

Erhard Hornbogen

Werkstoffe

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

Fünfte, neubearbeitete und erweiterte Auflage
mit 297 Abbildungen und 83 Tabellen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona Budapest

Inhaltsverzeichnis

0	Überblick	1
0.1	Was ist ein Werkstoff?	1
0.2	Werkstoffkunde	2
0.3	Mikroskopischer Aufbau und die vier Werkstoffgruppen	4
0.4	Werkstoffeigenschaften	8
0.5	Prüfung, Normung, Bezeichnung	12
0.6	Geschichte und Zukunft	14
 Aufbau der Werkstoffe		
1	Aufbau fester Phasen	18
1.1	Atome	18
1.2	Bindung der Atome	23
1.3	Kristalle	33
1.4	Baufehler	38
1.5	Gläser	49
1.6	Quasikristalle	50
2	Aufbau mehrphasiger Stoffe	52
2.1	Mischphasen und Phasengemische	52
2.2	Heterogene Gleichgewichte	56
2.3	Keimbildung, Kristallisation von Schmelzen	68
2.4	Metastabile Zustände	72
3	Grundlagen der Wärmebehandlung	75
3.1	Diffusion	75
3.2	Kristallerholung und Rekristallisation	83
3.3	Glasbildung	88
3.4	Umwandlungen und Ausscheidung	89
3.5	Thermische Stabilität metastabiler Zustände, thermo-mechanische Behandlung	94
3.6	Martensitische Umwandlung	96
3.7	Gefüge der Werkstoffe	99

Eigenschaften der Werkstoffe

4	Mechanische Eigenschaften	102
4.1	Mechanische Beanspruchung und Elastizität	102
4.2	Kristallplastizität und Zugversuch	108
	a) Makroskopische Betrachtung der Plastizität	108
	b) Mikroskopische Betrachtung der Plastizität	111
4.3	Kriechen	118
4.4	Bruch und Ermüdung	123
	a) Bruchmechanik	126
	b) Ermüdung	132
4.5	Innere Spannungen	135
4.6	Gummielastizität	136
4.7	Viskosität	137
4.8	Viskoelastizität	140
4.9	Mehrachsig Beanspruchung, Anisotropie	143
4.10	Technische Prüfverfahren	146
5	Physikalische Eigenschaften	151
5.1	Kernphysikalische Eigenschaften	151
5.2	Elektrische Eigenschaften, Werkstoffe der Elektrotechnik	158
5.3	Wärmeleitfähigkeit	169
5.4	Ferromagnetische Eigenschaften, weich- und hartmagnetische Werkstoffe und Supraleiter	170
5.5	Optische Eigenschaften	178
5.6	Thermische Ausdehnung	181
6	Chemische und tribologische Eigenschaften	186
6.1	Oberflächen und Versagen des Werkstoffes	186
6.2	Oberflächenreaktionen und elektrochemische Korrosion	187
6.3	Verzundern	194
6.4	Spannungsrißkorrosion	196
6.5	Grenzflächen und Adhäsion	198
6.6	Reibung und Verschleiß	201

Die vier Werkstoffgruppen

7	Keramische Werkstoffe	206
7.1	Allgemeine Kennzeichnung	206
7.2	Einatomare keramische Stoffe	208
7.3	Nichtoxidische Verbindungen	210
7.4	Kristalline Oxidkeramik	213
7.5	Anorganische, nichtmetallische Gläser	217
7.6	Hydratisierte Silikate, Zement, Beton	222

Inhaltsverzeichnis	XI
8 Metallische Werkstoffe	228
8.1 Allgemeine Kennzeichnung	228
8.2 Reine Metalle, elektrische Leiter	229
8.3 Mischkristalle, Messing, Bronzen	231
8.4 Ausscheidungshärtung: Al-, Ni-Legierungen	239
8.5 Umwandlungshärtung, Stähle	247
8.6 Gußlegierungen und metallische Gläser	263
9 Polymerwerkstoffe oder Kunststoffe	269
9.1 Allgemeine Kennzeichnung	269
9.2 Plastomere oder Thermoplaste	276
9.3 Duromere oder Kunstharze	283
9.4 Elastomere oder Gummi	286
9.5 Besondere Kunststoffe	287
9.6 Schmierstoffe	294
10 Verbundwerkstoffe	296
10.1 Eigenschaften von Phasengemischen	296
10.2 Faserverstärkte Werkstoffe	300
10.3 Stahlbeton und Spannbeton	307
10.4 Hartmetalle und Cermets	310
10.5 Oberflächenbehandlung	313
10.6 Holz	317
 Werkstofftechnik	
11 Werkstoff und Fertigung	320
11.1 Halbzeug und Bauteile	320
11.2 Urformen	322
11.3 Umformen	331
11.4 Trennen: Spanen und Schleifen	341
11.5 Fügen	342
11.6 Nachbehandlung	348
12 Der Kreislauf der Werkstoffe	350
12.1 Rohstoff und Energie	350
12.2 Auswahl und Dimensionierung	354
12.3 Gebrauch und Versagen	359
12.4 Rückgewinnung und Abfallbeseitigung	365

Anhang

A.1	Periodensystem	369
A.2	Größen und Einheiten	370
A.3	Bezeichnung der Werkstoffe	375
A.4	Normen	380
A.5	ASTM-Korngrößen	380
A.6	Abkürzungen aus dem Bereich der Untersuchungsmethoden der Mikrostruktur	381
	Literaturverzeichnis	383
	Sachverzeichnis	391