

- 1 Lager mit integrierter Dünnschichtsensorik.
- 2 Innenlagerring mit der piezoresistiven Sensorschicht DiaForce® und darauf strukturierten Chromelektroden mit Goldkontakten
- 3 Zwei Innenlagerringe mit piezoresistivem Schichtsystem in der Laufbahn der Wälzkörper.

PIEZORESISTIVE DÜNNSCHICHT-SENSORIK IM DIREKTEN WÄLZKONTAKT IN LAGERN VON FAG

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604
Fax +49 531 2155-900
saskia.nina.biehl@ist.fraunhofer.de

www.ist.fraunhofer.de

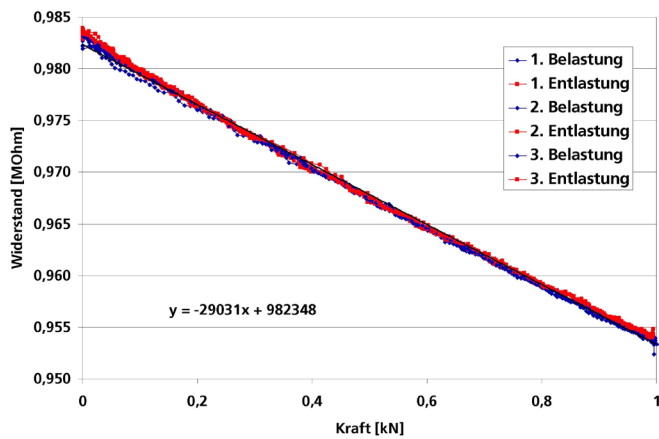
Moderne Plasmatechniken ermöglichen die Herstellung von multifunktionalen Oberflächen, die tribologisch optimiert sind und gleichzeitig über sensorische Fähigkeiten verfügen. Damit lässt sich eine „Haut für Maschinen“ realisieren, die Online-Messungen dort erlaubt, wo bekannte Sensoren nicht eingesetzt werden können. Das Fraunhofer IST entwickelt derartige Lösungen, die die Basis für eine völlig neue Kontrolle und Steuerung von Maschinen schaffen. Ein Schwerpunkt dieser Arbeiten befasst sich mit der Entwicklung von Sensoren aus amorphen diamantartigen Kohlenwasserstoffschichten. In Zusammenarbeit mit dem Lagerhersteller Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG

wurden Lager, wie eines in Bild 1 abgebildet ist, mit Dünnschichtsensorik aufgebaut.

Herstellung von Dünnschichtsensoren zur Detektion von Lagerkräften

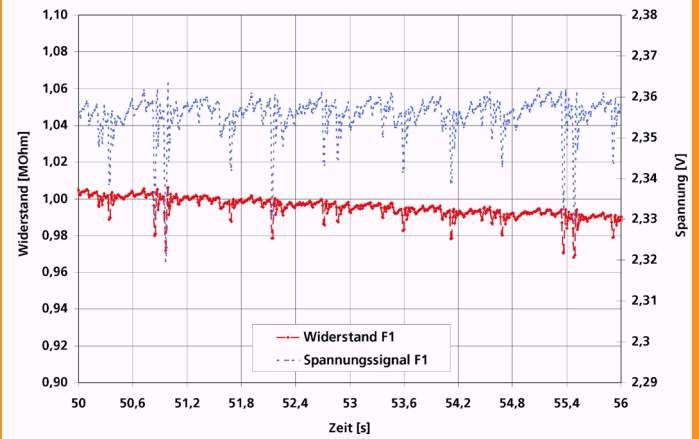
Für die Kraftsensorik, wird die amorphe Kohlenstoffschicht Diaforce® verwendet, die direkt auf den Lagering im PACVD Prozess beschichtet wird. Sie zeichnet sich durch sehr gute tribologische Eigenschaften aus und zeigt unter Normkrafteinwirkung ein piezoresistives Verhalten. Auf diese Sensorschicht ($d=6\ \mu\text{m}$) werden Chrom-Elektroden ($d=200\ \text{nm}$) im Lift off-Prozess hergestellt. Durch die Elektrode wird lokal der Messfleck festgelegt, der von





4

Lineare Kennlinienverlauf des Sensorwiderstandes in Abhängigkeit von der Belastung.



5

Test der Kraftsensorik im Prüfstand bei Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG. Der Widerstandsverlauf spiegelt die Kugelkontakte wider. (Käfig mit 13 Kugeln; Drehgeschwindigkeit: 100 rpm; Normalbelastung: 1500 N).

der Lagerkugel überrollt wird. So können sowohl die einzelnen Kugelkontakte gemessen, wie auch die Lastverteilung im Lager detektiert werden. Diese Elektroden werden im Kontaktbereich mit Gold beschichtet, wie in Bild 2 dargestellt ist. Dadurch wird das Anlöten von Messdrähten ermöglicht. Zum Abschluss wird eine Isolations- und Verschleißschutzschicht SiCON® (d=3-4 µm) abgeschieden. Ein vollständig aufgebautes Sensorlager mit Dünnschichtsystem auf dem Innenlagerring ist in Bild 1 dargestellt.

Charakterisierung der Dünnschichtsensoren

Statische Charakterisierung

Die Kraftsensoren (siehe Bild 2/3) wurden statisch in einem am Institut entwickelten Prüfstand getestet. Dabei wurde über eine Lagerkugel auf eine Sensorstruk-

tur eine Normalkraft ausgeübt und die Widerstandsänderung in Abhängigkeit von der Belastung gemessen. Das Ergebnis dieser Messungen ist ein linearer Widerstandsabfall mit zunehmender Belastung im Bereich von 20-40 Ohm/N, abhängig von der Sensorstrukturgröße. Dieses Verhalten ist reversibel, so dass bei Entlastung der Ausgangswiderstand wieder erreicht wird. Dieser charakteristische Verlauf ist in Bild 4 dargestellt.

Dynamische Charakterisierung

FAG Lager (6206.C4) mit integriertem piezoresistiven Schichtsystem DiaForce®-Cr-SiCON® wurden in einem Prüfstand bei der Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG dynamisch getestet. Das Ziel dieser Untersuchungen war, durch Widerstands- bzw. Spannungsänderungen der

Kraftsensoren das Überrollen der Lagerkugeln zu detektieren und die Lastverteilung in der Laufbahn aufzunehmen. In Bild 5 ist das Ergebnis für eine Messung, die mit einer Drehgeschwindigkeit von 100 rpm und einer Normalbelastung von 1500 N durchgeführt wurde, dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Last nicht homogen auf die einzelnen Lagerkugeln verteilt ist.

Ausblick

Es ist derzeit möglich piezoresistive Dünnschichtsysteme direkt in die Laufbahn von Lagern abzuscheiden und zu strukturieren. Diese detektieren die Lastverteilung im Lager. Die Verschleißfestigkeit dieser Dünnschichtsysteme muß für einen langzeitstabilen Einsatz bei hohen Belastungen und Drehgeschwindigkeiten weiter optimiert werden.

Herausgeber:

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
Postfach 10 05 61
64205 Darmstadt
Tel: +49 6151 705-236
Fax: +49 6151 705-214
info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

Geschäftsführer:

Dr.-Ing. Tobias Melz

Allianzsprecher:

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

 **Fraunhofer**
ADAPTRONIK