



International Sealing Conference Internationale Dichtungstagung







International Sealing Conference Internationale Dichtungstagung

Stuttgart, Germany Oct. 10 - 11, 2018

Sealing Technology – Beyond Limitations

Dichtungstechnik –
Grenzen überwinden





© 2018 VDMA Fluidtechnik

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in retrieval systems or transmitted in any form by any means without the prior permission of the publisher.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ISBN 978-3-8163-0727-3

Fachverband Fluidtechnik im VDMA e. V. Lyoner Str. 18 50628 Frankfurt am Main Germany

Phone +49 69 6603-1318
Fax +49 69 6603-2318
E-Mail christian.geis@vdma.org
Internet www.vdma.org/fluid

Programme Commitee / Programmausschuss

Dr. Manfred Achenbach Ingenieur- und Sachverständigenbüro

Achenbach

Dr. Frank Bauer Universität Stuttgart, Institut für

Maschinenelemente (IMA)

Dr. Andreas Bischoff ARLANXEO Deutschland GmbH

Prof. Dr. Eberhard Bock Freudenberg Sealing Technologies GmbH &

Co. KG

Stefan Brödner Bosch Rexroth AG

Thomas Bürkle FESTO AG & Co. KG

Dr. Christian Geis Fachverband Fluidtechnik im VDMA e.V.

Martin Goerres Freudenberg Sealing Technologies GmbH

Rolf Hahn Gutachten und Beratung für die

Dichtungstechnik

Andreas Hübner-Hecker HECKER WERKE GmbH

Ingrid Hunger DFE GmbH

Holger Jordan Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH

Prof. Dr. Hubertus Murrenhoff RWTH Aachen, Institut für fluidtechnische

Antriebe und Systeme (IFAS)

Dr. Nick Peppiatt Hallite Seals International Ltd.

Prof. Dr. Alexander Riedl Fachhochschule Münster, FB Physikalische

Technik

Dr. Heinz Christian Rost Parker Hannifin GmbH, Engineered Materials

Group Europe

Dr. Thomas Schwarz SKF Sealing Solutions Austria GmbH

Martin Steuler Garlock GmbH

Klaus G. Wagner Herbert Hänchen GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Peter Waidner Hochschule München, Fakultät für Feinwerk-

und Mikrotechnik, Physikalische Technik

Dr. Volkert Wollesen Technische Universität Hamburg-Harburg,

Institut für Modellierung und Berechnung

Contents / Inhaltsverzeichnis

Summaries / Zusammenfassungen

I Session 1: Introduction Lectures / Einführungsvorträge

I 01	DE	P. Waidner	A Few Ideas About Squeaking and Whistling by Mechanical Seals	53	
			Ein paar Ideen zum Quietschen und Pfeifen durch Gleitringdichtungen		
I 02	DE	B. Richter	Causes of Failure of Elastomeric Seals – Evaluation of More than 2000 Analyses	79	
			Ausfallursachen von Elastomeren Dichtungen – Eine Auswertung von über 2000 Schadensfällen		
A Session 2: Rotary Shaft Seals / Wellendichtungen					
A 01	DE	M. Baumann F. Bauer	Modern Visual Methods for Wear Analysis at Radial Shaft Seals	93	
			Moderne visuelle Untersuchungsmethoden für die Verschleißanalyse am Beispiel Radial- Wellendichtring		
A 02	EN	M. Stoll N. Dakov L. Hörl	Functional Behaviour of Different Back Structures for PTFE Shaft Seals	105	
		F. Bauer	Funktionsverhalten von unterschiedlichen Rückenstrukturen für PTFE Wellendichtungen		
A 03	DE	F. Albrecht T. Kletschkowski	Adaptive PTFE Rotary Shaft Seals	119	

Adaptive PTFE Wellendichtungen

A Session 3: Mechanical Seals / Gleitringdichtungen

A 04	DE	A. Gütlein F. Weber T. Schubert T. Bernthaler M. Sedlmajer M. Merkel	Hybrid Seal Faces Produced with Laser Beam Melting Herstellung von hybriden Gleitringen mittels additivem Verfahren	135
A 05	DE	G. Wahl C. March J. Karkos	Dimensional Stability of Seal Faces Made of Carbon Ceramics Maßstabilität von Gleitringen aus Kohlenstoffkeramiken	145
A 06	EN	W. Kimura H. Kator R. Dircks Y. Takigahira	Realization of Ultra-High Speed, Zero- Leakage and Low-Friction Textured Mechanical Seals by Combining Liquid and Gas Lubrications - Gas Liquid Hybrid Face Realisierung von reibungsarmen	157
			mechanischen Gleitringdichtungen mit extrem hohen Geschwindigkeiten, Null- Leckage und Oberflächentextur durch die Kombination von Flüssigkeits- und Gasschmierung - Gas Liquid Hybrid Face	
A 07	EN	Y. Negishi Y. Takigahira	Realization of Zero-Leakage and Low- Friction Surface Textured Mechanical Seals for Tidal Turbine	169
			Realisierung von reibungsarmen strukturierten Gleitringdichtungen mit Null-Leckage für Gezeiten-Turbinen	

A Session 4: Tribology / Tribologie

A 08	DE	G. Weiser V. Wollesen O. von Estorff	Influence of Operating Parameters on the Visual Indication of the Sealing Zone of Radial Shaft Seals under Constant Power Loss	183
			Einfluss der Betriebsparameter auf den optischen Befund einer RWDR-Dichtzone bei konstanter Verlustleistung	
A 09	DE	C. Burkhart D. Weyrich B. Magyar	Experimental Determination and Comparison of the Contact Temperature of Radial Shaft Seals and its Derived Tribological System	197
			Vergleichende Untersuchungen der Kontakttemperatur im Real- und Ersatzsystem von Radialwellendichtringen	
A 11	DE	S. Bekgulyan S. Feldmeth F. Bauer	Influences of System Parameters in Practice on the Pumping Rate Behavior of Radial Lip Seals	219
			Einflüsse praxisrelevanter Systemparameter auf das Förderverhalten von Radial- Wellendichtungen	

A Session 5: Rotary Shaft Seals / Wellendichtungen

A 12	EN	B. van der Vorst M. Sansalone	Deployment of Fast Tools to Predict Performance of Rotary Seals	233
			Bereitstellung schneller Werkzeuge zur Vorhersage der Leistung von Rotationsdichtungen	
A 13	DE	H. Jordan M. Wilke	A New Interpretation of Elastomer Contact Seal (ROS) with Improved Performance	245
			Eine neue Interpretation der elastomeren Kontaktdichtungen (RWDR) zur Steigerung der Leistungsfähigkeit	
A 14	EN	A. Maoui P. Mandou	Analysis of Large Diameter Lip Seal Behavior for Hydraulic Dam Turbine Bearing	253
			Analyse des Lippendichtungsverhaltens großer Durchmesser für hydraulische Turbinenlager	
A 15	EN	E. Kozuch P. Nomikos R. Rahmani N. Morris	Evaluating Leakage from Radial Lip Seals Affected by Bearing Area of Shaft Topography	263
		H. Rahnejat	Wellenoberflächentopographie als ein Faktor, der die radiale Lippendichtungsleistung beeinflusst	

A Session 6: Rotary Shaft Seals / Wellendichtungen

A 16	DE	G. Flade	Further Development and Calculation of Contactless Shaft Seals	275
			Weiterentwicklung und Berechnung von berührungslosen Wellendichtungen	

A 17	DE	J. Totz M. Baumann F. Bauer	Impact of Imperfections on the Sealing Function of Radial-Lip-Seals Einfluss von Fehlstellen auf die Dichtfunktion von Radial-Wellendichtungen	285
A 18	DE	F. Schiefer M. Baumann F. Bauer	Research on the Pumping Rate of Sealing Counterfaces with Macro-Lead Untersuchung des Förderverhaltens makrodrallbehafteter Dichtungsgegenlaufflächen	301
A 19	EN	R.Teichert M. Kröger	Contact Investigation of Rotary Shaft Seals Kontaktuntersuchung von Radial- Wellendichtringen	313
A Ses	sion 7	7: Application in Pra	actice / Anwendungsthemen	
A 20	DE	F. Schönberg K. Müller-Niehuus	New Generation of Omni-Directional Large Diameter RSS for Grease Lubricated Main Bearings	327
			Eine neue Generation von omni-direktionalen RWDR für große fettgeschmierte Hauptlager	
A 21	EN	F. Sonnenschein	Abrasive Applications and their Challenges for Dynamic Seals in Food&Pharma Environment	341
			Abrasive Anwendungen und deren Herausforderungen für dynamische Dichtungen im Bereich Food&Pharma	

A 22 EN D. Martin Towards Cognitive Sealing: Artificial 349 C. Schüle Intelligence based Seal Condition Monitoring J. Kunze v. Bischoffshausen Cognitive Sealing: Zustandserkennung von Dichtungen basierend auf künstlicher Intelligenz B Session 2: Reciprocating Seals / Translat. Dichtungen B 01 ΕN F. Will Analysis of Particle Currents of a Wiper Seal 363 J. Weber at a Cylinder Rod Analyse der Partikelströme über einen Abstreifer an einer Zylinderkolbenstange B 02 DE M. Wilke 375 Seal Gap and Guiding, a General Conflict H. Jordan Situation? Dichtspalt und Führung, ein grundsätzlicher Konflikt? B 03 EN M. Crudu Enhanced Performance of Hydraulic Rod 381 Seals by Use of 3D Printed Reinforcements Verbesserte Leistung der Hydraulischen Stangendichtungen durch Verwendung von 3D-Druckverstärkungen B Session 3: Static Seals / Statische Dichtungen B 04 EN M. Lüttecke Unavoidable Minimum Leakage of PTFE-395 Gaskets Due to Diffusion A. Riedl Unvermeidbare Leckage bei PTFE Dichtungen aufgrund von Diffusionsvorgängen

B 05	DE	M. Schildknecht	Fibre Gaskets – Latest Development	411	
			Faserstoff Reloaded – Die Entwicklung geht weiter		
B 06	DE	K. Holle	Next Level of PTFE Gasketing Material – Higher Safety at Installation and During Operation	418	
			Die nächste Ebene von PTFE Dichtungen – Höhere Sicherheit bei der Montage und im Prozess		
B 07	EN	T. Schwarz S. Schreymayer	Universal Aspects on Functionality and Performance of HNBR FS-Seals	429	
		W. Swete M. Mitterhuber	Generelle Aspekte hinsichtlich Funktionalität und Performance von HNBR FS-Dichtungen		
B Session 4: Simulation / Simulation					
B Ses	ssion 4	4: Simulation / <i>Simu</i>	ulation		
B Ses	EN	4: Simulation / Simu Y. Tuyuan W. Dasheng	The Continuous Liquid Film-Formation Condition Analysis under the Sealing of Water Cutting in Plunger Pump Region	447	
		Y. Tuyuan	The Continuous Liquid Film-Formation Condition Analysis under the Sealing of	447	
		Y. Tuyuan	The Continuous Liquid Film-Formation Condition Analysis under the Sealing of Water Cutting in Plunger Pump Region Kontinuierliche Flüssigkeitsfilmbildungszustandsanalyse unter Abdichtung von Wasserschneiden im	447 467	

B 10	EN	C. Wehmann S. Dey C. Schüle M. Wilke	Simulation of the Stick-Slip Effect Observed in Hydraulic Sealing Systems Made of Polyurethanes Simulation des Stick-Slip Effekts bei Hydraulikdichtungen aus Polyurethan	483
B 11	EN	M. Achenbach	On the Modeling of Ageing on Rubber Seals Ein Alterungungs-Modell für elastomere Dichtungen	503
B Ses	sion 5	5: Materials and Sur	faces / Werkstoffe und Oberflächen	
B 12	EN	A. Frick V. Muralidharan R. Boßler	Sliding Friction Behavior of Polymer Seals – Effect of Polymer Structure and Modifications Gleitreibungsverhalten von Dichtungen – Einfluss der Polymermorphologie und von Modifikatoren	515
B 13	EN	O. Devlen S. Semiz M. Seydibeyoğlu	New Grade of Thermoplastic Polyurethane with High Thermal Conductivity and Low Coefficient of Friction Neue Sorte thermoplastisches Polyurethan mit hoher Wärmeleitfähigkeit und niedrigem Reibungskoeffizienten	527
B 14	DE	D. Lorenz L. Hörl F. Bauer W. Gauchel	Conductive Elastomers for Diaphragm Seals Elektrisch leitfähige Elastomere für Membranventildichtungen	537
B 15	DE	V. Schroiff M. Hauer M. Sutter	Leakage Newly Defined: Electro-Magnetic Radiation and How to Seal It Leckage neu definiert: Elektro-magnetische Strahlung und wie man sie abdichten kann	553

B Session 6: Reciprocating Seals / Translat. Dichtungen

B 16	EN	M. Kuhr T. Corneli P. Pelz	Reduction of Bearing Load Capacity and Increase in Volume Flow Due to Wall Slip Reduzierung der Lagertragfähigkeit und Erhöhung des Volumenstroms durch Wandgleiten	569
B 17	DE	M. Wilke H. Jordan	Extended Approach to Specify Counter Surfaces for Reciprocating Seals Erweiterter Ansatz zur Spezifikation von Gegenlaufflächen für translatorische Dichtungen	581
B 18	DE	O. Feuchtmüller M. Stoll L. Hörl F. Bauer	Can a Hydraulic Rod Seal Wipe Out Surface Structures on the Rod? – A Viscoelastic FE- Analysis of a PU-U Cup Seal on Different Surfaces Kann ein Hydraulikdichtring Strukturen auf der Stangeoberfläche auswischen? – Viskoelastische FE-Untersuchungen an einem PU-Nutring auf unterschiedlichen Stangenoberflächen	595
B 19	EN	G. Barillas U. Ridder F. Kaiser	Surface Energy Effects on Lubricating Film of Hydraulic Rod Seals Einfluss der Oberflächenenergie auf die Schmierfilmbildung bei Hydraulikstangendichtungen	607

B Session 7: Static Seals / Statische Dichtungen

B 20	DE	S. Butter	A Question of Hygiene - What to Consider When Choosing a Gasket Alles eine Frage der Hygiene – Was bei der Dichtungsauswahl zu beachten ist	619
B 21	DE	P. Lambertz D. Siebler A. Riedl	The 3D Seal - A New Sealing Solution for Steel Enamel Applications with Large Deviations Die 3D-Dichtung – Eine neue	629
			Dichtungslösung für Stahl-Email- Anwendungen mit großen Ebenheitsabweichungen	
B 22	DE	M. Nußko D. Möhring T. Leichner	Large Format Gaskets for Battery Housings Großformatige Dichtungen für Batteriegehäuse	641
C Ses	sion 8	3: Closing Lectures	/ Abschlussvorträge	
C 01	EN	L. Dupuis S. Gullapalli U. Rieper	Influence of Hydraulic Fluid Properties on a Tribological System Containing a Reciprocating Sealing Element	661

Einfluss von Eigenschaften der Hydraulikflüssigkeiten auf ein tribologisches

System mit einem translatorischen

Dichtungselement

C 02 DE T. Kletschkowski F. Albrecht

Transient Dynamic Multiphysic Simulations of 681 PTFE Shaft Seals Considering Friction, Heat Generation and Wear

Transiente Mehrfeldsimulation der Dynamik von PTFE-Wellendichtungen unter der Berücksichtigung von Reibung, Wärmeentwicklung und Verschleiß

Summaries

Zusammenfassungen

I – Session 1: Introduction Lectures I – Session 1: Einführungsvorträge

I 01

Prof. Dr.-Ing. Peter Waidner, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften München

A Few Ideas About Squeaking and Whistling by Mechanical Seals

Noise development on technical components not only poses an unpleasant burden on the environment but can also lead to sustained damage to components because of vibrations. A mechanical seal is a complex multi-dimensional vibration-capable spring-mass-dampener system. Simple singlemass arrangements have specific natural frequencies and can produce even self-excited vibrations. The lubrication conditions in the sealing gap of a mechanical seal can lead to externally excited vibrations with resonance. In this paper the reason for noise development by mechanical seals based on the Prandtl-Tomlinson model for dry friction with resulting drag-stick slip behavior is to be deduced in detail and derived remedies are shown.

Ein paar Ideen zum Quietschen und Pfeifen durch Gleitringdichtungen

DE

Geräuschentwicklung an technischen Bauteilen stellt nicht nur eine unangenehme Belastung der Umwelt dar, sondern kann auch zu nachhaltigen Schäden an Bauteilen infolge der Schwingungen führen. Eine Gleitringdichtung stellt ein komplexes mehrdimensionales schwingungsfähiges Feder-Masse-Dämpfer System dar. Einfache Einmassensysteme haben spezifische gedämpfte Eigenfrequenzen und können selbsterregte Schwingungen erzeugen. Die Schmierverhältnissen im Dichtspalt einer Gleitringdichtung können zu fremderregten Schwingungen mit Resonanz führen. Im vorliegenden Beitrag soll die Ursache für Geräuschentwicklung durch Gleitringdichtungen auf Basis des Prandtl-Tomlinson-Modells für trockene Reibung mit resultierendem Drag-Stick-Slip Verhalten detailliert hergeleitet sowie daraus abgeleitete Abhilfemaßnahmen aufgezeigt werden.

102

Dipl.-Ing. Bernhard Richter, O-Ring Prüflabor Richter GmbH, Großbottwar

Causes of Failure of Elastomeric Seals – Evaluation of More than 2000 Analyses

The O-Ring test laboratory Richter has been involved more than two thousand times over the last 20 years in the investigation of failure causes of elastomeric seals and has created a failure statistics over it. The lecture first describes the four main categories of causes of failure, before pointing out where the main causes of seal failures lie.

In addition to a general evaluation, a distinction is also made between types of gaskets (O-rings, molded gaskets, dynamic lip seals and radial shaft seals). Another focus is on where in the last ten years trends can be seen and whether the enormous price pressure on elastomer seals also resulted to changes in failure statistics.

Ausfallursachen von Elastomeren Dichtungen – Eine Auswertung von über 2000 Schadensfällen DF

Das O-Ring Prüflabor Richter war in den letzten 20 Jahren über zweitausendmal in der Aufklärung von Ausfallursachen von elastomeren Dichtungen involviert und hat darüber eine Ausfallstatistik erstellt. Der Vortrag beschreibt zunächst einmal die vier Hauptkategorien von Fehlerursachen, bevor dann aufgezeigt wird, wo die Hauptgründe für Dichtungsausfälle liegen.

Neben einer pauschalen Auswertung wird auch nach Dichtungstypen unterschieden (O-Ringe, Formdichtungen, dynamische Lippendichtringe und Radialwellendichtungen). Ein weiteres Augenmerk liegt auch darauf, wo in den letzten zehn Jahren Trends zu erkennen sind und ob sich der enorme Preisdruck auf Elastomerdichtungen auch in der Ausfallstatistik niedergeschlagen hat.

A – Session 2: Rotary Shaft Seals

A - Session 2: Wellendichtungen

A 01

Dr.-Ing. Matthias Baumann, Dr.-Ing. Frank Bauer, Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttoart, Germany

Modern Visual Methods for Wear Analysis at Radial Shaft Seals

Moderne visuelle Untersuchungsmethoden für die Verschleißanalyse am Beispiel Radial-Wellendichtring

The present paper is a study of the behaviour of a large-diameter polyurethane lip seal. The studied seal was used for seven years to seal a hydraulic dam turbine bearing.

The aim of this study is to analyse the behaviour of the used seal by comparing it to that of a new lip seal of the same type.

The obtained results from the different completed analyses on both seals, new and used, showed a very significant wear of the seal lip of the used seal.

The finite element simulation of the mechanical behaviour of the used seal has shown that, despite the wear of the dynamic seal lip, it still in contact with the shaft due to the deformation of the seal in its housing. This allowed the seal to remain efficient during the seven years of operation.

DE

Die Verschleiß- und Schadensanalyse an Radial-Wellendichtringen (RWDR) ist essentiell. Sie kann Aufschluss über die zuvor im Feld- oder Komponententest vorherrschenden tribologischen Bedingungen geben. Lange Zeit wurde hierfür auf bewährte, jedoch meist sehr aufwändige und vom Anwender abhängige Prüf- und Analysemethoden zurückgegriffen. Der Einsatz moderner Methoden und Messgeräte führt hier zu einer deutlichen Verbesserung im Hinblick auf die Qualität, Effektivität, Stabilität und Reproduzierbarkeit von Analyseergebnissen. Einige dieser Methoden sowie deren Vor- und Nachteile werden im Beitrag vorgestellt und diskutiert.

A 02

Mario Stoll, M.Sc., Nino Dakov, M.Sc., Dipl.-Ing. Lothar Hörl, Dr.-Ing. Frank Bauer, Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttgart

Functional Behaviour of Different Back Structures for PTFE Shaft Seals

ΕN

Shaft seals need a back pumping effect to be tight during dynamic operation. The asperities of elastomeric lip seals create such a back pumping effect in the sealing contact. If the material has to be switched to PTFE, this pumping effect gets lost and leakage occurs. Therefore, back pumping on non-elastomeric lip seals is realised by a spiral groove or sealing aids in the sealing contact. But that often leads to static leakage.

To solve this problem, a new back structured seal design has been developed to realise the back pumping effect, while maintaining the static tightness. Based on simulations and experiments, this paper describes the new seal design and the functional behaviour of different back structures geometries.

Funktionsverhalten von unterschiedlichen Rückenstrukturen für PTFE Wellendichtungen

Wellenabdichtungen benötigen für einen leckagefreien Betrieb eine Rückförderwirkung. Ein RWDR aus Elastomer kann eine solche Rückförderwirkung selbst-ständig ausbilden. Grund hierfür ist die Oberflächen-beschaffenheit des Werkstoffs. Bei PTFE ist dieser Ef-fekt nicht vorhanden, weshalb hier eine Spiralnut oder Dichthilfen im Dichtkontakt zur Erzeugung einer Rück-förderwirkung eingesetzt werden müssen. Diese Dichthilfen führen jedoch oft zu statischer Leckage.

n dieses Problem zu lösen, wurde ein neues Dichngsdesign mit Strukturen auf der Manschettenrückite entwickelt. Diese Strukturen erzeugen die benöste dynamische Rückförderwirkung unter Beibehalng der statischen Dichtheit. Basierend auf Simulatinen und Experimenten wird in diesem Beitrag das zue Dichtungsdesign und das Funktionsverhalten rschiedener Rückenstrukturen beschrieben.

A 03

Florian Albrecht, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Thomas Kletschkowski, Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, HAW Hamburg

Adaptive PTFE Rotary Shaft Seals

Radial shaft seals shall prevent the leakage of oil and the intrusion of dirt particles at rotating machineries. The seal must be designed to ensure functionality in all working points of the machine. This leads to an oversized radial force in many operating conditions which results in unnecessary frictional losses and wear. In this contribution a mechanism for adaptive polytetrafluorethylene shaft seal is presented. Thereby the radial force can be passively or actively increased or decreased. For the mechanism shape memory wires are used in combination with spring elements. The influence of the presented mechanism on the temperature at sealing contact, frictional losses and wear are investigated with multiphysics simulations.

A – Session 3: Mechanical Seals A 04

Hochschule Aalen

Hybrid Seal Faces Produced with Laser Beam Melting

It is common to make Seal faces out of tungsten carbide for the purpose of detectability. The use of tungsten carbide will lead to rising costs. A competitive solution may be the patented new development from Hecker Werke.

The aim is to make the complex shape of a seal ring out of steel and add a tungsten carbide coating made by SLM. The result is a 3D printed hybrid seal ring. The coating has to be thick enough for sealing applications. This is currently not producable with standard methods.

Therefore it is important that the coating binds with the steel and does not leak out. The seal face has to be flat with a defined roughness and the surface has to be lappable.

Adaptive PTFE Wellendichtungen DE

Wellendichtungen sollen das Austreten von Öl und das Eindringen von Schmutzpartikeln an Wellenausgängen verhindern. Die Dichtung muss so ausgelegt sein, dass die Funktionalität in allen Betriebspunkten der Maschine gewährleistet ist. Dies führt dazu, dass in vielen Betriebspunkten die Radialkraft überdimensioniert ist und somit unnötige Reibungsverluste und Verschleiß auftreten. In dieser Arbeit wird ein Mechanismus für adaptive Wellendichtungen aus Polytetrafluorethylen vorgestellt, mit dem die Radialkraft aktiv oder passiv erhöht oder verringert werden kann. Dafür wird ein Draht aus einer Formgedächtnislegierungen verwendet. Der Einfluss auf die Temperatur im Dichtkontakt, die Reibungsverluste und den Abrieb werden mit multiphysikalischen Simulationen untersucht.

A – Session 3: Gleitringdichtungen

Herstellung von hybriden Gleitringen mittels additivem Verfahren

DE

Dipl.-Ing. André Gütlein, Dipl.-Wirtsch.-Chem. Frank Weber, Hecker Werke GmbH, Weil im Schönbuch Timo Schubert, M.Sc., Dr. Tim Bernthaler, Institut für Materialforschung Aalen, Hochschule Aalen Michael Sedlmajer, M.Eng., Prof. Dr.-Ing. Markus Merkel, Zentrum für virtuelle Produktentwicklung,

Hartmetallringe aus Wolframcarbid werden immer häufiger in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie aufgrund der Detektierbarkeit eingesetzt. Der Einsatz von Hartmetallringen führt zu deutlich höheren Kosten. Eine kostengünstige Lösung kann die patentierte Neuentwicklung aus dem Hause Hecker bieten.

Ziel ist es, die mitunter komplexe Form des Gleitrings konventionell aus Stahl zu fertigen um diese anschließend mittels additivem Verfahren mit einer genügend dicken Hartmetallschicht zu beschichten, also einen 3D gedruckten, hybriden Gleitring zu erzeugen. Die Beschichtung muss für dichtungstechnische Anwendungen geeignet sein. Dies ist mit Standardverfahren derzeit nicht produzierbar.

Besonders wichtig ist dabei, dass die aufgebrachte Hartmetallschicht haftet und auch dicht ist. Und diese Schicht muss mit einer definierten Ebenheit und Rauigkeit geläppt werden können.

A 05

Dr. Gert Wahl, Dipl.-Ing. Christian March, Johannes Karkos, Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Heuchelheim

Dimensional Stability of Seal Faces Made of Carbon Ceramics

Carbon ceramics are often used as seal rings in hardsoft pairings of axial face seals and are characterized by excellent dry-running capabilities.

Furthermore the carbon materials are wear resistant and light weight. They show low coefficients of thermal expansion and high thermal conductivities.

Carbon seal rings can be machined within narrow tolerances and are dimensionally stable. Even so the moduli are limited they typically meet the high requirements for seal face geometries even in high pressure applications. Elastic deformations under pressure, deformations cause by temperature etc. often can be minimized by constructive design.

In critical applications such as those in gas seals it has been shown that the deformation under high pressure cannot only be described by the modulus of elasticity. An additional permanent plastic deformation may cause considerable problems.

The non-elastic deformation of carbon graphite and graphite materials has been examined. Potential solutions for even more dimensionally stable seal faces are provided

Maßstabilität von Gleitringen aus Kohlenstoffkeramiken

DF

Kohlenstoffkeramiken werden als Gleitwerkstoffe in Hart-weich-Paarungen von Gleitringdichtungen eingesetzt. Die Werkstoffe sind trockenlauffähig, verschleißbeständig, und sie zeichnen sich unter anderem durch niedrige Dichten und niedrige Ausdehnungskoeffizienten aus. Gleitringe aus Kohlenstoffwerkstoffen können in engen Toleranzen hergestellt werden und sind ausgesprochen maßstabil, sodaß die extremen Anforderungen an Gleitflächengeometrien in der Regel erfüllt werden, auch unter Druckbelastung bei gegebenem E-Modul. Mögliche elastische Verformungen unter Druck, Maßänderungen durch Temperatur etc. können durch konstruktive Maßnahmen minimiert werden.

In kritischen Anwendungen, wie zum Beispiel in Gasdichtung, zeigt sich jedoch, daß offensichtlich das Verformungsverhalten unter hohen Drücken nicht alleine durch ein Elastizitätsmodul beschrieben werden kann. Eine nicht elastische Komponente führt hier zu bleibenden Verformungen der Gleitflächen und stellt dann ein erhebliches Problem dar. Die nichtelastische Komponente des Druckmoduls verschiedener Carbonwerkstoffe wurde untersucht, und Wege zu optimierten, formstabileren Gleitwerkstoffen für Dichtungsringe werden aufgezeigt

A 06

Wataru Kimura, M.Eng., Hikaru Katori, Eagle Industry Co. Ltd., Sakado, Japan Ron Dircks, Eagle Simrax BV, The Netherlands Yoshiaki Takigahira, Eagle Industry Co., Ltd., Japan

Realization of Ultra-High Speed, Zero-Leakage and Low-Friction Textured Mechanical Seals by Combining Liquid and Gas Lubrications -Gas Liquid Hybrid Face Realisierung von reibungsarmen mechanischen Gleitringdichtungen mit extrem hohen Geschwindigkeiten, Null-Leckage und Oberflächentextur durch die Kombination von Flüssigkeits- und Gasschmierung - Gas Liquid Hybrid Face

ΕN

A novel surface structures for mechanical seals to achieve both a low friction and zero leakage with ultra-high speed rotation are introduced. Based on a result of numerical simulation and torque tests, it was confirmed that steady liquid film was generated by the Rayleigh-steps in a speed range from nearly zero (i.e. just after starting of the rotation) and gas film became gradually dominant due to increasing amount of air suction by the spiral-grooves with increasing the rotational speed of the shaft. The surface textured mechanical seal showed very low friction torque as well as zero-leakage over the whole speed range up to 150m/s by combining gas and liquid lubrications.

Das Ziel war die Entwicklung von neuartig oberflächenstrukturierter Gleitteile, welche bei extrem hohen Rotationsgeschwindigkeiten einen emissionsfreien Betrieb, bei gleichzeitig sehr geringen Reibungsverlusten. ermöglichen. Basierend auf Ergebnissen numerischer Simulationen und anschließenden Drehmomenttests wurde erreicht, dass sich durch Rayleigh-Stufen bedirekt nach dem Drehgeschwindigkeiten nahe Null, ein konstanter flüssiger Schmierfilm bildet. Bei steigenden Rotationsgeschwindigkeiten bildet sich zusätzlich ein gasförmiger Schmierfilm. Dieser wird durch die stetig zunehmende Menge an Ansaugluft, welche durch die Spiralnuten gefördert wird, bei steigenden Drehgeschwindigkeiten zunehmend dominanter. Durch die Kombination des flüssigen und gasförmigen Schmierfilms, konnte ein emissionsfreier Betrieb der Gleitringdichtung bei gleichzeitig sehr geringen Reibungsverlusten, über den gesamten Drehzahlbereich bis zu 150m/s erreicht werden.

A 07

Yuta Negishi, B.Eng., Yoshiaki Takigahira, Eagle Industry Co. Ltd., Sakado, Japan

Realization of Zero-Leakage and Low-Friction Surface Textured Mechanical Seals for Tidal Turbine

ΕN

Realisierung von reibungsarmen strukturierten Gleitringdichtungen mit Null-Leckage für Gezeiten-Turbinen

In this study, zero-leakage and low-friction textured mechanical seals for tidal turbine is developed and tested. In the laboratory tests, we confirmed that zero-leakage could be achieved with a pressure of 0.11 MPaG, which equivalents to the pressure at a seawater depth of 11 m. As for the energy losses, 0.22 W of energy losses could be confirmed.

It could achieve the 90 % reduction of the friction loss compared with the conventional mechanical seals without textured structures. Furthermore, a towing test of the tidal turbine was conducted off the coast of Nagasaki Bay in October 2017. The surface textured mechanical seal realised zero seawater leakage and contributed to the reduction of the energy losses which resulted in the high efficiency of power generation.

In der Studie wurde eine emissionsfreie und besonders reibungsarme, Gleitringdichtung mit texturierten Gleitflächen, für den Einsatz in Gezeitenturbinen entwickelt und getestet. In Labortests wurde die Emissionsfreiheit bei einem Druck von 0.11 MPaG, was dem Druck von Meerwasser in einer Tiefe von 11 Meter entspricht, erreicht.

Dabei wurde ein Energieverbrauch durch Reibung von 0.22 W gemessen. Im Vergleich zu einer marktüblichen Gleitringdichtung ohne der Verwendung von texturierten Gleitteilen, konnten die Reibungsverluste um 90 % reduziert werden. Zusätzlich zu den Labortests wurde im Oktober 2017, ein Feldversuch an der Küste von Nagasaki durchgeführt. Der Einsatz von texturierten Gleiteilen hat einen emissionsfreien Betrieb der Gleitringdichtung ermöglicht und durch die geringen Reibungsverluste zusätzlich dazu beigetragen eine hohe Energieeffizients zu ermöglichen.

A – Session 4: Tribology

80 A

Gerrit Weiser, M.Sc., Dr.-Ing. Volkert Wollesen, Prof. Dr.-Ing Otto von Estorff, Institut für Modellierung und Berechnung (IMB). TU Hamburg-Harburg

Influence of Operating Parameters on the Visual Indication of the Sealing Zone of Radial Shaft Seals under Constant Power Loss

The causes of damage to radial lip seals (RLS) are still largely unknown, especially with regard to blistering. One quantity that can be used to describe the loading of the sealing zone is the power loss. It provides information about the introduced heat and thus about the temperature in the sealing zone. The same amount of power loss can arise due to tribologically different states and can lead to different visual indication of the sealing zone. Based on initial test results with constant power loss the possibilities for investigating the influence of the operating parameters on the visual indication of the sealing zone is shown.

A – Session 4: Tribologie

Einfluss der Betriebsparameter auf den optischen Befund einer RWDR-Dichtzone bei konstanter Verlustleistung

DE

Die Ursachen für Schädigungen an Radialwellendichtringen (RWDR) sind insbesondere hinsichtlich der Blasenbildung noch weitestgehend unbekannt. Eine Größe, die zur Beschreibung der Belastung der Dichtzone eines RWDR herangezogen werden kann, ist die Verlustleistung. Sie gibt Auskunft über die eingebrachte Wärmeleistung und damit über die Temperatur in der Dichtzone. Die betragsmäßig glei-Verlustleistung kann durch tribologisch unterschiedliche Zustände in der Dichtzone entstehen und zu unterschiedlichen optischen Befunden der Dichtzone führen. Anhand von ersten Versuchsergebnissen zeigt der Beitrag Möglichkeiten auf, wie am RWDR-Tribometer durch Regelung der Verlustleistung auf einen konstanten Wert der Einfluss der Betriebsparameter auf den optischen Befund der Dichtzone untersucht werden kann.

A 09

Dipl.-Ing. Christoph Burkhart, Dominik Weyrich, M.Sc., Jun.-Prof. Dr.-Ing. Balázs Magyar, Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer, Lehrstuhl für Maschinenelemente und Getriebetechnik (MEGT), Technische Universität Kaiserslautern

Experimental Determination and Comparison of the Contact Temperature of Radial Shaft Seals and its Derived Tribological System

Within this investigation, the contact temperature of radial shaft seals (RSS) was experimentally determined under different operation conditions, oil sump temperatures and various lubricants. These results were compared to contact temperature measurements in the tribological equivalent system of the RSS, which is the ring-cone-tribometer. In this system, a circular elastomer plate slides on a shaft steering cone under lubrication.

Vergleichende Untersuchungen der Kontakttemperatur im Real- und Ersatzsystem von Radialwellendichtringen

DF

In der hier vorgestellten Studie wurde die Kontakttemperatur von Radialwellendichtringen (RWDR) bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen, Ölsumpftemperaturen und unter Einfluss verschiedener Schmierstoffe experimentell ermittelt. Diese Ergebnisse wurden mit den Kontakttemperaturmesswerten im tribologischen Ersatzsystem des RWDR verglichen. Es handelt sich dabei um ein Ringflächentribometer, bei dem eine kreisförmige Elastomerplatte unter Schmierung auf einem Wellenkegel gleitet.

These tests were carried out under identical boundary conditions. For this purpose, a test cycle was developed and ran for both test benches. The measured temperatures were additionally calculated theoretically using the common calculation methods according to Engelke and a semi-analytical method from MEGT. The results indicate that it is possible to measure the contact temperature in the tribological system and that the temperatures correspond very well with the measured temperatures in the radial shaft seal system. The results of the calculation methods also show a high degree of agreement and are valid for both systems.

Um die Versuche an beiden Prüfständen unter identischen Randbedingungen durchführen zu können, wurde für beide Prüfeinrichtungen ein Prüfzyklus entwickelt. Die gemessenen Temperaturen wurden zusätzlich mit gängigen Berechnungsmethoden für Kontakttemperatur nach Engelke und einer am MEGT eigen entwickelten semi-analytischen Methode theoretisch berechnet. Die Ergebnisse deuten drauf hin, dass die Messung der Kontakttemperatur im Ersatzsystem möglich ist und die Ergebnisse sehr gut mit den gemessenen Temperaturen im System Radialwellendichtung übereinstimmen. Auch die Ergebnisse der Berechnungsmethoden zeigen eine hohe Übereinstimmung und besitzen auch für das Ersatzsystem ihre Gültigkeit.

A 11

Dipl.-Ing. Sumbat Bekgulyan, Dipl.-Ing. Simon Feldmeth, Dr.-Ing. Frank Bauer, Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttgart

Influences of System Parameters in Practice on the Pumping Rate Behavior of Radial Lip Seals

Elastomer radial lip seal prevent lubricant from escaping between rotating and stationary machine parts.

The sealing mechanism is essentially determined by the back pumping capacity of the system. In the research project "Calculable Sealing Quality I" (IGF No. 16402 N/1) the influences of system parameters on the pumping rate of radial lip seals with focus on mineral oils were experimentally analyzed. Based on this, further the analyses of the pumping rate with focus on synthetic oils were executed in the research project "Calculable Sealing Quality II" (IGF No. 17938 N/1). In this paper, the influence of the system parameters in practice on the pumping rate using synthetic oils is presented and compared with the pumping rate using mineral oils.

Einflüsse praxisrelevanter Systemparameter auf das Förderverhalten von Radial-Wellendichtungen

DE

In diesem Beitrag wird das Förderverhalten von Radial-Wellendichtringen (RWDR) aus Elastomer betrachtet.

RWDR verhindern den Schmierstoffaustritt zwischen rotierenden (Wellen) und ruhenden Maschinenteilen (Getriebegehäuse). Die Dichtwirkung wird im Wesentlichen durch das Rückfördervermögen des Systems bestimmt. Im Forschungsprojekt "Berechenbare Dichtgüte I" (IGF Nr. 16402 N/1) wurden die Einflüsse einzelner Systemparameter auf das Förderverhalten von Radial-Wellendichtungen unter Beachtung der auftretenden Wechselwirkungen mit dem Fokus auf Mineralöle experimentell untersucht. Darauf aufbauend wurden im Forschungsprojekt "Berechenbare Dichtgüte II" (IGF_Nr. 17938 N/1) Untersuchungen zum Förderverhalten von Radial-Wellendichtungen mit synthetischen Ölen als Schwerpunkt durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag wird der Einfluss praxisrelevanter Systemparameter auf das Förderverhalten von Radial-Wellendichtungen unter Einsatz von synthetischen Ölen detailliert vorgestellt und mit dem Förderverhalten bei Mineralölen verglichen.

A – Session 5: Rotary Shaft Seals

A - Session 5: Wellendichtungen

A 12

Bas van der Vorst, Ph.D., Mickaël Sansalone, Ph.D., SKF Sealing Solutions, Nieuwegein, The Netherlands

Deployment of Fast Tools to Predict Performance of Rotary Seals

ΕN

This paper presents a fast method to analyze seal followability. The results of a static finite element analysis (FEA) of a seal on a shaft are loaded as input into the SAMBA_Quick tool which enables to assess seal followability as a function of material, temperature, speed, static as well as dynamic misalignment, within seconds.

This tool supports the design and development of seals with respect to the application conditions in a quick and efficient manner. Furthermore, the model opens the path towards a seal life model taking into account the viscoelastic properties of the aged material. In addition, this model also facilitates the addition of the effect of seal wear on seal followability.

Bereitstellung schneller Werkzeuge zur Vorhersage der Leistung von Rotationsdichtungen

In diesem Artikel wird eine Methode zur Schnellanalyse der Fähigkeit einer Dichtung die Welle zu folgen vorgestellt.

Als Eingabe wird das Ergebnis einer statischen Finite-Elemente-Analyse (FEA) von einer Wellendichtung in das sogenannte SAMBAQuick-Werkzeug eingeladen umso die Abhängigkeit zwischen die Fähigkeit der Dichtung einer Welle zu folgen und die Materialart, Temperatur, Geschwindigkeit sowie statischer und dynamischer Fehlausrichtung zu bewerten in Sekunden. Dieses Rechemodell unterstützt das Design und die Entwicklung von Dichtungen auf schnelle und effiziente Weise für diesbezügliche Anwendungsbedingung.

Darüber hinaus ermöglicht das Rechenmodell der Dichtungslebensdauer die Viskoelastische Eigenschaften vom gealtertem Materials zu berücksichtigen. Ebenso erstattet das Rechenmodell den Einfluss von Dichtungsverschleiß auf die Fähigkeit der Dichtung einer Welle zu folgen, zu berechnen.

A 13

Holger Jordan, Dr.-Ing. Mandy Wilke, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

A New Interpretation of Elastomer Contact Seal (ROS) with Improved Performance

Radial oil seals (ROS) are an established sealing concept for several applications. Covering increasing requirements, design and material are developed following the principal of ROS, nevertheless performance limits are reached repeatedly. In principal, increasing requirements lead to higher loads of sealing materials and therefore to cracks, wear of seal and counter surface.

Application temperature and energy input from seal-shaft-contact lead to oil coke accumulated in the dynamic sealing contact as an abrasive material increasing the known wear mechanism rapidly. For avoidance a complete new concept needs to be considered. This paper presents a radial oil seal with active fluid exchange. Consequently, there is a permanent fluid circulation in the sealing contact area to exchange the fluid for heat dissipation.

A 14

Abdelghani Maoui, Dr.Eng., CETIM, Nantes, France Pascal Mandou, Techoseal, Amplepuis, France

Analysis of Large Diameter Lip Seal Behavior for Hydraulic Dam Turbine Bearing FN

A wear and failure analysis on radial shaft seals is essential. Mostly it provides accurate information about the tribological conditions prevailing in the field or component test. For a long time, this has been based on long-established but usually very complex and user-dependent testing and analysis methods.

The use of modern methods and measuring instruments leads to a significant improvement in terms of the quality, effectiveness, stability and reproducibility of analysis re-sults. Some of these methods and their advantages and disadvantages are pre-sented and discussed in this article.

Eine neue Interpretation der elastomeren Kontaktdichtungen (RWDR) zur Steigerung der Leistungsfähigkeit

DE

Radialwellendichtringe (RWDR) sind in sehr vielen Anwendungen als bewährtes Dichtkonzept verbreitet. Gesteigerten Anforderungen wird versucht mit Design und Werkstoffentwicklungen entgegenzutreten, im Wesentlichen dem Prinzip RWDR folgend, obwohl RWDR-Leistungsgrenzen immer wieder erreicht werden. Grundsätzlich steigt bei verschärften Betriebsbedingungen die Belastung vom Dichtungswerkstoff mit der Folge von Rissbildung, Dichtprofilund Gegenlaufflächenverschleiß.

Temperaturen und Energieeintrag der Dichtung im Kontaktbereich der Welle führen zu Ölkohlablagerungen im Bereich der dynamischen Dichtkante, die als abrasiver Werkstoff Verschleißspuren an benannten Stellen exponentiell vergrößert. Zur Vermeidung der Verschleißmechanismen, muss ein völlig anderes Konzept betrachtet werden. Bei der im Beitrag gezeigten Wellendichtung wird aktiv der Austausch von anliegendem Medium gefördert. Somit entsteht im Dichtkontaktbereich ein ständiger Umlauf an Druckmedium, der als Spülung und zur Wärmeabfuhr über das Fluid dient.

Analyse des Lippendichtungsverhaltens großer Durchmesser für hydraulische Turbinenlager

Die Verschleiß- und Schadensanalyse an Radial-Wellendichtringen (RWDR) ist essentiell. Sie kann Aufschluss über die zuvor im Feld- oder Komponententest vorherrschenden tribologischen Bedingungen geben. Lange Zeit wurde hierfür auf bewährte, jedoch meist sehr aufwändige und vom Anwender abhängige Prüf- und Analysemethoden zurückgegriffen. Der Einsatz moderner Methoden und Messgeräte führt hier zu einer deutlichen Verbesserung im Hinblick auf die Qualität, Effektivität, Stabilität und Reproduzierbarkeit von Analyseergebnissen. Einige dieser Methoden sowie deren Vorund Nachteile werden im Beitrag vorgestellt und diskutiert.

A 15

Emilia Kozuch, M.Sc.¹, Petros Nomikos, Ph.D., M.Eng.^{1,2}, RaminRahmani, Ph.D.¹, Nick Morris, Ph.D.¹, Homer Rahnejat, Ph.D.¹

- ¹ Wolfson School of Mechanical, Manufacturing and Electrical Engineering, Loughborough University, Leicestershire, UK
- ² Neapco Europe GmbH, Germany

Evaluating Leakage from Radial Lip Seals Affected by Bearing Area of Shaft Topography

ΕN

This paper investigates the influence of shaft surface topography upon seal leakage, when using different surface finishing and manufacturing techniques. A hydrodynamic model is used to determine the generated pressure distribution within the seal-shaft contact. Pertinent statistical parameters are selected to distinguish between the various shaft surface topographies, which can contribute to an effectively sealed conjunction. Results obtained from the hydrodynamic model shows the creation of multiple cavitated regions caused by the deep valleys. This leads to thinner film thickness on the surface plateau and therefore lower predicted leakage rates. The distribution of peaks and valleys is shown to be a factor in differentiating contact performance.

Ermittlung des Einflusses der Oberflächentopographie am Wellendichtsitz auf die Leckage-Rate

Dieser Artikel untersucht den Einfluss von Oberflächentopographien Wellendichtsitzen an Zusammenhang mit Leckage-Phänomenen an Radialwellendichtringen. Hierbei wird der Einfluss verschiedenster Fertigungsverfahren auf das Dichtigkeitsverhalten des Gesamtsystems einbezogen. Ein hydrodynamisches Rechenmodell beschreibt die sich einstellende Druckverteilung in der Kontaktzone. Durch die Auswahl relevanter statistischer Parameter wird zwischen den verschiedenen Oberflächentopographien am Dichtsitz unterschieden. Hierbei wird herausgearbeitet inwieweit die betrachteten Oberflächenstrukturen den Dichtvorgang unterstützen. Der Mittenrauwert der gemessenen Muster weißt einen vernachlässigbaren Drall auf. Die Ergebnisse aus dem hydrodynamischen Rechenmodell weisen auf das Auftreten multipler Kavitäten im Zusammenhang mit erhöhten Rautiefen hin. Als Folge ergibt sich ein dünnerer Schmierfilm an den höchsten Spitzen des Oberflächenprofiles und daraus folgernd ein niedrigere erwarte Leckage-Rate. Die Dichtleistung des Gesamtsystems wird von beiden tribologischen Partner beeinflusst.

A – Session 6: Rotary Shaft Seals

Dr. Georg Flade, Stasskol GmbH, Stassfurt

Further Development and Calculation of Contactless Shaft Seals

A new restrictive carbon ring seal for gases was designed on the basis of standard shaft seals. The leakage of the new seal could be reduced up to 50%. A new sealing ring design with a higher ring width and specially shaped grooves optimizes the sealing efficiency. The ideal ring geometry was defined on the basis of CFD calculations and testbed measurements. The temperature influence on the leakage of carbon ring seals is discussed. To reduce the temperature sensitivity, ring retainers made of Titanium are presented. The new sealing concept can be adapted for many gases and all sealing configurations such as buffer or purge gas connections or intermediate pressure release bores.

A 17

Dipl.-Ing. Jan Totz, Dr.-Ing. Matthias Baumann, Dr.-Ing. Frank Bauer, Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttgart

Impact of Imperfections on the Sealing Function of Radial-Lip-Seals

Grinding marks and scratches might cause leakage in sealing systems with radial-lipseals. Therefore test runs were made to determine the pumping rate of those imperfections.

Grinding marks cause an increase of the pumping rate of sealing systems. By contrast, scratches cause a pumping rate, that depends on the rotational direction of the shaft. This pumping rate is powerful, if the imperfection runs under the sealing edge. Grinding marks almost never show this characteristic because they are not long and have a small angle related to the circumferential direction.

The test results lead to the conclusion that scratches are a critical characteristic of surfaces regarding to leakage of radial-lipseals. In contrast grinding marks don't imply a breakkdown of the sealing system.

A - Session 6: Wellendichtungen

Weiterentwicklung und Berechnung von berührungslosen Wellendichtungen

DE

Ausgehend von Standard-Kohleschwimmringdichtungen wurde eine neue Wellendichtung konzipiert. Die Leckagen konnten dabei um bis zu 50% reduziert werden. Ein neues Dichtringdesign mit breiteren Dichtringen und einer optimierten Ringgeometrie verbessert die Dichteffizienz. Für die Bestimmung der optimalen Dichtelemente wurden CFD-Berechnungen und ein Prüfstand genutzt. Der Temperatureinfluss auf die Leckagen von Kohleschwimmringdichtungen wird diskutiert und die Bandagierung der Kohleringe mit Titanmänteln vorgestellt um den Temperatureinfluss zu verringern. Die neuentwickelte Dichtung kann an viele Gase angepasst werden. Sie ist an alle Gegebenheiten wie Sperr- und Spülgase oder Zwischenentlastungen adaptiebar.

Einfluss von Fehlstellen auf die Dichtfunktion von Radial-Wellendichtungen

DE

Schleifkommata und Kratzer stehen schon seit längerem im Verdacht Leckage zu verursachen. Aus diesem Grund wurden systematisch Untersuchungen zur Förderwirkung dieser Fehlstellen durchgeführt.

Schleifkommata führen im Dichtkontakt tendenziell zu einem Anstieg des Dichtsystemförderwerts. Kratzer hingegen weisen eine ausgeprägte drehrichtungsängige Förderwirkung auf. Die ausgeprägte drehrichtungsabhängige Förderwirkung von Kratzern tritt auf, weil Kratzer aufgrund ihrer Länge in der Regel einen durchgängigen Kanal unter der Dichtkante bilden. Das Kriterium der Fehlstellendurchgängigkeit liegt bei fertigungsbedingten Schleifkommata praktisch nie vor, weil sie nur eine geringe Länge und eine geringe Winkelabweichung zur Umfangsrichtung aufweisen.

Die Untersuchungsergebnisse führen damit zu der praxisrelevanten Aussage, dass handhabungsbedingte Kratzer als kritisch für die Abdichtfunktion eingestuft werden müssen. Fertigungsbedingte Schleifkommata hingegen führen in der Regel nicht zu einem Versagen des Dichtsystems.

A 18

Felix Schiefer, M.Sc., Dr.-Ing. Matthias Baumann, Dr.-Ing. Frank Bauer, Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttgart

Research on the Pumping Rate of Sealing Counterfaces with Macro-Lead

The sealing counterface is an important part of the tribological sealing system, consisting of the sealing ring, the sealing counterface and the fluid. During the run, the sealing counterface significantly influences the friction, wear and leak tightness of the sealing ring. Obliquely directed surface structures, so-called lead, on the sealing counterface can cause a pumping effect of fluid and thus to inadequate lubrication and leakage. In the experimental tests, macrolead- afflicted sealing counterfaces were examined for their impact on the pumping rate. For this purpose, hypotheses about the impact of individual macrolead parameters on the pumping rate were established. Initial results show that with increasing roughness and lead angle, the pumping rate of the sealing counterface increases. On the other hand, longer period lengths lead to a decrease in the pumping rate. The established hypotheses were confirmed and in addition, a relationship between lead depth, lead angle and lead period length was derived.

Untersuchung des Förderverhaltens makrodrallbehafteter Dichtungsgegenlaufflächen

DE

Die Dichtungsgegenlauffläche ist ein wichtiger Bestandteil des tribologischen Dichtsystems, bestehend aus dem Dichtring, der Dichtungsgenlauffläche und dem abzudichtenden Fluid. Im Betrieb beeinflusst die Dichtungsgegenlauffläche maßgeblich

die Reibung, den Verschleiß und die Dichtheit der Dichtung. Schräg gerichtete Oberflächenstrukturen, sogenannter Drall, auf der Dichtungsgegenlauffläche können zu einer Förderwirkung von Fluid und somit zu Mangelschmierung und Leckage führen. In experimentellen Untersuchungen wurde das Förderverhalten makrodrallbehafteter Dichtungs- gegenlaufflächen untersucht. Hierzu wurden im Vorfeld Hypothesen über den Einfluss einzelner Makrodrall- Kenngrößen auf den Förderwert aufgestellt. In ersten Ergebnissen zeigt sich, dass mit zunehmender Rauheit und Drallwinkel der Förderwert der Dichtungsgegenlauffläche ansteigt. Längere Periodenlängen führen hingegen zu einer Abnahme des Förderwerts. Die aufgestellten Hypothesen wurden bestätigt und darüber hinaus ein Zusammenhang zwischen Dralltiefe, Drallwinkel und Periodenlänge abgeleitet.

A 19

Robert Teichert, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Matthias Kröger, Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung (IMKF), TU Bergakademie Freiberg

Contact Investigation of Rotary Shaft Seals

ΕN

In this work a test set-up is presented, which allows the consideration of the sealing contact of an axially contacting RWDR. By adapting an existing sealing test rig, the determination of system parameters is possible at the same time, e.g. contact width. The observation of the contact surface of the seal is also given by means of a transparent counter surface, with which the occurring processes can be directly observed.

Kontaktuntersuchung von Radial-Wellendichtringen

In dieser Arbeit wird ein Versuchsaufbau präsentiert, der die Betrachtung des Dichtungskontaktes eines axial anlaufenden RWDR ermöglicht. Durch die Adaption eines bestehenden Dichtungsprüfstandes ist die Ermittlung von Systemgrößen gleichzeitig möglich, z.B. Kontaktbreite. Die Beobachtung der Kontaktfläche der Dichtung ist über eine transparente Gegenfläche ebenfalls gegeben, womit die auftretenden Prozesse direkt observierbar sind.

The test results are evaluated and analysed. Reasons for the watched behaviour are presented and advantages for service of the seal are deduced. These and other investigations help to gain a deeper understanding of the contact of axial and radial RWDR. Furthermore, it is possible to underpin existing theories on the sealing effect and, if necessary, expand it

Die Testergebnisse werden evaluiert und analysiert. Die Gründe für das beobachtete Verhalten werden dargelegt und ein Nutzen für den Einsatz davon abgeleitet. Diese und andere Untersuchungen helfen zu einem tieferen Verständnis des Kontaktes von axial und radial anlaufenden RWDR. Weiterhin lassen sich dadurch bestehende Theorien zur Dichtwirkung überprüfen und ggf. erweitern.

A – Session 7: Application in Practice

A 20

Dr.-Ing. Frank Schönberg, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim Dr. Kristian Müller-Niehuus, Freudenberg Sealing Technologies GmbH, Hamburg

New Generation of Omni-Directional Large Diameter RSS for Grease Lubricated Main Bearings

To make alternative energy technologies competitive compared to conventional types of electricity production, it is crucial to lower their costs. Increasing size of wind turbines is for example one way to solve this issue. Innovative sealing concepts are needed to meet the requirements resulting from this growth.

Therefore, Freudenberg Sealing Technologies developed a new generation of large diameter RSS named Seventomatic®. In order to provide a constant force at the dynamic sealing area, a meander spring is used instead of a garter spring. The new spring and sealing design ensures a constant, diameter-independent preload of the sealing lip. In addition, the new design allows a sealing effect towards the inside and the outside diameter, or any other direction, if needed.

A – Session 7: Anwendungsthemen

Eine neue Generation von omni-direktionalen RWDR für große fettgeschmierte Hauptlager

DE

Um die Nutzung alternativer Energiequellen im Vergleich zu konventionellen Stromerzeugungsarten wettbewerbsfähig zu gestalten, ist es eines der wichtigsten Ziele, immer niedrigere Stromgestehungskosten zu realisieren. Um den Anforderungen der dabei immer größer werdenden Windkraftanlagen gerecht zu werden, bedarf es neuer, innovativer Dichtungskonzepte.

Freudenberg Sealing Technologies hat deshalb eine neue Generation von RWDR-Großdichtungen mit dem Namen Seventomatic® entwickelt. Zur Bereitstellung einer gleichbleibenden Anpressung der Dichtlippe an die dynamische Dichtfläche tritt an die Stelle der bisherigen, zugbelasteten Wurmfeder eine mäanderförmige Druckfeder. Die Ausgestaltung von Feder- und Dichtungsgeometrie gewährleistet dabei eine gleichbleibende, durchmesserunabhängige Anpressung der Dichtlippe sowohl bei innen- als auch außendichtenden Anwendungen.

A 21

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Frank Sonnenschein, Garlock GmbH, Neuss

Abrasive Applications and their Challenges for Dynamic Seals in Food&Pharma Environment

ΕN

This elaboration provides a high level overview over different norms and regulations used in Food and Pharma (F&P) market to be applied once products come into contact with foodstuff and drugs. After this the special challenges for abrasive applications within the F&P market are shown and a possible way to overcome those by using a double layer PTFE lip is explained.

Abrasive Anwendungen und deren Herausforderungen für dynamische Dichtungen im Bereich Food&Pharma

Die vorliegende Arbeit bietet einen oberflächlichen Überblick über verschiedene Normen und Regulatorien, die in der Food und Pharma (F&P) Industrie überall dort Anwendung finden, wo Produkte (z.B. Dichtungen) in Kontakt mit Lebensmitteln oder Arzneien kommen. Im Anschluss werden die speziellen Herausforderungen für abrasive Anwendungen vorgestellt und eine mögliche Lösung durch die Verwendung eines Zwei-Lagen PTFEs wird beschrieben.

A 22

Dominik Martin, M.Sc., Karlsruhe Service Research Institute, Karlsruhe Institute of Technology Christoph Schüle, M.Sc., Dr.-Ing. Johannes Kunze von Bischhoffshausen, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

Towards Cognitive Sealing: Artificial Intelligence based Seal Condition Monitoring

EN

This work presents an approach to using artificial intelligence for sealing technologies: Cognitive Sealing. Cognitive Sealing applies artificial intelligence to sensor and actuator signals captured within the sealing system's environment as opposed to directly embedded sensors within the seal. The feasibility of the approach has been proven for a rod sealing system in a hydraulic application based on different seal failure scenarios. To achieve this, a machine learning model for the detection of behavior scenarios was developed. The model infers possible anomalies without influencing the sealing system. Such a model could be the basis of a product-related service that allows the monitoring of a sealing system in a hydraulic application.

Cognitive Sealing: Zustandserkennung von Dichtungen basierend auf künstlicher Intelligenz

Diese Arbeit beschreibt einen Ansatz, künstliche Intelligenz in der Dichtungstechnik einzusetzen. Cognitive Sealing nutzt künstliche Intelligenz um Sensor- und Aktuator-Signale, welche in der direkten Umgebung des Dichtungssystems erhoben werden, zu verarbeiten, anstatt Sensorik direkt in Dichtungen zu integrieren. Die Machbarkeit dieses Ansatzes wurde anhand verschiedener Szenarien von Dichtungsfehlern eines Stangendichtungssystems in einer Hydraulikanwendung gezeigt. Hierzu wurde ein Machine Learning Modell zur Erkennung des Dichtungsverhaltens entwickelt. Das Modell ist in der Lage. Rückschlüsse auf mögliche Anomalien zu ziehen, ohne Einfluss auf das Dichtungssystem zu nehmen. Ein solches Modell kann eine Basis für produktbezogene Dienstleistungen darstellen. welche Beobachtung Dichtungssystems in einer Hydraulikanwendung erlaubt.

B – Session 2: Reciprocating Seals

B – Session 2: Translat. Dichtungen

Dipl.-Ing. Florian Will, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Weber, Institut für Fluidtechnik (IFD), TU Dresden

Analysis of Particle Currents of a Wiper Seal at a Cylinderrod

ΕN

Dirt in hydraulic systems causes wear and therefore decreases the lifetime of the components. There are several origins for particles in the oil, for example the opening of the system for service or ingress of dirt by piston rods. Usually there is only one sealing element that prevents particles from entering the hydraulic system via the piston rod - the wiper. To understand, which properties of the wiper seal cause less or more dirt ingress, the Institute of Fluid Power and Freudenberg Sealing Technology started a cooperation in 2014.

Analyse der Partikelströme über einen Abstreifer an einer Zylinderkolbenstange

Schmutz in hydraulischen Systemen verursacht Verschleiß und vermindert die Lebensdauer von Komponenten. Es gibt verschiedene Ursachen für Partikel im Öl, zum Beispiel, das Öffnen des Systems zur Wartung oder den Einzug über Zylinderkolbenstangen. In Stangendichtungssystemen ist nur ein Dichtelement, der Abstreifer, zum Rückhalten dieser Partikel vorgesehen. Um zu verstehen, welche Eigenschaften von Abstreifern weniger oder mehr Schmutzeinzug zulassen, haben das Institut für Fluidtechnik und Freudenberg Sealing Technologies 2014 beschlossen dieser Fragestellung ein gemeinsames Forschungsprojekt zu widmen.

B 02

Dr.-Ing. Mandy Wilke, Holger Jordan, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

Seal Gap and Guiding, a General Conflict Situation?

In hydraulic applications functions like sealing and guiding are very close together. Therefore, the combination of these functions in one part is obvious. Subsequently the splitting freedom of movement is conducted in view of the result in the function response. In other words, extrusion in combination with seal profile deformation can be controlled completely by gap external clamping and therefore stress-free areas towards the sealing gap.

At applications for rod or shaft sealing an elastically guided stiff element can support a sealing area by using a small seal gap without hazardous effects for the counter surface as such. Both principles are processed only with well-known compounds.

Dichtspalt und Führung, ein grundsätzlicher Konflikt?

DE

Da in den Anwendungen die Funktionen Dichten und Führen grundsätzlich sehr nahe beieinanderliegen, ist die funktionale Zusammenführung zunächst naheliegend. Die Aufteilung der Bewegungsfreiheitgrade erfolgt unter Berücksichtigung der funktionalen Ausrichtung, d.h. Extrusion und damit unzulässige Verformungen können durch eine spaltferne Klemmung zu einem spannungsfreien Profilende geformt werden und damit die bekannten Extrusionserscheinungen gänzlich vermeiden.

Bei zum Beispiel Stangen- oder Wellendichtelementen kann eine elastisch gelagerte, steife Führung den Dichtspalt sehr klein halten ohne dass ein schädlicher Kontakt mit der Gegenlauffläche stattfinden könnte. Bei beiden Ansätzen werden nur bekannte Werkstoffe verwendet.

Dr.-Eng. Monica Crudu, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

Enhanced Performance of Hydraulic Rod Seals by Use of 3D Printed Reinforcements

ΕN

3D printing technology is an industrial trend during our times, offering limitless design possibilities and low production times, but because of lack of existing printable flexible materials can hardly be implemented in sealing industry. An innovative localized seal reinforcement method is presented in this paper. The method permits production of two component seals by use of one shot injection tools, through 3D printed reinforcements. As case study, a typical "U-cup" hydraulic rod seal is optimized for enhanced extrusion resistance. Seals with corner reinforcement show higher extrusion resistance against pressure and the results presented in this article give good perspectives for 3D printing implementation in further sealing applications, where traditional production limitations could compromise innovative, cost and time-efficient solutions.

Verbesserte Leistung der Hydraulischen Stangendichtungen durch Verwendung von 3D-Druckverstärkungen

3D-Druck-Technologie ist ein industrieller Trend in unserer Zeit und bietet unbegrenzte Design-Möglichkeiten und geringe Produktionszeiten, aber wegen des Mangels an vorhandenen druckfähigen flexiblen Materialien kann in der Dichtungsindustrie kaum umgesetzt werden. In diesem Paper wird eine innovative Methode zur lokalen Verstärkung der Dichtung vorgestellt. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung von Zweikomponenten-Dichtungen, unter Verwendung von Ein-Komponenten-Spritzguss durch 3D-gedruckte Verstärkungen. Als Fallstudie wird eine typische "U-cup" Hydraulikstangendichtung optimiert, um die Extrusionsbeständigkeit zu erhöhen. Dichtunmit Eckverstärkung zeigen Extrusionsbeständigkeit gegenüber Druck und die vorgestellten Ergebnisse bieten gute Perspektiven für die 3D Druck Implementierung in weiteren Dichtungsanwendungen, hei denen traditionelle Produktionsbeschränkungen innovative, kosten- und zeiteffiziente Lösungen gefährden könnten.

B – Session 3: Static Seals

Martin Lüttecke, B.Sc., Prof. Dr.-Ing. Alexander Riedl, Fachbereich Physikalische Technik, Fachhochschule Münster, Steinfurt

Unavoidable Minimum Leakage of PTFE-Gaskets Due to Diffusion

ΕN

PTFE-gaskets will be measured in order to state its minimum leakage. This leakage is shown to exist regardless of the applied seating stress. The measurements include a parameterization of the gasket-material, the seating stress and the operation pressure. Using these parameterizations it is possible to verify this minimum leakage. Furthermore the main material transport mechanism shall be concluded. Therefore the leakage rate as a function of the operation pressure is examined. The function can be used to determine the main material transport mechanism.

B – Session 3: Statische Dichtungen

Unvermeidbare Leckage bei PTFE Dichtungen aufgrund von Diffusionsvorgängen

Es werden PTFE-Dichtungen in Bezug auf ihre Leckage gemessen, da die Erfahrung in der Praxis gezeigt hat, dass sich stets eine unvermeidbare Mindestleckage einstellt, welche unabhängig von der Flächenpressung ist. Daher werden unterschiedlich gefüllte PTFE-Dichtungen -unter Parametrisierung der Flächenpressung und des Prüfdrucks- untersucht um diese Mindestleckage zu quantifizieren. Des Weiteren soll der Stofftransport, welcher hauptsächlich für diese Leckage verantwortlich ist, experimentell ermittelt werden. Dazu werden die Abhängigkeiten von den Leckagen zu den Prüfdrücken untersucht um durch Gesetzmäßigkeiten auf den Stofftransport schließen zu können.

Dipl.-Ing. Marco Schildknecht, Frenzelit GmbH, Bad Berneck

Fibre Gaskets - Latest Development

Even so called static gaskets have to comply with a lot of requirements. Higher product performance results in more reliant sealing systems, longer maintenance intervals and less emissions. The latest development in the field of classic fibre gaskets create a new level of performance and a more reliable compliance to modern regulations as the German clean air act TA Luft. Gasket constants acc. EN 13555 are now on the same level with and without inner eyelet. In total that means an increased fault tolerance even with worn out flanges as found everywhere on-site. In addition the new product allows for the very first time 100% traceability of every single gasket – even if it is a small ring with no visible printing on it.

B 06

Dipl.-Ing. Kerstin Holle, MBA, Garlock GmbH, Neuss

Next Level of PTFE Gasketing Material – Higher Safety at Installation and During Operation

83% of all gasket failure are based on whether to high or to low surface pressure. Currently available PTFE gasket doesn't offer a real solution. Garlock developed a new universal gasket style with a hexagonal pattern, which combine the torque value, the blow-out safety and the sealability of a thinner gasket with the adaption of a thicker gasket.

Faserstoff Reloaded – die Entwicklung geht weiter

DF

Auch sogenannte statische Dichtverbindungen sind von einer Vielzahl verschiedener Faktoren gefordert. Höhere Performance des Dichtungswerkstoffs bedeuten auch hier zuverlässigere Dichtsysteme, längere Wartungsintervalle und weniger Emissio-Im Bereich der klassischen Faserstoffdichtungen sorgen neue Entwicklungen für ein deutlich gesteigertes Leistungsniveau und zuverlässigere Bewältigung der Anforderungen moderner Regelwerke wie der TA Luft inklusive praxisgerechter Umsetzung. Die Dichtungskennwerte gemäß DIN EN 13555 liegen jetzt auf identischem Niveau mit und ohne Innenbördel, was bislang unerreichbar war. Insgesamt führt dies zu einer signifikant gesteigerten Fehlertoleranz gegenüber nicht idealen Flanschen, wie sie in der Praxis überwiegend zu finden sind. Darüber hinaus ermöglichen die neuen Werkstoffe eine lückenlose Rückverfolgbarkeit – praktisch die sprechende Dichtung.

Die nächste Ebene von PTFE Dichtungen – Höhere Sicherheit bei der Montage und im Prozess

DE

83% aller Dichtungsausfälle sind entweder auf zu hohe oder fehlende Flächenpressung zurückzuführen sind. Aktuell auf dem Markt verfügbare PTFE-Dichtungen bieten nicht wirklich eine Lösung. Der Firma Garlock ist es gelungen durch die Aufbringung einer hexagonalen Struktur einen universalen Dichtungsstyle zu entwickeln, der den Anziehdrehmoment, die Ausblassicherheit und die Dichtheit einer dünnen Dichtung mit der Anpassungsfähigkeit einer dicken Dichtung kombiniert.

Dr. Thomas Schwarz, Silvio Schreymayer, M.A., Dipl.-Ing. Wolfgang Swete, Dipl.-Ing. Mario Mitterhuber, SKF Sealing Solutions Austria GmbH, Judenburg, Austria

Universal Aspects on Functionality and Performance of HNBR FS-Seals

FN

This work deals with all universal aspects of HNBR FS Seals that should comply with the latest material testing standards and deal with the extreme tolerance range and roughness of the housing and the counter surface. Additionally, bonding characteristics between the metal spring and the rubber were considered and identified as one of the main contributors to the overall seal performance. The results of this product development were verified with in-house seal test rigs acc. API 6A Annex F PR2 for hydrostatic and gas testing up to a pressure of 15.000 psi (1035 bar) and a temperature of 250°F (121°C). These test results were compared with rapid gas decompression test results according NORSOK standard.

B – Session 4: Simulation

B 08

Yin Tuyuan, Prof. Wei Dasheng, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, China

The Continuous Liquid Film-Formation Condition Analysis under the Sealing of Water Cutting in Plunger Pump Region

ΕN

Ultra High Pressure Plunger Reciprocating Pumps are core parts used for water-jet cutting. In addition the Ultra High Pressure Plunger plunger seal technology is the core, which determines the technology level of ultra High Pressure Plunger water medium Plunger Reciprocating Pumps. The pressure of water-jet cutting usually is 100-400MPa. The characteristic of water is low viscosity, gentle viscosity - pressure characteristic, temperature sensitivity. Aiming at the discreteness of seal's life-span, "Continuous film means long life" is the design guide. By analyzing film thickness of the sealing interface to find continuous film conditions.

Generelle Aspekte hinsichtlich Funktionalität und Performance von HNBR FS-Dichtungen

In dieser Arbeit werden die generellen Aspekte, die die Performance von FS Dichtungen für den Einsatz in Ölbohrplattformen extremen Betriebsbedingungen beeinflussen, untersucht. Als wesentliche Forderungen sind neben der Konformität des Dichtungswerkstoffes nach den aktuell gültigen ISO und NORSOK Normen, die Dichtungsauslegung, die Verbindung des Elastomers mit den metallischen Federelementen sowie die Prozessführung bei der Herstellung zu nennen. Die Ergebnisse dieses Entwicklungsprojektes wurden mittels eines hydrostatischen und eines Hochdruck Gasprüfstandes verifiziert. Die Prüfungen erfolgten nach dem Standard nach API 6A Annex F PR2 mit Drücken bis zu 1035 bar und Temperaturen bis 121°C. Die Prüfstands Ergebnisse wurden schlussendlich mit Ergebnissen aus explosiven Dekompressionsprüfungen nach NORSOK verglichen.

B- Session 4: Simulation

Kontinuierliche Flüssigkeitsfilmbildungszustandsanalyse unter Abdichtung von Wasserschneiden im Plungerpumpenbereich

Ultra-Hochdruck-Plungerpumpen sind Kernstücke für das Wasserstrahlschneiden. Darüber hinaus ist die Ultra-Hochdruck-Kolbendichtungstechnologie das Herzstück, welches das Technologie-Niveau von Ultra-Hochdruck-Kolbenpumpen für Wasser auszeichnet. Der Druck beim Wasserstrahlschneiden beträgt in der Regel 100-400 MPa. Die Eigenschaften von Wasser sind niedrige Viskosität, geringe Viskositätsdruckfestigkeit und Temperaturempfindlichkeit. Im Hinblick auf die Laufleistung der Dichtung gilt: "Durchgehende Benetzung bedeutet lange Lebensdauer". Durch die Analyse des Fluidfilms auf der Dichtfläche sollen kontinuierliche Benetzungsbedingungen ermittelt werden.

This idea designed a combined self-sealing components which contacts the plunger in L shape. The rubber O-ring will apply load on L-seal under Ultra High Pressure Plunger. Meanwhile, through fluid-solid coupling analyze the film thickness of the sealing interface to find the influence factors such as modulus materials, reciprocating speed, viscosity-temperature character of water. We carried out 500 hours experiment under 100MPa. This experimental data confirms that calculation friction testing coincides with Stribecks-curve trough region characters. The extremely low seal's friction factor was 0.04, sealed condition was stable. The experiment condition met the continuous film coating lubrication fluid state.

Aus dieser Idee entstand eine kombinierte, selbstdichtende Komponente, die den Kolben in L-Form kontaktiert. Der Gummi-O-Ring belastet die L-Dichtung unter dem Ultrahochdruck-Kolben. Durch die Fluid-Fest-Kupplung wird die Schmierfilmdicke der Dichtfläche analysiert, um die Einflussfaktoren wie Modulwerkstoffe, hin- und hergehende Geschwindigkeit und den Viskositäts-Temperatur-Charakter von Wasser zu ermitteln. Wir haben 500 Stunden Experimente unter 100MPa durchgeführt. Diese experimentellen Daten bestätigen, dass die Berechnung der Reibungstests mit den Stribeck-Kurven in der Region übereinstimmt. Der extrem niedrige Reibungsfaktor der Dichtung betrug 0,04, der abgedichtete Zustand war stabil. Die Versuchsbedingung erfüllte den Zustand der kontinuierlichen Schmierfilmbeschichtung.

B 09

Dennis Keller, M.Sc., Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Jacobs, Achim Kramer, M.Sc., Stephan Neumann, M.Eng., Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung (MSE), RWTH Aachen

Friction Reduction of Dynamic Elastomeric Seals by Simulation-Based Optimisation of the Microstructured Sealing Surface

Rising energy costs and increasingly stringent legal requirements regarding CO2 and pollutant emissions necessitate constant efficiency improvements in technical systems. This also applies to dynamic elastomer seals, which are used billions of times in technical systems and can lead to friction losses in the order of 100 watts per sealing lip (crankshaft, passenger cars).

This paper presents a strategy to reduce the power losses of dynamic elastomer seals based on microstructuring and surface treatment of the seal material. The microstructure increases the hydrodynamic pressure and thus the lubricating gap height. To maximize load-bearing capacity, the simulation-based optimization of the asperity geometry is presented, considering the laser-based manufacturing process used. The results obtained by numerical flow simulations and optimized asperity geometry are shown

Reibungsreduzierung dynamischer Elastomerdichtungen durch die simulationsgestützte Optimierung der mikrostrukturierten Dichtfläche

DE

Ansteigende Energiekosten sowie die fortwährende Verschärfung gesetzlicher Rahmenbedingungen in Bezug auf CO2- und Schadstoffemissionen erfordern eine beständige Effizienzsteigerung technischer Systeme. Dies gilt auch für dynamische Elastomerdichtungen, wie sie milliardenfach in technischen Systemen zum Einsatz kommen und schnell zu Reibungsverlusten in der Größenordnung von 100 Watt pro Dichtlippe (Kurbelwelle PKW) führen können.

In diesem Beitrag wird eine Strategie zur Reduzierung der Verlustleistung dynamischer Elastomerdichtungen vorgestellt, die auf einer Mikrostrukturierung und Oberflächenbehandlung der Dichtungsgleitfläche beruht. Die Mikrostruktur ermöglicht es den hydrodynamischen Spaltdruck und damit die Schmierspalthöhe zu vergrößern. Zur Maximierung der hydrodynamischen Druckentwicklung wird die simulationsgestützte Optimierung der Mikrostruktur unter Berücksichtigung des eingesetzten, laserbasierten Fertigungsverfahrens dargelegt. Es werden die mit Hilfe numerischer Strömungssimulationen erzielten Ergebnisse sowie eine optimierte Strukturgeometrie aufgezeigt.

Dr.-Ing. Christoph Wehmann, Subhajit Dey, M.Sc., Christoph Schüle, M.Sc., Dr.-Ing. Mandy Wilke, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

Simulation of the Stick-Slip Effect Observed in Hydraulic Sealing Systems Made of Polyurethanes

ΕN

This contribution presents a modeling strategy for a dynamic simulation in order to analyze the stick-slip effect in hydraulic sealing systems based on polyurethane seals. The modeling strategy is based on Finite Elements and uses an exponential decay function to capture the slip-rate dependent friction coefficient. It allows to analyze the influence of the seal design on the stick-slip behavior.

In order to verify the simulation results, tests were carried out with an O-ring energized rod seal made of casted polyurethane. The tests were done on a hydraulic rod test rig and different low rod velocities were considered. Depending on the rod velocity, the measured axial forces show significant stick-slip and the simulation model is able to predict these situations.

Simulation des Stick-Slip Effekts bei Hydraulikdichtungen aus Polyurethan

Dieser Beitrag stellt eine Modellierungsstrategie für eine dynamische Simulation vor, die den Stick-Slip-Effekt bei Hydraulikdichtungen aus Polyurethan beschreiben kann. Der Ansatz basiert auf der Finite-Elemente-Analyse und verwendet eine fallende Exponentialfunktion zur Erfassung des geschwindigkeitsabhängigen Reibkoeffizienten.

Zur Verifikation der Simulationsergebnisse wurden Versuche mit einer O-Ring-vorgespannten Stangendichtung aus gegossenem Polyurethan durchgeführt. Die Versuche liefen auf einem Hydraulik-Stangenprüfstand und verschiedene langsame Stangengeschwindigkeiten wurden betrachtet. Je nach Stangengeschwindigkeit zeigen die gemessenen Axialkräfte deutlich Stick-Slip und das Simulationsmodell ist in der Lage, diese Situationen vorherzusagen.

B 11

Dr.-Ing. Manfred Achenbach, Ingenieur- und Sachverständigenbüro Achenbach, Bietigheim-Bissingen

On the Modeling of Ageing on Rubber Seals

ΕN

Dynamically loaded seals subjected to high temperatures and/or aggressive fluids usually suffer from changes in their mechanical properties caused by changes in their micro-structure (scission of chain molecules etc) by chemical means over time, commonly known as ageing.

Rubber seals can age through two mechanisms: (i) the diffusion of fluid molecules and (ii) the chemical reaction of that dissolved species with molecules in the macromolecule network. Changes in the microscopic structure of the sealing body can result in changes in how the rubber material responds due to mechanical loads.

The overall goal of the presented model is to predict the effects of ageing on sealing performance. The application of the FE Method to molecular diffusion and chemical reaction is relatively straight forward, as the equations which describe the ageing processes in rubber sealing materials are analogous to the equations describing heat conduction in solids.

Ein Alterungungs-Modell für elastomere Dichtungen

Anwender betrachten bei ihren Investitionsentscheidungen in zunehmendem Maße die voraussichtlichen Lebensdauer-Kosten der geplanten Investition. Für Maschinen-, Fahrzeug- und Anlagenbauer bedeutet dies, nicht nur wirtschaftlich zu fertigende Systeme zu entwickeln, sondern dem Wartungs- und Instandhaltungsaufwand über den gesamten Lebensdauer-Zyklus ein besonderes Augenmerk zu schenken. Die Lebensdauer von Dichtungen wird zum Beispiel durch chemische Einwirkungen umgebender Medien und durch Wärme und Druck beeinflusst. Durch die zahlreichen Einflussfaktoren und bedingt durch oft unterschiedliche Betriebsbedingungen ist die "Bandbreite" der Gebrauchsdauer einer Dichtung nicht nur sehr breit, sondern auch sehr schwer zu beurteilen. Dennoch: Es wurden bereits Verfahren entwickelt, diese Frage nicht nur zu untersuchen, sondern auch Antworten zu geben. Mit Hilfe nicht-linearer Finite-Elemente Programme im Verbund mit physiko-chemischen Modellvorstellungen lassen sich Aussagen zum We can take therefore advantage of past experience Alterungsverhalten von Gummidichtungen machen in solving heat transfer problems by the FE Method and apply that knowledge to the solution of the equation governing the diffusion and chemical reaction processes in rubber seals. However, the analogy between heat conduction and mass transport is not complete, as certain differences exist between the governing equations of these two problem classes, as will become apparent in the present paper.

und damit eine Lebensdauervorhersage wagen.

B - Session 5: Materials and Surfaces

B 12

Prof. Dr.-Ing. Achim Frick, Vibunanthan Muralidharan, M.Sc., Robert Boßler, B.Eng., Inst. Polymer Science and Processing (iPSP), Hochschule Aalen

Sliding Friction Behavior of Polymer Seals -**Effect of Polymer Structure and Modifications**

ΕN

To comply with the ever-growing stringent regulation for CO2 emissions, polymer and elastomeric materials with lower friction coefficients for dynamic seals and bearings are demanded. This is achieved in many cases by the use of tribo-modifiers. Aside from their benefits, their adverse effects on the tribological characteristics, are often overlooked. In this study, the effect of a tribo-modifier (MoS2) in HNBR rubber material on the mechanical and tribological properties is presented. In addition, the effect of manufacture-induced morphology of a thermoplastic casted Polyamide 12 material is investigated. Understanding the effect of morphologies on tribo-behavior is crucial to explain the possible fluctu-ations in tribological properties, e.g. of manufactured final seal parts and needs to be considered for thermoplastic and crosslinked tribo-materials.

B - Session 5: Werkstoffe und Oberflächen

Gleitreibungsverhalten von Dichtungen -Einfluss der Polymermorphologie und von Modifikatoren

Um den immer strengeren Vorschriften für CO2-Emissionen gerecht zu werden, werden Kunststoffe und elastomere Werkstoffe für dynamische Dichtungen und Lageranwendungen mit niedrigeren Reibwerten gefordert. Dies wird in vielen Fällen einfach durch den Einsatz von Tribo-Modifikatoren erreicht. Tribo-Modifikatoren können aber auch die Verformbarkeit und Festigkeit eines Poly-mers negativ beeinflussen, wodurch die mechanische Festigkeit und das Ab-riebverhalten leiden, was oft übersehen wird. In dieser Studie wird der Einfluss des Feststoffmodifikator MoS2 auf die mechanischen und tribologischen Eigen-schaften eines HNBR-Elastomer untersucht. Darüber hinaus wird der Einfluss der herstellungsbedingten Morphologie auf das Reibungsverhalten eines ther-moplastischen Guss-Polyamid (PA 12G) betrachtet. Ein Verständnis über die Auswirkung der Morphologie eines Werkstoffs auf sein Tribo-Verhalten ist wich-tig, um mögliche Schwankungen der tribologischen Eigenschaften, z.B. von hergestellten Dichtungsformteilen, erklären zu können. Dieser Einfluss muss sowohl für thermoplastische und vernetzte Tribo-Materialien (Thermoplastische Kunststoffe und Elastomere) berücksichtigt werden.

Ozan Devlen, M.Sc.¹, Seçkin Semiz, M.Sc.^{1,2}, Assoc. Prof. M. Özgür Seydibeyoğlu,²

¹ Kastas Sealing Technologies, Izmir, Turkey

New Grade of Thermoplastic Polyurethane with High Thermal Conductivity and Low Coefficient of Friction

FN

In this paper, a TPU material which is widely used in Hydraulic and Pneumatic Sealing Elements is focused. Today increasing the energy efficiency, product life and reducing maintenance requirements for hydraulic & pneumatic sealing systems are quite important. This study focused on asserting properties such as low coefficient of friction and high thermal conductivity coefficient to fluid power sealing materials without compromising the standard physical and chemical properties.

Standard features expected from hydraulic & pneumatic sealing materials can be summarized as tensile strength, elongation at break, hardness, deformation under pressure (compression set) and wear resistance. In addition to these properties, it is foreseen that materials with low coefficient of friction will reduce wear and prevent heat generation; high thermal conductivity will facilitate transferring the heat generated from the material to the contact surfaces.

Neue Sorte thermoplastisches Polyurethan mit hoher Wärmeleitfähigkeit und niedrigem Reibungskoeffizienten

In dieser Arbeit wird ein TPU Material untersucht, das für hydraulische und pneumatische Dichtelemente häufig verwendet wird. Heutzutage sind die Steigerung der Energieeffizienz, die Lebensdauer der Produkte und die Reduzierung der Wartungsanfordehydraulische rungen für und pneumatische Dichtsysteme von großer Bedeutung. Diese Studie konzertierte sich auf die Eigenschaften, wie niedrigen Reibungskoeffizienten und hohen Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten für Fluid-Power-Dichtungsmaterialien, ohne dabei die physikalischen und chemischen Standardeigenschaften zu gefährden. Die von hydraulischen und pneumatischen Dichtungsmaterialien erwarteten Standardmerkmale können als Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Härte, Verformung un-Druck (Druckverformungsrest) und Verschleißfestigkeit zusammengefasst werden. Zusätzlich zu diesen Eigenschaften ist vorgesehen, dass Materialien mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten den Verschleiß verringern und Wärmeerzeugung vorbeugen. Eine hohe Wärmeleitfähigkeit erleichtert die Übertragung der vom Material erzeugten Wärme auf die Kontaktflächen.

B 14

Dominik Lorenz, M.Sc.¹, Dipl.-Ing. Lothar Hörl², Dr.-Ing. Frank Bauer², Dr.-Ing. Wolfgang Gauchel¹ Festo AG & Co. KG, Esslingen-Berkheim

Conductive Elastomers for Diaphragm Seals

In process automation, there is a desire for integrated monitoring of process systems. In addition to the use of stand-alone sensors, sensory components can be integrated into actuators to measure system parameters or the wear of the actuator or other components. One possibility is the use of smart materials, for example in the form of sensory diaphragms in process fittings.

Elektrisch leitfähige Elastomere für Membranventildichtungen

DE

In der Prozessautomation besteht der Wunsch nach einer ganzheitlichen Überwachung von Prozesssystemen. Neben der Verwendung von eigenständigen Sensoren können sensorische Bauteile in Aktoren integriert werden, um Systemparameter oder den Verschleiß der Aktoren oder anderen Komponenten zu messen. Eine Möglichkeit besteht im Einsatz von intelligenten Werkstoffen, sogenannten Smart Materials, beispielsweise in Form von sensorischen Elastomermembranen.

² Materials Sci. and Eng., Izmir Katip Çelebi University, Izmir, Turkey

² Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttgart

In order for elastomers to have sensory properties, they must be able to process measured variables into signals. For this purpose, electrically insulating elastomers can be made electrically conductive by adding functional fillers.

To evaluate the suitability of such sensory materials in dynamically stressed components, electrically conductive elastomers (EPDM & NBR) are considered in this paper. A suitable sample geometry and contacting is presented to measure the electrical resistance of the samples. Using a test bench, strip samples of the materials are drawn up to a strain of 100% and the change in conductivity is measured as a function of the strain and the strain rate.

Damit Elastomere sensorische Eigenschaften erhalten, müssen sie Messgrößen in Signale weiterverarbeiten können. Hierfür kann man üblicherweise elektrisch isolierende Elastomere durch das Hinzufügen von funktionellen Füllstoffen elektrisch leitfähig machen. Um die Eignung solcher sensorischen Werkstoffe in dynamisch beanspruchten Bauteilen zu bewerten, werden in diesem Beitrag elektrisch leitfähige Elastomerwerkstoffe (EPDM & NBR) betrachtet. Es wird eine geeignete Probengeometrie und Kontaktierung vorgestellt, um den elektrischen Widerstand zu messen. Mittels eines Prüfstands werden Flachproben bis zu einer Dehnung von 100% gezogen und die Änderung der Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Dehnung und der Dehnungsgeschwindigkeit gemessen.

B 15

Dipl.-Ing. Volker Schroiff, Dipl.-Ing. Matthias Hauer, Dipl.-Chem. Marco Sutter, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim

Leakage Newly Defined: Electro-Magnetic Radiation and How to Seal It

Due to the change in the automotive industry towards electromobility, it is no longer only necessary to seal systems against oil leakage, but also to implement "sealing measures" against unwanted electromagnetic radiation. Based on the developed modular concept, both sealing tasks can be effectively combined as needed.

The concept is based initially on a definition and evaluation of the technological directions for shielding based on norms and customer requirements. For the middle frequency range of the electrical drive train the skin effect plays an important role. Due to the low penetration depth of the radiation, the concept consists of a plastic housing in combination with a highly conductive surface and a seal, which can also contribute to shielding. The measurements of the shielding effect show, depending on the combination of materials, sufficient to very good results.

Leckage neu definiert: Elektro-magnetische Strahlung und wie man sie abdichten kann DE

Im Zuge des Wandels in der Automobilindustrie hin zur Elektromobilität gilt es, nicht mehr nur Systeme gegen Ölaus- und Schmutzeintritt abzudichten, sondern auch "Abdichtmaßnahmen" gegen unerwünschte elektromagnetische Strahlung zu realisieren. Anhand des entwickelten modularen Konzeptes können beide Abdichtaufgaben nach Bedarf wirkungsvoll miteinander kombiniert werden.

Das Konzept basiert zunächst auf einer Definition und Bewertung der technologischen Stoßrichtungen für die Abschirmung auf Basis der geltenden Normen und Kundenanforderungen. Für den mittleren Frequenzbereich des elektrischen Antriebsstranges spielt der Skin-Effekt eine entscheidende Rolle. Aufgrund der geringen Eindringtiefe der Strahlung besteht das Konzept aus einem Kunststoffgehäuse in Kombination mit einer hochleitfähigen Oberfläche und einer Dichtung, die auch zur Abschirmung betragen kann. Die Messungen der Abschirmwirkung zeigen je nach Werkstoffkombination ausreichende bis sehr gute Ergebnisse.

B – Session 6: Reciprocating Seals

B – Session 6: Translat. Dichtungen

Maximilian Kuhr, M.Sc., Tobias Corneli, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz, Institut für Fluidsystemtechnik (FST), TU Darmstadt

Reduction of Bearing Load Capacity and Increase in Volumeflow Due to Wall Slip

Reduzierung der Lagertragfähigkeit und Erhöhung des Volumenstroms durch Wandgleiten

EN

The presented work investigates the temperature dependence of the Navier slip boundary condition and the related reduction of load capacity of a bearing and the increased volume flow. First of all, the Navier slip boundary condition is discussed and a modified Reynolds equation, including slip, is derived. Based on this modified Reynolds equation, the pressure distribution and the load capacity of a slider bearing as well as the corresponding volume flow are obtained.

Afterwards, the Darmstadt Slip Length Tribometer is presented, utilized for measuring the slip length of technical rough surfaces. The paper is closed with the comparison of the temperature dependent results of the slip length measurements and the effect on the load capacity of the slider bearing as well as the increased volume flow in comparison to the common no slip boundary condition.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Temperaturabhängigkeit der Navier-Schlupf-Randbedingung und die damit verbundene Reduzierung der Tragfähigkeit eines Gleitschuhs sowie den erhöhten Volumenstrom. Zunächst wird die Navier-Schlupf-Randbedingung diskutiert und eine modifizierte Reynolds-Gleichung inklusive Wandgleiten abgeleitet. Basierend auf dieser modifizierten Reynolds-Gleichung werden die Druckverteilung und die Tragfähigkeit eines Gleitschuhs sowie der entsprechende Volumenstrom ermittelt. Anschließend wird das Darmstädter Gleitlängen-Tribometer vorgestellt, das zur Messung der Gleitlänge von technisch rauen Oberflächen eingesetzt wird. Der Arschließt mit dem Vergleich temperaturabhängigen Ergebnisse der Gleitlängenmessungen und dem Einfluss auf die Tragfähigkeit des Gleitlagers sowie dem erhöhten Volumenstrom im Vergleich zur gängigen Haftbedingung.

B 17

Dr.-Ing. Mandy Wilke, Holger Jordan, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

Extended Approach to Specify Counter Surfaces for Reciprocating Seals

Erweiterter Ansatz zur Spezifikation von Gegenlaufflächen für translatorische Dichtungen

DE

Counter surfaces for dynamic applications are described with roughness values. The arithmetical mean deviation of the roughness profile Ra is still an important value in the definition of counter surfaces for dynamic seals. Today's recommendations include values like Rz and Rmax (Rz1max) and the material ration in the definition to cope with the rising requirements of the applications.

Gegenlaufflächen in dynamischen Anwendungen werden mit Rauheitskennwerten beschrieben. Ra als arithmetischer Mittenrauheitswert spielt heute noch eine große Rolle in der Definition von Anforderungen für die Gegenlauffläche für Dichtungen. Heutige Spezifikationen beziehen die Werte Rz und Rmax (Rz1max) mit dem Traganteil in die gewünschte Definition mit ein, um den steigenden Anforderungen in den Anwendungen gerecht werden zu können. Durch Variationen von Beschichtungstechnologien oder auch Varianten der Grundwerkstoffe wird "eine generelle Definition" der Rauheit, den Anforderungen heute nicht mehr gerecht.

ing technologies cannot be covered by one general description of the roughness values. This paper presents test results with different kind of coatings and an extended approach to specify counter Surfaces for reciprocating seals. The recommended roughness values can have variations and depend on the kind of coating technology.

However, the increasing number of different coat- Im Rahmen des Beitrags werden Versuchsergebnisse mit Variation von Beschichtung- und Endbearbeitungsverfahren betrachtet und eine erweiterte Definition der Rauheit der Oberflächenspezifikation in Abhängigkeit des Herstellungsverfahrens vorgestellt und die dadurch notwendige Varianz der einzelnen Rauheitskennwerte hinsichtlich Obergrenze und Unaufgezeigt, die abhängig Beschichtungsverfahren verschieden sein kann.

B 18

Oliver Feuchtmüller, M.Sc., Mario Stoll, M.Sc., Dipl.-Ing. Lothar Hörl, Dr.-Ing. Frank Bauer, Institut für Maschinenelemente (IMA), Universität Stuttgart

Can a Hydraulic Rod Seal Wipe Out Surface Structures on the Rod? - A Viscoelastic FE-Analysis of a PU-U Cup Seal on Different Surfaces

At the Institute of Machine Components (University of Stuttgart) the influence of hydraulic rod surfaces on seals has been analyzed. Hydraulic rods with sharp surface structures and steep sides led to high leakages. The authors present the thesis that the seal can't penetrate these steep imperfections. The imperfections are not wiped out completely and

The paper shows simplified (neglecting friction and hydrodynamics) how deep an U-Cup can penetrate different surface structures. A closer look is taken on influence factors like the velocity of the hydraulic rod and the operating pressure in the cylinder.

A transient finite element model was developed. The nonlinear material behavior of the seal and viscoelastic effects are considered.

Kann ein Hydraulikdichtring Strukturen auf der Stangeoberfläche auswischen? -Viskoelastische FE-Untersuchungen an einem PU-Nutring auf unterschiedlichen Stangenoberflächen

DE

Am Institut für Maschinenelemente (Universität Stuttgart) wurde der Einfluss der Stangenoberfläche auf Hydraulikdichtungen untersucht. Hydraulikstangen mit scharfkantigen Unebenheiten und steilen Flanken führten zu erhöhter Leckage. Die Autoren stellen die These auf, dass der Dichtring den scharfkantigen Unebenheiten nicht folgen kann. Unebenheiten werden dadurch nicht gänzlich ausgewischt und es entsteht Leckage.

Der Beitrag zeigt vereinfacht (ohne Reibung und Hydrodynamik), inwieweit ein PU-Nutring in verschiedene Oberflächenstrukturen eindringt und diese ausge-Einflussfaktoren wischt werden. wie Verfahrgeschwindigkeit der Hydraulikstange und der Betriebsdruck im Zylinder werden näher betrachtet. Es wurde ein transientes Simulationsmodell mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) aufgebaut. Nichtlineares Materialverhalten des Dichtrings und viskoelastische Effekte wurden berücksichtigt.

Dipl.-Ing. Gonzalo Barillas¹, Dr. rer. nat. Ute Ridder², Dr.-Ing. Fabian Kaiser²
¹ Freudenberg Sealing Technologies GmbH, Schwalmstadt, Germany
² Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG, Weinheim, Germany

Surface Energy Effects on Lubricating Film of Hydraulic Rod Seals

ΕN

The hydrodynamic fluid film description for machine elements in motion is well known and described, the models have been verified in diverse testing procedures. The friction and surface effects are not sufficiently known to be described and implemented in a model. In this paper, the surface-energy wetting effects on hydrodynamic lubrication of polyure-thane hydraulic rod seals are presented and discussed. The measuring procedure to determine the surface energy on the samples and the rod seal's testing procedure are presented. The rod seals in different thermoplastic polyurethane (TPU) materials show different surface energies which can be clearly seen in the leakage behavior.

B – Session 7: Static Seals

Sascha Butter, MBA, Garlock GmbH, Neuss

A Question of Hygiene - What to Consider When Choosing a Gasket

Contamination related issues within the process line are often the result of the poor hygienic design of the used components. Most clamp connections show a significant weakness in their hygienic design and endanger the process safety, the reliability of the producer and even worse the health of the consumers. Most gaskets do not provide the necessary dimensional stability, compatibility and cleanability to assure a safe process.

Einfluss der Oberflächenenergie auf die Schmierfilmbildung bei Hydraulikstangendichtungen

Die Beschreibung des hydrodynamischen Schmierfilmes zwischen bewegten Maschinenelementen ist recht gut beschrieben und die Modelle konnten durch diverse Versuche verifiziert werden. Bisher kennt man die Reibungs- und Oberflächeneffekte nicht ausreichend genug, um sie zu beschreiben und in einem Modell zu implementieren. In dieser Arbeit werden die Effekte der Oberflächenenergie auf das Leckageverhalten von Polyurethan Stangendichtungen vorgestellt und diskutiert, wobei bei einer konstanten Dichtungsgeometrie zwei Polyurethan Werkstoffe untersucht wurden. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Oberflächenenergien und die Versuchsdurchführung mit den Stangendichtungen werden vorgestellt. Die untersuchten Stangendichtungen aus unterschiedlithermoplastischen (TPU) Polyurethan Werkstoffen zeigen unterschiedliche Oberflächenenergien, die sich auch deutlich im Leckageverhalten zeigen.

B - Session 7: Statische Dichtungen

Alles eine Frage der Hygiene – Was bei der Dichtungsauswahl zu beachten ist

DE

Kontaminationsbedingte Probleme innerhalb der Prozesslinie sind oft die Folge eines schlechten Hygienedesigns der verwendeten Komponenten. Die meisten Klemmverbindungen weisen erhebliche Schwächen hinsichtlich ihrer hygienischen Gestaltung auf und gefährden die Prozesssicherheit, die Zuverlässigkeit des Herstellers und noch schlimmer die Gesundheit der Verbraucher. Die meisten Dichtungen bieten nicht die notwendige Reinigbarkeit, Dimensionsstabilität und Konformität, um einen sicheren Prozess zu gewährleisten.

In addition the conventional clamp designs often do not provide a sufficient load distribution to the gasket and cannot enable the gaskets full potential. The system can only be as good as its weakest component. Garlock developed a new line of gaskets with extremely good cleanability, highest dimensional stability and conformity to all relevant regulations. In addition Garlock added a high pressure clamp design to its portfolio to get the best out of every gasket.

Darüber hinaus können herkömmliche Klemmverbindungen oft keine ausreichende Flächenpressung auf die Dichtung bewirken und reduzieren dadurch die Leistungsfähigkeit der Dichtungen beträchtlich. Das System kann nur so gut sein wie die schwächste Komponente. Garlock hat eine neue Dichtung mit extrem guter Reinigbarkeit, höchster Dimensionsstabilität und Konformität zu allen relevanten Vorschriften entwickelt. Darüber hinaus hat Garlock sein Portfolio um eine Hochdruck-Klemmverbindung erweitert, um das Beste aus jeder Dichtung herauszuholen.

B 21

Philipp Lambertz¹, B. Sc., Dietmar Siebler², Prof. Dr.-Ing. Alexander Riedl¹

- ¹ Fachhochschule Münster, Steinfurt, Deutschland
- ² TEDIMA GmbH, Krefeld, Deutschland

The 3D Seal - A New Sealing Solution for Steel Enamel Applications with Large Deviations

The 3D gasket is a new sealing technology for applications in which the sealing surfaces show large flatness deviations. Such flatness deviations typically occur in steel enamel applications because the heat is distributed unevenly during enameling.

To manufacture the 3D gasket, the gap between the sealing surfaces is measured with an internal quick-tester or a 3D laser scanner. Subsequently, a milling file is cal-culated from the measured data and the 3D seal is milled from a PTFE ring.

Various experiments at the Center of Sealing Technologies at Muenster University of Applied Sciences confirmed that the 3D gasket seals at a lower surface pressure than conventional sealing solutions. It could also be shown that the surface pressure is distributed more uniformly over the sealing surfaces due to the three-dimensional design.

Die 3D-Dichtung – Eine neue Dichtungslösung für Stahl-Email-Anwendungen mit großen Ebenheitsabweichungen

DE

Die 3D-Dichtung ist eine neue Dichtungstechnologie für Anwendungen, bei denen die Dichtflächen starke Ebenheitsabweichungen vorweisen. Solche Ebenheitsabweichungen treten typischerweise bei Stahl-Email-Anwendungen auf, da sich die Hitze während des Emaillierens ungleichmäßig verteilt.

Zur Fertigung der 3D-Dichtung wird der Spalt zwischen den Dichtflächen mit einem Innenschnelltaster oder 3D-Laserscanner ausgemessen. Anschließend wird aus den Messdaten eine Fräs-Datei berechnet und die 3D-Dichtung aus einem PTFE-Ring gefräst.

Verschiedene Versuche am Labor für Dichtungstechnik der FH Münster konnten bestätigen, dass die 3D-Dichtung bei einer geringeren Flächenpressung abdichtet als herkömmliche Dichtungslösungen. Auch konnte gezeigt werden, dass sich die Flächenpressung durch das dreidimensionale Design gleichmäßiger über die Dichtflächen verteilt.

Marina Nußko, M.Sc., Dipl.-Ing. Dirk Möhring, Dr.-Ing. Tim Leichner, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim

Large Format Gaskets for Battery Housings

The trend to electrifying the power train necessitates the sealing of battery housings against dirt and water coming from outside. Over lifetime tolerances based on different material combinations have to be compensated, high surface roughness, vibrations and distortions of the housing have to be tolerated. Freudenberg Sealing Technologies provides several gasket types for the sealing of battery housings in its portfolio. In order to detect their performance limits a special test chamber was developed.

In parallel to product tests FEA simulations of the load cases are done. These shall enable a forecast of performance limits under defined stresses for the different sealing types in order to offer customized solutions.

Großformatige Dichtungen für Batteriegehäuse DE

Der Trend zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs macht es notwendig, Batteriegehäuse gegen Schmutz und Wasser von außen abzudichten. Über die Lebensdauer müssen die Bauteiltoleranzen unterschiedlicher Materialkombinationen ausgeglichen, hohe Oberflächenrauigkeiten, Vibrationen und Verwindungen des Gehäuses toleriert werden.

Freudenberg Sealing Technologies hat mehrere Gaskettypen für die Abdichtung von Gehäusen im Portfolio. Um die Leistungsgrenzen der unter-schiedlichen Dichtungstypen zu ermitteln, wurde eigens eine Prüfkammer entwickelt.

Parallel zu den Prüfstandversuchen werden die Lastfälle mittels Finite-Element-Methode simuliert. Langfristig soll dies eine Voraussage der Leistungsgrenze der unterschiedlichen Dichtungs-typen unter verschiedenen Beanspruchungen ermöglichen, um somit dem Kunden die optimale Lösung für seine Anwendung anbieten zu können.

C – Session 8: Closing Lectures

C 01

Leo Dupuis Bosch Rexroth B.V., Boxtel, the Netherlands Dr. Sravani Gullapalli, Shell Technology Center, Houston, United States of America Dipl.-Ing. Ulf Rieper, Shell Deutschland Oil GmbH, Hamburg, Germany

Influence of Hydraulic Fluid Properties on a Tribological System Containing a Reciprocating Sealing Element

ΕN

Recently, Shell developed two new hydraulic fluids, Shell Tellus S2 MX and Shell Tellus S2 VX. Besides the investigation and qualification of standard fluid properties the question was how to quantify the tribological performance, e.g. friction behavior and stick-slip effects in different tribological regimes. Standard tribometer tests are suitable for ranking fluids but do not necessarily represent the fluids behavior in real applications.

C – Session 8: Abschlussvorträge

Einfluss von Eigenschaften der Hydraulikflüssigkeiten auf ein tribologisches System mit einem translatorischen Dichtungselement

Shell hat kürzlich zwei neue Hydraulikflüssigkeiten entwickelt: Shell Tellus S2 MX und Shell Tellus S2 VX. Neben der Untersuchung und Qualifizierung von Standard-Fluideigenschaften war die Frage zu klären, wie das tribologische Verhalten hinsichtlich Reibung und Stick-Slip in verschiedenen tribologischen Regimen erfüllt wird.

Therefore, full size testing is chosen to generate master Stribeck curves. Depending on the conditions, a reduction of up to approximately 50% of the friction was found in the Shell Tellus S2 MX 32 and Shell Tellus S2 VX 32 when compared to two standard mainstream fluids.

Standard-Tribometer-Tests eignen sich für das Vergleichen von Flüssigkeiten, repräsentieren aber nicht unbedingt das Flüssigkeitsverhalten in realen Anwendungen. Daher wird das Testen in einer realen Anwendung durchgeführt, um Master-Stribeck-Kurven zu erzeugen. Bei Shell Tellus S2 MX 32 und Shell Tellus S2 VX 32 wurde je nach den Bedingungen eine Reduzierung von bis zu ca. 50% der Reibung im Vergleich zu zwei herkömmlichen Hydraulikflüssigkeiten festgestellt.

C 02

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kletschkowski, Florian Albrecht, M.Sc., Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, HAW Hamburg

Transient Dynamic Multiphysic Simulations of PTFE Shaft Seals Considering Friction, Heat Generation and Wear

The development of rotary shaft seals for electric vehicles requires efficient simulation tools in order to design systems with low friction also at high circumferential speeds up to 20.000 rpm. This might especially be an upcoming challenge in the design of high speed gearing technology. To support such developments, the present paper suggests a new approach for the dynamical simulation of PTFE shaft seals considering non-linear mechanical effects, such as large inelastic deformations, as well as friction between seal and shaft, friction induced heat generation, heat transfer, and wear in time domain. Because of its multi-physical basis, this approach can also be used to analyze the behavior of new sealing concepts such as self-adaptive shaft seals.

Transiente Mehrfeldsimulation der Dynamik von PTFE-Wellendichtungen unter der Berücksichtigung von Reibung, Wärmeentwicklung und Verschleiß

Aktuelle Entwicklungen der Elektromobilität führen zu Antriebskonzepten, die eine reibungsminimierte Auslegung von Wellendichtringen für hohe Drehzahlen erfordern. Dies betrifft insbesondere die Abdichtung von Getrieben, in denen Drehzahlbereiche jenseits von 20.000 U/min denkbar sind. Die vorliegende Arbeit beschreibt ein Verfahren zur transienten Mehrfeldsimulation im Zeitbereich, mit dessen Hilfe es möglich sein soll, die Dynamik von PTFE-Wellendichtungen auch im Bereich hoher Drehzahlen effizient zu simulieren. Es berücksichtigt nicht nur große Verformungen und temperaturabhängige mate-Nichtlinearitäten, sondern auch Wärmeentstehung an der Dichtstelle, die Wärmeleitung in Dichtung und Welle sowie den durch Kontakt von Dichtung und Welle bedingten Verschleiß. Darüber dient es als Grundlage, um Dichtsysteme mit adaptiven Eigenschaften hinsichtlich der Kontaktpressung numerisch analysieren zu können.



International Sealing Conference Internationale Dichtungstagung



www.sealing-conference.com

Eine Kooperation von





VDMA

Fluidtechnik

Lyoner Str. 18 60528 Frankfurt am Main Germany

Phone +49 69 6603-1331 Fax +49 69 6603-2331

E-Mail hartmut.rauen@vdma.org christian.geis@vdma.org Internet www.fluid.vdma.org

Universität Stuttgart Institut für Maschinenelemente (IMA)

Pfaffenwaldring 9 70569 Stuttgart

Germany

Phone +49 711 685-60472 Fax +49 711 685-66319

E-Mail markus.schulz@ima.uni-stuttgart.de

Internet ima.uni-stuttgart.de

Media partner / Medienpartner

