FFI
FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Deltagande parter och kontaktpersoner var:

- Volvo CC - Johnny K Larsson
- Volvo LV - Håkan Sundberg
- Swerea KIMAB – Kjell-Arne Persson, Marie Allvar, Karl Fahlström, Joakim Hedegård