

Schriftenreihe der Verfahrenstechnik Universität Paderborn

Band 31

Josef Grindling

**Simulation zur Verarbeitung von reaktiven
Non-Post-Cure-Epoxidharz-Systemen im
Druckgelieren und konventionellen Vergießen**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5583-4

ISBN-13: 978-3-8322-5583-1

ISSN 1435-1137

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Simulation of Processing reactive Non-Post Cure Epoxy Resin Systems with Pressure Gelation and Conventional Casting

Abstract of the PhD Thesis of Dipl.-Ing. Josef Grindling

When producing parts of epoxy resin systems the first step of molding is to cast into heated tools. At the time of demolding the curing reaction is with 75-85 % incomplete and the demolded components are put into a second costly post curing step. New non-post cure (NPC) epoxy resin systems allow to abandon post curing.

This investigation offers first detailed insights into the accelerated processes of curing and temperature development, which occur in NPC systems within the molds during conventional casting and automatic pressure gelation.

A modified two-stage parallel reaction with diffusion control in the second step was proposed as an optimized curing kinetics for a NPC epoxy resin system. A concept suitable for the industry to develop the rheokinetics parameters is presented.

Finally the computational fluid dynamics (CFD) code Flow-3D[®] was chosen to be appropriate for the simulation and adapted by programming subroutines according to the specific requirements. The implemented curing kinetics enables the calculation and illustration of glass transition temperatures, which are used in the industry to estimate conversion rates achieved in parts.

To validate the simulation a purpose-built experimental set-up was used, which allowed to measure not only temperatures but for the first time also to trace the curing progress on-line at different points in a pressure gelation mold using dielectric analysis (DEA). The simulated and measured curing and temperature developments match well to each other.

Simulation zur Verarbeitung von reaktiven Non-Post-Cure-Epoxidharz-Systemen im Druckgelieren und konventionellen Vergiessen

Zusammenfassung der Dissertation von Dipl.-Ing. Josef Grindling

Bei der Fertigung von Bauteilen aus Epoxidharz-Systemen werden diese in einem ersten Schritt der Formgebung in beheizte Werkzeuge gegossen. Zum Zeitpunkt des Entformens ist die Härtingsreaktion mit 75÷85 % nicht abgeschlossen und die entformten Bauteile werden einem zweiten aufwendigen Nachhärtungsschritt unterzogen. Seit kurzem erlauben neue Non-Post-Cure-(NPC)-Epoxidharz-Systeme auf das Nachhärten zu verzichten.

Diese Arbeit bietet erste detaillierte Einblicke in die beschleunigten Abläufe von Aushärtung und Temperaturentwicklung, die in NPC-Epoxidharz-Systemen während des konventionellen Giessens und beim automatischen Druckgelieren in den Formen vorliegen.

Für ein NPC-Epoxidharz-System wurde eine modifizierte zweistufige Parallelreaktion mit Diffusionskontrolle im zweiten Reaktionsschritt als optimierte Härtingkinetik vorgeschlagen. Ein industrietaugliches Konzept zur Erarbeitung der rheokinetischen Parameter wird aufgezeigt.

Schliesslich wurde das kommerzielle Strömungsmechanik-Programm Flow-3D[®] als geeignet für die Simulationen ausgewählt und über Programmierung von Unterprogrammen entsprechend der spezifischen Anforderungen adaptiert. Die implementierte Härtingkinetik ermöglicht auch eine Berechnung und Darstellung der erreichten Glasübergangstemperaturen, die in der Industrie zur Beurteilung der erzielten Aushärtegrade der Bauteile herangezogen werden.

Zur Validierung der Simulation diente ein eigens konzipierter Messstand, mit dem neben Temperaturmessungen auch die Härtingverläufe online mittels Dielektrischer Analyse (DEA) erstmals an verschiedenen Punkten eines Druckgelierwerkzeugs verfolgt werden konnten. Die simulierten und gemessenen Härting- sowie Temperaturverläufe stimmen insgesamt gut überein.