

Schriften des Lehrstuhls für Technische Mechanik
herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Rolf Mahnken, M.Sc.

P-2010-3

Stefan Wilmanns

**Phänomenologische und mikroskopische
Modellierung von Formgedächtnislegierungen**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2010

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2010

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Rolf Mahnken, M.Sc.
Lehrstuhl für Technische Mechanik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Tel.: +(49) 5251 602283

Copyright Shaker Verlag 2010

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9485-4
ISSN 1867-1675

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Abstract

The present work is concerned with the development of models describing the material behaviour of shape memory alloys. The main topic is the implementation of the complex material behaviour observed in experiments into material subroutines on phenomenological and micromechanical basis. In the phenomenological model the complex stress mode dependent material behaviour is simulated with help of weighted stress modes. Comparatively the development of microstructure leading to the macroscopic material behaviour will be simulated in the micromechanical model. This micromechanical behaviour induces the unique pseudoelastic and pseudoplastic effects of these alloys. It is predicated on phase transformation instead of slip. This transformation is a lattice shearing from the phase austenite into the phase martensite and vice versa. There is only the existence of one variant austenite and several variants martensite. To minimize lattice distortion the material forms not only single, but twin variants of martensite. Applying mechanical loading the material is able to detwin and reorientate the martensite twins. The arrangement and the choice of variants to be build, occurs in a very complex manner and is based on the concept of energy minimization. With help of this concept the micromechanical behaviour will be simulated.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Entwicklung von Modellen zur Beschreibung des Materialverhaltens von Formgedächtnislegierungen. Schwerpunkt ist die Einbindung des an experimentellen Versuchen beobachteten komplexen Materialverhaltens in Materialmodellen auf phänomenologischer und mikromechanischer Basis. Im phänomenologischen Modell wird das komplexe spannungsmoden-abhängige Materialverhalten mit Hilfe von Wichtungen der Spannungsmoden simuliert. Vergleichsweise wird im mikromechanischen Modell die Entwicklung der Mikrostruktur bestimmt und auf das makroskopische Materialverhalten zurückgeführt. Dieses mikromechanische Verhalten ermöglicht die besonderen pseudoelastischen und pseudoplastischen Effekte dieser Legierungen, es fundiert nicht auf einer Versetzung, sondern auf einer Phasentransformation. Diese Transformation ist sowohl ein Umklappen der Phase Austenit in die Phase Martensit als auch umgekehrt. Es existiert nur eine Variante der Austenitphase und mehrere Martensitvarianten. Um innere Verzerrungen zu minimieren werden nicht einzelne Martensitvarianten gebildet, sondern sogenannte Zwillinge von Martensitvarianten. Diese Zwillinge entzwilligen und orientieren sich neu, wenn größere Belastungen auf das Material wirken. Die Art der Anordnung und die Wahl der sich bildenden Martensitvarianten ist sehr komplex und beruht auf dem Konzept der Energieminimierung. Mit Hilfe dieses Konzeptes wird das mikromechanische Verhalten bestimmt.