

Günter Gottstein

# Physikalische Grundlagen der Materialkunde

Mit 468 Abbildungen



Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Gefüge und MikroStruktur.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Der atomistische Aufbau der Festkörper.....</b>	<b>10</b>
2.1 Atomare Bindung.....	10
2.2 Kristallstruktur.....	17
2.2.1 Kristallsysteme und Raumgitter.....	17
2.2.2 Kristallstruktur von Metallen.....	20
2.2.3 Kristallstruktur keramischer Werkstoffe.....	27
2.2.4 Kristallstruktur polymerer Werkstoffe.....	29
2.3 Indizierung kristallographischer Ebenen und Richtungen.....	29
2.4 Darstellung von Orientierungen: Stereographische Projektion .....	36
2.5 Experimentelle Verfahren zur kristallographischen Struktur- und Orientierungsbestimmung.....	41
2.5.1 Das Braggsche Gesetz.....	41
2.5.2 Röntgenmethoden.....	44
2.5.3 Elektronenmikroskopie.....	49
2.5.4 Kristallographische Texturen.....	51
<b>3 Kristallbaufehler.....</b>	<b>57</b>
3.1 Überblick.....	57
3.2 Punktfehler.....	57
3.2.1 Typen von Punktfehlern.....	57
3.2.2 Thermodynamik der Punktdefekte.....	58
3.2.3 Experimenteller Nachweis von Punktdefekten.....	61
3.3 Versetzungen.....	65
3.3.1 Geometrie der Versetzungen.....	65
3.3.2 Nachweis von Versetzungen.....	71
3.4 Korngrenzen.....	73
3.4.1 Grundbegriffe und Definitionen.....	73
3.4.2 Struktur der Korngrenzen.....	73
3.5 Phasengrenzflächen.....	78
3.5.1 Klassifizierung der Phasengrenzen.....	92
3.5.2 Phänomenologische Beschreibung der Phasengrenzfläche .....	93

<b>4 Legierungen.....</b>	<b>99</b>
4.1 Konstitutionslehre.....	99
4.2 Thermodynamik der Legierungen.....	112
4.3 Mischkristalle.....	116
4.4 Intermetallische Phasen.....	124
4.4.1 Überblick.....	124
4.4.2 Geordnete Substitutionsmischkristalle.....	124
4.4.3 Wertigkeitsbestimmte Phasen.....	132
4.4.4 Phasen hoher Raumerfüllung.....	133
4.4.5 Phasen maximaler Elektronendichte (Hume-Rothery-Phasen).....	132
4.5 Mehrstoffsysteme.....	141
<b>5 Diffusion.....</b>	<b>145</b>
5.1 Phänomenologie und Gesetzmäßigkeiten.....	145
5.2 Die Diffusionskonstante.....	151
5.3 Atomistik der Festkörperdiffusion.....	155
5.4 Korrelationseffekte.....	165
5.5 Chemische Diffusion.....	168
5.6 Thermodynamischer Faktor.....	172
5.7 Diffusion über Grenzflächen.....	175
5.8 Diffusion in Nichtmetallen: Ionenleitfähigkeit.....	181
<b>6 Mechanische Eigenschaften.....</b>	<b>186</b>
6.1 Grundlagen der Elastizität.....	186
6.2 Die Fließkurve.....	190
6.3 Mechanismen der plastischen Verformung.....	197
6.3.1 Kristallographische Gleitung durch Versetzungsbewegung .....	197
6.3.2 Mechanische Zwillingsbildung.....	207
6.4 Die kritische Schubspannung.....	213
6.4.1 Das Schmidsche Schubspannungsgesetz.....	213
6.4.2 VersetzungsmodeLL der kritischen Schubspannung.....	216
6.4.2.1 Elastische Eigenschaften der Versetzungen.....	216
6.4.2.2 Wechselwirkung von Versetzungen.....	221
6.4.3 Thermisch aktivierte Versetzungsbewegung .....	225
6.5 Verformung und Verfestigung von kfz-Einkristallen.....	228
6.5.1 Geometrie der Verformung.....	228
6.5.2 VersetzungsmodeLL der Verformungsverfestigung.....	232
6.5.3 Versetzungsaufspaltung.....	240
6.6 Festigkeit und Verformung von Vielkristallen.....	243
6.7 Mechanismen der Festigkeitssteigerung.....	251
6.7.1 Mischkristallhärtung.....	251
6.7.2 Dispersionshärtung.....	257
6.7.3 Ausscheidungshärtung.....	260

Zeitabhängige Verformung .....	265
6.8.1 Dehnungsgeschwindigkeitsempfindlichkeit der Fließspannung: Superplastizität .....	265
6.8.2 Kriechen.....	268
6.8.3 Anelastizität und Viskoelastizität.....	275
<b>7 Rekristallisation.....</b>	<b>289</b>
7.1 Phänomenologie und Begriffe.....	289
7.2 Die energetischen Ursachen der Rekristallisation.....	293
7.3 Verformungsstruktur.....	297
7.4 Erholung.....	300
7.5 Keimbildung .....	306
7.6 Korngrenzenbewegung .....	311
7.7 Kinetik der primären Rekristallisation.....	314
7.8 Das Rekristallisationsdiagramm .....	319
7.9 Rekristallisation in homogenen Legierungen.....	320
7.10 Rekristallisation in mehrphasigen Legierungen.....	322
7.11 Kornvergrößerung.....	325
7.12 Unstetige Kornvergrößerung (Sekundäre Rekristallisation).....	329
7.13 Dynamische Rekristallisation.....	331
7.14 Rekristallisationstexturen.....	334
7.15 Rekristallisation in nichtmetallischen Werkstoffen.....	335
<b>8 Erstarrung von Schmelzen.....</b>	<b>339</b>
8.1 Zustand der Schmelze.....	339
8.2 Keimbildung in der Schmelze.....	342
8.3 Kristallwachstum .....	347
8.3.1 Gestalt des Kristalls.....	347
8.3.2 Atomistik des Kristallwachstums.....	349
8.3.3 Kristallwachstum in der Schmelze.....	351
8.3.3.1 Erstarrung reiner Metalle.....	351
8.3.3.2 Erstarrung von Legierungen.....	354
8.3.3.3 Erstarrung eutektischer Legierungen.....	356
8.4 Gefüge des Gußstücks.....	359
8.5 Fehler des Gußgefüges.....	359
8.6 Schnelle Erstarrung von Metallen und Legierungen .....	360
8.7 Erstarrung von Nichtmetallen: Gläser und Hochpolymere .....	365
<b>9 Umwandlungen im festen Zustand.....</b>	<b>370</b>
9.1 Reine Metalle .....	370
9.2 Legierungen .....	370
9.2.1 Umwandlungen mit Konzentrationsänderung .....	370

9.2.1.1 Fallunterscheidungen.....	370
9.2.1.2 Thermodynamik der Entmischung.....	370
9.2.1.3 Keimbildung und spinodale Entmischung.....	375
9.2.1.4 Metastabile Phasen.....	380
9.2.1.5 Aushärtung.....	381
9.2.1.6 Wachstumskinetik von Ausscheidungen.....	386
9.2.1.7 Eutektoidie Entmischung und diskontinuierliche Ausscheidung.....	389
9.2.2 Martensitische Umwandlungen.....	391
9.2.3 Anwendungen.....	397
9.2.3.1 ZTU-Schaubild.....	397
9.2.3.2 Technologische Bedeutung der Martensitumwandlung: Einige Beispiele.....	397
<b>10 Physikalische Eigenschaften.....</b>	<b>401</b>
10.1 Elektronentheoretische Grundlagen der Festkörpereigenschaften . . . .	401
10.2 Mechanische und thermische Eigenschaften.....	407
10.3 Wärmeleitfähigkeit.....	414
10.4 Elektrische Eigenschaften.....	417
10.4.1 Leiter, Halbleiter und Nichtleiter.....	417
10.4.2 Leitfähigkeit in Metallen.....	420
10.4.3 Deutung der Leitfähigkeitsphänomene.....	424
10.4.4 Supraleitung.....	429
10.5 Magnetische Eigenschaften.....	433
10.5.1 Dia- und Paramagnetismus.....	433
10.5.2 Ferromagnetismus.....	436
10.6 Optische Eigenschaften .....	443
10.6.1 Licht.....	443
10.6.2 Reflexion metallischer Oberflächen.....	444
10.6.3 Isolatoren.....	444
10.6.3.1 Farbe.....	444
10.6.3.2 Absorption.....	445
10.6.3.3 Photoleitfähigkeit.....	447
10.6.3.4 Lumineszenz.....	448
10.6.4 Anwendungen.....	449
Literatur.....	451
Weiterführende Literatur.....	457
Sachverzeichnis.....	461