

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	1
1.1	Was ist ein Werkstoff?	1
1.2	Werkstoffkunde	2
1.3	Geschichte und Zukunft	4
2	Atomarer Aufbau kristalliner Stoffe	7
2.1	Atomaufbau	7
2.2	Die chemischen Elemente	8
2.2.1	Eigenschaften metallischer Elemente	9
2.2.2	Einteilung und Übersicht	9
2.2.3	Leichtmetalle	10
2.2.4	Schwermetalle	10
2.2.5	Bindungen zwischen Atomen	10
2.3	Anordnung der Atome im festen Körper	13
2.3.1	Kristallstrukturen	14
2.3.2	Modifikationen – Allotropie (Polymorphie)	18
2.3.3	Kristallographische Ebenen	20
2.4	Reale kristalline Festkörper	23
2.4.1	Nulldimensionale Gitterstörungen	25
2.4.2	Eindimensionale Fehler	26
2.4.3	Zweidimensionale Fehler	31
2.4.4	Dreidimensionale Fehler	34
2.5	Fragen zu Kap. 2	34
3	Legierungsbildung	35
3.1	Grundbegriffe	35
3.1.1	Substitutionsmischkristall	36
3.1.2	Einlagerungsmischkristall	37

3.2	Zustandsdiagramme von Zweistoffsystemen	38
3.2.1	Vollkommene Unlöslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	39
3.2.2	Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	40
3.2.3	Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und vollkommene Unlöslichkeit im festen Zustand	42
3.2.4	Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und teilweise Löslichkeit im festen Zustand	44
3.2.5	Peritektisches System	46
3.2.6	Verbindungsbildung	47
3.3	Zustandsdiagramme von Dreistoffsystemen	49
3.4	Reale Zustandsdiagramme	52
3.5	Gefügeänderungen im festen Zustand	52
3.5.1	Ausscheidungshärtung	52
3.5.2	Eutectoide Umwandlung	55
3.6	Fragen zu Kapitel 3	55
4	Thermisch aktivierte Vorgänge	57
4.1	Allgemeines	57
4.2	Diffusion	59
4.3	Kristallerholung und Rekristallisation	63
4.3.1	Kristallerholung	63
4.3.2	Rekristallisation	64
4.3.3	Weiteres Kornwachstum nach Rekristallisation	69
4.4	Sintervorgänge	71
4.5	Fragen zu Kap. 4	73
5	Mechanische Eigenschaften	75
5.1	Einleitung	75
5.2	Reversible Verformung	76
5.2.1	Elastische Verformung	76
5.2.2	Hyperelastisches Verhalten	81
5.2.3	Anelastische Verformung	82
5.3	Irreversible Verformung	83
5.3.1	Plastische Verformung	83
5.3.2	Verformungstexturen	93
5.3.3	Eigenspannungen	94
5.3.4	Viskose Verformung	97
5.3.5	Superplastizität	98
5.3.6	Kriechen	100
5.3.7	Relaxation	103

5.4	Schwingfestigkeitsuntersuchung	104
5.4.1	Grundlagen	104
5.4.2	Spannungskontrollierter Versuch (Wöhlerversuch)	106
5.4.3	Dehnungskontrollierter Versuch (Anrisskennlinie)	107
5.4.4	Einflussgrößen auf die Dauerfestigkeit	110
5.5	Verfestigungsmechanismen	114
5.5.1	Kaltverfestigung	115
5.5.2	Mischkristallverfestigung	116
5.5.3	Ausscheidungshärtung	118
5.5.4	Verfestigung durch Kornverfeinerung	118
5.6	Bruchvorgänge und Bruchmechanik	119
5.6.1	Verformungsloser Bruch (Spröbruch, Spaltbruch)	120
5.6.2	Verformungsbruch	125
5.6.3	Ermittlung des J-Integrals (Bauteilcharakteristik)	128
5.6.4	Ermittlung der zähbruchmechanischen Werkstoffkennwerte	129
5.6.5	Zeitstand- bzw. Kriechbruch	131
5.6.6	Zeit- und Dauerbruch	132
5.7	Zerstörungsfreie Prüfung	135
5.7.1	Replika-Methode (Gefügeabdrucktechnik)	140
5.7.2	Weiterentwicklung	141
5.8	Fragen zu Kap. 5	141
6	Eisenwerkstoffe	143
6.1	Gewinnung und Verarbeitung von Eisen	143
6.1.1	Erze und Erzaufbereitung	143
6.1.2	Roheisengewinnung	143
6.1.3	Roheisenweiterverarbeitung zu Stahl (Frischen)	146
6.1.4	Verfahren der Nachbehandlung des Stahles	148
6.1.5	Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren (ESU)	150
6.2	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	150
6.2.1	Eisen-Kohlenstoffdiagramm	150
6.2.2	Phasenbildungen	152
6.3	Legierungen	158
6.3.1	Stahl	158
6.3.2	Bezeichnungssysteme der Stähle	162
6.3.3	Einteilung der Stähle nach Klassen	166
6.4	Verfahren zur Eigenschaftsänderung	168
6.4.1	Glühen von Stahl	168
6.4.2	Härten und Vergüten von Stahl	171
6.4.3	Ausscheidungshärtung	194
6.5	Stähle für besondere Anforderungen	195

6.5.1	Stähle für die Anwendung im erhöhten Temperaturbereich	195
6.5.2	Stähle für den Anlagenbau	199
6.5.3	Hochfeste Stähle für den Automobilbau.....	206
6.6	Versprödungserscheinungen an Stählen	212
6.6.1	Diffusions- und Ausscheidungsvorgänge	213
6.7	Eisengusswerkstoffe	218
6.7.1	Einteilung	219
6.7.2	Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL).....	220
6.7.3	Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS).....	222
6.7.4	Gusseisen mit Vermiculargraphit (GJV).....	225
6.7.5	Sonderformen	226
6.8	Werkstofftechnische Zusammenhänge beim Schweißen von Stählen	227
6.8.1	Bedeutung der Schweißtechnik	227
6.8.2	Werkstofftechnische Vorgänge beim Schmelzschweißen.....	227
6.8.3	Gefügeausbildungen	228
6.8.4	Auswirkungen auf das Festigkeitsverhalten	230
6.8.5	Schweißbeignung	231
6.9	Fragen zu Kap. 6	232
7	Nichteisenmetalle	235
7.1	Kupfer und Kupferlegierungen (Buntmetalle)	235
7.1.1	Kupfer	235
7.1.2	Kupferlegierungen	239
7.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	246
7.2.1	Aluminium	246
7.2.2	Legierungen.....	250
7.3	Titan und Titanlegierungen	260
7.3.1	Herstellung	260
7.3.2	Reines Titan.....	261
7.3.3	Titanlegierungen.....	263
7.4	Nickel und Nickellegierungen	265
7.4.1	Nickel	265
7.4.2	Nickellegierungen	266
7.5	Magnesium und Magnesiumlegierungen.....	277
7.5.1	Herstellung und Verarbeitung	278
7.5.2	Eigenschaften	278
7.5.3	Legierungen.....	278
7.6	Fragen zu Kap. 7	280

8	Kunststoffe	281
8.1	Bezeichnung der Kunststoffe	282
8.2	Herstellung von Kunststoffen	284
8.2.1	Synthese	284
8.2.2	Technische Herstellung (Polymerisation)	286
8.2.3	Formgebung	287
8.2.4	Additive	290
8.3	Kunststoffgruppen	290
8.3.1	Thermoplaste	290
8.3.2	Elastomere	293
8.3.3	Duroplaste	294
8.4	Physikalische und mechanische Eigenschaften	296
8.4.1	Physikalische Eigenschaften	296
8.4.2	Mechanische Eigenschaften	297
8.5	Wichtige Kunststoffe mit Anwendungen	302
8.6	Fragen zu Kap. 8	302
9	Keramische Werkstoffe	303
9.1	Herstellung, Struktur	303
9.1.1	Einteilung der keramischen Massen	303
9.1.2	Formgebung	305
9.1.3	Brennvorgang – Sintern – Reaktionsintern	307
9.1.4	Atomare Vorgänge beim Brennen	307
9.1.5	Gefügebau	308
9.2	Eigenschaften	308
9.2.1	Oxidkeramik	310
9.2.2	Nichtoxidkeramik	314
9.3	Wärmedämmschichten	318
9.4	Fragen zu Kap. 9	319
10	Verbundwerkstoffe	321
10.1	Allgemeines	321
10.1.1	Verstärkungsstoffe und Füllstoffe	322
10.1.2	Matrixwerkstoffe	323
10.2	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	324
10.2.1	Faserverstärkte Kunststoffe	327
10.2.2	Herstellung faserverstärkter Kunststoffe	328
10.2.3	Faserverstärkte Metalle (MMC, Metal Matrix Composite)	330
10.2.4	Herstellung faserverstärkter Metalle	331
10.2.5	Faserverstärkte Keramik (CMC, Ceramic Matrix Composite)	332
10.2.6	Herstellung keramischer Verbundwerkstoffe	333

10.3	Teilchenverbundwerkstoffe	334
10.3.1	Metallkeramik	334
10.4	Schichtverbundwerkstoffe	335
10.5	Beschichtungstechnik	335
10.5.1	Einleitung	335
10.5.2	Beschichtungsverfahren	337
10.5.3	Verhalten von Beschichtungen	340
10.6	Fragen zu Kap. 10	341
11	Physikalische Eigenschaften	343
11.1	Dämpfung	343
11.2	Wärmeleitfähigkeit	344
11.3	Thermoelektrizität	346
11.4	Halbleiter	348
11.4.1	Gewinnung und Verarbeitung	348
11.4.2	Eigenschaften	350
11.5	Supraleitung	350
11.5.1	Supraleiter I. Art	351
11.5.2	Supraleiter II. Art	351
11.5.3	Supraleiter III. Art	352
11.6	Fragen zu Kap. 11	353
12	Korrosion	355
12.1	Definition der Korrosion	355
12.2	Korrosion metallischer Werkstoffe	359
12.2.1	Grundlagen zur Korrosion in wässrigen Medien	359
12.2.2	Korrosionsarten	364
12.2.3	Korrosionsschutz	378
12.3	Beispiele für die Korrosion nichtmetallischer Werkstoffe	384
12.3.1	Korrosion silikatechnischer Werkstoffe	384
12.3.2	Korrosion hochpolymerer Werkstoffe	385
12.4	Fragen zu Kapitel 12	385
13	Tribologische Beanspruchung	387
13.1	Problematik	387
13.2	Verschleißarten und Verschleißmechanismen	388
13.3	Beispiele tribologischer Systeme	390
13.3.1	Adhäsionsprozesse	390
13.3.2	Abrasionsprozesse	392
13.3.3	Ermüdungsprozesse	393
13.3.4	Schwingungverschleiß	395

13.4	Werkstoffe für tribologisch beanspruchte Bauteile	397
13.5	Fragen zu Kap. 13	398
14	Recycling	399
14.1	Recycling von Stahl	399
14.1.1	Einteilung und Klassifizierung von Stahlschrott	400
14.1.2	Aufbereitung	400
14.1.3	Wirtschaftliche Bedeutung	401
14.1.4	Nebenprodukte und Entfallstoffe	402
14.2	Recycling von Aluminium	403
14.2.1	Aufbereitung von Rückständen aus der Aluminiumindustrie	403
14.2.2	Recycling von Altschrotten	404
14.3	Recycling von Kupferwerkstoffen	406
14.3.1	Wirtschaftliche Bedeutung	406
14.3.2	Einteilung der Kupferschrotte	406
14.3.3	Aufbereitung	407
14.3.4	Nebenprodukte und Entfallstoffe	409
14.4	Recycling von Kunststoffen	409
14.5	Fragen zu Kap. 14	413
15	Kriterien zur Werkstoffauswahl	415
15.1	Gründe für die Werkstoffauswahl	415
16	Kriterien zur Schadensbewertung	417
	Antworten zu den Verständnisfragen	419
	Weiterführende Literatur	429
	Sachverzeichnis	433