

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Historische Entwicklung der Werkstoffe	1
1.2	Werkstoffbegriff	2
1.3	Herausbildung von Werkstoffwissenschaft und -technik	2
1.4	Werkstoffverbrauch und Werkstoffvorräte	3
1.5	Werkstoffe und Energie	6
1.6	Einteilung der Werkstoffe	7
2	Anforderungen an die Werkstoffe	11
2.1	Aufgaben	11
2.2	Eigenschaften	12
3	Bezeichnung der Werkstoffe	14
3.1	Allgemeines zur Normung der Werkstoffe	14
3.2	Metallische Werkstoffe	15
3.2.1	Bezeichnungssysteme für Stähle	15
3.2.1.1	Kurznamen	15
3.2.1.2	Werkstoffnummern	20
3.2.2	Bezeichnungssysteme für Gußeisen	21
3.2.2.1	Kurzzeichen	21
3.2.2.2	Werkstoffnummern	23
3.2.3	Nichteisenmetalle	24
3.2.3.1	Kurzzeichen	24
3.2.3.2	Werkstoffnummern	25
3.3	Nichtmetallische Werkstoffe	26
3.3.1	Organisch-hochpolymere Werkstoffe	26
3.3.2	Silicattechnische Werkstoffe	27
4	Grundlagen der Werkstoffverarbeitung und -anwendung	29
4.1	Aufbau der Werkstoffe	29
4.1.1	Aufbau des freien Atoms	30
4.1.2	Bindungen in Festkörpern	32
4.1.2.1	Ionen- oder heteropolare Bindung	32
4.1.2.2	Atom- oder kovalente Bindung (homöopolare Bindung)	33
4.1.2.3	Metallische Bindung	33
4.1.2.4	Nebenvalenzbindungen	34
4.1.3	Entstehung der festen Körper	34
4.1.4	Strukturen kristalliner Metalle und Legierungen	37
4.1.5	Strukturen hochpolymerer Werkstoffe	44
4.1.6	Realstruktur kristalliner Festkörper	47
4.1.7	Gefüge	53

4.2	Zustandsdiagramme	56
4.2.1	Zustandsdiagramm eines Zweistoffsystems mit vollständiger Mischbarkeit der Komponenten im flüssigen und festen Zustand	62
4.2.2	Zustandsdiagramm eines Zweistoffsystems mit vollständiger Mischbarkeit der Komponenten im flüssigen und Nichtmischbarkeit im festen Zustand	64
4.2.3	Zustandsdiagramm eines Zweistoffsystems mit vollständiger Mischbarkeit der Komponenten im flüssigen und beschränkter Mischbarkeit im festen Zustand	66
4.2.4	Weitere Zustandsdiagramme von Zweistoffsystmen mit Dreiphasenreaktionen	67
4.2.5	Realdiagramme	68
4.2.6	Zustandsdiagramme von Dreistoffsystmen	69
4.3	Diffusion	73
5	Eigenschaften der Werkstoffe und ihre Prüfung	80
5.1	Festigkeit und Zähigkeit bei statischer Beanspruchung	80
5.1.1	Zugversuch bei Raumtemperatur	80
5.1.2	Festigkeit und Plastizität	86
5.1.2.1	Elastische (reversible) Verformungen	89
5.1.2.2	Plastische (bleibende) Verformungen	91
5.1.2.3	Bruchvorgänge	98
5.1.2.4	Grundzüge der Zähigkeitsprüfung und der Bruchmechanik	109
5.1.2.4.1	Versuche mit Kleinproben	110
5.1.2.4.2	Versuche mit bauteilähnlichen Proben	114
5.1.2.4.3	Versuche an Bauteilen oder Bauwerken	115
5.1.2.4.4	Bruchmechanik	115
5.1.3	Beeinflussung der Festigkeit durch Strukturfehler	125
5.1.3.1	Festigkeitssteigerung durch gelöste Fremdatome	126
5.1.3.2	Festigkeitssteigerung durch Versetzungen	131
5.1.3.3	Festigkeitssteigerung durch Korngrenzen und Phasengrenzen	133
5.1.3.4	Festigkeitssteigerung durch Teilchen	135
5.1.3.5	Kombination der Mechanismen zur Festigkeitssteigerung	137
5.1.3.6	Einfluß der Strukturfehler auf die Zähigkeit	138
5.1.4	Weitere Verfahren zur Prüfung von Festigkeit und Zähigkeit	140
5.1.4.1	Druckversuch	140
5.1.4.2	Biegeversuch	141
5.1.4.3	Härteprüfungen	143
5.1.4.3.1	Statische Härteprüfverfahren	144
5.1.4.3.2	Dynamische Härteprüfverfahren	150
5.2	Werkstoffverhalten bei erhöhten Temperaturen	151
5.2.1	Kristallerholung und Rekristallisation	151
5.2.2	Kriechen	154
5.3	Werkstoffverhalten bei zyklischer Beanspruchung	161
5.3.1	Untersuchung des Ermüdungsverhaltens	162
5.3.2	Dauerfestigkeitsschaubilder	166
5.3.3	Eigenspannungen	170
5.3.4	Vorgänge im Werkstoff bei zyklischer Beanspruchung	176
5.3.4.1	Herausbildung der Ermüdungsstruktur (anrißfreie Phase)	177

5.3.4.2	Bildung von Anrissen (Rißentstehung)	182
5.3.4.3	Ausbreitung von Rissen	184
5.3.4.4	Schwingbruch	187
5.3.5	Einflüsse auf das Werkstoffverhalten bei zyklischer Beanspruchung	188
5.3.5.1	Einfluß von Kerben	188
5.3.5.2	Einfluß von Eigenspannungen	191
5.3.5.3	Einfluß von Form und Größe	192
5.3.5.4	Einfluß der Umgebung	193
5.3.5.5	Einfluß korrosiver Medien	193
5.3.5.6	Weitere Einflüsse auf das Werkstoffverhalten bei zyklischer Beanspruchung	200
5.3.6	Änderung von mechanischen Eigenschaften infolge zyklischer Beanspruchung	200
5.3.7	Nachweis von Ermüdungsschäden und Schadensakkumulation	201
5.3.8	Betriebsfestigkeit	204
5.3.9	Thermische Ermüdung	208
5.3.10	Verhalten von hochpolymeren Werkstoffen bei zyklischer Beanspruchung	209
5.4	Werkstoffverhalten bei Verschleißbeanspruchung	209
5.4.1	Verschleißbegriff	209
5.4.2	Verschleißmechanismen und Verschleißerscheinungsformen	212
5.4.2.1	Adhäsion	213
5.4.2.2	Abrasion	214
5.4.2.3	Oberflächenzerrüttung	217
5.4.2.4	Tribochemische Reaktionen	217
5.4.3	Verschleißarten	218
5.4.4	Verschleißprüfung	220
5.4.5	Verschleiß-Meßgrößen	221
6	Einfluß der Werkstofferzeugung auf die Eigenschaften von Bauteilen	227
6.1	Werkstofferzeugung	227
6.2	Auswirkungen von Gasen auf die Stahleigenschaften	231
6.2.1	Sauerstoff	232
6.2.2	Stickstoff	233
6.2.3	Wasserstoff	237
6.3	Auswirkungen von nichtmetallischen Verunreinigungen auf die Stahleigenschaften	241
7	Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe	249
7.1	Aufgaben der Wärmebehandlung	249
7.2	Aushärten	250
7.3	Umwandlungsvorgänge beim Erwärmen und Abkühlen von Eisenwerkstoffen	253
7.3.1	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	253
7.3.2	Vorgänge beim Erwärmen - Zeit-Temperatur-Austenitisierungs-Schaubilder	260
7.3.3	Vorgänge beim Abkühlen - Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubilder	264
7.3.4	Vorgänge beim Anlassen	276

7.3.5	Einfluß der Gefügeausbildung auf die mechanischen Eigenschaften von Stahl	277
7.4	Wärmebehandlungsverfahren	282
7.4.1	Allgemeiner Verfahrensablauf	282
7.4.2	Einfluß der Ofenatmosphäre bei der Wärmebehandlung	284
7.4.3	Wärmebehandlungsverfahren für Stahl und Gußeisen	285
7.4.3.1	Glühverfahren	285
7.4.3.1.1	Glühen auf kugelige Carbide und Weichglühen	285
7.4.3.1.2	Normalglühen	288
7.4.3.1.3	Spannungsarmglühen	290
7.4.3.1.4	Grobkornglühen	291
7.4.3.1.5	Diffusionsglühen	291
7.4.3.2	Härten	291
7.4.3.2.1	Härtbarkeit	291
7.4.3.2.2	Austenitisieren	294
7.4.3.2.3	Abschrecken	295
7.4.3.2.4	Spannungen und Rißempfindlichkeit beim Härten	297
7.4.3.2.5	Härteverfahren	298
7.4.3.3	Vergüten	302
7.4.3.4	Bainitisieren	305
7.4.4	Wärmebehandlungsverfahren für NE-Werkstoffe	305
7.4.4.1	Weichglühen	306
7.4.4.2	Spannungsarmglühen	306
7.4.4.3	Homogenisierungsglühen	306
7.4.4.4	Sonderwärmebehandlung von Gußstücken	307
7.4.4.5	Aushärten	307
7.5	Thermomechanische Behandlung	309
8	Thermochemische Oberflächenbehandlung	312
8.1	Bedeutung und Aufgaben der Oberflächenbehandlung	312
8.2	Vorgänge bei der Bildung von Diffusionsschichten	313
8.3	Einsatzhärten	315
8.3.1	Aufkohlen	315
8.3.2	Härten	318
8.3.3	Eigenschaften einsatzgehärteter Werkstoffe	320
8.4	Nitrieren und Nitrocarburieren	322
8.4.1	Nitrier- und Nitrocarburierverfahren	322
8.4.2	Vorgänge bei der Bildung von Nitrierschichten	323
8.4.3	Vorgänge bei der Bildung von Nitrocarburierschichten	325
8.4.4	Eigenschaften nitrierter und nitrocarburierter Werkstoffe	326
8.5	Borieren	328
8.5.1	Borierverfahren	328
8.5.2	Aufbau der Borierschichten auf Eisenwerkstoffen	328
8.5.3	Eigenschaften borierter Werkstoffe	329
	Sachwortverzeichnis	332