

Werkstoff technik

Werkstoffe - Eigenschaften Prüfung - Anwendung

von Wolfgang Seidel

4., durchgesehene Auflage

mit 381 Bildern sowie zahlreichen Tabellen,
Beispielen, Übungen und Testaufgaben

Carl Hanser Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen	16
1 Struktur und Eigenschaften der Metalle	17
1.0 Überblick	17
1.1 Metallbindung und Gitterstruktur	17
1.1.0 Übersicht	17
1.1.1 Wechselwirkung zwischen Atomen	18
1.1.2 Kristallstruktur der Metalle	23
1.1.2.1 Der kristalline Zustand (Idealkristall)	23
1.1.2.2 Gittertypen	26
1.1.2.3 Realstruktur	30
1.1.2.4 Gitterstruktur und technische Eigenschaften	34
1.2 Kristallisation	37
1.2.0 Übersicht	37
1.2.1 Phasenumwandlungen	38
1.2.2 Thermische Analyse	40
1.2.3 Übergang gasförmig-kristallin	41
1.2.4 Übergang flüssig-kristallin	42
1.3 Elastische und plastische Verformung	47
1.3.0 Übersicht	47
1.3.1 Mechanische Beanspruchung	47
1.3.2 Elastische Verformung	48
1.3.3 Plastische Verformung	49
1.3.4 Technische Formgebung (Kaltumformung)	52
1.4 Thermisch aktivierte Vorgänge	54
1.4.0 Übersicht	54
1.4.1 Gittervorgänge unter Temperatureinfluß	54
1.4.2 Diffusion	55
1.4.3 Erholung und Rekristallisation	58
Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1	64
2 Legierungen	66
2.0 Überblick	66
2.1 Aufbau der Legierungen	66
2.1.0 Übersicht	66
2.1.1 Mischkristall	67
2.1.2 Überstruktur	68
2.1.3 Intermetallische Verbindungen	69
2.1.4 Gefügebau der Legierungen	70

2.2	Zustandsdiagramme	71
2.2.0	Übersicht	71
2.2.1	Begriffe, Einstoffsyste m	72
2.2.2	Zweistoffsysteme (binäre Systeme).	73
2.2.2.0	Einführung.	73
2.2.2.1	Völlige Löslichkeit im festen Zustand.	75
2.2.2.2	Unlöslichkeit im festen Zustand.	76
2.2.2.3	System mit Mischungslücke.	76
2.2.2.4	System mit Peritektikum.	78
2.2.3	Das Lesen der Zweistoffdiagramme.	79
2.2.3.1	Regeln.	79
2.2.3.2	Beispiele.	79
2.3	Legierungseigenschaften.	82
2.3.0	Übersicht.	82
2.3.1	Tendenzen.	83
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 2.	86
3	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	87
3.0	Überblick	87
3.1	Reines Eisen.	87
3.2	Komponente Kohlenstoff.	89
3.3	Allgemeines zum System Eisen-Kohlenstoff.	90
3.4	System Eisen-Eisencarbid (Fe-Fe ₃ C).	91
3.5	Die Gefügearten des Systems Eisen-Eisencarbid.	95
3.6	Einteilung der Eisenwerkstoffe.	98
3.7	Stabiles System Eisen-Kohlenstoff (Fe-C).	100
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 3.	102
4	Wärmebehandlung der Eisenwerkstoffe	104
4.0	Überblick	104
4.1	Grundlagen der Wärmebehandlung.	104
4.1.0	Übersicht.	105
4.1.1	Erwärmung in das Austenitgebiet (Austenitisierung).	106
4.1.2	Abkühlung aus dem Austenitgebiet	109
4.2	Thermische Verfahren.	119
4.2.0	Übersicht.	119
4.2.	Glühen	120
4.2. .1	Diffusionsglühen	121
4.2. .2	Grobkornglühen	122
4.2. .3	Normalglühen	122
4.2. .4	Weichglühen (sphäroidisierendes Glühen)	124
4.2. .5	Spannungsarmglühen	125
4.2.1.6	Rekristallisationsglühen.	126

4.2.2	Härten	128
4.2.3	Vergüten	131
4.2.4	Randschichthärten ohne Änderung der chemischen Zusammensetzung	135
4.3	Thermochemische Verfahren	140
4.3.0	Übersicht	140
4.3.1	Einsatzhärten	142
4.3.2	Nitrieren	145
4.4	Thermomechanische Verfahren	148
4.4.0	Übersicht	149
4.4.1	Verfahrensgrundlagen	150
4.4.2	Verfahrensvarianten	151
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4	152
5	Eisengußwerkstoffe	154
5.0	Überblick	154
5.1	Allgemeines zur Gefügeausbildung	156
5.1.0	Übersicht	156
5.1.1	Gefügebau und Eigenschaften	156
5.1.1.1	Grundgefüge	156
5.1.1.2	Graphiteinlagerung	157
5.1.1.3	Wanddickenabhängigkeit der Eigenschaften	159
5.2	Gußeisen mit Lamellengraphit	161
5.2.0	Übersicht	162
5.2.1	Erschmelzung	162
5.2.2	Wärmebehandlung	163
5.2.3	Eigenschaften und Anwendung	163
5.3	Gußeisen mit Kugelgraphit	165
5.3.0	Übersicht	165
5.3.1	Erschmelzung	165
5.3.2	Wärmebehandlung	167
5.3.3	Eigenschaften und Anwendung	167
5.4	Temperguß	168
5.4.0	Übersicht	169
5.4.1	Erschmelzung und Behandlung	169
5.4.2	Eigenschaften und Anwendung	170
5.5	Stahlguß	171
5.5.0	Übersicht	172
5.5.1	Erschmelzung und Behandlung	172
5.5.2	Eigenschaften und Anwendung	173
5.6	Sondergußarten	174
5.7	Erstarrung in der Form	174
5.7.0	Übersicht	174
5.7.1	Stengelkristalle (Säulenkristalle, Transkristallite)	175
5.7.2	Lunker	175
5.7.3	Gasblasen	177

5.7.4	Seigerungen	.177
5.7.5	Einschlüsse	.178
Lernzielorientierter Test zu Kapitel 5		.179
6	Eisenknetwerkstoffe (unlegierte und legierte Stähle)	.180
6.0	Überblick	.180
6.1	Benennung und Eigenschaften	.180
6.1.0	Übersicht	.180
6.1.1	Bezeichnung der Stähle	.181
6.1.1.1	Einteilung der Stähle nach DIN EN 10020	.181
6.1.1.2	Bildung von Kurznamen nach DIN EN 10027-1	.182
6.1.1.3	Europäisches Werkstoffnummern-System nach DIN EN 10027-2	.184
6.1.2	Einfluß verschiedener Elemente im Stahl	.185
6.2	Stahlgruppen	.188
6.2.0	Übersicht	.188
6.2.1	Baustähle	.189
6.2.2	Baustähle für Wärmebehandlung	.190
6.2.3	Chemisch beständige Stähle	.192
6.2.4	Warmfeste Stähle	.193
6.2.5	Stähle für niedrige Temperaturen	.194
6.2.6	Arbeitsstähle	.195
Lernzielorientierter Test zu Kapitel 6		.197
7	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	.199
7.0	Überblick	.199
7.1	Allgemeines zur Werkstoffbezeichnung	.200
7.1.0	Übersicht	.200
7.1.1	Herstellung und Verwendung	.200
7.1.2	Chemische Zusammensetzung, Komponenten	.201
7.1.3	Mechanische Eigenschaften	.201
7.1.4	Werkstoff- und Zustandsbezeichnungen nach EN	.201
7.2	Aluminium, Aluminiumlegierungen	.203
7.2.0	Übersicht	.203
7.2.1	Reinaluminium	.204
7.2.1.1	Eigenschaften	.204
7.2.1.2	Anwendung	.205
7.2.2	Aluminiumlegierungen	.205
7.2.2.1	Einteilung, Eigenschaften	.205
7.2.2.2	Wirkung der Legierungselemente	.206
7.2.2.3	Aushärten	.208
7.2.3	Legierungstyp, technische Anwendung	.211
7.3	Kupfer, Kupferlegierungen	.215
7.3.0	Übersicht	.215
7.3.1	Reinkupfer	.215

7.3.2	Kupfer-Zink-Legierungen (Messing)	217
7.3.3	Kupfer-Zinn-Legierungen	220
7.4	Blei, Zinn, Antimon und deren Legierungen	221
7.4.0	Übersicht	221
7.4.1	Blei	222
7.4.2	Zinn	223
7.4.3	Antimon	223
7.4.4	Blei-Antimon-Zinn-Legierungen (Weißmetalle)	223
7.5	Titan, Titanlegierungen	225
7.5.0	Übersicht	226
7.5.1	Reintitan	226
7.5.2	Titanlegierungen	227
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 7	227
8	Sinterwerkstoffe	229
8.0	Überblick	229
8.1	Grundlagen der Sintertechnik	229
8.1.0	Übersicht	230
8.1.1	Pulverherstellung	230
8.1.2	Formgebung	230
8.1.3	Sintern	231
8.1.4	Nachbehandlung	233
8.2	Eigenschaften, Anwendungsgebiete	233
8.2.0	Übersicht	234
8.2.1	Sintermetalle	234
8.2.2	Gesinterte Carbidhartmetalle (Hartmetalle)	235
8.2.3	Oxid- und Mischkeramik	235
8.2.4	Nichtoxidkeramik	237
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 8	238
9	Korrosion und Korrosionsschutz	239
9.0	Überblick	239
9.1	Grundlagen	239
9.1.0	Übersicht	239
9.1.1	Ursachen und Wesen der Korrosion	240
9.2	Reaktionsarten	241
9.2.0	Übersicht	242
9.2.1	Chemische Korrosion	242
9.2.2	Elektrochemische Korrosion	243
9.3	Erscheinungsformen der Korrosion	246
9.3.0	Übersicht	246
9.3.1	Gleichmäßiger Abtrag (ebenenmäßiger Angriff)	247
9.3.2	Ungleichmäßiger Abtrag	247
9.3.2.1	Spaltkorrosion	247
9.3.2.2	Kontaktkorrosion	247

9.3.2.3	Selektive Korrosion	248
9.3.2.4	Lochfraßkorrosion	248
9.3.2.5	Interkristalline Korrosion.	248
9.3.3	Korrosion und mechanische Beanspruchung	248
9.3.3.1	Spannungsrißkorrosion.	248
9.3.3.2	Schwingungsrißkorrosion.	249
9.4	Korrosionsschutz	250
9.4.0	Übersicht	250
9.4.1	Aktiver Korrosionsschutz.	250
9.4.1.1	Werkstoff und Konstruktion.	250
9.4.1.2	Temperatur	252
9.4.1.3	Katodischer und anodischer Schutz.	252
9.4.1.4	Beeinflussung des Korrosionsmediums.	253
9.4.2	Passiver Korrosionsschutz	254
9.4.2.1	Vorbereitung der Oberfläche.	254
9.4.2.2	Beschichtungsstoffe und -verfahren.	254
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 9.	260
10	Schmierstoffe.	261
10.0	Überblick	261
10.1	Flüssige Schmierstoffe.	261
10.1.0	Übersicht	261
10.1.1	Zusammensetzung und Eigenschaften.	262
10.1.2	Schmierölarnten.	265
10.1.3	Kühlschmierstoffe.	267
10.2	Schmierfette.	269
10.2.0	Übersicht	269
10.2.1	Zusammensetzung und Eigenschaften.	269
10.2.2	Schmierfettarten.	271
10.3	Festschmierstoffe.	273
10.3.0	Übersicht	273
10.3.1	Festschmierstoffarten.	274
10.3.2	Festschmierstoffe mit Schichtgitterstruktur.	274
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 10.	275
11	Kunststoffe.	277
11.0	Überblick	277
11.1	Struktur und Eigenschaften.	278
11.1.0	Übersicht	278
11.1.1	Allgemeine Eigenschaften.	278
11.1.2	Entstehung der Makromoleküle.	282
11.1.3	Bau der Makromoleküle.	283
11.1.4	Vernetzte Strukturen.	285
11.1.5	Orientierung und Kristallisation.	286
11.1.6	Unterschiede im Verhalten der Kunststoffe.	287

11.2	Kunststoffarten (Auswahl)	289
11.2.0	Übersicht	290
11.2.1	Thermoplaste	290
11.2.1.1	Polyethylen PE	290
11.2.1.2	Polyvinylchlorid PVC	291
11.2.1.3	Polystyren PS	291
11.2.1.4	Polypropylen PP	292
11.2.1.5	Polyamide PA	292
11.2.2	Duroplaste (Duromere)	293
11.2.2.1	Phenol-Formaldehyd PF (Phenolharze)	293
11.2.2.2	Epoxidharze EP	294
11.2.2.3	Harnstoff- und Melaminharze UF/MF	295
11.2.2.4	Ungesättigte Polyester UP	295
11.2.2.5	Polyurethan (vernetzt) PUR	296
11.3	Veredlung von Kunststoffen	297
11.3.0	Übersicht	297
11.3.1	Möglichkeiten	298
11.3.1.1	Veredlung im Syntheseprozess	298
11.3.1.2	Veredlung vor oder während des Verarbeitungsprozesses	298
11.3.1.3	Veredlung nach dem Verarbeitungsprozess	299
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 11	300
12	Werkstoffprüfung	301
12.0	Überblick	301
12.1	Grundlagen der Werkstoffprüftechnik	301
12.1.0	Übersicht	301
12.1.1	Begriff Werkstoffprüfung, Aufgaben	302
12.1.2	Eigenschaften und ihre Ermittlung, Verfahren	304
12...3	Probenahme, Versuchsauswertung	306
12.2	Zugversuch	307
12.2.0	Übersicht	307
12.2.1	Prüfprinzip	308
12.2.2	Versuchsauswertung, Kenngrößen	310
12.2.3	Werkstoffbeurteilung	313
12.3	Härteprüfungen	316
12.3.0	Übersicht	316
12.3.1	Härteprüfung nach Brinell	317
12.3.2	Härteprüfung nach Vickers	318
12.3.3	Härteprüfung nach Rockwell	320
12.3.4	Dynamisches Härteprüfverfahren	321
12.4	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	322
12.4.0	Übersicht	322
12.4.1	Prüfprinzip	322
12.4.2	Einfluß der Temperatur	324

12.5	Dauerschwingprüfung	325
12.5.0	Übersicht	325
12.5.1	Dynamische Beanspruchung und Werkstoffverhalten	326
12.5.2	Dauerschwingversuch	328
12.5.2.1	Prüfprinzip	328
12.5.2.2	Auswertung des Wöhlerversuches	331
12.5.2.3	Das Dauerfestigkeitsdiagramm nach Smith	332
12.6	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	335
12.6.0	Übersicht	335
12.6.1	Radiographische Verfahren (Durchstrahlungsprüfungen)	336
12.6.1.1	Grundlagen	336
12.6.1.2	Anwendung	338
12.6.2	Ultraschallverfahren	340
12.6.2.1	Grundlagen	340
12.6.2.2	Anwendung	342
12.6.3	Magnetpulververfahren	345
12.6.3.1	Grundlagen	345
12.6.3.2	Magnetisierungsmethoden	346
12.6.4	Magnetinduktive Verfahren	348
12.6.4.1	Grundlagen	348
12.6.4.2	Tastpulververfahren	349
12.6.4.3	Gabelspulverfahren	349
12.6.4.4	Durchlaufpulververfahren	350
12.6.4.5	Meßschaltungen	350
12.7	Materialographie	351
12.7.0	Übersicht	351
12.8	Elektronenmikroskopie	356
12.9	Werkstoffauswahl	357
	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 12	357
	Lösungsteil	359
	Bildquellen	373
	Weiterführende Literatur	373
	Auskunfts- und Beratungsstellen	373
	Sachwortverzeichnis	374