

Möjliggörande av framtidens volymproduktion av kompositer i Sverige



Volvo XC90 bladfjäder

Författare: Erik Marklund
Datum: 2018-07-06
Projekt inom FFI Hållbar Produktion

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VIRNOVA

Energisystemhuset

TRAFIKVERKET

FMG
off Road

STRENGTH

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	3
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse	7
7 Spridning och publicering	8
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	8
8 Slutsatser och fortsatt forskning	8
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	9

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

Världen står inför stora utmaningar på klimat och hållbarhetsområdet. För transportsektorn är viktreduktion därför centralt för att minimera miljöpåverkan. Nya lösningar i lättmetall och fiberkompositer utmanar befintliga tillverkningstekniker. Fiberkompositerna har den största viktminskningspotentialen, men samtidigt saknas den industriella infrastrukturen för högvolymsproduktion. Denna förstudie har syftat till att kartlägga nuläget inom svensk kompositindustri, samt lägga de första pusselbitarna till en långsiktig strategi med målet att Sverige ska etablera en framskjuten position inom rationell och effektiv produktion av kompositer. En central del i projektet har varit att undersöka, och förstå, de processer och mekanismer som möjliggör förutsättningarna för att producera kompositer som möter fordonsindustrins behov gällande volym, kvalitet och kostnadseffektivitet. Detta har gjorts genom att utföra en bakgrundstudie för att identifiera möjliga teknologier, lyckade satsningar internationellt, och genom en inventering av behovsbilden i den kompletta värdekedjan.

2 Executive summary in English

The world faces major challenges in climate and sustainability. For the transport sector, weight reduction is therefore central to minimizing environmental impact. New solutions in light metal and fiber reinforced composites challenge existing manufacturing techniques. Fiber reinforced composites have the biggest weight loss potential, but at the same time the industrial infrastructure for high volume production is generally lacking. This prestudy aims at mapping the present situation in the Swedish composite industry, as well as adding the first pieces to a long-term strategy: For Sweden to establish a global position in the rational and efficient production of composites. A central part of the project has been to investigate, and understand, the processes and mechanisms that enable the conditions for producing composites that meet the automotive industry's requirements regarding volume, quality and cost-effectiveness. Initially, a background study was conducted to clarify the current situation in Sweden and identify successful efforts in other countries. Then an inventory of the needs in the complete value chain was performed. As part of this work an open workshop was organized and a survey was made and used as a basis for discussions with companies in the industry. The recommendation from the project is to launch a national coordinated effort to strengthen the Swedish composite industry, focusing the research on automation, processes and materials for volume production. Further work is required to clarify in detail how such an effort should be made. A number of examples of possible initiatives are mentioned in the project report, for instance directions for applied research, education, test & demo facilities and how it may be financed and possibly organized.

3 Bakgrund

Mer eller mindre alla marknadssegment i Europa har hållbarhet som marknadsdrivande kraft, men fordonsindustrin går på många sätt i spetsen, dels på grund av lagar och föreskrifter, men även för att möta marknads önskemål. Europa har initierat världens tuffaste utsläppsgränser för personbilar. EU ålägger personbilstillverkarna att senast år 2020 se till att deras bilflottor maximalt släpper ut 95 g koldioxid/km (Europaparlamentets och rådets förordning, EU nr 333/2014). I båda fallen är Europa marknadsledande och många starka varumärken har officiella hållbarhetsstrategier. Att minska fordonens vikt är av fundamental betydelse för att möta dessa utmaningar, och är en av anledningarna till att lätta och starka kompositmaterial har rönt ett allt större intresse bland fordonstillverkarna under senare år.

Trots de uppenbara fördelarna kompositmaterial kan erbjuda för att klara de högt ställda målen har det gått relativt trögt för fordonsindustrin att implementera strukturella kompositmaterial i större skala och därmed dra nytta av potentialen hos dessa material. En av anledningarna är höga materialkostnader, men också att det på den internationella marknaden idag till viss del saknas kapacitet för högvolymproduktion av strukturella komponenter. Ett undantag är BMW där i3-modellen tillverkas i serier om ca 500 bilar per vecka.

Lättviktsdesign är utgångspunkten för att vända utvecklingen mot en "positiv viktspiral" och har allmänt antagits av mer eller mindre alla biltillverkare. Målet är att kunna sänka bränsleförbrukning och utöka räckvidden för hybrid- eller elbilar. Tanken är att om viktcurvan för bilen som helhet kan vändas nedåt så kan betydande viktbesparingar göras på en rad delar av bilen, t.ex. motor, fjädrar, bromsar etc., vilket ytterligare minskar vikten och därmed ger en positiv viktspiral. För karosser har borståls-intensiv konstruktion varit framgångsrik, men utvecklingen närmar sig vägs ände. Ett naturligt steg i denna utveckling blir därför att introducera en större inblandning av lättmetaller och fiberkompositmaterial för att utnyttja varje materials bästa egenskaper i en multimateriallösning.

Processer som är lämpliga för högvolymproduktion av kompositmaterial är oftast baserade på pressnings- eller injiceringsoperationer. Gemensamt för dessa är att de är begränsade i komponentstorlek, och i viss mån geometri, eftersom de formas i verktyg. För stora volymer krävs snabba tillverkningsmetoder med en hög grad av automatisering och kvalitetssäkrade processer. Pressning av komponenter i hårdplast innebär att material bestående av fiberpolymerblandning pressas i ett varmt verktyg. Materialet formas efter verktygets kavitet och härddas innan den formade produkten lyfts ur verktyget. För komponenter i termoplast används en process där materialet istället värms upp till ett mjukt tillstånd innan det läggs in i ett verktyg. Därefter formas materialet efter verktygets kavitet och kyls slutligen ner till en färdig komponent. För hårdplaster kan ingångsmaterialet (charge) vara i form av plana ark (Sheet Moulding Compound, SMC) eller som en degaktig fibrös massa (Bulk Moulding Compound, BMC). I bägge fallen består pressmassan av kortare fibrer (typiskt 25-50 mm) som är slumpmässigt orienterade i materialets plan. Förimpregnerade skivor/diskar med flera lager av oftast kontinuerlig fiber, så kallad "prepreg" kan användas vid pressning för att göra komponenter med högre kvalitet. En prepreg förformas till ett plant eller krökt laminat som inte är uthärdat innan det slutligen formas och härddas till en färdig produkt. För termoplast är det idag vanligt att materialet appliceras i verktyget i form av en så kallad "organosheet" eller LFRT (Long Fiber Reinforced Thermoplastic) vilket i bägge fallen innebär en lättformad fiberförstärkt och förimpregnerad termoplast med långa fibrer som är väl anpassad för pressning. En annan form av högvolymtillverkning är så kallade injiceringsprocesser. Dessa involverar impregnering av polymeren (hartset) i en torr fiber-förform, ett fibröst nätverk bestående av armeringen. Målet med injiceringen är att fylla alla tomma utrymmen mellan fibrerna med hartset innan det når gelpunkten, dvs. när materialet går från att vara flytande till fast. Termoplast används sällan i denna process på grund av dess höga viskositet utan vanligtvis används hårdplaster som epoxi eller polyester. Det finns flera varianter av RTM (Resin Transfer Moulding) men i standardprocessen placeras torr fiber i en form som sedan stängs och vakuum skapas i den slutna kaviteten. Hårdplasten injiceras genom övertryck i vätskeform in i formen till dess samtliga kaviteter är utfyllda. Hårdningen initieras i normalfallet genom att den injicerade hårdplasten värms upp av formen. Verktyget öppnas när komponenten härddats tillräckligt mycket för att kunna hanteras. För att processen skall användas för högvolymproduktion krävs hårdplaster med korta härdtider och högt tryck för att injicera hårdplasten, så kallad HP-RTM (High Pressure Resin Transfer Moulding).

För att vara konkurrenskraftig inom bilindustrin är de nödvändiga cykeltiderna mindre än 5 minuter (en målcykeltid på 1 min nämns ofta), det vill säga betydligt snabbare än de traditionella metoderna (injicering, autoklav prepreg-process etc) med cykeltider uppmätta i timmar. För att uppfylla de högt ställda kraven pågår materialutveckling för att modifiera termoplastkemin, exempelvis för formsprutade långfiberarmerade kompositmaterial, kontinuerliga fiberförstärkta termoplaster genom in-situ polymerisationstekniker och pressning av förkonsoliderade eller

sammansatta ark. För hårdplastkompositer har utvecklingen mot kortare cykeltider fokuserat på automatisering och modifiering av de klassiska metoderna för pressformning (SMC, BMC) och tryckinjicering (RTM) tillsammans med snabbhärningssystem. Exempel på nya hartsformuleringar med snabba härdningstider (1-5 min), är Araldite LY 3585 / XB 3458 (epoxi, används i BMW i3) och polyuretan LOCTITE MAX2 eller MAX3 (används i Volvo XC90 bladfjäder). Användandet av kompositer i strukturellt bärande fordonskomponenter har hittills varit begränsat. Exempel finns i bladfjädrar (Corvette, Volvo V90, XC90 m.fl.) och drivaxlar. Industriell state-of-the-art för lastbärande kompositer i serietillverkade bilar är tillverkningen av BMW i3 (elbil för stadstrafik) och i8 (hybridsportbil) i Tyskland. Sedan 2013 då man presenterade i3 leder BMW introduktionen av kolfiberkomposit i bilindustrin och satsade tidigt på RTM-processen. Detta har lett till stora industriella och akademiska satsningar i Tyskland för att utveckla tillverkningsteknik baserad på RTM. T.ex. har DLR utvecklat och demonstrerat processteknologi som man hävdar har tillverkningskapacitet upp emot 100.000 komponenter per år. BMW har även efter i-modellerna presenterat en 7-serie som till stor del är uppbyggd av mixade material (komposit, höghållfast stål och aluminium).

I Japan (Toyota och Tokyo Univ.), Holland (TenCate, Fokker, Twente univ.) och Tyskland (Open Hybrid LabFactory m.fl) görs stora industriella och akademiska satsningar på pressning av termoplastbaserade kompositer. Sammanfattningsvis kan man alltså säga att högvolymproduktionsmetoder nu har nått en så pass hög grad av mognad vilket gör dem mer intressanta för fordonsindustriapplikationer.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Det som kännetecknar kompositbranschen i Sverige är att det finns många små företag med mellan 1-30 anställda samt ett mindre antal större aktörer och OEMer. De mindre företagen arbetar oftast med ett fåtal specialiserade produkter (legotillverkning) i små till medelstora volymer samt prototypstillverkning. I arbetet med bakgrundsstudien var det uppenbart att medelstora företag, dvs företag med tillräckliga resurser och utbyggd struktur, idag redo att leverera kompositkomponenter till fordonsindustrin, generellt saknas i Sverige.

Inom Europa finns en hel del tillverkare av kompositkomponenter till fordonsindustrin. Dessa har olika bakgrund och stöttar olika delar av fordonsindustrin. Ofta handlar det om produktionsvolymer och hur dessa företag har utvecklats. I den kompletta värdekedjan finns mycket utveckling och leverantörer längre ned i värdekedjan, men etablerade slutleverantörer till fordonsindustrin är begränsade. Det finns också exempel där etablerade traditionella Tier 1 leverantörer har köpt upp bolag som har antingen intressant teknologi eller erfarenhet och kunder. Ett av de senaste exemplen är koreanska LG Hausys som köpte upp tjeckiska uppstickaren c2i som etablerats på kompositmarkanden med produktion av avancerade kompositartiklar inom sportbilssegmentet. Sammanfattningsvis kan tillverkare av kompositkomponenter till fordonsindustrin delas in i tre kategorier:

- Etablerade Tier 1 leverantörer
- Etablerade komposittillverkare av traditionella högvolymsprocesser.
- Traditionella komposittillverkare av avancerade komponenter

Denna förstudie har syftat till att kartlägga nuläget inom svensk kompositindustri, samt lägga grunden för en långsiktig strategi med målet att Sverige ska etablera en framskjuten position inom rationell och effektiv produktion av kompositer. En central del i projektet har därför varit att undersöka, och förstå, de processer och mekanismer som möjliggör förutsättningarna för att producera kompositer som möter fordonsindustrins behov gällande volym, kvalitet och kostnadseffektivitet. Med hög volym menas i detta fall en årsproduktion av 20.000–40.000 detaljer och uppåt, eller där hög automationsnivå krävs för att uppnå lönsamhet eller stabil produktkvalité.

Inledningsvis genomfördes en bakgrundstudie för att identifiera lyckade satsningar från exempel i andra länder. Därefter gjordes en inventering av behovsbilden i den kompletta värdekedjan. I ett försök att klargöra vilka tekniska, affärsmässiga och samverkansmekanismer som krävs för att få fart på högvolymproduktion av komposit i Sverige tog vi fram en enkät med 6 st frågor (diskussionspunkter). I möten som varade 1-2 timmar med 15 st olika företag med anknytning till komposit/fordonsindustri diskuterades följande frågor:

1. Önskad plats i värdekedjan, marknad, tillväxtpotential med komposit (ökade affärer, nya produkter, nya kunder, export, konkurrenter)
2. Identifiera potentiella produkter (komponenter, system, montering). Idéer koncept lösningar (teknik, termo- härdplast, funktionsintegrering)
3. Utmaningar i produkt- och produktionsutveckling av teknik och förutsättningar för högvolymsproduktion (volym, kvalitet, kostnadseffektivt, IPR). Verifikation av produktspecifika konceptlösningar, TRL, MRL
4. Kompetensförsörjning (utbildning, rekrytering, inhyrning). Behov av stödfunktioner (t.ex. fogning, processimulering, produkttegenskapssimulering, material- och verktygsutveckling, automatisering, IPR)
5. Möjligheter till samverkan i hela värdekedjan. (samarbetsformer, projektsamverkan, mötesarenor, erfarenhetsutbyte, leverantörer, kund, partners, forskningsaktörer, konsulter, IPR)
6. Vilka finansiella förutsättningar måste på plats för att tillverka i Sverige (beslutsfattare, finansiering, investeringar, riskhantering)

En öppen workshop hölls den 17e april i Trollhättan. Inbjudan spreds genom LIGHTer och Innovatums hemsidor samt genom FKGs kontaktnät. I workshopen deltog ytterligare 6 st företag utöver de tidigare intervjuade med inspel till diskussionsunderlaget.

5 Mål

Målsättningen var att skapa en samlad bild av de behov som ligger till grund för att definiera processen för att framgångsrikt möjliggöra volymproduktion. För detta tog vi fram en enkät innehållande ett antal frågeställningar, vilket användes i kontakten med de företag som senare intervjuades. En viktig del har varit att inventera de framgångsrika nationella och internationella satsningar och bolag inom det aktuella området, och därmed bättre förstå de processer, mekanismer och företagsstrukturer som finns etablerade. I den öppna workshopen samlades 30 deltagare från industrin och akademi för att gemensamt konkretisera behovsbilden relaterat till de långsiktiga målen:

- Samverkan på en nationell nivå inom hela värdekedjan inom kompositindustrin och slutanvändare
- Kapacitet för att producera komposit i höga volymer för att möta fordonsindustrins (dock ej exklusivt för fordonsindustrin) behov
- Säkerställa tillgänglighet av stödfunktioner kopplade till volymproduktion av komposit – exempelvis fogning, produktionssimulering, utvecklingssimulering, pre-processer, post-processer, materialutveckling
- Förståelse av de affärsmässiga & tekniska mekanismer som möjliggör investeringar och produktion i Sverige

6 Resultat och måluppfyllelse

På vägen mellan behovsägare och material/produkttillverkare finns en lång kedja av aktörer och beslutsfattare, och det är länken med den minsta kunskapen, förmågan och tilliten som sätter gränsen för kedjans prestanda. Att öka samverkan mellan länkarna i kedjan för att ömsesidigt höja kunskapen, förmågan och tilliten till andra aktörer är därför av stor betydelse för att öka Sveriges konkurrenskraft. Genom projektet har vi samlat partners i hela kedjan för att identifiera behov, och därigenom lagt grunden för vilket en plan en framtida nationell satsning skulle kunna bygga på. Trenden inom kompositindustrin under de senaste 10-15 åren har varit att gå mot en ökad grad av automation och utveckling av snabbare tillverkningsprocesser och nya materialsystem. Detta bör i sin tur kunna öppna upp för svenska komposittillverkare då framtidens tillverkning kommer att automatiseras i ännu högre utsträckning.

För att nå bilindustrins smärtgräns för kostnader på med komponenter i fiberkomposit krävs lägre kostnad för råvara (kolfiber), lägre cykeltider vid tillverkning, högre automationsgrad och produktion med jämn kvalitet. Förutom kostnad måste effektiva och robusta metoder för fogning av komponenter i kompositmaterial och metall utvecklas. Dessa metoder måste också vara implementerbara i nuvarande fabriksmiljö hos OEM. För att även kunna introducera komponenter i fiberkomposit i de områden som utsätts för krocklaster och extrem deformation måste effektiva och noggranna virtuella metoder utvecklas. Likaså måste utvecklingsmetodiken (hela vägen från process till end-of-life) utvecklas vidare, framförallt gällande simuleringsmetodik och i synnerhet krocksimulering.

Slutsatsen från denna studie är att grunden för förstudien var korrekt, och att en nationell satsning för att stärka svensk kompositindustri behöver komma på plats och därmed ligga till grund för att etablera Sverige som viktig faktor på en stor internationell marknad. Svensk kompositindustri och dess tillämpade forskning behöver samordnas för att dra åt samma håll. Det finns mycket kompetens på alla nivåer inom landet, men det är fragmenterat. Med rätt samordning, struktur och finansiella förutsättningar skulle svensk kompositindustri kunna få en etablerad och framskjuten position på den globala marknaden.

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	Relevanta tekniska lösningar för högvolymproduktion
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Kan användas för att definiera inriktningen på vad som behöver mer utveckling
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	x	Resultatet av förstudien bör kunna användas som vägledning och ge riktlinjer för vad en volymproduktions satsning ska inkludera, hur den ska genomföras och hur den ska kunna finansieras

En öppen workshop hölls den 17e april i Trollhättan. Inbjudan spreds genom LIGHTer och Innovatums hemsidor samt genom FKGs kontaktnät.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Rekommendationen från förprojektet är att en nationell satsning på svensk kompositindustri ska komma på plats med fokus mot automation och volymproduktion av kompositer. Vidare arbete krävs för att klargöra detaljerat hur en sådan insats ska genomföras. Slutsatser från projektets deltagare, intervjuer med olika företag och den gemensamma workshopen visar att inriktningen skall fokusera på:

- En central sammanhållande och koordinerande funktion för svensk kompositindustri som täcker alla nivåer – från forskning till industrialisering
- Fastläggande av en långsiktig strategi för att säkerställa varaktig svensk kompetens och kapacitet
- Tillämpad forskning i den högre TRL-skalan
 - Merparten av företagen i svensk kompositindustri är små företag som inte har den finansiella möjligheten till tidskrävande forskning. Effekten av den tillämpade forskningen behöver snabbt ge resultat.
- Utbildning på universitetsnivå
 - Bredden av kompetensförsörjning behöver säkerställas via utbildning.
- Test & demoanläggning
 - En fast anläggning (kan liknas vid NCC i England) alternativt flera platser där experiment och utveckling kan genomföras i samverkan mellan olika parter på ett effektivt sätt.
 - Att genom projekt kunna säkerställa en hög nyttjandegrad. Erfarenheter från exempelvis NCC visar att mindre företag kan ha svårt att fullt utnyttja faciliteterna pga höga kostnader.
- Forskning
 - Grundforskningen är en viktig del för att bygga ett fundament.
 - Den tillämpade forskningen är stark i Sverige, men bör kunna samordnas bättre och sträckas högre upp på TRL.
- Finansieringsmöjligheter för både mer traditionella långsiktiga projekt men också för korta projekt med snabb behandling

- Utvecklingsområden som identifierats som viktiga att utveckling/forskning sker inom
- Effektiva och robusta processer
 - Processer som ska säkerställa kapacitet för produktion i höga volymer.
 - Verktygsmaterial och ytor som ger förutsättning för robusta formningsprocesser.
 - Kvalitet
 - Process och metodik för att säkerställa och kontrollera kvaliteten.
 - In-line mätning av produktkvalitet vid serieproduktion.
 - Simuleringsmetodik
 - Ett område som har oerhört mycket behov av utveckling. Utvecklingsmetodik, materialkarakterisering, produktionssimulering, och krocksimulering är alla områden som behöver stärkas.
 - Materialförädling
 - Bio-hartssystem och fibrer: Sverige har en enorm mängd gröna råmaterial som kommer vara oerhört viktig inför framtiden då fossila material skall ersättas.
 - Snabbhårdande hartssystem och nya termoplastlösningar.
 - Miljöeffekter och återvinning
 - Förstå den kompletta miljöpåverkan av olika lösningar för att säkerställa att kompositlösningen även är en miljöriktig lösning.
 - Effektiva system för återvinning och netshape produktion (reducera/minimera spill).

En idé som förstudien rekommenderar är att välja ut ett större utvecklings- och industrialiseringsprojekt där en större del av svensk kompositindustri samverkar på alla nivåer: utveckling, prototyp tillverkning, validering, industrialisering osv. Exempel skulle vara något större system som t.ex. något fordon (personbil, lastbil, buss, tåg) eller delsystem (hytt, stol, etc).

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Erik Marklund, Swerea SICOMP (koordinator)
 Daniel Berglund, Swerea SICOMP
 Tomas Luksepp, Swerea IVF
 Tommy Christensen, Innovatum
 Anders Holmkvist, Inxide
 Kaj Fredin, Volvo Cars
 Fredrik Edgren, Volvo Cars
 Bodil Ahlström, NEVS
 Tijs Nijland, NEVS
 Fredrik Wettermark, Composite Design
 Tord Gustafsson, SSAC
 Peter Bryntesson, FKG

SSAC



swerea
 swedish research



NEVS

COMPOSITE
 DESIGN

INNOVATUM

INXIDE
 Smart Composite Solutions