Berichte aus der Werkstofftechnik
Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Christina Berger

Band 1/2004

**Heiko Haase**

# Betriebsähnliches Langzeitdehnwechselverhalten moderner martensitischer 9 bis 10%-Cr-Stähle

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2004

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2004
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2696-6
ISSN 1617-3805

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

**Dipl.-Ing. Heiko Haase**

# Betriebsähnliches Langzeitdehnwechselverhalten moderner martensitischer 9 bis 10 %-Cr-Stähle

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde an modernen 9 bis 10 %-Cr-Stählen das betriebsähnliche Langzeitdehnwechselverhalten untersucht, wie es im Dampfkraftwerksbetrieb an der beheizten Oberfläche massiver Bauteile auftritt. Zur Beschreibung des Verformungs- und Schädigungsverhaltens der Versuchswerkstoffe wurde auf ein für warmfeste Stähle vom Typ 1 %-CrMoNiV und 12 %-CrMoV entwickeltes Konzept zurückgegriffen und dieses modifiziert.

Die experimentellen Arbeiten umfassten neben Standarduntersuchungen vorwiegend isotherme und stichprobenartig auch anisotherme ein- und dreistufige Kriechermüdungsversuche. Der hierbei zugrunde gelegte betriebsähnliche Zyklus ist gekennzeichnet durch vier, den realen Dampfturbinenzyklus simulierende Haltezeiten. Die dreistufigen Versuche erfolgten mit einer für eine im Mittellastbetrieb arbeitende Dampfturbinen typischen Mischung von Kalt-, Warm- und Heißstartzyklen im Verhältnis 1:3:16. Insgesamt führten betriebsähnliche Dehnwechselversuche der gewählten Beanspruchung zu Anrissdauern bis zu rd. 11 000 h bei rd. 1 100 Lastwechseln. Bei reiner Kriech- oder reiner Ermüdungsbeanspruchung hätten sich hier Versuchsdauern von rd. 67 00 h bzw. rd. 4000 Lastwechseln ergeben.

Anhand lichtmikroskopischer Gefügebeurteilungen betriebsähnlich geprüfter Proben wurden ausnahmslos transkristalline Anrisse nachgewiesen. Eine TEM-Untersuchung einer solchen Probe ergab als wichtigstes und unerwartetes Ergebnis eine gegenüber reiner Kriechbeanspruchung deutlich stärkere, zu einer Minderung des Kriechwiderstandes führende Subkornvergröberung.

Für alle durchgeführten betriebsähnlichen Versuche wurde eine Verformungsanalyse durchgeführt und auf dieser Basis Werte der rechnerischen Kriechermüdungsschädigung nach einem verfeinerten Auswertungsverfahren ermittelt. Dabei ordnen sich die Ergebnisse der Dreistufenbeanspruchung in das Streuband der einstufigen Versuche ein, wodurch die Eignung des Konzeptes für den mehrstufigen Fall abgeleitet wird.

Die Ergebnisse dieser Kriechermüdungsanalyse wurden in ein benutzerfreundliches PC-Programm SARA 3 (SchadensAkkumulation zur Rechner Anwendung) eingebunden, das bereits für industrielle Anwendungen genutzt wird. SARA 3 prognostiziert für beliebig vorgebbare betriebsähnliche, in Zyklusfolgen zusammengefasste Teilzyklen die Anrissdauer $t_A$** und die Anrisswechselzahl $N_A$**. Charakteristisch hierbei ist eine Verformungsbeschreibung unter Berücksichtigung zyklischer Entfestigung, des Mittelspannungseinflusses und eines Konzeptes einer inneren Spannung sowie eine auf der verallgemeinerten Schadensakkumulationshypothese basierende Schädigungsbeschreibung. Bei der Nachrechnung der durchgeführten betriebsähnlichen Ein- und Dreistufenversuche zeigte sich insgesamt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und errechneten Anrisswechselzahlen.