

Gottfried Ehrenstein
Lothar Engel
Hermann Klingele
Helmut Schaper

SEM of Plastics Failure

REM von Kunststoffschäden

HANSER

Carl Hanser Verlag, München

Hanser Publications, Cincinnati

Contents

| | |
|---|-----|
| Preface | V |
| 1 Structure, Properties and Processing of Polymeric Materials | 1 |
| 1.1 Structure..... | 1 |
| 1.2 Material States and Transition Regions..... | 8 |
| 1.3 Homogeneous Polymeric Materials..... | 10 |
| 1.4 Heterogeneous Polymeric Materials..... | 12 |
| 1.5 Deformation Behavior..... | 14 |
| 1.6 Processing..... | 15 |
| 1.7 Orientation and Internal Stresses..... | 24 |
| 1.8 Processing Induced Surface Texture..... | 25 |
| 1.8.1 Primary Textures of Polymer Surfaces Caused by the Manufacturing Process..... | 26 |
| 1.8.2 Textures of Post-Treated Surfaces..... | 44 |
| 1.9 Material Defects..... | 46 |
| 2 Surface Damage | 55 |
| 2.1 Mechanical Surface Damage..... | 55 |
| 2.1.1 Frictional Wear..... | 56 |
| 2.1.1.1 Uniform Frictional Wear of Flat Surfaces..... | 56 |
| 2.1.1.2 Local Frictional Wear (Pitting)..... | 83 |
| 2.1.2 Rolling Wear..... | 86 |
| 2.1.3 Localized, Mechanical Surface Damage..... | 90 |
| 2.1.4 Wear Caused by Exposure to Solid Particle Streams..... | 101 |
| 2.1.5 Impingement of Droplets..... | 103 |
| 2.1.6 Erosion..... | 109 |
| 2.1.7 Cavitation..... | 111 |
| 2.2 Physico-Chemical Surface Damage..... | 114 |
| 2.2.1 Surface Damage Caused by Chemicals..... | 114 |

Inhalt

| | |
|---|-----|
| Vorwort | V |
| 1 Aufbau, Eigenschaften und Verarbeitung der Kunststoffe | 1 |
| 1.1 Struktur..... | 1 |
| 1.2 Zustands- und Übergangsbereiche..... | 8 |
| 1.3 Homogene Kunststoffe..... | 10 |
| 1.4. Heterogene Kunststoffe..... | 12 |
| 1.5 Verformungsverhalten..... | 14 |
| 1.6 Verarbeitung..... | 15 |
| 1.7 Orientierung und Eigenspannungen..... | 24 |
| 1.8 Herstellungsbedingte Oberflächenstruktur..... | 25 |
| 1.8.1 Primäre Herstellungsstrukturen von Kunststoff-Oberflächen..... | 26 |
| 1.8.2 Strukturen nachbehandelter Oberflächen..... | 44 |
| 1.9 Werkstofffehler..... | 46 |
| 2 Oberflächenschäden | 55 |
| 2.1 Mechanische Oberflächenschäden..... | 55 |
| 2.1.1 Gleitverschleiß..... | 56 |
| 2.1.1.1 Flächiger Gleitverschleiß..... | 56 |
| 2.1.1.2 Örtlicher Gleitverschleiß (Pittings)..... | 83 |
| 2.1.2 Wälzverschleiß..... | 86 |
| 2.1.3 Örtliche mechanische Oberflächenbeschädigungen..... | 90 |
| 2.1.4 Strahlverschleiß..... | 101 |
| 2.1.5 Tropfenschlag..... | 103 |
| 2.1.6 Erosion..... | 109 |
| 2.1.7 Kavitation..... | 111 |
| 2.2 Physiko-chemische Oberflächenschäden..... | 114 |
| 2.2.1 Oberflächenschäden durch Einwirkung von Chemikalien..... | 114 |

| | | | |
|--|------------|--|------------|
| 2.2.2 UV Irradiation..... | 124 | 2.2.2 UV-Bestrahlung..... | 124 |
| 2.2.3 Weathering..... | 126 | 2.2.3 Bewitterung | 126 |
| 2.2.4 Thermal Impact..... | 131 | 2.2.4 Thermische Einwirkung..... | 131 |
| 2.2.5 Biological Impact..... | 142 | 2.2.5 Biologische Einwirkung..... | 142 |
| 3 Fractures..... | 143 | 3 Brüche..... | 143 |
| 3.1 Mechanical Fractures..... | 143 | 3.1 Mechanische Brüche..... | 143 |
| 3.1.1 Overload Fractures..... | 143 | 3.1.1 Gewaltbrüche..... | 143 |
| 3.1.1.1 Crazes..... | 148 | 3.1.1.1 Crazes..... | 148 |
| 3.1.1.2 Ductile Overload Fractures..... | 160 | 3.1.1.2 Duktile Gewaltbrüche..... | 160 |
| 3.1.1.3 Brittle Fractures..... | 185 | 3.1.1.3 Spröde Gewaltbrüche..... | 185 |
| 3.1.2 Dynamic Fatigue Fractures..... | 207 | 3.1.2 Schwingbrüche..... | 207 |
| 3.1.2.1 Vibration-Induced Creep Fractures..... | 207 | 3.1.2.1 Schwinginduzierte Kriechbrüche..... | 207 |
| 3.1.2.2 True Fatigue Fractures..... | 220 | 3.1.2.2 Echte Schwingbrüche..... | 220 |
| 3.2 Effect of Chemicals on Overload Fractures..... | 235 | 3.2 Einflüsse von Chemikalien auf Gewaltbrüche..... | 235 |
| 3.2.1 Environmental Stress Cracking (ESC)..... | 236 | 3.2.1 Spannungsrissbildung..... | 236 |
| 3.2.2 Permanent Embrittlement after Exposure to Chemicals (Fracture Following Chemical Attack)..... | 240 | 3.2.2 Bleibende Versprödung nach Einwirkung von Chemikalien (Gewaltbruch im Anschluss an einen chemischen Angriff)..... | 240 |
| 3.2.3 Increased Ductility Caused by Chemical Attack (Plasticizing Effect)..... | 247 | 3.2.3 Erhöhte Duktilität durch Einfluss von Chemikalien (Weichmachereffekt)..... | 247 |
| 3.2.4 Chemical Etching of Crack Tip | 250 | 3.2.4 Anlösen des Rissgrundes durch Chemikalien..... | 250 |
| List of Literature..... | 253 | Literaturverzeichnis..... | 253 |
| Index..... | 255 | Index..... | 255 |
| The Authors..... | 269 | Die Autoren..... | 269 |