

Siliciumcarbid-Gleitlager mit Festschmierstoff aus Bornitrid

Autor: Walter Spang
Patent Nr. DE 10032044

Gleitlager

Wie bei Wälzlagern in verschiedener Ausführung (Kugel, Zylinder...) vermeidet auch bei Gleitlagern idealerweise ein Schmierfilm den direkten Kontakt der Gleitpartner, den so genannten Trockenlauf, und sorgt gleichzeitig für niedrige Reibverluste sowie eine bessere Wärmeableitung.

In der Praxis ist dieser Idealfall allerdings oftmals nicht gegeben. Bei jedem Stop und Neustart tritt Schmierstoffmangel auf.

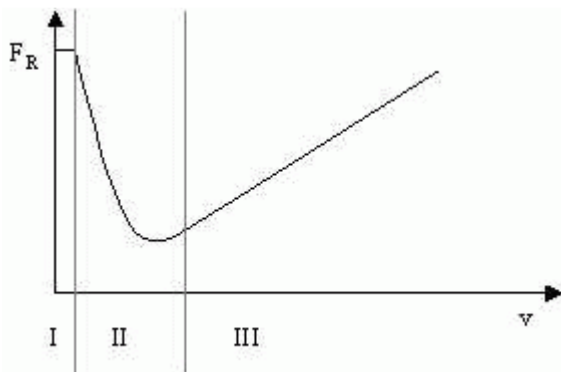
Zur Vermeidung dieser Situation, empfiehlt sich die Einbringung von Festschmierstoffstiften in die Gleitlager. Spezielle Festschmierstoffbestückung kann zeitlich begrenzten Schmierstoffmangel oder sogar komplett ungeschmierten Betrieb ermöglichen.

Gleitlagerbetrieb

Bei vielen Anwendungen reichen einfache Werkstoffe für die Gleitlagerpaarung aus. Beide Gleitpartner sind idealerweise bei konstanter Geschwindigkeit und ohne Lastwechsel durch einen hydrodynamischen Schmierfilm voneinander getrennt. Das durchströmende Schmiermittel sorgt gleichzeitig für ausreichende Kühlung.

Neben „trockenem“ Anlaufen und unterbrochener Schmiermittelzufuhr bewirken auch noch andere kritische Betriebszustände vorzeitigen Ausfall von Gleitlagern.

Die Stribeck-Kurve verdeutlicht das Problem: Mit abnehmender Gleitgeschwindigkeit steigt wegen unzureichender Ausbildung des Schmierfilms die Reibung und damit die Verschleißrate. Im linken Ast der Kurve durchläuft ein Lager das Gebiet der Mischreibung – eine extreme Belastung für Oberflächen in teilweisem Kontakt. Dieses kritische Feld durchqueren die Gleitpartner bei jedem Start und Stop.

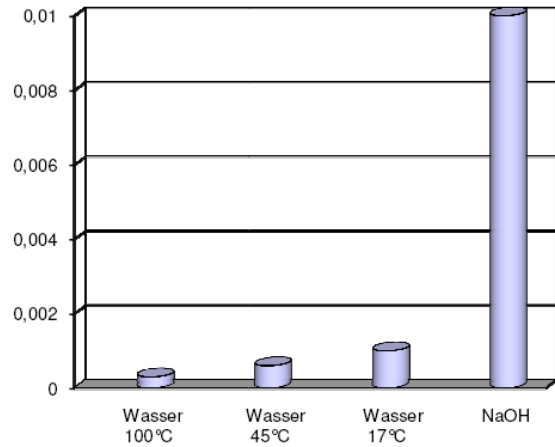


I Grenzreibung, II Mischreibung III Flüssigkeitsreibung

Die Beurteilung der Funktionsfähigkeit einer Gleitlagerung erfolgt mit Hilfe der dimensionslosen Sommerfeldzahl. Sie errechnet sich aus Viskosität, Lagerspiel, Radialkraft, Lagergeometrie und Gleitgeschwindigkeit.

Wegen großer Wertschwankungen bei Viskosität und Lagerspiel, das quadratisch in das Ergebnis

einfließt, gilt diesen beiden Größen besondere Aufmerksamkeit.



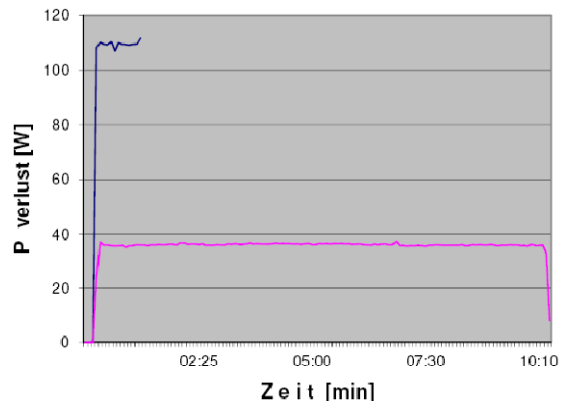
Dynamische Viskosität η in Abhängigkeit von Temperatur und Flüssigkeit in [$\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$]

Rechenbeispiele zeigen, dass allein die Schmierung durch Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität unlösbare Probleme für eine Lagerauslegung bedeuten. Verunreinigungen oder Auskristallisationen in der Flüssigkeit, Drehzahländerungen, Veränderungen der Radialkraft und fertigungstoleranzbedingte Lagerspielschwankungen unterstreichen die Problematik zusätzlich.

Gleitlager mit Festschmierstoff

Integrierter Festschmierstoff kann maßgeblich zur Entschärfung der Schmierstoffmangelsituation beitragen. Um eine Schwächung des Basismaterials zu vermeiden, bevorzugen wir Schmierstoffstifte.

Testergebnisse verdeutlichen, dass dadurch die Reibung und somit die Wärmeentwicklung im Gleitlager reduziert werden.



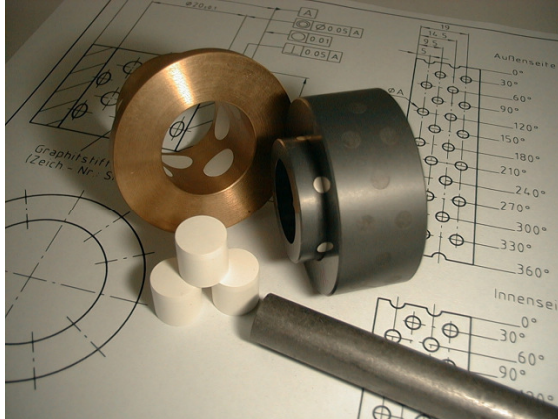
SiC-Gleitlager ohne (blau) und mit (rot) Festschmierstoff. Ohne Festschmierstoff vorzeitiger Versuchsabbruch wegen Überhitzung der Lagerbefestigung.

Aufbauend auf bereits erprobte mit Graphitstiften bestückte Bronzegleitlager, ersetzt bei der hier

Siliciumcarbid-Gleitlager mit Festschmierstoff aus Bornitrid

Autor: Walter Spang
Patent Nr. DE 10032044

vorgestellten hochwertigen Alternative hexagonales Bornitrid (BN) kohlenstoffhaltige Schmierstoffe.



Bornitrid/Graphit-bestückte Bronze-/SiC-Gleitlager

Bereits der Ersatz von Graphit durch Bornitrid ermöglicht eine Erhöhung der Anwendungstemperaturen unter Sauerstoffatmosphäre bei Bronzelagern. Diese traditionelle Methode wurde konsequent für keramische Lager aus Siliciumcarbid (SiC) weiterentwickelt.

Ähnliches Wärmeausdehnungsverhalten von SiC und den verwendeten Bornitrid-Schmierstoffstiften sorgt für deren sicheren Halt auch bei betriebsbedingten Temperaturschwankungen.

Material	Dichte [g/cm ³]	WAK [10 ⁻⁶ /K]	WLF [W/m ² *K]
SiC	3,2	4,0	100
BN	2,1	4,0	50

Bei den in der Tabelle dargestellten Werten handelt es sich um Orientierungswerte

Der Mix günstiger Eigenschaften ergibt sich aus niedriger Dichte und hoher Wärmeleitfähigkeit (WLF), sowohl der keramischen SiC-Matrix als auch der BN-Schmierstoffstifte.

SiC-BN-Gleitlager sind besonders bei anwendungstechnisch bedingter Vermeidung kohlenstoffhaltiger Schmierstoffe verwendbar, denn der Einsatz von BN-Schmierstoffstiften bringt keinerlei Kohlenstoffverunreinigungen bei thermischen Prozessen mit sich.

Die thermische Belastbarkeit von SiC-BN-Gleitlagern unter Präsenz von Sauerstoff liegt bei über 800°C. Unter Schutzgas oder im Vakuum können deutlich höhere Einsatztemperaturen erreicht werden.

Weitere Eigenschaften von Bornitrid sind chemische Neutralität und geringe Benetzbarkeit durch Metalle.

Handhabung

Die wesentlichen Punkte hinsichtlich werkstoffgerechter Konstruktion sind vom Umgang mit keramischen Lagern bekannt:

Das Einschrumpfen von Außenlagern in Gehäuse sowie das Aufziehen der Innenlager auf Toleranz- bzw. O-Ringe zwecks flexibler Zentrierung auf der Welle und Kompensation des unterschiedlichen Wärmeausdehnungsverhaltens gegenüber dem Wellenstahl.



BN-bestücktes SiC-Gleitlager mit Toleranzring und O-Ring

Zusammenfassung

Die vorliegenden Erkenntnisse wurden an Testserien bei axial flexiblem und unter radialer Last beaufschlagtem Außenlager und rotierendem Innenlager durch Reibdrehmomentmessung ermittelt. Schmierstoffbestückt war nur die stehende Außenlagerbuchse.

Anwendungsbeispiele für drehbare Lager sind z. B. Lager in Türen und Fördereinrichtungen von Glüh- und Härteofenanlagen.

Zweidimensional verschiebbare Lagerplatten lassen sich ebenfalls mit Bornitrid bestücken.

Das Gleiche gilt auch für rotierende Axiallager.

Folgende Werkstoffkombinationen sind denkbar: Basislagermaterial SiC oder metallischer Lagerwerkstoff mit Festschmierstoffstiften aus Bornitrid.

Mit dem Einsatz von Bornitrid anstelle von Graphit werden unerwünschte Kohlenstoffverunreinigungen vermieden.

Durch vergleichbare Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit stellen Siliciumcarbid und Bornitrid eine ideale Werkstoffkombination im Falle eines totalen Schmierfilmausfalls dar, die allen bisher bekannten Kombinationen deutlich überlegen ist.

Im Test konnte nachgewiesen werden, dass selbst bei längerem Trockenlauf eine reibungsbedingte Überhitzung der Lager verhindert werden kann.