

Einführung in die Polymertechnik

Leitfaden für Studium und Praxis

Prof. Dr. Burkhard Heine

expert  verlag

Inhalt

1	Übergreifende Grundlagen	1
1.1	Atomaufbau	1
1.1.1	Atomare Elementarteilchen	1
1.1.1.1	Elektrische Ladung	1
1.1.1.2	Masse	1
1.1.1.3	Aufenthaltsraum	1
1.1.2	Aufbau der Atomhülle	2
1.1.2.1	Energetisches Modell des Aufbaus der Atomhülle	2
1.1.2.2	"Bildhafte" räumliche Vorstellung vom Aufbau der Atomhülle	6
1.1.3	Stellung der Elemente im Periodensystem der Elemente (PSE)	7
1.1.3.1	Metalle	7
1.1.3.2	Nichtmetalle	8
1.2	Bindungen in und zwischen den Bausteinen	9
1.2.1	Hauptvalenzbindungen	9
1.2.1.1	Ionen- (Heteropolare) Bindung	10
1.2.1.2	Atom- (Homöopolare, Kovalente, Elektronenpaar-) Bindung	12
1.2.1.3	Metallbindung	21
1.2.2	Restvalenzbindungen (Nebenvalenzbindungen)	24
1.2.2.1	Wasserstoffbrückenbindung	24
1.2.2.2	Bindung zwischen in Molekülen enthaltenen Ionen	25
1.2.2.3	Dispersionsbindung	26
1.2.2.4	Orientierungskräfte	27
1.2.3	Anziehende (bindende) und abstoßende (bindungszerstörende) Kräfte zwischen wechselwirkenden Atomen	28
1.2.3.1	Gasförmiger Zustand	29
1.2.3.2	(Schmelz)flüssiger Zustand	30
1.2.3.3	Festkörperzustand	31
1.2.3.4	Beeinflussung des Gleichgewichtsabstandes	31
2	Werkstoffkunde	33
2.1	Struktureller Aufbau	34
2.1.1	Struktureller Aufbau der makromolekularen Bausteine	34
2.1.1.1	Homopolymere	34
2.1.1.2	Copolymere	40
2.1.2	Struktureller Aufbau des Festkörpers	44
2.1.2.1	Plastomere	44

Inhalt

2.1.2.2	Vernetzung plastomerer Vorprodukte	52
2.2	Phasenumwandlungen	55
2.2.1	Phasenumwandlungen infolge einer Wärmezufuhr	56
2.2.1.1	Amorph vorliegende Plastomere	56
2.2.1.2	Teilkristallin vorliegende Plastomere	58
2.2.1.3	Elastomere	60
2.2.1.4	Duomere	60
2.2.2	Phasenumwandlungen infolge einer Wärmeabfuhr	61
2.2.2.1	Allein zur amorphen Erstarrung befähigte Plastomere	61
2.2.2.2	Zur teilkristallinen Erstarrung befähigte Plastomere	62
2.3	Polymerlegierungen	80
3	Verhalten bei äußeren Beanspruchungen	83
3.1	Betriebliche Beanspruchung eines Bauteils - Anforderungen an den Werkstoff	83
3.2	Elastisch-plastische Verformung	85
3.2.1	Plastische Verformung von Schmelzen und Lösungen	85
3.2.1.1	Scherfließen	85
3.2.1.2	Streckfließen	98
3.2.2	Elastisch-plastische Verformung von Schmelzen bzw. Lösungen	99
3.2.2.1	Relaxationsverhalten von Schmelzen bzw. Lösungen	101
3.2.2.2	Retardationsverhalten von Schmelzen bzw. Lösungen	108
3.2.3	Elastisch-plastische Verformung von Festkörpern	111
3.2.3.1	Relaxationsverhalten von Festkörpern	113
3.2.3.2	Retardationsverhalten von Festkörpern	115
3.2.3.3	Viskoelastisches Verhalten von Festkörpern	116
3.3	Texturen	128
3.3.1	Texturausbildung durch Verstreckung einer Schmelze bzw. Lösung	128
3.3.2	Rückverformung infolge einer Texturierung des Gefüges im Zuge der Urformung	130
3.3.3	Rückverformung bei Wärmezufuhr und Eigenschaftsaniso- tropie infolge einer Textur im Halbzeug	131
3.4	Festigkeitssteigernde Mechanismen	135
3.4.1	Partikelverstärkung	136
3.4.2	Faserverstärkung	136
3.4.2.1	Matrix/Faser-Haftung	138
3.4.2.2	Faserlänge/Faserdurchmesser-Verhältnis	140
3.4.2.3	Kurzfaserverstärkung	140
3.4.2.4	Langfaserverstärkung	141
3.5	Bruchmorphologien bei mechanisch quasistatischer Bean- spruchung	145
3.5.1	Rißkeimbildung	145

3.5.1.1	Rißkeimbildung bei ungefüllten, amorph erstarrt vorliegenden Plastomeren	146
3.5.1.2	Rißkeimbildung bei ungefüllten, teilkristallin erstarrt vorliegenden Plastomeren	150
3.5.1.3	Rißkeimbildung bei gefüllten Matrices	151
3.5.2	Rißkeimwachstum	151
3.5.2.1	Einfluß des Umgebungsmediums auf das Rißkeimwachstum	152
3.5.2.2	Einfluß der Dehngeschwindigkeit und der Temperatur auf das Rißkeimwachstum	152
3.6	Einfluß des Spannungszustandes auf die Bruchmorphologie	154
3.7	Verhalten bei wechselnder mechanischer Beanspruchung	156
3.8	Reibungsmechanismen und Verschleißverhalten bei laterale Relativbewegung	159
3.8.1	Reibungsmechanismen	159
3.8.2	Verschleißverhalten	162
3.9	Verhalten bei Beanspruchung durch umgebende Medien ...	163
3.9.1	Adsorption - Diffusion - Desorption	164
3.9.1.1	Adsorption	164
3.9.1.2	Diffusion	165
3.9.1.3	Desorption	166
3.9.2	Verhalten der polymeren Werkstoffe beim Einwirken von nicht oxidierenden flüssigen Medien	166
3.9.2.1	Verhalten der polymeren Werkstoffe beim Einwirken von Lösemitteln	169
3.9.2.2	Verhalten der polymeren Werkstoffe beim Einwirken von Wasser	172
3.9.3	Verhalten der polymeren Werkstoffe beim Einwirken von nicht oxidierenden Gasen	173
3.9.4	Verhalten der polymeren Werkstoffe beim Einwirken von oxidierenden flüssigen Medien sowie Luftsauerstoff	175
3.9.4.1	Zu einer Kettenspaltung (Degradation) führende Mechanismen	176
3.9.4.2	Kinetik der Kettenspaltung (Degradation)	180
3.9.4.3	Oxidation nach Kettenspaltung	180
3.10	Thermophysikalische Eigenschaften	182
3.10.1	Dichte	182
3.10.2	Wärmeausdehnung	183
3.10.3	Wärmeleitfähigkeit	184
3.11	Elektrische Eigenschaften	187
3.11.1	Dielektrizitätszahl	187
3.11.1.1	Materie im Feld eines Plattenkondensators	187
3.11.1.2	Energieverluste im Wechselfeld	193
3.11.2	Elektrische Leitfähigkeit	194
3.11.2.1	Durchgangswiderstand	194

Inhalt

3.11.2.2.	Oberflächenwiderstand	198
3.12	Magnetische Eigenschaften	201
4	Werkstoffkundliche Aspekte der Fertigungsschritte	203
4.1	Herstellung der Monomere	204
4.2	Herstellung des Rohpolymers	206
4.2.1	Polymerisation	206
4.2.1.1	Einleitung der Polymerisation	206
4.2.1.2	Technische Durchführung der Polymerisation	210
4.2.2	Polykondensation und Polyaddition	212
4.2.2.1	Polykondensation	212
4.2.2.2	Polyaddition	213
4.3	Aufbereitung des Rohpolymers	213
4.4	Urformen durch Gießen	214
4.4.1	Gießtechnische Verarbeitung von Plastomeren	214
4.4.1.1	Formteile und Halbzeuge aus Plastomeren durch Schwer- kraftgießen	215
4.4.1.2	Formteile und Halbzeuge aus Plastomeren durch Druck- gießen	217
4.4.2	Gießtechnische Verarbeitung von Duromeren	221
4.4.2.1	Formteile und Halbzeuge aus Duromeren durch Schwer- kraftgießen	221
4.4.2.2	Formteile und Halbzeuge aus Duromeren durch Druck- gießen	222
4.4.2.3	Faserverstärkte Formteile und Halbzeuge aus Duromeren durch Schwerkraft- und Druckgießen	223
4.5	Urformen durch Pulvertechnologie	224
4.6	Spanlose Bearbeitung	224
4.6.1	Spanloses Bearbeiten zur Gestaltsänderung	224
4.6.2	Spanloses Bearbeiten zur Festigkeitssteigerung	225
4.7	Spanabhebende Bearbeitung	227
4.7.1	Spanabhebende Bearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide	227
4.7.2	Spanabhebende Bearbeitung mit geometrisch unbestimmter Schneide	227
4.8	Fügen	227
4.8.1	Kleben	227
4.8.1.1	Klebstoffarten	228
4.8.2	Schweißen	229
5	Weiterführende Literatur	231
5.1	Leichtverständliche Darstellungen der Polymertechnik oder Teilgebiete	231

Inhalt

5.2	Darstellungen der Physik, Chemie, Verarbeitung und Anwendung von Polymeren	233
5.3	Prüfung von Polymeren	238
5.4	Nachschlagewerke	240