

Hybrid-Keramik-Lager:

Keramik-Hybridkugellager verwenden Keramikkugeln. Je nach Größe wiegen Keramikkugeln bis zu 40 % weniger als Stahlkugeln. Dies verringert die Zentrifugalbelastung und das Schleudern, so dass Hybrid-Keramiklager bis zu 50 % schneller arbeiten können als herkömmliche Lager. Das bedeutet, dass die **geringere Kraft** reduziert die Reibung und den Rollwiderstand. Durch die leichtere Kugel kann sich das Lager schneller drehen und verbraucht weniger Energie, um seine Geschwindigkeit beizubehalten. Bei keramischen Hybridkugellagern werden diese Keramikkugeln anstelle von Stahlkugeln verwendet. Sie sind mit Innen- und Außenringen aus Stahl, aber mit Keramikkugeln ausgestattet, weshalb sie auch als Hybridlager bezeichnet werden.

Keramiklager bieten eine erhebliche Leistungssteigerung gegenüber Lagern aus herkömmlichem Stahl. Unsere Keramiklager werden aus Siliziumnitrid (Si₃N₄) hergestellt, einem außergewöhnlich harten, nichtmetallischen Werkstoff, der für Drehzahlen bis zu 2 Millionen dN ausgelegt ist und eine Vielzahl von Vorteilen bietet.

HybridBearings haben Stahlringe und Keramikkugeln. Si₃N₄-Kugeln sind die beliebtesten Kugeln, da sie nur 40 Prozent der Dichte von Wälzlagereisen haben, aber viel härter sind und eine höhere Verschleißfestigkeit aufweisen. Zirkoniumdioxid ist mit 75 Prozent der Dichte von Stahl schwerer und daher für Hybridlager weniger geeignet. Hybridlager sind auch für höhere Drehzahlen geeignet. Manchmal werden übertriebene Behauptungen über die Hochgeschwindigkeitsfähigkeit von Hybridlagern aufgestellt. Sie können aufgrund der geringeren Zentrifugalkraft, die von den Keramikkugeln erzeugt wird, schneller laufen als reine Stahllager, doch wird dies durch die geringere Elastizität der Kugeln teilweise wieder aufgehoben. Da die Kugeln härter sind, ist die Kontaktfläche zwischen den Kugeln und der Laufbahn kleiner, was einen höheren Kontaktdruck verursacht. Unter Belastung kann dies dazu führen, dass die Laufbahnen schneller verschleifen als bei Stahlkugeln. Die Drehzahlerhöhung bei Hybridlagern beträgt bei ausreichender Schmierung etwa 30 Prozent. Hybridlager können auch mit begrenzter Schmierung besser funktionieren, da das reibungsärmere Material weniger Wärme erzeugt, aber die Laufgeschwindigkeit sollte reduziert werden. Aufgrund der geringeren Kugeldichte sind Hybridlager auch weniger anfällig für das Schleudern der Kugeln bei der Anfangsbeschleunigung.

Vorteile von Keramikkugellagern

- **Hohe Geschwindigkeiten und schnellere Beschleunigung** durch ein Material, das nur 40 % der Dichte von Stahl hat und dennoch stark genug ist, um 30-50 % höhere Laufgeschwindigkeiten bei geringerem Schleudern und geringerem Schmiermittelverbrauch zu erreichen
- **Die höhere Genauigkeit** ist das Ergebnis von Kugeln mit einem 50% höheren Elastizitätsmodul als Stahl. Diese höhere Steifigkeit bedeutet weniger Verformung, die zu Vibrationen und Spindeldurchbiegung führt, wodurch sowohl die Qualität der Komponenten als auch die Produktivität erhöht wird.
- **Geringere Reibung** führt zu einer Reihe von Vorteilen: längere Lebensdauer, weniger Schmierung, Energieeffizienz, geringerer Geräuschpegel und weniger Wärme
- Die **nichtleitenden** Eigenschaften eines Nichtmetalls wie Siliziumnitrid verhindern Lochfraß und Rillenbildung in den Laufbahnen, wie sie bei Elektromotoren üblich sind.

- **Die Korrosionsbeständigkeit** von Siliziumnitrid macht es in Gegenwart von Wasser oder korrosiven Chemikalien effektiver als Lagerkugeln aus Stahl
- **Längere Lebensdauer** ...5 bis 10 Mal länger als Standard-Metalllager

Keramik-Hybridlager mit:

- 1) Hochpräzisionslager, P4, P5 und P6.
- 2) Die Ringe sind aus veredeltem Chromstahl gefertigt. Edelstahl 440C
- 3) Käfig: Peek & PTFE-Käfig (kann konstantes Arbeiten unter 250 Grad Celsius gewährleisten) und Peek-Käfig ist auch der ideale Käfig für die hohe
Für normale Anwendungen sind Stahlkäfige und Nylonkäfige ausreichend, da sie die Schmierung während des Betriebs des Lagers gewährleisten und die Eigenschaft der Selbstschmierung haben.
- 4) Kugeln: Wir verwenden G3, G5 hochpräzise Si3N4 Kugel für die hohe Geschwindigkeit.
- 5) Radiales Spiel: Normal C0, oder C3.
- 6) Nicht nur für die hohe Geschwindigkeit, sondern auch Hybridlager hat die Isolierung Funktionen. Daher für die kleine Größe der Bohrung dia.40mm, kann auch für die Isolierung Lager Zweck verwendet werden.
- 7) Vollkugelhybride können auch nach unserem Produktionsbild hergestellt werden.

Die innere und äußere Rollenbahn ist verchromt und rostfrei, der Rollkörper besteht aus Si_3N_4 ZrO_2 Kugeln (Sic Ceramic Balls)

Hybridlager haben Vorteile gegenüber Stahllagern

1. Hohe Geschwindigkeit

Hybridlager können 3.500.000 DN im Zustand der Ölnebelschmierung und 1.200.000DN im Zustand der Fettschmierung erreichen, was auf die starke Reduzierung des relativen Schlupfes, des Verschleißumfangs und der Wärmeproduktivität zurückzuführen ist.

2. Lange Lebensdauer

Die Lebensdauer von Hybridlagern ist bei geeigneten Arbeitsbedingungen 3 bis 5 Mal so hoch wie die von Stahllagern.

3. Selbstschmierend

Selbst bei schlechter oder fehlender Schmierung können Hybridlager dank ihrer Selbstschmierung sicherstellen, dass die Lager regelmäßig funktionieren.

4. Korrosionsbeständig

Hybridlager haben eine gute Korrosionsbeständigkeit und können auch unter Korrosionsbedingungen regelmäßig arbeiten.

5. Hohe Steifigkeit

Das Elastizitätsverhältnis von Keramik ist 1,5 mal so hoch wie das von Lagerstahl, was die Steifigkeit des Lagers stark erhöht.

6. Geringes Reibungsmoment

Keramische Werkstoffe haben eine geringe Reibungskraft, selbst bei Grenzschmierung sind die Oberflächen noch sehr glatt, so dass die Reibungskraft gering ist und auch das Rotationsreibungsmoment niedrig ist.

7. Abriebfest

Die Mikrohärtigkeit der Keramik kann HV1700 kg/mm² erreichen, was die Verschleißfestigkeit der Lager stark erhöht.

8. Leichtes Gewicht

Das Gewicht von Keramik ist um 60 % geringer als das von Stahl, was die Fliehkraft und das Gewicht des gesamten Lagers stark verringert.

9. Besondere Leistung

Alle Keramikteile sind nicht magnetisch und isoliert.

VOLLKERAMIKLAGER

Vollkeramiklager bestehen vollständig aus keramischem Material und sind herkömmlichen Stahllagern in vielerlei Hinsicht überlegen. Keramik ist das perfekte Material für alle Anwendungen, die höhere Drehzahlen erreichen, das Gesamtgewicht reduzieren oder in extrem rauen Umgebungen mit hohen Temperaturen und korrosiven Substanzen eingesetzt werden sollen. Anwendungen wie Kryopumpen, medizinische Geräte, Halbleiter, Werkzeugmaschinen, Turbinen-Durchflussmesser, Lebensmittelverarbeitungsanlagen, Robotik und Optik. Als keramische Werkstoffe für Lager werden in der Regel Siliziumnitrid (Si_3N_4), Zirkonoxid (ZrO_2) oder Siliziumkarbid (SiC) verwendet.

Da Keramik eine glasähnliche Oberfläche hat, weist sie einen extrem niedrigen Reibungskoeffizienten auf und ist ideal für Anwendungen, bei denen die Reibung verringert werden soll. Keramikugeln benötigen weniger Schmiermittel und haben eine größere Härte als Stahlkugeln, was zu einer längeren Lebensdauer der Lager beiträgt. Die thermischen Eigenschaften sind besser als bei Stahlkugeln, was zu einer geringeren Wärmeentwicklung bei hohen Drehzahlen führt. Vollkeramiklager können einen Käfig oder ein komplettes Kugelset haben, als Käfigmaterialien werden PEEK und PTFE verwendet.

Vollkeramiklager können auch unter extrem hohen Temperaturen betrieben werden und sind in der Lage, bis zu 1800 Grad Celsius zu arbeiten. Keramik ist viel leichter als Stahl und viele Lager wiegen nur 1/3 eines vergleichbaren Stahllagers. Vollkeramiklager sind äußerst korrosionsbeständig und halten den meisten gängigen Säuren stand; sie korrodieren nicht, wenn sie Wasser oder Salzwasser ausgesetzt sind. Und schließlich sind Vollkeramiklager nicht leitend.

Der Zweck eines Radiallagers besteht darin, die Rotationsreibung zu verringern und Lasten zu tragen. Dies wird durch die Verwendung von zwei Laufringen erreicht, die die Kugeln halten und die Last auf die Kugeln verteilen. Wenn sich der Lagerring dreht, werden die Kugeln in Rotation versetzt. Die Kugel sorgt für einen wesentlich geringeren Rollwiderstand und Reibungskoeffizienten, als wenn sich zwei ebene Flächen drehen würden.

Einreihige, vollkeramische Lager sind der häufigste Lagertyp mit einem breiten Anwendungsspektrum. Radiallager werden mit einem sehr hohen Maß an Präzision hergestellt und in Anwendungen eingesetzt, bei denen eine hohe Drehleistung und ein geringes Drehmoment erforderlich sind, die Belastung aber eine untergeordnete Rolle spielt. Vollkeramiklager haben jedoch für ihre Größe höhere Tragzahlen als Rillenkugellager, sind aber auch weniger tolerant gegenüber Fluchtungsfehlern.

Vollkeramiklager haben eine gute bis ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit, sind nicht magnetisch und,

mit Ausnahme von Siliziumkarbid, sind elektrisch isolierend. Vollkeramiklager können bei hohen bis sehr hohen Temperaturen eingesetzt werden, wenn sie ohne Käfig geliefert werden (vollrollig).

Elektrischer Widerstand: Si₃N₄ am besten, dann ZrO₂, dann SiC, das leitfähig ist.

Hochtemperaturbeständigkeit: SiC am besten (1100C), dann Si₃N₄ (1000C), dann ZrO₂

(400C) Korrosionsbeständigkeit: SiC (ausgezeichnet), dann Si₃N₄ (sehr gut) und ZrO₂ (gut)

Belastbarkeit: SiC am höchsten, dann Si₃N₄, dann ZrO₂

Bruchzähigkeit: ZrO₂ am besten, dann Si₃N₄, dann SiC

Vollkeramiklager haben niedrigere Tragzahlen und Drehzahlen als Stahl- oder Hybridlager. Die Drehzahlen sind aufgrund der geringeren Präzision und Rundheit der Ringe niedriger, und die Belastungen sind geringer, weil das Material spröder ist. Bei hohen Belastungen und insbesondere bei starken Stoßbelastungen besteht die Gefahr der Rissbildung. Aus demselben Grund ist bei Presspassungen große Vorsicht geboten. Zirkoniumdioxid ist am wenigsten spröde und verträgt daher Stoßbelastungen und sehr kleine Presspassungen besser als die anderen keramischen Werkstoffe, wobei Siliziumkarbid am sprödesten ist. Stoßbelastungen sollten bei vollkeramischen Lagern vermieden werden. Bei der Verwendung von keramischen Lagern (insbesondere Siliziumnitrid und Siliziumkarbid) auf Stahlwellen bei hohen Temperaturen ist wegen des unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten und der relativen Sprödigkeit der Keramiken große Vorsicht geboten.

Die Eigenschaften von Keramiklagern

- Geringe Dichte

Aufgrund der geringen Dichte haben Keramiklager eine niedrige Zentrifugallast und erzeugen nur wenig Wärme, so dass sie auch bei höheren Geschwindigkeiten arbeiten können.

- Geeignetes elastisches Verhältnis

Das Elastizitätsverhältnis von Keramik ist höher als das von Stahl, was die dynamische Steifigkeit des Lagers erhöhen kann. Das Elastizitätsverhältnis sollte jedoch nicht zu hoch sein, da andernfalls ein zu hohes Elastizitätsverhältnis zu einer Spannungskonzentration führt, die die Lagerkapazität verringert.

- Geringe thermische Ausdehnung

Dies macht die Lager unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen und trägt dazu bei, dass die Lager nicht blockiert werden. Je nach Hybridlager kann das anwendbare Drehzahlintervall größer sein.

- Hohe Festigkeit

Eine hohe Druckfestigkeit ist die Voraussetzung für die Aufnahme hoher Kontaktspannungen (bei Keramik wird die Druckfestigkeit in der Regel durch den Bruchmodul bestimmt, der durch die Drei- oder Vier-Punkt-Biegefestigkeit gemessen wird).

- Hohe Härte und hohe Zähigkeit

Keramik hat eine hohe Härte und hohe Zähigkeit kann eine gute Oberflächenglätte erreichen, und kann die Beschädigung der Auswirkungen und andere äußere Partikel zu verhindern.

- Gute Rollermüdungseigenschaften

Diese Leistung ist für Lager absolut notwendig.

- Abblätternes Ausfallmuster

Wenn der Wälzkörper im Betrieb ausfällt, sollte es sich um Ermüdungsabplatzungen handeln, die vor dem Verklemmen der Lager auftreten und das am wenigsten schädliche Ausfallmuster darstellen.

Die Keramiklager, die unter extremen Bedingungen arbeiten, haben einige zusätzliche Leistungen

- Widerstandsfähigkeit gegenüber erhöhten Temperaturen und Stabilität

Keramische Lager können ihre mechanische Stabilität bis zu 800°C beibehalten.

- Korrosionsbeständigkeit

Unter den Bedingungen von Oxidation und Korrosion, insbesondere in der Kontaktzone, in der der Ölfilm durch die wiederholte Rotation verdrängt wurde, sollte das Material eine gute Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit aufweisen.

Keramische Kugeln Beschreibung:

Wir sind spezialisiert auf die Herstellung von Silikon-Nitrid-Kugeln (Si₃N₄-Kugeln, Zirconia-Kugeln (ZrO₂-Kugeln), Sic-Keramik-Kugeln, Aluminiumoxid-Ventil (Al₂O₃) Keramikkugeln.

Die Charakteristik von Keramikkugeln

Im Vergleich zu Stahl zeichnen sich keramische Werkstoffe durch bessere oder besondere Eigenschaften aus, z. B. Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, hohe Temperaturbeständigkeit, elektrische Isolierung (außer SiC), Nichtmagnetismus, hohe Festigkeit, hohe Steifigkeit und geringes spezifisches Gewicht. Diese

Diese Eigenschaften qualifizieren sie für den Ersatz von Stahl, damit die Lager auch bei höheren Geschwindigkeiten, in rauen Umgebungen und bei geringerem Schmiermittelverbrauch eingesetzt werden können, und sie verringern Verschleiß, Geräusche, Vibrationen und Wartungszeiten der Lager und erhöhen letztendlich die Leistung, Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Lager.

Zu den keramischen Materialien, die für die Herstellung von Lagern verwendet werden können, gehören hauptsächlich Siliziumnitrid, ZrO_2 , Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Siliziumkarbid. Si_3N_4 ist aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften die erste Wahl unter den oben genannten keramischen Werkstoffen (Tabelle 1). Eine ordnungsgemäß hergestellte Lagerkugel aus Siliziumnitrid versagt auf die gleiche Weise wie eine Stahlkugel, nämlich durch Abblättern der Kugeloberfläche. ZrO_2 , Al_2O_3 und SiC versagen jedoch in Form einer Quetschung, einem katastrophalen Versagen.

Die Güteklassen von Keramikkugeln (GB308-2002 ISO3290-1998)

Klasse	Zulässiger Kugeldurchmesser Variation (μm)	Zulässige Abweichung von der sphärischen form (μm)	Oberflächenrauigkeit (Ra, μm)
3	0.08	0.08	0.010
5	0.13	0.13	0.014
10	0.25	0.25	0.020
16	0.40	0.40	0.025
20	0.50	0.50	0.032
24	0.60	0.60	0.040
28	0.70	0.70	0.050
40	1.00	1.00	0.060
60	1.50	1.50	0.080

Anwendungsbereiche von Keramikkugeln:

LAGER

Rad & Rolle

Hochvakuumfeld

Rollschuhe, Flugmodelle und motorgetriebenes Spielzeug usw. für zivile

Zwecke RC-MODELL/RC-HELIKOPTER/RC-BOOT

Bereiche Luftfahrt und Luftraum

Die Hauptwelle der

Werkzeugmaschine.