

ANALYSE DER RÜCKSTROMSPERRE FÜR DEN SPRITZGIEß- PROZESS

Prozessoptimierung

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (DR.-ING.)
der Fakultät IV Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
Thorsten Thümen
aus Paderborn

Tag des Kolloquiums:	16.01.2009
Referent:	Prof. Dr.-Ing. H. Potente
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner

Polymerforschung in Paderborn

Band 24

Thorsten Thümen

**Analyse der Rückstromsperre
für den Spritzgießprozess**

Prozessoptimierung

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., 2009

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 978-3-8322-8126-7

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

Diese Arbeit entstand in den Jahren 2003 bis 2007 während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststofftechnik der Universität Paderborn.

Mein besonderer Dank gilt dem Institutsleiter Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Potente für seine fachliche Unterstützung und dem gegebenen Freiraum bei der Erstellung dieser Arbeit.

Für die Übernahme des Korreferates und die damit verbundene kritische Durchsicht der Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. V. Schöppner.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen für die gute Kooperation, die vielen fachlichen Diskussionen und das angenehme, motivierende Arbeitsumfeld. Für die gute Unterstützung von meinen studentischen Hilfskräften, Herrn Philipp Kloke und Herrn Nils Böhm, sei an dieser Stelle ebenfalls gedankt.

Ein Teil dieser Arbeit wurde auf Basis eines von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) geförderten Forschungsvorhabens und durch das Gemeinschaftsforschungsvorhaben zur Simulation von Einschneckenmaschinen (PSI/REX) erarbeitet. Den teilnehmenden Unternehmen und der AiF danke ich für die gute Kooperation in diesen Projekten.

Die experimentellen Untersuchungen wurden mit Maschinen und Materialien der Firmen KraussMaffei, Battenfeld, Ferromatik Milacron, Bayer Material Science, ExxonMobile, Nova Innovene und Degussa durchgeführt. All diesen Firmen danke ich für die großzügige Bereitstellung der benötigten Ausstattung.

Nicht zuletzt waren der Rückhalt und die Unterstützung meiner Familie und insbesondere meiner Frau, Freundin und Arbeitskollegin Anne eine enorme Hilfe. Vielen lieben Dank!

Thorsten Thümen

Karlsruhe , März 2009

für Anne

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Forschung und Technik	7
2.1	Ring-Rückstromsperre	8
2.2	Kugel- und Torpedo-Rückstromsperre	15
2.3	Sonderbauformen	17
3	Problemstellung und Zielsetzung	24
4	Geometriebeschreibung	27
4.1	Geometriebeschreibung der Ring-Rückstromsperre	27
4.1.1	Strömungsquerschnitt im Bereich der Sperrspitze	27
4.1.2	Strömungsquerschnitt im Bereich des Sperrings	30
4.1.3	Strömungsquerschnitt im Bereich des Mittelstücks	30
4.1.4	Strömungsquerschnitt im Bereich des Druckrings	33
4.2	Strömungsquerschnitte im Schneckenorraum	35
5	Strömungsberechnung	37
5.1	Grundlagen	37
5.1.1	Erhaltungssätze	37
5.1.2	Materialbeschreibung	38
5.1.3	Geometrievereinfachung	42
5.1.4	Numerische Beschreibung realer Strömungsquerschnitte	44
5.2	Strömungsbeschreibung in einfachen Querschnitten	46
5.2.1	Druckströmungen	46
5.2.2	Schleppströmungen	49
5.3	Überlagerte Schlepp- und Druckströmung	52
5.4	Wendelströmung im Ringspaltsegment	53
6	Temperaturentwicklung	55
7	Kraftübertragung durch Fluide	58
7.1	Begriffe	58
7.2	Vorgehensweise bei der Bestimmung der Bewegung des Sperrkörpers	60
7.3	Massenträgheit	62
8	Beschreibung der Sperrkörperbewegungen	64
8.1	Einspritzphase	67
8.1.1	Aufteilung des Schmelzestroms	67
8.1.2	Kräfteverteilung am Sperring während der Einspritzphase	69
8.2	Nachdruckphase	71
8.3	Dosierphase	72
8.3.1	Sperrkörperbewegung in Phase 1 während des Dosiervorgangs	74
8.3.2	Sperrkörperbewegung in Phase 2 während des Dosiervorgangs	75
8.3.3	Sperrkörperbewegung in Phase 3 während des Dosiervorgangs	76
9	Berechnungsablauf	81
9.1	Einspritzphase	81

9.2	Nachdruckphase	84
9.3	Dosierphase	85
10	Verschleißverhalten	88
10.1	Stand der Technik	88
10.2	Verschleißmechanismen	91
10.3	Hilfestellung zur Verschleißabschätzung	93
11	Vergleichende Untersuchungen	96
11.1	Magnetostriktive Messtechnik	96
11.2	Ultraschallmesstechnik	97
11.3	Optische Analyse	98
11.4	Realversuche	104
12	Umsetzung in der Simulationssoftware	110
12.1	Eingabemasken	110
12.1.1	Werkzeugdefinition	110
12.1.2	Rückstromsperrendefinition	111
12.2	Ergebnisgrafik	114
13	Zusammenfassung und Ausblick	119
14	Abstract	121
15	Literaturverzeichnis	122
16	Anhang	129
16.1	Fließgeschwindigkeitsfunktion für den Ringspalt	129
16.2	Berechnung der Torpedo-Rückstromsperre	130
16.2.1	Geometriebeschreibung der Torpedo-Rückstromsperre	130
16.2.2	Beschreibung der Torpedobewegungen	134
16.3	Materialdaten	140