

Maschinenelemente aus thermoplastischen Kunststoffen

Band 2. Lager und Antriebselemente

Dipl.-Ing. Gunter Erhard
Ing. (grad.) Erich Strickle

VDI-Verlag GmbH **Kg!**
Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure • Düsseldorf **!£££•**

Inhalt

Formelzeichen	1
1. Gleitlager	5
1.1. Werkstoffe, Gleitpaarungen, Schmierung	6
1.2. Schäden an Gleitlagern	12
1.2.1. Aufschmelzen des Lagermaterials	12
1.2.2. Verformung	13
1.2.3. Verschleiß	13
1.2.4. Reiboxydation (Tribokorrosion)	15
1.2.5. Stick-slip-Bewegung	15
1.3. Berechnung der Belastbarkeit	15
1.3.1. Mittlere Lagertemperatur	15
1.3.1.1. Querlager	16
1.3.1.2. Längslager	19
1.3.2. Gleitflächentemperatur	20
1.3.3. Statische Belastbarkeit	22
1.3.3.1. Mittlere Flächenpressung	22
1.3.3.2. Pressung bei kleiner Berührungsfläche	24
1.3.3.3. Pressung bei großer Berührungsfläche	28
1.3.3.4. Pressung bei großer Berührungsfläche (Näherungslösungen)	30
1.3.3.5. Vergleich der verschiedenen Pressungsbeträge	31
1.3.3.6. Zulässige Pressung	32
1.3.3.7. Zapfeneinsenkung	33
1.3.3.8. Rechenbeispiele	36
1.3.4. Dynamische Belastbarkeit	38
1.3.4.1. Dauerbetrieb	39
1.3.4.2. Aussetzbetrieb	40
1.3.5. Gleitverschleiß	43
1.3.6. Lebensdauer	44
1.4. Gestaltung	45
1.4.1. Lagerspiel	45
1.4.2. Einpressen von Lagerbuchsen	49

1.4.2.1. Übermaß	49
1.4.2.2. Pressung	50
1.4.2.3. Einpreßkraft	51
1.4.2.4. Rechenbeispiel	51
1.4.3. Wanddicke	52
1.4.4. Herstellung	52
1.4.4.1. Spritzgießen	52
1.4.4.2. Spanende Herstellung	53
1.4.4.3. Gießen (Gußpolyamid)	54
1.4.4.4. Sintern	54
1.4.4.5. Wirtschaftlicher Verfahrensvergleich	55
1.4.5. Sonderverfahren	57
1.4.5.1. Verbundlager auf Basis PTFE/Blei	57
1.4.5.2. Verbundlager auf Basis PTFE/ Molybdändisulfid	60
1.4.5.3. Verbundlager auf Basis PTFE-Fasern	60
1.4.5.4. Verbundlager auf Basis POM	61
1.4.5.5. Kunstharzverbundlager	62
1.4.6. Gestaltungsbeispiele	63
2. Wälzlager	68
2.1. Berechnung der Belastbarkeit des Innen- bzw. Außenrings	70
2.1.1. Rechenbeispiel	73
2.2. Käfige	75
2.3. Lagergehäuse	78
3. Laufrollen	79
3.1. Werkstoffe	79
3.2. Rollenschäden	80
3.3. Berechnung der Tragfähigkeit	84
3.3.1. Pressungskennwert als näherungsweise Bemessungs- grenze	84
3.3.2. Deformation von Rollen unter statischer Last	87
3.3.2.1. Breite der Kontaktfläche und Flächenpressung	88
3.3.2.2. Zeitabhängige Abplattung und Rückstellung	90
3.3.2.3. Zulässige Abplattung	93

3.3.2.4. Rechenbeispiel	94
3.3.3. Dynamisch beanspruchte Laufrollen	95
3.3.3.1. Einfluß von Tangentialkräften auf die Beanspruchung von Laufrollen	95
3.3.3.2. Dynamische Belastungskennwerte (Vfp-Werte)	96
3.3.3.3. Rechenbeispiel	98
3.3.4. Rollreibung, Fahrwiderstand	101
3.4. Gestaltung	102
4. Seilrollen	106
4.1. Werkstoffe	109
4.2. Umgebungseinflüsse	109
4.2.1. Schmierung	109
4.2.2. Feuchte	110
4.2.3. Elektrostatische Aufladung	110
4.3. Beanspruchung der Seilrolle und Rollenschäden	110
4.4. Berechnung der Pressung	112
4.4.1. Drahtseil verschlossen	112
4.4.1.1. Rechenbeispiel	116
4.4.2. Drahtseil offen (Kreuzschlagseil)	117
4.4.2.1. Seilrollen unter Punktlast	117
4.4.2.2. Seilrollen unter Umfangslast (Umlenkrolle)	118
4.4.2.3. Rechenbeispiele	118
4.5. Herstellung und Gestaltung	120
4.5.1. Spritzgegossene Seilrollen	120
4.5.2. Seilrollen aus Halbzeug und Gußpolyamid	121
5. Riemenscheiben (Keilriemenscheiben)	124
5.1. Schlupf	125
5.2. Gestaltung	125
5.3. Belastbarkeit	125
6. Zahnräder	127
6.1. Zahnradwerkstoffe	127
6.1.1. Einfluß von Zusatzstoffen	129
6.2. Paarungswerkstoffe	131

6.3. Zahnschäden	133
6.4. Schmierung	135
6.4.1. Ölschmierung	135
6.4.2. Wasserschmierung	136
6.4.3. Fettschmierung	137
6.5. Gestaltung	137
6.5.1. Evolventenverzahnung	137
6.5.1.1. Zahnkorrektur	137
6.5.1.2. Zahnbreite	138
6.5.1.3. Modul, Eingriffswinkel, Zähnezahl	139
6.5.2. Sonderverzahnungen	140
6.5.3. Funktionsgerechtes Gestalten	140
6.5.3.1. Befestigung auf der Welle	140
6.5.3.2. Flankenspiel, Kopfspiel	143
6.5.3.3. Toleranzen, Verzahnungsqualität	144
6.5.4. Fertigungsgerechtes Gestalten	150
6.5.4.1. Spritzgießen	150
6.5.4.2. Spanende Herstellung	156
6.6. Berechnen der Tragfähigkeit	159
6.6.1. Drehmoment, Umfangskraft, Umfangsgeschwindigkeit	159
6.6.2. Geradverzahnte Stirnräder	159
6.6.2.1. Zahnradtemperatur	159
6.6.2.2. Zahnfußbeanspruchung	162
6.6.2.3. Zahnflankenbeanspruchung	167
6.6.2.4. Zahnverformung	172
6.6.2.5. Rechenbeispiel	175
6.6.3. Schrägverzahnte Stirnräder	177
6.6.3.1. Berechnen der Tragfähigkeit	177
6.6.4. Zylindrische Schraubenräder	178
6.6.4.1. Schraubenradtemperatur	178
6.6.4.2. Flankenpressung	180
6.6.4.3. Gleitverschleiß	182
6.6.4.4. Flankenverformung	182
6.6.4.5. Rechenbeispiel	183
6.7. Bewegungsmuttern	185
6.7.1. Werkstoffe	185
6.7.2. Gestaltung	186
6.7.3. Berechnen der Tragfähigkeit	187

6.7.3.1. Flächenpressung	187
6.7.3.2. Gleitreibbelastung	188
6.7.3.3. Scherbeanspruchung	188
6.7.3.4. Rechenbeispiel	188
7. Wellen/Naben-Verbindungen	190
7.1. Kunststoffnabe ohne Metallarmierung	190
7.1.1. Reibschlußverbindungen	190
7.1.1.1. Preßsitz	190
7.1.1.2. Klemmsitz	203
7.1.2. Formschlußverbindung	208
7.1.2.1. Paßfeder, Vielnutprofil, Sonderprofil	208
7.1.2.2. Aufgepreßte Vorsteckscheibe	212
7.1.3. Vorgespannte Formschlußverbindung	213
7.1.3.1. Umgossene Metallwelle	213
7.1.3.2. Preßsitz auf gerändelter Welle	215
7.1.4. Klebverbindung	221
7.2. Kunststoffnabe mit Metallarmierung	223
7.2.1. Umgossene Metallnaben	223
7.2.2. Nachträglich angebrachte Metallnaben	228
8. Kupplungen und Gelenke	230
8.1. Allgemeines	230
8.1.1. Werkstoffe	231
8.1.2. Kupplungsmoment	231
8.1.3. Kupplungskennlinie	232
8.2. Zahnkupplungen	233
8.2.1. Berechnung	233
8.2.1.1. Zahnfußbeanspruchung	234
8.2.1.2. Zahnflankenbeanspruchung	234
8.2.1.3. Verschleiß	234
8.2.1.4. Rechenbeispiel	235
8.2.2. Handelübliche Zahnkupplungen	237
8.3. Vielnutkupplung	240
8.3.1. Berechnung	240
8.3.2. Handelübliche Vielnutkupplungen	241
8.4. Klauenkupplungen	241
8.4.1. Berechnung	242

11. Dichtelemente	282
11.1. Berührungsdichtungen für ruhende Bauteile	282
11.1.1. Flachdichtungen	282
11.1.2. O-Ringe	284
11.1.3. Dichtschnüre und Dichtbänder	286
11.2. Berührungsdichtungen für bewegte Bauteile	286
11.2.1. Dichtelemente für Drehbewegungen	287
11.2.1.1. Radialwellendichtringe	287
11.2.1.2. Axiale Gleitringdichtungen	288
11.2.2. Dichtelemente für oszillierende Bewegungen und langsame Drehbewegungen	290
11.2.2.1. Manschettendichtungen	290
11.2.2.2. Elastische Stopfbüchsenpackung	292
11.2.2.3. Mantelringe, Stützringe	294
11.3. Berührungsfreie Dichtungen	295
11.3.1. Labyrinthdichtungen	295
11.3.2. Faltenbälge	296
12. Schrifttum	299
13. Sachwortverzeichnis	307
14. Bildnachweis	311