

Fortschrittsberichte des Instituts für Tribologie und
Energiewandlungsmaschinen

Band 18

César Pastor Alonso

**Verschleißverhalten realer überkritischer
Fremdpartikel in hochbelasteten Gleitlagern
von Verbrennungsmotoren**

D 104 (Diss. TU Clausthal)

Shaker Verlag
Aachen 2012

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.: Clausthal, Techn. Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1004-6

ISSN 1611-8154

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

Abstrakt

In jeder Maschine gibt es bewegliche Teile und somit auch Reibung, Reibungsverluste und Verschleiß. In einem Motor konzentrieren sich diese Verluste hauptsächlich auf das System Kurbelwelle-Pleuel-Kolben. Um in diesem System entstehende Probleme besser beurteilen zu können und die Gleiteigenschaften zu verbessern, ist es notwendig, die Wirkung der Schäden und der Abweichungen von den idealen Betriebsbedingungen der Lagerschalen zu kennen.

In der vorliegenden Arbeit wurde der von Fremdkörpern induzierte Verschleiß an Lagerschalen in einer sehr präzisen und individuellen Form untersucht. Gegenüber der bisherigen Forschung, in der die Wirkung einer Partikelkonzentration untersucht wurde, wurde hier der Verschleiß von einzelnen realen Partikeln betrachtet.

Ziel war es, die neuesten Entwicklungen von Lagerwerkstoffen (bleihaltige und bleifreie) und Beschichtungen (ohne, Sputter und Galvanik) bei realen Betriebsbedingungen (in Bezug auf Geometrie, Belastung, Drehzahl und Ölverschmutzung) zu bewerten, zu vergleichen, zu analysieren und nachzubilden. Für die Tests wurden SiC-, Al₂O₃- und SiO₂-Fremdkörper verwendet und für die Erprobung wurde ein Lagerprüfstand entwickelt und aufgebaut, der dank eines neuen Technologie-Konzepts für die Belastungseinheit die gleichen Belastungskurven wie in einem realen Motor auf die Versuchsteile ausüben kann.

Die Schadensmechanismen durch reale, nicht idealisierte Partikel, die am häufigsten als Schmutz in die Lagerschmierspalte eintreten, wurden genau untersucht. Die Wirkung jedes möglichen Einflussfaktors auf das tribologische System wird dabei von anderen isoliert und so genau wie möglich analysiert. Zuerst wurde eine Charakterisierung der Lagerwerkstoffe durchgeführt. Zweitens wurden Ritztests ausgewertet, um die Lagerverformung unter kontrollierter Normalkraft und kontrolliertem Angriffswinkel zu betrachten. Drittens wurden die Hauptversuche abgeschlossen, in denen verschiedene Testparameter variiert wurden, um die Wirkung von dem Lagerwerkstoff, dem Partikelmaterial, der Partikelgröße, dem Werkstoff der Welle, dem Belastungsverlauf und der Gleitgeschwindigkeit in realen Motorbedingungen zu bewerten. Zuletzt wurde ein neues Verschleißmodell entwickelt.

Alle Testparameter wurden so ausgewählt, dass der Verlauf des jeweiligen Tests unter dem Ausfallrisiko blieb, aber so nah an der „Grenze des zulässigen Schadens“ wie möglich. Das Ziel war immer, das Verhalten der Prüfkörper zu analysieren, und nicht, sie bis zum Ausfall zu bringen. Denn sind sie erst einmal ausgefallen, ist es fast unmöglich, eine Untersuchung durchzuführen und ein konkretes Verhältnis der Partikel im Spalt sowie die erzeugten Schäden zu sehen.

Aus den Ergebnissen der Ritztests kann gefolgert werden, dass im Falle des Zwei-Körper-Verschleißes die Zwischenschicht sehr wichtig ist. Die Mikrohärt-Untersuchung zeigte, dass die Härte der bleihaltigen Zwischenschicht einen starken Einfluss auf das Verschleißverhalten der Laufschiene hat. In den Drei-Körper-Verschleiß Versuchen wiesen in der Regel die bleihaltigen Lager (Galvanik und Sputter) bei allen untersuchten Parametern ein besseres Verhalten nach der Impfung von Partikeln im Ölstrom auf als die bleifreien Lager. Als stärkste Einflussgröße stellte sich die Gleitgeschwindigkeit heraus. Die Lagerschalen bestanden die Tests mit einer niedrigen Drehzahl besonders gut; bei der höchsten Drehzahl fielen alle Tests nach der Impfung von Partikeln sofort aus. Die Versuche mit verschiedenen Belastungskurve bzw. Kraftgradienten ergaben unterschiedliche Ergebnisse, was den großen Einfluss des Belastungsverlaufs in solchen Prüfständen beweist.

Mit der Simulation wurde bestätigt, wie hoch die vermuteten Blitztemperaturen an der Kontaktfläche Partikel-Reibkörper sind. Obwohl dieser Temperaturgradient innerhalb von Millisekunden wieder abgebaut wird, kann dies trotzdem dazu führen, dass die betroffene Fläche stark modifiziert wird und es zu einem Systemausfall kommt. Die Simulation kann darüber hinaus ein Überblick geben über die kritischen Bereiche des Lagers im Bezug auf Temperatur, Einbettung von Partikeln und Adhäsion.