

Inhalt

1 Motivation, Einleitung und Gliederung	1
2 Inelastisches Verhalten metallischer Werkstoffe	5
2.1 Phänomene der irreversiblen Verformung – die makroskopische Betrachtungsweise –	6
2.2 Mechanismen der irreversiblen Verformung – die mikroskopische Betrachtungsweise –	10
2.2.1 Vom Kontinuum zum Kristall	10
2.2.2 Kristallographische Grundlagen	11
2.2.3 Elastizität	15
2.2.4 Plastizität durch Abgleitung	17
2.2.4.1 Einführung von Gleitsystemen	18
2.2.4.2 Das SCHMIDSche Schubspannungsgesetz	20
2.2.5 Abgleitung durch Versetzungsbewegung	22
2.2.6 Versetzungs dynamik	24
2.2.7 Charakteristiken der Einkristallverformung	28
2.2.8 Temperatur einfluß und Diffusionsvorgänge	34
2.2.9 Verformung und Verfestigung von Polykristallen	43
2.2.10 Der Einfluß der Korngrenzen	48
2.2.11 Zusammenfassung	67

3 Zur Modellierung des inelastischen Werkstoffverhaltens	69
3.1 Kontinuumsplastizität	71
3.1.1 Kinematik	71
3.1.2 Materialgleichungen	75
3.2 Kristallplastizität	79
3.2.1 Kinematik der Einkristallverformung	79
3.2.2 Konstitutive Gleichungen	85
3.2.3 Kurzportraits ausgewählter Modelle	87
3.2.4 Übergang zum Mehrkristall	97
3.3 Zur Modellierung der Korngrenzen	98
4 Ein neues Werkstoffmodell für polykristalline Gefüge	103
4.1 Beschreibung des Korninneren	103
4.2 Beschreibung der Korngrenzen	111
5 Numerische Behandlung des Werkstoffmodells	119
5.1 Die Methode der Finiten Elemente (FEM)	119
5.2 Integration der konstitutiven Gleichungen	123
5.3 Programmierbare Modellbeschreibung	124
5.4 Bestimmung des Tangentenmoduls	128
5.5 Verwendung des FE-Programms ABAQUS	131
5.5.1 Die benutzerdefinierte Schnittstelle UMAT	131
5.5.2 Die benutzerdefinierte Schnittstelle FRIC	137
6 Ergebnisse von Simulationsrechnungen	143
6.1 Einkristallsimulationen	143
6.2 Bikristallsimulationen	154
6.3 Multikristallsimulationen	182
6.4 Experimentelle Vorgehensweisen	207
7 Zusammenfassung und Ausblick	215

Literatur	221
A Mathematische Methoden in der Kristallographie	245
A.1 Stereographische Projektionen	246
A.2 Bestimmung der SCHMID-Faktoren	249
A.3 Bestimmung von EULER-Winkeln aus alternativen Orientierungsangaben	250
A.4 Gleichwertige Abbildung beliebiger Orientierungen im Standard-Dreieck	257
A.5 Berechnung von Gleitlinien	260
A.6 Iteration von EULER-Winkeln aus der Orientierungsmatrix	261
B Matrizen	265
B.1 Transformationsmatrizen	265
B.2 Modellmatrizen	266
C Mathematische Herleitungen und Umformungen	267
C.1 Äquivalenz von Entwicklungsgleichungen für isotrope Verfestigungsgrößen	267
C.2 Zur Berechnung der Tangentenmoduln	269