

Martin Bonnet

Kunststofftechnik

Grundlagen, Verarbeitung,
Werkstoffauswahl und Fallbeispiele

3., überarbeitete und erweiterte Auflage



Springer Vieweg

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau und Eigenschaften von Kunststoffen	1
1.1	Die Einzelkette	2
1.1.1	Der chemische Aufbau der Kette	2
1.1.2	Der räumliche Aufbau der Kette	8
1.1.3	Statistik der Einzelkette	10
1.1.4	Molekulargewichtsverteilung	12
1.1.5	Bindungskräfte/Bindungstypen	14
1.2	Der amorphe Zustand	16
1.2.1	Charakterisierung der mechanischen Zustände (Glas-Gummi-viskoelastisch)	17
1.2.2	Glasverhalten	18
1.2.3	Gummiverhalten	22
1.2.4	Viskoses Verhalten	25
1.3	Flüssigkristalline Polymere	33
1.4	Der kristalline Zustand	36
1.4.1	Grundlagen	36
1.4.2	Kristallisation der relaxierten Schmelze	40
1.4.3	Kristallisation gedehnter Schmelzen	44
1.4.4	Kristallisation im longitudinalen Fließgradienten	47
1.4.5	Mechanisches Verhalten teilkristalliner polymerer Werkstoffe	50
1.4.6	Thermisches Verhalten	52
1.5	Klassifikation	59
1.5.1	Thermoplaste	60
1.5.2	Elastomere	60
1.5.3	Duomere	60
1.5.4	Thermoplastische Elastomere (Elastoplaste)	60
1.5.5	Vergleich der Kunststoffklassen	63
1.6	Struktur und Eigenschaften	63
1.6.1	Elastizität/Plastizität teilkristalliner Kunststoffe	63
1.6.2	Elastizität/Plastizität amorpher Kunststoffe	68

1.6.3	Dynamische Belastungen	72
1.6.4	Thermische Charakterisierung	73
1.7	Elektrische Eigenschaften	77
1.7.1	Dielektrische Eigenschaften	78
1.7.2	Piezo-, Pyro- und Ferroelektrizität	82
1.7.3	Elektrische Leitfähigkeit	84
2	Polymere Verbundwerkstoffe	87
2.1	Motivation	87
2.2	Verstärkungsadditive	88
2.2.1	Fasern	89
2.2.2	Plattenförmige Verstärker	92
2.3	Polymere Matrix	93
2.4	Grenzfläche Verstärkungsadditiv/Matrix	93
2.5	Vor- und Nachteile von Faserverbundwerkstoffen	94
2.5.1	Vorteile von Faserverbundwerkstoffen und mögliche Anwendungen	94
2.5.2	Nachteile von Faserverbundwerkstoffen	96
2.6	Gefüge der Faserverbundwerkstoffe	96
2.6.1	Vliese	96
2.6.2	Gewebe	97
2.6.3	Gelege	97
2.6.4	Geflechte	98
2.6.5	Gestricke und Gewirke	98
2.7	Mechanische Eigenschaften von Faserverbunden	99
2.7.1	Der Elastizitätsmodul unidirektionaler Faserverbunde	99
2.7.2	Die Poissonzahl unidirektionaler Faserverbunde	101
2.7.3	Der Schubmodul unidirektionaler Faserverbunde	102
2.7.4	Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient unidirektionaler Faserverbunde	102
2.7.5	Die Bruchspannung unidirektionaler Faserverbunde	103
2.7.6	Mechanische Eigenschaften unter einem beliebigen Belastungswinkel	104
2.7.7	Druckfestigkeit in Faserrichtung	105
2.8	Diskontinuierliche Faserverstärkung	106
2.9	Lamine	108
2.10	Schädigungen	109
3	Additive	111
3.1	Antioxidantien	113
3.1.1	H-Donatoren	114
3.1.2	Hydroperoxidzersetzer	114

3.1.3	Radikalfänger	114
3.1.4	Austestung von Antioxidantien	115
3.2	UV-Stabilisatoren	117
3.2.1	UV-Absorber	117
3.2.2	Sterisch gehinderte Amine	120
3.2.3	UV-Quencher	121
3.2.4	Austestung von UV-Stabilisatoren	121
3.3	PVC-Stabilisatoren	123
3.3.1	Blei-Stabilisatoren	125
3.3.2	Organozinn-Stabilisatoren	126
3.3.3	Mischmetall-Stabilisatoren	127
3.3.4	Aktuelle Entwicklungen	129
3.3.5	Austestung von PVC-Stabilisatoren	130
3.4	Gleitmittel	131
3.4.1	Innere Gleitmittel	132
3.4.2	Äußere Gleitmittel	133
3.4.3	Austestung von Gleitmitteln	133
3.5	Prozesshilfsmittel	135
3.5.1	Vermeidung von Schmelzebruch	136
3.5.2	Vermeidung von Materialaufbau an der Düse	137
3.5.3	Vermeidung von Gelbildung	138
3.5.4	Beschleunigter Farbwechsel	138
3.5.5	Austestung von Prozesshilfsmitteln	138
3.6	Antistatika	139
3.6.1	Nicht leitfähige Antistatika	139
3.6.2	Leitfähige Antistatika	141
3.6.3	Austestung von Antistatika	141
3.7	Biozide	142
3.7.1	Mikroorganismen	142
3.7.2	Biozide Wirkstoffe	144
3.7.3	Austestung von Bioziden	146
3.8	Flammschutzmittel	147
3.8.1	Halogenhaltige Flammschutzmittel	149
3.8.2	Metallhydroxide	150
3.8.3	Phosphorhaltige Flammschutzmittel	150
3.8.4	Intumeszenz-Flammschutzmittelsysteme	151
3.8.5	Brandprüfungen	152
3.9	Weichmacher	153
3.9.1	Primärweichmacher	155
3.9.2	Sekundärweichmacher	155
3.9.3	Extender	156

3.9.4	Auswahlkriterien für Weichmacher	156
3.9.5	Austestung von Weichmachern	158
4	Verarbeitungsmethoden	161
4.1	Pressformen	162
4.2	Spritzgießen	164
4.2.1	Formmassen	164
4.2.2	Spritzgießmaschinen	164
4.2.3	Spritzgießwerkzeuge	170
4.2.4	Spezielle Spritzgießverfahren	174
4.2.5	Fehlerbehebung	177
4.2.6	Anwendungsbereiche	179
4.3	Extrudieren	180
4.3.1	Einschneckenextruder	182
4.3.2	Doppelschneckenextruder	183
4.3.3	Ko-Kneter	185
4.3.4	Anwendungen	185
4.4	Kalandrieren	195
4.5	Verarbeitung faserverstärkter Kunststoffe	196
4.5.1	Begriffe in der Verarbeitung faserverstärkter Kunststoffe	197
4.5.2	Handlaminierung	197
4.5.3	Faserspritzen	198
4.5.4	Schleuderverfahren	199
4.5.5	Wickelverfahren	199
4.5.6	Autoklavenverfahren	200
4.5.7	Pressen	200
4.5.8	Pultrusion	201
4.5.9	Harzinjektionsverfahren	201
4.6	Vakuum-Tiefziehen	201
4.7	Biegeumformen	202
4.8	Schweißen	202
4.8.1	Heizelementschweißen	204
4.8.2	Warmgasschweißen	211
4.8.3	Lichtstrahl-Extrusionsschweißen	213
4.8.4	Ultraschallschweißen	214
4.8.5	Reibschweißen	215
4.8.6	Hochfrequenzschweißen	215
4.9	Kleben	215
4.9.1	Einteilung der Klebstoffe	216
4.9.2	Kleben von Kunststoffen	217

5	Werkstoffauswahl – Kunststoffe	221
5.1	Werkstoffdatenbanken für Kunststoffe	224
5.1.1	CAMPUS®-Datenbank	224
5.1.2	POLYMAT	224
5.1.3	KERN RIWETA Material Selector	226
5.2	Beständigkeiten	227
5.2.1	Medienbeständigkeit	227
5.2.2	Wärmebeständigkeit	232
5.2.3	UV-Beständigkeit	233
5.3	Möglichkeiten zur Vorauswahl	233
6	Fallbeispiele	237
6.1	Fahrzeugtechnik	238
6.1.1	Radkappen am Fahrwerk der Boeing 777	238
6.1.2	Hochbelastete Drehmomentstütze für den Automobilbau	239
6.1.3	Drucksensoren für Kraftstofftanks	242
6.1.4	Lenkgestänge des Weltrekordfahrzeugs HYSUN3000	243
6.1.5	Kunststoff-Montageträger	246
6.2	Landmaschinentechnik	248
6.2.1	Rohrverbindungen für Melkanlagen	248
6.3	Konstruktionstechnik	249
6.3.1	Rillenkugellager	249
6.4	Produktionstechnik	252
6.4.1	Kreuzgelenk für eine Parallelkinematik	252
6.5	Verfahrenstechnik	255
6.5.1	Produkte für explosionsgefährdete Bereiche	255
6.5.2	Axiallager für Saugpumpen von Nasswickelheizgeräten	259
6.6	Versorgungstechnik	260
6.6.1	Schutz von Trinkwasser	260
6.6.2	Ortung und Nachweis der Nichtbeschädigung eines verlegten Rohrstranges	263
6.7	Rettungswesen	267
6.7.1	Küstenschutz	267
6.7.2	Löschwasserpumpen für Offshore-Plattformen	269
6.7.3	Visier für Feuerwehrhelme	271
6.8	Erneuerbare Energien	272
6.8.1	Mikrowindturbinen	272
	Literatur	275
	Sachverzeichnis	279