

Erhard Hornbogen

Werkstoffe

Aufbau und Eigenschaften
von Keramik-, Metall-, Polymer-
und Verbundwerkstoffen

8., bearbeitete und ergänzte Auflage
mit 338 Abbildungen und 102 Tabellen



Springer

Inhaltsverzeichnis

0	Überblick	1
0.1	Was ist ein Werkstoff?	1
0.2	Werkstoffkunde	3
0.3	Mikroskopischer Aufbau und die vier Werkstoffgruppen	5
0.4	Werkstoffeigenschaften	7
0.5	Prüfung, Normung, Bezeichnung	14
0.6	Geschichte und Nachhaltigkeit	16

Aufbau der Werkstoffe

1	Aufbau fester Phasen	23
1.1	Atome	23
1.2	Bindung der Atome und Moleküle	28
1.3	Kristalle	38
1.4	Baufehler	44
1.5	Korngrenzen und homogene Gefüge	52
1.6	Gläser und Quasikristalle	56
2	Aufbau mehrphasiger Stoffe	60
2.1	Mischphasen und Phasengemische	60
2.2	Heterogene Gleichgewichte	65
2.3	Keimbildung, Kristallisation von Schmelzen	79
2.4	Metastabile Gleichgewichte	82
2.5	Anwendungen von Phasendiagrammen	85
3	Grundlagen der Wärmebehandlung	88
3.1	Diffusion	88
3.2	Kristallerholung und Rekristallisation	97
3.3	Glasbildung	103
3.4	Umwandlungen und Ausscheidung	104
3.5	Stabilität von Mikrostrukturen	109
3.6	Martensitische Umwandlung	112
3.7	Heterogene Gefüge	115

Eigenschaften der Werkstoffe

4	Mechanische Eigenschaften	121
4.1	Mechanische Beanspruchung und Elastizität	121
4.2	Zugversuch und Kristallplastizität	128
	a) Makroskopische Betrachtung der Plastizität	128
	b) Mikroskopische Betrachtung der Plastizität	131
4.3	Kriechen	139
4.4	Bruch	146
	a) Mikroskopische und makroskopische Aspekte	146
	b) Bruchmechanik, statische Belastung und Anriss	149
	c) Ermüdung	154
4.5	Innere Spannungen	158
4.6	Gummielastizität und Pseudoelastizität	160
4.7	Viskosität von Flüssigkeiten und Gläsern	161
4.8	Viskoelastizität und Dämpfung	164
4.9	Mehrachsigige Beanspruchung, mechanische Anisotropie	167
4.10	Technische Prüfverfahren	172
5	Physikalische Eigenschaften	177
5.1	Kernphysikalische Eigenschaften	177
5.2	Elektrische Eigenschaften, Werkstoffe der Elektro- und Energietechnik	185
5.3	Wärmeleitfähigkeit	199
5.4	Ferromagnetische Eigenschaften, weich- und hartmagnetische Werkstoffe	200
5.5	Supraleiter	207
5.6	Optische Eigenschaften	209
5.7	Thermische Eigenschaften	212
5.8	Formgedächtnis, Sensor- und Aktorwerkstoffe	215
6	Chemische und tribologische Eigenschaften	220
6.1	Oberflächen und Versagen des Werkstoffs	220
6.2	Oberflächenreaktionen und elektrochemische Korrosion	221
6.3	Verzundern	228
6.4	Spannungsrißkorrosion	231
6.5	Oberflächen, Grenzflächen und Adhäsion	232
6.6	Reibung und Verschleiß	236

Die vier Werkstoffgruppen

7	Keramische Werkstoffe	245
7.1	Allgemeine Kennzeichnung	245
7.2	Einatomare keramische Stoffe	247
7.3	Nichtoxidische Verbindungen	249

7.4	Kristalline Oxidkeramik	252
7.5	Anorganische, nichtmetallische Gläser	257
7.6	Hydratisierte Silikate, Zement, Beton	262
8	Metallische Werkstoffe	269
8.1	Allgemeine Kennzeichnung	269
8.2	Reine Metalle, elektrische Leiter	270
8.3	Mischkristalle, Messing, Bronzen	272
8.4	Ausscheidungshärtung, Al-, Ni-Legierungen	280
8.5	Umwandlungshärtung, Stähle	289
8.6	Gußlegierungen und metallische Gläser	305
9	Polymerwerkstoffe	313
9.1	Allgemeine Kennzeichnung	313
9.2	Plastomere oder Thermoplaste	320
9.3	Duromere oder Kunstharze	328
9.4	Elastomere oder Gummi	330
9.5	Schaum-, Hochtemperatur-, Piezopolymere	332
9.6	Schmierstoffe	339
9.7	Natürliche Polymere	341
10	Verbundwerkstoffe	345
10.1	Eigenschaften von Phasengemischen	345
10.2	Faserverstärkte Werkstoffe	349
10.3	Stahlbeton und Spannbeton	357
10.4	Hartmetalle und Cermets	359
10.5	Oberflächenbehandlung	362
10.6	Holz, nachwachsende, zelluläre Werkstoffe	367

Werkstofftechnik

11	Werkstoff und Fertigung	373
11.1	Halbzeug und Bauteil	373
11.2	Urformen: Gießen, Sintern, Aufdampfen, komplexe Systeme	375
11.3	Umformen	386
11.4	Trennen: Spanen und Schleifen	394
11.5	Fügen: Schweißen, Löten, Kleben	396
11.6	Nachbehandlung	402
12	Der Kreislauf der Werkstoffe	404
12.1	Vom Rohstoff zum Schrott	404
12.2	Auswahl und Gebrauch	411
12.3	Verbesserte und neue Werkstoffe	416

12.4 Versagen und Sicherheit	418
12.5 Entropieeffizienz im Kreislauf und Nachhaltigkeit	424

Anhang

A.1 Periodensystem	431
A.2 Größen und Einheiten	432
A.3 Bezeichnung der Werkstoffe (Abschn. 0.7 und 12.2)	437
A.4 Neue Normbezeichnungen für Meßgrößen aus der mechanischen Werkstoffprüfung	443
A.5 Einige werkstoffnahe Normen	443
A.6 ASTM-Korngrößen	444
A.7 Englische Kurzbezeichnungen für Verfahren der mikroskopischen und makroskopischen Analyse der Struktur von Werkstoffen	445
Literaturverzeichnis	446
Sachverzeichnis	453