

Schriftenreihe des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau

Herausgeber:
Geschäftsführender Direktor des
Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau
Ruhr-Universität Bochum

Heft 2007-4

Olaf Kintzel

**Modeling of elasto-plastic material behavior and
ductile micropore damage of metallic materials at
large deformations**

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2007

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6421-5

ISSN 1614-4384

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Abstract

Modeling of elasto-plastic material behavior and ductile micropore damage of metallic materials at large deformations

Olaf Kintzel

In the present work a continuum mechanically oriented phenomenological material model for the description of the elasto-plastic and damage mechanisms of ductile metals at low cycle fatigue is proposed. Thereby, the subjects continuum mechanics, FE-modeling of shell-like structures, finite hyperelasticity, finite plasticity and ductile micropore damage are treated competently and substantially. In particular the invariant and tensor-valued representation and derivation of all mechanical laws is facilitated considerably by means of a certain tensor formalism for fourth-order tensors and special tensor differentiation rules. Thereby, the framework of tensor analysis on manifolds is used. As point of departure for the mechanical description of ductile micropore damage, the modeling of isochoric finite plasticity is treated first in a comprehensive manner using a model of cyclic plasticity suitable for isotropic and anisotropic hyperelasticity. Thereby, a very effective extension of a linear kinematic hardening model according to CHABOCHE to a nonlinear framework is proposed. For the description of isotropic ductile micropore damage the well-known models of GURSON and ROUSSELIER are formulated in a micromechanically consistent way considering a recent approach of LEBLOND.

Zusammenfassung

Modellierung elasto-plastischen Materialverhaltens und duktiler Porenschädigung bei großen Deformationen

Olaf Kintzel

In dieser Arbeit wird ein kontinuumsmechanisch orientiertes phänomenologisches Materialmodell für die Beschreibung der elasto-plastischen und Schädigungsmechanismen bei Kurzzeitermüdung von duktilen Metallen vorgestellt. Im Zuge dessen werden die Themengebiete Kontinuumsmechanik, FE-Modellierung von Schalenstrukturen, finite Hyperelastizität, finite Plastizität und duktile Mikroporenschädigung ausführlich und kompetent aufbereitet. Insbesondere die invariante tensorwertige Darstellung und Herleitung aller mechanischen Gleichungen wird mit Hilfe eines speziellen Tensorformalismus für Tensoren bis vierter Stufe sowie entsprechender Tensorableitungsregeln maßgeblich vereinfacht. Dabei wird der Rahmen der Tensoranalysis auf Mannigfaltigkeiten verwendet. Als Ausgangspunkt der Modellierung der duktilen Mikroporenschädigung wird zunächst sehr ausführlich die Theorie volumenerhaltender finiter Plastizität unter Anwendung eines für isotrope und anisotrope Hyperelastizität geeigneten Modells der zyklischen Plastizität erarbeitet. Dabei wird eine sehr effektive Umsetzung eines linearen kinematischen Verfestigungsmodells nach CHABOCHE in einem nichtlinearen Rahmen vorgeschlagen. Zur Beschreibung isotroper duktiler Mikroporenschädigung wird auf die bekannten Modelle nach GURSON und ROUSSELIER zurückgegriffen, die, unter Berücksichtigung eines Ansatzes nach LEBLOND, mikromechanisch konsistent formuliert werden.