

Inhalt

Vorwort zur siebten Auflage	V
Vorwort zur sechsten Auflage	VII
Vorwort zur fünften Auflage	VII
Vorwort zur vierten Auflage	VIII
Vorwort zur dritten Auflage	VIII
Kurzzeichen für Polymere	XI
1 Einleitung	1
Literatur	2
2 Aufbau und Einteilung der Kunststoffe	3
2.1 Aufbau der Kunststoffe	3
2.1.1 Herstellung von Kunststoffen	4
2.1.1.1 Polymerisation	4
2.1.1.2 Polykondensation	11
2.1.1.3 Polyaddition	12
2.1.2 Bindungskräfte in Polymeren	14
2.2 Einteilung der Kunststoffe	16
2.2.1 Thermoplaste	17
2.2.2 Duroplaste und Elastomere	20
2.2.3 Copolymere und Polymergemische	22
2.2.4 Zuschlagstoffe	23
2.3 Biopolymere	24
Literatur	26
3 Physikalische Eigenschaften der Kunststoffe	27
3.1 Thermische Werkstoffeigenschaften	27
3.1.1 Dichte	27
3.1.2 Thermische Ausdehnung	29
3.1.3 Wärmeleitfähigkeit	30
3.1.4 Spezifische Wärmekapazität	31

3.2	Fließeigenschaften von Polymerschmelzen	34
3.2.1	Newtonsche und nicht-newtonsche Fluide	35
3.2.2	Ansätze zur Beschreibung des strukturviskosen Fließverhaltens der Schmelze	37
3.2.2.1	Potenzansatz nach Ostwald und de Waele	37
3.2.2.2	Carreau-Ansatz	39
3.2.3	Einfluss der Temperatur auf das Fließverhalten	39
3.2.4	Messung viskoser Fließeigenschaften	41
3.2.4.1	Kapillarrheometer	42
3.2.4.2	Rotationsrheometer	46
3.3	Elastische Eigenschaften von Polymerschmelzen	47
3.3.1	Normalspannungen	48
3.3.2	Zeitabhängiges Verhalten	48
3.4	Abkühlen aus der Schmelze	48
3.4.1	Amorph erstarrende Thermoplaste	49
3.4.2	Teilkristallin erstarrende Thermoplaste	49
3.4.3	Nukleierung	52
3.4.4	Bestimmung des Kristallisationsgrades	53
3.5	Morphologie erstarrter Thermoplaste	54
3.5.1	Amorph erstarrte Thermoplaste	55
3.5.2	Teilkristallin erstarrte Thermoplaste	57
	Literatur	59
4	Werkstoffkunde der Kunststoffe	61
4.1	Allgemeines zum Werkstoffverhalten	61
4.2	Spannungs-Dehnungs-Verhalten	64
4.2.1	Kurzzeit-Verhalten	64
4.2.2	Stoßartige Beanspruchung	66
4.2.3	Verhalten bei langzeitiger und ruhender Beanspruchung	67
4.2.4	Schwingende Beanspruchung	69
4.3	Eindruck-, Verschleiß- und Reibverhalten	70
4.3.1	Härte	70
4.3.2	Abrieb	73
4.3.3	Reibverhalten	73
4.4	Elektrisches Verhalten	74
4.4.1	Dielektrisches Verhalten	74
4.4.2	Elektrische Leitfähigkeit	76
4.4.3	Durchschlagfestigkeit	76
4.4.4	Elektrostatische Aufladung	77
4.5	Optisches Verhalten	78
4.5.1	Brechung und Dispersion	78
4.5.2	Transparenz	78
4.5.3	Glanz	79
4.5.4	Farbe	79
4.6	Akustisches Verhalten	81

4.7	Verhalten gegen Umwelteinflüsse	83
4.7.1	Widerstandsfähigkeit gegen Medien	83
4.7.2	Spannungsrisssbeständigkeit	85
4.7.3	Diffusion und Permeation	86
4.7.4	Bewitterung	87
4.7.5	Biologisches Verhalten	88
4.7.6	Brandverhalten	88
4.8	Gebrauchstauglichkeit und Qualitätssicherung	89
	Literatur	90
5	Aufbereitung von Kunststoffen	97
5.1	Einleitung	97
5.2	Aufgaben in der Aufbereitung	97
5.2.1	Lagern und Fördern	98
5.2.2	Dosieren	98
5.2.3	Mischen	100
	5.2.3.1 Diskontinuierliche Aufbereitungsmaschinen	100
	5.2.3.2 Kontinuierliche Aufbereitungsmaschinen	102
5.2.4	Granulieren	105
5.3	Zuschlagstoffe	105
5.3.1	Verarbeitungshilfsmittel	105
5.3.2	Stabilisatoren	106
5.3.3	Antistatika	106
5.3.4	Elektrisch leitfähige Füllstoffe	107
5.3.5	Flammschutzmittel	107
5.3.6	Treibmittel	107
5.3.7	Festigkeit und Steifigkeit herabsetzende Zuschlagstoffe	107
5.3.8	Festigkeit und Steifigkeit erhöhende Zuschlagstoffe	108
	Literatur	108
6	Verarbeitungsverfahren für Kunststoffe	109
6.1	Extrusion	109
6.1.1	Der Extruder	110
	6.1.1.1 Der Einschneckenextruder	111
	6.1.1.2 Die Schnecke	114
	6.1.1.3 Konventionelle Einschneckenplastifizierextruder	116
	6.1.1.4 Der fördersteife Einschneckenextruder	117
	6.1.1.5 Der Plastifiziervorgang im Einschneckenextruder	119
	6.1.1.6 Der Doppelschneckenextruder	121
	6.1.1.7 Extruderzylinder	123
6.1.2	Weitere Anlagenkomponenten	124
	6.1.2.1 Extrusionswerkzeug	124
	6.1.2.2 Kalibrierung/Kühlung und Abzug	127
	6.1.2.3 Anlagenbeispiele	128
6.1.3	Coextrusion	129

6.2	Extrusionsblasformen und Streckblasen	130
6.2.1	Extrusionsblasformen	131
6.2.1.1	Der Verfahrensablauf	131
6.2.1.2	Die Maschine	133
6.2.1.3	Das Mehrfachblasformen	138
6.2.1.4	Coextrusionsblasformen	138
6.2.1.5	3D-Blasformen	139
6.2.1.6	Saugblasen	139
6.2.2	Streckblasen	140
6.2.2.1	Vorformlingsherstellung	141
6.2.2.2	Verfahren aus erster und zweiter Wärme	141
6.2.2.3	Vor- und Nachteile des Streckblasverfahrens	142
6.3	Spritzgießen	142
6.3.1	Maschine und Verfahrensablauf	142
6.3.1.1	Verfahrensablauf	143
6.3.1.2	Maschinenaufbau	144
6.3.1.3	Kenndaten der Maschine	146
6.3.2	Baugruppen	147
6.3.2.1	Plastifiziereinheit	147
6.3.2.2	Schließeinheit	155
6.3.2.3	Werkzeug	158
6.3.2.4	Werkzeugtemperierung	162
6.3.2.5	Maschinenbett und Steuereinheit	163
6.3.3	Sonderverfahren	163
6.3.3.1	Thermoplast-Schaumspritzgießen (TSG)	164
6.3.3.2	Mehrkomponenten-Spritzgießen	167
6.3.3.3	Kaskadenspritzgießen	170
6.3.3.4	Spritzprägen	171
6.3.3.5	Hinterspritztechnik	173
6.3.3.6	Schmelzkerntechnik	174
6.4	Herstellung von Formteilen aus duroplastischen Pressmassen	174
6.4.1	Der Werkstoff „Duroplastische Pressmasse“	174
6.4.2	Das Pressverfahren	176
6.4.3	Verfahrensvarianten	179
6.5	Elastomerverarbeitung	180
6.5.1	Rohstoffe und Mischungen	181
6.5.1.1	Kautschukpolymere	181
6.5.1.2	Verstärkende Füllstoffe	182
6.5.1.3	Vernetzungssystem	183
6.5.2	Mischungsherstellung	184
6.5.3	Formgebung von Elastomeren	185
6.5.3.1	Extrusion und kontinuierliche Vulkanisation von Elastomeren	185
6.5.3.2	Herstellung elastomerer Formteile	188
6.6	Verarbeitung von Polyurethanen	190
6.6.1	Schaumbildungsprozess	192

6.6.2	Anlagentechnik zur Verarbeitung reaktiver Polyurethane	193
6.6.3	RIM-Verfahren	197
6.7	Faserverstärkte Kunststoffe	198
6.7.1	Materialien	200
6.7.2	Bauteilkonstruktion und -auslegung	203
6.7.3	Verarbeitungsverfahren für Faserverbundkunststoffe	204
6.7.3.1	Handlaminierverfahren	204
6.7.3.2	Faserspritzen	205
6.7.3.3	Prepregverarbeitung, Tapelegen, Autoklavieren	206
6.7.3.4	Faserwickeln	206
6.7.3.5	Pultrusionsverfahren	208
6.7.3.6	Harzinjektionsverfahren (Resin Transfer Moulding, RTM)	209
6.7.3.7	Harzinfusionsverfahren (Resin Infusion, RI)	211
6.7.3.8	Spaltimprägnierverfahren	212
6.7.3.9	Umformen endlosfaserverstärkter Thermoplaste	214
6.7.3.10	Pressen langfaserverstärkter Kunststoffe	217
6.7.4	Prozesssimulation bei der Pressverarbeitung	224
6.8	Kalandrieren	225
6.9	Verarbeitung durch Gießen	230
6.9.1	Gießen	231
6.9.2	Schüttsintern	232
6.9.3	Schleudergießen (Rotationsformen)	233
6.9.4	Foliengießen	234
6.9.5	Umgießen	234
6.9.6	Imprägnieren	234
	Literatur	235
7	Weiterverarbeitungstechniken für Kunststoffe	243
7.1	Thermoformen	243
7.1.1	Maschinen	244
7.1.2	Verfahrensschritte	246
7.2	Schweißen von Kunststoffen	251
7.2.1	Heizelementschweißen (HE-Schweißen)	255
7.2.1.1	Direkte Heizelement-Schweißverfahren	255
7.2.1.2	Indirekte HE-Schweißverfahren	259
7.2.2	Warmgasschweißen	260
7.2.2.1	Fächelschweißen (Runddüse)	261
7.2.2.2	Zielschweißen (Schnellschweißen)	261
7.2.2.3	Warmgas-Überlappschweißen	261
7.2.2.4	Extrusionsschweißen	262
7.2.2.5	Heißgasschweißen	262
7.2.3	Reibschweißverfahren	263
7.2.3.1	Verfahren mit äußerer Reibung	263
7.2.3.2	Verfahren mit innerer Reibung	264
7.2.4	Strahlungsschweißverfahren	266
7.2.4.1	Heizelementstrahlungsschweißen	266

7.2.4.2	Infrarotschweißen	267
7.2.4.3	Laserstrahlschweißen	267
7.2.4.4	Laserdurchstrahlschweißen	267
7.2.5	Induktionsschweißen (Elektromagnetisches Schweißen)	270
7.3	Kleben von Kunststoffen	270
7.3.1	Mechanismus der Klebung	271
7.3.2	Einteilung der Klebstoffe	272
7.3.2.1	Physikalisch abbindende Klebstoffe	273
7.3.2.2	Chemisch abbindende Klebstoffe (Reaktionsklebstoffe)	273
7.3.3	Werkstoffeinflüsse auf die Klebbarkeit von Kunststoffen	274
7.3.4	Verfahrensablauf beim Kleben	275
7.4	Mechanische Bearbeitung	277
7.4.1	Sägen	278
7.4.2	Fräsen	280
7.4.3	Schleifen und Polieren	281
7.4.4	Bohren	282
7.4.5	Drehen	284
Literatur	286
8	Recycling von Kunststoffen	289
8.1	Einleitung	289
8.2	Aufbereitung von Kunststoffabfällen	293
8.3	Werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen	295
8.4	Rohstoffliche Verwertung	298
8.5	Energetische Verwertung	300
8.6	Abschließende Bemerkungen	301
Literatur	301
Index	305