

Projekt PETER

Pressure dependent modelling of Thermoset Epoxy Resins

Motivation und Ziel

Die Prozesssimulation spielt in der Faserverbundwerkstoffherstellung eine wichtige Rolle. Sie liefert wichtige Erkenntnisse, welche erforderlich sind, um einen robusten und stabilen Prozess verstehen, entwickeln und optimieren zu können. Bei den meisten Herstellungsprozessen für Verbundbauteile ist der Druck niedrig (<8 bar) und sein Einfluss wird in der Literatur als vernachlässigbar angesehen. Beim Hochdruck-Harzinjektionsverfahren (kurz: HD-RTM) hingegen erfolgt das Aushärten der Reaktionsharze unter höherem Druck, bis zu 200 bar. Im Vergleich zum herkömmlichen RTM-Prozess führt diese Methode zu kürzeren Injektionszeiten sowie zu einer Reduzierung der Zykluszeiten und der Prozesskosten. Die HD-RTM-Prozesskette ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

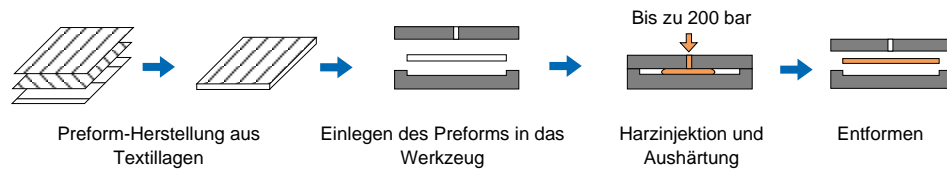


Abbildung 1: Prozesskette des HD-RTM Prozesses

Frühere Untersuchungen zeigen, dass der erhöhte Druck, der während des HD-RTM-Prozesses auftritt, einen signifikanten Einfluss auf die Aushärtereaktion des Epoxidharzes sowie dessen Materialeigenschaften hat. Beispielsweise steigt der endgültige Aushärtegrad von Proben, die bei der gleichen isothermen Temperatur gehärtet wurden, mit zunehmendem Druck an (siehe Abbildung 2). Es wird angenommen, dass dieser Effekt durch den verringerten Abstand zwischen den reagierenden Molekülen verursacht wird. Folglich sollte der Einfluss des Drucks in der Modellierung des Materials nicht länger vernachlässigt werden.

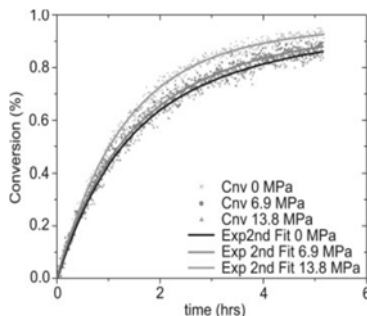


Abbildung 2: Einfluss des Drucks auf die Aushärtereaktion von Epoxidharzen

[Cruz, J. C., Osswald, T. A. (2009), Monitoring Epoxy and Unsaturated Polyester Reactions Under Pressure – Reaction Rates and Mechanical Properties, Polymer Engineering Science, vol. 49, pp.2099-2108]

Ziel des Forschungsvorhabens PETER ist die Untersuchung des Einflusses von Druck auf das Aushärteverhalten von Epoxidharzen sowie auf die Eigenschaften und prozessbedingten Verformungen des fertigen Verbundbauteils. Dies soll durch die Erweiterung eines bereits vorhandenen Materialmodells mit Hilfe der Freie-Volumen-Theorie realisiert werden. Eine grundlegende Forschungsfrage ist demzufolge: „Kann der Druckeinfluss auf das Aushärteverhalten von Epoxidharzen mit der Freie-Volumen-Theorie beschrieben werden?“

Lösungsansatz

Die zentrale Aufgabe des Projekts ist die Erstellung eines druckabhängigen Materialmodells, welches die Prozesssimulation für den HD-RTM-Prozess ermöglicht. Dies beinhaltet zunächst eine Materialcharakterisierung des verwendeten hochreaktiven Harzsystems sowie des Verbundmaterials, und liefert die realen Werte für die

Modellbildung. Die Auswirkung des Drucks auf das freie Volumen wird dabei durch dielektrische Messungen während des Aushärtens bei unterschiedlichen Drücken untersucht. Die eigentliche Modellbildung erfolgt in drei Teilpaketen. Zunächst wird ein Materialmodell basierend auf der Theorie des freien Volumens für das Epoxidharz erstellt. Die Druckabhängigkeit des Materialmodells wird dann in dem zweiten Teilpaket implementiert. Abschließend werden Mischungsregeln abgeleitet, um die Eigenschaften des Verbundmaterials zu bestimmen.

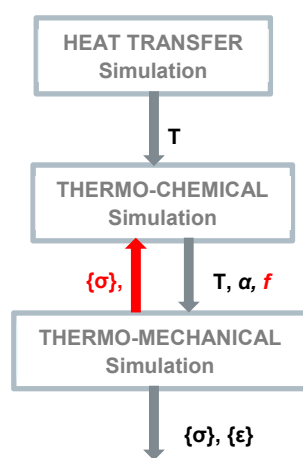


Abbildung 3: Erweiterung des bestehenden Simulationsschemas

Prozesssimulationswerkzeuge für den RTM-Prozess wurden bereits am Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE) entwickelt. Das bestehende Simulationsschema besteht aus drei Modulen, welche die auftretenden chemischen und physikalischen Prozesse während des Aushärtens abbilden (siehe Abbildung 3). Das HD-RTM-Modell soll durch eine Erweiterung des vorhandenen Simulationsschemas unter Verwendung des relativen freien Volumens f , welches als freies Volumen dividiert durch das spezifische Volumen definiert ist, erfolgen. Zudem muss eine starke Kopplung zwischen dem thermo-mechanischen und dem thermo-chemischen Modul eingeführt werden, um die Abhängigkeit der Eigenschaften von den mechanischen Lasten zu berücksichtigen. Dabei soll das freie Volumen temperatur-, druck- und aushärteabhängig und alle Materialparameter in Abhängigkeit des freien Volumens formuliert werden.

Um das erstellte Materialmodell zu validieren, werden Probekörper unter verschiedenen Prozessbedingungen hergestellt und deren Eigenschaften experimentell bestimmt. Der Vergleich dieser Werte mit den Ergebnissen aus der Simulation unter den gleichen Bedingungen zeigt die Qualität des erstellten Materialmodells.

Mögliche Anwendungen

HD-RTM-Prozesssimulation und -optimierung

Ansprechpartner

Nadine Gushurst, M.Sc. · Phone: +49 (0)421 218 58680 · gushurst@faserinstitut.de

Gefördert durch

Das Forschungsvorhaben wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert, wofür ausdrücklich gedankt wird.

Project Partners

Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Prof. Dr.-Ing. Axel S. Herrmann

Faserinstitut Bremen e.V.

Das Faserinstitut Bremen e. V. nimmt Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auf den Gebieten der Prüfung, Weiterentwicklung und Verarbeitung von Fasern, textilen Halbzeugen und Faserverbundwerkstoffen wahr. Das Kompetenzfeld [Modellbildung und Simulation](#) widmet sich der Entwicklung von innovativen Simulationsverfahren für die Entwicklung von Faserverbundstrukturen und Herstellungsprozessen.

Faserinstitut Bremen e. V. · Am Biologischen Garten 2 (IW3) · 28359 Bremen · Germany
 Telefon +49 (0)421 218 587 00 · Telefax +49 (0)421 218 587 10 · www.faserinstitut.de