

Summaries

Zusammenfassungen

I – Session 1: Introduction Lectures

I – Session 1: Einführungsvorträge

I 1

Prof. Richard F. Salant, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, USA

Problems and Prospects for the Simulation of Dynamic Elastomeric Seal Wear and Life



Possible approaches to the simulation of the wear and life of dynamic elastomeric seals are explored. Starting with an Archard equation, the various steps required to use this equation are considered. Determination of the lubrication regime, computation of the contact force, and determination of the wear coefficient are the first requirements. All of these factors are changing in time due to changing operating conditions, wear and aging of the elastomer. The details of these processes and the difficulties in predicting them are discussed, and past attempts at wear simulation are reviewed.

Grenzen und Erfolgsaussichten für die Simulation von Verschleiß und Lebensdauer dynamischer Elastomerdichtungen

Mögliche Ansätze für die Simulation von Verschleiß und Lebensdauer von dynamischen Elastomerdichtungen werden untersucht. Ausgehend von einer Archard-Gleichung werden die zahlreichen Schritte betrachtet, die zur Nutzung dieser Gleichung erforderlich sind. Bestimmung des Schmierungszustandes, Berechnung der Kontaktkraft und Bestimmung des Verschleißkoeffizienten sind die ersten Anforderungen. All diese Faktoren verändern sich mit der Zeit durch variable Betriebsbedingungen, Verschleiß und Alterung des Elastomers. Die Details dieser Prozesse und die Schwierigkeit, sie vorherzusagen, werden diskutiert und frühere Versuche der Verschleißsimulation besprochen.

I 2

Dipl.-Ing. (FH) M.Sc. Berthold Burgmeier, Molkerei Gropper GmbH & Co. KG, Bissingen, Germany

Cleanable Rotary Shaft Seals in Media Distributors

Reinigungsgerechte Rotationsdichtungen in Drehverteilern



The product supply into rotary filling machines in the food and beverage industry is mostly done by multi-channel media distributors. Sealing systems are depending on the sensitivity of the product, the required safety and lifetime.

A wide range of different sealings are used: lubricated X-rings, dry running groove-rings, lip-rings and rotor gaskets up to mechanical seals.

Actual developments are driven by the reduced acceptance of lubricants in food contact, the poor cleanability and sterilisability of the sealings used, the poor resistance of the sealing system against products, chemicals and temperature and also the early sealing break down.

In der Lebensmittel- und Getränkeindustrie werden zur Medienzuführung bei Rundläufermaschinen meist Mehrwege-Drehdurchführungen, sog. Drehverteiler, eingesetzt. Bei deren Abdichtung wird unterschieden nach der Sensibilität des Füllgutes, der geforderten Sicherheit sowie Standzeit der Dichtungen.

Ein breites Spektrum der Dichtungstechnik, von geschmierten X-Ringen über trockenlaufende Nutringe, Lippendichtringe und Rotordichtungen bis hin zu Gleitringdichtungen wird eingesetzt.

Die schwindende Akzeptanz von Schmierstoffen, schlechte Reinig- und Sterilisierbarkeit der Dichtung, zu geringe Beständigkeit des Dichtungssystems gegenüber Füllgütern, Chemikalien und Temperaturen sowie frühzeitiges Versagen führen zu aktuellen Entwicklungen.

A – Session 2: Rotary Shaft Seals**A – Session 2: Wellendichtungen****A 1**

Dipl.-Ing. Florian Bosch, Dipl.-Ing. Johannes Kümmel, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Germany

Grease-filled Non Contact Seals for Sealing Against Dust and Liquids

Fettgefüllte berührungsfreie Wellendichtungen zur Abdichtung von Schmutz und Flüssigkeiten



In many applications, rotary shaft seals are heavily contaminated by dust and dirt. In this case, grease filled non-contact seals are typically used. The grease has to bind the dirt mechanically and prevent it from passing through the sealing system. In the literature there are no scientifically proven and quantitatively described design guidelines. Because of this, basic research on grease-filled non contact seals has been done at the Institute of Machine Components. Selected results and derived design guidelines are discussed in the article.

In vielen Anwendungen müssen rotierende Wellen bei starker Verschmutzung an Gehäusedurchtrittsstellen abgedichtet werden. In der Praxis werden dort fettgefüllte berührungsfreie Wellendichtungen (FBFWD) eingesetzt. Das Fett soll den Schmutz mechanisch binden und am weiteren Vordringen in das Dichtsystem hindern. In der Literatur gibt es jedoch keine quantitativ beschriebenen und wissenschaftlich belegten Konstruktionsrichtlinien. Daher wurden am Institut für Maschinenelemente Grundlagenuntersuchungen zu FBFWD durchgeführt. Ausgewählte Ergebnisse und daraus abgeleitete Konstruktionsrichtlinien werden im Manuskript erläutert.

A 2

Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Michael Narten, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Germany

Sealing of Low Viscosity Lubricating Greases

Abdichtung von Fließfetten



Lubricating grease is increasingly used as a lubricant for transmissions. The tribological as well as the rheological characteristics of grease lead to an increase of the temperature in the sealing contact. This limits the operating conditions. This paper presents results from experimental work on sealing systems lubricated by low viscosity grease. The influence of single parameters on temperature and friction torque are shown. A combination of the influencing parameters and a regression analysis reveals that the lubricating grease has the highest influence on the system. A derived model illustrates the interactions of different functional zones of a grease lubricated sealing system.

Im Getriebebau kommen neben Schmierölen vermehrt Schmierfette zum Einsatz. Durch die tribologischen und rheologischen Eigenschaften der Schmierfette entstehen im Dichtkontakt höhere Temperaturen als bei Öl. Die Einsatzgrenzen sinken. In den vorgestellten Arbeiten wurden experimentelle Untersuchungen zum Funktionsverhalten fließfettbeaufschlagter Radialwellendichtungen durchgeführt. Einflüsse einzelner Dichtsystemkomponenten auf Temperatur und Reibmoment werden präsentiert. Durch die Kombination von verschiedenen Einflussgrößen und einer Regressionsanalyse wurde die Gewichtung der Komponenten untersucht. Den dominantesten Einfluss zeigt dabei der Schmierstoff. Anhand eines Modells werden die Zusammenhänge im Dichtsystem erläutert.

A 3

PhD Pieter Baart and Dr. Piet Lugt, SKF Engineering and Research Centre, Nieuwegein, The Netherlands

Dr. Lars-Göran Westerberg, Torbjörn Green, and Prof. Dr. Staffan Lundström, Division of Fluid and Experimental Mechanics, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden

Jinxia Li and Prof. Dr. Erik Höglund, Division of Machine Elements, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden

Sealing Improvements by Grease Selection in Double Lip Seals and Labyrinth Seals

**EN**

The selection of a grease type for sealing systems may have a big impact on mud and dust exclusion performance. A series of experimental studies have been carried out to understand the grease flow behavior inside a labyrinth type of seal. The micro Particle Image Velocimetry technique has been used to determine the circumferential velocity of grease and to determine the axial flow of grease due to e.g. relubrication. The results indicate that higher NLGI grade greases provide better sealing in narrow pockets as higher flow rates and pressure differences are required for particles to migrate into the bearing. This understanding is important for grease selection and geometrical design of double lip seals and labyrinth seals.

Verbesserung der Dichteigenschaften von Doppellippen- und Labyrinthdichtungen durch Auswahl geeigneter Schmierfette

Die Wahl des Schmierfett-Typs kann einen großen Einfluss auf die Schmutz- und Staubdichtheit des Dichtsystems haben. Eine Serie von experimentellen Untersuchungen wurde durchgeführt, um das Strömungsverhalten von Schmierfetten in Labyrinthdichtungen zu verstehen. Mit dem Verfahren der Mikro-Teilchenbildgeschwindigkeitsmessung wurden die Umfangsgeschwindigkeit und die axiale Strömung (z.B. durch Nachschmierung) des Schmierfetts ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass Schmierfette höherer NLGI-Klassen bessere Dichtheit in engen Taschen bieten, da Partikel nur durch höhere Strömungsraten und Druckdifferenzen in das Lager befördert werden können. Diese Erkenntnis ist wichtig für die Schmierfettwahl und geometrische Gestaltung von Doppellippen- und Labyrinthdichtungen.

A – Session 3: Rotary Shaft Seals**A – Session 3: Wellendichtungen****A 4**

B.Eng. Christian Wilbs, Dipl.-Ing. Rolf Vogt, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany

Analytical Calculation of the Critical Rotational Speed of Centrifugal Force Loaded Radial Shaft Seals

Analytische Berechnung der kritischen Drehzahl umlaufender bzw. zentrifugalkraftbelasteter Radial-Wellendichtringe

**DE**

Applications such as hydrodynamic clutches, hybrid drives and centrifuges challenge Radial-Shaft-Seals (RSS) in a special way. In these applications RSS are mounted in a construction part which is rotating. This causes a centrifugal-load of the sealing lip. This centrifugal-force acts in the opposite direction as the radial-force of the sealing lip and reduces the contact pressure with increasing rotation speed. Finally the sealing lip completely loses the contact to the shaft-surface and causes leakage. Therefore a analytic based calculation model was defined, to determine the critical rotation speed. The results of the calculation were validated with experiments and data from field experiences.

Anwendungen wie z.B. hydrodynamische Kupplungen, Hybridantriebe und Zentrifugen stellen Radial-Wellendichtungen vor eine besondere Herausforderung. Bei diesen befindet sich der Radial-Wellendichtring (RWDR) in einem Bauteil, dass aufgrund seiner Funktion, rotiert. Dadurch wird der umlaufenden RWDR mit der Zentrifugalkraft beaufschlagt. Diese wirkt entgegen der Radialkraft der Dichtlippe und reduziert die Anpressung dieser mit steigender Drehzahl. Im Extremfall kann dies zum völligen Kontaktverlust zwischen Dichtkante und Wellenoberfläche und damit zur Leckage führen. Daher wurde ein Berechnungsmodell erstellt, mit dem analytisch die Abhebedrehzahl der Dichtlippe von RWDR berechnet werden kann. Die Berechnungen wurden mittels experimentellen Versuchen und Daten aus dem Feld validiert.

A 5

PhD Michel Organisciak, Dipl.-Ing. Josephine Jordan, M.Sc. Stellario Barbera, SKF ERC, Nieuwegein, The Netherlands

A New Approach to Predict Rotating Lip Seal – Application to Industrial Seals***Eine neuartige Herangehensweise zur Berechnung der Reibung von Radialwellendichtungen im industriellen Anwendungsbereich***

The papers presents an engineering lip seal friction model coupled with a seal thermal model based on a physical approach. The friction model includes the generation of friction due to rubber deformation and lubricant viscous shear between the surfaces of the seal and shaft. In order to validate the model, seal friction and temperature has been measured for various seals. The comparison between model predictions and experimental friction measurements shows a very good correlation. This enables the use of the model to predict seal friction in application and identify key parameters to design low friction sealing solutions.

Dieser Beitrag stellt ein Reibungsmodell für Wellendichtungen, das mit einem thermischen Modell gekoppelt ist, vor. Als Basis dient ein physikalischer Ansatz. Das Reibungsmodell berücksichtigt die Reibungsgenerierung durch Gummi deformation und viskose Scherspannungen des Schmierstoffs zwischen Wellen- und Dichtungsoberfläche. Um das Modell zu validieren, wurde die Dichtungsreibung und -temperatur an mehreren Dichtungen gemessen. Der Vergleich zwischen Modellvorhersage und experimentell ermittelter Reibung zeigt sehr gute Übereinstimmungen. Daher kann das Modell für die Vorhersage von Dichtungsreibung in Betrieb und zur Identifikation von Schlüsselparametern für reibungsarme Dichtungs-lösungen verwendet werden.

A 6

Ass. Prof. Dr.-Ing. Alexandr Vinogradov, Samara State Aerospace University (National Research University), Samara, Russia

Mechanical Seal Designing for Aircraft Engine Supports as Synthesis of Two Research Methods***Entwicklung von mechanischen Dichtungen für Triebwerkshalterungen von Flugzeugen als Synthese von zwei Forschungsverfahren***

Usually at seal designing the complex of problems is observed, which is restricted only by the friction pair. These problems are leakage, reliability, deformations of seal rings, heat generation in a gap etc. This method is the main, but for research of some problems it is not sufficient. Development of program complexes on the basis of numerical methods does possible an application of the second additional method. The second method consists in the research of seal as parts of system of the engine or its unit. In article the possibilities of seal research as element of air secondary system, oil system and engine supports are observed. In each case leakage and a seal design are defined through demanded parameters of systems. The combination of two research methods does possible improvement not only separate seal unit, but also to perfect the systems and efficiency of entire engine.

Für gewöhnlich wird bei der Dichtungs-auslegung ein Komplex von Problemen betrachtet, welcher nur auf die Reibpaarung beschränkt wird. Diese Probleme sind Leakage, Zuverlässigkeit, Deformation der Dichtringe, Hitzeerzeugung in einem Spalt usw. Dies ist die meist verwendete Herangehensweise, aber für die Untersuchung einiger Probleme ist sie nicht zureichend. Die Entwicklung von Programm-Komplexen auf Basis von numerischen Methoden ermöglicht eine zweite Herangehensweise. Diese besteht darin, die Dichtung als Teil des Systems von z.B. einem Motor oder seiner Teile zu untersuchen. In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten der Dichtungsuntersuchung als Element des sekundären Lüftungssystem, Ölsystems und Motorsystems beleuchtet. In jedem Fall werden Leakage und Dichtungsdesign durch die Anforderungen des Systems definiert. Die Kombination beider Untersuchungsmethoden ermöglicht es, nicht nur die Dichtung, sondern das gesamte System und die Effizienz des Motors zu verbessern.

A 7

B.Sc. N. K. Singh, PhD M. Tech BE Dr. D. N. Badodkar, BE FNAE Manjit Singh, Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India

Development and Qualification of Rotary Shaft Seals for Reactivity Control Mechanisms of Indian Nuclear Research and Power Reactors



This paper brings out rotary mechanical shaft seal design aspects and their qualifications using test rigs for shut-off rod, adjuster rod and control rod drive mechanisms of India's 1st 540 MWe PHWR (Pressurized Heavy water Reactor). This paper also brings out the development and qualification of rotary shaft seals for the hydraulic dashpot of shut-off rod drive mechanism for research reactor 'Critical Facility' and upcoming power reactor 'Advanced Heavy Water Reactor (AHWR)'. Development and qualification of the seals have been successfully completed. The shaft seals for 540 MWe PHWR and 'Critical Facility' are working satisfactorily for last more than five years of reactor operation.

Entwicklung und Qualifizierung von Radial-Wellendichtungen für Reaktor-Steuerungsmechanismen von indischen nuklearen Forschungs- und Leistungsreaktoren

Dieser Beitrag erörtert anhand von Prüfstandsversuchen Gestaltungsaspekte und Eignung von Radial-Wellendichtungen für den Einsatz im ersten indischen 540 MW PHWR (Schwerwasser-Druckreaktor). Außerdem wird in diesem Beitrag die Entwicklung und Eignung von Radial-Wellendichtungen für den Forschungsreaktor „Critical Facility“ und den zukünftigen Kernreaktor „Advanced Heavy Water Reactor (AHWR)“ besprochen. Die Entwicklung und Eignungsfeststellung der Dichtungen ist erfolgreich abgeschlossen worden. Die Wellendichtungen für den 540 MW PHWR und für „Critical Facility“ zeigen seit über 5 Jahren Reaktorbetrieb eine zufriedenstellende Funktion.

A – Session 4: Application in Practice

A – Session 4: Anwendungsthemen

A 8

Dipl.-Ing. Mario Kettlitz, Dr.-Ing. Bernd Somschor, M. Eng. Simon Probst, SgT Katja Klein, ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen, Germany

A Construction Kit for Labyrinth Seals in Railway Gearboxes

Ein Baukastensystem für Labyrinthdichtungen in Schienenfahrzeuggetrieben



Rotary seals in railway gearboxes have to meet high requirements. Labyrinth seals are used. ZF has developed a sealing system construction kit which offers high functional reliability as well as cost savings. The sealing system consists of 6 parts and accomplishes additional functions as bearing clearance adjustment, placement of oil channels and a vapor barrier to avoid oil mist leakage. The design engineer can choose a module which fits the installed roller bearing. After that only clearances and tolerances have to be revised. The sealing system is tested on a swiveling table under approximately real conditions.

An die Wellendichtungen von Schienenfahrzeuggetrieben werden hohe Anforderungen gestellt. Zum Einsatz kommen Labyrinthdichtungen. Die ZF hat ein Dichtungssystem in „Baukastenform“ entwickelt, das sowohl hohe Funktionssicherheit als auch Kosteneinsparungen bietet. Das sechsteilige Dichtungssystem übernimmt dabei noch zusätzliche Aufgaben wie Lagerspieleinstellung, Aufnahme von Ölkanälen und Aufnahme einer Dampfsperre zur Verhinderung von Ölnebelaustritt. Der Konstrukteur kann eine Baugruppe auswählen, die zur verwendeten Wälzlagergröße passt. Anschließend müssen nur noch Passungen und Toleranzen überarbeitet werden. Das Dichtsystem wird auf einem Schwenktisch unter annähernd realen Bedingungen getestet.

A 9

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Pauly, Bianca Wolf, Merkel Freudenberg Fluidtechnic GmbH, Hamburg, Germany

Sealing Large Size Gear Drives with Ready-to-Install Labyrinth Seals***Einbaufertige Labyrinthdichtung zur Abdichtung von Großgetrieben***

Liquid collecting labyrinth seals are state of the art for oil sealing tasks in big industrial gearboxes. Often made by customers themselves, implementing the labyrinth in the gearbox-design often leads to constraints regarding ease of assembly, dimensions and costs. The Radiamatic RCD is a liquid collecting, ready-to-install labyrinth seal with a clever combination of material properties, design features and manufacturing technology. It can be easily integrated into the customer design work and offers an extremely long service life. Today some major OEM are testing prototypes of the seal in windpower drivetrain components with some impressive results. To get a full picture the seal was tested in a close cooperation with the experts from IMA Stuttgart.

Fanglabyrinthdichtungen sind der Stand der Technik für die Ölabdichtung in großen Industriegetrieben. Meist durch die Getriebehersteller realisiert, zwingt das Integrieren der Labyrinthelemente in das Getriebedesign häufig zu Kompromissen bei der Montage, der Baugröße und den Kosten. Die Radiamatic RCD ist eine einbaufertige Labyrinthdichtung mit einer geschickten Verknüpfung von Werkstoffeigenschaften, Geometrie und Fertigungstechnologie. Die Dichtung ist einfach in das Getriebedesign zu integrieren und erlaubt Standzeiten von Jahrzehnten. Namhafte OEM verzeichnen mit Prototypen dieser Dichtung einige bemerkenswerte Resultate in ihren Windkraft-Komponenten. Parallel wird die Dichtung in Kooperation mit den Experten des IMA Stuttgart auf den dortigen Prüfständen untersucht.

A 10

Dipl.-Ing. Thomas Arnold, Dipl.-Ing. Heiko Neukirchner, IAV GmbH, Chemnitz, Germany

Investigations of Sealings for Steam Expansion Machines***Untersuchungen an Dichtungen für Dampfexpansionsmaschinen***

In this paper the first results of the investigations of sealing solutions in piston-steam expanders in a hot steam process are shown. For these tests suitable sealing concepts were selected for the new sealing points (in comparison to conventional combustion engines). These sealing points were designed and tested in a test engine. Measurements of friction, wear and leakage behavior were made under different engine speeds and steam conditions for the different sealing concepts. The results were compared with the calculations. Finally the following steps were defined.

Im vorliegenden Beitrag werden erste Ergebnisse der Untersuchungen an Dichtungsstellen einer Hubkolben-Expansionsmaschine im Heißdampfbetrieb vorgestellt. Für diese Untersuchungen wurden geeignete Dichtungskonzepte für die im Vergleich zu konventionellen Verbrennungsmotoren neuen Dichtungsstellen ausgewählt, ausgelegt und an einem Erprobungsträger dargestellt. Unter verschiedenen Drehzahl- und Frischdampfbedingungen erfolgten Messungen zum Reibungs-, Verschleiß- und Leckageverhalten verschiedener Dichtungskonzepte. Die erzielten Ergebnisse wurden mit den Auslegungsberechnungen verglichen und abschließend weitere Schritte definiert.

A 11**Dipl.-Ing. ETH, Daniel Kästli**, ABB Turbo Systems Ltd., Baden, Switzerland**Sealing of Washing Pipe Connectors of Turbochargers****EN**

Diesel engines are commonly operated by heavy fuel oil. To maintain turbocharger efficiency, fouling on the nozzle ring and turbine has to be removed by washing periodically. To perform the turbine washing, water will be injected through nozzles positioned in the gas inlet casing. A special pipe is used to distribute the water from the connection to the washing nozzles.

Due to high temperatures during operation and high thermal stress while washing, the sealing of the connectors to the gas inlet casing is very challenging. It is most difficult to ensure contact of the sealing surfaces of the flanges and the nozzles during all operating states.

Abdichtung von Waschleitungsanschlüssen an Turboladern

Dieselmotoren werden häufig mit Schweröl betrieben. Um den Wirkungsgrad der Turbolader zu erhalten, müssen Verschmutzungen am Düsenring und an der Turbine durch periodisches Waschen entfernt werden. Um ein Turbinenwaschen durchzuführen, wird Wasser durch im Gaseintritt positionierte Düsen eingespritzt. Über eine spezielle Waschleitung wird das Wasser vom Anschluss zu den Düsen verteilt. Die hohen Betriebstemperaturen und der grosse Thermoschock während des Waschens machen eine Abdichtung der Anschlüsse an das Gaseintrittsgehäuse sehr schwierig. Am schwierigsten ist es, in allen Betriebszuständen eine Flächenpressung zwischen den Dichtflächen aufrechtzuerhalten.

A – Session 5: Static Seals**A – Session 5: Statische Dichtungen**

A 12

Dipl.-Ing. Rolf Hahn, Dr.-Ing. Hans Kockelmann, Materialprüfungsanstalt (MPA) Universität Stuttgart, Germany
Dipl.-Ing. Hariolf Kurz, Hecker Werke GmbH, Weil im Schönbuch, Germany

Proof of Blowout-Safety of Flanged Joints in the Context of Design**Nachweis der Ausblassicherheit von Flanschverbindungen****DE**

Basic requirement for the proof of blowout-safety of flanged joints is the design with strength and tightness analysis, because blowout-safety particularly depends on the surface pressure of the gasket in assembly and service conditions. A catalog of measures to prevent blowout of flanged joints will show, how the aspect of blowout safety can be integrated into the standards for design of flanged joints with all advantages for plant operators and gasket manufacturers.

Voraussetzung für den Nachweis der Ausblassicherheit von Flanschverbindungen ist die Auslegung mit Festigkeits- und Dichtheitsnachweis, da die Ausblassicherheit insbesondere von der Dichtungspressung bei der Montage und im Betrieb abhängt. Mit einem Maßnahmenkatalog zur Vermeidung des Ausblasens von Flanschverbindungen wird ein Weg aufgezeigt, wie der Aspekt Ausblassicherheit in die bestehenden Regelwerke zur Auslegung von Flanschverbindungen mit allen Vorteilen für Anlagenbetreiber und Dichtungshersteller integriert werden kann.

A 13

Prof. Dr. Eng. Marek Gawliński, M. Sc. Eng. Przemysław Jaszak, Wrocław University of Technology, Department of Mechanical and Power Engineering, Wrocław, Poland

**Leakage from the Bolted Flange
Subjected to Vibrations**



A paper presents results of the experimental investigations of the bolted flange joint DN 100/PN 100, subjected to the forced vibrations with given amplitude and frequency. It was found, that together with increase of the vibrations amplitude there is significant decrease of the bolts tension situated in the compression area of the gasket. The tension of the bolts situated on the opposite side of the flange, at the relief zone of the gasket, decreases in considerable smaller rate what evidences the smaller self-loosening of thread joint. The helium leakage from the flange intensifies with increase of the vibration amplitude. One should recommend the application of the possibly thin gaskets in the flanges subjected to vibrations. The leakage rate stabilizes after approximately 40,000 of the vibration cycles for 1 mm thick gaskets or 80,000 of cycles for two times thicker gaskets.

**Leckage an verschraubtem Flansch
unter Schwingungsbeanspruchung**

Dieser Beitrag präsentiert Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an der verschraubten Flanschverbindung DN 100/PN 100, welche erzwungenen Schwingungen mit vorgegebener Amplitude und Frequenz ausgesetzt wurde. Es zeigt sich, dass mit steigender Schwingungsamplitude die Schraubenvorspannung auf der komprimierten Seite der Flanschdichtung erheblich abnimmt. Die Schraubenvorspannung auf der gegenüberliegenden Flanschseite, im entlasteten Bereich der Dichtung, sinkt erheblich weniger ab, was sich am geringeren Lockern der Schraubverbindung zeigt. Die Helium-Leckage am Flansch erhöht sich mit steigender Schwingungsamplitude. Es wird der Einsatz von möglichst flachen Dichtungen in Flanschen, die Schwingungen ausgesetzt sind, empfohlen. Die Leckagemenge stabilisiert sich nach etwa 40.000 Schwingungszyklen bei 1 mm dicken Dichtungen oder nach 80.000 Zyklen bei doppelt so dicken Dichtungen.

A 14

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

**Better and Cheaper – Why this Could
Further Work Well with O-Rings**

It is not by chance that – despite of sinking costs – billions of O-rings assembled each year are running without causing any problems. Nevertheless, it can't be ignored that the losses due to O-ring failures probably exceed the procurement costs by far. In other words, plenty of users haven't found the most cost effective way of dealing with O-rings yet, even though the conditions for users improved significantly. The global competition lead to lower production costs and technological progress improved the quality of the applied materials regarding chemical resistance, low-temperature flexibility and long-term behaviour. Furthermore, the O-ring market offers an increasing level of independent consulting competence in terms of employee training, building of effective purchase specifications and testing of O-rings and O-ring materials.

**Besser und billiger – warum das auch
weiterhin bei O-Ringen funktionieren
kann**



Dass Milliarden von O-Ringen, die jedes Jahr verbaut werden, problemlos funktionieren, und das bei kontinuierlich sinkenden Beschaffungspreisen, ist sicherlich kein Zufall. Allerdings darf auch nicht übersehen werden, dass der Schaden durch ausgefallene O-Ringe vermutlich die gesamten Beschaffungskosten bei weitem übertrifft. Das heißt, dass viele Anwender noch lange nicht den für sie kostengünstigsten Umgang mit O-Ringen gefunden haben. Dabei haben sich die Randbedingungen für die Anwender erheblich verbessert. Eine globale Beschaffungswelt hat für erheblich günstigere Herstellungskosten bei O-Ringen gesorgt, der Fortschritt der Technik hat sich auch auf das Leistungspotential der zur Verfügung stehenden Werkstoffe positiv ausgewirkt, zum Beispiel bezüglich Medienbeständigkeit, Kälteflexibilität und Langzeitverhalten.

The speaker is convinced that – with the existing technical and professional capabilities – a further reduction of the total cost of O-rings and an expansion of the performance limits at the same time is possible. To find the best way of using O-rings, users have to benefit from the service offers available on the O-ring market. If they do so, a better O-ring quality and cheaper prices can be achieved in the future. This lecture shows – by using practical examples – how standardization, development of new materials and new services can help to implement that goal.

Zudem bietet der Markt auch zunehmend herstellerunabhängige Kompetenz an zur Beratung bezüglich der Erstellung von effektiven Bestellvorschriften, zur Schulung von Mitarbeitern und zur Prüfung von O-Ringen bzw. O-Ring-Werkstoffen. Der Referent ist überzeugt davon, dass damit die Voraussetzungen gegeben sind, die Gesamtkosten, die derzeit durch O-Ringe entstehen, weiterhin zu reduzieren und dabei die Leistungsgrenzen der O-Ringe noch zu erweitern. Letztlich geht es für den Anwender darum, das Leistungsangebot des Marktes auch in vollem Maße in Anspruch zu nehmen um den anwendungs- und firmenspezifisch besten Weg beim Einsatz von O-Ringen zu finden. Dann kann das Motto „besser und billiger“ auch zukünftig für den Einsatz von O-Ringen gelten. Der Vortrag zeigt an konkreten Beispielen auf, wo und wie dies durch Normung, durch neue Werkstoffentwicklungen und durch neue Dienstleistungen umgesetzt werden kann.

A 15

Dr.-Ing. Patrick Klein, Dr.-Ing. Manfred Achenbach, Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Bietigheim-Bissingen, Germany

Gastight Seals with the Aid of FEA



EN

Carbon dioxide (CO₂, R744) is an interesting alternative cooling agent used in air-conditioning systems because its global warming potential is much less compared to recently used tetrafluoroethane known as R134a. Requirements on seals in climate systems operated with CO₂ regarding temperature, pressure and also regarding low gas permeation are significantly higher. As an example for calculation of gas permeation processes in seals by the help of finite element method in this study we compare a seal concept which was designed for lowest gas permeation with an O-ring sealing solution.

Gasdichte Dichtungen mit Hilfe von FEA

Kohlendioxid (CO₂, R744) ist als Kältemittel für Klimaanlage eine interessante Alternative zu fluorierten Kältemitteln, da dessen Auswirkungen auf die Erderwärmung deutlich geringer sind als z.B. die des bislang eingesetzten Tetrafluorethans (R134a). An die Dichtungen in Klimaanlage systemen, die mit CO₂ betrieben werden, werden höhere Anforderungen bezüglich Temperatur, Druck und auch bezüglich geringer Gaspermeation gestellt. Beispielhaft für die Berechnung von Permeationsvorgängen in Dichtungen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode betrachten wir hier eine Dichtungslösung, welche zur Erzielung geringster Permeationsverluste konzipiert wurde, und vergleichen diese mit einer O-Ring-Abdichtung.

A – Session 6: Static Seals**A – Session 6: Statische Dichtungen****A 16**

Dr.-Ing. Matthias Jaunich, Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Stark, Dr. rer. nat. Dietmar Wolff, BAM Federal Institute for Materials Research and Testing, Berlin, Germany

Material Behaviour of Static Seals at Low Temperatures**Materialverhalten statischer Dichtungen bei tiefen Temperaturen**

For sealing applications rubbers are widely used. In many fields the correct operation of seal materials at temperatures below ambient is necessary. Therefore the understanding of failure mechanisms that lead to leakage at low temperatures is of high importance and has to be analysed for the respective application.

The breakdown temperature of the sealing function of O-ring seals is measured in a component test setup depending on material and degree of compression.

Additionally the results of thermo analytical methods and measurements as the compression set are used to explain the results of the component tests. A model was developed to describe the correlation between physical material parameters and observed component behaviour.

Elastomere werden für vielfältige Dichtungsaufgaben eingesetzt. In vielen Anwendungsgebieten ist eine volle Funktionsfähigkeit der Dichtung auch bei Temperaturen unterhalb der Raumtemperatur notwendig. Daher ist das Verständnis der Versagensmechanismen, die eine Leckage bei tiefen Temperaturen hervorrufen, sehr wichtig und muss für die jeweilige Anwendung untersucht werden. Die Funktion von O-Ringen aus verschiedenen Materialien wurde in einem dafür konstruierten Versuchsflansch, teilweise in Abhängigkeit vom Verpressgrad, bei tiefen Temperaturen untersucht. Zur Diskussion der Ergebnisse der Bauteilversuche wurde eine Materialcharakterisierung mit thermischen Analysemethoden und Messungen des Druckverformungsrests eingesetzt. Ein Modell zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den physikalischen Eigenschaften und dem Bauteilverhalten wurde entwickelt.

A 17

Dipl.-Ing. Daniel Albrecht, **Dr.-Ing. Manfred Achenbach**, Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Bietigheim-Bissingen, Germany

Sealing Upon High Pressure and Low Temperature**Abdichtung unter hohem Druck und tiefen Temperaturen**

Demands on seals are becoming more and more exciting. They are increasingly required to have a longer service life and wider range of operation and greater performance. The sealing system presented here can be used in novel automobile fuel systems (H₂ as a fuel). It turns out that the low temperature ability of a rubber seal is greatly affected on the pressure acting on the seal. In case of hydrogen the fuel pressure in storage systems is roughly 1000bar. When rubber seals are subjected to such a high pressure the glass transition temperature shifts to higher values. This in turn reduces the elastic response of the sealing material and thus the ability to seal the fuel. The paper shows by finite element analyses why and how sealability is reduced.

Anforderungen an elastomere Dichtungen werden immer höher. Es wird verlangt, dass sie eine längere Lebensdauer aufweisen sowie einen größeren Einsatzbereich abdecken und dabei ausgezeichnete Eigenschaften beibehalten. Das Dichtungssystem, das wir hier zeigen, hat die Aufgabe, die Abdichtung von Wasserstoff unter hohem Druck (bis ca. 1000 bar) in Fahrzeugtanks sicherzustellen. Wenn Elastomere hohen Drücken ausgesetzt sind, verschiebt sich ihr Glasübergangspunkt zu höheren Temperaturen und damit einher geht eine Reduzierung ihrer Dichtungseigenschaften. Der vorliegende Beitrag zeigt über eine Finite-Elemente-Analyse, wie die Zusammenhänge sind.

A 18

Dipl.-Ing. Christian Simader, Dipl.-Ing. Lothar Hörl, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Germany

FIGP – Developing Application Scenarios Based on Experimental Strength Analysis

FIP-Dichtungen – Entwicklung von Anwendungsszenarien mithilfe von Festigkeitsanalysen



This paper discusses the dimensioning and design of formed-in-place gaskets – both anaerobic gaskets and elastomeric sealants. The differences between these two groups are highlighted using data from strength tests done to quantify the influence of different environmental factors. The effect of these factors, including temperature, film thickness, superposition of assembly stress, surface cleanliness and the material of the assembly parts, is also demonstrated. Additionally, the results of several fatigue tests are presented. Finally, guidelines for the flange design are derived with particular attention to the different characteristics of anaerobic and elastomeric sealants.

Dieser Beitrag behandelt die Gestaltung und Dimensionierung von Formed-in-Place-Dichtungen aus anaeroben und elastomeren Dichtmitteln. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen werden anhand von Testergebnissen verdeutlicht, welche gewonnen wurden, um den Einfluss unterschiedlicher betriebsrelevanter Faktoren bestimmen zu können. Der Einfluss der Faktoren Temperatur, Schichtdicke, Pressungsüberlagerung, Oberflächenreinheit und Fügepartikelwerkstoffe wird beschrieben. Zusätzlich werden Ergebnisse zahlreicher Dauerfestigkeitsprüfungen vorgestellt. Zuletzt werden Konstruktionsrichtlinien für die Flanschgestaltung abgeleitet, wobei die unterschiedlichen Anforderungen von anaeroben und elastomeren Dichtmitteln hervorgehoben werden.

A 19

Prof. Dr. Yoshio Matsuzaki, Ishikawa National College of Technology, Ishikawa, Japan
Prof. Dr. Isami Nitta and Assist. Prof. Dr. Yosuke Tsukiyama, Niigata University, Niigata, Japan

Evaluation of Sealing Characteristics of High-Performance Gasket Using a Laser Microscope with Wide Field of View

Bewertung der Dichtungscharakteristik von Hochleistungsdichtungen mit Hilfe der Laser-Weitfeld-Mikroskopie



It is important to clarify the sealing mechanism of static metal seals and to predict quantitatively the leakage rates through the gasket/flange interface. In this study, the authors have observed leakage flow paths at the seal surfaces by using a laser microscope with wide field of view and estimated the leakage rates in the circumferential direction by assumption of isothermal viscous compressible flow.

Von großer Bedeutung ist die Verdeutlichung der Abdichtungsmechanismen von statischen Metall-dichtungen und die Vorhersage des mengenmäßigen Leckverlustes an der Kontaktfläche zwischen Dichtung und Dichtungsflansch. In der vorliegenden Studie haben die Autoren die Leckagewege an der Dichtungsfläche unter Anwendung eines Laser-Weitfeld-Mikroskops ermittelt und die Leckagerate in Umfangsrichtung unter der Annahme einer isothermen viskosen und kompressiblen Strömung abgeschätzt.

A – Session 7: Rotary Shaft Seals**A – Session 7: Wellendichtungen****A 20**

Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Steffen Jung, Robert Bosch GmbH, ehemals Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Germany

Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Germany

Investigations Concerning the Friction Behavior of Rotary Lip Seals

Untersuchungen zum Reibverhalten der Radial-Wellendichtung



Radial lip seals are the most widely used type of dynamic seals. Between the sealing edge and the rotating shaft is a thin oil-lubricated film. The thickness of this lubricating film depends on the operating conditions and on the topography of the shaft surface. A common approach to classify mixed or full film lubricating can be assessed by the duty-parameter diagram. However, this diagram is only relevant for sealing systems, whose shaft surfaces have been plunge grounded. There is no explicit consideration of shaft surface topography yet. In the present study, an advanced duty-parameter diagram is presented, which considers the influence of shaft surface topography.

Radialdichtringe sind die am weitesten verbreitete Art dynamischer Dichtungen. Zwischen der Dichtkante und der rotierenden Gegenauflfläche befindet sich ein dünner Schmierfilm, dessen Dicke von den Betriebsbedingungen und der Topographie der Gegenauflfläche abhängt. Eine Abschätzung des vorliegenden Schmierzustandes ist anhand des Gümbelzahl-Diagramms möglich. Das Diagramm gilt streng genommen aber nur für Dichtsysteme, deren Gegenauflflächen im Einstich geschliffen sind. Im vorliegenden Beitrag wird ein erweitertes Gümbelzahl-Diagramm vorgestellt, welches nun den Einfluss der Oberflächentopographie der Gegenauflfläche berücksichtigt.

A 21

Holger Jordan, Dipl.-Ing. Martin Franz, Trelleborg Sealing Solutions, Stuttgart, Germany

Gas Seal without Friction

Gasdichtung ohne Reibung



Energy saving in all aspects of technology becomes more and more important rotary shaft seals are an area which can influence the efficiency of a complete machine significantly. Many rotary shaft seals are installed for a temporary pressure application and will be used over a long period without seal functionality but with some friction torque reducing the efficiency. A wide range of pressure load and velocity is difficult to cope with in general, because the induced power in the shaft is often the limiting factor for a specific live time. To improve the performance of a shaft seal in terms of friction wear and as a result service time, a new sealing concept was developed which allows a wide range of pressure and velocity application. An elastically supported PTFE lip enables new limits of applications which have to seal temporary limited also higher pressures as for example process and control devices for clamping and or release cycles.

Energieeinsparungen in allen Bereichen der Technik gewinnen bekanntermaßen an Bedeutung. Dichtstellen an rotierenden Wellen sind ein Bereich, der den Gesamtwirkungsgrad einer Maschine messbar beeinflussen kann. Zudem sind viele Wellendichtungen nur für eine temporäre Druckabdichtung notwendig und werden dennoch über lange Zeit in den Anwendungen ohne Druckdichtfunktion Reibmomenten belastend betrieben. Weite Spreizungen von Druck und Geschwindigkeit sind grundsätzlich schwierig zu beherrschen, da die in die anzudichtende Welle eingeleitete Energie durch Reibleistung oft den limitierenden Faktor für eine lange Lebensdauer darstellt. Um die Leistungsfähigkeit einer Wellenabdichtung im Punkte Reibleistung, Verschleiß und damit Lebensdauer nachhaltig zu verbessern, wurde ein neues Dichtkonzept entwickelt, welches weite Spreizungen an Druck und Geschwindigkeit ermöglicht. Eine elastisch gelagerte PTFE-Lippe eröffnet neue Grenzbereiche für Anwendungen, die zeitlich begrenzt auch höhere Drücke sicher abdichten müssen, wie zum Beispiel Steuer- oder Regeldrücke oder Aktuatoren für Spann- oder Entlastungszyklen.

A 22

Dipl.-Ing. Thomas Papatheodorou, Dipl.-Ing. Walter Igers, Dipl.-Ing. Klaus Hanser, Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Seal Group Europe, Packing Division, Bietigheim-Bissingen, Germany

Tribology of High and Low Pressure Radial Shaft Seals

Different type of pressure oil seals can be offered depending on the performance specification from the Customers. Attention has to be paid that the selected tribology system fits together. At pressure oil seals a four times higher loss of power generation can be expected in comparison to standard radial shaft seals. At the selection of the oil it had to be considered that the oil does not start to crack at the generated seal surface temperatures at the contact area of the seal to the shaft. This will result into a higher amount of oil carbon which will create an extensive wear on seal and shaft surface.

Tribologie von mit Hoch- und Niederdruck belasteten RWDR



Je nach Anforderungsprofil von Seiten der Kunden können Druckwellendichtringe mit unterschiedlichem Leistungsprofil angeboten werden. Doch muss anwenderseitig darauf geachtet werden, dass das ausgelegte tribologische System zueinander passt. Bei druckbelasteten Wellendichtringen kann im Dichtkontakt durchaus mit einer bis zu 4-fach höheren Reibleistung gegenüber Standard-RWDR gerechnet werden. Insbesondere ist bei der Auswahl des Öles darauf zu achten, dass dieses bei den vorliegenden Temperaturen im Dichtkontakt nicht vorzeitig anfängt zu „cracken“ und demzufolge eine erhöhte Ölkohlenbildung generiert. Diese Ölkohle kann dann zu einem erhöhten Verschleiß bei den eingesetzten Dichtungen und Wellenoberflächen führen.

B – Session 2: Test Procedures and Results

B – Session 2: Prüfverfahren und -ergebnisse

B 1

Dr. Julia Kubasch, M. Sc. Theresa Neuhann, Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim, Germany

Dr. Helmut Leitner, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany

Erich Prem, Holger Sattler, Freudenberg Simmerringe GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany

Factors of Influence on the Oil/Elastomer Compatibility in Static Storage Testing

Einflussfaktoren auf die Öl/Elastomer-Verträglichkeit bei statischer Einlagerung



Dynamic seals, like radial shaft seals, are responsible for the separation and sealing of the oil chamber from the air in gear boxes. The compatibility of the elastomer blend and the gear oil is very important for this function. Frequently, interactions between both lead to modifications of the elastomer blend which can be measured in volume change and changes of the mechanical properties. The immersion of the elastomer blend 72 NBR 902 in gear oil was examined using different oil/elastomer combinations at varying test conditions according to ISO 1817. As a result, several factors of influence have been identified and a better understanding for the processes in static storage was obtained.

Dynamische Dichtungen, wie z. B. Radialwellendichtringe, haben in Getrieben die Aufgabe, den Ölraum von dem Luftraum zu trennen und abzudichten. Dabei ist die Verträglichkeit von Dichtungselastomermischung und Getriebeöl entscheidend. Auftretende Wechselwirkungen zwischen beiden führen meist zur Veränderung der Elastomermischung, die sich in Volumenänderung und Änderungen der mechanischen Kennwerte auswirken können. Durch Versuche mit Öl/Elastomer-Kombinationen bei unterschiedlichen Testbedingungen nach ISO 1817 konnten einige relevante Einflussfaktoren auf die statische Einlagerung des Gebrauchselastomers 72 NBR 902 identifiziert und so ein besseres Verständnis für die ablaufenden Vorgänge gewonnen werden.

B 2

Dipl.-Ing. Arthur Petuchow, Dr.-Ing. Volkert Wollesen, Prof. Dr.-Ing. Otto von Estorff, Institut für Modellierung und Berechnung, TU Hamburg-Harburg, Germany

Quantitative Description of the Aging of an Oil-Elastomer-Combination by Analyzing the Friction Coefficient Obtained with a RWDR-Tribometer

With the usage of a RWDR-Tribometer it is possible to investigate geometrically standardized elastomer samples in combination with different oils. In previous investigations the target was to make connections and correlations to a radial shaft seal (RWDR). In this work a possibility is discussed, which allows quantifying the nonreversible process of an oil-elastomer-combination for different experimental conditions.

Quantitative Beschreibung der Alterung einer Öl-Elastomer-Paarung durch Auswertung der mit einem RWDR-Tribometer erfassten Reibkoeffizienten



Ein RWDR-Tribometer ermöglicht es geometrisch standardisierte Elastomerproben in Kombination mit unterschiedlichen Ölen zu untersuchen. Die bereits erfolgten Untersuchungen zeigen die Tauglichkeit des RWDR-Tribometers als ein Ersatzmodell für die tribologischen Verhältnisse an einem Radialwellendichtring (RWDR). In dem vorliegenden Beitrag wird ein Ansatz diskutiert, der die irreversiblen Vorgänge einer Öl-Elastomer-Paarung anhand des erfassten Reibwertes quantifiziert.

B 3

Dipl.-Ing. Oliver Heipl, Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff, RWTH Aachen University, Institute for Fluid Power Drives and Controls (IFAS), Aachen, Germany

Comparison of Different Measurement Methods to Determine the Friction of Reciprocating Seals



In many cases realised and standardised test rig designs to evaluate the friction of reciprocating seals are limited. Deficits are the measurement of two seals or the complete friction of a linear actuator, the limited velocity range and the restricted temperature range. For this reason, different test rigs were designed and built at IFAS within the last years. The new concepts enable the measurement of single seal friction at low and high velocities as well as at low and high temperature. The concepts are shortly explained.

Vergleich unterschiedlicher Messmethoden zur Bestimmung der Reibung translatorischer Dichtungen

In vielen Fällen sind die in der Literatur vorzufindenden und teilweise normierten Prüfaufbauten zur Bestimmung der Reibkraft von translatorischen Dichtungen in ihrer Leistungsfähigkeit begrenzt. Häufige Einschränkungen sind die Messung von zwei entgegen gerichteten Dichtungen sowie begrenzte Geschwindigkeits- und Temperaturbereiche. Aus diesem Grund wurden am IFAS in den letzten Jahren neue Prüfstände entwickelt, welche die messbaren Geschwindigkeits- und Temperaturbereiche vergrößern. Die Konzepte werden kurz erläutert.

B – Session 3: Materials and Surfaces**B – Session 3: Werkstoffe und Oberflächen****B 4**

Prof. Dr.-Ing. Achim Frick, M. Sc.-Eng. Dorota Sich, University Aalen, Aalen, Germany
 Dr. Claudia Stern, ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH, Bietigheim-Bissingen, Germany

New Moldable PTFE Materials for Tribological Applications

**EN**

Polytetrafluoroethylene (PTFE) is a high-performance polymeric material which finds application in various industrial sectors with a wide range of use in the sealing industry. PTFE is best known for its low friction, high thermal stability and universal chemical resistance. Nevertheless, it suffers from the low wear and creep resistance while the latter one can lead to undesirable gap extrusion of the sealing element. The drawbacks of PTFE can be compensated by the use of the new melt processable PTFE (Moldflon[®], Elring-Klinger Kunststofftechnik GmbH). Moldflon[®] exhibits all the superior properties of PTFE, with considerably improved yield strength, as well as wear and creep resistance. Moreover, in contrast to PTFE, it allows employing of conventional melt processing methods used for other thermoplastic materials. Melt processability of this material gives also an opportunity to produce new polymer compounds with tailor-made properties. This paper presents the new possibilities of the melt processable PTFE and its compounds with polyetheretherketone (PEEK).

Neue Hochtemperatur-Tribowerkstoffe auf Basis schmelzverarbeitbarem PTFE

PTFE ist ein Hochleistungs-Polymer, das in vielen Industriesektoren mit einem breiten Anwendungsspektrum eingesetzt wird. PTFE ist wohlbekannt wegen seiner geringen Reibung, hohen thermischen und universellen chemischen Beständigkeit. Nichtsdestotrotz leidet es unter seiner geringen Verschleiß- und Kriechbeständigkeit, wobei die letztere zur unerwünschten Spaltextrusion des Dichtelements führen kann. Die Nachteile von PTFE können durch den Einsatz von neuen schmelzverarbeitbaren PTFE-Werkstoffen ausgeglichen werden (Moldflon[®], ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH). Moldflon[®] übertrifft alle überlegenen Eigenschaften von PTFE, mit beträchtlich vergrößerter Zugfestigkeit, ebenso wie Verschleiß- und Kriechbeständigkeit. Darüber hinaus, im Gegensatz zu PTFE, ermöglicht es konventionelle schmelzverarbeitende Verfahren, die für andere thermoplastische Materialien eingesetzt werden, zu verwenden. Die Schmelzverarbeitbarkeit dieses Materials eröffnet die Möglichkeit neue Polymer-Compounds mit maßgeschneiderten Eigenschaften zu produzieren. Dieser Beitrag zeigt die neuen Möglichkeiten des schmelzverarbeitbaren PTFE und seiner PEEK-Compounds auf.

B 5

M. Sc. Ye Sujuan, M. Sc. Tan Feng, M. Sc. Wu Wentao, Guangzhou Mechanical Engineering Research Institute Co. Ltd, Guangzhou, Guangdong, P.R. China
 Ye Sujuan, School of materials science and engineering, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong, P.R. China

Enhancement of the Wear Resistance of Bronze Filled PTFE Composites for Seals

**EN**

Enhancement of the wear resistance of bronze filled PTFE composites using various fillers, e.g. Cr₂O₃, MoS₂, Graphite and n-Al₂O₃ have been systematically investigated in the present study. A block-on-ring wear tester (M-2000) is used to carry out wear test. The highest wear resistance was found for the composites containing 59 % PTFE + 40 % bronze + 1 % Cr₂O₃. Cr₂O₃ has a good effect to the crystallization of PTFE which indicates higher wear resistance.

Verbesserung der Verschleißfestigkeit von mit Bronze gefüllten PTFE-Compounds für Dichtungen

In dieser Studie wurde die Verbesserung der Verschleißfestigkeit von mit Bronze gefüllten PTFE-Compounds durch Zugabe von unterschiedlichen Füllstoffen (z.B. Cr₂O₃, MoS₂, Graphit und n-Al₂O₃) systematisch untersucht. Ein Block-Ring-Verschleißprüfstand (M-2000) wird zur Durchführung der Verschleißversuche verwendet. Die höchste Verschleißfestigkeit weisen Compounds mit 59 % PTFE + 40 % Bronze + 1 % Cr₂O₃ auf.

Wear testing and SEM analysis showed that Cr₂O₃ has good effect for the forming of transfer film and keep the film stable. XPS results showed that there are tribochemical reactions during sliding against stainless ring, these may be responsible for the forming transfer film and lower wear rate.

Cr₂O₃ hat einen positiven Einfluss auf die Kristallisation von PTFE, was zu höherer Verschleißfestigkeit führt. Verschleißuntersuchungen und SEM-Analysen zeigen, dass Cr₂O₃ einen positiven Einfluss auf die Ausbildung einer Transferschicht und deren Stabilität hat. XPS-Ergebnisse zeigen, dass tribochemische Reaktionen während des Gleitens auf dem Edelstahlring stattfinden. Diese Reaktionen könnten für die Ausbildung der Transferschicht und die geringere Verschleißrate verantwortlich sein.

B 6

Dr.-Ing. Marco Gerlach, Dr.-Ing. Sophie Gröger, Dipl.-Ing. Saskia Schiefer,
Technische Universität Chemnitz, Professur Fertigungsmesstechnik und
Qualitätssicherung, Chemnitz, Germany

Functional 3D-Characterization Method for Sealing Surfaces of Cylinders

The functionality of sealing surfaces depends decisively on the geometrical properties and the interaction of the real surface of a work piece with the counterpart or medium. Today different measuring instruments and datum concepts are used to evaluate the geometrical properties independently. The combined effects of the functional behaviour cannot be described with this approach. The paper presents the new functional 3D-characterization method for sealing surfaces of cylinders. Based on a holistic extraction, the filtering with morphological operation leads to the separation of significant structures. With a holistic datum system from the material free side parameters are presented that describe the functional behavior and the interaction of the different geometrical properties.

Funktionale 3D-Charakterisierungsmethode für Dichtflächen an Zylindern



Die Funktionsfähigkeit von Dichtflächen wird im entscheidenden Maße von der Geometrie eines Bauteiles und von der Interaktion der Oberfläche mit einem Gegenstück oder einem Dichtmedium bestimmt. Geometrische Eigenschaften werden heute mit unterschiedlichen Messgeräten extrahiert und in verschiedenen Bezugssystemen bewertet. Damit existiert keine Möglichkeit, das Zusammenwirken aus funktionaler Sicht zu beschreiben. Der Beitrag stellt die neu entwickelte 3D-Methode zur ganzheitlichen Bewertung von geometrischen Eigenschaften am Zylinder vor. Ausgehend von der Extraktion können durch morphologische Filter charakteristische Eigenschaften freigestellt werden. In einem einheitlichen von der materialfreien Seite anliegenden Bezugssystem kann das funktionale Zusammenwirken der geometrischen Eigenschaften durch Kenngrößen beschrieben werden.

B 7

Dr. rer. nat. Ravi Bactavatchalou, Dipl.-Ing. Rainer Kreiselmaier, Dr.-Ing. Rainer Weiss,
Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim, Germany
Prof. Dr. rer. nat. Klaus Beck, Fakultät für Elektrotechnik, Hochschule Mannheim, Germany

Atomic Force Microscopy: A Multi-Purpose Method for Analyzing Elastomers – Filler Distribution and Mechanical-Tribological Properties of Coatings

Rasterkraftmikroskopie: Eine vielseitige Methode zur Charakterisierung von Elastomeren – Füllstoffverteilung und mechanisch-tribologische Eigenschaften von Beschichtungen



The requirements for seals are increasing continuously especially concerning functionality, lifetime and operation conditions. In addition to the construc-

Die Anforderungen an Dichtungen steigen kontinuierlich, insbesondere in Bezug auf Funktionalität, Lebensdauer und Betriebsbedingungen. Zusätzlich

tion and the geometry of the part, the composition of the compound significantly influences the properties. In this work, we show that the atomic force microscopy (AFM) is a powerful tool, not only for the investigation of the filler distribution in a elastomer, but also for the optimization of tribological coatings by measuring the local hardness even of very thin (<100nm).

zum Bau und zur Geometrie des Bauteils beeinflusst die Zusammensetzung des Materials wesentlich die Eigenschaften. In dieser Arbeit zeigen wir, dass die Rasterkraftmikroskopie (AFM) ein leistungsfähiges Werkzeug ist, nicht nur für die Untersuchung der Füllstoffverteilung in einem Elastomer, sondern auch für die Optimierung der tribologischen Schichten durch Messung der lokalen Härte (sogar auch, wenn es sehr dünn ist: <100 nm).

B – Session 4: Reciprocating Seals

B – Session 4: Translatorische Dichtungen

B 8

M.Sc. Fabian Kaiser, Dr.-Ing. Eberhard Bock, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany

Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer, Institut für Maschinenelemente und Getriebetechnik (MEGT), Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany

Application of the Dynamic Sealing Gap Simulation for Strut and Valve Stem Seals

Anwendung der dynamischen Dichtspaltsimulation auf Stoßdämpfer- und Ventilschaftdichtungen



Just like any other vehicle component, shock absorber seals and valve stem seals need to be optimized due to steadily increasing customer requirements. A general demand of lower leakage and less friction at the same time is visible. To meet these partly conflicting goals, the seal designer needs more effective tools at his disposal to be able to predict the seal behaviour more accurately. The simulation of the dynamic conditions within the sealing gap can be one possibility to achieve this. A newly developed, improved type of the inverse hydrodynamic lubrication theory will be compared to an elasto-hydrodynamic approach and applied on two seals. Finally an outlook of the possible further development of the simulation programs will be given.

Wie alle Fahrzeugkomponenten unterliegen auch Stoßdämpfer- und Ventilschaftdichtungen einem starken Optimierungsdruck: Die Kunden fordern eine geringere Leckage bei gleichzeitig geringerer Reibung. Um diese teils widersprüchlichen Ziele zu erreichen, bedarf es leistungsfähigerer Werkzeuge zur Vorhersage des Dichtungsverhaltens im Betrieb. Die dynamische Dichtspaltsimulation stellt eine solche Möglichkeit dar. Der vorliegende Beitrag vergleicht eine neu entwickelte, verbesserte Variante der Schmierpaltberechnung nach der inversen hydrodynamischen Theorie mit der elasto-hydrodynamischen Simulation und beschreibt ihre Anwendung auf zwei Dichtungen. Abschließend gibt der Beitrag einen Ausblick über die weitere Entwicklung der Simulationsprogramme.

B 9

Dipl.-Ing. Christian Berndt, Dipl.-Ing. Ringo Nepp, Prof. Dr.-Ing. Matthias Kröger, Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany

Influence of the Sealing Contact Area on the Dynamic Behaviour of O-Ring Seals***Einfluss der Dichtkontaktflächen auf das dynamische Verhalten von O-Ring-Dichtungen***

In this paper experimental investigations of the friction of seals at the example of O-ring seals are shown. The compression of the seal due to its housing has got an important influence to the stationary friction force as well as to break away force. The observations show a higher break away force for high compressed seals. The force even rises faster for high compressed O-rings in comparison to weak compressed ones. At the area of low sliding velocities the friction forces of low compressed seals also undergo their high compressed counterparts. That is why it is worth thinking about the dimensions of the seals housing.

In dem Paper werden experimentelle Untersuchung für das Reibungsverhalten von Dichtungen am Beispiel von O-Ring-Dichtungen behandelt. Es wird gezeigt, dass der Verpressungszustand der O-Ringe einen entscheidenden Einfluss auf die Losbrechkraft und das Reibverhalten haben. So werden mit höheren Verpressungen größer Losbrechkraften beobachtet, welche zudem mit der Haltezeit schneller anwachsen. Die Gleitreibung kann im Bereich geringe Gleitgeschwindigkeiten mit einer kleinen Verpressung deutlich reduziert werden. Es lohnt sich daher, den Einbau-raum der Dichtung bewusst auszulegen.

B 10

Dr.-Ing. Petrin Drumea, Dr.-Ing. Corneliu Cristescu, Hydraulics and Pneumatics Research Institute INOE 2000-IHP, Bucharest, Romania

Dipl.-Ing. Oliver Heipl, RWTH Aachen, Institute for Fluid Power Drives and Controls (IFAS), Aachen, Germany

Experimental Researches for Determining the Friction Forces in the Piston Seals of the Hydraulic Cylinders***Experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung der Reibkräfte in Kolbendichtungen von Hydraulikzylindern***

Our institute has developed an extensive research to determine, by experiments, the frictional forces within the piston seals of hydraulic cylinders. The research objective of the experimental determination is to know the real friction forces which appear between the piston seals and the casing of the cylinder. In order to assess the friction forces within the piston seals, there was designed and developed an original experimental device. Experimental stand is equipped with sensors and transducers for measuring friction forces and also working pressure and temperature of the oil, inside the seals. The pressure levels were in the range of 0 to 250 bar. In the paper will be given some examples of complex graphs, showing the variations of the friction force, working pressure, temperature, stroke and piston velocity variations, obtained for certain pressure and speed steps. These experimental results allow validation of the mathematical models used in the theoretical research.

Durch ausführliche experimentelle Untersuchungen werden die Reibungskräfte von Kolbendichtungen von Hydraulikzylindern ermittelt. Das Ziel der experimentellen Untersuchungen ist die Bestimmung der realen Reibungskräfte, die zwischen Kolbendichtung und Gehäuse des Zylinders auftreten. Um die Reibungskräfte in den Kolbendichtungen auszuwerten, wurde eine spezielle experimentelle Vorrichtung entworfen. Die Vorrichtung ist mit Sensoren und Wandlern zur Erfassung der Reibungskräfte, des Betriebsdrucks und der Temperatur des Öls ausgestattet. Der untersuchte Druckbereich liegt zwischen 0 und 250 bar. Im Beitrag werden beispielhaft einige komplexe Diagramme gezeigt, welche die Variation der Reibungskraft, des Betriebsdrucks, der Temperatur und der Kolbengeschwindigkeit für bestimmte Druck- und Geschwindigkeitsstufen veranschaulichen. Diese experimentellen Ergebnisse erlauben es, die mathematischen Modelle, die in der theoretischen Untersuchung verwendet werden, zu validieren.

B 11

Dr. Sci. Nozomu Suzuki, M. Eng. Hirotaka Mizuta and Dr. Eng. Yuki Sato,
NOK Corporation, Knagawa, Japan

An Experimental Approach to the Sealing Mechanism of the Reciprocating Seals

Ein experimenteller Ansatz zum Abdichtungsmechanismus von translatorischen Dichtungen



A new visualization apparatus based on interferometry technique is proposed, that can detect hydrodynamic film of reciprocating seals under practical operating conditions. Optimum combination of the reflective indexes of test fluids and a glass cylinder enabled to grasp clear interferograms. The experiments with a practical piston seal made of NBR were carried out under certain range of reciprocating frequency, cylinder stroke and oil viscosity. The film profiles obtained under moving into and out motion were shown and the relation between sealing ability and film formation were discussed.

Ein neuartiges Visualisierungsgerät, basierend auf Interferometrie-Technik, wird vorgestellt. Das Gerät kann die hydrodynamische Filmdicke bei translatorischen Dichtungen unter praxisnahen Betriebsbedingungen messen. Eine optimale Kombination aus Brechungsindex der Testflüssigkeiten und Glaszylinder ermöglichte es klare Interferogramme zu erhalten. Bei den Experimenten mit einer praxisnahen Kolbendichtung aus NBR wurden die translatorische Frequenz, der Zylinderhub und die Ölviskosität in einem bestimmten Bereich variiert. Die erlangten Filmhöhenprofile beim Ein- und Ausfahren werden gezeigt. Zudem wird der Zusammenhang zwischen Abdichtfähigkeit und Filmbildung diskutiert.

B – Session 5: Simulation***B – Session 5: Simulation*****B 12**

Dr.-Eng. Sc. Abdelghani Maoui, Dr.-Eng. Benoît Omnès, Didier Fribourg,
CETIM, Nantes, France

Numerical Simulation of Leakage and Friction on Landing Gear's Hydraulic Seals

Numerische Simulation der Leckage und Reibung an Fahrwerks-Hydraulik-Dichtungen



The aim of this work is to predict leakage and friction torques on landing gear's hydraulic seals. The seal consists of two parts. The first part is in NBR while the second one is in PTFE. A modified inverse theory of lubrication is considered to simulate the EHD behavior of the seal. In addition, the contact characteristics between the seal and the rod surfaces are determined by a mechanical analysis of the assembly and the pressurization of the seal. To this end, an axisymmetric model is considered using the commercial F.E. code Abaqus®. The experimental measurements of leakage and friction torque were carried out on two different seals by Messier-Bugatti-Dowty. The obtained results show a very good correspondence between experimental and predicted values.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Leckage und das Reibmoment an Fahrwerks-Hydraulik-Dichtungen vorherzusagen. Die Dichtung besteht aus zwei Teilen. Das erste Teil ist aus NBR und das zweite aus PTFE. Eine modifizierte inverse Schmierungs-theorie wird verwendet, um das EHD-Verhalten der Dichtung zu simulieren. Zusätzlich werden die Kontaktverhältnisse zwischen Dichtungs- und Stangenoberfläche durch eine mechanische Analyse der Baugruppe und die Druckbeaufschlagung der Dichtung bestimmt. Hierzu wird ein axialsymmetrisches Modell betrachtet, erstellt mit dem kommerziellen FE-Code Abaqus®.

Die experimentellen Untersuchungen der Leckage und des Reibmoments wurden an zwei unterschiedlichen Dichtungen von Messier-Bugatti-Dowty durchgeführt. Die gewonnenen Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen experimentellen und vorhergesagten Werten.

B 13

Ph. D. Petro Bastías, Trelleborg Sealing Solutions, R&D, Mount Juliet, Tennessee, USA
 M. Sc. MBA Fayaz Mogal, M. Sc. Larry Castleman, Trelleborg Sealing Solutions, R&D,
 Fort Wayne, Indiana, USA

Numerical Simulation of PTFE Sealing Components

**EN**

The sealing industry has relied on fluoropolymers (PTFE'S) for many applications on a wide variety of fields ranging from life-saving medical devices to mission critical oil and gas fields operating under extreme temperature and pressure. The mechanical response of these materials is highly complex and characterized by non-linear phenomena, all influenced by strain-rate and temperature dependencies. Behavior like extrusion deformation under high pressure, load reversals, and other non-linear behavior challenge traditional material models to accurately predict the mechanical response of PTFE seals. Trelleborg Sealing Solutions has introduced numerical material models which more accurately reproduce the physics of PTFE's when used in sealing applications. The paper will briefly describe the rheological representation of the model and its constitutive theory, as well as the validation of the model for several PTFE's compounds. Early results are encouraging as, highly complex, seal phenomena such as extrusion-deformation under extreme pressures, the effect of load reversals, and other behavior can be more faithfully reproduced.

Numerische Simulation von PTFE-Komponenten

Die Dichtungsindustrie verlässt sich bei vielen Anwendungen auf Fluorpolymere (PTFE). Das Anwendungsfeld erstreckt sich dabei von lebensrettenden medizinischen Vorrichtungen bis zu einsatzkritischen Öl- und Gasfeldern, welche unter extremen Temperaturen und Drücken betrieben werden. Die mechanischen Eigenschaften dieser Materialien sind höchst komplex und durch nichtlineare Phänomene, welche dehngeschwindigkeits- und temperaturabhängig sind, gekennzeichnet. Verhalten wie Extrusion unter hohem Druck, Lastwechsel und andere nichtlineare Phänomene stellen für die Vorhersagegenauigkeit des Verhaltens von PTFE-Dichtungen durch traditionelle Materialmodelle eine Herausforderung dar. Trelleborg Sealing Solutions hat numerische Materialmodelle entwickelt, welche die physikalischen Eigenschaften von bei Dichtungen verwendetem PTFE genauer nachbilden. Dieser Beitrag stellt kurz die rheologische Modellbeschreibung und die konstitutive Theorie vor, ebenso wie die Validierung des Modells für mehrere PTFE-Compounds. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend, da höchst komplexes Dichtungsverhalten wie Extrusion bei extremen Drücken, Lastwechseleffekte und andere Phänomene besser nachgebildet werden können.

B 14

Dipl.-Ing. Barbara Jennewein, Dipl.-Ing. Daniel Frölich, Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer,
 MEGT, TU Kaiserslautern, Germany

Simulation of the Radial Force of Radial Shaft Seal Rings at Different Temperatures and Aging Conditions

**EN**

The FE Simulation of friction and wear of radial shaft seal rings requires that the radial force of the simulation model is determined as exactly as possible because in many cases further calculations depend on these radial forces significantly. In this paper a summary of different citations gives a review on which parameters the radial force is dependent and what can be concluded therefrom for the correct operation of the seal ring. A short description of the radial force meter, a test rig for measuring the radial forces of seal ring, is given.

Simulation der Radialkraft von RWDR bei unterschiedlichen Temperaturen und Alterungszuständen

Bei der FE-Simulation von Reibung und Verschleiß von Radialwellendichtringen ist es wichtig, dass die Radialkraft im Modell möglichst genau ermittelt wird, da häufig weitere Berechnungen maßgeblich von der Radialkraft abhängen. In dem Beitrag gibt eine Zusammenfassung von verschiedenen Literaturstellen zunächst einen Überblick, welche Größen des Dichtsystems von der Radialkraft abhängen und welche Rückschlüsse davon auf die Funktionsfähigkeit der Dichtung gezogen werden können.

This test rig has been refined at the beginning of 2012 at the MEGT. The results of the experimental radial force measurements at different temperatures and aging conditions of the RWDR are presented. Furthermore this paper explains how to appropriate the required material properties and to which specifications the simulation model must accord for simulating the radial force at different temperatures and aging conditions. Abaqus is applied as simulation software. The research results can be used as a base for continuative models, for example wear models.

Nach einer kurzen Beschreibung des anfangs 2012 weiterentwickelten Radialkraftmessgeräts am MEGT, werden die experimentellen Ergebnisse der Radialkraftmessung in Abhängigkeit der Temperatur und des Alterungszustandes des RWDRs vorgestellt. Weiter wird in dem Beitrag erläutert, wie die benötigten Werkstoffkennwerte bestimmt werden können und welche Anforderungen ein RWDR-Simulationsmodell erfüllen muss, um die Radialkraft bei verschiedenen Temperaturen und Alterungszuständen genau simulieren zu können. Als FE-Software wird Abaqus eingesetzt. Die Forschungsergebnisse können als Grundlage für weiterführende Modelle beispielsweise Verschleiß-Modelle verwendet werden.

B 15

Ass. Prof. Dr.-Ing. Andriy Zahorulko, Sumy State University, Sumy, Ukraine

Solution of Unsteady Problem of Gas Flow in Buffer Impulse Seal with Differential Pressure Regulator

Lösung des instationären Problems der Gasströmung in einer Puffer-Impulsdichtung mit Differenzdruckregler



Operation of buffer impulse face seal is accompanied by complex unsteady gas-dynamic processes. Therefore application of CFD methods is rational for studying gas-dynamic characteristics of seals. There is an opportunity in unsteady formulation to determine the actual pressure field in the gap of the face impulse seal taking into account not only radial, but the circumferential flows, as well as to determine the pressure in the chambers and the ring parts between them at any moment taking into account supplying a neutral buffer medium into the friction pair. Such a technique will provide for accurate determination of pressure and thermal deformations of sealing rings, as well as the optimal gas-dynamic and power characteristics of seals.

Der Betrieb von Puffer-Impulsgleitringdichtungen ist gekennzeichnet durch komplexe instationäre gasdynamische Prozesse. Daher ist der Einsatz von CFD-Methoden zur Untersuchung gasdynamischer Dichtungs-Eigenschaften sinnvoll. Es besteht die Möglichkeit bei instationärer Formulierung das momentane Druckfeld im Spalt der Impulsgleitringdichtung zu bestimmen. Dabei wird nicht nur die radiale Strömung, sondern auch die Umfangsströmung berücksichtigt. Ebenfalls kann der Druck in den Kammern und den ringförmigen Teilen dazwischen zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden. Hierbei wird auch die Versorgung mit einem neutralen Puffermedium im Reibkontakt berücksichtigt. Ein solches Verfahren ermöglicht es die druckbedingten und thermischen Verformungen der Dichtringe genau zu bestimmen, ebenso wie die optimalen Gasdynamik- und Leistungscharakteristika.

**B – Session 6: Energy Conservation/
Friction/Wear****B – Session 6: Energieeinsparung/
Reibung/Verschleiß****B 16**

M. Sc. Sören Neuberger, Dr.-Ing. Eberhard Bock, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany
 Prof. habil. Dr.-Ing. Werner Haas, Universität Stuttgart, Institut für Maschinenelemente, Stuttgart, Germany
 Dr. rer. nat. Klaus Lang, EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG, Wolfratshausen, Germany

**On the Way to 95 g – Gas-Lubricated
Face Seals in the Internal Combustion
Engine****Auf dem Weg zu 95 g – Gasgeschmierte
Gleitringdichtungen im Verbrennungs-
motor**

In the coming years, one major challenge for the automotive industry will be the reduction of carbon dioxide emissions. With the use of a gas-lubricated face seal for the rear crankshaft sealing instead of a conventional Simmerring[®], a significant amount of carbon dioxide emissions can be reduced. In this paper, the special design of the sealing concept LEVITEX[®] is introduced. Simulations of the optimized sealing function and the friction torque are described. The results are discussed and compared with the results of functional tests and friction torque measures. The simulation showed qualitative accordance with the measurements. Finally, a forecast of the future development potential of the sealing system is given.

In den kommenden Jahren wird eine der wesentlichen Herausforderungen für die Automobilindustrie die Reduktion der CO₂-Emissionen sein. Durch Einsatz einer gasgeschmierten Gleitringdichtung als hintere Kurbelwellenabdichtung, anstatt eines konventionellen Simmerring[®], können die CO₂-Emissionen signifikant reduziert werden. In diesem Beitrag wird das spezielle Design des Dichtungskonzeptes LEVITEX[®] vorgestellt. Simulationen zur optimierten Dichtfunktion und zum Reibmoment werden beschrieben. Die Ergebnisse werden erörtert und mit den Ergebnissen von Funktionsuntersuchungen und Reibmomentmessungen verglichen. Die Simulationen zeigen qualitative Übereinstimmungen mit den Messungen. Zum Schluss wird ein Ausblick auf das zukünftige Entwicklungspotential des Dichtsystems gegeben.

B 17

Dr.-Ing. Tim Lechner, Dr.-Ing. Eberhard Bock, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany

**Application Limits for Modern Radial
Shaft Seals for Engines****Grenzanwendungsanalyse von
modernen Radialwellendichtsystemen
im Verbrennungsmotor**

The current discussions regarding the reduction of CO₂ emissions in combustion engines forces the carmakers to reduce the net power loss. Within these activities the carmakers also optimized the sealing systems to reach a low dissipation level. This results in various new low energy seals from different seal manufactures.

Die aktuelle CO₂-Diskussion hat dazu geführt, dass die Automobilhersteller große Anstrengungen unternehmen, um die Verluste im Verbrennungsmotor möglichst gering zu halten. Im Rahmen dieser Aktivitäten werden auch die benötigten Wellenabdichtungen neu gestaltet. Das führt zu einer sehr großen Vielfalt verschiedenster Radialwellendichtringe von unterschiedlichen Dichtungshersteller.

In order to understand how these seals operate under real life conditions and to evaluate the limits of the sealing systems, the seals have to be tested very accurately. This paper informs about the tests to analyze the seals and provides a detailed comparison of the different seal models and different seal types.

Um Rückschlüsse über die Qualität der Radialwellendichtringsysteme und deren Einsatzgrenzen ziehen zu können, muss möglichst anwendungsnah und umfassend getestet werden. Dieser Bericht liefert eine detaillierte Beschreibung des Prüfablaufs zur Dichtsystemanalyse und einen typinternen und typübergreifenden Vergleich verschiedener Kurbelwellendichtsysteme.

B 18

Dipl.-Ing. Karsten Nolte, Prof. Dr.-Ing. Detmar Zimmer,
Lehrstuhl für Konstruktions- und Antriebstechnik (KAT) der Universität Paderborn, Germany

Low Friction Rotary Shaft Seal

Verlustleistungsreduziertes Wellendichtsystem



In many technical applications the sealing of rotary shafts in a lubricant filled housing is required. Due to the tendency to high speed drives and the prospective shortage of resources, low friction and high energy efficiency are moving into the focus. In accordance to the construction methodology approach, this project aims to develop a system to seal rotary shafts with low friction, long service life and low power losses under static and dynamic conditions. In the article "Low Friction Rotary Shaft Seal" the approach and some results will be presented.

Zahlreiche technische Anwendungen erfordern die Abdichtung einer Welle in einem mit Schmierstoff gefüllten Gehäuse. Vor dem Hintergrund der sich aktuell verknappenden Ressourcen und dem in der Industrie zu beobachtenden Trend zu schneller laufenden Antrieben rückt auch bei diesen Dichtsystemen der Fokus verstärkt auf reibungsarme, energieeffiziente Lösungen. In Anlehnung an die konstruktionsmethodische Vorgehensweise soll im Rahmen dieses Projektes ein System entwickelt werden, mit dem Maschinenwellen verschleißsarm, mit hoher Lebensdauer und geringer Verlustleistung statisch und dynamisch abgedichtet werden können. In dem Beitrag werden die Vorgehensweise sowie einzelne Ergebnisse aus diesem Projekt vorgestellt.

B 19

Dipl.-Ing. Max Sommer und Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas,
Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Stuttgart, Germany

Reduction of Friction Losses of Grease Lubricated Lip Seals

Verlustreduzierung fettabdichtender Radial-Wellendichtungen



The paper shows crucial predictors on the friction of grease lubricated lip seals. Therefore fundamental investigations with a ring-on-disc test setup were done on a rotary tribometer. The grease composition and macro structures deepened on the surface of the used elastomer-rings could be observed as the both most crucial predictors. The friction torque was modified more than 300 %, due to a variation of these predictors. The results are highlighting the huge potential for a design of low friction grease lubricated lip seal.

Die Veröffentlichung führt wesentliche Einflussgrößen auf die Reibung fettgeschmierter Radial-Wellendichtungen auf. Hierzu wurden grundlegende Untersuchungen mit einem Rotationstriebometer an einem Ring-Scheibe-Versuchsaufbau durchgeführt. Als größte Einflussgrößen auf die Reibung zeigten sich die Schmierfetz-Zusammensetzung und eine Makrostrukturierung der eingesetzten Elastomer-Ringproben. Durch Variation der Einflussgrößen konnte das Reibmoment um über 300 % verändert werden. Dies zeigt das große Potential zur reibungsoptimierten Gestaltung fettgeschmierter Wellendichtsysteme.

**B – Session 7: Energy Conservation/
Friction/Wear****B – Session 7: Energieeinsparung/
Reibung/Verschleiß****B 20**

Dipl.-Ing. Pat.-Ing. André Daubner, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas,
Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart, Stuttgart, Germany

How to Simulate Wear at PTFE Lip Seals**Zur Simulation von Verschleiß an PTFE-
Manschettendichtungen**

Elastomeric lip seals cannot be used at high temperatures and high circumferential velocities to seal aggressive fluids. Lip seals, made of polytetrafluorethylene (PTFE) exceed these limitations, but they fail in fact of wear at the contact area to the shaft. The acknowledgement of the friction and wear behavior of PTFE allows appreciating the durability of PTFE lip seals.

This paper describes an approach to model and simulate wear at PTFE lip seals. Based on experimental investigations of the tribological system, an energetic approach is used to quantify the wear rate. The global change of the lip seal geometry is calculated by a finite element program, which is extended by self-written wear algorithms. This allows an optimization of the lip seal geometry due to wear.

Radial-Wellendichtungen aus Elastomeren können nicht bei hohen Temperaturen und Umfangsgeschwindigkeiten zur Abdichtung von aggressiven Fluiden verwendet werden. Wellendichtungen aus PTFE haben diese Einschränkungen nicht, fallen aber durch Verschleiß im Kontaktbereich mit der Welle aus. Die Kenntnis des Reib- und Verschleißverhaltens von PTFE ermöglicht es die Lebensdauer von Wellendichtungen aus PTFE abzuschätzen.

Dieser Beitrag beschreibt einen Ansatz das Verschleißverhalten von Wellendichtungen aus PTFE zu modellieren und zu simulieren. Basierend auf experimentellen Untersuchungen am tribologischen System, wird ein energetischer Ansatz zur Quantifizierung der Verschleißrate verwendet. Die globale Veränderung der Dichtungsgeometrie wird mit einem Finite-Elemente-Programm berechnet, dass durch selbstverfasste Verschleißalgorithmen erweitert wurde. Damit ist eine Optimierung der Dichtungsgeometrie hinsichtlich des Verschleißes möglich.

B 21

Dr. Dipl.-Ing. Thomas Schwarz, Dipl.-Ing. Mario Mitterhuber, BSc. MA Silvio Schreymayer,
SKF Sealing Solutions Austria GmbH, Judenburg, Österreich
Dipl.-Ing. Andreas Hausberger, Polymer Competence Center Leoben GmbH, Leoben, Austria

**Characterization of Sealing Materials
Against Alternative Piston Rod Coatings****Charakterisierung von Dichtungswerkstoffen in Kontakt mit alternativen
Kolbenstangenbeschichtungen**

The sealing characteristics of 'U' cup seals made of polyurethane and slide seals made of PTFE were investigated against various piston rod coatings utilising the reciprocating test rig. The main focus was put on the tribological performance of the seals in contact with metallic and ceramic counter surfaces and to understand the failure mechanism along with identifying influencing parameters such as tailor made materials designed to improve the performance against wearing counter surfaces e.g. ceramics. In addition friction and wear characteristics were investigated with the rotary tribometer to get more standardized data about the tribological properties of the systems and to try to correlate these results with the seal tests.

Gegenstand dieser Arbeit sind die Betrachtung und Charakterisierung der tribologischen Eigenschaften von polymeren Dichtungswerkstoffen in Kontakt mit alternativen Beschichtungen keramischer und metallischer Natur. Die Bauteiltests werden mittels reziproker Dichtungsprüfständen durchgeführt, die Reibungs- und Verschleißtests mit dem Rotationstribometer gegenübergestellt werden. Durch gezielte Modifikation der Polyurethanwerkstoffe können die Dichtungs- und Verschleißigenschaften der Werkstoffe deutlich verbessert und entsprechende Laufzeiten auch in Kontakt mit keramischen Beschichtungen erzielt werden.

B 22

Dipl.-Ing. Matthias Wangenheim, Dipl.-Ing. Armin Hermann, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Schwalmstadt, Germany

Dipl.-Ing. Martin Zimmermann, Institut für Dynamik und Schwingungen, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Germany

The Effect of Countersurface Topography on the Friction of Seals



Surfaces and friction of dynamic seals become increasingly important with respect to energy consumption and endurance. The reliability of standardized surface parameters and their potential to predict dry friction of seals is investigated on the example of a pneumatic seal. The directional evaluation of surface parameters is considered in particular. The outcome of this study is that the parameters of the cumulative height in combination with the surface power spectral density are suitable to predict the friction level. Furthermore it is recommended to define upper and lower boundaries for the parameters. The friction and break-away dynamics of the pneumatic system was optimized with the help of these parameters.

Der Einfluss der Rauheitstopographie der Gegenauflfläche auf das Reibverhalten von Dichtungen

Oberflächen und Reibung an dynamischen Dichtungen spielt eine immer größere Rolle in Hinblick auf Energieeinsparung und Lebensdauererhöhung. Am Beispiel einer Pneumatikdichtung wird die Aussagefähigkeit bekannter Oberflächenkennwerte in Bezug auf die Vorhersage des Reibniveaus ohne Schmierung überprüft. Eine Richtungsabhängigkeit der Oberflächeneigenschaften, wie sie durch mechanische Endbearbeitung entsteht, wird dabei berücksichtigt. Es stellt sich heraus, dass mit den Kennwerten der Materialanteilkurve zusammen mit der spektralen Leistungsdichte der Oberfläche auf die Reibeigenschaften geschlossen werden kann. Mit Hilfe dieser Parameter konnte das Reibverhalten und die Anfahrtdynamik der Pneumatikdichtung gezielt verbessert werden.

C – Session 8: Closing Lectures

C – Session 8: Abschlussvorträge

C 1

Dr.-Ing. Rainer Weiß, Dr.-Ing. Sebastian Kühn, Dipl.-Ing. Frank Schultz, Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim, Germany

Dr.-Ing. Eberhard Bock, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim, Germany

Application of Computed Tomography in Sealing Technology

Anwendung der Computertomographie in der Dichtungstechnik



Computed tomography (CT) is a method for non-destructive, 3D part and material analysis. In the past, cross sections of elastomeric seals and microsections of metal parts were prepared in a costly process for quality control and defect identification. Today, an efficient and non destructive method is available: with CT a three dimensional model of a sample is calculated from multiple x-rays. In a second step, virtual cutting of the sample at any position is possible. Voids can be localized and characterized, assembled seals can be analyzed the same way. The right fit of an assembled seal can be checked under operating conditions. Depending of the size of the part, a resolution in the range of a few microns is possible.

Die CT ist ein Verfahren zur zerstörungsfreien 3D-Bauteil- und -Werkstoffuntersuchung. Wo früher aufwändige Querschnitte von Elastomerdichtungen und Schiffe von metallischen Teilen angefertigt wurden, steht heute mit CT eine effiziente Untersuchungsmethode zur Verfügung. Bei der CT wird ein 3D-Modell einer Probe aus einer Vielzahl von Röntgenaufnahmen erstellt. Dadurch kann in einem zweiten Schritt das Bauteil an jeder beliebigen Stelle virtuell geschnitten werden. Aufgrund des Materialkontrasts können Fehlstellen lokalisiert und vermessen oder Dichtungen im eingebauten Zustand zerstörungsfrei und unter Betriebsbedingungen analysiert werden. Je nach Bauteilgröße werden bei modernen CTs Auflösungen im unteren µm-Bereich erreicht.

C 2

Dipl.-Ing. Jan Gölz, Dipl.-Ing. Witalij Goujavin, Dr.-Ing. Frank Bauer,
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität
Stuttgart, Stuttgart, Germany

**PTFE Lip-Seals with Bi-directional
Sealing Aids**



PTFE lip-seals are used in various areas of sealing technology because of their outstanding chemical and thermal resistance. Until now there are no reliable PTFE lip-seals with bi-directional sealing aids in the market. The reason for that is deficient understanding of the sealing and pumping mechanisms. This paper presents Finite Element Analysis, Computational Fluid Dynamics simulations and experimental analysis which help to understand these mechanisms.

***PTFE-Manschetten mit bidirektionalen
Förderstrukturen***

PTFE-Manschettdichtungen werden aufgrund ihrer herausragenden chemischen und thermischen Beständigkeit in verschiedensten Gebieten der Technik eingesetzt. Bisher sind jedoch keine zuverlässig funktionierenden PTFE-Manschettdichtungen mit bidirektionalen Rückförderstrukturen am Markt erhältlich. Der Grund dafür ist das mangelnde Verständnis der Dicht- und Fördermechanismen. In dieser Veröffentlichung werden Finite-Elemente-Analysen, Strömungssimulationen und experimentelle Untersuchungen präsentiert, die helfen diese Mechanismen zu verstehen.
