

Low-Friction-Dichtungen weitergedacht

Reibungsminimierung von Radialwellendichtringen durch aufvulkanisierte Funktionsfolien

In der Dichtungstechnik kommt man mit einem Material und der geometrischen Optimierung einer Dichtung immer häufiger an Grenzen. Dies ist auch bei Low-Friction-Dichtungen der Fall. Eine Beschichtung mit aufvulkanisierten Folien ist die Antwort auf steigende Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Performance.

Die Minimierung von Reibung ist bei dynamischen Dichtsystemen das Ziel vieler Entwicklungen und Ansätze. Die so entstandenen Low-Friction-Dichtungen wurden speziell entwickelt, um den Reibungswiderstand zwischen Dichtungsoberfläche und Gegenauflfläche (z.B. einer Welle, Kolbenstange oder einem Gehäuse) möglichst gering zu halten. Ein klassischer Ansatz, um dieses Ziel zu erreichen, ist die optimale geometrische Gestaltung des Dichtungsprofils damit Kontaktflächen reduziert oder Schmierfilme besser aufgebaut werden können. Ein neuerer Ansatz ist die Nutzung von Materialkombinationen und Beschichtungstechnologien, die die Reibungsreduzierung auf ein höheres Level bringen. Dazu gehört auch das Aufvulkanisieren einer reibarmen Funktionsfolie auf die Dichtkante. Sie re-

duziert Reibmoment und Verlustleistung an Radialwellendichtringen deutlich. In der Praxis werden so die Verlustleistungen bis in einen hohen zweistelligen Prozentbereich reduziert. Neben Effizienzgewinnen sinken die Kontakt- und Wellentemperaturen bei steigenden Standzeiten und erhöhter Prozessstabilität.

Das tribologische Problem – die Reibung

Rotierende Wellen stellen dynamische Dichtsysteme vor besondere Herausforderungen. Die kontinuierliche Relativbewegung an der Dichtkante erzeugt Reibung mit entsprechenden Verlustleistungen und thermomechanischer Belastung. Dies kann zu erhöhtem Verschleiß sowohl der Dichtung als auch der Welle führen. Klassische Gegenmaßnahmen wie Schmierstoffe oder reibungsoptimierte Elastomere stoßen bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten, starken Temperaturschwankungen oder in Hygienebereichen an Grenzen.

Die Lösung – Low-Friction-Dichtungen

Eine Lösung sind Low-Friction-Dichtungen (Bild 1). Anstelle einer homogenen Elastomerlippe bildet eine aufvulkanisierte Funktionsfolie die primäre Reibfläche. Sie definiert die tribologisch wirksame Oberfläche über die gesamte Lebensdauer und senkt die Reibung reproduzierbar. Der Vorteil gegenüber herkömmlichen Lösungen mit eingebrachten Festschmierstoffen (z.B. Grafit, PTFE, MoS₂) liegt in der kontrollierten, definierten Reibungscharakteristik. Die Folie kann als compoundierter Hochleistungswerkstoff ausgelegt werden. Der Elastomerträger (z.B. HNBR, FKM, EPDM, VMQ) liefert die mechanische Compliance und Medienbeständigkeit. Ein konstruktiver Nebeneffekt ist die Stützwirkung der Folie auf das Lippenprofil. Dadurch steigt die Drucktragfähigkeit und

das Risiko eines Ausknickens unter Last sinkt. Dies ist insbesondere bei wechselnden oder erhöhten Systemdrücken von Vorteil.

Materialkombinationen erweitern den Einsatzbereich

Die Folienbeschichtung eröffnet zudem neue Möglichkeiten in der Werkstoffauswahl. Elastomere wie Silikon, die unter dynamischer Belastung typischerweise eine geringe Verschleißfestigkeit aufweisen, bieten dafür herausragende Eigenschaften bei extremen Temperaturen, etwa bei Heißluftanwendungen oder im Tieftemperaturbereich. In Kombination mit einer PTFE-Folie, die den direkten Kontakt mit der Welle übernimmt, kann die Verschleißproblematik gezielt ausgeglichen werden. So lassen sich die Vorteile beider Materialien, thermische Beständigkeit des Elastomers und die tribologischen Eigenschaften der Folie, sinnvoll miteinander verbinden. Das erlaubt den Einsatz von Low-Friction-Dichtungen auch in anspruchsvollen Umgebungen, in denen herkömmliche Werkstoffe an ihre Grenzen stoßen.

Praxisbeispiele

Diese Dichtungslösungen bewähren sich in verschiedenen Branchen und Einsatzbereichen:

- **Motorsport/Hohlwellen** – Bei der Abdichtung auf Hohlwellen ist die eingeschränkte Möglichkeit zur Wärmeabfuhr eine große technische Herausforderung. Im Motorsport, wo jedes Bauteil häufig mehrere Funktionen gleichzeitig übernimmt, ermöglichen beschichtete Dichtungen den Einsatz bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten. Die Performance ist dabei nicht eingeschränkt, weshalb diese Technologie z.B. erfolgreich in verschiedenen Rennserien eingesetzt wird – ins-

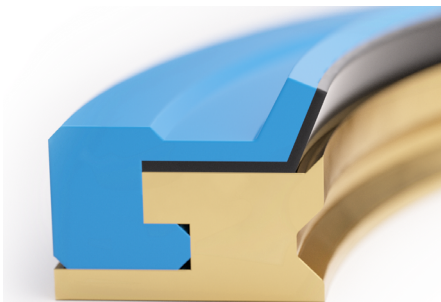


Bild 1: Mit Funktionsfolie (grau) beschichtete Dichtung (Bild: VR Dichtungen GmbH)

Interessant für

Automotive, Lebensmitteltechnik, Chemie, Pharma

Weitere Informationen

VR Dichtungen GmbH
www.vr-dichtungen.com



Patrick Keulers,
Geschäftsführer

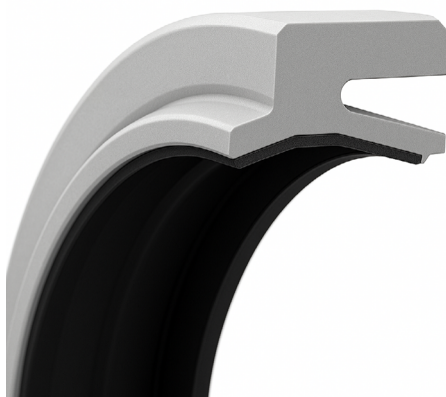


Bild 2: Kolbendichtung in Low-Friction-Ausführung

(Bild: VR Dichtungen GmbH)

besondere bei Kühlkreisläufen mit hohen Drehzahlen. Durch den Einsatz der Low-Friction-Dichtung konnte die Temperatur an der Dichtstelle gesenkt und das Schmierverhalten optimiert werden. Das Reduzieren von Reibmomenten trägt hier unmittelbar zu einem spürbaren Effizienzgewinn bei. Als weitere Anwendung in diesem Bereich wird in einem speziellen Radnabengetriebe eine solch optimierte Dichtung eingesetzt und dadurch die Reichweite des Rennfahrzeuges gesteigert.

- Lebensmittel-, Prozesstechnik – Wird über Hohlwellen empfindliches Fördergut wie rohes Fleisch transportiert, ist eine reibungsarme Dichtungslösung mit hoher Standzeit entscheidend. Geringere Betriebstemperaturen und der Wegfall von Schmierstoffresten reduzieren das Kontaminationsrisiko. In hochfrequent bewegten Anwendungen, wie etwa bei Robotikkomponenten oder Abfüllanlagen, sorgt die Reibungsreduktion für ein verlängertes Wartungsintervall und konstante Prozessbedingungen.

- Pharma – Hier wurde die Technologie auf pneumatische Antriebe übertragen: Eine fettfreie Kolbendichtung (Bild 2) ermöglicht nicht nur eine hygienischere Auslegung, sondern minimiert auch Partikelemissionen durch Abrieb. Dadurch eignet sich die Dichtung besonders für Reinraumanwendungen.

Energieeinsparung und Nachhaltigkeit

Durch die Reibungsreduktion lassen sich in der Praxis – je nach Anlage – zwischen mehreren 10 bis zu mehreren 100 W Dauerleistung je Dichtstelle einsparen. Aus der Anzahl der Dichtstellen und der höheren Betriebsdauer resultiert dann eine ökonomisch und ökologisch relevante Jahresersparnis – u.a. als Basis für interessante Total-Cost-of-Ownership-Betrachtungen.

Die geringere thermomechanische Beanspruchung der Dichtung ermöglicht zudem höhere Rezyklatanteile im Elastomer oder verlängert die Standzeit sensibler oder sehr teurer Werkstoffe. Auch können Geräuschemissionen (z.B. quietschen bei EPDM) minimiert werden.

Eine einfache Vergleichsrechnung (Ergebniswerte ohne Herleitung) verdeutlicht das Potenzial. Der Vergleich zeigt die Gesamt-Verlustleistungen zwischen Standard- vs. Low-Friction-Dichtung. Die Randbedingungen waren hier identisch:

- In Szenario A bei der Abdichtung gegen Öl (höhere Viskosität) lag die Verlustleistung der Standarddichtung bei rd. 110 W, bei der Low-Friction-Dichtung bei rd. 47 W. Die Einsparung an der Dichtstelle lag damit bei rd. 63 W (–56,9%).

Fakten für die Konstruktion

- Mit aufvulkanisierten Folien lassen sich Low-Friction-Dichtungen an die unterschiedlichsten Aufgabenstellungen anpassen

Fakten für den Einkauf

- Mehrere positive Einflussfaktoren auf Total-Cost-of-Ownership-Berechnungen
- Deutliche Energieeinsparungen

Fakten für die Produktion

- Längere Standzeiten und eine geringere Wärmebelastung der Anlagen

Fakten für das Qualitätsmanagement

- Anforderungen an geringeren CO₂-Fußabdruck und an einen höheren Rezyklateinsatz können erfüllt werden

- In Szenario B – hier wurde gegen Wasser/Glykol (niedrigere Viskosität) abgedichtet – lag die Verlustleistung der Standarddichtung bei rd. 70 W, bei der Low-Friction-Dichtung bei rd. 21,5 W. Die Einsparung an der Dichtstelle lag damit bei rd. 48,5 W (–69,3%).

Fazit

Dieser Ansatz zeigt die Bedeutung und den Effekt moderner Materialkombinationen in der Dichtungstechnik. Dichtungslösungen lassen sich so problemlos an die jeweiligen Aufgabenstellungen anpassen, um Vorteile auf mehreren Ebenen – Standzeiten, Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, inkl. Erfüllung neuer Anforderungen wie Rezyklateinsatz, – konsequent zu nutzen.