

Einstellung der Prozessparameter zur Herstellung von Gummi-Metall-Bauteilen

Vom Promotionsausschuss der
Technischen Universität Hamburg-Harburg
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur
genehmigte Dissertation

von
Dipl.-Ing. Fabien Jeutsopkeng
aus Bamendou, Kamerun

2013

INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis der Formeln und Abkürzungen	VII
1 Einleitung	1
2 Zielsetzung	4
3 Stand der Technik	5
3.1 Spritzgießprozess	8
3.1.1 Spritzgießverfahren bei der Verarbeitung von Kautschukmischungen.....	9
3.1.2 Prototypen- und Serienprozessparameter.....	10
3.1.2.1 Plastifizierung und Dosierung.....	10
3.1.2.2 Einspritzen.....	12
3.1.2.3 Vernetzung	16
3.1.2.4 Nachvernetzung.....	22
3.1.3 Serienwerkzeuge für Spritzgießverfahren.....	23
3.1.4 Eigenschaften von Gummi-Metall-Bauteilen aus Prototypen- und Serienprozess im Vergleich.....	23
3.2 Prüfungen an Kautschukmischungen und Vulkanisaten	25
3.2.1 Übersicht möglicher Prüfungen.....	25
3.2.2 Standard Prüfungen an Kautschukmischungen.....	26
3.2.2.1 Mooney Viskosität	26
3.2.2.2 Reaktionskinetik.....	27
3.2.3 Standard Prüfungen an fertigen Gummi-Metall-Bauteilen	29
3.2.3.1 Shore-Härte A	29
3.2.3.2 Vernetzungsdichte	30
3.2.3.3 Druckverformungsrest.....	33
3.2.3.4 Statische Steifigkeit.....	34
3.2.3.5 Amplitudengang, Frequenzgang und Verlustwinkel.....	34
3.2.3.6 Lebensdauer	35
4 Experimentelle Untersuchungen des Spritzgießprozesses.....	36
4.1 Plastifizierung und Dosierung (Experiment 1).....	38
4.2 Einspritzen.....	42
4.2.1 Einspritztemperatur (Experiment 2).....	42
4.2.2 Einspritzdruck (Experiment 3).....	45

4.2.3	Einfluss der Fließkanalquerschnitte auf den Einspritzdruck (Experiment 4)	48
4.2.4	Einfluss des Verteilers auf die Heizzeit (Experiment 5)	50
4.2.5	Einfluss des Entlüftens, Nachdrucks und Füllvolumens (Experiment 6).....	51
4.2.6	Einfluss des Kavitätssinnendrucks (Experiment 7)	58
4.3	Vernetzung und Nachvernetzung	61
4.3.1	Simulation des Füllvorgangs und der Vernetzung	61
4.3.1.1	Simulationsparameter und -durchführung.....	61
4.3.1.2	Simulationsergebnisse und Verifizierung	62
4.3.2	Werkzeugtemperatur, Heizzeit und Vernetzungsdichte (Experiment 8)	70
4.3.3	Werkzeugtemperatur, Schneckendreh- und Einspritzgeschwindigkeit (Experiment 9).....	72
4.3.4	Einfluss der Abkühlbedingungen (Experiment 10).....	78
4.4	Material	80
4.4.1	Kautschukmischungen	80
4.4.1.1	Einsatz eines Rheometers (Experiment 11)	80
4.4.1.2	Einsatz eines Rubber Process Analysers (Experiment 12).....	81
4.4.1.3	Einsatz eines Rheovulkameters (Experiment 13).....	83
4.4.1.4	Einsatz der nuklearen magnetischen Resonanz (Experiment 14)	85
4.4.1.5	Einfluss des Mischprozesses auf die statische Steifigkeit (Experiment 15)	87
4.4.2	Einfluss der Einlegeteiltoleranzen (Experiment 16)	88
4.5	Messtechnik.....	93
4.5.1	Statische Steifigkeit - Einfluss der Messrichtung (Experiment 17)	93
4.5.2	Vernetzungsdichte - Einfluss der Probenlage (Experiment 18)	95
5	Einstellung der Serienprozessparameter	98
5.1	<i>P-S</i> -Tabelle für die Mischungsparameter.....	99
5.2	<i>P-S</i> -Tabelle für die Parameter der Einlegeteile.....	100
5.3	<i>P-S</i> -Tabelle für die Temperaturparameter.....	100
5.4	<i>P-S</i> -Tabelle für die Dosierungsparameter	101
5.5	<i>P-S</i> -Tabelle für die Einspritzparameter	102
5.6	<i>P-S</i> -Tabelle für das Zufahren und Öffnen des Werkzeugs.....	104
5.7	<i>P-S</i> -Tabelle für die Evakuierungsparameter	106
5.8	<i>P-S</i> -Tabelle für die Druckparameter	106
5.9	<i>P-S</i> -Tabelle für die Werkzeugparameter.....	107
5.10	<i>P-S</i> -Tabelle für die Steuerungsparameter (Zeiten).....	108

5.11	<i>P-S</i> -Tabelle für die Prüfungsparameter	108
5.12	Praktische Anwendung der <i>P-S</i> -Tabellen.....	109
5.12.1	Vorgehensweise	109
5.12.2	Ergebnisse der Validierung	109
5.13	Empfehlung zur Anwendung der <i>P-S</i> -Tabellen	111
5.14	Empfehlungen zur Justierung der physikalischen Bauteileigenschaften	112
6	Diskussion	113
7	Zusammenfassung.....	116
	Anhang: Vorbereitung der Einlegeteile für die Vulkanisation.....	118
	Literaturverzeichnis.....	121