

Technische Thermoplaste

Technische Polymer-Blends

PC-ABS-Blends · PC-PBT-Blends · PPE-Blends

Kunststoff Handbuch

3/2

Herausgegeben von Dr. Ludwig Bottenbruch

Mit 216 Bildern und 76 Tabellen

Die Autoren:

Prof. Drs. J. Bussink, Dr. T. Eckel, Dr. H. Eichenauer,
Dr. U. Grigo, Dr. H.-J. Laue, W. Minderhout, Dr. L. Morbitzer,
Dr. F. Müller, Dr. W. Nouvertné, Dr. K.-H. Ott,
Dr. W. L. Sederel, Dr. D. Wittmann



Inhaltsverzeichnis

1 Polymer-Blends	
(Dr. K.-H. Ott, Dr. L. Morbitzer)	1
1.1 Einführung	1
1.2 Grundlagen	3
1.2.1 Definitionen	3
1.2.2 Mischbarkeit von Polymeren	3
1.2.2.1 Allgemeine Behandlung der Mischbarkeit	3
1.2.2.2 Equation of State-Theorien	8
1.2.3 Morphologie und Rheologie von Polymer-Blends	8
1.2.3.1 Allgemeine Zusammenhänge	8
1.2.3.2 Steuerungsmechanismen für die Phasenmorphologie	10
1.2.4 Mischungszustand	12
1.2.4.1 Mischverfahren	12
1.2.4.2 Charakterisierung des Mischungszustandes	13
1.2.5 Eigenschaften von Polymer-Blend-Systemen	16
1.2.5.1 Grundprinzipien	16
1.2.5.2 Zähigkeit und Deformationsmechanismen	17
1.2.5.3 Prinzipien der Elastomermodifizierung	18
1.2.6 Ordnungsprinzipien für technische Polymer-Blends	20
Literatur zu Kapitel 1	22
2 Polyphenylenether-Blends	
(Prof. Dr. J. Bussink, Dr. W. L. Sederel, W. Minderhout)	25
2.1 Historische Entwicklung, gegenwärtige Situation und Zukunftsperspektiven	25
Literatur zu Abschnitt 2.1	27
2.2 Polyphenylenether	27
2.2.1 Einleitung	27
2.2.2 Monomer-Synthese	30
2.2.3 Oxidative Kupplungschemie von Phenolen	33
2.2.3.1 Katalytisches Oxidations-Kupplungsverfahren	36
2.2.3.2 Laborverfahren	37
2.2.3.3 Katalysatoren	43
2.2.3.4 Alternatives Herstellen von 2,6-substituierten Poly-p-phenylenethern	45
2.2.4 Herstellen von PPE nach dem oxidativen Kupplungsverfahren	47
2.2.4.1 In-situ-Blend-Möglichkeiten	49
2.2.5 PPE-Homo- und Copolymeren	50
2.2.5.1 PPE-Struktur	50
2.2.5.2 Molmasse	50
2.2.5.3 Glasübergangstemperatur und thermische Eigenschaften	51
2.2.5.4 Kristallinität	52
2.2.5.5 Elektrische Eigenschaften	53
2.2.5.6 Brennbarkeit, Brandverhalten	53
2.2.5.7 Löslichkeitsparameter, Löslichkeit, Wasseraufnahme	53
2.2.5.8 Mechanische Eigenschaften	54
2.2.5.9 Rheologie	56

2.2.5.10 Oxidative Beständigkeit	56
2.2.5.11 UV-Beständigkeit	57
2.2.6 Chemische Modifikation von PPE	57
Literatur zu Abschnitt 2.2	61
2.3 Polyphenylenether-Blends	63
2.3.1 Einleitung	63
2.3.1.1 Unverträglichkeit	64
2.3.1.2 Verträglichkeit	65
2.3.1.3 Mischbarkeit	65
2.3.2 Herstellen von PPE-Blends	67
2.3.3 PPE-PS-Blends, Eigenschaften	69
2.3.3.1 Zusammenhang von Struktur, Morphologie und Eigenschaften	69
2.3.3.2 Mechanische Eigenschaften	72
2.3.3.2.1 Mechanische Kurzzeiteigenschaften	73
2.3.3.2.2 Mechanische Langzeiteigenschaften	76
2.3.3.3 Thermische Eigenschaften	78
2.3.3.3.1 Thermische Kurzzeiteigenschaften	79
2.3.3.3.2 Thermische Langzeiteigenschaften	79
2.3.3.3.3 Wärmeleitfähigkeit	79
2.3.3.3.4 Wärmeausdehnung	80
2.3.3.4 Elektrische Eigenschaften	80
2.3.3.4.1 Oberflächen- und Durchgangswiderstand	80
2.3.3.4.2 Dielektrische Eigenschaften	80
2.3.3.4.3 Kriechstromfestigkeit	81
2.3.3.5 Flammeschutz-Eigenschaften	81
2.3.3.5.1 Sauerstoff-Index-Prüfung nach ASTM D 2863	83
2.3.3.5.2 UL 94-Prüfung	83
2.3.3.5.3 CSA-Prüfung	83
2.3.3.5.4 Kleinbrenner-Test, Needle Flame Test	84
2.3.3.5.5 Glühdraht-Test	84
2.3.3.5.6 FMVSS-302-Test	85
2.3.3.6 Rheologische Eigenschaften	85
2.3.3.7 Chemikalienbeständigkeit	87
2.3.3.8 Hydrolysebeständigkeit	89
2.3.3.9 Oberflächenhärte, Reibung und Verschleiß	89
2.3.3.10 UV-Stabilität	89
2.3.4 Strukturschäume	90
2.3.4.1 Schaum-Extrusion	93
2.3.4.2 Expandierbare Schaumperlen aus PPE-HIPS-Blends	96
2.3.5 PPE-Blends mit Polyamiden	97
2.3.5.1 Einleitung	97
2.3.5.2 Kristallinität und Kettenbeweglichkeit	100
2.3.5.3 Eigenschaften	102
2.3.6 Neue Entwicklungen von PPE-Blends	105
2.3.7 Verarbeiten von PPE-Blends	107
2.3.7.1 Materialvorbereitung	107
2.3.7.1.1 Vortrocknung	107
2.3.7.1.2 Wiederverarbeitung	107
2.3.7.2 Spritzgießen	107
2.3.7.2.1 Spritzgießmaschinen	107
2.3.7.2.2 Einspritzeinheit	108

2.3.7.2.3 Schneckengeometrie	109
2.3.7.2.4 Düsengestaltung	109
2.3.7.2.5 Spritzgießwerkzeuge	110
2.3.7.2.6 Entlüftung	110
2.3.7.2.7 Angußgestaltung	110
2.3.7.2.8 Angußloses Spritzgießen	113
2.3.7.2.9 Entformungswinkel und Narbungen	114
2.3.7.2.10 Verarbeitungstemperaturen	114
2.3.7.2.11 Einspritzgeschwindigkeit	115
2.3.7.2.12 Einspritzdruck und Nachdruck	115
2.3.7.2.13 Werkzeugtemperatur	116
2.3.7.2.14 Formteilschwindung	116
2.3.7.2.15 Umspritzte Einsätze	117
2.3.7.2.16 Bindenahtfestigkeit	117
2.3.7.3 Hohlkörperblasen	118
2.3.7.4 Extrusion	119
2.3.7.4.1 Einleitung	119
2.3.7.4.2 Antriebsleitungen	120
2.3.7.4.3 Schnecke und Zylinder	120
2.3.7.4.4 Schneckengeometrie	120
2.3.7.4.5 Zweistufige Entgasungsschnecken	121
2.3.7.4.6 Siebpakete	122
2.3.7.4.7 Düsengestaltung	122
2.3.7.4.8 Verarbeitungsbedingungen	122
2.3.7.4.9 Plattenextrusion	123
2.3.7.4.10 Profil- und Rohrextrusion	123
2.3.8 Nachbehandlung von PPE-Blends	124
2.3.8.1 Umformung	124
2.3.8.2 Spangebende Bearbeitung	125
2.3.8.3 Montagetechniken	125
2.3.8.3.1 Schrauben	125
2.3.8.3.2 Schnappverbindungen	125
2.3.8.3.3 Einsätze	125
2.3.8.4 Schweißen	127
2.3.8.4.1 Spiegelschweißen	127
2.3.8.4.2 Rotationsschweißen	127
2.3.8.4.3 Ultraschallschweißen	127
2.3.8.4.4 Vibrationsschweißen	127
2.3.8.4.5 Induktionsschweißen	128
2.3.8.5 Nieten	128
2.3.8.6 Kleb-Systeme	128
2.3.8.6.1 Lösemittelkleben	129
2.3.8.6.2 Reaktionsklebstoffe	129
2.3.8.7 Nachbehandlung	129
2.3.8.7.1 Lackierung	129
2.3.8.7.2 Bedrucken	130
2.3.8.7.3 Metallisieren	130
2.3.9 Analytik	131
2.3.9.1 Chemische Zusammensetzung	131
2.3.9.2 Endgruppenbestimmung	132
2.3.9.3 Molmassenanalyse	132

2.3.9.4 Infrarot-Spektroskopie	132
2.3.9.5 NMR-Spektroskopie	132
2.3.10 Sicherheitsaspekte und Genehmigungen	133
2.3.10.1 Produktsicherheitsdaten	133
2.3.10.2 Zulassungen, Zertifikate	133
2.3.11 Anwendungsbeispiele für PPE-Blends	135
2.3.11.1 Automobilindustrie	136
2.3.11.2 Elektrotechnik/Elektronik	138
2.3.11.3 Büromaschinen	139
2.3.11.4 Unterhaltungselektronik	139
2.3.11.5 Wasser- und Umwelttechnik	140
2.3.11.6 Sonstiges	142
2.3.12 Handelsprodukte	143
Literatur zu Abschnitt 2.3	146

3 Polycarbonat-ABS-Blendsysteme

(Dr. T. Eckel, Dr. H. Eichenauer, Dr. H. J. Laue, Dr. F. Müller, Dr. K.-H. Ott, Dr. D. Wittmann)	149
3.1 Definition, Historische Entwicklung	149
3.2 Wirtschaftliche Bedeutung	151
Literatur zu den Abschnitten 3.1 und 3.2	151
3.3 Herstellen von Polycarbonat-ABS-Blendsystemen	152
3.3.1 Ausgangskomponenten	152
3.3.1.1 Polycarbonat-Bausteine	152
3.3.1.2 ABS-Systeme	152
3.3.1.3 ASA- und AES-Systeme	153
3.3.2 Technologie der Blendherstellung	153
3.3.2.1 Mischungsprinzipien	153
3.3.2.2 Compoundierbedingungen	154
3.3.2.3 Compoundieraggregate	154
3.3.3 Qualitätssicherung und Analytik	156
3.3.3.1 Zusammensetzung und Morphologie	156
3.3.3.2 Sicherstellung der Qualität	156
Literatur zu Abschnitt 3.3	157
3.4 Eigenschaften von PC-ABS-Blends	158
3.4.1 Phasenverhalten von PC-ABS-Blends	158
3.4.2 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von PC-ABS-Blends	160
3.4.3 Additiv-Systeme	162
3.4.3.1 Stabilisatoren gegen thermooxidative Schädigung	162
3.4.3.2 Hydrolyse-Stabilisatoren	162
3.4.3.3 Lichtschutzmittel	162
3.4.3.4 Gleit- und Entformungsmittel	162
3.4.3.5 Antistatika	163
3.4.4 PC-ABS-Blends mit höherer Wärmeformbeständigkeit	163
Literatur zu Abschnitt 3.4	164
3.5 Flammgeschützte Polycarbonat-ABS-FR-Blends	165
3.5.1 Grundlagen des Brandverhaltens	165
3.5.2 Methoden zur FR-Ausrüstung von PC-ABS-Blends	168
Literatur zu Abschnitt 3.5	169

3.6 Alterungsbeständige Polycarbonat-AXS-Blends	170
3.6.1 Aufbau von Polycarbonat-AXS-Blends	170
3.6.2 Eigenschaften von PC-AXS-Blends	172
Literatur zu Abschnitt 3.6	173
3.7 Spezielle Polycarbonat-ABS-Blends	174
3.7.1 PC-ABS-Blends mit hoher Wärmeformbeständigkeit	174
3.7.2 Blends mit verbessertem ESC-Verhalten	175
Literatur zu Abschnitt 3.7	176
3.8 Anwendungstechnische Eigenschaften von PC-ABS-Blends	177
3.8.1 Einführung	177
3.8.2 Einteilung und Eigenschaftsprofile	177
3.8.3 Äußere Erscheinungsform	178
3.8.4 Mechanisch-technologische Eigenschaften	178
3.8.5 Thermische Eigenschaften	184
3.8.6 Elektrische Eigenschaften	186
3.8.7 Rheologische Eigenschaften	189
3.8.8 Chemikalienbeständigkeit	190
3.8.9 Alterungsbeständigkeit	193
3.8.10 Brandverhalten	194
3.8.11 Schaum	197
3.9 Verarbeitung	198
3.9.1 Vorbereiten und Trocknen der Rohstoffe	198
3.9.2 Spritzgießen	199
3.9.2.1 Maschinenausrüstung	199
3.9.2.2 Verarbeitungsparameter	200
3.9.2.3 Schwindung	200
3.9.3 Extrusion	201
3.10 Bearbeitung	202
3.10.1 Spangebende Formung	202
3.10.2 Warmverformung	202
3.10.3 Schweißen	202
3.10.4 Kleben	203
3.10.5 Lackieren	203
3.10.6 Metallisieren	203
3.10.7 Bedrucken	204
3.11 Anwendungen	204
3.11.1 Kfz-Industrie	204
3.11.1.1 Kfz-Innenraum	204
3.11.1.2 Kfz-Elektrik	206
3.11.1.3 Kfz-Außenbereich	207
3.11.2 Elektrotechnik, Elektronik	209
3.11.3 Datentechnik	211
3.11.4 Sonstige Anwendungen	212
Literatur zu den Abschnitten 3.8 bis 3.11	213
3.12 Handelsprodukte	214

4 Elastomermodifizierte Polycarbonat-Polyester-Blends

(Dr. U. Grigo, Dr. W. Nouverté)	215
4.1 Einleitung	215
4.1.1 Definition des Begriffs Elastomermodifizierte Polycarbonat-Polyester-Blends	215
4.1.2 Geschichtliche Entwicklung	215
Literatur zu Abschnitt 4.1	216
4.2 Chemischer Aufbau elastomermodifizierter Polycarbonat-Polyester-Blends	216
4.2.1 Grundkomponenten	216
4.2.1.1 Polycarbonate	216
4.2.1.2 Polyester	216
4.2.1.3 Elastomerkomponenten	217
4.2.2 Sonstige Komponenten, Additive	218
Literatur zu Abschnitt 4.2	218
4.3 Herstellung und Verarbeitung von Polycarbonat-Polyalkylenterephthalat-Blends	219
4.3.1 Herstellung	219
4.3.1.1 Mischen über Lösungen	219
4.3.1.2 Mischen über die Schmelze (Compoundieren)	219
4.3.2 Spritzgießverarbeitung	220
Literatur zu Abschnitt 4.3	223
4.4 Analytik von elastomermodifizierten Polycarbonat-Polyester-Blends	224
Literatur zu Abschnitt 4.4	225
4.5 Grundlagen-Untersuchungen an elastomermodifizierten Bisphenol-A-Polycarbonat-Polyester-Blends	225
4.5.1 Mischbarkeit von Bisphenol-A-Polycarbonat-Polyester-Blends	225
4.5.1.1 Bisphenol-A-Polycarbonat(PC)-Polybutylenterephthalat(PBT)-Blends	226
4.5.1.2 Bisphenol A-Polycarbonat(PC)-Polyethylenterephthalat(PET)-Blends	229
4.5.1.3 Spezielle Polycarbonat-Polyester-Blends	229
4.5.1.3.1 Polycarbonat-Copolyester-Blends	229
4.5.1.3.2 Polycarbonat-Blends mit aliphatischen Polyestern	230
4.5.1.3.3 Ternäre Blends mit Bisphenol A-Polycarbonat	230
4.5.1.3.4 Blends aus Tetramethylbisphenol A-Polycarbonat (MPC) und aliphatischen Polyestern	231
4.5.2 Elastomermodifizierte Bisphenol A-Polycarbonat-Polyester-Blends	231
4.5.2.1 Blends aus elastomerem Blockcopolycarbonat und Polyalkylenterephthalat	232
4.5.2.2 Blends aus elastomerem Blockcopolyester und Bisphenol A-Polycarbonat	232
4.5.2.3 Ternäre elastomermodifizierte Polycarbonat-Polyester-Blends	232
4.5.2.3.1 Alternative Schlagzähmodifikatoren	233
4.5.2.3.2 Wärmeformbeständigkeit	233
4.5.2.3.3 Spannungsrißbeständigkeit	234
4.5.2.3.4 Stabilisierung	234
4.5.2.3.5 Weitere Eigenschaftsverbesserungen	234
Literatur zu Abschnitt 4.5	234

4.6 Anwendungstechnische Eigenschaften	236
4.6.1 Äußere Erscheinungsform der elastomermodifizierten Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	236
4.6.1.1 Lieferform	236
4.6.1.2 Erscheinungsform	237
4.6.1.3 Aussehen der Oberflächen	237
4.6.1.4 Einfärbarkeit	237
4.6.2 Binäre Blends	237
4.6.2.1 Mechanische Eigenschaften	237
4.6.2.2 Thermische Eigenschaften	238
4.6.2.3 Optische Eigenschaften	240
4.6.2.4 Chemikalienbeständigkeit	240
4.6.2.5 Barriereeigenschaften	241
4.6.2.6 Sterilisierung durch γ -Strahlen	241
4.6.3 Elastomermodifizierte Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	242
4.6.3.1 Elastomermodifizierte Polycarbonat-Polybutylenphthalat-Blends	243
4.6.3.1.1 Mechanische Eigenschaften	243
4.6.3.1.2 Thermische Eigenschaften	244
4.6.3.1.3 Elektrische Eigenschaften	246
4.6.3.1.4 Chemikalienbeständigkeit	246
4.6.3.1.5 Witterungsstabilität	247
4.6.3.1.6 Sonstige Eigenschaften	247
4.6.3.1.7 Hydrolyseverhalten	247
4.6.3.2 Polycarbonat-Polyethylenphthalat-Blends	248
4.6.3.2.1 Mechanische Eigenschaften	249
4.6.3.2.2 Thermische Eigenschaften	251
4.6.3.2.3 Chemikalienbeständigkeit	251
4.6.3.2.4 Sonstige Eigenschaften	251
4.6.4 Glasfaserverstärkte und mineralgefüllte Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	252
4.6.5 Flammwidrige Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	252
Literatur zu Abschnitt 4.6	253
4.7 Anwendungen der Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	254
4.7.1 Binäre Blends	254
4.7.2 Schlagzähmodifizierte Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	254
4.7.3 Glasfaserverstärkte und mineralgefüllte Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	256
4.7.4 Flammwidrige Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	257
Literatur zu Abschnitt 4.7	257
4.8 Wirtschaftliche Bedeutung der elastomermodifizierten Polycarbonat-Polyalkylenphthalat-Blends	257
Literatur zu Abschnitt 4.8	258
4.9 Handelsprodukte	258
Sachwortregister	259