
Inhaltsverzeichnis

1	Der Begriff Werkstofftechnologie	1
2	Aufbau der Werkstoffe	3
2.1	Submikroskopische Betrachtung – kristalline und nichtkristalline Strukturen	3
2.1.1	Kristallisationsformen metallischer Werkstoffe [2.1–2.25]	4
2.1.2	Bindekräfte [2.1,2.2,2.4,2.6,2.10,2.20]	8
2.1.3	Platzwechsel, Gitterstörungen, Diffusion [2.1,2.2,2.4,2.6,2.10,2.20]	9
2.2	Mikroskopische Betrachtung – Entstehung von Kristallen und Kristallgefügen	10
	Literatur	13
3	Eigenschaften der Werkstoffe	15
3.1	Ermittlung von Werkstoffeigenschaften (Werkstoffkennwerten) als Aufgabe der Werkstoffprüfung	15
3.2	Prüfverfahren mit Zerstörung des Werkstückes	16
3.2.1	Prüfung der physikalischen Eigenschaften	16
3.2.2	Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften [3.6–3.8]	17
3.3	Prüfverfahren ohne Zerstörung des Werkstückes	54
3.3.1	Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffeigenschaften	55
3.3.2	Prüfverfahren zur Ermittlung der Werkstoffbeschaffenheit	55
3.3.3	Prüfverfahren zur Fehlerdetektion	55
	Literatur	56
4	Veränderung von Aufbau und Eigenschaften metallischer Werkstoffe	59
4.1	Legieren und Legierungen	59
4.1.1	Struktur der Legierungen [4.1–4.3]	60
4.1.2	Zustandsschaubilder für Zweistofflegierungen (Binäre Systeme) ..	61
4.1.3	Zustandsschaubilder für Dreistofflegierungen (Ternäre Systeme) ..	78
4.1.4	Die Eisen-Kohlenstoff-Schaubilder [4.4]	81
4.2	Wärmebehandlung von Stahl	89

4.2.1	Ausgangsgefüge vor der Wärmebehandlung	89
4.2.2	Wärmebehandlungsverfahren (DIN EN 10 052:93, [5–7, 9–11])	91
4.3	Thermomechanische Behandlungen	104
4.4	Kaltverformen	105
4.5	Versprödungserscheinungen bei Erwärmung und/oder Verformung (Alterung)	105
4.5.1	Ausscheidungs- oder Abschreckalterung	105
4.5.2	Verformungs- oder Reckalterung	106
4.5.3	Blausprödigkeit	106
4.5.4	Korngrenzenversprödung	107
	Literatur	107
5	Metallische Werkstoffe	109
5.1	Kennzeichnung metallischer Werkstoffe	109
5.1.1	Kennzeichnung der Stähle durch symbolische Buchstaben und Zahlen nach DIN EN 10 027-1 als Ersatz für DIN V 17 006-100/Z [5.1–5.5]	110
5.1.2	Kennzeichnung der Gusseisensorten (DIN EN 1560:11, [5.6])	112
5.1.3	Kennzeichnung der NE-Metalle [5.1,5.7,5.8]	115
5.1.4	Werkstoffkennzeichnung durch Werkstoffnummern nach DIN EN 10 027-2:92 und DIN/DIN-Entwurf 17 007-4:63/12, [5.3]	116
5.1.5	Luftfahrtnormen	117
5.2	Stähle als Konstruktions- und Werkzeugwerkstoffe	122
5.2.1	Einteilung der Stähle nach DIN EN 10 020:00	122
5.2.2	Weiche Stähle zum Kaltumformen	123
5.2.3	Baustähle für den Stahl- und Maschinenbau, hack für Druckbehälter und Rohre [5.10,5.12–5.15]	125
5.2.4	Unlegierte und niedriglegierte Stähle für Wärmebehandlungen [5.16]	132
5.2.5	Unlegierte und legierte Stähle mit hoher Verschleißfestigkeit [5.16]	138
5.2.6	Nichtrostende Chrom- und Chrom-Nickel-Stähle [5.17–5.19]	139
5.3	Stahlguss als Konstruktionswerkstoff	143
5.4	Gusseisensorten als Konstruktionswerkstoffe	145
5.4.1	Möglichkeiten der Gefügeausbildung	145
5.4.2	Gusseisen mit Lamellengraphit (GG nach DIN 1691/Z oder EN-GJL nach DIN EN 1561:11)	146
5.4.3	Gusseisen mit Kugelgraphit (GGG nach DIN 1693/Z oder EN-GJS nach DIN EN 1563:11, [5.23])	149
5.4.4	Gusseisen mit Vermiculargraphit (GGV oder EN-GJV nach DIN EN 1560:11)	149

5.4.5	Temperguss (GT nach DIN 1692/Z oder EN-GJM nach DIN EN 1562:12)	152
5.4.6	Hochlegiertes Gusseisen (DIN EN 12 513:11, DIN EN 13 835:12)	155
5.5	Nichteisenmetalle als Konstruktions-/Funktionswerkstoffe	155
5.5.1	Leichtmetalle als Konstruktionswerkstoffe [5.24–5.37]	155
5.5.2	Schwermetalle als Konstruktions- und Funktionswerkstoffe [5.32,5.38–5.44]	164
5.5.3	Hartmetalle als Werkzeugwerkstoffe	169
	Literatur	169
6	Nichtmetallische Werkstoffe	173
6.1	Reine und abgewandelte Naturstoffe	173
6.2	Keramische Werkstoffe als Konstruktions- und Funktionswerkstoffe	175
6.2.1	Herstellung keramischer Werkstoffe [6.2–6.7]	175
6.2.2	Eigenschaften keramischer Werkstoffe (DIN EN 843, [6.4,6.6,6.10])	178
6.2.3	Arten keramischer Werkstoffe (DIN EN 14 232:09, [6.4–6.10])	179
6.3	Polymerwerkstoffe als Konstruktions- und Funktionswerkstoffe	182
6.3.1	Herstellung der Polymerwerkstoffe [6.11]	183
6.3.2	Der innere Aufbau der Polymerwerkstoffe [6.15,6.21–6.25]	186
6.3.3	Eigenschaften der Polymerwerkstoffe [3.4,6.13,6.15,6.21,6.25–6.32]	190
6.3.4	Die wichtigsten Polymerwerkstoffe und ihre Anwendung [6.34–6.37]	196
6.3.5	Weichmacher (DIN EN ISO 1043-3:99), Gleitmittel, Füllstoffe (DIN EN ISO 1043-2:11), Antistatika [6.30]	215
6.3.6	Schaumstoffe	216
6.3.7	Faserverstärkte Kunststoffe (DIN 16 868-1, -2:94, DIN 16 869-1, -2:95, [6.42–6.45])	216
6.3.8	Metallisieren von Polymerwerkstoffen	219
	Literatur	220
7	Herstellung von Eisen und Stahl	223
7.1	Erzeugung von Roheisen	224
7.1.1	Der Hochofen	224
7.1.2	Erzeugnisse des Hochofens	227
7.1.3	Entwicklungen im Hochofenbau und Hochofenbetrieb	229
7.1.4	Gasreduktionsverfahren zur Herstellung von Roheisen	229
7.2	Stahlherstellung	230
7.2.1	Chemische Vorgänge beim Frischen	230
7.2.2	Frischverfahren	231
7.3	Sekundärmetallurgie	236
7.4	Produktionszahlen, Energieeinsatz, Umweltschutz, Nachhaltigkeit	238
7.5	Vergießen von Stahl	239

7.5.1	Blockguss	239
7.5.2	Strangguss [7.1,7.2,7.15–7.17]	242
	Literatur	244
8	Verarbeitung metallischer Werkstoffe	245
8.1	Warmformgebung	247
8.1.1	Werkstoffverhalten beim Umformen [8.1–8.8]	247
8.1.2	Verfahren zur Warmformgebung [7.1,8.1–8.8]	250
8.2	Kaltformgebung	272
8.2.1	Merkmale der Kaltformgebung	272
8.2.2	Verfahren der Kaltformgebung [8.15,8.16]	272
8.3	Gießereitechnik	285
8.3.1	Gusswerkstoffe und Besonderheiten beim Gießen	286
8.3.2	Gießereiöfen	288
8.3.3	Gießverfahren mit verlorenen Formen	290
8.3.4	Gießverfahren mit Dauerformen	297
8.3.5	Nachbehandlung	303
8.3.6	Regeln für den Konstrukteur und Gießerei-Ingenieur	303
8.4	Pulvermetallurgie	312
8.4.1	Pulverherstellung	313
8.4.2	Formen und Pressen der Pulver	313
8.4.3	Brennen (Sintern) der Pulver	314
8.4.4	Nachbehandlungen	315
8.5	Sprühkompaktieren	315
8.6	Beschichten	316
8.6.1	Metallische Überzüge	316
8.6.2	Nichtmetallische Überzüge	319
8.7	Fügen von Metallen: Schweißen, Löten, Kleben, Umformen	320
8.7.1	Schweißen von Metallen (DIN 1910-100:08, DIN 8593-6:03 [3.7,8.53–8.75])	320
8.7.2	Löten von Metallen (DIN 8593-7:03, DIN ISO 857-2:07, [8.76–8.80])	326
8.7.3	Kleben von Metallen (K. Dilger, M. Frauenhofer) [8.76,8.81–8.85]	328
8.7.4	Fügen durch Umformen [8.4,8.76,8.86,8.87]	336
	Literatur	339
9	Verarbeitung der Polymerwerkstoffe	345
9.1	Formgebung	345
9.1.1	Umformverfahren für Thermoplaste [9.1–9.5]	345
9.1.2	Urformverfahren für Thermoplaste [9.1,9.6–9.16]	347
9.1.3	Umformverfahren für Duroplaste [9.1]	351

9.2	Spanen	352
9.3	Schweißen und Kleben von Polymerwerkstoffen	352
9.3.1	Schweißen von Polymerwerkstoffen (DIN 1910-3:77, [9.17–9.20])	352
9.3.2	Kleben von Polymerwerkstoffen (K. Dilger, M. Fraunhofer) (VDI 3821:78, [8.81–8.84,9.17–9.22])	353
	Literatur	357
	Sachverzeichnis	359
	Zitierte Normen und Richtlinien	381