

# Einführung in die allgemeine Werkstoffkunde metallischer Werkstoffe I

von

PROF. DR.-ING. ALEX TROOST

Direktor des Instituts

für Werkstoffkunde (Lehrstuhl A),

RWTH Aachen

2., überarbeitete Auflage

Fachbereich Materialwissenschaft  
der Techn. Hochschule Darmstadt

Inv.-Nr.: 391



Wissenschaftsverlag  
Mannheim/Wien/Zürich

## Inhaltsverzeichnis

	Einleitung . . . . .	10
A	<u>Einteilung und Herstellung metallischer Werkstoffe</u>	
	A <sub>1</sub> <u>Werkstoffarten</u>	
1.	Einteilung der Werkstoffe . . . . .	11
2.	Einteilung metallischer Werkstoffe . . . . .	15
	A <sub>2</sub> <u>Werkstoffherstellung</u>	
3.	Metallurgie . . . . .	17
4.	Schmelzmetallurgie . . . . .	19
5.	Kristallisation aus der Schmelze . . . . .	22
6.	Pulvermetallurgie . . . . .	26
B	<u>Aufbau metallischer Werkstoffe</u>	
	B <sub>1</sub> <u>Kristallgeometrie</u>	
7.	Kristallstruktur . . . . .	28
8.	Kristallsysteme . . . . .	34
9.	MILLERsche Indizierung . . . . .	39
10.	Indizieren im hexagonalen System . . . . .	45
11.	Kenngrößen . . . . .	50
12.	Reziprokes Gitter . . . . .	53
	B <sub>2</sub> <u>Atomaufbau</u>	
13.	Atommodell von N. BOHR . . . . .	57
14.	SOMMERFELDSche Ellipsenbahnen . . . . .	66
15.	Schalenstruktur der Atomhülle . . . . .	73
16.	Wellenmechanische Darstellung . . . . .	76
	B <sub>3</sub> <u>Periodensystem</u>	
17.	Aufbauprinzip . . . . .	90
18.	Periodentafel . . . . .	102
	B <sub>4</sub> <u>Bindungsenergie und Stoffverhalten</u>	
19.	Bindungsarten . . . . .	111
20.	Ansatz von MIE und GRÖNEISEN . . . . .	114
21.	Mechanische Eigenschaften . . . . .	121
22.	Thermische Ausdehnung . . . . .	128
	B <sub>5</sub> <u>Kristallbindung</u>	
23.	Ionenbindung . . . . .	134

24.	VAN DER WAALSsche Bindung . . . . .	144
25.	Kovalente Bindung . . . . .	147
26.	Metallischer Zustand . . . . .	154
27.	Bändermodell . . . . .	162

### B<sub>6</sub> Kristallstruktur der Legierungen

28.	Mischkristalle . . . . .	164
29.	Intermetallische Phasen . . . . .	167

### B<sub>7</sub> Diffusion

30.	Grundgleichungen der Diffusion . . . . .	173
31.	Diffusionsmechanismen . . . . .	179
32.	Aufkohlung von Einsatzstahl . . . . .	183
33.	Entkohlung von Gußeisen . . . . .	189

## C Mechanisches Verhalten, Phänomenologie

### C<sub>1</sub> Grundbegriffe

34.	Spannungen . . . . .	192
35.	Dehnungen . . . . .	195
36.	Winkeländerungen . . . . .	201

### C<sub>2</sub> Einachsige Beanspruchung

37.	Linearelastisches Verhalten . . . . .	203
38.	Linearelastische Formänderungsenergie . . . . .	208
39.	Reversible und irreversible Gitterverzerrungen . . . . .	209
40.	Elastoplastisches Verhalten . . . . .	212
41.	Mechanische Eigenschaften bei Zugbeanspruchung . . . . .	216
42.	Höchstkraftbedingung im Zugversuch . . . . .	223
43.	Mechanisches Verhalten im Einschnürbereich . . . . .	227
44.	Stoßbeanspruchung . . . . .	231
45.	Schwingende Beanspruchung . . . . .	235
46.	Anelastisches und viskoses Verhalten . . . . .	242
47.	Kriechbeanspruchung . . . . .	253
48.	Verbundwerkstoffe . . . . .	255
49.	Beanspruchungsgrenzen . . . . .	260

### C<sub>3</sub> Mehrachsige Beanspruchung

50.	Räumlicher Spannungszustand . . . . .	267
51.	Verformungszustand . . . . .	276
52.	Formänderungsenergie bei linearelastischem Verhalten . . . . .	284
53.	Fließbedingung . . . . .	288
54.	Vergleichsspannung . . . . .	293
55.	Vergleichsdehnung . . . . .	298

### C<sub>4</sub> Anstrengungshypothesen

56.	Spannungshypothesen . . . . .	301
-----	-------------------------------	-----

57.	Dehnungshypothesen . . . . .	308
58.	Energiehypothesen . . . . .	309
59.	Formale Hypothesen . . . . .	311
60.	Vergleich mit Meßergebnissen . . . . .	315
61.	Mehrachsiges Schwingbeanspruchung . . . . .	320

### C<sub>5</sub> Kerbwirkung

62.	Linearelastische Kerbwirkung . . . . .	331
63.	Elastoplastische Kerbwirkung . . . . .	337
64.	Spitzkerben . . . . .	340
65.	Kerbwirkung bei Schwingbeanspruchung . . . . .	342

### C<sub>6</sub> Anwendungsbeispiele

66.	Anforderungen an einen Federstahl . . . . .	346
67.	Beispiel aus der Pulvermetallurgie . . . . .	348
68.	Abschätzung der Kaltumformbarkeit . . . . .	352
69.	Werkstoffauswahl für eine Flugzeugzelle . . . . .	356
70.	Ein- und zweiachsiges Stauchung . . . . .	360
71.	Oberlagerte Beanspruchung bei Maschinenelementen . . . . .	363
72.	Behälter und Rohrleitungen . . . . .	367
73.	Fließkurve bei mehrachsiger Beanspruchung . . . . .	374.

## D Mechanisches Verhalten, Grundlagen

### D<sub>1</sub> Grundbegriffe der plastischen Verformung

74.	Kritische Schubspannung . . . . .	381
75.	Versetzungen . . . . .	385
76.	Nachweis von Versetzungen . . . . .	388
77.	Spannungen bei Versetzungen . . . . .	391
78.	Versetzungsdichte . . . . .	394
79.	Versetzungsenergie . . . . .	397
80.	Kräfte bei Versetzungen . . . . .	402
81.	Bewegung von Versetzungen . . . . .	404
82.	Versetzungsreaktionen . . . . .	409
83.	Gitterbaufehler . . . . .	412
84.	Mechanische Zwillingsbildung . . . . .	417

### D<sub>2</sub> Plastische Verformung von Einkristallen

85.	Bevorzugte Translationselemente . . . . .	420
86.	Das SCHMID'sche Schubspannungsgesetz . . . . .	423
87.	Einfach- und Mehrfachgleitung . . . . .	427
88.	Fließkurve bei Einkristallen . . . . .	430

### D<sub>3</sub> Plastische Verformung vielkristalliner Werkstoffe

89.	Übergang vom Einkristall- zum Vielkristallverhalten . . . . .	435
90.	Streckgrenzeneffekt und Verformungsalterung . . . . .	439
91.	Kaltfließkurve . . . . .	442
92.	Warmfließkurve . . . . .	447

93.	Superplastizität . . . . .	451
94.	Mechanische Zustandsgleichung . . . . .	458

#### D<sub>4</sub> Bruchvorgänge

95.	Gleit- und Trennwiderstand . . . . .	463
96.	Duktiler Bruch im Zugversuch . . . . .	467
97.	Linearelastische Bruchmechanik . . . . .	472
98.	Ansätze für eine Fließbruchmechanik . . . . .	477
99.	Kriechbruch . . . . .	482
100.	Schwingungsbruch . . . . .	486

Literatur . . . . .	493
---------------------	-----

Register . . . . .	495
--------------------	-----