
Das Ingenieurwissen: Werkstoffe

Horst Czichos · Birgit Skrotzki ·
Franz-Georg Simon

Das Ingenieurwissen: Werkstoffe

 Springer Vieweg

Horst Czichos
Beuth Hochschule für Technik
Berlin, Deutschland

Birgit Skrotzki, Franz-Georg Simon
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -
prüfung
Berlin, Deutschland

ISBN 978-3-642-41125-0
DOI 10.1007/978-3-642-41126-7

ISBN 978-3-642-41126-7 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das vorliegende Buch ist Teil des ursprünglich erschienenen Werks „HÜTTE - Das Ingenieurwissen“, 34. Auflage.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Die HÜTTE Das Ingenieurwissen ist ein Kompendium und Nachschlagewerk für unterschiedliche Aufgabenstellungen und Verwendungen. Sie enthält in einem Band mit 17 Kapiteln alle Grundlagen des Ingenieurwissens:

- Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen
- Technologische Grundlagen
- Grundlagen für Produkte und Dienstleistungen
- Ökonomisch-rechtliche Grundlagen

Je nach ihrer Spezialisierung benötigen Ingenieure im Studium und für ihre beruflichen Aufgaben nicht alle Fachgebiete zur gleichen Zeit und in gleicher Tiefe. Beispielsweise werden Studierende der Eingangsesemester, Wirtschaftsingenieure oder Mechatroniker in einer jeweils eigenen Auswahl von Kapiteln nachschlagen. Die elektronische Version der Hütte lässt das Herunterladen einzelner Kapitel bereits seit einiger Zeit zu und es wird davon in beträchtlichem Umfang Gebrauch gemacht.

Als Herausgeber begrüßen wir die Initiative des Verlages, nunmehr Einzelkapitel in Buchform anzubieten und so auf den Bedarf einzugehen. Das klassische Angebot der Gesamt-Hütte wird davon nicht betroffen sein und weiterhin bestehen bleiben. Wir wünschen uns, dass die Einzelbände als individuell wählbare Bestandteile des Ingenieurwissens ein eigenständiges, nützliches Angebot werden.

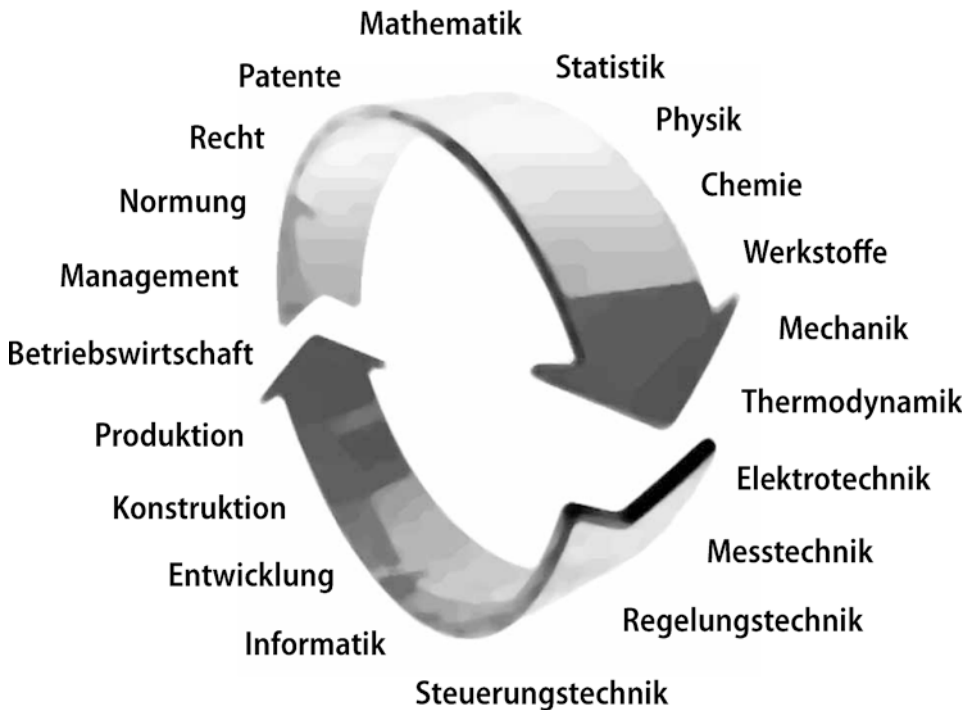
Unser herzlicher Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen für ihre Beiträge und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Springer-Verlages für die sachkundige redaktionelle Betreuung sowie dem Verlag für die vorzügliche Ausstattung der Bände.

Berlin, August 2013

H. Czichos, M. Hennecke

Das vorliegende Buch ist dem Standardwerk *HÜTTE Das Ingenieurwissen 34. Auflage* entnommen. Es will einen erweiterten Leserkreis von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern ansprechen, der nur einen Teil des gesamten Werkes für seine tägliche Arbeit braucht. Das Gesamtwerk ist im sog. Wissenskreis dargestellt.

Das Ingenieurwissen Grundlagen



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	Nichteisenmetalle 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 Silikatkeramik – 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 Fasern	
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 –	
	9.2.4 Kriechen und Zeitstandverhalten – 9.2.5 Ermüdung und Wechselfestigkeit –	
	9.2.6 Bruchmechanik – 9.2.7 Betriebsfestigkeit – 9.2.8 Härte	
9.3	Thermische Eigenschaften	70
	9.3.1 Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit – 9.3.2 Thermische Ausdehnung –	
	9.3.3 Schmelztemperatur	
9.4	Sicherheitstechnische Kenngrößen	74
	9.4.1 Sicherheitsbeiwerte 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 Gewaltbruch – 10.3.2 Schwingbruch – 10.3.3 Warmbruch	
10.4	Korrosion	82
	10.4.1 Korrosionsarten – 10.4.2 Korrosionsmechanismen – 10.4.3 Korrosionsschutz	
10.5	Biologische Materialschädigung	83
	10.5.1 Materialschädigungsarten – 10.5.2 Materialschädlinge und Schadformen –	
	10.5.3 Materialschutz gegen Organismen	
10.6	Tribologie	85
	10.6.1 Reibung – 10.6.2 Verschleiß – 10.6.3 Verschleißmechanismen –	
	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 Analyse anorganischer Stoffe – 11.2.2 Analyse organischer Stoffe –	
	11.2.3 Oberflächenanalytik	
11.3	Mikrostruktur-Untersuchungsverfahren	92
	11.3.1 Gefügeuntersuchungen – 11.3.2 Oberflächenrauheitsmesstechnik	
11.4	Experimentelle Beanspruchungsanalyse	94
11.5	Werkstoffmechanische Prüfverfahren	94
	11.5.1 Festigkeits- und Verformungsprüfungen – 11.5.2 Bruchmechanische Prüfungen –	
	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