

Inhaltsverzeichnis

Einführung	13
Beschichtungswerkstoffe und -verfahren	16
Werkstoffe	16
Verfahren	16
Auftragschweißen	16
Thermisches Spritzen	17
Elektrolytische Abscheidung	17
Aufdampfen	17
Schichtdicke	17
Wahl der Werkstoffe und Beschichtungsverfahren	17
Gebrauch des Handbuchs	20
1 Verschleißmechanismen	21
1.1 Grundlegende Verschleißmechanismen	21
1.1.1 Abrasionsverschleiß	22
1.1.2 Adhäsionsverschleiß	26
1.1.3 Ermüdungverschleiß	30
1.2 Mitwirkende Vorgänge und Einflüsse	32
1.2.1 Reibverschleiß (Tribooxidation)	32
1.2.2 Erosion	32
1.2.3 Korrosion	33
1.2.4 Höhere Temperaturen	34
1.3 Prüfung der Verschleißbeständigkeit	34
1.4 Praktische Verschleißdiagnose	37
1.4.1 Abrasionsverschleiß	38
1.4.2 Adhäsionsverschleiß	38
1.4.3 Ermüdungverschleiß	39
1.4.4 Fressen	39
1.4.5 Erosion und Kavitation	40
1.4.6 Korrosion	41
1.4.7 Höhere Temperaturen	41
2 Auftragschweißen – Werkstoffe und Verfahren	42
2.1 Kennzeichen des Auftragschweißens	42
2.1.1 Schichtdicke	42
2.1.2 Haftfestigkeit auf der Unterlage	42
2.1.3 Anwendungsbereich der Verfahren	42
2.1.4 Reparatur-Auftragschweißung	42

2.2	Werkstoffe zum Auftragschweißen und ihre Auswahl	43
2.2.1	Werkstoffgruppe 1	43
2.2.2	Werkstoffgruppe 2	50
2.2.3	Werkstoffgruppe 3	51
2.2.4	Werkstoffgruppe 4	52
2.2.5	Werkstoffgruppe 5	52
2.2.6	Werkstoffgruppe 6	53
2.2.7	Werkstoffgruppe 7	53
2.3	Verfahren zum Auftragschweißen	54
2.3.1	Grundlagen und Kennzeichen der Auftragschweißung	55
2.3.2	Schweißstromquellen für elektrische Schweißverfahren	63
2.4	Metallurgische und verwandte Auswirkungen des Auftragschweißens auf Grundwerkstoff und Schicht	65
2.4.1	Der Temperaturzyklus	65
2.4.2	Praktische Empfehlungen	68
2.4.3	Einfluß von Fehlern im Grundmetall	68
2.4.4	Aufmischung	69
2.4.5	Eigenschaften und Struktur der Schichten	70
2.4.6	Pufferschichten	73
2.5	Konstruktionsregeln bei Auftragschweißungen	74
2.5.1	Schichtdicke	74
2.5.2	Vorbereitung des Werkstücks, Planung der Beschichtung	75
2.5.3	Schweißplan	84
2.5.4	Bearbeitungszugaben	89
2.5.5	Beschichteter Bereich	90
2.5.6	Physikalische und mechanische Eigenschaften der Schichten	90
2.6	Praktische Gesichtspunkte	91
2.6.1	Handauftragschweißung im Vergleich zum mechanisierten Auftragschweißen	91
2.6.2	Zugänglichkeit	95
2.6.3	Fehler beim Auftragschweißen	96
2.6.4	Behandlung der Fehler	98
2.7	Sprengplattieren und Reibauftragschweißen	99
2.7.1	Sprengplattieren	99
2.7.2	Reibauftragschweißen	101
3	Thermische Spritzverfahren und Spritzwerkstoffe	108
3.1	Thermische Spritzwerkstoffe	110
3.1.1	Spritzwerkstoffe mit guten Bindungseigenschaften	110
3.1.2	Eisenlegierungen	113
3.1.3	Nickelbasislegierungen	113
3.1.4	Kobaltbasislegierungen	113
3.1.5	Wolframkarbid, Chromkarbid	114
3.1.6	Keramik	114
3.1.7	Andere Metalle und Legierungen	116
3.1.8	Cermets und Schichten mit Konzentrationsgefälle	116
3.2	Kennzeichen der thermischen Spritzschichten	116
3.2.1	Brenngas-Sauerstoff-Drahtflammspritzen	116
3.2.2	Brenngas-Sauerstoff-Pulverflammspritzen	117
3.2.3	Lichtbogendrahtspritzen	118

3.2.4	Plasmaspritzen an Luft	120
3.2.5	Vakuum-Plasmaspritzen	121
3.2.6	Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen	123
3.2.7	Detonationsspritzen	123
3.2.8	Jet-Kote-Verfahren	126
3.2.9	Diamond-Jet-Verfahren	127
3.3	Regeln für die Konstruktion beim thermischen Spritzen	128
3.3.2	Einzelheiten des Oberflächenprofils	128
3.3.3	Schichtdicke	130
3.4	Herstellung der Schichten	131
3.4.1	Oberflächenvorbereitung	131
3.4.2	Haftschichten	132
3.4.3	Maskierung	133
3.4.4	Imprägnierung der Schichten	133
3.4.5	Spritzen	133
3.5	Spritzschmelzschichten	135
3.5.1	Substratwerkstoffe	138
3.5.3	Konstruktionsregeln für die Spritzschmelzbeschichtung	139
3.5.4	Oberflächenvorbereitung vor dem Spritzen	139
3.5.5	Vorwärmen	139
3.5.6	Praktische Hinweise	140
3.6	Schlußfolgerungen	141
4	Galvanische Überzüge	142
4.1	Grundlagen der galvanischen Abscheidung	142
4.1.1	Gestellgalvanisieren	143
4.1.2	Tampon- oder Selektivgalvanisieren	145
4.1.3	Außenstromlose oder katalytische Abscheidung	146
4.1.4	Hartanodisieren	147
4.1.5	Schichtwerkstoffe für elektrolytische Beschichtungen	148
4.2	Wahl der Beschichtungen	159
4.3	Planung	160
4.3.1	Bauteilgestaltung	162
4.3.2	Regeln für das Gestellgalvanisieren	162
4.4	Grundwerkstoffe	164
4.5	Oberflächenvorbereitung	164
4.6	Endbearbeitung	164
4.7	Spezifikationen, Prüfung und Qualitätssicherung	165
5	Physikalische und chemische Beschichtungsverfahren aus der Gasphase	166
5.1	Verfahren	166
5.1.1	Oberflächenvorbereitung	170
5.2	Vakuumbedampfung	170
5.2.1	Verdampferquellen	171
5.2.2	Schichtwerkstoffe und Anwendungen	173
5.3	Gasstreuungsbeschichten	173
5.3.1	Ionenplattieren	174
5.3.2	Aktiviertes reaktives Beschichten, Reaktives Ionenplattieren	176

5.4	Sputterbeschichtung (Kathodenzerstäubung)	179
5.4.1	Substrat-Vorspannung	181
5.4.2	Gasionisation	182
5.4.3	Schichtwerkstoffe und Anwendungen	183
5.5	Ionenimplantation	184
5.5.1	Werkstoffe und Anwendungen	185
5.6	Chemische Beschichtung aus der Gasphase (CVD)	185
5.6.1	Verfahrenscharakteristik	186
5.6.2	Reaktionstypen	186
5.6.3	Plasmaaktiviertes CVD-Verfahren (PA-CVD)	188
5.6.4	Werkstoffe und Anwendungen	189
5.7	Vergleich der Verfahren	190
5.7.1	Schichtdicke	190
5.7.2	Beschichtungsrate	191
5.7.3	Kosten	192
5.8	Bauteilgestaltung für die PVD- und CVD-Beschichtung	192
5.8.1	Konstruktionsregeln	193
5.8.2	Anforderungen an die Oberfläche	193
5.8.3	Angaben des Auftraggebers für den Beschichter	194
6	Kunststoffbeschichtungen	195
6.1	Werkstoffe	195
6.2	Auftragverfahren	197
6.2.1	Flammspritzen	197
6.2.2	Wirbelsinterschichten	199
6.2.3	Elektrostatisches Spritzen	199
6.2.4	Andere Verfahren	200
6.3	Konstruktionsregeln für die Kunststoffbeschichtung	201
6.3.1	Oberflächenvorbereitung	201
6.3.2	Bauteilgestaltung	202
6.4	Zusammenfassung	202
7	Nachbearbeitung von Auftragschweißschichten und thermischen Spritzschichten	203
7.1	Schmelz- und Auftragschweißschichten	203
7.1.1	Die Notwendigkeit einer Bearbeitung	203
7.1.2	Drehen	205
7.1.3	Fräsen	206
7.1.4	Bohren	207
7.1.5	Schleifen	207
7.1.6	Umfangschleifen	207
7.1.7	Läppen	209
7.1.8	Funkenerosion	209
7.2	Thermische Spritzschichten	210
7.2.1	Drehen	210
7.2.2	Schleifen	212
7.2.3	Andere Bearbeitungsmethoden	213
7.2.4	Plasmaspritzschichten	214
8	Qualitätssicherung in der Oberflächenbeschichtung	215
8.1	Der Qualitätsplan	215
8.1.1	Bauteilplanung	216
8.1.2	Anforderungen an das Bauteil und den Grundwerkstoff	217
8.1.3	Schichtwerkstoffe für Auftragschweißungen und thermisches Spritzen ..	218

8.1.4	Beschichtungspraxis	219
8.1.5	Endbearbeitung	219
8.1.6	Checkliste der Arbeitsgänge	220
8.2	Prüfung und Kontrolle beschichteter Bauteile	221
8.2.1	Auftragschweißschichten	222
8.2.2	Thermische Spritzschichten	224
8.3	Schlußfolgerungen	227
9	Arbeitssicherheit in der Oberflächenbehandlung	228
9.1	Oberflächenbeschichtung durch Auftragschweißen und Thermisches Spritzen	229
9.1.1	Druckgase	229
9.1.2	Feuer	231
9.1.3	Dämpfe und Staub	232
9.1.4	Lärm	233
9.1.5	Strahlung	234
9.1.6	Elektroschock	237
9.2	Vakuum-Beschichtung	239
9.2.1	PVD-Verfahren	239
9.2.2	CVD-Verfahren	240
9.3	Elektrolytische Abscheidung	241
9.3.1	Arbeitsablauf	241
9.3.2	Einrichtung der Galvanik	241
9.3.3	Arbeitsstoffe	241
9.3.4	Lagerung und Herstellung der Behandlungslösungen	242
9.4	Zusammenstellung wichtiger Vorschriften und Verordnungen zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz	243
9.4.1	Gesetze, Verordnungen und Richtlinien	243
9.4.2	Normen	243
9.4.3	Unfallverhütungsvorschriften	244
9.4.4	Richtlinien Sicherheitsregeln Grundsätze Merkblätter	244
10	Industrielle Anwendungen funktioneller Überzüge	245
10.1	Luftfahrtindustrie	245
10.2	Chemie- und Erdölindustrie	247
10.3	Erdbewegungsmaschinen, Landwirtschaft, Steinbrucharbeit, Bergbau	250
10.4	Verbrennungskraftmaschinen (Kolbenmotoren)	253
10.5	Nahrungsmittelindustrie	255
10.6	Schmieden	256
10.7	Glasindustrie	258
10.8	Zellstoff- und Papierindustrie	259
10.9	Kunststoff- und Gummi-Industrie	261
10.10	Energieerzeugung	264
10.11	Stahlherstellung	264
10.12	Textilindustrie	266
10.13	Holzverarbeitende Industrie	267
10.14	Transportgewerbe	268
11	Verzeichnis der Fachausdrücke in der Oberflächenbeschichtung	273
	Stichwortverzeichnis	280
	Anzeigenteil	283