

Inhaltsverzeichnis

	Lateinische Formelzeichen	<i>XI</i>
	Griechische Formelzeichen	<i>XV</i>
	Konstanten	<i>XVII</i>
	Abkürzungsverzeichnis	<i>XIX</i>
1	Einführung in die Oberflächentechnik	<i>1</i>
1.1	Technische Oberflächen	<i>2</i>
1.1.1	Benetzung von Festkörperoberflächen durch Flüssigkeiten	<i>7</i>
1.1.2	Haftungsmechanismen zwischen Schicht und Grundwerkstoff	<i>9</i>
1.2	Funktionen von Oberflächen	<i>12</i>
1.3	Methodischer Ansatz zur Entwicklung beschichteter Produkte	<i>15</i>
1.4	Verfahren der Oberflächentechnik	<i>17</i>
2	Tribologie	<i>23</i>
2.1	Das tribologische System	<i>24</i>
2.1.1	Tribokontaktfläche	<i>27</i>
2.1.2	Die tribologische Beanspruchung	<i>28</i>
2.2	Reibung	<i>32</i>
2.2.1	Reibungszustände	<i>33</i>
2.2.2	Reibungsarten	<i>36</i>
2.3	Verschleiß	<i>38</i>
2.3.1	Verschleißmechanismen	<i>39</i>
2.3.1.1	Adhäsion	<i>39</i>
2.3.1.2	Tribochemische Reaktionen	<i>41</i>
2.3.1.3	Abrasion	<i>42</i>
2.3.1.4	Oberflächenzerrüttung	<i>44</i>
2.3.2	Verschleißarten	<i>46</i>
2.4	Schmierung	<i>46</i>
2.4.1	Flüssigschmierstoffe	<i>48</i>
2.4.2	Schmierfette	<i>50</i>

2.4.3	Additive	50
2.4.4	Festschmierstoffe	52
2.4.4.1	Festschmierstoffe mit Schichtgitterstruktur	54
2.4.4.2	Festschmierstoffe auf Basis von Oxiden, Fluoriden und Sulfaten	57
2.4.4.3	Festschmierstoffe auf Basis von Weichmetallen	58
2.4.4.4	Festschmierstoffe auf Basis von Polymeren	58
2.5	Tribologische Prüfung	59
2.5.1	Verschleißmessgrößen	59
2.5.2	Tribologische Prüfmethoden	60
3	Korrosion	65
3.1	Elektrochemische Korrosion	69
3.1.1.	Elektrochemische Reaktionen	69
3.1.2	Deckschichtbildung (Passivität)	76
3.1.3	Erscheinungsformen der elektrochemischen Korrosion	78
3.1.3.1	Gleichmäßige Korrosion	79
3.1.3.2	Örtliche Korrosion ohne mechanische Belastung	80
3.1.3.3	Örtliche Korrosion mit mechanischer Belastung	88
3.1.4	Korrosionsschutzmaßnahmen bei elektrochemischer Korrosion	92
3.1.4.1	Aktiver Korrosionsschutz	93
3.1.4.2	Passiver Korrosionsschutz	96
3.2	Hochtemperaturkorrosion	97
3.2.1	Thermodynamische Grundlagen der Oxidation	98
3.2.2	Kinetische Grundlagen der Oxidation	101
3.2.2.1	Diffusion	102
3.2.2.2	Metalldiffusion und Sauerstoffdiffusion in Oxidschichten	107
3.2.2.3	Zeitgesetze der Oxidation	109
3.2.3	Besonderheiten der Aufkohlung, Aufstickung, Aufschwefelung	113
3.2.4	Heißgaskorrosion	114
3.2.4.1	Niedertemperatur-Heißgaskorrosion (Typ II)	116
3.2.4.2	Hochtemperatur-Heißgaskorrosion (Typ I)	117
3.2.4.3	Chlorinduzierte Heißgaskorrosion	118
3.2.5	Korrosionsschutzmaßnahmen zur Hochtemperaturkorrosion	120
3.3	Metallphysikalische Korrosion	125
4	Elektrochemische Metallabscheidung	131
4.1	Thermodynamische Grundlagen der Elektrochemie	134
4.2	Kinetische Grundlagen der Elektrochemie	139
4.3	Galvanische Metallabscheidung	143
4.4	Chemische Metallabscheidung	147
4.4.1	Ionenaustauschverfahren (Tauchverfahren)	148
4.4.2	Kontaktverfahren	148
4.4.3	Reduktionsverfahren	149
4.5	Schichtsysteme der elektrochemischen Metallabscheidung	150
4.5.1	Chromschichten	151

- 4.5.2 Nickelschichten 154
- 4.5.3 Dispersionsschichten 156

- 5 Konversionsverfahren 159**
 - 5.1 Anodisieren 160
 - 5.2 Phosphatieren 165
 - 5.3 Chromatieren 169
 - 5.4 Vergleich des Chromatierens und Phosphatierens 172
 - 5.5 Brünieren 173

- 6 Thermochemische Diffusionsverfahren 177**
 - 6.1 Carburieren (Einsatzhärten) 179
 - 6.2 Nitrieren 182
 - 6.3 Nitrocarburieren 190
 - 6.4 Borieren 192
 - 6.5 Chromieren 195
 - 6.6 Alitieren 197
 - 6.7 Silizieren 201
 - 6.8 Sheradisieren 202

- 7 Physical Vapor Deposition (PVD) 207**
 - 7.1 Erzeugen der Gasphase / des Plasmas 209
 - 7.2 Teilchentransport 214
 - 7.3 Kondensation – Schichtwachstum 215
 - 7.4 PVD-Verfahren 219
 - 7.4.1 Kathodenzerstäuben (MSIP – Magnetron Sputter Ion Plating) 221
 - 7.4.2 Lichtbogenverdampfen (AIP – Arc Ion Plating) 223
 - 7.4.3 Niedervoltbogenentladung (NVB) 224
 - 7.4.4 Elektronenstrahlverdampfen (EB – Electron Beam) 225
 - 7.5 PVD-Werkzeugbeschichtung 226
 - 7.6 PVD-Bauteilbeschichtung 228
 - 7.7 PVD-Wärmedämmschichten 230

- 8 Chemical Vapor Deposition (CVD) 235**
 - 8.1 Thermodynamik der chemischen Reaktion 237
 - 8.2 Reaktionschemie 240
 - 8.3 Kinetik der Schichtabscheidung 243
 - 8.4 CVD-Verfahren 245
 - 8.4.1 Hochtemperatur-CVD 247
 - 8.4.2 Plasma-CVD 248
 - 8.4.3 Hot-Filament-CVD-Verfahren 250
 - 8.5 CVD-Werkzeugbeschichtung 252
 - 8.6 CVD-Bauteilbeschichtung 254

- 9 Sol-Gel-Deposition 257**
 - 9.1 Das Sol als Ausgangswerkstoff 258
 - 9.2 Der Sol-Gel-Übergang 258
 - 9.2.1 Partikuläre Sole und Gele 258
 - 9.2.2 Nasschemische Sol-Gel-Bildungssysteme 259
 - 9.3 Beschichtungen mit Sol-Gel-Verfahren 261
 - 9.4 Anwendungsbeispiele für Sol-Gel-Beschichtungen 263

- 10 Schmelztauchverfahren 265**
 - 10.1 Feuerverzinken 267
 - 10.1.1 Deckschichtbildung beim Feuerverzinken 269
 - 10.1.2 Diskontinuierliche Verfahren der Feuerverzinkung 272
 - 10.1.3 Kontinuierliche Verfahren der Feuerverzinkung 275
 - 10.1.4 Korrosionsschutz durch Feuerverzinken 281
 - 10.2 Feueraluminieren 286
 - 10.3 Feuerverzinnen 288
 - 10.4 Feuerverbleien 289

- 11 Thermisches Spritzen 293**
 - 11.1 Verfahrensprinzip des Thermischen Spritzens 294
 - 11.2 Schichtbildung beim Thermischen Spritzen 296
 - 11.3 Schichthaftung thermisch gespritzter Schichten 299
 - 11.4 Verfahren des Thermischen Spritzens 301
 - 11.4.1 Flammsspritzen 302
 - 11.4.2 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen 304
 - 11.4.3 Kaltgasspritzen 308
 - 11.4.4 Lichtbogenspritzen 310
 - 11.4.5 Plasmaspritzen 312
 - 11.5 Schichtwerkstoffe und Anwendungsbeispiele des Thermischen Spritzens 316

- 12 Löten 323**
 - 12.1 Grundlagen des Lötens 324
 - 12.2 Einteilung der Lötverfahren und Lotwerkstoffe 328
 - 12.3 Auftragslöten von Hartstoff-Hartlot-Verbundsystemen 332
 - 12.3.1 Suspensionsverfahren zum Auftragslöten 332
 - 12.3.2 Vliesverfahren zum Auftragslöten 334
 - 12.4 Auflöten von Panzerungen 337
 - 12.4.1 Löten metallisierter Keramiken 338
 - 12.4.2 Aktivlöten von Keramikwerkstoffen 339
 - 12.4.3 Löten von Hartmetall 340
 - 12.4.4 Anwendungsbeispiele für aufgelötete Panzerungen 341

- 13 Auftragschweißen 345**
 - 13.1 Werkstoffverbunde durch Auftragschweißen 346
 - 13.2 Verfahren des Auftragschweißens 347
 - 13.3 Schichtwerkstoffe und Anwendungsbeispiele des Auftragschweißens 352

- 14 Plattieren 355**
 - 14.1 Kaltwalzplattieren 358
 - 14.2 Warmwalzplattieren 361
 - 14.3 Sprengplattieren 363

- 15 Werkstoffe 367**
 - 15.1 Grundlagen der Materialkunde 368
 - 15.1.1 Beeinflussung von Festigkeitseigenschaften 369
 - 15.1.2 Beeinflussung des Werkstoffverhaltens bei erhöhten Temperaturen 373
 - 15.1.2.1 Diffusion 373
 - 15.1.2.2 Erholung, Rekristallisation und Kornwachstum 374
 - 15.1.2.3 Kriechen und Spannungsrelaxation 374
 - 15.1.2.4 Warmfestigkeit und thermomechanische Ermüdung 376
 - 15.2 Metallische Werkstoffe 378
 - 15.2.1 Leichtmetalle 379
 - 15.2.1.1 Aluminium und Aluminiumlegierungen 380
 - 15.2.1.2 Magnesium und Magnesiumlegierungen 383
 - 15.2.1.3 Titan und Titanlegierungen 386
 - 15.2.2 Kupfer und Kupferlegierungen 389
 - 15.2.3 Eisen und Eisenlegierungen 391
 - 15.2.3.1 Gusseisen 392
 - 15.2.3.2 Stahl 394
 - 15.2.4 Hartlegierungen 399
 - 15.2.5 Superlegierungen 402
 - 15.2.6 Refraktärmetalle 404
 - 15.2.7 Intermetallische Verbindungen 406
 - 15.3 Nichtmetallische anorganische Werkstoffe 409
 - 15.3.1 Aufbau von Hartstoffen 409
 - 15.3.2 Ingenieurkeramik 411
 - 15.3.2.1 Oxidkeramiken 412
 - 15.3.2.2 Nichtoxidkeramik 412
 - 15.3.2.3 Silikatkeramik 413
 - 15.4 Organische Werkstoffe 413
 - 15.4.1 Thermoplaste 415
 - 15.4.2 Duroplaste 416
 - 15.4.3 Elastomere 417
 - 15.5 Verbundwerkstoffe 418
 - 15.5.1 Polymer-Matrix-Composite (PMC) 420

x | *Inhaltsverzeichnis Inhaltsverzeichnis*

- 15.5.2 Ceramic-Matrix-Composite (CMC) 420
- 15.5.3 Metal-Matrix-Composite (MMC) 421
- 15.5.3.1 MMC für den Leichtbau 422
- 15.5.3.2 MMC für maximale Verschleißbeständigkeit 424

Stichwortverzeichnis 431