

FASERVERBUND-KUNSTSTOFFE: STARKE LEICHTGEWICHTE IN FORM GEBRACHT

Komposite verleihen Flügel

Komposite sind die Überflieger unter den Leichtbauwerkstoffen. Allerdings lassen sich ihre Herstellmethoden kaum überschauen, ständig kommen neue hinzu. Denn die Verfahrensentwickler arbeiten mit Hochdruck an rationellen, serientauglichen Prozessen.

Faserverstärkungen eröffnen den Kunststoffen neue Anwendungsfelder. Sie verleihen den Bauteilen höhere Steifigkeit, mechanische Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit. Genauer gesagt, erzielen sie eine höhere gewichtsbezogene Steifigkeit und Festigkeit als Stahl, Aluminium oder auch Titan und sind bei vorgegebenem Volumen leichter als Teile aus Metall. Sie sparen bis zu 25 % Gewicht gegenüber Aluminium ein und bis zu 60 % gegenüber vergleichbaren Stahlstrukturen. Als Verstärkungen für die Polymer-Matrizes eignen sich Fasern aus unterschiedlichen Materialien, etwa Glas, Kohlenstoff, Mineralien, pflanzliche und tierische Ausgangsstoffe (Naturfasern) oder PPTA (Aramidfasern). Mit einem vergleich-

baren Prinzip der Faserverstärkung arbeitet die Natur bereits seit Jahrmillionen. Ein Beispiel sind die Längsfasern im Bambus, die hohe Festigkeit bei geringstem Gewicht ermöglichen. Faserverbund-Kunststoffe (FVK), auch Komposite oder Composites genannt, sind hingegen erst seit über einem halben Jahrhundert im Gebrauch. Vor allem in den letzten zehn Jahren hat ihr Einsatz jedoch stark zugenommen. Die Hauptanwendungsfelder sind heute Luft- und Raumfahrttechnik, Automobil- und Schienenfahrzeugbau, Bauwesen, Konstruktion und Ingenieurwesen, Elektrotechnik, Elektronik, Medizintechnik, Schiffsbau, Windenergie, Sport und Freizeit. Nach einer Markterhebung der Industriever-

einigung Verstärkte Kunststoffe e.V. (AVK), Frankfurt/M., brachte das Jahr 2006 der europäischen GFK-Industrie einen Zuwachs von 6,2 %. Die Produktion von GFK (glasfaserverstärkte Kunststoffe) betrug 2006 in Europa über 1,1 Mio. t. Aus AVK-Sicht wird der Zuwachs 2007 schwächer ausfallen, die 5%-Marke aber kaum unterschreiten. Treiber für diese Entwicklung sind zum einen die Leichtbaueigenschaften und die Strukturintegrität des Materials, andererseits die heutigen Ansprüche an die Technik: Die Industrie steht unter dem Zwang, aus Gründen der Energieeinsparung immer leichtere Strukturen bei gleicher Festigkeit zu fertigen. Und dies sehr rationell – eine Anforderung, die den Einsatz von FVK bisher noch stark



Tragende Frontend-Struktur beim Mercedes Benz Vito/Viano NCV2, spritzgegossen aus langfaserverstärktem Polypropylen (PP-LFT) Bild: Ticona

> MARKTCHANCEN

Die Industrie sieht sich gezwungen, ihre Produkte bei gleichbleibender Festigkeit immer leichter zu fertigen. Werkstoffe der Wahl sind heute faserverstärkte Kunststoffe (FVK) mit duroplastischer und thermoplastischer Matrix – vor allem dort, wo sie rationell hergestellt und verarbeitet werden können. Hier gibt es allerdings noch viel zu tun. Das hohe Automatisierungspotenzial sorgt jedoch dafür, dass FVK in immer mehr Anwendungen Fuß fassen und Zukunft haben.

begrenzt. Doch die Komposit-Fertigung bietet ein hohes Automationspotenzial, das immer besser genutzt wird und den Werkstoffen den Weg in Serienproduktionen bahnt.

Dazu Dr. Eva Bittmann, vereidigte Sachverständige für Kunststofftechnik und Geschäftsführerin des Büros Werkstoff & Struktur, Herreth, das unter anderem Schadensanalysen, Werkstoffberatung und Kunststoffprüfungen als Dienstleistung anbietet: „Bei Strukturbauteilen mit duroplastischer Matrix geht der Trend zu den Injektionsverfahren. Das betrifft sowohl den Bereich der Hochtechnologie mit Autoklav- und Prepreg-Techniken wie auch den Bereich des Handlaminiertens.“ Dr. Bittmann zählt dazu das klassische Resin Transfer Molding (RTM) im zweischaligen Werkzeug, bei dem der Fertigungsprozess druck- und vakuumunterstützt sowie temperaturgesteuert ablaufen kann. Insbesondere bei großflächigen Kleinserienbauteilen lässt sich die Methode vielfältig abwandeln, etwa durch Verwendung einschaliger Formen mit einfachem Vakuumaufbau und einer Harzzufuhr

über Schlauchsysteme („Vakuuminjektion“). Gegenüber den handwerklichen Verfahren zeichnen sich diese weit entwickelten Prozesse durch reduzierte Emissionen und besser reproduzierbare Faservolumenanteile aus. Sie „ermöglichen es erstmals, größere Serien mit vertretbaren Zykluszeiten zu fertigen, von denen auch der Automobilbau profitiert“, betont Eva Bittmann. Wie das Dach des BMW M3 beweist, das im Injektionsverfahren aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) hergestellt wird. Dieses Verfahren beginnt in der Automobil- und Luftfahrtindustrie gerade Fuß zu fassen. Parallel dazu sind nach wie vor aufwendige Hightech-CFK-Prozesse im Einsatz.

Für thermoplastische FVK hingegen etablieren sich neben dem Pressen imprägnierter Faserhalbzeuge zunehmend Prozesse, die dem Spritzgießen entlehnt und damit hochproduktiv sind. Die eingebetteten Fasern fördern die Festigkeit und auch die Zähigkeit des spritzgegossenen Materials. „Um die Langfasern zu schonen, bieten heute neu entwickelte Verarbeitungsmaschinen die Möglichkeit, die Fasern erst nach dem Granulataufschmelzen hinzuzufügen.“ Eine weitere verfahrenstechnische Option ist die Kombination von Langfaser-Formmassen mit endlosfaserverstärkten Einlegeteilen, zum Beispiel beim Plastifizierpressen.

Handwerk und Industrie haben in den letzten 60 Jahren eine lange Reihe von Materialien, Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren

entwickelt, die heute Stand der Technik sind. Ihre Vielfalt ist enorm und erweitert sich stetig durch die Bemühungen, den Prozess rationell und serienfähig zu gestalten. Einen Überblick über die unterschiedlichen Technologielinien gibt die Tabelle auf den Seiten 28 bis 29. Mit jeder potenziellen Anwendung kommen neue Optionen hinzu. Aus dieser Anwendungsvielfalt seien hier beispielhaft einige Werkstoff- und Verfahrensmöglichkeiten beschrieben:

Langglasfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) im Automobil: Unter anderem für das Frontend des Mercedes Benz Vito / Viano NCV2 hat Ticona die Werkstofffamilien Celstran und Compel entwickelt. Dabei handelt es sich um langglasfaserverstärkte Thermoplaste wie PP, PA 66, PA 6, PBT oder POM, die im Profiliziehverfahren (Pultrusion) hergestellt werden: Dabei werden Faserstränge (Rovings) aus Glas, Aramid oder Carbon



Dr. Eva Bittmann, Geschäftsführerin Werkstoff & Struktur: „Bei Strukturen mit duroplastischer Matrix geht der Trend zu Injektionsverfahren.“ Bild: Werkstoff & Struktur

durch ein Imprägnierwerkzeug gezogen, gleichzeitig mit der aus einem Extruder geförderten Thermoplastschmelze getränkt und anschließend granuliert (Pellets). Das Ergebnis ist ein Granulat mit einer für Crashbelastungen hohen Schlagzähigkeit.

Wichtig bei der Herstellung des Komposit-Granulats ist eine gute Faser-Matrix-Haftung, die beim Crash zu einem Faserbruch mit maximaler Energieaufnahme führt. Unerwünscht ist dagegen ein „Faser Pull-out“, wie es bei zu kurzen Fasern oder schlechter Faser-Matrix-Haftung auftreten kann. Die Weiterverarbeitung des Komposit-Granulats zu Frontends geschieht im Standard-Spritzgießverfahren. Für weitere Autoteile wie

Fortsetzung auf Seite 30



Die je 26 m langen Tragflächenkanten des A 380 sowie die Rippen und Profile der Kielversteifung sind aus carbonfaserverstärkten PPS-Kompositen gefertigt Bild: Ticona

Verfahren	Merkmal	Vorteile	Nachteile	Produkte
Handlaminieren Faserharzspritzen	Ältestes, einfachstes Verfahren für kleine bis mittlere Serien, in einfachem, offenem Werkzeug; schichtweise Verarbeitung von EP- und UP-Harzen mit Faserhalbzeugen aller Art. Bei der teilmechanischen Variante „Faserharzspritzen“ befördert der Luftstrom aus einer Anlage Harz, Härter und Fasern gemeinsam auf das Werkzeug	Geringer Werkzeugaufwand, geringe Investitionskosten, große Teile mit variablen Geometrien, kurze Realisierungszeit	Umweltprobleme, Prozessunsicherheiten, Qualitätsprobleme, meist geringere Faseranteile, lange Prozesszeit, Lohnintensiv (Handarbeit)	Segelflugzeuge, Flugmodelle, Boote, Behälter, Prototypen
Autoklav-Verfahren	Meist beim Einsatz von Prepregs (verarbeitbares flächiges Halbzeug aus vernetzungsfähigen Harzen und Kohlenstofffasern), die in einem Druckgefäß (Autoklav) unter Vakuumfolie und bei einem Druck bis 20 bar und Temperaturen bis 200 °C ausgehärtet werden	Höchste Festigkeiten der Bauteile, hohes Faservolumen,	Eines der teuersten und aufwendigsten Verfahren, hohe Investitionen, arbeitsintensiv, lange Taktzeiten (manueller Aufbau). Aufheiz- und Härtezyklus dauert bis zu 7 Stunden	Komplizierte, mechanisch und thermisch hochbelastbare Bauteile für Luft- und Raumfahrt oder Rennsport
Vakuumpressen	Aushärten von Prepregs und Handlaminaten unter Vakuumfolie in einfachem Werkzeug, für kleine Serien	Kostengünstig im Vergleich zum Autoklav-Verfahren, hohe Festigkeiten	Bei Handlaminaten geringere Qualität im Vergleich zum Autoklavieren von Prepregs	U.a. Verkleben von leichten Stützstoffen mit hochfesten Harz/Gewebe-Deckschichten; leichte und steife Bauteile
a) SMC-Pressen (Sheet Moulding Compound = UP-Harzmatten) b) GMT-Pressen (glasmattenverstärkte Thermoplaste)	Press- bzw. Transferverfahren für a) SMC-Prepregs, b) GMT; in Metallwerkzeugen bei Temperaturen bis 180 °C, mit Beschickung von Hand oder durch Dosiergeräte	Gut automatisier- und reproduzierbarer Prozess in Verbindung mit einer Oberkolben-Kurzhubpresse; kurze Taktzeiten, hohe Oberflächenqualität	Begrenzte Lagerfähigkeit des Halbzeugs; Faserorientierung nur bedingt möglich; hohe Werkzeuginvestition	Automobilteile, u.a. Autoreflektoren, Zylinderkopfdeckel und Heckklappen; auch Fahrzeugstrukturen wie LKW-Fahrerhäuser;
Heißpressen Nasspressen	Pressverfahren für getränkte Faserhalbzeuge bei hohen Temperaturen; hohe Stückzahlen, stabiles Werkzeug	Kurze Taktzeiten; keine Probleme mit Halbzeug-Lagerstabilität, da Nassverf.; oft bei Naturfasermaterialien	Relativ hohe Werkzeuginvestition, Handhabung der flüssigen Harze	Generell: Herstellung kleiner und mittlerer Bauteile in Mittel- bis Großserien für alle Industriebereiche
Wickeln	Mit Harz imprägnierte Fasern werden maschinell auf einem Wickelkern abgelegt, der die Teilegeometrie vorgibt	Geringe Wanddicken, durch optimale Ausrichtung der Fasern auf Beanspruchung; hohe chemische Beständigkeit dank variabler Dicke der inneren Chemieschutzschicht; wirtschaftliche Alternative zu anderen Werkstoffen wie gummierter Stahl	Hohe Investition in die Wickelanlage; eingeschränkte Geometrien	Zylindrische, kegelförmige, rotationssymmetrische Formteile, wie Behälter, Rohre, Achsen, Wellen und sogar Raketen-Booster
Schleudern	Laminataufbau (bis zu 200 g) in rotierenden, beheizbaren Kokillen (bis 6 m Länge) von außen nach innen, durch Verstärkungslagen, die mit der beim Schleudern eingeführten Reaktionsharzmasse getränkt werden; auch gleichzeitiges Einspritzen von Harzmasse und Fasern	Sehr hohe Temperaturbeständigkeit, sehr hohe chemische Beständigkeit, sehr niedrige Strömungsverluste wegen glatter Innenwand; Einbau einer Kernschicht aus sandgefüllter Harzmasse zur Erhöhung der Steifigkeit, etwa bei Kanalrohren	Hohe Investition in die Schleudieranlage; aufwändige Gütesicherung	Vor allem zylindrische GFK-Bauteile (Rohre, Behältermäntel), nur bedingt auch leicht konische GFK-Teile wie Masten.
Plastifizierpressen	Pressverfahren, Langglasfaser-Pellets werden in einem Plastifizieraggregat aufgeschmolzen und als Plastifikat im Presswerkzeug zum Formteil gepresst; stabiles Werkzeug, mittlere bis hohe Stückzahlen	Kurze Taktzeiten, hohe Oberflächenqualität	Oberkolbenpresse erforderlich, relativ hohe Werkzeuginvestition, Handhabung der Plastifikate, wenn nicht automatisiert	FVK-Automobilteile wie Armaturentafeln, Frontends oder Luftkästen



Beim Nahverkehrszug Coradia Lirex sind die Front- und Dachverkleidung aus glasfaserverstärkten Duroplasten gefertigt, ebenso wie WC-Seitenteile und Luftsaulenverkleidungen Bild: Alstom LHB

Verfahren	Merkmal	Vorteile	Nachteile	Produkte
a) Injektionsverfahren RTM (Resin Transfer Moulding) b) Polyurethanverfahren R-RIM (Reinforced Reaction Injection Moulding – mit Glasfaser-Verstärkung) S-RIM (Structural Reaction Injection Moulding – mit Verstärkung durch ins Werkzeug eingelegte Fasermatten)	a) Flüssige Reaktionsharzmasse wird in einem geschlossenen, stabilen u. zweiteiligen Werkzeug auf trockenes Verstärkungsmaterial gepumpt (Druckinjektion); b) Hochreaktive, flüssige Komponenten (Polyol, Polyisocyanat) werden erst unmittelbar vor dem Einspritzen in einem Mischkopf gemischt und reagieren im Werkzeug aus; für mittlere Stückzahlen	Hohe Qualität, beiseitig glatte Flächen, geringe Porosität. Geschlossene Verfahren wie RTM und R-RIM /S-RIM substituieren zunehmend offene Verfahren. Kombination von a) und b) für die Herstellung von Sandwichbauteilen	Formkosten höher als bei Vakuumverfahren. Lange Reaktionszeiten – bei R-RIM/S-RIM durch höherreaktive Matrix-Systeme erheblich verkürzt	Teile in der Automobil- und Elektrotechnik; bei Einsatz von Naturfasern u.a. stoffkaschierte Auto-Innenteile. Etabliert ist inzwischen die Herstellung von Freizeitbooten und Großteilen für Windkraftanlagen im RTM-Verfahren
Vakuuminjektion (klassisch)	Im Gegensatz zur Druckinjektion wird bei der Vakuuminjektion das reaktionsfähige Harz in die mit dem Verstärkungsmaterial ausgelegte Form mit begrenztem Druck eingesaugt; die Gegenform kann aus einer dehnbaren Folie bestehen	Gute Qualität, große Teile herstellbar	Nacharbeit, niedrige Harzviskosität notwendig, eher weite Wanddickentoleranz	Windrotoren, Segelboote, Teile für den Flugzeugbau
Vakuuminjektion SLI (Single Line Injection)	Kombination von Injektions- und Autoklavverfahren: Eine gesteuerte und vordefinierte Harzinjektion (über eine Injektionslinie) und der Autoklav-Druck ermöglichen das gezielte Durchtränken des trocken in die Form eingebrachten Fasermaterials und die definierte Kompaktierung des Laminats	„Hochleistungsvariante“: Erstklassige Laminatqualitäten u.a. durch Regeln des Prozesses über den Differenzdruck zwischen Autoklav- und Injektionsdruck; großflächige, zweifach gekrümmte und geometrisch komplexe Integralstrukturen	Höhere Investition als bei klassischer Vakuuminjektion	Hochleistungs-Verbundstrukturen im Flugzeugbau
Pultrusion (Profilziehverfahren)	Tränkung und Aushärtung von Endlosfasern zur Profilverstellung; für mittlere bis hohe Stückzahlen zweidimensionaler Profile; offenes oder geschlossenes Verfahren	Hoher Durchsatz, geringe Werkzeugkosten, längenunabhängig	Keine dreidimensionalen Teile möglich, Großserien (> 600) unwirtschaftlich	Nur auf Profile beschränkt
Spritzgießen Standard BMC	Urformverfahren in einer Spritzgießmaschine mit Plastifizier- und Schließeinheit für ein zum Öffnen und Auswerfen des Formteils verfahrenbares, zweigeteiltes Werkzeug, in einem Arbeitsschritt von der Formmasse zum fertigen Formteil; meist (lang)glasfaserverstärktes Granulat (LFT, G-LFT); auch BMC (Bulk Moulding Compound = pastenähnliche, feuchte Polyesterharzmassen, „Sauerkrautmassen“) von der Rolle oder mit Stopfvorrichtung; sehr hohe Stückzahlen	Vielseitigstes und wirtschaftlichstes Verfahren, hohe Formteilqualität auch komplexer Teile, meist ohne Nachbearbeitung des Formteils	Hohe Investitionen in Maschine und Werkzeug	„Dreidimensionale“ Teile hoher bis höchster Qualität für alle Industriebereiche
LFT-Spritzprägen	Spritzgießverfahren für langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT), bei dem die Werkzeughälften beim Einspritzen bis auf einen Spalt zugefahren werden und erst nach komplettem Füllen des Werkzeugs mit Schmelze mit einem „Prägeeffekt“ unter Druck schließen	Verzugsfreiheit auch bei großen Formteilen	Hohe Investitionen in Maschine mit Prägesteuerung und Werkzeug	Wie oben, besonders großflächige Teile hoher Festigkeit und geringem Verzug (Frontends, Unterbodenverkleidung, Instrumententafeln)

etwa Türmodulen schlägt der Hersteller das um die Funktion „Spritzprägen“ erweiterte Spritzgießen vor. Für flache Bauteile mit geringer Wanddicke und Verzug, wie etwa Unterbodenschutz oder Sitzschalen, ist hingegen das „Plastifizierpressen“ prädestiniert, wobei die Langglasfaser-Pellets in einem Plastifizieraggregat aufgeschmolzen, dann als Plastifikat in das Presswerkzeug gelegt und zum Formteil gepresst werden.

Glasfaserverstärkte Duroplaste bei Schienenfahrzeugen: Die Außen- und Innenverkleidungen sind üblicherweise aus glasfaserverstärkten Duroplasten als Matrix wie ungesättigten Polyesterharzen (UP) oder Phenol-Formaldehyd-Harzen (PF) gefertigt. Beim Nahverkehrszug Lirex von Alstom LHB beispielsweise gehören dazu die Front- und Dachverkleidung, WC-Seitenteile und Luftsäulenverkleidungen.

Bei diesen in kleinen Serien hergestellten, meist großen Lang- und endlosfaserverstärkten Teilen herrscht noch das Handlaminieren vor. Es ist das älteste und einfachste Herstellverfahren, mit dem Bauteile aus glasfaserverstärktem Kunststoff realisiert werden können: Nach dem Auftragen einer Deckschicht auf ein einfaches Formwerkzeug beginnen die Werker mit dem manuellen Aufbauen des Laminats. Schichtweise

Für Innenverkleidungsteile, die in großen Stückzahlen benötigt werden, bewährt sich bereits seit vielen Jahren das SMC-Pressen: Es beruht auf der Verarbeitung von Prepregs aus Sheet Moulding Compounds (SMC). Das sind flächige Halbzeuge aus UP-Harzen sowie Glasfasern oder -matten zur Verstärkung. Sie werden unter Wärme und Druck fließfähig und härten nach dem Füllen der Werkzeugkavität aus.

Composites für hoch belastbare Komponenten im Flugzeugbau: Die Flugzeugindustrie stellt sehr hohe Ansprüche an Materialien, um strenge Sicherheitsanforderungen einhalten sowie Gewicht und Kosten reduzieren zu können. So besteht der neue Airbus A380 zu einem Viertel aus FVK, mit denen sich 30 % an Kosten und 40 % an Gewicht einsparen lassen. Dazu tragen mehr als 2,5 t Kunststoff in knapp 1000 Bauteilen bei, die auf Fortron basieren, einem PPS von Ticona.

Fortron ist inhärent flammwidrig, hat einen niedrigen Rauchindex und einen guten Sauerstoffgrenzwert, ist also prädestiniert für das Flugzeuginnere. Bond-Laminates, Brilon, fertigt aus Carbonfasern und Fortron das Halbzeug Tepex, das durch Thermoformen zu robusten und leichten Produkten weiterverarbeitet wird. Beispiele sind Lendenwirbelstützen, die rund 54 % leichter sind als in

Tragflächenkanten des A 380 sowie die Rippen und Profile der Kielversteifung. Die dafür benötigten Basis-Komposite werden bei etwa 300 °C und unter hohem Druck aus Fortron und faserförmigen Verstärkungstoffen hergestellt. In einem weiteren Prozessschritt „verbacken“ die einzelnen Teile im Autoklaven miteinander und bilden dann eine feste, untrennbare Einheit. Dieses Verfahren macht aufwändige Bohr- und Nietarbeiten überflüssig und führt somit zu einer höheren Festigkeit – also zu mehr Sicherheit bei verringertem Zeitaufwand.

Der neueste Schrei bei der Herstellung von maßgeschneiderten Teilen sind alte Methoden: Textiltechniken wie Nähen, Flechten oder Stricken von Geweben, die mit Harzinjektionstechniken und Mikrowellenhärtung kombiniert werden. Das hintere Teil der Kabine des A 380 wird so hergestellt. Die Druck-

Nähen und Weben optimieren Faserverbund-Herstellung

kalotte mit 6 m Durchmesser schließt den „Riesen der Lüfte“ mit seiner Länge von 70 m und 80 m Spannweite nach hinten ab. Sie muss den gesamten Innendruck abfangen, der während des Fluges entsteht.

Die Druckkalotte besteht aus einem Faserverbundwerkstoff, der mit modernen Nähverfahren hergestellt wird. Bei dieser Methode werden mit Hilfe von Textiltechniken wie Nähen, Weben, Flechten und Sticken automatisiert mehrdimensional belastbare Gewebe hergestellt. Sie führen zu einer höheren Strukturintegrität im Bauteil, einer besseren Schadenstoleranz und einem höheren Energieaufnahmevermögen im Crashfall. Nach ihrer Herstellung werden die fertig konfektionierten, trockenen Faserstrukturen aus mehrdimensionalen Geweben und parallelen Fasern mit Injektionsverfahren imprägniert, zum Beispiel mit Expoxidharz. Diese Methode bietet nicht zuletzt ein hohes Automatisierungspotenzial für komplex zugeschnittene Strukturen.

FVK sind das Material der Wahl im modernen Flugzeugbau: Dies zeigt auch Airbus-Wettbewerber Boeing, der bei seinem Dreamliner 787 mit einem Verbundwerkstoff-Anteil von rund 50 % ebenfalls auf die Vorzüge von Kompositen setzt.

■ Klaus Diebold

Fachjournalist in Nürnberg



Unsichtbar, aber doch unverzichtbar: die tragende Frontend-Struktur aus langfaserverstärkten Thermoplasten hinter der kompakten Frontpartie eines modernen Transporters Bild: Ticona

legen sie die Verstärkungsfaserlagen per Hand auf und tränken sie jeweils per Rolle oder Tränkanlage mit Harz. Stattdessen etabliert sich zunehmend das Harzinjektionsverfahren (Resin Transfer Moulding). RTM basiert auf trockenen Faserhalbzeugen, die im Werkzeug mittels Vakuum imprägniert werden: Sobald die Vorformlinge aus ungetränkten Verstärkungsfasern in ein stabiles, meist zweigeteiltes Werkzeug eingelegt sind, wird das Werkzeug geschlossen und Vakuum angelegt, um das reaktive Harz in das Formnest zu injizieren.

Aluminium, was bei 555 Airbussitzen à 130 g schon zu 72 kg weniger Gewicht führt.

Formteile aus PPS-Composites sind außerdem um rund 20 bis 25 % kostengünstiger zu verarbeiten als Aluminium, da sie in ihrer Herstellung deutlich weniger Arbeitsschritte durchlaufen müssen. Sie bieten hohe Schlagzähigkeit, Biegefestigkeit und Dimensionsstabilität und sind darüber hinaus resistent gegen aggressive Medien wie Flugzeugkraftstoff, Motor- und Hydrauliköle.

Ebenfalls aus PPS-Verbundwerkstoffen bestehen die beiden jeweils 26 m langen