

Inhaltsverzeichnis

1	Systematisierung der Werkstoffe	1
	Literatur	9
2	Stahl – der Werkstoff	11
2.1	Was ist Stahl?	11
2.2	Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	13
2.3	Bezeichnungssystem und Einteilung der Stähle	15
2.4	Ausgewählte Stähle und Sonderwerkstoffe	25
2.4.1	Qualitätsstähle	25
2.4.2	Nichtrostende Edelstähle	31
2.4.3	Werkzeugstähle (Kaltarbeitsstähle, Warmarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle)	40
2.4.4	Edelbaustähle (Vergütungs-, Einsatz- und Nitrierstähle)	47
2.4.5	Nickel- und Sonderwerkstoffe	53
2.4.6	Sonstige Stähle	58
	Literatur	65
3	Legierungselemente und Stahleigenschaften	67
3.1	Eigenschaften von Stahl	68
3.1.1	Physikalische Eigenschaften	68
3.1.2	Mechanisch-technische Eigenschaften	69
3.1.3	Technologische Eigenschaften	70
3.1.4	Chemisch-technische Eigenschaften	72
3.1.5	Umwelteigenschaften	73
3.2	Grundlagen der Legierungstechnik	73
3.3	Chemische Elemente im Stahl sowie deren Wirkung auf die Stahleigenschaften	78
3.3.1	Gasförmige Elemente	78
3.3.2	Feste Elemente – Nichtmetalle	80

3.3.3	Feste Elemente – Halbmetalle	83
3.3.4	Feste Elemente – Metalle	86
3.3.5	Begleit- bzw. Spurenelemente	107
	Literatur	109
4	Stahlherstellung	111
4.1	Aus der Geschichte des Stahls	111
4.2	Stahlerzeugung	122
4.2.1	Hochofen-Konverter-Route	123
4.2.2	Sonstige Eisenerz-Reduktionsverfahren	125
4.2.3	Elektrostahlerzeugung	126
4.3	Nachbehandlung von Stahl	129
4.3.1	Pfannenmetallurgie	130
4.3.2	Umschmelzverfahren	134
4.4	Urformen/Gießen	138
4.4.1	Grundlagen des Gießens von Stahl	138
4.4.2	Blockguss	141
4.4.3	Strangguss	145
	Literatur	152
5	Umformen	153
5.1	Grundlagen der Metallformung	154
5.2	Umformverfahren	156
5.2.1	Schmieden	158
5.2.1.1	Grundlagen	158
5.2.1.2	Freiformschmieden	166
5.2.1.3	Gesenkschmieden	167
5.2.1.4	Prägen	169
5.2.2	Fließpressen	172
5.2.3	Strangpressen	174
5.2.4	Walzen	176
5.2.4.1	Grundlagen des Walzens	176
5.2.4.2	Walzverfahren	178
5.2.5	Tiefziehen	200
5.2.6	Hydroforming-Verfahren	202
5.2.7	Innen-Hochdruck-Umformen	202
5.2.8	Hochenergie-Umformen	203
5.2.9	Ziehen	204
5.2.9.1	Drahtziehen	205
5.2.9.2	Stabziehen	218
5.2.9.3	Rohrziehen	219
5.2.9.4	Walzziehen	220

5.2.10	Sonderformgebungsverfahren	221
5.2.10.1	Pulvermetallurgie	222
5.2.10.2	Additive Verfahren (3D-Druck)	227
Literatur.	231
6	Wärmebehandlung von Stahl	233
6.1	Vorbemerkung	233
6.2	Wärmebehandlungsarten	238
6.2.1	Normalglühen	238
6.2.2	Weichglühen	240
6.2.3	Rekristallisationsglühen	243
6.2.4	Diffusionsglühen	245
6.2.5	Lösungsglühen	246
6.2.6	Spannungsarmglühen	246
6.2.7	Härten	247
6.2.7.1	Umwandlungshärten	248
6.2.7.2	Anlassen	249
6.2.8	Ausscheidungshärten	251
6.2.9	Kaltverfestigen	252
6.2.10	Presshärten	253
6.3	Anlagen zur Wärmebehandlung	254
Literatur.	258
7	Werkstoffprüfung	259
7.1	Grundlagen	259
7.2	Zerstörende Prüfungen	262
7.2.1	Zugversuch	263
7.2.2	Härteprüfung	267
7.2.3	Kerbschlagbiegeversuch	272
7.2.4	Analysemethoden für Stahl	275
7.2.4.1	Röntgen-Fluoreszenz-Analyse	276
7.2.4.2	Optische Emissions-Spektrometrie	278
7.2.4.3	Verbrennungsanalyse	281
7.2.5	Metallografie	283
7.3	Zerstörungsfreie Prüfungen	286
7.3.1	Ultraschallprüfung	287
7.3.2	Wirbelstromprüfung	293
7.3.3	Sichtprüfung	298
7.3.4	Eindringprüfung	299
7.3.5	Magnetpulverprüfung	300
7.3.6	Rauheitsmessung	303
7.4	Prüfen und Messen	306
Literatur.	310

8	Verfahren der Fertigungstechnik	311
8.1	Fügen	312
8.1.1	Stoffschlüssige Verbindungen	312
8.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	315
8.1.3	Formschlüssige Verbindungen	317
8.1.4	Fügen durch Einpressen, Gießen, Umformen	318
8.2	Beschichten	321
8.2.1	Nichtmetallische Beschichtungen	324
8.2.2	Metallische Beschichtungen	325
8.2.2.1	Schmelztauchbeschichten	326
8.2.2.2	Galvanisieren	327
8.2.2.3	Thermisches Spritzen	329
8.2.2.4	Aufdampfen (Sputtern)	332
8.2.2.5	Plattieren	333
8.3	Spanende Bearbeitung	333
8.3.1	Grundlagen	334
8.3.2	Drehen	340
8.3.3	Fräsen	344
8.3.4	Hobeln, Stoßen	346
8.3.5	Schälen	347
8.3.6	Schleifen	349
8.3.7	Bohren	354
8.3.8	Erodieren	358
8.3.9	Feinbearbeiten	360
8.3.10	Bearbeiten von Stabenden	363
8.4	Trennen	365
8.4.1	Schneiden	366
8.4.2	Sägen	367
8.4.3	Trennschleifen	367
8.4.4	Wasserstrahlschneiden	369
8.4.5	Thermisches Trennen	370
	Literatur	373
9	Adjustage	375
9.1	Oberflächenbehandeln	376
9.2	Richten	378
9.3	Fertigmachen, Verpacken und Versand	382
	Literatur	386
10	Nebenprodukte und Abfälle	387
10.1	Grundlagen	387
10.2	Abgas	390
10.3	Schrott	390

10.4 Schlacke	394
10.5 Sonstige Wertstoffe und Abfälle	398
Literatur	403
11 Stahl im Alltag	405
Literatur	425
12 Stahl in der Zukunft	427
Literatur	429
13 Zeittafel zu Eisen und Stahl	431
Literatur	434
Glossar	435
Weiterführende Literatur	503
Stichwortverzeichnis	505