

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur vierten Auflage XI

Einleitung XIII

In memoriam Dr. Peter Maaß XV

Autorenliste XVII

- 1 Die Geschichte der Feuerverzinkung 1**
M. Huckshold
 - 1.1 Geschichtliche Entwicklung von Zink 1
 - 1.2 Die Erfindung der Feuerverzinkung 2
 - 1.3 Der wirtschaftliche Aufstieg der Feuerverzinkung 2
 - Literatur 5

- 2 Theoretische Grundlagen 7**
W.-D. Schulz, M. Huckshold und S. Six
 - 2.1 Korrosionsschutzverfahren 7
 - 2.2 Die Schichtbildung beim Feuerverzinken (Stückverzinken) 10
 - 2.2.1 Allgemeines 10
 - 2.2.2 Einfluss der Stahlzusammensetzung, Schmelzetemperatur und Tauchdauer auf die Schichtbildung in unlegierten Zinkschmelzen 15
 - 2.2.3 Strukturen von Zinküberzügen 19
 - 2.2.4 Allgemeine Theorie der Schichtbildung [9–12] 23
 - 2.2.5 Zinkschmelzen 30
 - 2.2.6 Flüssigmetallinduzierte Spannungsrisskorrosion (LMAC/LME) 34
 - 2.2.7 Schichtausbildung auf Verzinkungskesseln 36
 - 2.3 Korrosionsschutz durch Zinküberzüge 37
 - 2.3.1 Allgemeines 37
 - 2.3.2 Korrosion an der Atmosphäre 42
 - 2.3.3 Korrosion in Wässern 46
 - 2.3.4 Korrosion in Erdböden 49
 - 2.3.5 Korrosion im Betonbau 50

2.3.6	Korrosion in der Landwirtschaft	51
2.3.7	Korrosion in nicht wässrigen Medien	53
2.3.8	Korrosionsverhalten höher legierter Zinküberzüge	53
2.3.9	Korrosionsprüfung	54
	Literatur	54
3	Bau und Ausrüstungen von Feuerverzinkungsanlagen	59
	<i>P. Peißker, M. Huckshold, R. Cramer, C. Kaßner, J. Koglin, P. Kordt, F. Nerat, A. Lüling, N. Prinz und F. Schmelz</i>	
3.1	Anlagenplanung und Ausführung	59
3.1.1	Vorplanung	60
3.1.2	Vorschriften und Genehmigungen	62
3.1.3	Technische Ausrüstungen sowie bauliche und rechtliche Anforderungen	66
3.2	Anlagenlayout und Aufstellungsvarianten	75
3.2.1	Geradliniger Durchlauf	76
3.2.2	Geradliniger Durchlauf mit seitlichem Rüstbereich und Kreisringbahn im Verzinkungsbereich	78
3.2.3	U-Förmiger Durchlauf	79
3.2.4	Längliche Aufstellungsvariante mit Automatikverteilerkran und Tunnelrockner, auch Doppeltauchungen möglich	81
3.2.5	T-förmiger Durchlauf mit getrennten Rüstbereichen und Drehweichen	84
3.3	Innerbetrieblicher Transport	86
3.3.1	Auf- und Abrüststationen	86
3.3.2	Gestelle, Traversen, Hilfsvorrichtungen	86
3.3.3	Krananlagen	91
3.3.4	Fördereinrichtungen	99
3.3.5	Automatisierungstechnik	100
3.4	Anlagen zur Oberflächenvorbereitung und Nachbehandlung	104
3.4.1	Behälter	104
3.4.2	Heizplatten	106
3.4.3	Anlagentechnik zur Prozessoptimierung beim Beizen	107
3.4.4	Einhausung von Vorbereitungsanlagen (gekapselte Systeme)	108
3.4.5	Anlagen für die Aufbereitung von Spülwässern	112
3.4.6	Anlagentechnik zur Flussmittelaufbereitung	113
3.5	Trockenöfen	117
3.6	Verzinkungskessel aus Stahl	120
3.6.1	Verzinkungsöfen für Stahlkessel	123
3.6.2	Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Umwälzbeheizung	125
3.6.3	Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Flächenbrennerbeheizung	126
3.6.4	Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Impulsbrennerbeheizung	127
3.6.5	Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Induktionsbeheizung	128
3.6.6	Verzinkungsöfen für Stahlkessel mit Widerstandsbeheizung	128

- 3.7 Verzinkungsöfen für keramische Kessel 129
- 3.7.1 Verzinkungsöfen für keramische Kessel mit Tauchbrennerbeheizung 130
- 3.7.2 Verzinkungsöfen für keramische Kessel mit Oberflächenbeheizung 131
- 3.7.3 Verzinkungsöfen für keramische Kessel mit Rinneninduktor 132
- 3.8 Verzinkungskesseleinhausungen 133
- 3.8.1 Querstehende Einhausung, stationär 133
- 3.8.2 Querstehende kranverfahrbare Einhausung 135
- 3.8.3 Längsstehende Einhausung 136
- 3.9 Sonstige Ausrüstungen am Verzinkungskessel 137
- 3.9.1 Geräte zur Reinhaltung der Zinkschmelze 137
- 3.9.2 Geräte zum Ziehen von Hartzink und Hartzinkformen 138
- 3.9.3 Zinkpumpen 139
- 3.10 Anlagen zur Luftreinhaltung 141
- 3.10.1 Lüftungssysteme 142
- 3.10.2 Erfassungssysteme 143
- 3.10.3 Rückhaltesysteme 148
- 3.10.4 Saugzuggebläse 160
- 3.10.5 Ableitung der Emissionen 162
- 3.10.6 Filteranlagen 164
- 3.11 Anlagen für Sonderverfahren 164
- 3.11.1 Automatische Kleinteilverzinkungsanlage 164
- 3.11.2 Automatische Roboterschleuderverzinkungsanlagen, Korb- und Gestellverzinkung 167
- 3.11.3 Rohrverzinkungsanlagen 169
- Literatur 170

- 4 Betrieb von Feuerverzinkungsanlagen 173**
P. Peißker, M. Huckshold, R. Cramer, H. Herwig, C. Kaßner, A. Lüling, F. Nerat, N. Prinz und W.-D. Schulz
- 4.1 Wareneingang, Lagerung, Auf- und Abrüstung 174
- 4.1.1 Wareneingang und Lagerung unverzinkter Bauteile 174
- 4.1.2 Auf- und Abrüsten 176
- 4.1.3 Lagern verzinkter Bauteile 177
- 4.2 Technologie der Oberflächenvorbereitung 178
- 4.2.1 Einflussgrößen 178
- 4.2.2 Mechanische Oberflächenvorbereitungsverfahren 183
- 4.2.3 Chemisches Reinigen und Entfetten 185
- 4.2.4 Spülen 195
- 4.2.5 Beizen 198
- 4.2.6 Flussmittelbehandlung 216
- 4.2.7 Trocknen 222
- 4.3 Technologie der Feuerverzinkung 223
- 4.3.1 Verfahrenstechnische Varianten 223

- 4.3.2 Einstellen der Zinkschmelze 230
- 4.3.3 Betriebsweise des Verzinkungskessels 242
- 4.3.4 Der Verzinkungsvorgang 248
- 4.3.5 Nachbehandlung von feuerverzinktem Stahl 252
- 4.3.6 Nacharbeit und Ausbessern 256
- 4.3.7 Kollieren 258
- 4.4 Lagern von Chemikalien und Hilfsstoffen 259
- 4.5 Behandlung von Abfällen 260
 - 4.5.1 Allgemeines 260
 - 4.5.2 Stahl- und Zinkstaub 262
 - 4.5.3 Entfettungslösungen 262
 - 4.5.4 Beizlösungen/Altbeizen 262
 - 4.5.5 Flussmittellösungen 264
 - 4.5.6 Zinkhaltige Abfälle 264
 - 4.5.7 Weitere Abfälle, Reststoffe 265
- 4.6 Umweltschutz 266
 - 4.6.1 Immissionsschutz im Betrieb 268
 - 4.6.2 Wartung und Instandhaltung, Prüfpflichten 269
 - 4.6.3 Praktische Maßnahmen zum Umweltschutz 270
- 4.7 Arbeitssicherheit 273
 - 4.7.1 Gesetzliches Regelwerk im Arbeitsschutz in der Übersicht 273
 - 4.7.2 Lärm und Lärmschutz 276
 - 4.7.3 Arbeitsräume und -bereiche 277
 - 4.7.4 Betriebsanweisungen/Unterweisungen 282
 - 4.7.5 Persönliche Schutzausrüstungen 282
 - 4.7.6 Umgang mit Gefahrstoffen 286
 - 4.7.7 Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz 287
 - 4.7.8 Gesetzliche Beauftragte im Umwelt- und Arbeitsschutz 287
- 4.8 Managementsysteme in Feuerverzinkereien 288
 - 4.8.1 Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001 288
 - 4.8.2 Umsetzung der DIN EN ISO 9001 in Feuerverzinkereien 289
 - 4.8.3 Umweltmanagementsysteme 298
 - 4.8.4 Weitere Managementsysteme 299
- Literatur 300

- 5 Anwendung der Feuerverzinkung 305**
 - M. Huckshold*
 - 5.1 Eigenschaften feuerverzinkter Überzüge 305
 - 5.2 Anwendungsmöglichkeiten und Beispiele für die Feuerverzinkung 309
 - 5.2.1 Allgemeines 309
 - 5.2.2 Metallhandwerk 310
 - 5.2.3 Stahlbau 311
 - 5.2.4 Fassaden 311
 - 5.2.5 Energietechnik 312
 - 5.2.6 Verkehrstechnik 313

5.2.7	Feuerverzinkter Betonstahl	313
5.2.8	Landwirtschaft	313
5.2.9	Maschinenbau	314
5.2.10	Fahrzeugbau	315
5.2.11	Duplex-Systeme	315
5.3	Normen und Regelwerke zum Feuerverzinken	316
5.3.1	DIN EN ISO 1461	316
5.3.2	DIN EN ISO 14713, Teile 1 und 2	317
5.3.3	DAST-Richtlinie 022	319
5.3.4	Feuerverzinkte Verbindungsmittel nach DIN EN ISO 10684	321
5.3.5	Feuerverzinkte Rohre nach DIN EN 10240	321
5.3.6	Feuerverzinkter Betonstahl – Normen und Regelwerke	322
5.3.7	Bandverzinken nach DIN EN 10346 und DIN EN 10143	323
5.3.8	Duplex-Systeme	324
5.3.9	Weitere Regelwerke	326
5.4	Feuerverzinkungsgerechtes Konstruieren und Fertigen	326
5.4.1	Allgemeines	326
5.4.2	Stahlsortenauswahl	328
5.4.3	Oberflächenvorbereitung	330
5.4.4	Grundsätze der baulichen Durchbildung	330
5.4.5	Ausbessern von Fehlstellen	343
5.4.6	Abnahme und Prüfungen	343
5.5	Fehlererscheinungen versus Abweichungen von normativen Vorgaben	343
5.5.1	Überblick zu Fehlererscheinungen an feuerverzinktem Stahl	343
5.5.2	Prüfung der Einhaltung normativer Vorgaben für feuerverzinkte Stähle	345
5.6	Wirtschaftlichkeit der Feuerverzinkung	351
5.6.1	Allgemeines	351
5.6.2	Wirtschaftliche Kriterien bei der Korrosionsschutzwahl	352
5.6.3	Erstschutzkosten	352
5.6.4	Schutzdauer	352
5.6.5	Folge- und Instandsetzungskosten	354
	Literatur	355
6	Beschichten von feuerverzinktem Stahl – Duplex-Systeme	357
	<i>S. Berger und A. Schneider</i>	
6.1	Grundlagen	357
6.2	Oberflächenvorbereitung des Zinküberzuges für die Beschichtung	361
6.2.1	Forderungen an die Oberfläche der zu beschichtenden Zinküberzüge	361
6.2.2	Oberflächenvorbereitungs- und -behandlungsverfahren	362
6.3	Beschichtungsverfahren, Beschichtungsstoffe	366
6.3.1	Flüssigbeschichten und Flüssigbeschichtungsstoffe [2]	366
6.3.2	Pulverbeschichten und Pulverbeschichtungsstoffe [3]	368

6.4	Ausführungsfehler/Qualitätsabweichungen bei Duplex-Systemen	373
6.4.1	Ausführungsfehler Feuerverzinkung/Nachbearbeitung	373
6.4.2	Ausführungsfehler Oberflächenvorbereitung des Zinküberzuges	377
6.4.3	Ausführungsfehler Beschichtung	379
6.4.4	Schadensfälle ohne eindeutige Ursachenzuordnung	382
	Literatur	383

Anhang A Normenliste 385

Anhang B Übersicht gesetzlicher Regelwerke 393

**Anhang C Arbeitshilfe zum Übergang von der ISO 9001:2008
auf die ISO 9001:2015** 405

**Anhang D Physikalische Metallkonstanten der für die Feuerverzinkerei
wichtigen Metalle** 411

**Anhang E Spezifische Schnellprüfmethoden zur Ermittlung der Art
des Überzugmetalls und der Rohstoffe** 415

**Anhang F Formeln und Molekularmassen von Verbindungen
für die Feuerverzinkerei** 417

Stichwortverzeichnis 421