

Schriftenreihe der Verfahrenstechnik, Universität Paderborn

Band 34

Heino Thiele, Mutalap Sapargaliyev, Manfred H. Pahl

**Entgasen
strukturviskoser Medien
im Mehrwellen-Hochleistungs-Reaktor TFR**

Shaker Verlag
Aachen 2009

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.

Copyright Shaker Verlag 2009

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7935-6

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

Vorwort

Das Entfernen von niedermolekularen Bestandteilen aus hochviskosen Polymerschmelzen stellt eine anspruchsvolle technische Aufgabe dar. 1982 überraschte der begnadete Konstrukteur und Erfinder Rudolf Fritsch aus Stuttgart die Fachwelt mit einem „Mehrwelligen Knet-scheiben-Reaktor“, der die Voraussetzungen für eine gute Entgasung bietet. Durch die besondere Wellen- und Gehäuseanordnung sind fördernde und entgasende Bereiche am Schneckenumfang räumlich voneinander getrennt. Dadurch ergeben sich aus verfahrenstechnischer Sicht deutliche Unterschiede zu herkömmlichen mehrwelligen Schneckenmaschinen.

Fritsch wollte seine Patente nicht weitergeben, sondern allein die Wirksamkeit seiner Konstruktion beweisen und eigenständig vermarkten. Dies gelang ihm nicht. Später überließ er einige Patente u. a. der Firma Berstorff, Hannover. Sie baute den Mehrschnecken-Extruder MSE mit 10 Wellen, der über eine zentrale Welle analog zum Planetwalzen-Extruder angetrieben wird. Die Wellen drehen sich um sich selbst und gemeinsam im Bündel. T. Winkelmann hat diese Maschine näher untersucht.

Der erste Reaktor von Fritsch besteht aus 10 ortsfest drehenden Schnecken mit einem oszillierenden Außengehäuse und großem Entgasungsraum im Innern. Eine weitere Variante mit einem feststehenden, die Schnecken umschließenden Außengehäuse wurde dem Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Umwelt-Verfahrenstechnik der Universität Paderborn von den Firmen BASF, Ludwigshafen, und Berstorff, Hannover, bereitgestellt. Die Firma Bayer, Leverkusen, lieferte kostenlos das Versuchsgut und die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschung AIF, Magdeburg, bewilligte einen Teil der Forschungsgelder. Die ersten Untersuchungen über die Transport- und Mischeigenschaften im „Mehrwellen-Hochleistungs-Reaktor TFR“ erfolgten von D. Becker in seiner Dissertation.

Diese Arbeit befasst sich eingehend mit dem Entgasen. Mit der neu geschaffenen Theorie ist der Mehrwellen-Hochleistungs-Reaktor zum Entgasen hochviskoser Medien für technische Anwendungen sicher auszulegen.

Die Autoren danken recht herzlich den oben genannten Firmen und Institutionen für die bereitgestellten Mittel sowie den Kollegen des Arbeitskreises „Hochviskos-Technik“ der Verfahrenstechnischen Gesellschaft VTG, Frankfurt, unter Leitung von P. Heidemeyer, Stuttgart, für die intensiven Diskussionen.

Paderborn, Januar 2009

Heino Thiele

Mutalap Sapargaliyev

Manfred H. Pahl

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VII
Zusammenfassung	1
1. Einleitung und Aufgabenstellung	4
2. Mehrwellen-Hochleistungs-Reaktor TFR	8
2.1 Aufbau	8
2.2 Geometrie und Anordnung der Schneckenwellen	11
2.2.1 Schneckenprofil	11
2.2.2 Schneckenoberfläche und Oberflächenfaktor	14
2.2.3 Grenzwerte geometrischer Schneckenparameter	18
2.2.4 Schneckenbündel	21
2.2.5 Geometrische Daten der Schneckenelemente und des Schneckenbündels	23
2.3 Flüssigkeitsverteilung und Entgasungsfläche	26
2.3.1 Flüssigkeitsverteilung	26
2.3.2 Entgasungsfläche	29
3. Entgasen aus dem Polymerfilm	45
3.1 Gleichgewichtsbeziehung und Stofftransportsysteme	45
3.2 Stofftransport an der Phasengrenzfläche	49
3.3 Stofftransport in Schneckenmaschinen	57
3.4 Modell für das Entgasen im Mehrwellen-Hochleistungs-Reaktor	60
4. Versuchsstand, Versuchsmaterial und Versuchsdurchführung	74
4.1 Aufbau des Versuchsstandes	74
4.2 Messgrößen	78
4.3 Stoffwerte der Versuchsmaterialien	80
4.3.1 Siliconöl M 60 000	80
4.3.2 Heptan	81
4.3.3 Heptan/Siliconöl-Gemisch	82
4.4 Versuchsplanung und Versuchsdurchführung	84
5. Ergebnisse	85
5.1 Ergebnisse mit der Eintrittskonzentration $c_{H,ein} \approx 3 \%$	85
5.2 Ergebnisse mit der Eintrittskonzentration $c_{H,ein} \approx 5\%$	103
5.3 Ergänzende experimentelle Untersuchungen mit variabler Entgasungslänge	111
5.5 Stofftransport mit Blasenbildung	118
6. Technische Folgerung und Ausblick	122
Literatur	125