
Inhaltsverzeichnis

Werkstoffe

H. Czichos, B. Skrotzki, F.-G. Simon

1	Übersicht	1
1.1	Der Materialkreislauf	1
1.2	Werkstoffe in Kultur, Wirtschaft, Technik und Umwelt	2
1.3	Gliederung des Werkstoffgebietes	5
2	Aufbau der Werkstoffe	5
2.1	Aufbauprinzipien von Festkörpern	6
2.2	Mikrostruktur	8
2.3	Werkstoffoberflächen	9
2.4	Werkstoffgruppen	9
2.5	Mischkristalle und Phasengemische	11
2.6	Gleichgewichte	12
2.7	Zustandsdiagramme	13
2.8	Diffusionsprozesse	15
2.9	Keimbildung von Phasenumwandlungen	17
2.10	Metastabile Zustände	18
2.11	Erholung und Rekristallisation	18
2.12	Ausscheidungs- und Umwandlungsprozesse	19
3	Metallische Werkstoffe	20
3.1	Herstellung metallischer Werkstoffe	20
3.2	Einteilung der Metalle	20
3.3	Eisenwerkstoffe	21
3.3.1	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm – 3.3.2 Wärmebehandlung – 3.3.3 Stahl –	
3.3.4	Gusseisen	
3.4	Nichteisennmetalle und ihre Legierungen	27
3.4.1	Aluminium – 3.4.2 Magnesium – 3.4.3 Titan – 3.4.4 Kupfer – 3.4.5 Nickel –	
3.4.6	Zinn – 3.4.7 Zink – 3.4.8 Blei	
4	Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe	31
4.1	Mineralische Naturstoffe	31
4.2	Kohlenstoff	32
4.3	Keramische Werkstoffe	33
4.3.1	Herstellung keramischer Werkstoffe – 4.3.2 Silicateramik – 4.3.3 Oxidkeramik –	
4.3.4	Nichtoxidkeramik	
4.4	Glas	36
4.5	Glaskeramik	37
4.6	Baustoffe	37
4.6.1	Bindemittel – 4.6.2 Zement – 4.6.3 Beton	
4.7	Erdstoffe	39
5	Organische Stoffe; Polymerwerkstoffe	40
5.1	Organische Naturstoffe	40
5.1.1	Holz und Holzwerkstoffe – 5.1.2 Fasem	
5.2	Papier und Pappe	41
5.3	Polymerwerkstoffe: Herstellung	42
5.4	Polymerwerkstoffe: Aufbau und Eigenschaften	42

5.5	Thermoplaste	43
5.6	Duroplaste	45
5.7	Elastomere	45
6	Verbundwerkstoffe	47
6.1	Teilchenverbundwerkstoffe	47
6.2	Faserverbundwerkstoffe	47
6.3	Stahlbeton und Spannbeton	48
6.4	Schichtverbundwerkstoffe	49
6.5	Oberflächenbeschichtungen und Oberflächentechnologien	49
7	Ressourcennutzung und Umweltauswirkungen	51
7.1	Materialflüsse in der Wirtschaft	51
7.2	Recycling	53
8	Beanspruchung von Werkstoffen	54
8.1	Volumenbeanspruchungen	54
8.2	Oberflächenbeanspruchungen	54
8.3	Zeitlicher Verlauf von Beanspruchungen	55
8.4	Umweltbeanspruchung und Umweltsimulation	55
9	Werkstoffeigenschaften und Werkstoffkennwerte	58
9.1	Dichte	58
9.2	Mechanische Eigenschaften	58
9.2.1	Elastizität – 9.2.2 Viskoelastizität – 9.2.3 Festigkeit und Verformung –	
9.2.2	9.2.4 Kriechen und Zeitstandverhalten – 9.2.5 Ermüdung und Wechselfestigkeit –	
9.2.3	9.2.6 Bruchmechanik – 9.2.7 Betriebsfestigkeit – 9.2.8 Härte	
9.3	Thermische Eigenschaften	70
9.3.1	9.3.1 Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit – 9.3.2 Thermische Ausdehnung –	
9.3.2	9.3.3 Schmelztemperatur	
9.4	Sicherheitstechnische Kenngrößen	74
9.4.1	9.4.1 Sicherheitsbewerte von Konstruktionswerkstoffen	
9.5	Elektrische Eigenschaften	75
9.6	Magnetische Eigenschaften	76
9.7	Optische Eigenschaften	77
10	Materialverhalten: Schadenskunde	78
10.1	Übersicht	78
10.2	Alterung	78
10.3	Bruch	80
10.3.1	10.3.1 Gewaltbruch – 10.3.2 Schwingbruch – 10.3.3 Wermbruch	
10.4	Korrosion	82
10.4.1	10.4.1 Korrosionsarten – 10.4.2 Korrosionsmechanismen – 10.4.3 Korrosionsschutz	
10.5	Biologische Materialschädigung	83
10.5.1	10.5.1 Materialschädigungsarten – 10.5.2 Materialschädlinge und Schadformen –	
10.5.2	10.5.3 Materialschutz gegen Organismen	
10.6	Tribologie	85
10.6.1	10.6.1 Reibung – 10.6.2 Verschleiß – 10.6.3 Verschleißmechanismen –	
10.6.2	10.6.4 Verschleißschutz	
10.7	Methodik der Schadensanalyse	89
11	Materialprüfung	89
11.1	Planung von Messungen und Prüfungen	90
11.2	Chemische Analyse von Werkstoffen	90
11.2.1	11.2.1 Analyse anorganischer Stoffe – 11.2.2 Analyse organischer Stoffe –	
11.2.2	11.2.3 Oberflächenanalytik	
11.3	Mikrostruktur-Untersuchungsverfahren	92
11.3.1	11.3.1 Gefügeuntersuchungen – 11.3.2 Oberflächenrauhheitsmesstechnik	
11.4	Experimentelle Beanspruchungsanalyse	94
11.5	Werkstoffmechanische Prüfverfahren	94
11.5.1	11.5.1 Festigkeits- und Verformungsprüfungen – 11.5.2 Bruchmechanische Prüfungen –	
11.5.2	11.5.3 Härteprüfungen – 11.5.4 Technologische Prüfungen	

11.6	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	98
11.6.1	Akustische Verfahren: Ultraschallprüfung, Schallemissionsanalyse –	
11.6.2	Elektrische und magnetische Verfahren – 11.6.3 Radiografie und Computertomografie	
11.7	Komplexe Prüfverfahren	100
11.7.1	Bewitterungsprüfungen – 11.7.2 Korrosionsprüfungen – 11.7.3 Tribologische	
Prüfungen – 11.7.4 Biologische Prüfungen		
11.8	Bescheinigungen über Materialprüfungen	103
11.9	Anforderungen an die Kompetenz von Prüflaboratorien	103
12	Materialauswahl für technische Anwendungen	104
12.1	Strukturmaterialien	104
12.2	Funktionsmaterialien	104
12.3	Festigkeitsbezogene Auswahlkriterien	105
12.4	Systemmethodik zur Materialauswahl	105
13	Referenzmaterialien und Referenzverfahren	107
Literatur		108