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

Band 1/2010

Jens Oliver Weber

Beitrag zur betriebsfesten Auslegung von Schraubenverbindungen auf Grundlage moderner Betriebsfestigkeitskonzepte

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

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.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2010

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 978-3-8322-9291-1
ISSN 1617-3805

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

Beitrag zur betriebsfesten Auslegung von Schraubenverbindungen auf Grundlage moderner Betriebsfestigkeitskonzepte

Schrauben stellen ein sehr wichtiges Verbindungselement dar. Ein ausgesprochen gutes Argument für die Nutzung von Schrauben ist ihre nahezu uneingeschränkte Lösbarkeit und Wiederverwendbarkeit. Schraubenverbindungen müssen neben statischen Beanspruchungen auch zyklische Beanspruchungen ertragen. Die Auslegung von Schrauben und Schraubenverbindungen unter zyklischer Beanspruchung erfolgt im Allgemeinen nach den existierenden Regelwerken, wie z.B. der VDI-Richtlinie 2230 für den Maschinenbau. Zur Auslegung gegen eine dauerhaft ertragbare Spannungsamplitude wird dort das Nennspannungskonzept als Grundlage herangezogen. Die Anforderungen aus der Maschinenbau-, Automobil-, Windenergieanlagen- und der Zulieferindustrie werden jedoch in Bezug auf eine bessre Bauteilauslegung und -ausnutzung immer größer.

In dem oben genannten Werk wird gezeigt, dass Schrauben auch betriebsfest, also auf ein bestimmtes Belastungskollektiv, mithilfe der linearen Schadensakkumulationsrechnung ausgelegt werden können. Durch die erzielten Ergebnisse ist es jetzt möglich, bei der Auslegung von Schraubenverbindungen beliebige Kollektivbelastungen zu berücksichtigen. Anhand der aufwändigen experimentellen Untersuchungen aus dieser Arbeit konnte zudem die rechnerische betriebsfeste Auslegung von Schraubenverbindungen verifiziert werden. Damit einhergehend sind eine längere Lebensdauer, eine bessere Werkstoffausnutzung und somit eine genauere Dimensionierung.

Grundsätzlich ergeben sich zwei Möglichkeiten zur betriebsfesten Auslegung von Schrauben und Schraubenverbindungen, zum Einen die rechnerische Auslegung und zum Anderen die experimentell unterstützte Auslegung.

Für die rechnerische Auslegung kann, ausgehend von der Bauteilwöhlerlinie der Schraube oder mit Hilfe der durch die VDI-Richtlinie berechneten Wöhlerlinie, mit der modifizierten Miner-Regel nach Hück für S = 0,9 und C = 0,3, unter Berücksichtigung des vorliegenden Beanspruchungskollektivs eine konservative Schadensakkumulationsrechnung durchgeführt werden.

Für die experimentell unterstützte Auslegung kann ausgehend vom jeweiligen Beansprchungskollektiv ein Blockprogramm erstellt werden, welches auf einem Hochfrequenzpulser betrieben werden kann. Mithilfe des Blockprogramms kann die Lebensdauer der Schraube-Mutter-Garnitur unmittelbar bestimmt werden. Diese Variante bietet durch die hohe Arbeitsfrequenz des Hochfrequenzpulsers einen entscheidenden Zeitvorteil, welcher sich auch in geringeren Prüfkosten wiederspiegelt. Die kostenintensivere Variante stellen die sogenannten Nachfahrversuche auf einem servohydraulischen Pulser dar. Hier kann die im Feld aufgenommene Last-Zeit-Funktion unmittelbar mit der jeweiligen Probe im Labor nachgefahren werden.

Für eine HV-Garnitur der Abmessung M12 bedeutet das nach diesem neuen Konzept, dass gegenüber der herkömmlichen Auslegung auf eine „dauerfest“ ertragbare Spannungsamplitude gemäß der VDI-Richtlinie 2230 bis hin zu einer Grenzschwingspielzahl von 3×10^7 Schwingspielen in Spannungsrichtung ein ca. 30% höherer Kollektivhöchstwert zugelassen werden kann, oder dass die Schrauben in ihrem Durchmesser entsprechend reduziert werden können. In Richtung der Schwingspielzahl beträgt der Lebensdauergewinn bei einem Kollektivhöchstwert von 50 MPa gegenüber der herkömmlichen Auslegung das 66-fache.