

# Hybrider geht's nicht

## Thermoplastmatrix-RTM am Dachrahmen des Roding Roadster

Das T-RTM-Verfahren ist ein Technologiehybrid. Weltweit nehmen in Kürze die ersten Anlagen die Produktion auf, mit denen sich moderner Leichtbau für Volumenmodelle von Automobilen realisieren lässt. Der bereits auf der K2016 gezeigte Dachrahmen des Sportwagens Roding Roadster R1 verdeutlicht das Potenzial dieses Verfahrens.

Der Prozess könnte kaum hybrider sein: Die Einlegeteile bestehen aus Aluminium und Stahl, die Fasern aus Carbon und Glas, und die Fertigung kombiniert die Vorteile der Formgebung im Infiltrationspressverfahren (Resin Transfer Molding, RTM) mit denen von Reaktionstechnik und thermoplastischen Werkstoffen (das „T“ in T-RTM steht für die thermoplastische Matrix). Damit bietet es günstige Voraussetzungen für den Leichtbau. Beim T-RTM wird ein vorgeformtes textiles Halbzeug in einem Presswerkzeug mit einem Reaktivgemisch infiltriert, das aus zwei Komponenten besteht ( $\epsilon$ -Caprolactam plus Aktivator bzw. Katalysator). Es liegt bei Raumtemperatur in Granulatform vor und wird vor der Anwendung oberhalb von 70 °C aufgeschmolzen. In einer Polymerisationsreaktion (In-situ-Polymerisation) härtet es zu Polyamid 6 (PA6) aus. Im Fall der Anwendung des Roadster-Dachrahmens (**Bild 1**) beträgt die Aushärtedauer 2 min.

Die besonderen Vorzüge von T-RTM zeigen sich im Vergleich mit den Nachbardisziplinen der Kunststoffverarbeitung. Dank seiner sehr niedrigen Viskosität – ähnlich wie Wasser – durchdringt das Reaktivgemisch das textile Halbzeug teils noch leichter als etwa Polyurethan oder Epoxidharz, die beim herkömmlichen RTM Verwendung finden. Das erlaubt längere Fließwege und höhere Faservolumenanteile, obwohl die Werkzeuginnendrucke dadurch teilweise niedriger sein können. Im KraussMaffei-Technikum in München wurden bereits Versuche mit Faservolumenanteilen von bis zu 70% gefahren. Hinzu kommen die mechanischen Eigenschaften des Poly-

mers, die PA6 für Strukturbauteile interessant machen: hohe Kerbschlagzähigkeit, Schweißbarkeit und Rezyklierbarkeit. Zudem ist das Bruchverhalten duktiler als bei Duroplasten.

Das vielleicht größte Alleinstellungsmerkmal liegt aber in den Möglichkeiten der Weiterverarbeitung des Bauteils. Im Gegensatz zu Duroplasten sind Thermoplaste beispielsweise schweiß- und recy-

leitungselemente oder Befestigungselemente anbringt. So lassen sich die Vorzüge des RTM-Verfahrens mit denen des Spritzgießens effizient kombinieren.

### Fokus Serientauglichkeit

T-RTM stellt also eine technisch und wirtschaftlich interessante Ergänzung zu den bekannten RTM-Verfahren wie High-Pre-



**Bild 1.** Faserhybrid: Der im T-RTM-Verfahren hergestellte Dachrahmen für den Roding Roadster wurde auf der K2016 gezeigt. Er erlaubt sowohl die Verarbeitung von Glasfasern (weiß) als auch Carbonfasern (schwarz)

(© KraussMaffei)

clingfähig. Ein im T-RTM-Verfahren hergestelltes Produkt lässt sich zudem anschließend weiter funktionalisieren, etwa indem man in einem Spritzgießprozess zusätzliche Versteifungsrippen, Lastein-

sure-RTM (HP-RTM) und Compression-RTM (C-RTM) oder dem Nasspressen (Wetmolding) dar. Für stückzahlrelevante Projekte etwa in der Automobilherstellung müssen die Anlagen aber konse- ➤



**Bild 2.** Die neue Dosieranlage RimStar 8/8 T-RTM erlaubt ein automatisiertes Aufschmelzen der Caprolactam-Komponenten (© KraussMaffei)

quent auf Serientauglichkeit ausgelegt sein. KraussMaffei kann hier als einziger Anbieter auf die Erfahrung mit weltweit mehr als 80 ausgelieferten RTM-Anlagen zurückgreifen und diese auf T-TRM übertragen. So sind beispielsweise bei einem großen Automobilhersteller 34 HP-RTM-Anlagen im Einsatz, und gemeinsam mit Volkswagen wurde T-RTM schon erfolgreich am Beispiel einer B-Säulenverstärkung erprobt.

Als Lieferant kompletter RTM-Produktionssysteme fertigt KraussMaffei sowohl Formenträger von bis zu 10000 kN Schließkraft als auch die Maschinen für die Dosierung des Matrixmaterials, etwa die zur K-Messe präsentierte RimStar 8/8 T-RTM (**Bild 2**), in der das Caprolactam für den Roding Roadster aufgeschmolzen, bereitgestellt, vermischt und dosiert werden kann (**Bild 3**). Die Anlage ist für die materialspezifisch hohen Verarbeitungstemperaturen ausgelegt und somit für die In-situ-Polymerisation von  $\epsilon$ -Caprolactam sehr gut geeignet – ebenso wie der beheizte Hochdruckinjektionsmischkopf MK10-2K, der den für das RTM-Verfahren typischen Bereich von Austragsleistungen bedienen kann.

### **Bauteilherstellung – mit Hochdruck**

Der Materialdosierung kommt bei der wirtschaftlichen Seriennutzung von RTM,

etwa im Drei-Schicht-Betrieb, besondere Bedeutung zu. Die Dosiermaschine muss die nötige Flexibilität bieten, um unterschiedlich großen Bauteilen gerecht zu werden und zudem einen reproduzierbaren Materialaustrag zu ermöglichen. Daher übernehmen bei T-RTM-Anlagen von KraussMaffei pro Caprolactam-Komponente zwei Eigenbau-Dosierpumpen nach dem Axialkolbenprinzip die Materialförderung: eine kleine Speisepumpe und eine Dosierpumpe, die die Komponenten von dort zum Mischkopf transportiert, wo das Material nach dem Hochdruck-Gegenstrominjektionsprinzip vermischt und in das Werkzeug eingetragen wird.

Wenn ein mit Füllstoffen versetztes Harzsystem zum Einsatz kommt, ist eine Kolbendosierung erforderlich. Aus diesem Grund verfügte eine kürzlich an das Korean Institute for Science and Technology (Kist) gelieferte T-RTM-Anlage über Kolben. Da Dosierkolben nur begrenzte Austragsmengen liefern, sind für flexible Austragsmengen Axialkolbenpumpen sinnvoll. Die Materialversorgung kann so ausgelegt sein, dass mehrere Anlagen versorgt werden können, was wiederum Produktionsfläche und Infrastruktur spart.

Für eine effiziente und prozesssichere Fertigung müssen die Pumpen im Zusammenspiel mit dem Mischkopf exakt auf die materialspezifischen Eigenschaften von Caprolactam, PUR oder Epoxidharz ausgelegt sein – wie zum Beispiel Korrosivität oder Viskosität. KraussMaffei produziert als einziges Unternehmen am Markt die Pumpen seit 2011 im eigenen Haus (derzeit rund 600 Stück pro Jahr), um bei Ausstattung und Stückzahl flexibel agieren zu können. Dabei lassen sich die Pumpen, die in unterschiedlichsten Materialtemperaturbereichen und bei Viskositäten von 4 bis 3000 mPa·s arbeiten, ganz individuell für die Eigenschaften des zu verarbeitenden Materials auslegen, etwa im Hinblick auf Standzeit und Beständigkeit gegen bestimmte Materialien.

Auslegungsknowhow ist das eine – Projekterfahrung das andere. Bei Vorhaben wie diesen profitiert das Entwicklungsteam von KraussMaffei von der sehr langen Erfahrung mit ähnlichen Verfahren. So werden beispielsweise seit gut 20 Jahren Dosiersysteme für die Verarbeitung von  $\epsilon$ -Caprolactam zu Guss-Poly-

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. Sebastian Schmidhuber** ist Leiter Entwicklung Reaktionstechnik der KraussMaffei Technologies GmbH, München;

Sebastian.Schmidhuber@kraussmaffei.com

**Erich Fries** ist Leiter der Business Unit Composites/Oberflächen im Segment Reaktionstechnik von KraussMaffei;

Erich.Fries@kraussmaffei.com

**Philipp Zimmermann** ist Produkt- und Salesmanager Composites/Oberflächen bei KraussMaffei;

Philipp.Zimmermann@kraussmaffei.com

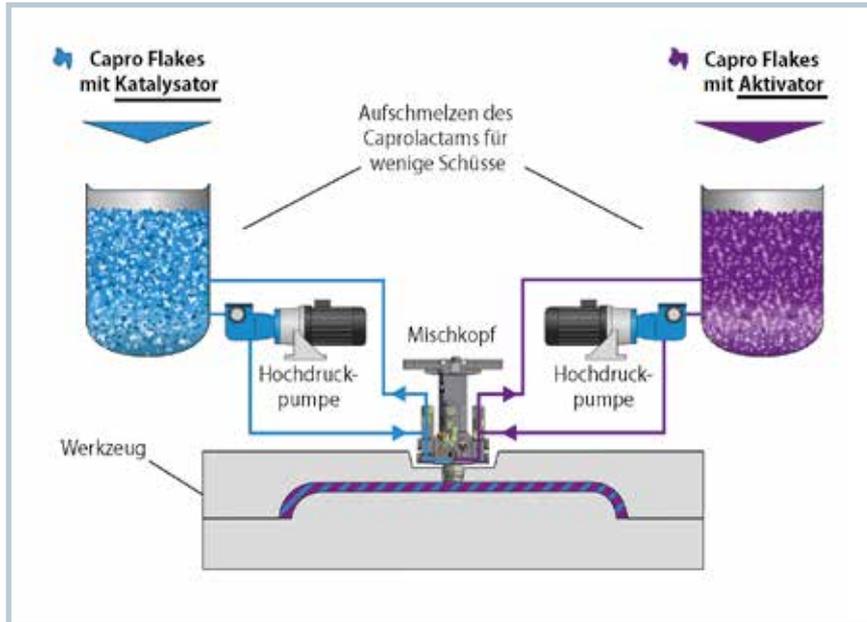
## Service

### Digitalversion

- › Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2561328](http://www.kunststoffe.de/2561328)

### English Version

- › Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Automatisiertes Aufschmelzen der Caprolactam-Komponenten: Caprolactam wird als Flakes in den Tagesbehälter gegeben und schmilzt dann dort nur für wenige Schüsse auf

(© KraussMaffei)



**Bild 4.** Formträger des Typs CFT: Die kompakte Bauform ermöglicht ein präzises und zugleich platzsparendes Handling des T-RTM-Werkzeugs (© KraussMaffei)

amid vermarktet. Diese Erfahrungen flossen ebenso sukzessive in die Entwicklung des T-RTM mit ein wie die aus dem HD-RTM-Verfahren. Ziel ist und bleibt die serientaugliche Fertigung.

### **Thermoplastmatrix-RTM: Ein intrinsisch komplexer Prozess**

Beim Dachrahmen des Roding Roadster bearbeitete das Team von KraussMaffei zusammen mit dem auf Leichtbau spezialisierten Sportwagenhersteller Roding und acht weiteren Partnern mehrere an-

spruchsvolle Fragestellungen zu dem in sich komplexen Prozess. Zunächst werden vier Sub-Preforms, davon einer mit integrierten metallischen Einsätzen, in eine Positionierlehre eingelegt und zum vollständigen Halbzeug zusammengesetzt und dann das Stahl-Schraubinsert vernietet. Ein Roboter platziert dann einen weiteren Aluminium-Einleger und den Vorformling im Werkzeug, das daraufhin geschlossen und evakuiert wird (**Bild 4**). Im nächsten Prozessschritt infiltriert das Reaktivgemisch das Faserhalbzeug, bindet ebenfalls die Einleger ein

und härtet zu Polyamid 6 aus. Zur Anbindung der metallischen Einleger an das Matrixsystem war eine Vorbehandlung erforderlich; hierzu ließ KraussMaffei eigens eine Hochschularbeit erstellen. Projektpartner haben auch untersucht, wie das Fasergelege aufgebaut sein muss, um die nötigen Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte zu erzielen. Als am besten geeignet erwies sich ein Sandwich-Aufbau mit Deckschichten aus Carbonfasern und einem lastpfadgerechten Einleger aus gemischten Carbon- (70%) und Glasfasern (30%). ■