

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einleitung	1
<i>Literatur zu Kapitel 1</i>	<i>6</i>
2 Historie des Schaumspritzgießens	7
<i>Literatur zu Kapitel 2</i>	<i>13</i>
3 Physik des Schäumens	15
3.1 Einphasige Polymer-Gas-Lösung	16
3.2 Nukleierung	18
3.3 Blasenwachstum	21
3.4 Stabilisierung	23
3.5 Fazit zur Physik des Schäumens	24
<i>Literatur zu Kapitel 3</i>	<i>25</i>
4 Treibmittel	27
4.1 Einleitung	27
4.2 Physikalische Treibmittel	28
4.3 Chemische Treibmittel	30
4.3.1 Bedeutung der Stoffklassen endotherm und exotherm	32
4.3.1.1 Exotherme Treibmittel	33
4.3.1.2 Endotherme Treibmittel	35
4.3.1.3 Kombinationen endothermer Treibmittel	36
4.3.1.4 Kombination aus endothermen und exothermen Treibmitteln ..	36
4.3.2 Charakterisierung von chemischen Treibmitteln	37
4.3.3 Pulver und Masterbatch, Aufbau eines Treibmittelsystems für das Spritzgießen	41
4.3.4 Produktion von Treibmittelmasterbatches	42
4.3.5 Auswirkungen chemischer Treibmittel auf das Endprodukt	43
<i>Literatur zu Kapitel 4</i>	<i>44</i>
5 Matrixmaterialien	45
5.1 Polypropylen	45
5.1.1 Dichtereduktion	50
5.1.2 Schwindung und Winkelverzug	50
5.1.3 Druckbedarf im Werkzeug	51
5.1.4 Zugversuch	52
5.1.5 Biegeversuch	54

5.1.6 Impactversuch	54
5.1.7 Schaumstruktur	57
5.1.8 Fazit zur Verarbeitung von Polypropylen im Schaumspritzgießverfahren	59
5.2 Technische Thermoplaste für das TSG-Verfahren	61
5.2.1 Werkstoff- und Treibmittelauswahl	62
5.2.2 Schaumspritzgießen von SAN/PC-Blends	63
5.2.2.1 Scherrheologie von SAN/PC-Blends	64
5.2.2.2 Struktur der SAN/PC-Integralschäume	68
5.2.2.3 Mechanische Eigenschaften der SAN/PC-Integralschäume	72
5.2.2.4 Zusammenfassung für geschäumte SAN/PC-Blends	76
5.2.3 Schaumspritzgießen von schlagzähmodifiziertem SAN (ABS)	77
5.2.4 Schaumspritzgießen von SAN-Nanokompositen	84
5.2.5 Schaumspritzgießen von PA 6-Nanokompositen	94
5.2.5.1 Schmelzerheologie von PA + CNF	95
5.2.5.2 Morphologie der PA 6 + CNF-Integralschäume	97
5.2.5.3 Mechanische Eigenschaften der PA + CNF-Integralschäume ..	100
<i>Literatur zu Kapitel 5</i>	101
6 Verfahrenstechnik	103
6.1 Chemisches TSG-Verfahren	104
6.2 MuCell®-Verfahren	106
6.3 Ergocell®-Verfahren	110
6.4 Optifoam®-Verfahren	111
6.5 Schäumen mit Dekompression	112
6.6 Abgrenzung zu anderen Niederdrucktechniken	115
6.6.1 Fluidinjektionstechnik	115
6.6.2 Spritzprägen	117
6.7 Fazit zur Verfahrenstechnik	119
<i>Literatur zu Kapitel 6</i>	120
7 Verfahrensvergleich	121
7.1 TSG-Verfahren mit chemischen Treibmitteln	122
7.1.1 Art und Konzentration des chemischen Treibmittels	122
7.1.2 Schmelzetemperatur	124
7.1.3 Einspritzgeschwindigkeit	125
7.1.4 Staudruck	127
7.1.5 Werkzeugtemperatur	128
7.1.6 Prozessstabilität	128
7.1.7 Oberflächenqualität	128
7.1.8 Fazit zum chemischen Schaumspritzgießen (TSG-CH)	129
7.2 TSG-Verfahren mit physikalischer Begasung im Zylinder	130
7.2.1 Art und Konzentration des Treibfluids	130
7.2.2 Schmelzetemperatur	132
7.2.3 Einspritzgeschwindigkeit	134

7.2.4	Staudruck	135
7.2.5	Werkzeugtemperatur	136
7.2.6	Phänomenologische Beobachtungen	136
7.2.7	Fazit zum Schaumspritzgießen mit physikalischer Begasung im Zylinder	137
7.3	TSG-Verfahren mit physikalischer Begasung in der Düse	138
7.3.1	Konzentration des Treibfluids	138
7.3.2	Schmelzetemperatur	140
7.3.3	Einspritzgeschwindigkeit	141
7.3.4	Phänomenologische Beobachtungen	141
7.3.5	Fazit zum Schaumspritzgießen im TSG-PD	142
7.4	Gegenüberstellung des chemischen und physikalischen TSG	143
7.4.1	Prozessführung	143
7.4.2	Formteileigenschaften	144
	<i>Literatur zu Kapitel 7</i>	144
8	Mechanisches Verhalten	145
8.1	Einführung	145
8.2	Strukturausbildung	146
8.3	Makroskopische Kennwertbeeinflussung	149
8.4	Bewertung der Kennwertabminderung – Zugbelastung	151
8.5	Bewertung der Kennwertabminderung – Biegebelastung	152
8.6	Spannungsverteilung	153
8.7	Leichtbaueffekt	154
8.8	Verallgemeinerte Modellvorstellung	156
8.9	Modellbildung zum Leichtbaueffekt	157
8.10	Konzept der effektiven Deckschichtdicke	159
8.11	Modellbildung zur effektiven Deckschichtdicke	161
8.12	Zugängliches Leichtbaupotenzial	162
8.13	Vorhersage von Steifigkeitskennwerten	163
8.14	Vorhersage von Festigkeitskennwerten	165
8.15	Einfluss von Füll- und Verstärkungsstoffen auf die Steifigkeit	165
8.16	Einfluss von Füll- und Verstärkungsstoffen auf die Festigkeit	168
8.17	Druckverformungsverhalten	169
8.18	Relevanz der Einflussgrößen	171
8.19	Mechanische Prüfung von Integralschaumstrukturen	172
8.20	Kennwertschwankungen	173
	<i>Literatur zu Kapitel 8</i>	174
9	Einfluss des Spritzgießwerkzeugs beim Thermoplast-Schaumspritzgießen	175
9.1	Formteilgestaltung	176
9.1.1	Wanddicken, Wanddickensprünge	176
9.1.2	Rippen, Dome, Schnapphaken	179
9.1.3	Fließhindernisse	181

9.2	Angusssystem	182
9.2.1	Balancierung des Angusssystems	182
9.2.2	Angussbuchse	184
9.2.3	Anschnittarten	185
9.2.4	Lage der Anspritzpunkte	187
9.3	Temperierung beim Schaumspritzgießen	188
9.4	Entlüftung	190
9.5	Werkzeugmaterialien beim Schaumspritzgießen	191
9.6	Werkzeug-/verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Verbesserung der Oberflächenqualitäten geschäumter Bauteile	191
9.6.1	Ursachen der geringen Oberflächenqualitäten beim Schaumspritzgießen	191
9.6.2	Werkzeuginnendrücke beim Schaumspritzgießen	194
9.6.3	Verbesserung der Oberflächenqualitäten	194
9.6.4	Verwendung von Oberflächenstrukturierungen	195
9.6.5	Verwendung von Beschichtungen im Werkzeug	196
9.6.6	Variotherm-Verfahren	198
9.6.7	Fazit	198
	<i>Literatur zu Kapitel 9</i>	199
10	Sondertechnologien	201
10.1	MuCell®-Verfahren mit statischem Mischer	201
10.2	Atmende Werkzeuge	202
10.3	Optimierung der Oberfläche	207
10.3.1	Verfahrenstechnische Oberflächenverbesserung geschäumter Formteile	208
10.3.1.1	Gasgegendruck	209
10.3.1.2	Variotherm	210
10.3.1.3	Zusammenfassung zur verfahrenstechnischen Oberflächenverbesserung	211
10.3.2	Dekor-Hinterspritzen	211
10.3.3	Wärmebarriere	213
	<i>Literatur zu Kapitel 10</i>	214
11	Anwendungsbeispiele	215
	Abkürzungen und Formelzeichen	221
	Stichwortverzeichnis	231