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

Band 1/2002

Reimar Schaal

Berechnung der Dauerfestigkeit festgewalzter Bauteile durch FEM-Festwalzsimulation und Methoden der linear-elastischen Bruchmechanik

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Schaal, Reimar:
Berechnung der Dauerfestigkeit festgewalzter Bauteile durch FEM-Festwalzsimulation und Methoden der linear-elastischen Bruchmechanik / Reimar Schaal.
Aachen : Shaker, 2002
(Berichte aus der Werkstofftechnik, hrsg. von Prof. Dr.-Ing. Christina Berger ; Bd. 2002,1)
Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2002
ISBN 3-8322-0745-7

Copyright Shaker Verlag 2002
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0745-7
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

Kurzfassung

Berechnung der Dauerfestigkeit festgewalzter Bauteile durch FEM-Festwalzsimulation und Methoden der linear-elastischen Bruchmechanik

Das mechanische Randschichtverfestigungsverfahren Festwalzen wird seit Jahren in der industriellen Praxis erfolgreich eingesetzt. Die durch das Festwalzen in die Randschicht von Bauteilen eingebrachten Druckeigenspannungen führen zu einer deutlichen Steigerung der Schwingfestigkeit. Ursache hierfür ist, dass unter der Wirkung der Druckeigenspannungen das Wachstum von Anrissen verzögert oder ganz gestoppt wird. Durch Ausnutzung des Rissstopps kann die Dauerfestigkeit im Vergleich zum nicht gewalzten Bauteil bis zu Faktor 3 gesteigert werden.

Ziel der Arbeit war es, ein Berechnungskonzept zu entwickeln, mit dem die Dauerfestigkeit festgewalzter gekerbter Bauteile rechnerisch vorhergesagt werden kann. Dabei stellen sich zwei Hauptaufgaben: Die rechnerische Ermittlung von Festwalzeigenspannungen und die Anwendung bruchmechanischer Methoden zur Bewertung der Wirkung der Festwalzeigenspannungen.

Die FE-Festwalzsimulation wurde an drei typischen bauteilähnlichen Kerbproben durchgeführt. Durch die modellhafte Abbildung des Festwalzprozesses konnte die Eigenspannungsverteilung in den Kerbbereichen der Proben ermittelt und der Einfluss verschiedener Festwalzparameter untersucht werden. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen röntgenografisch gemessenen und berechneten Eigenspannungen.

Für die Bewertung der Wirkung der Eigenspannungen auf die Schwingfestigkeit sind die über die gesamte Lebensdauer stabilen Eigenspannungen maßgebend. Diese ergaben sich aus einer Berechnung der Eigenspannungsumlagerung mit Hilfe der FEM in Abhängigkeit von der gewählten Lastspannung. Es zeigte sich auch hier eine gute Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Eigenspannungen.

Durch Anwendung bruchmechanischer Methoden konnte ein Verfahren entwickelt werden, mit dem die Dauerfestigkeit und die Rissstopptiefe für Zug-Druck- und biegebelastete festgewalzte Bauteile bestimmt werden können. Die für den Rissfortschritt maßgebende Rissspitzenbeanspruchung wird durch Überlagerung der Spannungsintensitätsfaktoren aus Last- und Eigenspannungen bestimmt. Unterschreitet die Rissspitzenbeanspruchung den Schwellwert für Ermüdungsrissausbreitung tritt Rissstopp ein. Aus der Rissstoppbedingung kann die Dauerfestigkeit ermittelt werden.

Zur Berechnung von Spannungsintensitätsfaktoren wurden verschiedene Berechnungsmodelle untersucht. In bruchmechanischen Versuchen wurden für den untersuchten Werkstoff 42CrMo4 Schwellwerte ermittelt.

Das entwickelte Berechnungskonzept wurde mit den vorliegenden experimentellen Ergebnissen verifiziert. Es zeigte sich, dass die rechnerisch ermittelten Dauerfestigkeiten etwa 10-15% unter den experimentell ermittelten Dauerfestigkeiten (Überlebenswahrscheinlichkeit $P_ü$=50%) liegen. Angesichts der enormen Steigerungsraten die durch das Festwalzen möglich sind, ist es damit gelungen, ein Berechnungsverfahren zu entwickeln, das eine gute rechnerische Vorhersage der Dauerfestigkeit ermöglicht.