

Projekttitlel: **ThermoformSim - Mehrskalige Modellierung von thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen beim Thermoformen**

Partner: Institut für Angewandte Mechanik an der RWTH Aachen

Dauer: 04/2017 – 03/2020

Finanzierung: DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.

Univ.-Prof.
Prof. h.c. (Moscow State Univ.)
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.
Thomas Gries
 Institutsleiter

Stefan Hesseler
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter

23.11.2018



Mission Statement

Steigende Energiekosten und wachsendes Umweltbewusstsein führen zu einer starken Nachfrage nach Leichtbaumaterialien im Fahrzeugbau, um den Kraftstoffverbrauch zu verringern. Einer der vielversprechendsten Werkstoffe für den Leichtbau sind faserverstärkte Polymere (FVP), die sich durch eine hohe spezifische Festigkeit und Steifigkeit und die Möglichkeit der Anpassung an lokale Belastungsrichtungen auszeichnen. Die meisten Hochleistungs-FVP enthalten eine duroplastische Polymermatrix, bei der das Polymer durch eine chemische Reaktion irreversibel ausgehärtet wird. Thermoplastische Faserverbundwerkstoffe (TPFVW) hingegen können wiederholt erwärmt und gekühlt werden. Duroplastische Verbundwerkstoffe haben höhere spezifische mechanische Eigenschaften als TPFVW. Trotzdem wächst das Interesse an TPFVW aufgrund der einfachen Lagerung, Handhabung, der erhöhten Zähigkeit, der Schweißbarkeit und kürzeren Zykluszeiten dieser.

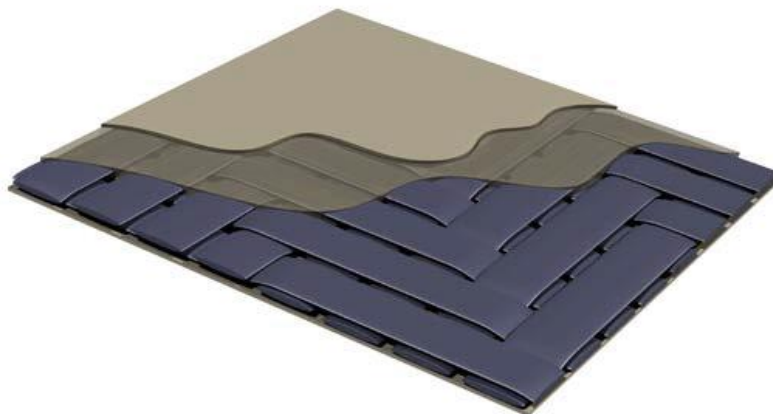


Abbildung 1: Beispiel eines Mesoskala Modell von TPFVW mit einer Lage 4x4 Körper Gewebe. Die durchsichtige Schicht repräsentiert die Matrix die das Textil infiltriert. Die undurchsichtige Lage repräsentiert die äußere reine Matrix.

TPFVW werden häufig als sogenannte Organobleche hergestellt, die durch Stapeln mehrerer Lagen thermoplastischer Folien zwischen Kohlefaser- oder Glasfasertextilschichten und anschließender Konsolidierung mittels Wärme und Druck hergestellt werden (siehe Abbildung 1).

Der Endbauteilhersteller erwärmt den Rohling bis über die Schmelztemperatur des Polymers um das Blech anschließend in die endgültige Bauteilform umzuformen, was in Abbildung 2 schematisch dargestellt wird. Dieser Prozess, Thermoformen genannt, kann mit kurzen Zykluszeiten von ca. einer Minute oder weniger erfolgen. Ein großer Vorteil des Thermoformens ist, dass bestehende Maschinen und Verfahren zur Metallumformung für diesen Prozess genutzt werden.

Trotz der vielen Vorteile wie kurze Zykluszeiten und der einfachen Handhabung haben TPFVW keinen hohen Marktanteil. Der geringe Marktanteil ist auf eine geringe Prozessstabilität zurück zu führen. Eigenspannungen treten aufgrund von Temperaturgradienten in den Bauteilen, Abweichungen des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Filament und Matrix und Textilverschiebung während des Umformprozesses auf. Durch die Eigenspannungen werden ungewollte Deformationen in das Bauteil eingebracht. Um den Eigenspannungen entgegenzuwirken, müssen Prozessparameter wie Aufheiz- und Abkühlraten, Werkzeugform und Positionierung der Organoblechen im Werkzeug sorgfältig ermittelt werden. Dies geschieht in der Regel durch Trial-und-Error, die Entwicklung zeitaufwändig und kostenintensiv macht. Um Trial-und-Error zu vermeiden, werden numerische Modelle des Thermoformprozesses benötigt, die Eigenspannungen und Verformungen für TPFVW-Bauteile vorhersagen können. Um dies zu erreichen sind mehrere Innovationen erforderlich. Der Aufbau von Eigenspannungen muss auf mehreren Skalen berücksichtigt werden (siehe Abbildung 3), da der Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Filament und Matrix (Mikroskala), sowie Fasern und Matrix (Mesoskala) unterschiedlich ist. Zudem treten Temperaturgradienten auf allen Skalen auf.

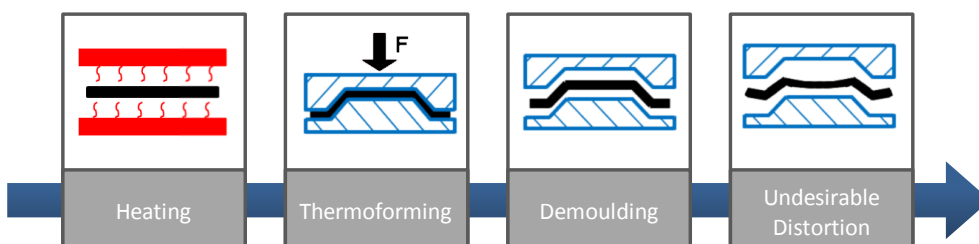


Abbildung 2: Schritte beim Thermoformen eines TPFVW-Blechs mit häufig auftretenden Formverformungen nach dem Umformen.

Bei der Modellierung ist der gesamte Prozesstemperaturbereich von Raumtemperatur bis über die Schmelztemperatur (und umgekehrt) des Polymers zu berücksichtigen. Schließlich muss das Schmelzen und Verfestigen des Polymers in Gegenwart von Fasern vollständig charakterisiert und berücksichtigt werden.

Dieses Projekt führt zu einer skalenübergreifenden Thermoformsimulation von TPFVW mit drei wichtigen Innovationen. Zunächst wird ein thermoplastisches Matrixmaterialmodell für den gesamten Temperaturbereich des Thermoformens entwickelt. Dieses wird im Projekt auf Mikro- und Mesoskala Anwendung finden. Zweitens wird ein mesokales Fasermaterialmodell basierend auf einem mikroskala repräsentativen Volumenelement (RVE) und dem zuvor entwickelten Matrixmaterialmodell sowohl für Fest- als auch für Flüssigmatrixphasen erstellt. Drittens werden beide Modelle, Matrix und Faser, experimentell über den gesamten Temperaturbereich vollständig charakterisiert. Die eingesetzten Materialien sind dabei Glasfasergewebe mit einer Polyamid 6 (PA6)-Matrix. All dies wird in einem Mesokalamodell des Thermoformprozesses mit einer höheren Genauigkeit kombiniert.

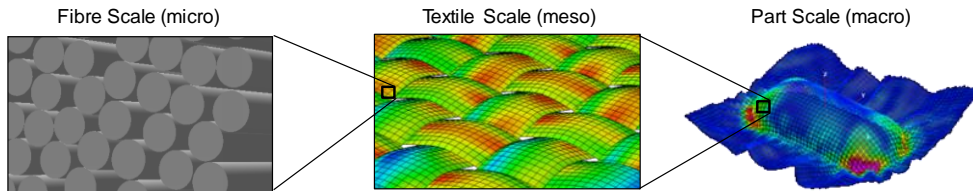


Abbildung 3: Drei für eine TPFVW Modellierung typische Skalen: (links) Mikro, (Mitte) Meso und (rechts) Makro.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft e.V. (DFG), Bonn, für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts.

Kontakt

Stefan Hesseler, M.Sc.

Tel: +49/(0)241 80 23449, Stefan.Hesseler@ita.rwth-aachen.de