

A. Limper/P. Barth/F. Grajewski

Technologie der Kautschuk- verarbeitung

mit 177 Abbildungen und 5 Tabellen



Carl Hanser Verlag München Wien

Inhalt

1 Einleitung	1
<i>Dr.-Ing. Andreas Limper</i>	
Literatur	2
2 Charakterisierung verarbeitungsrelevanter Stoffeigenschaften	3
<i>Dr.-Ing. Andreas Limper</i>	
2.1 Thermodynamische Eigenschaften	3
2.1.1 Dichte	4
2.1.2 Wärmekapazität	4
2.1.3 Wärmeleitfähigkeit	4
2.2 Rheologische Eigenschaften	5
2.2.1 Dissipationsmodell	5
2.2.2 Fließgrenze	7
2.2.3 Wandgleiten	10
2.2.4 Rheometrie	11
2.2.5 Chargenprüfung von Kautschukmischungen	14
Literatur	19
3 Mischen	21
<i>Dr.-Ing. Franz Grajewski</i>	
3.1 Stand der bisherigen Entwicklung	21
3.2 Analyse des Mischprozesses	26
3.2.1 Prozeßparameter am Innenmischer	26
3.2.2 Strömungsvorgänge im Innenmischer	28
3.2.2.1 Einlaufströmung im Bereich Kammerwand-Rotorflügel	29
3.2.2.2 Strömung im Zwickelbereich zwischen den Rotoren	32
3.2.3 Mastikationsphase des Rohpolymers	34
3.2.3.1 Einzugsphase des Rohpolymers	34
3.2.3.2 Thermische Randbedingungen	36
3.2.3.3 Resultierender viskoelastischer Zustand des mastizierten Rohpolymers	37
3.2.4 Inkorporation des Füllstoffes	40
3.2.4.1 Einfluß der thermischen Randbedingungen auf das Inkorporationsverhalten	42
3.2.4.2 Resultierende Mischungseigenschaften	43
3.2.5 Einfluß der Zugabegeometrie des Polymers	44
3.3 Instationäre Anfahreffekte an Innenmischern	45
3.4 Einfache Hilfsmittel zur Abschätzung von Betriebsparametern am Innenmischer	49
3.4.1 Thermische Randbedingungen	49
3.4.1.1 Modell zur Beschreibung des zeitlichen Verhaltens der Innenwandtemperatur der Mischkammer	49
3.4.1.2 Abschätzung der Wärmeübergangskoeffizienten	50
3.4.1.2.1 Wärmeübergangskoeffizienten auf der Wasserseite	50
3.4.1.2.2 Materialseitige Wärmeübergangskoeffizienten	51

3.4.2	Nomogramm zur Abschätzung der Veränderung der Wandtemperaturen als Folge von instationären Anfahreffekten	53
3.4.2.1	Anwendung und Nomogrammlblätter zur Abschätzung von instationären Anfahreffekten	55
3.4.2.2	Anwendungsbeispiel des Nomogramms für den GK-110E	62
3.4.3	Minimierung von Anfahreffekten	62
3.4.4	Hinweise zur modelltheoretischen Übertragbarkeit von Betriebspunkten	66
3.5	Peripherie um den Innenmischer	68
3.5.1	Förder- und Dosiersysteme	68
3.5.1.1	Feststoffe	68
3.5.1.2	Flüssigkeiten	69
3.5.1.3	Klein-Chemikalien	70
3.5.2	Nachfolgeeinrichtungen des Innenmischers	70
3.5.2.1	Das Walzwerk	70
3.5.2.2	Batch-Off-Anlage	71
	Literatur	72
4	Extrudieren von Elastomeren	75
	<i>Dr.-Ing. Andreas Limper</i>	
4.1	Extruder	75
4.2	Werkzeuge	79
4.3	Extruder/Werkzeug-Konzepte	80
4.3.1	Pelletizer	80
4.3.2	Slab-Extruder	80
4.3.3	Extruder – Roller Die	81
4.3.4	Einwalzenkopf-Anlagen	81
4.3.5	Huckepack-Anlagen	83
4.3.6	Scherkopf-Anlagen	83
4.4	Vernetzungstrecken	85
4.4.1	Flüssigkeitsbadvulkanisation (LCM = Liquid Curing Method)	86
4.4.2	Heißluftvulkanisation	87
4.4.3	Mikrowellen-Aufheizung	88
4.4.4	Dampfrohrvulkanisation	89
4.4.5	Weitere Vernetzungsverfahren	90
	Literatur	91
5	Verfahrenstechnische Analyse der Kautschukextrusion	93
	<i>Dr.-Ing. Andreas Limper</i>	
5.1	Prozeßanalyse der Einzugszone	93
5.2	Prozeßanalyse der Förderzone (Austragszone)	97
5.3	Mischelemente	100
5.4	Modellierung von Teilprozessen der Kautschukextrusion	103
5.4.1	Prozeßmodell für die Austragszone	103
5.4.2	Berücksichtigung der Querströmung	106
5.4.3	Berücksichtigung der Randeinflüsse	108
5.4.4	Berechnung der Entwicklung der mittleren Massetemperatur	110
5.4.5	Nomographische Lösung	112
5.4.6	Berechnung von Mischteilen und Stiftzonen	113
5.4.7	Beurteilung der thermischen Homogenität	116
5.4.8	Nichtisotherme Durchsatzberechnung	117

5.4.9	Stabilitätsbetrachtung	119
5.4.10	Praktische Hinweise zum Arbeiten mit dem Prozeßmodell	120
5.5	Modelltheoretische Übertragung von Betriebspunkten für Kautschukextruder	121
5.5.1	Grundlagen der Modelltheorie	122
5.5.2	Anwendung der Modelltheorie	124
5.5.3	Erweiterung der Modelltheorie für Stiftextruder	124
5.5.4	Praktische Überprüfung der Modelltheorie	125
5.5.4.1	Konventionelle Extruder	125
5.5.4.2	Stiftextruder	126
5.5.5	Praktische Hinweise zum Arbeiten mit der Modelltheorie	127
5.5.6	Restriktionswahl	129
5.6	Berechnung von Kautschuk-Extrusionswerkzeugen	130
5.6.1	Berechnung von „viskosen“ Druckverlusten	130
5.6.1.1	Isotherme Rechenansätze	131
5.6.1.2	Nichtisotherme Berechnungsverfahren	133
5.6.1.3	Vereinfachte Abschätzungen zur praktischen Werkzeugauslegung	138
5.6.2	Abschätzung von Temperaturspitzen in Kautschukextrusionswerkzeugen	139
5.6.3	Berechnung von Einlaufdruckverlusten an Schlitzscheiben	140
5.6.3.1	Theoretischer Hintergrund	140
5.6.3.2	Praktische Überprüfung	141
5.6.4	Auslegung von Verteilungswerkzeugen (d. h. Pinolen-, Breitschlitzverteiler)	142
	Literatur	149
6	Die Herstellung von Gummi-Formartikel	153
	<i>Dr.-Ing. Peter Barth</i>	
6.1	Einleitung	153
6.1.1	Was sind Formartikel?	153
6.2	Herstellungsverfahren	154
6.2.1	Das Preßverfahren	154
6.2.2	Das Spritzpreßverfahren/Transfer Moulding	155
6.2.3	Das Spritzgießverfahren/Injection Moulding	156
6.2.4	Das Spritzprägen/Compression Stamping	157
6.2.5	Spezielle Verfahren	158
6.3	Maschinen zur Herstellung von Formartikeln	159
6.3.1	Pressen	159
6.3.2	Die Spritzgießmaschine	160
6.3.2.1	Die Einspritzeinheit	161
6.3.2.2	Die Schließeinheit	163
6.3.2.3	Die Steuerung der Maschinen	164
6.4	Spritzgießwerkzeuge zur Herstellung von Formteilen	165
6.4.1	Aufbau von Spritzgießwerkzeugen	165
6.4.2	Werkzeugauslegung	169
6.4.2.1	Rheologische Auslegung	170
6.4.2.2	Thermische Auslegung	175
6.4.2.3	Mechanische Auslegung	177
6.4.3	Auslegung von Kaltkanalwerkzeugen	177
6.4.3.1	Arten von Kaltkanalwerkzeugen	178
6.4.3.2	Auslegung von Kaltkanalwerkzeugen	180
6.5	Verfahrenstechnik	181

6.6 Formverschmutzung und Formenreinigung	184
6.6.1 Formverschmutzung	184
6.6.2 Formenreinigung	187
6.7 Entgraten von Formteilen	188
6.8 Automatisierung	189
6.8.1 Formteilhandling	190
6.8.2 Werkzeugkonzept	194
Literatur	195
7 Nomogramm zur Bestimmung der mittleren Massetemperatur und des Druck- gradienten	199
Register	205