

## Inhaltsverzeichnis

**Vorwort zur vierten Auflage XI**

**Einleitung XIII**

**In memoriam Dr. Peter Maaß XV**

**Autorenliste XVII**

<b>1</b>	<b>Die Geschichte der Feuerverzinkung 1</b>
	<i>M. Huckhold</i>
1.1	Geschichtliche Entwicklung von Zink 1
1.2	Die Erfindung der Feuerverzinkung 2
1.3	Der wirtschaftliche Aufstieg der Feuerverzinkung 2
	Literatur 5
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen 7</b>
	<i>W.-D. Schulz, M. Huckhold und S. Six</i>
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
<b>3</b>	<b>Bau und Ausrüstungen von Feuerverzinkungsanlagen</b>	<b>59</b>
	<i>P. Peißker, M. Huckhold, R. Cramer, C. Käßner, 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 Tunneltrockner, 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	Einhäusung 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
<b>4</b>	<b>Betrieb von Feuerverzinkungsanlagen</b>	<b>173</b>
	<i>P. Peißker, M. Huckhold, R. Cramer, H. Herwig, C. Käßner, A. Lüling, F. Nerat, N. Prinz und W.-D. Schulz</i>	
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	Flüssmittelbehandlung	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	Flüssmittellösungen	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
<b>5</b>	<b>Anwendung der Feuerverzinkung</b>	<b>305</b>
	<i>M. Huckhold</i>	
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	DAS-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	Erstschatzkosten	352
5.6.4	Schutzdauer	352
5.6.5	Folge- und Instandsetzungskosten	354
	Literatur	355
<b>6</b>	<b>Beschichten von feuerverzinktem Stahl – Duplex-Systeme</b>	<b>357</b>
	<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

X | *Inhaltsverzeichnis*

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
<b>Anhang A Normenliste</b>		385
<b>Anhang B Übersicht gesetzlicher Regelwerke</b>		393
<b>Anhang C Arbeitshilfe zum Übergang von der ISO 9001:2008 auf die ISO 9001:2015</b>		405
<b>Anhang D Physikalische Metallkonstanten der für die Feuerverzinkerei wichtigen Metalle</b>		411
<b>Anhang E Spezifische Schnellprüfmethoden zur Ermittlung der Art des Überzugmetalls und der Rohstoffe</b>		415
<b>Anhang F Formeln und Molekularmassen von Verbindungen für die Feuerverzinkerei</b>		417
<b>Stichwortverzeichnis</b>		421