

Inhalt

Vorwort	V
1 Werkstoffe und Hilfsstoffe	1
2 Struktur und Eigenschaften der Metalle	3
2.1 Atomarer Aufbau, Kristallsysteme, Gitterfehler	3
2.1.1 Das Atom	3
2.1.2 Die atomaren Bindungsarten	4
2.1.3 Kristallsysteme	8
2.1.4 Polymorphie	16
2.1.5 Reale Kristalle und Gitterfehler	17
2.1.6 Korngrenzen und Korngefüge	20
2.2 Verformung, Festigkeit und Bruch	25
2.2.1 Die elastische Verformung	25
2.2.2 Die plastische Verformung	27
2.2.3 Festigkeit und Festigkeitslehre	31
2.2.4 Das Bruchverhalten	39
2.2.5 Das Werkstoffverhalten bei tieferen und höheren Temperaturen	43
2.3 Strukturänderungen im festen Zustand	45
2.3.1 Erholung und Rekristallisation	45
2.3.2 Die Diffusion	48
2.4 Physikalische Eigenschaften	54
2.4.1 Elastische Eigenschaften	54
2.4.2 Elektrische Eigenschaften	62
2.4.3 Thermische Eigenschaften	63
2.4.4 Magnetische Eigenschaften	66
3 Die Kristallisation der Schmelze	69
3.1 Die Schmelze	69
3.2 Die Erstarrung	70
3.3 Abkühlung auf Raumtemperatur; Phasenumwandlungen	73
4 Die Phasenzustände metallischer Legierungen (Zustandsdiagramme)	75
4.1 Reine Metalle und Legierungen	75
4.2 Abkühlungskurven	76
4.3 Die Zustandsdiagramme	78
4.3.1 System mit Unlöslichkeit im festen Zustand	80

4.3.2	System mit völliger Löslichkeit im festen Zustand	.82
4.3.3	System mit teilweiser Löslichkeit im festen Zustand	.83
4.3.4	System mit intermetallischen Phasen und Verbindungen	.87
4.3.5	Zustandsdiagramme von Dreistofflegierungen	.88
4.4	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	.89
4.4.1	Das stabile Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	.89
4.4.2	Das metastabile Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	.91
4.4.3	Die Gefüge der Eisenwerkstoffe	.93
4.4.4	Abkühlungs- und Aufheizbeispiele	.97
4.4.5	Die Wirkung weiterer Legierungselemente	.98
5	Stahl und Gusseisen	.103
5.1	Die Gewinnung von Stahl und Eisen	.103
5.1.1	Reduktion der Eisenerze	.105
5.1.2	Die Stahlerzeugung	.107
5.1.3	Die Sekundärmetallurgie	.110
5.1.4	Die Gießtechnologie	.114
5.1.5	Erstarrungsbedingte Gefügefehler	.115
5.2	Einteilung der Stähle und Benennung	.117
5.2.1	Die Einteilung der Stähle	.117
5.2.2	Normgerechte Benennung von Stahl und Gusseisen	.120
5.2.2.1	Stahlkurznamen	.120
5.2.2.2	Gusseisenkurznamen	.124
5.2.2.3	Werkstoffnummern	.125
5.3	Unlegierte Stähle für allgemeine Verwendung	.126
5.3.1	Allgemeine Baustähle	.126
5.3.2	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle	.128
5.3.3	Automatenstähle	.130
5.3.4	Wetterfeste Baustähle	.131
5.3.5	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse (Feinbleche)	.132
5.3.6	Rohrstähle	.133
5.3.7	Druckbehälterstähle	.134
5.3.8	Weitere Stahlgruppen	.134
5.4	Für Wärmebehandlungen vorgesehene Stähle	.135
5.4.1	Nicht festigkeitserhöhende Wärmebehandlungen (Glühen)	.137
5.4.1.1	Weichglühen	.138
5.4.1.2	Normalglühen	.139
5.4.1.3	Rekristallisationsglühen	.140
5.4.1.4	Spannungsarmglühen	.141
5.4.1.5	Diffusionsglühen	.142
5.4.1.6	Grobkornglühen	.142
5.4.2	Festigkeitserhöhende Wärmebehandlungen	.142
5.4.2.1	Härten	.142
5.4.2.2	Härtungsgefüge der Perlitstufe	.144
5.4.2.3	Der Bainit	.144
5.4.2.4	Der Martensit	.145
5.4.2.5	Die kritische Abkühlgeschwindigkeit	.148

5.4.2.6	Abschreck-Eigenspannungen und Verzug	150
5.4.3	Die Härbarkeit der Stähle	152
5.4.3.1	ZTU-Schaubilder	152
5.4.3.2	Der Stirnabschreckversuch	155
5.4.4	Anlassen und Vergüten	158
5.4.5	Begriffe aus der Praxis des Härten	160
5.4.6	Vergütungsstähle	161
5.4.7	Randschicht- (Oberflächen-)härten	162
5.4.7.1	Flammhärten	162
5.4.7.2	Induktionshärten	163
5.4.7.3	Die Einhärtungstiefe	164
5.4.8	Einsatzhärten	165
5.4.8.1	Die Einsatzhärtungstiefe	168
5.4.8.2	Stähle für das Einsatzhärten: „Einsatzstähle“	169
5.4.9	Nitrieren	169
5.4.10	Borieren	172
5.5	Werkzeugstähle	174
5.5.1	Kaltarbeitsstähle	174
5.5.2	Warmarbeitsstähle	176
5.5.3	Schnellarbeitsstähle	179
5.5.4	Wälzlagerstähle	181
5.6	Nichtrostende Stähle	182
5.6.1	Ferritische nichtrostende Stähle	184
5.6.2	Martensitische nichtrostende Stähle	185
5.6.3	Austenitische nichtrostende Stähle	186
5.6.4	Das Schweißen nichtrostender Stähle	188
5.7	Hochfeste Stähle	190
5.8	Eisen-Gusswerkstoffe	191
5.8.1	Graues Gusseisen mit Lamellengraphit	192
5.8.2	Gusseisen mit Kugelgraphit	196
5.8.3	Tempergusseisen	198
5.8.4	Stahlguss	200
6	Nichteisenmetalle	203
6.1	Benennung der NE-Metalle	203
6.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	204
6.2.1	Herstellung, Verarbeitung, Recycling	205
6.2.2	Physikalische und chemische Eigenschaften	209
6.2.3	Reinaluminium und naturharte Legierungen	210
6.2.4	Aushärtbare Aluminiumlegierungen	212
6.2.5	Aluminium-Gusslegierungen	217
6.3	Magnesium, Titan, Beryllium	220
6.3.1	Magnesium und Magnesiumlegierungen	220
6.3.2	Titan und Titanlegierungen	222
6.3.3	Beryllium	224
6.4	Kupfer und Kupferlegierungen	225

6.4.1	Herstellung, Verarbeitung, Recycling	.226
6.4.2	Reinkupfer	.227
6.4.3	Kupferlegierungen	.228
6.5	Weitere Metalle	.231
6.5.1	Edelmetalle	.232
6.5.2	Hochschmelzende Metalle	.232
6.5.3	Niedrig schmelzende Metalle	.233
6.5.4	Sonstige Metalle	.234
6.6	Lotwerkstoffe	.235
7	Sinter- und Lagerwerkstoffe	.237
7.1	Sinterwerkstoffe	.237
7.2	Lagerwerkstoffe	.241
8	Schneidstoffe	.243
9	Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde	.249
9.1	Verbundwerkstoffe	.250
9.2	Werkstoffverbunde	.252
10	Keramische Werkstoffe	.255
10.1	Herstellung	.256
10.2	Oxidkeramik	.257
10.3	Nichtoxidische Keramik	.258
10.4	Glas und Glaskeramik; Kohlenstoff	.260
11	Oberflächentechnik	.263
11.1	Die metallische Oberfläche	.264
11.2	Metallische Oberflächenbeschichtungen	.265
11.3	Konversionsschichten	.266
11.4	Hartstoffbeschichtungen	.266
12	Korrosion und Korrosionsschutz	.271
12.1	Chemische Korrosion	.272
12.2	Elektrochemische Korrosion	.272
12.3	Korrosionsarten und Korrosionsprüfung	.276
12.4	Korrosionsschutz	.281
13	Werkstoffprüfung	.287
13.1	Zerstörende Prüfverfahren	.290
13.1.1	Härteprüfung	.290
13.1.2	Festigkeitsprüfung mit zügiger Belastung	.297
13.1.3	Festigkeitsprüfung mit schlagartiger Belastung	.308
13.1.4	Festigkeitsprüfung mit sehr langsamer Dehnung (Zeitstandversuch)	.311
13.1.5	Festigkeitsprüfung mit schwingender Belastung	.312

13.1.6	Technologische Prüfverfahren	.318
13.1.7	Die Gefügeprüfung (Metallographie)	.319
13.1.8	Die Materialanalyse	.322
13.2	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	.324
13.2.1	Die Prüfung mit Röntgen- und Gammastrahlen	.324
13.2.2	Die Prüfung mit Ultraschall	.327
13.2.3	Die Rissprüfung	.330
13.2.4	Physikalische Prüfverfahren	.332
14	Werkstoffwahl in der Prozesskette „Produktentwicklung“	.335
14.1	Entwicklungsmethodik	.335
14.2	Der zeitliche Ablauf der Produktentwicklung	.336
14.3	Werkstoffwahl und Werkstoffgruppen	.350
Antworten zu den Aufgaben		.355
Vertiefende Literatur		.363
Sachverzeichnis		.365