

Eine zuverlässige Lösung für längere Maschinenverfügbarkeit

INSOCOAT – elektrisch isolierte Wälzlager



Vermeidung von Elektroerosion in Lagern

Sobald ein elektrischer Strom durch Wälzlager fließt, besteht die Gefahr, dass die Zuverlässigkeit Ihrer Maschinen beeinträchtigt wird. Elektroerosion kann zu Schäden und Verschleiß an Lagern in Fahrmotoren, Elektromotoren und Generatoren führen – kostspielige Ausfallzeiten und ungeplante Wartungsarbeiten sind die Folgen.

Mit der jüngsten Generation von elektrisch isolierenden INSOCOAT Lagern setzt SKF völlig neue Leistungsmaßstäbe. INSOCOAT Lager gewährleisten höchste Zuverlässigkeit und Produktivität für elektrische Anwendungen, selbst unter anspruchsvollsten Umgebungsbedingungen.

Auswirkungen von Elektroerosion

In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach isolierten Lagern zur Verwendung in elektrischen Maschinen stetig gestiegen. Höhere Motordrehzahlen und der zunehmende Einsatz frequenzgesteuerter Antriebe haben dazu geführt, dass die Isolierung absolut verlässlich sein muss, um Schäden durch elektrische Ströme zu vermeiden. Die Isolationseigenschaften müssen unabhängig von den Umgebungsbedingungen stabil bleiben; dies gilt besonders, wenn Lager in feuchten Umgebungen aufbewahrt und verwendet werden.

Elektroerosion beschädigt Lager auf drei verschiedene Arten:

1. Überspannung

Wenn ein elektrischer Strom über die Wälzkörper von einem Ring zum anderen durch ein Lager fließt, erzeugt er einen Prozess, der dem Lichtbogenschweißen ähnelt und eine hohe Stromdichte auf eine kleine Kontaktfläche konzentriert. Dadurch wird das Material erwärmt und erreicht Temperaturen, wie sie beim Härten oder Schmelzen verwendet werden. Es entstehen



Kugellager-Laufbahn mit starken Ausbrüchen aufgrund von Elektroerosion

verfärbte Bereiche unterschiedlicher Größe, in denen das Material angelesen bzw. neugehärtet wurde oder geschmolzen ist, während Letzteres zu Kraterbildung führen kann.

2. Kapazitive Streuströme

Wenn Strom – auch mit geringer Stärke – kontinuierlich in Form von Lichtbögen durch ein Lager fließt, werden die Laufbahnflächen durch die Hitze beeinträchtigt und erodieren infolge tausender Mikrokrater, die hauptsächlich am Wälzkontakt auftreten. Diese dicht beieinanderliegenden Krater haben im Vergleich zu den Schäden aufgrund von Überstrom einen kleinen Durchmesser.

Im Laufe der Zeit führt dies – als Sekundäreffekt – zu Riffeln (Waschbrett-Effekt) auf den Laufbahnen der Ringe und Rollen. Das Ausmaß der Schäden hängt von mehreren Faktoren ab: Lagerart, Lagergröße, elektrisches Gesamtsystem,



Auswirkungen von Mikrokratern aufgrund von Erosion durch hochfrequente Kriechströme. Vergleich zwischen einer Kugel mit (links) und ohne (rechts) Mikrokrater

Lagerbelastung, Drehzahl und Schmierstoff. Außer den Oberflächenschäden am Lager kann sich das Schmierfett im Schadensbereich verändern, was zu Mangelschmierung und letztendlich zu Oberflächenzerrüttung und Ausbrüchen führen kann.

3. Alterung des Schmierstoffs

Hohe lokale Temperaturen, die durch elektrische Ströme verursacht werden, können dazu führen, dass die Additive im Schmierstoff verkohlen oder verbrennen und als Konsequenz schneller verbraucht werden. Bei Fettschmierung verfärbt sich das Fett schwarz und wird hart. Dieser schnelle Abbau des Schmierstoffs hat eine drastische Verkürzung der Lagerlebensdauer zur Folge.



Riffel an den Laufflächen sind Sekundärschäden, die in der Regel durch elektrische Ströme verursacht werden, die durch das Lager fließen.



Außenring eines Zylinderrollenlagers mit Käfig, Rollen und Schmierfett: Verbranntes Schmierfett (schwarz) an Käfigstegen infolge von Kriechströmen

Warum Feuchtigkeit eine entscheidende Rolle spielt

Feuchte Betriebsumgebungen in Ländern wie Indien und China stellen isolierte Lager vor eine zusätzliche Herausforderung. Wenn Lager Feuchtigkeit ausgesetzt sind, beispielsweise während der Lagerung, kann Feuchtigkeit in das isolierende Material eindringen und die Wirksamkeit der elektrischen Isolierung beeinträchtigen sowie die Lebensdauer des Lagers selbst verringern.

INSOCOAT: Schutz vor Elektroerosion

INSOCOAT Lager von SKF wirken Elektroerosion unter einer Vielzahl von Bedingungen entgegen, einschließlich hoher Feuchtigkeit. Durch eine elektrisch isolierende Beschichtung auf den Außenflächen des Außen- oder Innenrings sind die Isoliereigenschaften in das Lager integriert. Sie reduzieren den vorzeitigen Lagerausfall aufgrund von Streuströmen in unterschiedlichsten Anwendungen, wie:

- Industrie-Elektromotoren
- Fahrmotoren
- Generatoren

Hochwertige Beschichtung

INSOCOAT Lager verfügen über eine isolierende Aluminiumoxid-Beschichtung, die mit einem thermischen Spritzverfahren aufgebracht wird und folgende Vorteile bietet:

- Beständigkeit gegenüber den üblichen Medien, die in Lageranwendungen eingesetzt werden
- Schutz in einem weiten Temperatur- anwendungsbereich
- Isolationswiderstand von mindestens 200 MOhm (**Tabelle 1**)
- Widerstehen nachweislich Spannungen von 3 000 V DC (Beschichtungen für höhere Spannungen auf Anfrage lieferbar)

Schutzversiegelung

Plasma-Spritzbeschichtungen sind üblicherweise hygroskopisch und daher anfällig gegenüber Eindringen von Kondenswasser. INSOCOAT Lager werden mit einer speziellen Versiegelung behandelt, um diesen Effekt zu verhindern.

Technische Unterstützung

SKF kann Ihnen die relevanten elektrischen Parameter für Ihre Lager liefern, sodass Sie die beste Isolationslösung für Ihre Anforderungen auswählen können.

Globale Verfügbarkeit

Die am häufigsten benötigten Größen und Ausführungen der INSOCOAT Lager sind als einreihige Rillenkugellager und einreihige Zylinderrollenlager ab Lager erhältlich. Spezifische Größen und Produkte sind auf Anfrage erhältlich.

Leistungsdaten, Maß- und Laufgenauigkeit entsprechen exakt jenen der nicht isolierten Lager (**Tabelle 2**).



Tabelle 1

INSOCOAT Spezifikationen, $T \leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $rH \leq 60\%$

SKF Spezifikations- Nachsetzzeichen		Durchschlag- spannung	Mindest-Isolations- widerstand
		[V] DC	[MΩ]
Außenringbeschichtung	Innenring- beschichtung		
SKF Standardbeschichtung VL0241	VL2071	3 000	200
SKF Beschichtung für höhere Ansprüche VL0246	VL2076	3 000	400

Tabelle 2

INSOCOAT Lagerdaten

Rillenkugellager und Zylinderrollenlager

Abmessungsnormen	Hauptabmessungen: ISO 15
Toleranzen	Normal, höhere Genauigkeit auf Anfrage Werte: ISO 492, weitere Informationen enthält der SKF Wälzlagerkatalog Die Aluminiumoxidschicht auf den Außenflächen des Innen- oder Außenrings wirkt sich nicht auf die Genauigkeit aus.
Radiale Lagerluft	C3 als Standard, die Verfügbarkeit anderer Lagerluftklassen ist zu prüfen. Die Werte gelten für neue, nicht eingebaute Lager bei Messlast Null: ISO 5753-1, siehe SKF Wälzlagerkatalog
Zulässige Schiefstellung	Entsprechen denen vergleichbarer Standardlager

Die INSOCOAT Vorteile

Höhere Maschinenzuverlässigkeit

Mit INSOCOAT Lagern gehören Lagerausfälle aufgrund von Streuströmen weitgehend der Vergangenheit an – Maschinen laufen somit zuverlässiger und länger.

Kostengünstiger Schutz vor Schäden durch elektrische Ströme

INSOCOAT vereint Lager und Isolierung in einer Lösung. Im Vergleich zur Wellen-

oder Gehäuseisolierung bieten INSOCOAT Lager eine deutlich kostengünstigere Lösung gegen Stromdurchgang.

Längere Maschinenlaufzeiten und reduzierte Instandhaltungskosten

INSOCOAT Lager verlängern die Maschinengebrauchsdauer, wodurch sich längere Wartungsintervalle ergeben.

Einfach einzubauen und sofort einsatzbereit

INSOCOAT Lager können mit Standardverfahren und Werkzeugen montiert werden und sind während Transport und Handhabung äußerst robust.

Auswahl an Beschichtungen

Beschichteter Außenring

Die am häufigsten eingesetzten INSOCOAT Lager sind Ausführungen mit stromisolierter Beschichtung auf der Außenfläche des Außenrings.
Merkmale:

- Empfohlen für Motoren mittlerer Größe, deren Lager einen Bohrungsdurchmesser von < 120 mm aufweisen.
- Geeignet für alle Gehäusearten
- Geeignet für Lager mit einem Außendurchmesser > 80 mm
- Gekennzeichnet durch die Nachsetzzeichen VL0241 und VL0246

Beschichteter Innenring

INSOCOAT Lager mit stromisolierter Beschichtung auf der Außenfläche des Innenrings bieten einen besseren Schutz gegen elektrische Ströme, da die kleinere beschichtete Oberfläche eine höhere Impedanz bietet.
Merkmale:

- Empfohlen für große Motoren, deren Lager einen Bohrungsdurchmesser von > 120 mm aufweisen.
- Geeignet für Lager mit einem Bohrungsdurchmesser > 70 mm
- Gekennzeichnet durch die Nachsetzzeichen VL2071 und VL2076



INSOCOAT Rillenkugellager mit Außenringbeschichtung



INSOCOAT Zylinderrollenlager mit Innenringbeschichtung

Kundenspezifische Lösungen

INSOCOAT Lager können auch als komplexe Ringgeometrien, mit großem Lagerdurchmesser und Lagereinheiten geliefert werden.



INSOCOAT Kegelrollenlager mit Flansch am beschichteten Außenring



INSOCOAT Fahrmotorlagereinheit mit beschichtetem Innenring



INSOCOAT Radsatz-Kegelrollenlagereinheit mit beschichtetem Außenring

Der Einfluss elektrischer Parameter

INSOCOAT Lager weisen in Gleich- bzw. Wechselstromsystemen ein unterschiedliches Verhalten auf.

In Gleichstromanwendungen wirkt ein INSOCOAT Lager wie ein rein ohmscher Widerstand. Die Aluminiumoxidschicht dient als Isolierung, daher ist nur der ohmsche Widerstand (R) der Schicht von Bedeutung. Die Durchschlagspannung der Standardschicht ist für Gleichstrom mit 3 000 V angegeben und der Widerstand beträgt mindestens 200 MΩ, womit eine ausreichende Isolierung des Lagers gewährleistet ist.

In Wechselstromanwendungen, besonders bei hohen Frequenzen, durch Frequenzrichterbetrieb, verhalten sich die Lager anders. Eine elektrisch isolierende Schicht, wie die keramische INSOCOAT Beschichtung funktioniert als Parallelschaltung eines Widerstands und eines Kondensators. Daher muss die Impedanz (Z), wie in Gleichung 1 dargestellt, ebenfalls betrachtet werden:

$$|Z| = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + (2\pi fC)^2}}$$

GLEICHUNG 1: Elektrische Impedanz einer elektrischen Kapazität in Parallelschaltung zu einem ohmschen Widerstand.

Gleichung 1 zeigt, dass mit zunehmender Frequenz, der kapazitive Term stärker wird und damit eine Abnahme der Impedanz zur Folge hat.

Die elektrische Impedanz hängt in diesem Fall vom ohmschen Widerstand (R), der Kapazität (C) und der Frequenz (f) der anliegenden Spannung ab. Die elektrische Kapazität (Gleichung 2) eines INSOCOAT Lagers hängt von der Größe der beschichteten Oberfläche des Lagers (A), der Dicke der isolierenden Beschichtung (s), dem Material der Beschichtung (ϵ_r) und der Dielektrizitätskonstanten (ϵ_0 , eine elektrische Konstante) ab.

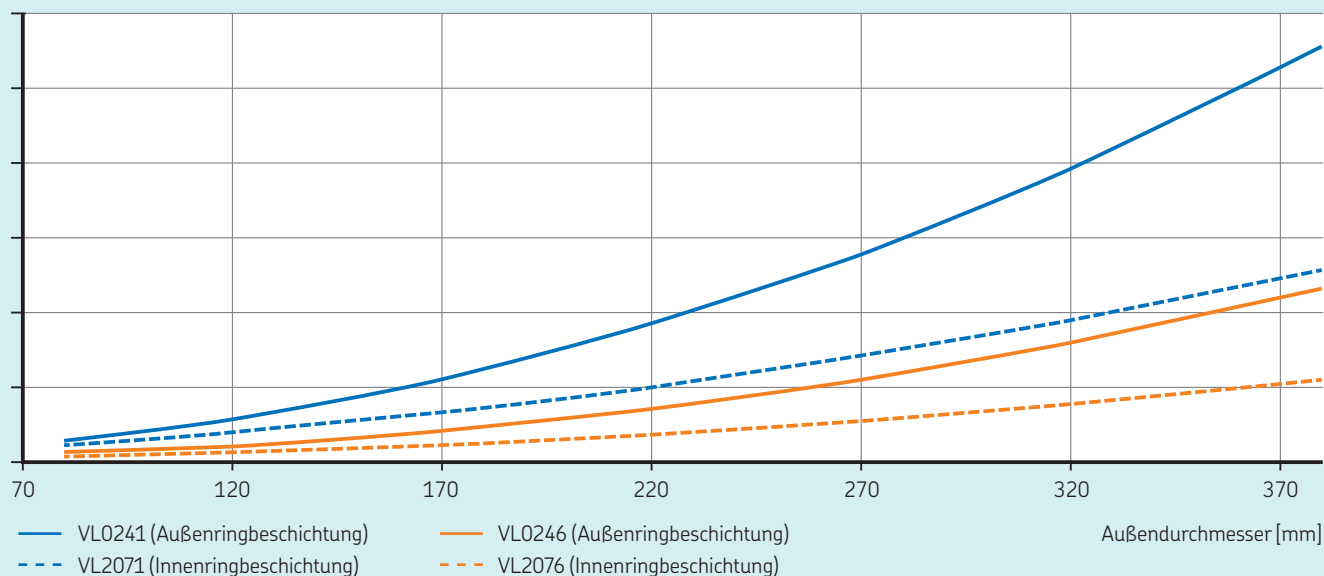
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{s}$$

GLEICHUNG 2: Elektrische Kapazität eines Plattenkondensators.

Um die Impedanz des Lagers zu erhöhen, muss die elektrische Kapazität der Beschichtung so klein wie möglich gehalten werden. In der Praxis bedeutet dies, dass eine Innenringbeschichtung immer eine höhere Impedanz hat als eine Außenringbeschichtung. Das gleiche gilt für die Dicke der Beschichtung. VL0246 hat eine deutliche höhere elektrische Impedanz als VL0241 (**Diagramm 2**).

Elektrische Kapazität als Funktion des Lageraußendurchmessers

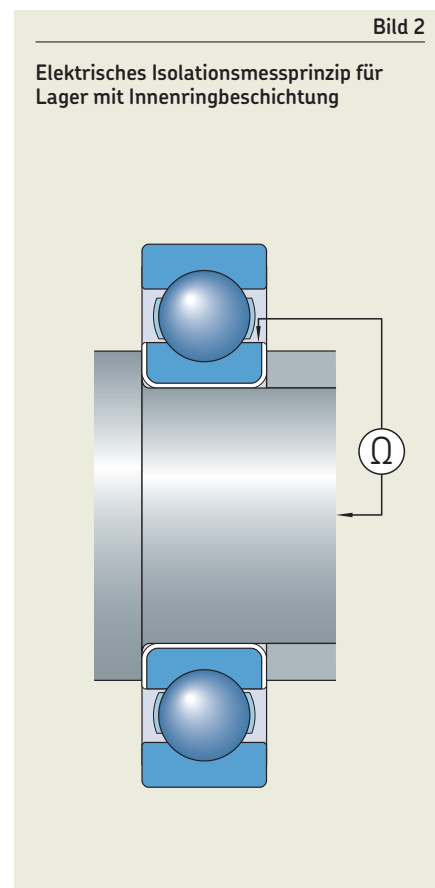
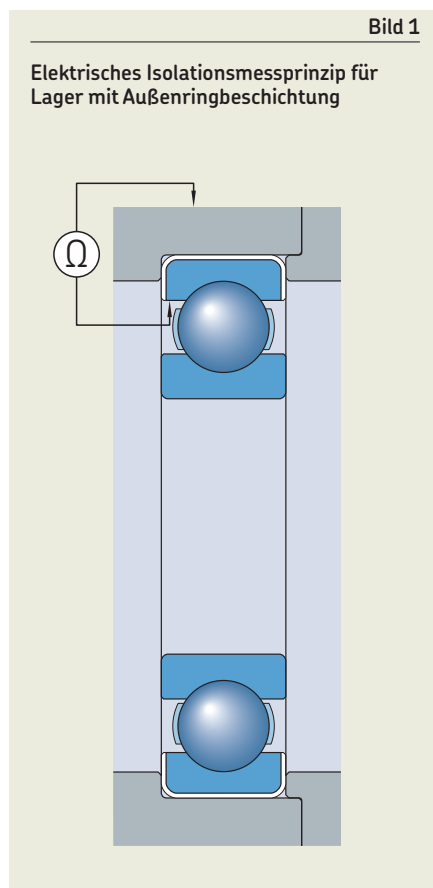
Elektrische Kapazität



So bestimmt SKF elektrische Parameter für INSOCOAT Lager

Korrekte Messergebnisse des ohmschen Widerstands sind nur unter kontrollierten Umgebungsbedingungen zu erhalten, da das Ergebnis von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst werden kann, wie Feuchtigkeit, Reinheit, Temperatur und Kontaktflächen.

Bild 1 und **Bild 2** zeigen das für INSOCOAT Lager mit Außenring- oder Innenringbeschichtung verwendete Messverfahren, das sich an realen Montagebedingungen orientiert. Daher sind die in **Tabelle 1** beschriebenen elektrischen Parameter nur im eingebauten Zustand und einer trockenen und sauberen Umgebung gültig. Entsprechende Wellen- und Gehäuseabmessungen sind im Wälzlagerkatalog aufgeführt.



skf.com

® SKF und INSOCOAT sind eingetragene Marken der SKF Gruppe.

© SKF Gruppe 2017

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Genehmigung gestattet. Die Angaben in dieser Druckschrift wurden mit größter Sorgfalt auf ihre Richtigkeit hin überprüft. Trotzdem kann keine Haftung für Verluste oder Schäden irgendwelcher Art übernommen werden, die sich mittelbar oder unmittelbar aus der Verwendung der hier enthaltenen Informationen ergeben.

PUB BU/P2 17344 DE · Mai 2017

Bestimmte Aufnahmen mit freundlicher Genehmigung von Shutterstock.com