



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

2013-04712 : Effektiv framtagning av strukturella kompositer i mellanstora volymer



Författare

Datum

Delprogram (ex. Delprogram: Fordonsutveckling)

Anders Holmkvist, Inxide AB

2015-08-26

Hållbar Produktionsutveckling

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	4
Bilindustrin.....	4
X-TECH™	5
PUR-RIM (Reaktiv Injicering av Polyuretan)	6
3. Syfte.....	8
4. Genomförande.....	8
5. Resultat	9
5.1 Bidrag till FFI-mål	11
6. Spridning och publicering.....	12
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	12
6.2 Publikationer	12
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	12
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	12

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

1. Sammanfattning

Kompositer anses ha en central roll som lösningen av ett flertal utmaningar inom bilindustrin där framförallt kampen om att nå lagstadgade CO₂-mål ska uppfyllas. De flesta tillgängliga teknologier för kompositer innebär dock ökade kostnader huvudsakligen pga av materialkostnader och långa cykeltider. Till skillnad från dessa har den patenterade X-TECHTM-teknologin med framgång utvecklats för att möta kostnads målet för applikationer lämpade för bilindustrin i höga volymer (>50 000) där effektiv produktionsteknologi i kombination med hög nyttjandegrad av material dessutom gett viktreduktion på upp till 50%.

X-TECHTM är en teknologi som baseras på ett förstärknings skelett av kontinuerliga fibrer övergjutna med en termoplastisk matris. Det aktuella projektet har utvecklat utvecklings- och tillverkningsprocesser för att framtagning av strukturella kompositer i volymer där formsprutning inte är ekonomiskt gångbart genom att nyttja möjligheterna med PUR-RIM (reaktiv injicering av polyuretan). Målvolymer i projektet har varit 1000-10000.

Inom projektet har produktionstekniska aspekter utvärderats så som den viktiga vidhäftningen mellan förstärknings skelettet och matrisen genom olika ytmodifieringar. Egenskaper, processbarhet och kostnader vägdes in för att utvärdera bästa lösningen. För att bygga upp materialmodeller för att kunna utveckla simuleringsmetodiker genomfördes en provningsserie. Den utvecklade simuleringsmetodiken korrelerades genom utvärdering på en enklare provkropp.

Slutligen verifierades både utvecklings- och tillverkningsprocesserna genom framtagning av en demonstrator i form av ett lastgaller till en personbil. Prototyper togs fram som provades både statiskt och dynamiskt i form av standardiserade krockprov.

Det utvecklade lastgallret uppfyllde alla tekniska krav och reducerade vikten med cirka 30 % gentemot det befintligt produktionsgaller. Dessutom erbjuder kompositlösningen en designfrihet som ger helt ny möjligheter att nyttja komponenten som ett designelement i inredningen av bilen.

Projektet var ett samarbete mellan Klippan Safety, INXIDE och Swerea SICOMP. Klippan Safety är leverantör av säkerhetsrelaterade artiklar för både tunga och lätta fordon medans INXIDE är ägare av X-TECHTM-teknologin som utvecklar och tillverkar kompositlösningar för volymproduktion. Swerea SICOMP är ett av Europas ledande forskningsinstitut för polymera kompositer.

2. Bakgrund

Bilindustrin

De senaste årens fokusering kring mänsklighetens miljöpåverkan har lett till en mängd motåtgärder för att bland annat minska fordonsflottans bränsleförbrukning. I synnerhet har bränsleförbrukningen visat sig vara signifikant med hänsyn tagen till CO₂ utsläppen och den globala uppvärmningen. I en mängd rapporter från i synnerhet bilindustrin^{1,2}, men även från flygindustrin, hävdas det att den enda framkomliga vägen för att möta kommande EU utsläppskrav är paradigmskifte från metalliska material till i första hand polymera fiberkompositer. Ovanstående bekräftas genom ett flertal samarbeten och bildande av samriskföretag mellan fordons- och kolfibertillverkarna. Som exempel kan nämnas samarbeten mellan Lamborghini och Huntsman, BMW och SGL, GM och Teijin, Daimler AG och Toray Industries, Ford Motor Company och Dow (samt AKSA), Dieffenbacher och KraussMaffei, med flera.

Den springande punkten i denna utveckling är snabba och fullt automatiserade tillverkningsprocesser samt billigare kolfiber. De viktigaste processparametrarna från tillverkningsvinkel blir följaktligen lägsta möjliga temperatur och processtryck samt kortast möjliga cykeltid. Den nuvarande trenden är därför automatisering och intrimning av nuvarande processer som tyvärr ofta har sina rötter i flyg- och båtindustrin. Som exempel kan nämnas BMWs satsning på RTM som normalt används i tillverkningsserier på maximalt 10 000 stk/år. RTM (från engelska Resin Transfer Molding), är en process där en pump trycker hartset in i verktyget. De satsningar som BMW har gjort tillåter för närvarande en uppskalning av RTM till närmare 35 000 stk/år. Det förefaller dock troligt att en uppskalning bortom 100 000 stk/år kommer stöta på ogenombryggbara teknologiska barriärer. Ett annat exempel är samarbete mellan Lamborghini (VW) och Huntsman som utgår från SMC. SMC (från engelska Sheet Moulding Compound) är en varmpressningsmetod för tillverkning av lastbilsfronter, badkar, mindre båtar, till mindre detaljer som elskåp och kontaktdon. Även där kan vi förvänta oss en teknologibarriär vid ca. 100 000 stk/år på grund av det valda materialet: härdplasten polyester. De materialet kräver kemisk reaktion under tillverkningsprocessen, vilket ofrånkomligen leder till långa cykeltider.

¹ R Hodkinson, J Fenton, Lightweight Electric/hybrid Vehicle Design, SAE International, 2001

² PK Mallick, Materials, design and manufacturing for lightweight vehicles, CRC Press, 2010



Fig. 1 Genomsnitt av BMW i3 med en komplett kompositkupé

En annan trend i fordonsindustrin är individualiseringen och kundanpassningen av fordon till enskilda kunder. Detta innebär att stommen i fordonet kommer att standardiseras kring höga volymer, samt att kundanpassningen kommer ske med hjälp av små serier av skräddarsydda komponenter.

X-TECH™

Under ett flertal år har forskning skett på EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne) i Schweiz med syfte att identifiera och utveckla tillverkningsteknologier för kompositmaterial som ska vara anpassade för fordonsindustrins kravbilder gällande kostnader, volymer, prestanda och miljö.

Den teknologi (X-TECH™) som utvecklats bygger på att skapa ett förstärkningsskelett (X-FORM™) bestående av kontinuerliga fibrer som övergjuts med ett termoplastiskt matrismaterial. Övergjutning kan ske med ett flertal olika metoder, men vanligtvis genom formsprutning eller pressning. Formerna av X-FORM™ är anpassade efter komponentens lastfall och optimerade för att följa lastvägarna och därmed ta upp och fördela laster på ett energieffektivt sätt.

X-TECH™ kombinerar därmed fördelarna med korrekt placerade förstärkningselement som vanligtvis används för lågvolyms produktion med övergjutningsprocess för höga volymer.

Den höga nyttjandegraden av materialets egenskaper i kombination med den effektiva produktionsprocessen ger komponenter med potential för både vikt och kostnadsbesparing.

INXIDE skapades i Schweiz 2008 för att lansera X-TECH™ och 2011 investerade Fouriertransform i INXIDE för att industrialisera teknologin. Företaget har i ett flertal framgångsrika förutvecklingsprojekt visat på kostnadseffektiv viktbesparing på upp till 50% i last och energiupptagande komponenter! Bland annat erhöll INXIDE tillsammans med Hyundai Kia och Hanwha L&C det prestigefyllda JEC Innovation Award 2013 för en stötfångarbalk i X-TECH™ som var 30% lättare än motsvarande GMT lösning (Fig. 2).



Fig 2. Stötfångar balk i X-TECH™ för personbil

I kontakt med kunder har INXIDE insett behovet av att kunna erbjuda X-TECH™ applikationer i mycket lägre volymer än vad teknologin huvudsakligen var avsedd för. Komplexa artiklar i formsprutning kräver dyra verktyg vilket ger att kostnadseffektivitet uppnås först vid volymer upp till flera hundra tusen. Vid lägre volymer blir investeringskostnaden för hög för att kunna erbjuda konkurrenskraftiga lösningar. En viktig processfaktor för att ge de önskade egenskaper i en X-TECH™ komponent är att säkerställa att X-FORM™:en är fixerad vid övergjutning. Med den föreslagna metoden med RIM-övergjutning kommer enklare fixering att kunna användas, vilket dessutom ger möjlighet att tillverka artiklar med klass A yta, som hittills inte varit möjligt.

PUR-RIM (Reaktiv Injicering av Polyuretan)

Plaster, och i synnerhet komposit, tillverkas vanligtvis genom olika varianter av injiceringsmetoder, där flytande material blandas och förs in i ett verktyg eller en form där materialet får reagera och/eller solidifiera, se Fig. 3. Inom denna grupp finns ett antal processer varav de flesta kan användas för framställning av både komposit och kärnmaterial. I sammanhanget är RIM (från engelska Reaction Injection Moulding) är ett samlingsnamn för en process där vanligen två komponenter blandas i en förkammare, för att därefter sprutas in i ett formrum och där får reagera till en solid produkt. Gemensamt för dessa processer är att de förorsakar låga utsläpp av flyktiga ämnen och därmed bidrar till en miljövänlig produktion. Vidare kan olika typer av inlägg enkelt göras med denna

metod; exempelvis metallnät, metallhållare, fastsättningsanordningar och cellplaster vid framställning av dubbelskal eller att sandwich integreras i produkten. I synnerhet denna egenskap bidrar till att möjliggöra kombinationen X-FORM® och PUR-RIM. Intressant för PUR-RIM är att metoden lämpar sig för både stora (>50 000 stk/år) och små (ca 1 000 stk/år) tillverkningsvolym. Å ena sidan tillåter PURs snabba reaktionstider (5-30 sekunder) stora tillverkningsvolym. Å andra sidan, tillåter de låga processtrycken och temperaturerna relativt billiga verktyg, vilket ger låga investeringskostnader och bra ekonomi även vid små tillverkningsvolym. Sammanfattningsvis³, de stora fördelarna med PUR-RIM är cykeltider ned mot några minuter även för stora detaljer över 1 m². Detta gör att RIM kan konkurrera med konventionell plåtpressning. Den låga viskositeten gör att stora komplicerade strukturer kan tillverkas. Låskraften är bara en bråkdel av den som används vid formsprutning för en lika stor detalj, vilket tillåter billigare verktyg.

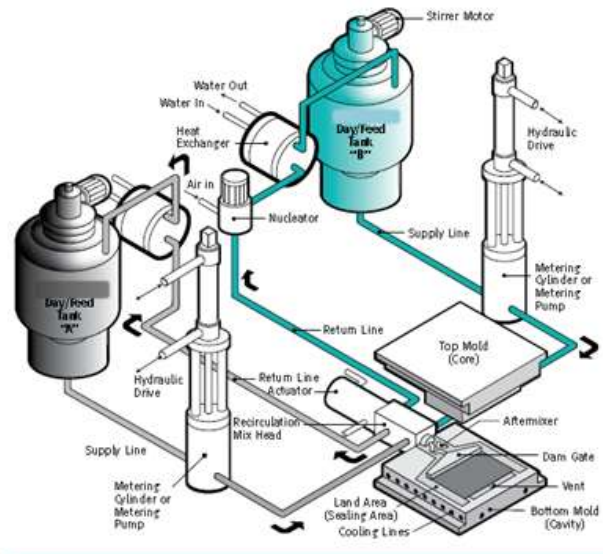


Fig. 3 Typiskt RIM process

I detta perspektiv kommer projektet att angripa problemet från andra hållet. Istället för att utgå från traditionellt kostsamma och långsamma processer, utgår vi från X-TECH™ processen som kan skalas upp i tillverkningsvolym över 1 000 000 stk/år. Utmaningen med X-TECH™ är dock de höga investeringskostnaderna som krävs för storskalig produktionsvolym, vilket innebär att X-TECH™ inte kan användas för de mindre skräddarsydda produkterna. En möjlig lösning verkar dock vara att övergjuta X-FORM™ med polyuretan (PUR) istället för att använda polypropen/polyamid. Detta medför troligen något sämre mekaniska egenskaper, men i gengäld små investeringskostnader, och samtidigt möjlighet för stora tillverkningsvolym, vilket i sin tur öppnar dörren för både stora och små serier förutsatt att materialet kan anpassas till det rådande lastfallet.

³ H Damberg (redaktör), Komposithandboken - polymerbaserade fiberkompositer, VI Industrilitteratur, 2001

3. Syfte

Projektet syftade till att identifiera utvecklingsmetodiker och produktionsprocess för att säkerställa kvalitativ och kostnadseffektiv framtagning av lösningar med det aktuella teknologikonceptet.

De specifika mål projektet jobbade med var :

- en kvalitetssäkrad process för kostnadseffektiv tillverkning av komponenter med kombinationen av X-TECH™ och RIM i volymer på 1000-10000 artiklar
- materialmodeller för effektiv framtagning av komponenter med teknologilösningen
- och tillverka, utprova och korrelera en demonstrator – i detta fall ett lastgaller för en personbil
- ett produktionsupplägg för seriemässig tillverkning

4. Genomförande

Projektet jobbade med det primära målet att verifiera projektets resultat på en demonstrator som kan nyttjas för vidare marknadsföring av teknologin och projektets industriparter.

För att nå fram till det primära genomfördes ett strukturerat arbete där de huvudsakliga moment i projektet

- Effekt av ytmodifiering för att säkerställa vidhäftning mellan förstärkningsskelett och matrismaterial
- Materialkaraktisering för underlag till materialmodellen
- Uppbyggnad av simuleringsmodell och industrialisering för effektiv utveckling
- Utveckling och tillverkning av lastgallerdemonstratorn
- Utprovning och validering av lastgaller samt återkoppla provningsresultat för vidare optimering av materialmodellen och simuleringsmetodik
- Kostnadsanalys av ett industriupplägg

De deltagande parterna i projektet hade tydliga kompletterande kompetenser. Som projektets akademipart nyttjades Swerea-SICOMP till de grundläggande materialprovning, analyser och teoretisk uppbyggnad av materialmodellering. Industriparterna fokuserade på prototyp tillverkning, konstruktion, industrialisering (både utveckling och produktionsprocesser) samt validering.

5. Resultat

Det centrala målet inom projektet var framtagning av en **utvecklings och produktionsmetodik** för att säkerställa kvalitativ framtagning av komponenter och system med teknologin. Utmaningen var (tekniskt) att på ett kostnadseffektivt sätt kombinera ett termoplastbaserat förstärknings skelett (X-FORM™) och ett övergjutningsmaterial som normalt inte är kompatibla och (analytiskt) bygga upp materialmodeller för effektiv och korrekt simulering.

En provningsserie togs fram för att utvärdera ytmodifieringskoncept för att säkerställa vidhäftning mellan förstärkningselementen och matrismaterialiet baserat på polyuretan. Med nyttjande av slutsatserna genomfördes en provningsserie för att karakterisera materialkombinationen. Syftet med materialkarakteriseringen var att dels få en inblick hur materialkombinationen betedde sig i jämförelse med hur X-TECH™ normalt beter sig med en termoplast som översprutning och dels ha som underlag för uppbyggnad av materialmodeller.

Materialmodeller utvecklades och korrelerades med hjälp av materialkarakteriseringen och provning med en enklare provkropp.

Ett lastgaller till en Volvo XC70 användes för att utvärdera den utvecklade metodiken. Lastgallret som används idag baseras på stålrör som är ihopsvetsade och lackade. Genom aktuella koncept finns en helt ny designfrihet och syftet med demonstratorn var att utveckla ett attraktivt lastgaller som uppfyller alla krav och dessutom är lättare än dagens konstruktion. Kostnadsmässigt skall lastgallret ligga i paritet med befintlig lösning.



Fig. 4. Lastgallret utvecklat inom projektet

Den utvecklade designen tillverkades i en mindre serie. Artiklarna som tagits fram nyttjades för statiskt och dynamisk provning. Den dynamiska provningen skedde genomkrockprovning på Klippan Safetys egna krockbana. Krockprovningen visade att designen och konceptet dels klarar krockkravet och dels att materialmodellerna som byggs upp har en hög grad av korrekthet mot den praktiska provningen.

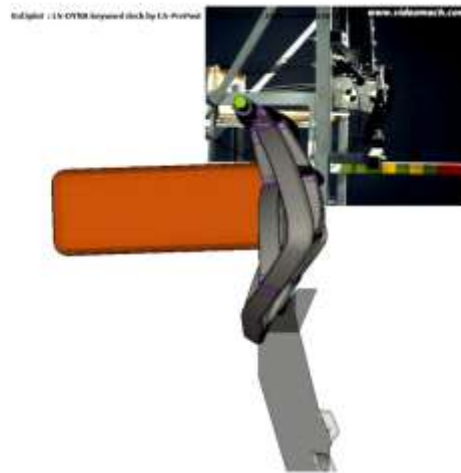


Fig. 5. Visualisering av överensstämmelse mellan provning och simulering

Lastgallret hade en viktbesparing på närmare 30% och ett kostnadsneutralt business case i de aktuella volymerna.

En viktig produktionsteknisk utmaning som utprovades var fixeringsmekanism för att säkerställa positionering av förstärkningsskelettet. Detta skedde genom olika typer av clips som togs fram till tillverkningen av demonstratorerna. Konceptet fungerade mycket bra för prototyperna men som ett seriemässigt upplägg behöver fixeringsmekanismen utvecklas vidare.

5.1 Bidrag till FFI-mål

Den föreslagna teknologilösningen stöttar **FFI-programmets mål** genom att

- *Demonstratorn har på ett framgångsrikt sätt visat på viktbesparingspotentialen med teknologikonceptet där en viktbesparing på 30%. Denna viktbesparing bidrar till **CO2 reduktionen**.*
- *Teknologikonceptet skapar kostnadseffektiva lösningar då:*
 - *X-FORM:en tillverkas i en robotiserad produktionscell*
 - *Förstärknings och matrismaterial nyttjas optimalt*
 - *Låga verktygskostnader kopplas till RIM-processen**Detta ger att projektets Tier-1 leverantör kommer att kunna erhålla en **konkurrensfördel***
- *X-TECH™-teknologin erbjuder ett effektivt energiupptagande genom nyttjande av förstärkningsmaterialets egenskaper och därmed kan **säkerhetsrelaterade artiklar** utvecklas inom det aktuella volymsspännat. Detta har också demonstrerats med det utvecklade lastgallret.*

Teknologilösningen stöttar **målen för Hållbar Produktionsteknik** genom att projektet kommer jobba med :

- *framtagning av innovativa, miljövänliga och säkra produkter*
- *automatiserad produktion*
- *industrialisering av teknologin*

Teknologilösningen bidrar till delprogrammets **färdplan** genom att:

- *teknologikoncept som utvecklats för en produktionsprocess och systemlösning som stöttar kostnadseffektiva tillverkningen av innovativa lättviktslösningar som även lämpar sig för energiupptagning.*

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Lastgallret har nyttjats vid ett flertal olika mässor och konferenser för att presentera resultaten. Hårdvara tillsammans med krockprovfilmer är kraftfulla verktyg för att öka trovärdigheten kring teknologin.

6.2 Publikationer

I skrivande stund förbereds publikationer gällande:

- effekten av ytmodifieringar för vidhäftningen mellan X-FORM™ och matris material samt utvärderingsprocessen
- processen för materialkaraktärisering och överföring till uppbyggnad av materialmodeller och simuleringsmetodik

7. Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har visat på att X-TECH teknologin tillsammans med PUR-RIM för att tillverka strukturella kompositer i mellanstora volymer är tekniskt och kommersiellt gångbart. Utvecklingsmetodiken som utvecklats kan direkt implementeras in i nya projekt. Prototyp tillverkningen har också löst de nödvändiga produktionstekniska frågeställningarna för att ta nästa steg för att optimera produktionsprocessen och nå ytterligare effektiviseringar och därmed öka konkurrenskraften.

Teknologin behöver vidare utvecklas gällande industrialisering för att öka konkurrenskraften. Framförallt gäller det produktionstekniska aspekter samt vidare utvärdera ytmodifieringsmöjligheterna.

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Klippan Safety AB

Daniel Kämpe

R&D Manager

daniel.kampe@klippan-safety.se

076-1282508

Inxide AB

Anders Holmkvist

R&D Manager

anders.holmkvist@inxide.se

070-8101632

Swerea-SICOMP

Erik Marklund

Senior Scientist

erik.marklund@swerea.se

031-7066330