

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	13
<b>2</b>	<b>Einsatzbedingungen, Anforderungen und Funktionen galvanischer Schichten</b> .....	18
2.1	Allgemeines .....	18
2.2	Einsatzbedingungen .....	18
2.3	Anforderungen an das Verbundsystem Rohteil – Schicht .....	26
2.4	Funktionen galvanischer Schichten und beschichteter Werkstücke .....	28
<b>3</b>	<b>Rohteileigenschaften und ihre Auswirkungen auf die Schicht</b> .....	39
3.1	Einführung .....	39
3.2	Grundmaterial – seine Eignung, seine Fehler .....	40
3.2.1	Topographie und Homogenität, elektrochemische Eigenschaften .....	41
3.2.2	Knetzwerkstoffe .....	42
3.2.3	Gusswerkstoffe, Sinterwerkstoffe .....	42
3.2.4	Nichtleiter .....	43
3.2.5	Unedle Metalle .....	43
3.3	Galvanisiergerechte Konstruktion .....	47
3.3.1	Fertigungsgerechte Konstruktion .....	47
3.3.2	Vorbehandlungsgerechte Konstruktion .....	48
3.3.3	Abscheidungsgerechte Konstruktion .....	48
3.3.4	Spültechnik und umweltschutzgerechte Konstruktion .....	52
3.4	Deckschichten und Kontaminationen auf Rohteilen und die prinzipiellen Möglichkeiten ihrer Entfernung .....	54
3.4.1	Oxide spezieller Metalle und Legierungen .....	54
3.4.2	Ölkohle .....	56
<b>4</b>	<b>Vorbehandlung</b> .....	57
4.1	Vorbehandlungsarten .....	66
4.2	Vorbehandlungsmedien .....	73

4.2.1	Arten .....	73
4.2.2	Wässrige Medien .....	74
4.2.2.1	Alkalische Medien .....	74
4.2.2.2	Saure Medien .....	76
4.2.2.3	Neutrale Medien.....	76
4.2.2.4	Oxidierende Medien.....	77
4.2.2.5	Elektrolyte für die anodische und kathodische Behandlung ...	78
4.2.3	Kohlenwasserstoffe (organische Medien).....	78
4.2.3.1	CKW (Chlorkohlenwasserstoffe).....	78
4.2.3.2	FKW (Fluorkohlenwasserstoffe).....	79
4.2.3.3	Sauerstoffhaltige Lösemittel .....	79
4.2.4	Spezielle Mischungen.....	80
4.2.4.1	Schüttungen von Schleifmitteln .....	80
4.2.4.2	Schüttungen von Schleifkörpern.....	80
4.2.4.3	Schüttungen von Schleifkörpern mit Compounds .....	81
4.2.4.4	Wiener Kalk und Ähnliches .....	81
4.2.5	Energieträger .....	81
4.2.5.1	Strömende Medien .....	81
4.2.5.2	Wärmeübertragende Medien .....	82
4.2.5.3	Strahlung.....	82
4.3	Vorbehandlungsanlagen .....	83
4.3.1	Arten .....	84
4.3.2	Anlagen für die chemisch-mechanische Behandlung.....	84
4.3.3	Anlagen für die elektrochemische Behandlung .....	87
4.3.4	Spezialanlagen .....	87
4.3.5	Prozessintegrierter Umweltschutz in der Vorbehandlung .....	89
4.4	Prozessprüfungen .....	91
4.4.1	Messungen im Vorbehandlungsprozess .....	91
4.4.2	Prüfung der vorbehandelten Oberflächen .....	96
4.5	Prozessführung und Intensivierung.....	102
4.6	Aufbewahrung vorbehandelter Werkstücke .....	103
<b>5</b>	<b>Elektrolyte .....</b>	<b>105</b>
5.1	Ionen.....	105
5.2	Elektrolytische Dissoziation.....	106
5.2.1	Dissoziierende Stoffe; Säuren, Basen, Salze .....	106
5.2.2	Potenzielle Elektrolyte .....	106

---

5.2.3	Schwache und starke Elektrolyte .....	107
5.2.4	Wasser .....	107
5.2.4.1	pH-Wert .....	107
5.2.4.2	Hydrolyse .....	108
5.2.4.3	Pufferung .....	109
5.2.5	Hydratisierte und Komplexionen .....	109
5.3	Löslichkeit .....	110
5.4	Gerichtete Ionenbewegung .....	110
5.4.1	Ionenwanderung und Überführung .....	110
5.4.2	Leitfähigkeit .....	111
5.5	Elektrolytarten .....	111
5.5.1	Grundzusammensetzung .....	111
5.5.2	Anionen- und Komplexbildnerarten .....	113
5.5.3	Zusätze .....	114
5.5.4	Prinzipien der Elektrolytformulierung .....	116
<b>6</b>	<b>Elektrodenvorgänge .....</b>	<b>120</b>
6.1	Stoffumsatz .....	120
6.1.1	Elektrochemische Reaktionen .....	120
6.1.2	Stöchiometrie und Faradaysche Gesetze .....	121
6.1.3	Mitabscheidung von Stoffen, Stromausbeute .....	122
6.1.4	Schichtdicke, Expositionszeit, Stromdichte .....	124
6.2	Energieumsatz .....	125
6.2.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie und umgekehrt .....	125
6.2.2	Nernstsche Gleichung .....	126
6.2.3	Überspannung, Polarisierung .....	127
6.3	Strom-Spannungs-Beziehungen .....	127
<b>7</b>	<b>Galvanotechnische Elektrolyteigenschaften .....</b>	<b>136</b>
7.1	Allgemeine Eigenschaften .....	136
7.2	Dichte .....	136
7.3	Transporteigenschaften .....	137
7.4	Streufähigkeit .....	138
7.5	Mikrostreufähigkeit, Einebnung, Rauheit .....	142
7.6	Potenzial-pH-Diagramme (Pourbaix-Diagramme) .....	146
7.7	Spezifische Wärmekapazität .....	148

<b>8 Kathodische Reaktion</b> .....	150
8.1 Metallabscheidung .....	150
8.1.1 Abscheidung aus wässrigen Elektrolyten .....	152
8.1.1.1 Allgemeine Gesetzmäßigkeiten – Elektrokristallisation, Substrateinfluss, Inhibition, Stromdichte- und Röhreinfluss .....	152
8.1.1.2 Die Metalle Indium, Thallium, Zinn, Blei, Antimon, Bismut, Arsen .....	178
8.1.1.3 Die Metalle Kupfer, Silber, Gold .....	181
8.1.1.4 Die Metalle Zink und Cadmium .....	183
8.1.1.5 Die Metalle Eisen, Cobalt, Nickel .....	185
8.1.1.6 Die Metalle Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium, Platin .....	187
8.1.1.7 Die Metalle Chrom, Mangan und Rhenium .....	188
8.1.2 Abscheidung aus nichtwässrigen Elektrolyten .....	188
8.1.3 Abscheidung aus Schmelzen .....	188
8.2 Wasserstoffabscheidung .....	189
8.3 Reduktion von Organika .....	189
8.4 Legierungsabscheidung .....	190
8.5 Dispersionsschichten .....	194
8.6 Chemisch-reduktive Metallabscheidung .....	195
<b>9 Anodische Oxidation</b> .....	198
9.1 Metallauflösung .....	205
9.2 Sauerstoffabscheidung, Passivität .....	207
9.2.1 Sauerstoffabscheidung .....	207
9.2.2 Passivität .....	207
9.2.3 Anodische Oxidation von Metallen .....	208
9.3 Anodische Oxidation von Organika .....	209
9.4 Anodische Oxidation anderer Ionen .....	209
9.5 Chlorabscheidung .....	210
<b>10 Konversionsschichten</b> .....	212
10.1 Salzsichten .....	213
10.2 Oxidschichten .....	216
10.3 Metallfärben .....	216
10.4 Korrosion .....	217

---

<b>11</b>	<b>Elektrolytverunreinigungen</b> .....	219
11.1	Kontaminationsquellen .....	220
11.2	Anreicherungen .....	232
11.3	Regenerierungen .....	234
<b>12</b>	<b>Spülwässer</b> .....	239
12.1	Allgemeines .....	239
12.2	Anreicherung .....	249
12.3	Stationäre Verhältnisse .....	253
12.4	Mehrfachspülung .....	254
12.5	Ausschleppung, Rückführung und Prozessführung .....	254
12.6	Spülwasserregelung .....	272
12.7	Physikalische Einflüsse auf die Ausschleppung .....	273
12.8	Spülzeit und Badbewegung .....	282
12.9	Direktentgiftung (Tauchentgiftung) .....	284
<b>13</b>	<b>Anlagentechnik</b> .....	290
13.1	Arbeitsraum .....	290
13.1.1	Raumverhältnisse .....	290
13.1.2	Fußboden .....	290
13.1.3	Be- und Entlüftung .....	290
13.1.4	Beleuchtung .....	291
13.1.5	Stromversorgung .....	292
13.1.6	Wasserversorgung .....	292
13.2	Galvanisierapparate und -anlagen .....	294
13.2.1	Arten .....	299
13.2.2	Eintauchgalvanisieren .....	300
13.2.3	Galvanisieren mit Relativbewegung .....	300
13.2.4	Galvanisieren mit intensiver Bewegung .....	301
13.2.5	Partielles Galvanisieren .....	301
<b>14</b>	<b>Prozessführung und Intensivierung</b> .....	306
14.1	Prozessführung .....	306
14.2	Prozessintensivierung .....	307
<b>15</b>	<b>Trocknung</b> .....	331
15.1	Wirkung der Reste der Behandlungslösung .....	331
15.2	Trockenflecke .....	331

15.3	Minimierung der Fremdstoffmasse auf der Oberfläche .....	333
15.4	Trocknungsprozess, Trocknungsanlagen.....	333
<b>16</b>	<b>Schicht- und Bauteileigenschaften .....</b>	<b>339</b>
16.1	Übersicht .....	339
16.2	Grundeigenschaften von Schichten.....	340
16.3	Optisch-dekorative Eigenschaften.....	341
16.4	Mechanische Eigenschaften.....	341
16.5	Chemische und elektrochemische Eigenschaften .....	342
16.6	Elektronische Eigenschaften .....	343
16.7	Spezielle physikalische Eigenschaften.....	343
16.8	Technisch-technologische Eigenschaften.....	344
16.9	Gebrauchseigenschaften.....	345
	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>347</b>