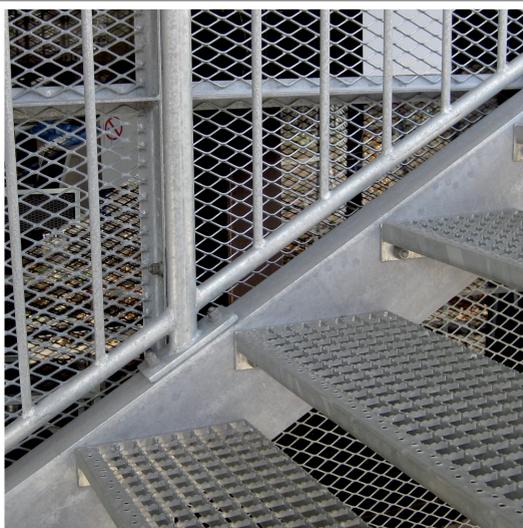


Wolf-Dieter Schulz
Marc Thiele

Feuerverzinken von Stückgut

Werkstoffe – Technologien – Schichtbildung – Eigenschaften – Fehler



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
2	Die Werkstoffe Stahl und Zink, Flussmittel	12
2.1	Bezeichnung der Metalle nach europäischen Normen	13
2.1.1	Stahl	13
2.1.2	Gusseisen	18
2.1.3	Zink	18
2.2	Eigenschaften der Metalle Eisen (Fe) und Zink (Zn) und der Legierungen FeZn	19
2.2.1	Werkstoffaufbau	20
2.2.2	Legierungselemente im Stahl	24
2.2.2.1	Silizium, Phosphor, Mangan und Aluminium	24
2.2.2.2	Wasserstoff	28
2.3	Zinkschmelzen	30
2.3.1	Konventionelle Zinkschmelzen	31
2.3.2	Legierte Zinkschmelzen	31
2.4	Flussmittel	37
2.4.1	Basis $\text{ZnCl}_2/\text{NH}_4\text{Cl}$	38
2.4.2	Basis $\text{ZnCl}_2/\text{NaCl}/\text{KCl}$	41
3	Technologie der Feuerverzinkung	42
3.1	Verfahrenstechnische Varianten	42
3.1.1	Kontinuierliches Feuerverzinken von Bandstahl und Stahldraht	42
3.1.2	Stückverzinken	45
3.1.3	Sonderverfahren	45
3.2	Technologische Besonderheiten des Stückverzinkens	46
4	Schichtwachstum	51
4.1	Konventionelle Zinkschmelze	51
4.1.1	Untersuchungen	55
4.1.2	Einfluss der Verzinkungstemperatur bis 550 °C und der Tauchdauer	56

4.1.3	Einfluss einer Wärmebehandlung der Stähle vor dem Verzinken	64
4.1.4	Verzinken von elektrochemisch abgeschiedenen Reineisenschichten	67
4.1.5	Verzinkungsverhalten von Stahl mit Wasserstoff-Traps (Emaillierstahl)	68
4.1.6	Verzinken bei 580 °C bis 620 °C	69
4.1.7	Weitere Untersuchungen	69
4.2	Legierte Zinkschmelzen	72
5	Schichtaufbau	77
5.1	Konventionelle Zinkschmelze	77
5.2	Legierte Zinkschmelzen	87
5.3	Schichtaufbau auf Verzinkungskesseln	89
6	Wasserstoffbestimmung in Baustählen	91
7	Der Verzinkungsvorgang in konventionellen Zinkschmelzen zwischen 435 °C und 620 °C	95
7.1	Gesamtübersicht	95
7.2	Einzelne Temperaturbereiche	96
7.2.1	Normaltemperaturbereich zwischen 435 °C und 490 °C	96
7.2.2	Temperaturbereich zwischen 490 °C und 530 °C	103
7.2.3	Hochtemperaturbereich zwischen 530 °C und 620 °C	103
8	Einfluss der Schichtbildung auf ausgewählte Schichteigenschaften	106
8.1	Haftfestigkeit	106
8.1.1	Überzüge aus unlegierten ZnPb-Schmelzen	106
8.1.2	Überzüge aus legierten Zinkschmelzen	110
8.2	Flüssigmetallinduzierte Spannungsrisskorrosion (LME)	110
8.3	Ausgasungen aus Zinküberzügen	120
8.4	Zinkblumen	123
9	Beispiele aus der Industrieberatung	126
9.1	Aufbau und Struktur von Zinküberzügen	127
9.1.1	Spaltbildung zwischen Stahlgrundwerkstoff und Zinküberzug	127
9.1.2	Bleianreicherungen	129
9.1.3	Schwundrisse im Zinküberzug	131
9.1.4	Brennschnittflächen	132
9.1.5	Zinnanreicherungen zwischen ζ - und η -Phase	134
9.1.6	Mischstrukturen	136

9.1.6.1	Sandelin-Gefüge neben Niedrigsilizium-Gefüge auf Niedrigsilizium-Stahl als Folge eines grenzwertigen Siliziumgehaltes im Stahl	138
9.1.6.2	Sandelin-Gefüge neben Niedrigsilizium-Gefüge auf Niedrigsilizium-Stahl als Folge eines erhöhten Phosphorgehaltes	139
9.1.6.3	Mischgefüge auf Sebisty-Stahl	140
9.1.6.4	Verstärktes Schichtwachstum auf Niedrigsilizium-Stahl auf mechanisch beeinflussten Oberflächenbereichen	142
9.1.6.5	Verstärktes Schichtwachstum auf mechanisch erzeugten Schnittflächen (keine Brennschnittkanten) bei Niedrigsilizium-Stahl	144
9.1.7	Schichtaufbau auf gestrahlten Stahloberflächen	145
9.2	Fehler und Besonderheiten bei der Schichtbildung	147
9.2.1	Unverzinkte Stellen (schwarze Stellen)	147
9.2.2	Hohlräume und Gardinenbildung	149
9.2.3	Risse und Abplatzungen	151
9.2.4	Fehler im Zusammenhang mit Zinn-, Bismut- und Bleizusatz zur Zinkschmelze	155
9.2.4.1	Flüssigmetallinduzierte Spannungsrisskorrosion (LME)	155
9.2.4.2	Graue, unterschiedlich dicke Überzüge trotz Zinnzusatz	157
9.2.4.3	Aufspaltung an den Phasengrenzen der δ_1 -Phase	158
9.2.5	Versprödung innerer Phasen	160
9.2.6	Pickel im Überzug als Folge von Hartzinkeinlagerungen	162
9.2.7	Blasen zwischen Stahloberfläche und Zinküberzug	163
9.2.8	Abplatzungen durch unsachgemäßes Sweepen	165
9.2.9	Ausgasen von Zinküberzügen	167
10	Vor- und Nachteile ausgewählter Zinkschmelzen	169
11	Korrosionsschutz durch Zinküberzüge	175
11.1	Allgemeines	175
11.2	Korrosion an der Atmosphäre	180
11.3	Korrosion in Wässern	183
11.3.1	Trinkwasser	183
11.3.2	Meerwasser	185
11.3.3	Brauchwasser	186

11.4 Korrosion in Erdböden	187
11.5 Korrosion im Bauwesen und Beton	188
11.6 Korrosion in der Landwirtschaft	189
11.7 Korrosion in nichtwässrigen Medien	191
11.8 Korrosionsprüfung	191
11.9 Duplexsysteme	192
12 40 Fragen und 40 Antworten	193
13 Literatur	212
14 Sachwortverzeichnis	219
Anzeigenteil	233