

Leseprobe

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

Kunststofftechnik



Inhaltsverzeichnis

Kunststoffe	Seite
1 Grundbegriffe.....	1
1.1 Definitionen, Allgemeines.....	1
1.2 Einteilung der Kunststoffe.....	6
1.2.1 Einteilung nach dem Vorkommen	7
1.2.2 Einteilung nach den Eigenschaften	8
1.2.2.1 Bindungsformen	8
1.2.3 Einteilung nach der Art der chemischen Bildungsreaktion	10
1.3 Aufbau und Eigenschaften der Kunststoffe	13
1.4 Kunststoffzustandsformen	17
1.5 Kunststoffbestimmung	20
1.5.1 Einfache Prüfung	20
1.5.2 Ermittlung des Kunststoffverhaltens durch Prüfverfahren	23
1.5.2.1 Rheologische Prüfverfahren	23
1.5.2.2 Mechanische Prüfverfahren	25
1.5.2.3 Thermische Prüfverfahren	28
1.5.2.4 Elektrische Prüfverfahren	29
1.5.2.5 Optische Prüfverfahren	29
1.5.2.6 Oberflächeneigenschaften	30
1.5.2.7 Alterungsprüfungen, Beständigkeitsprüfungen	30
2 Häufig verwendete Thermoplaste	31
2.1 Polyethen	31
2.2 Polypropen	34
2.3 Polyvinylchlorid	36
2.3.1 PVC-Arten	36
2.3.2 Weichmachung von PVC	37
2.3.3 PVC-U (Hart-PVC)	38
2.3.4 PVC-P (Weich-PVC)	39
2.4 Styrolpolymerisate	40
2.4.1 Polystyrol	41
2.4.2 Schlagfestes Polystyrol	43
2.4.3 Styrol-Acrylnitril-Copolymerisat	45
2.4.4 Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymerisat	47
2.5 Polymethylmethacrylat	49
2.6 Fluorpolymerisate	51
2.6.1 Polytetrafluorethylen	51

Inhaltsverzeichnis

2.6.2	Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen-Copolymerisat	54
2.6.3	Tetrafluorethylen/Ethylen-Copolymerisat	55
2.7	Polyacetale	56
2.8	Polyamide	58
2.9	Lineare Polyester	63
2.9.1	Polycarbonat	63
2.9.2	Polyalkylenterephthalate	65
2.9.2.1	Polyethylenterephthalat (PET)	66
2.9.2.2	Polybutylenterephthalat (PBT)	67
3	Häufig verwendete Duroplaste und Elastomere	69
3.1	Phenol/Formaldehyd-Kunststoffe	69
3.1.1	Phenoplastbildung	70
3.1.2	Härtbare PF-Formmassen	71
3.2	Aminoplaste	74
3.2.1	Aminoplastbildung	75
3.2.2	Härtbare UF-Formmassen	76
3.2.3	Härtbare MF-Formmassen	76
3.3	Ungesättigte Polyesterharze	79
3.3.1	Bildung von UP-Reaktionsharzen	79
3.3.2	UP-Reaktionsgießharze	81
3.3.3	Verstärkte UP-Formmassen	82
3.3.4	UP-Harz-Formstoffe	83
3.4	Epoxidharze	85
3.4.1	Bildung der Epoxidharze	85
3.4.2	EP-Harz-Formstoffe	87
3.5	Polyurethane	88
3.5.1	Thermoplastische Polyurethan-Elastomere	89
3.5.2	Vernetzte Polyurethan-Elastomere	91
3.5.3	PU-Integralschaumstoffe	92
4	Kunststoff-Kurzzeichen	95
4.1	Kurzzeichen für chemisch modifizierte polymere Naturstoffe	95
4.2	Kurzzeichen für Homopolymere	95
4.3	Kurzzeichen für Copolymere	97
4.4	Kurzzeichen für Polymer-Blends	98
4.5	Kurzzeichen für verstärkte Kunststoffe	98
4.6	Kennzeichnung besonderer Eigenschaften	98
4.7	Normbezeichnung thermoplastischer Formmassen	99

Inhaltsverzeichnis

5	Kunststoff-Lieferformen	105
5.1	Kunststoff-Formmassen	105
5.2	Schaumstoffe	105
5.3	Anstrichstoffe	106
5.4	Schichtpressstoffzeugnisse	107
5.5	Klebstoffe und Klebstoffverarbeitung	108
5.6	Reaktionsharze	109
5.7	Lackierte Faserstoffe für die Elektrotechnik	110
5.8	Isolierbänder, Isolierschläuche, Isolierfolien	111
5.9	Isolierlacke und Isolierharzmassen	111
6	Kunststoffeigenschaften	113
6.1	Mechanische Eigenschaften	113
6.1.1	Zugspannung, Zugfestigkeit	113
6.1.2	Formbeständigkeit in der Wärme	116
6.1.3	Zeitstandsfestigkeit, Dauerfestigkeit	118
6.1.4	Biegewechselfestigkeit	121
6.1.5	Gleitreibungsverfahren	121
6.1.6	Orientierung und Eigenspannungen	122
6.2	Thermische Eigenschaften	123
6.2.1	Wärmeausdehnung	123
6.3	Elektrische Eigenschaften	125
6.3.1	Dielektrische Eigenschaften	125
6.3.2	Widerstand gegen Kriechwegbildung	126
6.3.3	Durchschlagfestigkeit	127
6.4	Sonstige Eigenschaften	127
6.4.1	Durchlässigkeit für Gase und Wasserdampf	127
6.4.2	Definitionen und Formeln	127
6.4.3	Spannungsrisssbildung (Spannungskorrosion)	129
6.4.4	Wasseraufnahme	129
6.4.5	Fließeigenschaften von Kunststofflösungen und -schmelzen	129
6.4.6	Viskosität und Molekülmasse	131
6.4.7	Eigenviskosität, K-Wert	132
6.5	Chemikalienbeständigkeit der wichtigsten Kunststoffe	133
7	Kunststoffdaten	137
7.1	Duroplast-Formmassen	137
7.2	Gießharzformstoffe	141
7.3	Thermoplast-Formmassen	145

Inhaltsverzeichnis

8	Kunststoff-Anwendungsstoffe	150
8.1	Kunststoffe auf einen Blick	150
8.2	Elastomere auf einen Blick	155
8.3	Anwendung und Verarbeitung von Kunststoff-Formmassen und -Halbzeug	156
9	Kunststoffverarbeitung	161
9.1	Niederdruckurformen mit Polyreaktion	164
9.2	Herstellung glasfaserverstärkter Reaktionsharzformstoffe (GFK)	164
9.3	Schäumverfahren	168
9.3.1	Physikalisches Treibverfahren	168
9.3.2	Chemisches Treibverfahren	168
9.4	Kompressionsformen (Formpressen)	169
9.4.1	Pressen mit Presswerkzeug	169
9.4.2	Extrudieren (Strangpressen)	170
9.4.3	Extrusionsblasen	172
9.4.4	Folienblasen	172
9.4.5	Injektionsformen	173
9.4.5.1	Spritzgießen	173
9.4.5.2	Spritzprägen	178
9.4.6	Thermoplastschaumguss (TSG-Verfahren)	179
9.5	Kalandrieren	179
9.6	Tiefziehen	180
9.7	Reckverfahren	181
9.8	Fügen von Kunststoffen	182
9.8.1	Kleben von Kunststoffen	183
9.8.1.1	Vibrationskleben	186
9.8.2	Schweißen	186
9.8.2.1	Wärmgasschweißen	188
9.8.2.2	Heizelementschweißen (HS-Schweißen)	190
9.8.2.3	Reibschweißen	191
9.8.2.4	Hochfrequenzschweißen (HF-Schweißen)	192
9.8.2.5	Ultraschallschweißen (US-Schweißen)	193
9.8.2.6	Infrarotschweißen (IR-Schweißen)	195
9.8.2.7	Laserschweißen	195
9.9	Beschichten von Kunststoffen	196
9.9.1	Lackieren von Kunststoffen	197
9.9.2	Galvanisieren von Kunststoffen	202
9.9.3	Physikalische Beschichtung	209

Inhaltsverzeichnis

10 Kunststoffgestaltung 213

10.1 Kunststoffe als Konstruktionswerkstoffe 213

10.2 Grundregeln für die Gestaltung von Kunststoffformteilen 214

10.3 Toleranzen für die Längenmaße von Kunststoffformteilen 216

10.3.1 Toleranzgruppen für Allgemeintoleranzen 221

10.3.2 Toleranzgruppen für Maße mit direkt eingetragenen Abmaßen 221

11 Kunststoffrecycling 224

11.1 Stoffliches Recycling 224

11.1.1 Trennen von Mischabfällen 225

11.1.2 Direktes Umschmelzen gemischter Kunststoffabfälle 227

11.1.3 Aufbereiten gemischter Kunststoffabfälle 228

11.1.4 Granulieren 231

11.1.5 Recycling am Beispiel PET 233

11.2 Chemisches Recycling 235

11.2.1 Hydrolyse und Alkoholyse 235

11.2.2 Pyrolyse 236

11.2.3 Hydrieren 237

11.2.4 Vergasen 237

Polyamide

Elektrische Eigenschaften: Günstiger Oberflächenwiderstand, gute Durchschlag- und Kriechstromfestigkeit, Werte nehmen jedoch mit Temperatur und Wassergehalt ab. Hohe dielektrische Verluste infolge starker Polarität, daher für Isolierungen im HF-Bereich nicht geeignet.

Thermische Eigenschaften: Dauergebrauchstemperaturbereich je nach PA-Typ 70 °C bis 120 °C kurzzeitig bis 140 °C. Meist kochfest und sterilisierbar. Polyamide brennen und tropfen ab. Zersetzung findet oberhalb von 300 °C statt.

Kristallitschmelzbereiche:

Polyamid	Kristallitschmelzbereich
PA6	215 bis 225 °C
PA46	295 °C
PA66	250 bis 265 °C
PA610	210 bis 255 °C
PA11	180 bis 190 °C
PA12	175 bis 185 °C

Chemische Eigenschaften: Beständig gegen Öle, Fette, Benzin, Benzol, schwache Laugen, Ester, Ketone, sowie viele chlorierte Kohlenwasserstoffe. Unbeständig gegen Säuren und starke Laugen. Gesundheitlich unbedenklich, sofern keine längere Hitzeeinwirkung besteht. Geringe Neigung zu Spannungsrissbildung.

Die Wasseraufnahme nimmt mit zunehmender Kristallinität ab; sie erreicht nach viermonatiger Lagerung im Normklima (23 °C, 50 % rel. Luftfeuchtigkeit) je nach Kristallinität folgende Werte:

Wasseraufnahme:

Polyamid	Wassergehalt
PA6	2,8 bis 3,2 %
PA46	3,5 %
PA66	2,5 bis 2,7 %
PA610	1,2 bis 1,4 %
PA11	0,8 bis 1,2 %
PA12	0,7 bis 1,1 %
PA6-3-T	3,0 %

Die Einstellung eines bestimmten Wassergehalts von Formteilen, Konditionieren genannt, erfolgt durch Lagerung in Wasser.

Kunststoff-Kurzzeichen

4 Kunststoff-Kurzzeichen

Die Kurzzeichen der Kunststoffe sind genormt nach DIN EN ISO 1043-1.

4.1 Kurzzeichen für chemisch modifizierte polymere Naturstoffe

Kurzzeichen	Bezeichnung
CA	Celluloseacetat
CAB	Celluloseacetobutyrat
CAP	Celluloseacetopropionat
CF	Kresolformaldehyd
CMC	Carboxymethylcellulose
CN	Cellulosenitrat
CP	Cellulosepropionat
CSF	Casein-Formaldehyd
CTA	Cellulosetriacetat
EC	Ethylcellulose
EP	Epoxid
MC	Methylcellulose
MF	Melamin-Formaldehyd
VF	Vulkanfiber

4.2 Kurzzeichen für Homopolymere

Der Buchstabe P für Poly gilt nur für Homopolymere. Für Copolymere wird er im Normalfall nicht verwendet.

Kurzzeichen	Bezeichnung
PA	Polyamid (allgemein)
PA6	Polykondensat aus ϵ -Caprolactam (ϵ -Aminocapronsäure)
PA46	Polykondensat aus 1,4 Diaminobutan und Adipinsäure
PA66	Polykondensat aus Hexamethyldiamin und Adipinsäure
PA69	Polykondensat aus Hexamethyldiamin und Azelainsäure
PA610	Polykondensat auf Hexamethyldiamin und Sebacinsäure
PA612	Polykondensat aus Hexamethylen und Dodecandisäure
PA6-3-T	Polykondensat aus Trimethylhexamethyldiamin und Terephthalsäure
PA11	Polykondensat aus 11-Aminoundecansäure
PAI	Polyamidimid Polykondensat aus Imidketten mit aromatischen Diaminen
PAN	Polyacrylnitril
PB	Polybuten-1
PBI	Polybenzimidazol

Beschichten von Kunststoffen



Bild 125: Türgriff für ein Fahrzeug aus ABS in den drei Beschichtungsstufen verkupfert, vernickelt und verchromt (von unten nach oben) (Bild: Atotech)

Während die klassische Verfahrenstechnik durch Aufrauen der Oberfläche in breiterem Umfang nur bei den Kunststoffen ABS, ABS/PC (bis ca. 45 % PC) und Polyamid (PA) zum Einsatz kam, wird die Direktmetallisierung auch bei Polyetherimid (PEI), Flüssig-Kristall-Polymeren (LCP), Polyphenylsulfid (PPS), Nylon, Polyoxymethylen (POM) oder Polybutadienterephthalat (PBT) angewandt. Hauptabnehmer von metallisiertem Kunststoff (vorwiegend ABS) ist die Automobilindustrie. Daneben werden aber auch für Haushaltsgeräte, Geräte für die Elektro- und Elektronikindustrie oder den Bereich Kosmetik (z.B. Verschlusskappen) große Mengen an galvanisiertem Kunststoff verwendet. Die Palette an möglichen Kunststoffen hat sich inzwischen neben den aufgeführten auf die nachfolgend genannten erweitert, wobei sich allerdings der Aufwand zur Aktivierung der Oberfläche deutlich unterscheiden kann: Polypropylen (PP), Polyetheretherketon (PEEK), Polysulfon (PS), Polyethersulfon (PES), Polytetrafluorethylen (PTFE), Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polycarbonat (PC), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyurethan (PUR), Polyarylamid.

Vor allem für die Automobilindustrie werden heute zahlreiche Teile (Bild 126) in großen Galvanikanlagen und sehr hohen Stückzahlen beschichtet (Bild 127 bis 128). Dabei kommt im Automobilbereich vor allem Kunststoff auf Basis von ABS wegen der guten mechanischen Eigenschaften und der guten Beschichtbarkeit zum Einsatz.



Bild 126: Zierteile wie Kühlergrills oder Emblems erhalten durch die Metallisierung ein Aufwertung (Bilder: Atotech)