

Übertragung von Betriebspunkten gleichläufiger dichtkämmender
Doppelschneckenextruder in
Theorie und Praxis

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät für Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
Dissertation

von
Dipl.-Ing. Thomas Preuß
aus Grünstadt

Tag des Kolloquiums: 10. Oktober 2008
Referent: Prof. Dr.-Ing. H. Potente
Koreferent: Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner

Polymerforschung in Paderborn

Band 23

Thomas Preuß

**Übertragung von Betriebspunkten gleichläufiger
dichtkämmender Doppelschneckenextruder
in Theorie und Praxis**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

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.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2008

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 978-3-8322-7914-1

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

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststofftechnik (KTP) der Universität Paderborn in den Jahren 2002 bis 2006.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Potente, für seine kontinuierliche Unterstützung der Arbeit, die wertvollen Anregungen und das entgegengebrachte Vertrauen auch über meine aktive Zeit am KTP hinaus. Für die freundliche Übernahme des Koreferates und die damit verbundene kritische Durchsicht der Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner.

Allen Mitarbeitern des Institutes für Kunststofftechnik danke ich für die gute und kooperative Zusammenarbeit und die anregenden Diskussionen. Ganz besonders danken möchte ich dem gesamten SIGMA-Team, meinen studentischen Hilfskräften sowie den Studien- und Diplomarbeitern, die durch ihre tatkräftige Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Meinen Kollegen und Vorgesetzten bei der KraussMaffei Berstorff GmbH danke ich für die wohlwollende Unterstützung und die in dieser Zeit gewährten Freiräume.

Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden teilweise im Rahmen von Forschungstätigkeiten erarbeitet, die von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) finanziert wurden. Hierfür bedanke ich mich bei der AiF, den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses und allen Teilnehmern des Gemeinschaftsforschungsprojektes SIGMA.

Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen Eltern, meinem Bruder und nicht zuletzt bei meiner Frau Ute für die Unterstützung herzlich bedanken.

Thomas Preuß

Laaten, im Dezember 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	1
2	Einführung.....	3
3	Zielsetzung und Lösungsweg.....	5
3.1	Zielsetzung.....	5
3.2	Lösungsweg.....	6
4	Grundlegende Betrachtung der Modelltheorie für Extrusionsprozesse	7
4.1	Der Ähnlichkeitsbegriff.....	7
4.2	Systeme	8
4.3	Dimensionslose Kenngrößen.....	9
4.3.1	Globale Behandlung.....	9
4.3.2	Zonenweise Behandlung.....	10
5	Scale-up von Gleichdrall-Doppelschneckenextrudern.....	19
5.1	Modellgesetze auf Basis energetischer Ähnlichkeit.....	19
5.2	Möglichkeiten der Betriebspunktübertragung bei vorgegebener Geometrie.....	28
5.3	Betriebspunktoptimierung durch Variation des L/D-Verhältnisses.....	37
5.4	Bestimmung der Schmelzetemperatur der Hauptausführung.....	37
5.4.1	Iterative Abschätzung der Schmelzetemperatur beim Scale-up.....	38
5.4.2	Berechnung der Schmelzetemperatur unter Einbeziehung des Wärmestrom- exponenten	40
5.5	Vorgehensweisen bei der geometrischen Hochrechnung von gleichsinnig drehenden Doppelschneckenextrudern.....	44
5.5.1	Grundlegende Betrachtung.....	44
5.5.2	Hochrechnung von Knetblöcken für unterschiedliche L/D-Verhältnisse.....	45
5.6	Einbindung der Modellgesetze in das Simulationsprogramm SIGMA.....	47

5.6.1 Vorteile der Einbindung von Modellgesetzen in Simulationsprogramme.....	47
5.6.2 Aufbau des Scale-up Moduls.....	47
5.7 Übertragungsmethoden in der industriellen Praxis.....	53
5.7.1 Motivation.....	53
5.7.2 Beibehaltung von Durchsatz und Füllgrad.....	55
5.7.3 Beibehaltung des Durchsatzes und Optimierung auf maximales Drehmoment.....	57
5.7.4 Gegenüberstellung beider Ansätze und Ergänzungen zur Drehmomentauslastung.....	60
5.7.5 Grenzen der Anwendbarkeit einer Übertragung mit maximalem Drehmoment.....	60
5.7.6 Abschätzung des Durchsatzes bei volumenbegrenzten Prozessen.....	61
5.8 Beurteilung der Produktqualität.....	63
6 Vergleich von Theorie und Praxis bei der Betriebspunktübertragung.....	70
6.1 Prozessübertragungen innerhalb einer Baureihe.....	70
6.1.1 Prozessübertragungen innerhalb einer Baureihe mit konstantem L/D-Verhältnis.....	70
6.1.2 Prozessübertragungen innerhalb einer Baureihe mit verändertem L/D-Verhältnis.....	74
6.2 Prozessübertragungen bei Maschinen aus unterschiedlichen Baureihen.....	80
6.2.1 Baureihenübergreifende Betriebspunktübertragung mit konstanten L/D Verhältnis	80
6.2.2 Baureihenübergreifende Betriebspunktübertragung mit verändertem L/D-Verhältnis.....	87
6.3 Validierung der Temperaturansätze.....	92
7 Ausblick.....	99
8 Literaturverzeichnis.....	101
9 Symbolverzeichnis.....	105
Anhang A - Möglichkeiten für invariante und variable Kennzahlen (tabellarische Übersicht).....	111
Anhang B - Materialdaten der eingesetzten Polymere	112
Anhang C - Dimensionslose Kenngrößen zu Kapitel 6.6.2.....	113