

Polymerforschung in Paderborn

Band 21

Anne Thümen

**Untersuchung und Beschreibung
des dispersen Aufschmelzens in
Gleichdrall-Doppelschneckenextrudern**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2008

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., 2008

Copyright Shaker Verlag 2008

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7675-1

ISSN 1618-5005

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

Kurzfassung

Die wichtigste Maschine in Aufbereitung und Compoundierung ist der gleichläufige Doppelschneckenextruder, der sich durch eine Modularität von Schnecken und Zylinder von anderen in der Kunststofftechnik etablierten Maschinen unterscheidet. Seine Hauptaufgaben bestehen darin, das zudosierte Material einzuziehen, zu fördern, zu plastifizieren, zu homogenisieren und auszutragen.

Neben der immer noch am weitest verbreiteten „Trial and Error“ Methode, nach der die meisten Gleichdrall-Doppelschneckenextruder ausgelegt werden, besteht heute die Möglichkeit, Gleichdrallextruder mit Hilfe von sogenannten eindimensionalen Prozessmodellen auszulegen und zu optimieren. Die Nutzung solcher Modelle wird vor allem durch die Implementierung dieser in Softwaretools wie das in Paderborn entwickelte SIGMA möglich.

Für den Gesamtprozess ist das Aufschmelzen des Thermoplasten im Extruder ein Punkt von zentraler Bedeutung. Das Aufschmelzen hat sowohl deutlichen Einfluss z.B. auf die Massetemperaturentwicklung und die Leistungsaufnahme als auch umgekehrt Massetemperaturentwicklung und Leistungsaufnahme auf den Aufschmelzprozess. Bereits bestehende Modellierungen vernachlässigen wichtige Einflussfaktoren auf den Aufschmelzprozess, so dass es zu starken Abweichungen der real vorliegenden Aufschmelzverläufe von den mit den bestehenden Modellen berechneten kommt.

Der bisher in allen Modellen für das Aufschmelzen in Doppelschneckenextrudern vernachlässigte Einfluss der Konvektion in der Schmelze auf den Aufschmelzprozess wurde in ein modifiziertes Aufschmelzmodell eingeschlossen. Hierzu wurden systematische FVM-Simulationen eines in Schmelze rotierenden Einzelpartikels durchgeführt. Mit Hilfe der Simulationsergebnisse wurde ein Korrekturfaktor ermittelt, mit dem der an der Grenzfläche zwischen Partikeloberfläche und Schmelze auftretende Wärmestrom in Abhängigkeit von den vorliegenden Wärmeübertragsverhältnissen korrigiert wird. Gegenüber den Modellen, in denen ausschließlich Wärmeleitung berücksichtigt wird, kommt es in dem modifizierten Modell zu einer deutlich höheren Energiezufuhr in den Aufschmelzprozess des Feststoffpartikels.

Neben dem Einfluss Konvektion wurde der Einfluss der endlichen Kanalausdehnung auf das Temperaturfeld um einen Einzelpartikel modelliert. Die meisten Aufschmelzmodelle gehen von einem nach allen Seiten unendlich ausgedehnten Schmelzebad aus. In Realität hat aber vor allem die endliche Ausdehnung des Doppelschneckenkanals in Kanalhöhenrichtung entscheidenden Einfluss auf die Form der Isothermen um ein im Kanal befindliches Feststoffpartikel. Die je nach Verhältnis von Partikeldurchmesser zu Kanalhöhe resultierende Lage der Isothermen zueinander bewirken unterschiedliche Wärmeströme zwischen Feststoff und Schmelze. Mit Hilfe weiterer FVM-Simulationen wurde ein Faktor zur Korrektur des Wärmestroms an der Grenzfläche zwischen Feststoffpartikeloberfläche und Schmelze entwickelt.

Die Simulation der Schmelztemperaturentwicklung hat erheblichen Einfluss auf die Aufschmelzsimulation. Da die Grenzflächentemperatur zwischen Zylinder und Schmelzeoberfläche heute nicht von der Schmelzeseite berechenbar ist, wird ein Weg zur Berechnung dieser Temperatur von der Seite der Zylinderkühlung her vorgeschlagen. Die Vorgehensweise zur Berechnung wird für zwei unterschiedliche heute weit verbreitete Kühlkanalanordnungen dargestellt.

Gerade bei Maschinen großen Durchmessers kann über die Zylinder kaum Wärme zu- oder abgeführt werden. Vor allem für solche Fälle eignet sich eine adiabate Simulation der Schmelztemperaturentwicklung. Eine einfache Möglichkeit zur adiabaten Temperaturberechnung für die Verwendung in der Software SIGMA wird aufgezeigt, bei der die bereits implementierte nicht-adiabate Temperaturberechnung verwendet wird. Darüber hinaus wird ein neues Modell zur adiabaten Schmelztemperaturberechnung vorgestellt, welches voraussetzt, dass der in einem Berechnungsintervall zu- oder abgeführte Wärmestrom gleich Null ist.

Es werden umfangreiche experimentelle Aufschmelzuntersuchungen vorgestellt. Zur experimentellen Ermittlung der vorliegenden Schmelzeanteile wurden drei verschiedene Methoden eingesetzt. Es wurden so genannte Dead-Stop-Experimente durchgeführt, in denen die Schnecken im stationären Betrieb abrupt gestoppt und die Schnecken nach Erkalten der Schmelze gezogen wurden. Die Kunststoffkarkassen wurden im Nachgang präpariert und visuell ausgewertet.

Neben den Dead-Stop-Experimenten wurden Untersuchungen mit einem Durchlicht-

werkzeug durchgeführt. Mit Hilfe des Werkzeugs ist es möglich, die Strömung durch ein Schauglas zu beobachten. Feststoff und Schmelze können hierbei gut unterschieden werden und mittels einer Bildauswertesoftware ausgewertet werden.

Darüber hinaus wird ein Vergleich der berechneten Schmelzeanteile mit Versuchen gezeigt, in denen mit Probeentnahmeplatten Materialproben entnommen wurden, die im Anschluss mit einer Bildauswertungssoftware ausgewertet wurden.

Das neue modifizierte disperse Aufschmelzmodell erbringt im Vergleich zum bereits existierenden dispersen Aufschmelzmodell qualitativ wie quantitativ signifikant bessere Ergebnisse.