

Günter Gottstein

Physikalische Grundlagen der Materialkunde

Mit 468 Abbildungen



Springer

Inhaltsverzeichnis

1 Gefüge und MikroStruktur.....	1
2 Der atomistische Aufbau der Festkörper.....	10
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
3 Kristallbaufehler.....	57
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

4	Legierungen	99
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
5	Diffusion	145
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
6	Mechanische Eigenschaften	186
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 Schmid'sche 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	Versetzungsmodelle 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
7 Rekristallisation.....	289
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
8 Erstarrung von Schmelzen.....	339
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
9 Umwandlungen im festen Zustand.....	370
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	Eutektide 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
10	Physikalische Eigenschaften	401
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