



Dichten
Im Fokus:
Statische Dichtungen 10



Kleben
Drum prüfe,
wer sich ewig bindet 20



IN!STAND
Rien ne va plus... 34

D I C H T !

TRIALOG DER DICHTUNGS-, KLEBE- UND ELASTOMERTECHNIK

01-2015 | € 8,50



KÖPP
KÖPP & CO. GMBH
KÖPP & CO. GMBH

Laufwerk dichtungen werden leistungsfähiger

Die Funktionalisierung der Gleitflächen von Gleitringdichtungen macht durch neue Verfahren Fortschritte

BRANCHENÜBERGREIFEND_DYNAMISCHE DICHTUNGEN – Durch die definierte Strukturierung der Gleitflächen dynamischer Kontaktdichtungen lassen sich Reibung und Leckage reduzieren. Mikroskopische Strukturen weisen dabei gegenüber Makrostrukturen den Vorteil eines quasi-homogenen Einflusses auf das Fluidverhalten im Dichtspalt auf. Das Beispiel einer neuen schnelllaufenden Laufwerk dichtung zeigt das Potenzial dieser Technik.

Die Funktionalisierung von Oberflächen durch definierte Mikrostrukturen ist seit etwa einem Jahrzehnt Gegenstand intensiver Forschung. Die Möglichkeiten, durch eine mikroskopische Beeinflussung des Mediums im wandnahen Bereich positive makroskopische Auswirkungen auf das hydro- bzw. thermohydrodynamische Verhalten eines technischen Systems zu erzeugen, und dadurch Energie einzusparen, sind vielfach nachgewiesen [1]. Neue Fertigungsverfahren der Mikroproduktionstechnik etablieren sich langsam auf dem Markt und ermöglichen eine wirtschaftliche Mikrostrukturierung auch harter, metallischer Oberflächen, ohne dass eine Nachbearbeitung erforderlich ist [2]. Die Herausforderung besteht heute in der Entwicklung der für die jeweilige Anwendung am besten geeigneten Struktur.

Das Ziel: Schnelllaufende Laufwerk dichtungen

Laufwerk dichtungen (LWD), als Sonderform der Gleitringdichtungen, übernehmen die rotatorische Abdichtung zwischen Naben bzw. Wellen und Getriebegehäusen in stark schmutzbelasteten Umgebungen. Typische Anwendungen sind die Rad- und Turasantriebe mobiler Arbeitsmaschinen. Der Einsatz von LWD ist für den zuverlässigen Betrieb derzeit auf langsam laufende Anwendungen mit Gleitgeschwindigkeiten bis 3 m/s beschränkt. Schneller laufende An- bzw. Abtriebe mit der gleichen Schmutzbelastung, wie z.B. Achsantriebe, werden mit dynamischen Elastomerdichtungen abgedichtet, die jedoch eine nur bedingte Schmutzbeständigkeit aufweisen. Um LWD auch für Anwendungen mit höheren Gleitgeschwindigkeiten zugänglich zu machen, entwickelte die Emil Nickisch GmbH in Kooperation mit dem Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung der RWTH Aachen im Rahmen eines vom BMWi geförderten Forschungsprojektes eine neuartige schnelllaufende Laufwerk dichtung.

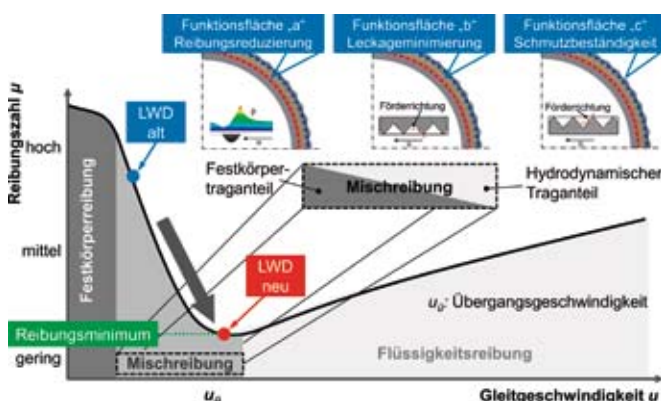
Der Lösungsansatz: Funktionalisierung der Dichtfläche

Die angestrebten höheren Gleitgeschwindigkeiten erfordern eine signifikante Redu-

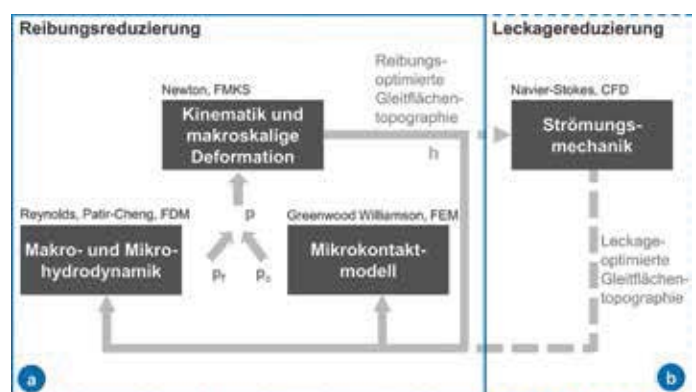
zierung der Reibung im Dichtkontakt. Derzeit werden LWD bei Festkörperreibung oder bei Mischreibung mit einem hohen Festkörpertraganteil betrieben »1. Um die Reibung im Dichtkontakt zu reduzieren, wurde ein Konzept zur Funktionalisierung der Dichtfläche erarbeitet, welches auf drei mikrostrukturierten Funktionsflächen basiert: Die erste Funktionsfläche (a) dient zur Reibungsreduzierung. Durch definierte Mikrostrukturen in der Gleitfläche wird ein hydrodynamisch tragfähiger Schmierfilm erzeugt. Der Reibungszustand wird so in das energetisch günstigere Übergangsbereich zur Flüssigkeitsreibung verlagert. Prinzipbedingt tritt damit eine Aufweitung des Dichtspaltes ein. Dadurch auftretender Öl-leckage wird mit einer zweiten Funktionsfläche begegnet. Diese Funktionsfläche ist mit rückfördernden Mikrostrukturen versehen, welche das Strömungsverhalten im Dichtspalt beeinflussen. Eine dritte mikrostrukturierte Funktionsfläche (c) steigert die Schmutzbeständigkeit der Dichtung, indem in den Dichtspalt eindringende Feststoffpartikel zurück nach außen gefördert werden.

Die Simulation liefert die optimale Struktur

Zur Auslegung der Mikrostrukturen wurde eine Simulationsmethode entwickelt, welche die Ermittlung des Einflusses der Gleit-



»1 Reibungszahl μ in Abhängigkeit der Gleitgeschwindigkeit u (Stribeck-Kurve)



»2 Simulationsmethode zur Auslegung und Optimierung hydrodynamisch wirksamer, mikrostrukturierter Dichtflächen [3]



»3 Gleitdichtringe mit mikrostrukturierten Funktionsflächen

flächentopographie auf den Reibungszustand und auf das Leckageverhalten ermöglicht [3]. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Berücksichtigung der Bewegung und Verformung aller Dichtungskomponenten sowie der mikroelastohydrodynamischen Wechselwirkungen im Dichtkontakt. Für die Auslegung der Mikrostrukturen zur Reibungsreduzierung wurde die LWD als flexibles Mehrkörpersystem (FMKS) mit Berücksichtigung der Mikroelastohydrodynamik im Dichtkontakt modelliert. Mischreibungszustände werden über ein implementiertes Mikrokontaktmodell nach Greenwood und Williamson [4] berücksichtigt. Dieser Teil der Simulationemethode »2a erlaubt die Auslegung und Optimierung reibungsreduzierender Gleitflächentopographien. Zur Untersuchung des Einflusses dieser reibungsreduzierenden Gleitflächentopographie auf das Leckageverhalten und zur Minimalleckage getriebenen Optimierung der Mikrostruktur wird der Dichtspalt zusätzlich strömungsmechanisch in einer „Computational Fluid Dynamics (CFD)-Simulation“ analysiert »2b. Die CFD-Simulation liefert als Ergebnis eine Leckage-optimierte Gleitflächentopographie, die dann wieder als Eingangsgröße für die Simulation zur Reibungsreduzierung »2a dient.

Neben den Forderungen nach geringer Reibung und minimaler Leckage bestehen für Dichtungen in mobilen Arbeitsmaschinen hohe Anforderungen an die Schmutzbeständigkeit. Schmutzpartikel, die in den Dichtspalt eindringen, führen zu einem erhöhten Verschleiß der Dichtung und können das abdichtende System kontaminieren. Um das Eindringen von Schmutzpartikeln in den Dichtspalt zu verhindern, wurde ein Konzept zur Schmutzrückförderung entwickelt, das auf einer makroskopischen Rückförderstruktur (c_p) für große Partikel und einer mikroskopischen Struktur für kleine Partikel (c_s) basiert »3. Die Strukturen wurden mithilfe von CFD-Simulationen ausgelegt und optimiert.

Strukturierung per Ultrakurzpulslaser erspart die Nachbearbeitung

Die neuartige mikrostrukturierte LWD wurde prototypisch gefertigt »3. Die Mikrostrukturierung erfolgte durch die Pulsar Photonics GmbH. Die Strukturen wurden mithilfe eines Ultrakurzpulslasers in die Gleitdichtringe eingebracht. Im Gegensatz zu klassischen Laserverfahren erlaubt die Laserbearbeitung mit einem Ultrakurzpulslaser dabei eine Strukturierung ohne Schmelzaufwürfe, sodass eine Nachbearbeitung der Oberfläche überflüssig wird. Die hohe Strukturauflösung des Verfahrens ermöglicht es, die simulativ entwickelten Mikrostrukturen exakt in das Werkstück einzubringen. Die hohe geometrische Flexibilität der Laserbearbeitung birgt weiterhin den Vorteil, dass alle drei Funktionsflächen in einem Schritt bearbeitet werden können. Bei einer Serienfertigung können durch den Einsatz von Multistrahilverfahren die Fertigungszeiten und damit die Herstellungskosten noch deutlich verringert werden.

Zur Validierung der Simulationsergebnisse wurden die Dichtungsprototypen an einem speziellen LWD-Prüfstand untersucht. Die Reibung konnte in ersten Stichversuchen im Vergleich zu herkömmlichen LWD um 25% bei gleichbleibender Leckage reduziert werden. Prüfstandsversuche mit Schmutzbelastung durch besonders abrasiven Arizona-Test-Dust (ISO 4548-12) zeigten eine gesteigerte Schmutzbeständigkeit der neuartigen Laufwerkichtung.

Literatur

- [1] Fraunhofer-ILT (Hg.): Funktionale Laser-Mikrostrukturierung zur Verschleiß- und Verbrauchsreduktion an hochbeanspruchten Bauteiloberflächen. Ergebnisbericht des BMBF Verbundprojekts „SmartSurf“ Fraunhofer Institut für Lasertechnik. Aachen 2013.
 [2] Fraunhofer-ILT: Mikrobearbeitung mit HighPower-Ultrakurzpulslasern: deutlich wirtschaftlicher dank Multistrahls-Technologie. Presseinformation des Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT. Fraunhofer-ILT. Aachen 2013.
 [3] Neumann, S.; Jacobs, G., Straßburger, F.: Simulation einer mikrostrukturierten Laufwerkichtung als flexibles Mehrkörpersystem mit Kopplung zur Elastohydrodynamik. 18th International Sealing Conference. Stuttgart 2014.
 [4] Greenwood, J. A.; Williamson, J. B. P.: Contact of Nominally Flat Surfaces. In: Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 295 (1442), 1966, S. 300–319.

Fakten für Konstrukteure

- Mikrostrukturen können bei dynamischen Kontaktdichtungen Reibung und Leckage reduzieren
- Auslegung von Mikrostrukturen erfordert Berücksichtigung mikroelastohydrodynamischer Wechselwirkungen
- Die Laserbearbeitung mit einem Ultrakurzpulslaser ermöglicht eine flexible und nachbearbeitungsfreie Mikrostrukturierung der Kontaktflächen

Fakten für Qualitätsmanager

- Hohe Zuverlässigkeit, da die verringerte Reibung thermomechanische Deformationen reduziert und so Frühausfälle infolge von Kantenrissen verhindert

Weitere Informationen

IME RWTH Aachen
www.ime.rwth-aachen.de

Autoren: Stephan Neumann, M. Eng., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, RWTH Aachen University, Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung; Prof. Dr.-Ing. Georg Jacobs, Institutsleiter RWTH Aachen University, Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung; Stefan Armbrüster, Geschäftsführer Emil Nickisch GmbH; Dipl.-Phys. Stephan Eifel, Geschäftsführer Pulsar Photonics GmbH

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Forschungsprojektes „Entwicklung einer schnelllaufenden Gleitringdichtung für feststoffverschmutzte Umgebungen“ (Förderkennzeichen: KF2420403LK2) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages