

Inhaltsverzeichnis

Bibliografische Beschreibung	V
Vorwort	VII
Kurzfassung	IX
Abstract	XI
Inhaltsverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	3
2 Grundlagen	5
2.1 Phenolharze	5
2.2 Duroplast-Spritzgießen	10
2.2.1 Verfahrensablauf und Verarbeitungseigenschaften	10
2.2.2 Formfüllverhalten von Duroplasten	13
2.2.3 Einfluss der Materialfeuchte	15
2.3 Schaumspritzgießen	17
2.3.1 Thermoplast-Schaumspritzgießen (TSG)	17
2.3.2 Blasenbildung beim TSG	18
2.3.3 Verfahrensvarianten beim Schaumspritzgießen	21
2.3.4 Duroplast-Schaumspritzgießen	23
2.3.5 Thermodynamik heterogener chemischer Feststoff-Gas- Gleichgewichte	26
2.4 Reaktionskinetik	28
2.4.1 Modellansätze	28
2.4.2 Umsatzgrad von Duroplasten aus DSC-Messungen	30
2.4.3 Umsatzgrad von Duroplasten aus Rheologie-Messungen	32
2.5 Wissenschaftliche Fragestellungen	35

3	Experimentelles	37
3.1	Werkstoffsystem	38
3.1.1	Werkstoffdarstellung	38
3.1.2	Zerfallsverhalten des Treibmittels Natriumhydrogenkarbonat ..	39
3.2	Laboranalytische Untersuchungen	41
3.2.1	Feuchtegehalt und Werkstoffkonditionierung	41
3.2.2	Wärmekapazität	42
3.2.3	Temperaturleitfähigkeit	42
3.2.4	Isolationsvermögen des Werkstoffes bei maximaler Dichtereduktion	44
3.2.5	Brandverhalten	44
3.3	Reaktionsverhalten	45
3.3.1	DSC-Messungen und thermische Reaktionskinetik	45
3.3.2	Rheologie-Messungen und Rheokinetik	49
3.4	Maschinen und Apparate	50
3.4.1	Spritzgussmaschine und Werkzeugtechnik	50
3.4.2	Zyklusablauf und Probenherstellung	53
3.4.3	Messdatenerfassung und Aufbereitung	54
3.5	Versuchsplanung und Durchführung	58
3.5.1	Vorbetrachtung	58
3.5.2	Versuchsreihen Spritzgießen	59
3.5.3	Probekörperpräparation und Auswertemethodik	62
4	Ergebnisse	69
4.1	Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen	69
4.1.1	Feuchte	69
4.1.2	Wärmekapazität	70
4.1.3	Temperaturleitfähigkeit	71
4.1.4	Dichtereduktion und Wärmeleitfähigkeit der Probekörper	72

4.1.5	Brandverhalten des geschäumten Phenolharzes	73
4.2	Reaktionskinetische Gleichungen und Validierung	75
4.2.1	Druckabhängigkeit von Natriumhydrogenkarbonat	75
4.2.2	DSC-Messreihen zur thermischen Reaktionskinetik	77
4.2.3	Rheologie	82
4.2.4	Vergleich des thermisch und rheologisch vermessenen Umsatzgrades	84
4.3	Ergebnisse der Spritzgussversuche	85
4.3.1	Nachdruckdauer	86
4.3.2	Werkzeugtemperatur	92
4.3.3	Einspritzgeschwindigkeit	104
4.3.4	Öffnungshub	110
4.3.1	Plattendicke	115
4.4	Reaktionskinetische Betrachtungen	121
4.5	Zusammenfassung und Bewertung der experimentellen Ergebnisse	130
4.6	Bewertung der Anlagentechnik und Ausblick	134
5	Reaktionskinetische Modellierung der Umsatzreaktionen	137
5.1	Zielsetzung und Aufbau des reaktionskinetischen Modells	137
5.2	Anwendung und Validierung des Modells	139
5.2.1	Modellannahmen	139
5.2.2	Anfangs- und Randbedingungen	140
5.2.3	Abgleich Rechnung und Simulation	141
5.3	Fehlerdiskussion des Modells	144
5.3.1	Temperaturmessung	144
5.3.2	Temperaturleitfähigkeit	145
5.3.3	Wärmekapazität	147
5.3.4	Reaktionsenthalpie	148
5.3.5	Konstantes Kavitätätsvolumen	149

5.3.6	Fazit.....	149
6	Modell-Anwendung.....	151
6.1	Umsatzbetrachtungen mit Hilfe der reaktionskinetischen Modellgleichung	151
6.2	Optimale Prozessparameter.....	161
6.3	Optimierung der Compound-Zusammensetzung	162
6.3.1	Einfluss der Reaktionstemperatur des Treibmittels	163
6.3.2	Einfluss der Reaktionsenthalpie des Treibmittels.....	164
6.3.3	Ideales Treibmittel.....	166
7	Diskussion	169
8	Zusammenfassung	173
	Abkürzungsverzeichnis	177
	Literaturverzeichnis.....	181
	Abbildungsverzeichnis	195
	Tabellenverzeichnis.....	207
	Anhang	209