

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Vorwort zur sechsten Auflage | V |
| Vorwort zur fünften Auflage | VI |
| Vorwort zur vierten Auflage | VI |
| Vorwort zur dritten Auflage | VII |
| 1 Einleitung | 1 |
| Literatur zu Kapitel 1 | 2 |
| 2 Aufbau und Einteilung der Kunststoffe | 3 |
| 2.1 Aufbau der Kunststoffe | 3 |
| 2.1.1 Herstellung von Kunststoffen | 3 |
| 2.1.1.1 Polymerisation | 4 |
| 2.1.1.2 Polykondensation | 9 |
| 2.1.1.3 Polyaddition | 10 |
| 2.1.2 Bindungskräfte in Polymeren | 11 |
| 2.2 Einteilung der Kunststoffe | 13 |
| 2.2.1 Thermoplaste | 13 |
| 2.2.2 Duroplaste und Elastomere | 16 |
| 2.2.3 Copolymere und Polymergemische | 18 |
| 2.2.4 Zuschlagstoffe | 19 |
| 2.3 Biopolymere | 20 |
| Literatur zu Kapitel 2 | 21 |
| 3 Physikalische Eigenschaften der Kunststoffe | 23 |
| 3.1 Thermodynamische Werkstoffeigenschaften | 23 |
| 3.1.1 Dichte | 23 |
| 3.1.2 Wärmeausdehnung | 24 |
| 3.1.3 Wärmeleitfähigkeit | 25 |
| 3.1.4 Spezifische Wärmekapazität | 26 |
| 3.2 Fließeigenschaften von Polymerschmelzen | 28 |
| 3.2.1 Newtonsche und Nicht-Newtonsche Fluide | 29 |
| 3.2.2 Ansätze zur Beschreibung des strukturviskosen Schmelzeverhaltens | 31 |
| 3.2.2.1 Potenzansatz nach Ostwald und de Waele | 31 |
| 3.2.2.2 Carreau-Ansatz | 32 |
| 3.2.3 Einfluss der Temperatur auf das Fließverhalten | 33 |
| 3.2.4 Messung viskoser Fließeigenschaften | 35 |
| 3.2.4.1 Kapillarviskosimeter | 35 |
| 3.2.4.2 Rotationsviskosimeter | 39 |
| 3.3 Elastische Eigenschaften von Polymerschmelzen | 39 |
| 3.3.1 Normalspannungen | 39 |
| 3.3.2 Zeitabhängiges Verhalten | 40 |
| 3.4 Abkühlen aus der Schmelze | 40 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.4.1 | Erstarrung amorpher Thermoplaste | 40 |
| 3.4.2 | Erstarrung teilkristalliner Thermoplaste | 40 |
| 3.4.3 | Nukleierung | 43 |
| 3.4.4 | Bestimmung des Kristallisationsgrades | 44 |
| | Literatur zu Kapitel 3 | 44 |
| 4 | Werkstoffkunde der Kunststoffe | 47 |
| 4.1 | Allgemeines zum Werkstoffverhalten | 47 |
| 4.2 | Spannungs-Dehnungs-Verhalten | 50 |
| 4.2.1 | Kurzzeit-Verhalten | 50 |
| 4.2.2 | Stoßartige Beanspruchung | 51 |
| 4.2.3 | Verhalten bei langzeitiger und ruhender Beanspruchung | 52 |
| 4.2.4 | Schwingende Beanspruchung | 54 |
| 4.3 | Eindruck-, Verschleiß- und Reibverhalten | 55 |
| 4.3.1 | Härte | 55 |
| 4.3.2 | Abrieb | 58 |
| 4.3.3 | Reibverhalten | 58 |
| 4.4 | Elektrisches Verhalten | 59 |
| 4.4.1 | Dielektrisches Verhalten | 59 |
| 4.4.2 | Elektrische Leitfähigkeit | 60 |
| 4.4.3 | Durchschlagfestigkeit | 61 |
| 4.4.4 | Elektrostatische Aufladung | 61 |
| 4.5 | Optisches Verhalten | 62 |
| 4.5.1 | Brechung und Dispersion | 62 |
| 4.5.2 | Transparenz | 62 |
| 4.5.3 | Glanz | 63 |
| 4.5.4 | Farbe | 63 |
| 4.6 | Akustisches Verhalten | 64 |
| 4.7 | Verhalten gegen Umwelteinflüsse | 66 |
| 4.7.1 | Widerstandsfähigkeit gegen Medien | 66 |
| 4.7.2 | Spannungsrissbeständigkeit | 67 |
| 4.7.3 | Diffusion und Permeation | 68 |
| 4.7.4 | Bewitterung | 69 |
| 4.7.5 | Biologisches Verhalten | 70 |
| 4.7.6 | Brandverhalten | 71 |
| 4.8 | Gebrauchstauglichkeit und Qualitätssicherung | 71 |
| | Literatur zu Kapitel 4 | 72 |
| 5 | Aufbereitung von Kunststoffen | 79 |
| 5.1 | Einleitung | 79 |
| 5.2 | Aufbereitungsmaschinen | 80 |
| 5.3 | Additive | 86 |
| | Literatur zu Kapitel 5 | 88 |
| 6 | Verarbeitungsverfahren für Kunststoffe | 89 |
| 6.1 | Extrusion | 89 |
| 6.1.1 | Der Extruder | 89 |
| 6.1.1.1 | Der Einschneckenextruder | 90 |
| 6.1.1.2 | Die Schnecke | 92 |
| 6.1.1.3 | Der Plastifiziertvorgang | 96 |
| 6.1.1.4 | Der Doppelschneckenextruder | 97 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.1.1.5 | Temperiersystem | 99 |
| 6.1.2 | Extrusionsanlagen | 99 |
| 6.1.2.1 | Extrusionswerkzeug | 99 |
| 6.1.2.2 | Nachfolgeeinrichtungen | 102 |
| 6.1.2.3 | Anlagenbeispiele | 103 |
| 6.1.3 | Coextrusion | 105 |
| 6.2 | Extrusionsblasformen und Streckblasen | 105 |
| 6.2.1 | Extrusionsblasformen | 105 |
| 6.2.1.1 | Der Verfahrensablauf | 105 |
| 6.2.1.2 | Die Maschine | 106 |
| 6.2.1.3 | Das Mehrfachblasformen | 110 |
| 6.2.1.4 | Coextrusionsblasformen | 110 |
| 6.2.2 | Streckblasen | 111 |
| 6.2.2.1 | Vorformlingsherstellung | 111 |
| 6.2.2.2 | Verfahren aus erster und zweiter Wärme | 112 |
| 6.2.2.3 | Vor- und Nachteile des Streckblasverfahrens | 112 |
| 6.3 | Spritzgießen | 112 |
| 6.3.1 | Maschine und Verfahrensablauf | 113 |
| 6.3.2 | Baugruppen | 116 |
| 6.3.2.1 | Plastifiziereinheit | 116 |
| 6.3.2.2 | Schließeinheit | 122 |
| 6.3.2.3 | Werkzeug | 125 |
| 6.3.2.4 | Werkzeugtemperierung | 128 |
| 6.3.2.5 | Maschinenbett und Steuereinheit | 129 |
| 6.3.2.6 | Besonderheiten bei der Elastomer- und Duroplastverarbeitung | 129 |
| 6.3.3 | Verfahrensvarianten | 131 |
| 6.4 | Herstellung von Formteilen aus duroplastischen Pressmassen | 136 |
| 6.4.1 | Der Werkstoff „Duroplastische Pressmasse“ | 136 |
| 6.4.2 | Das Pressverfahren | 137 |
| 6.5 | Schäumen von Kunststoffen | 141 |
| 6.5.1 | Schäumen von Reaktionskunststoffen | 144 |
| 6.5.2 | Verarbeitung von niedrigviskosen Reaktionskunststoffen | 145 |
| 6.6 | Verstärken von Kunststoffen | 149 |
| 6.6.1 | Materialien | 150 |
| 6.6.2 | Bauteilkonstruktion und -auslegung | 152 |
| 6.6.3 | Verarbeitungsverfahren | 153 |
| 6.6.3.1 | Handlaminierverfahren | 153 |
| 6.6.3.2 | Faserspritzen | 154 |
| 6.6.3.3 | Prepregverarbeitung, Tapelegen, Autoklavieren | 155 |
| 6.6.3.4 | Faserwickeln | 155 |
| 6.6.3.5 | Pultrusionsverfahren | 157 |
| 6.6.3.6 | Harzinjektionsverfahren (Resin Transfer Moulding, RTM) | 157 |
| 6.6.3.7 | Harzinfusionsverfahren (Resin Infusion, RI) | 159 |
| 6.6.3.8 | Spaltimprägnierverfahren | 160 |
| 6.6.3.9 | Pressen faserverstärkter Kunststoffe | 161 |
| 6.6.4 | Prozesssimulation bei der Pressverarbeitung | 167 |
| 6.7 | Kalandrieren | 168 |
| 6.8 | Verarbeitung durch Gießen | 172 |
| 6.8.1 | Gießen | 173 |
| 6.8.2 | Schüttintern | 175 |
| 6.8.3 | Schleudergießen (Rotationsformen) | 176 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.8.4 | Foliengießen | 176 |
| 6.8.5 | Umgießen | 177 |
| 6.8.6 | Imprägnieren | 177 |
| | Literatur zu Kapitel 6 | 177 |
| 7 | Weiterverarbeitungstechniken für Kunststoffe | 185 |
| 7.1 | Thermoformen | 185 |
| 7.1.1 | Maschinen | 185 |
| 7.1.2 | Verfahrensschritte | 187 |
| 7.2 | Schweißen von Kunststoffen | 191 |
| 7.2.1 | Heizelementschweißen (HE-Schweißen) | 193 |
| 7.2.1.1 | Direkte Heizelemente-Schweißverfahren | 193 |
| 7.2.1.2 | Indirekte HE-Schweißverfahren | 197 |
| 7.2.2 | Wärmegasschweißen | 198 |
| 7.2.3 | Reibschweißverfahren | 199 |
| 7.2.3.1 | Verfahren mit äußerer Reibung | 200 |
| 7.2.3.2 | Verfahren mit innerer Reibung | 201 |
| 7.2.4 | Strahlungsschweißverfahren | 203 |
| 7.2.5 | Induktionsschweißen (Elektromagnetisches Schweißen) | 206 |
| 7.3 | Kleben von Kunststoffen | 206 |
| 7.3.1 | Mechanismus der Klebung | 207 |
| 7.3.2 | Einteilung der Klebstoffe | 207 |
| 7.3.2.1 | Physikalisch abbindende Klebstoffe | 208 |
| 7.3.2.2 | Chemisch abbindende Klebstoffe (Reaktionsklebstoffe) | 209 |
| 7.3.3 | Werkstoffeinflüsse auf die Klebbarkeit von Kunststoffen | 209 |
| 7.3.4 | Verfahrensablauf beim Kleben | 210 |
| 7.4 | Mechanische Bearbeitung | 212 |
| 7.4.1 | Sägen | 213 |
| 7.4.2 | Fräsen | 213 |
| 7.4.3 | Schleifen und Polieren | 216 |
| 7.4.4 | Bohren | 216 |
| 7.4.5 | Drehen | 217 |
| | Literatur zu Kapitel 7 | 220 |
| 8 | Recycling von Kunststoffen | 223 |
| 8.1 | Einleitung | 223 |
| 8.2 | Aufbereitung von Kunststoffabfällen | 226 |
| 8.3 | Werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen | 227 |
| 8.4 | Rohstoffliche Verwertung | 230 |
| 8.5 | Energetische Verwertung | 231 |
| 8.6 | Abschließende Bemerkungen | 232 |
| | Literatur zu Kapitel 8 | 232 |
| | Stichwortverzeichnis | 235 |