

Inhalt

Herausgeber und Autoren XI

Vorwort XV

1 Einleitung 1

2 Synthesemethoden und Herstellverfahren für Kunststoffe 2

2.1 Synthesemethoden 3

2.1.1 Synthese von Kunststoffen durch Polymerisation 4

2.1.2 Synthese von Kunststoffen durch Polykondensation 10

2.1.3 Synthese von Kunststoffen durch Polyaddition 15

2.1.4 Synthese von Kunststoffen durch Modifizierung von Makromolekülen 15

2.1.4.1 Synthese von Kunststoffen durch chemische Umsetzungen an Makromolekülen 16

2.1.4.2 Mischungen von Polymeren (Polymerblends) 17

2.2 Herstellverfahren 18

2.2.1 Besonderheiten bei der Herstellung von Kunststoffen 19

2.2.2 Polyreaktionen in Substanz 20

2.2.2.1 Homogene Polyreaktionen in Substanz 21

2.2.2.2 Heterogene Polyreaktionen in Substanz 22

2.2.3 Polyreaktionen in Lösung 23

2.2.4 Polyreaktionen in Dispersion 23

2.2.4.1 Polyreaktionen in Suspension 24

2.2.4.2 Polyreaktionen in Emulsion 25

3 Apparaturen zur Herstellung, Aufarbeitung und Konfektionierung von Kunststoffen 30

3.1 Reaktoren 31

3.1.1 Reaktortypen 33

3.1.2 Mischvorrichtungen 37

3.1.3 Wärmeabfuhr 40

3.1.4 Produktaustrag 42

3.2	Aufarbeitung	44
3.2.1	Entmonomerisierung	44
3.2.2	Aufbereitung von Polymerisaten aus Emulsions- und Suspensionsverfahren	47
3.3	Konfektionierung	50
3.3.1	Compoundierung und Granulatherstellung	51
3.3.2	Polymerpulver	53
3.4	Ausblick	53
4	Herstellung der wichtigsten Kunststoffe	54
4.1	Polyolefine	54
4.1.1	Polyethylene	54
4.1.1.1	Hochdruck-Polymerisationsverfahren	59
4.1.1.2	Niederdruck-Polymerisationsverfahren	65
4.1.2	Polypropylene	84
4.1.2.1	Schleifen-(Loop)-Gasphasen-Kaskadenverfahren	87
4.1.2.2	Gasphasen-Kaskadenverfahren	93
4.1.2.3	Gasphasen-Kaskade mit horizontal liegenden, gerührten Reaktoren	95
4.1.2.4	Mehrzonen-Gasphasen-Schleifenreaktor	97
4.1.3	Polybuten-1	99
4.1.3.1	Katalysatoren	101
4.1.3.2	Produktportfolio	101
4.2	Styrolpolymere	102
4.2.1	Physikalische und chemische Grundlagen der Verfahren	104
4.2.2	Beschreibung der Herstellverfahren	108
4.2.2.1	Styrol-Homopolymere	108
4.2.2.2	Styrol-Acrylnitril-Copolymer	112
4.2.2.3	Schlagfestes Polystyrol	114
4.2.2.4	ABS-Polymerisate	118
4.2.2.5	Verschäumbares Polystyrol	121
4.2.2.6	Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymere	123
4.2.3	Eigenschaften und Anwendungsgebiete	125
4.3	Polyvinylchloride	128
4.3.1	Physikalische und chemische Grundlagen der Verfahren	129
4.3.1.1	Vinylchlorid	129
4.3.1.2	Polyvinylchlorid	130
4.3.1.3	Einsatzstoffe bei der Polymerisation	132
4.3.2	Beschreibung der Polymerisationsverfahren	135
4.3.2.1	Suspensionspolymerisation	135
4.3.2.2	Massepolymerisation	139
4.3.2.3	Mikrosuspensionsverfahren	140
4.3.2.4	Emulsionspolymerisation	142
4.3.2.5	Vinylchlorid-Copolymere	146
4.3.3	Eigenschaften und Anwendungsgebiete	149

- 4.3.3.1 PVC-Verarbeitung 151
- 4.3.3.2 Hilfsstoffe für die Verarbeitung 153
- 4.4 Polyoxymethylene 155
- 4.4.1 Physikalische und chemische Grundlagen der Verfahren 155
- 4.4.2 Beschreibung der Herstellverfahren 157
 - 4.4.2.1 Herstellung von Homopolymerisaten 157
 - 4.4.2.2 Herstellung von Copolymerisaten 158
- 4.4.3 Eigenschaften und Anwendungsgebiete 160
- 4.4.4 Wirtschaftlicher Ausblick 162
- 4.5 Fluorpolymere 163
- 4.5.1 Wirtschaftliche Bedeutung – Haupteinsatzgebiete 163
- 4.5.2 Hersteller – Produkte 163
- 4.5.3 Herstellung – Eigenschaften – Verarbeitung – Einsatzgebiete 164
 - 4.5.3.1 Polytetrafluorethylen-(PTFE)-Homopolymere 164
 - 4.5.3.2 Polytrifluorchlorethylen (PCTFE) 165
 - 4.5.3.3 Polyvinylfluorid (PVF) 166
 - 4.5.3.4 Polyvinylidenfluorid (PVDF) 167
- 4.5.4 Copolymere 168
 - 4.5.4.1 TFE-HFP (Hexafluorpropen): FEP 168
 - 4.5.4.2 TFE-PPVE (Perfluorpropylvinylether): PFA 169
 - 4.5.4.3 TFE-PMVE (Perfluormethylvinylether): MFA 170
 - 4.5.4.4 TFE-Ethylen: ETFE 170
 - 4.5.4.5 CTFE-Ethylen (ECTFE) 171
 - 4.5.4.6 Ethylen-TFE-HFP (EFEP) 171
 - 4.5.4.7 TFE-HFP-VDF (THV) 172
- 4.5.5 Spezialitäten 172
 - 4.5.5.1 PTFE-Compounds 172
 - 4.5.5.2 PTFE-Mikropulver 172
 - 4.5.5.3 Produkte – optische Anwendungen 173
 - 4.5.5.4 Produkte – Membrantechnologien 173
 - 4.5.5.5 Produkte – Beschichtungssysteme 173
- 4.5.6 Hersteller – Handelsnamen 173
- 4.6 Polymethylmethacrylat 173
- 4.6.1 Physikalische und chemische Grundlagen der Verfahren 174
- 4.6.2 Beschreibung der Herstellverfahren 176
 - 4.6.2.1 Gießverfahren zur Herstellung von hochmolekularem Halbzeug 176
 - 4.6.2.2 Verfahren zur Herstellung von Formmassen 177
 - 4.6.2.3 Technischer Ausblick 178
- 4.6.3 Verarbeitung 179
- 4.6.4 Eigenschaften und Anwendungsgebiete 179
- 4.7 Polycarbonate 181
- 4.7.1 Einleitung 181

4.7.2	Beschreibung der Herstellverfahren	182
4.7.3	Eigenschaften und Anwendungsgebiete	185
4.8	Polyamide	187
4.8.1	Übersicht über die Stoffklasse	187
4.8.2	Aliphatische Polyamide	188
4.8.2.1	Herstellung der aliphatischen Polyamide	188
4.8.2.2	Eigenschaften und Anwendungen	192
4.8.3	Teilaromatische Polyamide	197
4.8.3.1	Herstellung der teilaromatischen Polyamide und Copolyamide	199
4.8.3.2	Eigenschaften der teilaromatischen Polyamide	199
4.8.4	Modifizierte Polyamide	200
4.8.5	Verarbeitung und Anwendungen der Polyamide	203
4.8.6	Hersteller von Polyamiden	204
4.9	Polyester	206
4.9.1	Thermoplastische Polyester für technische Anwendungen	207
4.10	Polyphenylenoxide (PPO)	211
4.10.1	Herstellung	211
4.10.2	Eigenschaften und Anwendung	213
4.11	Polyphenylensulfide	216
4.11.1	Einführung	216
4.11.2	Herstellverfahren	216
4.11.2.1	Historische Entwicklung	216
4.11.2.2	Technische Produktionsverfahren	217
4.11.3	Materialeigenschaften	219
4.11.3.1	Kristallisationsverhalten	219
4.11.3.2	Mechanische Eigenschaften	220
4.11.3.3	Chemische Eigenschaften	221
4.11.4	Anwendungsgebiete	221
4.11.5	Hersteller und Kapazitäten	222
4.12	Polysulfone	223
4.12.1	Herstellung	225
4.12.2	Eigenschaften und Anwendungen	228
4.13	Kunststoffe aus Cellulose	229
4.13.1	Regeneratcellulose (Zellglas)	232
4.13.2	Blasfolien nach dem NMMO-Verfahren	233
4.13.3	Komposit-Werkstoffe	234
4.13.4	Celluloseester	235
4.13.4.1	Herstellung der Celluloseester und Rohstoffbasis	237
4.13.4.2	Eigenschaften der organischen Celluloseester und Formmassen	239
4.14	Polyurethane	242
4.14.1	Grundreaktionen und makromolekularer Aufbau	243
4.14.2	Rohstoffe für die Polyurethanherstellung	245
4.14.3	Hilfsstoffe	247

- 4.15 Formmassen 248
 - 4.15.1 Formmassen aus Phenol-, Harnstoff- und Melamin-Formaldehyd-Kondensaten 248
 - 4.15.1.1 Herstellung von Formmassen 249
 - 4.15.1.2 Verarbeitung von Formmassen 250
 - 4.15.1.3 Formmassen aus Phenol-Formaldehyd-Kondensaten 250
 - 4.15.1.4 Formmassen aus Harnstoff-Formaldehyd-Kondensaten 251
 - 4.15.1.5 Formmassen aus Melamin-Formaldehyd-Kondensaten 252
 - 4.15.2 Formmassen aus ungesättigten Polyesterharzen 253
 - 4.15.2.1 Herstellung von UP-Harzmassen 253
 - 4.15.2.2 Herstellung von Formteilen aus UP-Harzmatten im Formpressverfahren (Sheet Moulding Compounds = SMC) 256
 - 4.15.2.3 Herstellung von Formteilen aus Faserformmassen durch Spritzguss (Bulk Moulding Compounds) 257
 - 4.15.2.4 Ökologische Aspekte und Recycling 259
 - 4.15.2.5 Anwendungsgebiete und Wirtschaftlichkeit 259
- 4.16 Cycloolefin(co)polymere 260
 - 4.16.1 Einleitung 260
 - 4.16.2 Herstellung 261
 - 4.16.3 Eigenschaften und Anwendungen 262
- 4.17 Verfahren zur Herstellung von flüssigkristallinen Polymeren (LCP) 264
 - 4.17.1 Aufbau von LCP 264
 - 4.17.2 Herstellung von LCP 265

5 Verarbeitung von thermoplastischen Formmassen und Polyurethan-Rohstoffen 267

- 5.1 Verarbeitung von thermoplastischen Formmassen 267
 - 5.1.1 Übersicht 267
 - 5.1.2 Materialvorbereitung 268
 - 5.1.2.1 Aufbereiten 268
 - 5.1.2.2 Mischen 269
 - 5.1.2.3 Granulieren 269
 - 5.1.2.4 Zerkleinern 270
 - 5.1.2.5 Trocknen 270
 - 5.1.2.6 Fördern 272
 - 5.1.3 Urformen 273
 - 5.1.3.1 Plastifizieren beim Urformen 274
 - 5.1.3.2 Extrusionsverfahren 276
 - 5.1.3.3 Spritzgießen 286
 - 5.1.4 Umformen 306
 - 5.1.4.1 Kaltformen 306
 - 5.1.4.2 Warmformen (Tiefziehen, Streckformen) 306
 - 5.1.5 Fügen 308
 - 5.1.5.1 Schweißen 308

5.1.6	Weitere Verarbeitungsverfahren	312
5.2	Herstellung von Formteilen und Halbzeugen aus Polyurethan	312
5.2.1	Dosier- und Mischmaschinen	314
5.2.2	Verarbeitungsanlagen	320
5.2.3	Messen, Steuern und Regeln	323
6	Literatur	325
	Stichwortverzeichnis	351