

Verlängern Sie die Lagergebrauchsdauer mit NitroMax

Hochstickstoffhaltiger Stahl für
Hochgenauigkeits-Schräggugellager
der Reihe „Super-precision bearings“



Längere Lagergebrauchs Niedrigere Betriebs- und

Die Lager in Fräsmaschinen, Hochgeschwindigkeits-Bearbeitungszentren, und anderen extrem beanspruchten Maschinen müssen viel aushalten:

- Sehr hohe Drehzahlen
- Hohe Temperaturen
- Hohe Belastungen
- Dünne Schmierfilme
- Schmutz- und Korrosionsumgebungen
- Häufiges An- und Abschalten

Bei diesen Bedingungen besteht das Risiko von Oberflächen- und Tiefdefekten infolge vorzeitiger Metaller müdung. Das Ergebnis: Die Maschinen stehen still, die Produktivität sinkt und die Wartungs- und Instandhaltungskosten steigen.

Um die Lagergebrauchsdauer zu verlängern und die stillstandsbedingten Kosten zu senken, hat SKF einen Stahl mit erhöhtem Stickstoffgehalt entwickelt. Die Verwendung von Stickstoff als Legierungselement ist nicht neu. Neu ist jedoch die von SKF optimierte Lösung für die Stickstofflegierung, die wir unter der Bezeichnung NitroMax-Stahl¹ zur Perfektion gebracht haben.

NitroMax ist eine neue Generation nichtrostenden Stahls. Das Material überzeugt durch ausgezeichnete Korrosionsfestigkeit, verbesserte Ermüdungsfestigkeit und hohe Schlagfestigkeit. Der hochreine Stahl mit hohem Stickstoffgehalt kann die Lagergebrauchsdauer nicht nur bei guten Schmierbedingungen (d.h. bei ausreichendem Schmierfilm) verlängern, sondern trägt auch bei kritischen Schmierbedingungen (dünner Schmierfilm) zu einer längeren Gebrauchsdauer bei.

NitroMax-Stahl hat einen sehr niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Darum bleibt bei Lagern aus NitroMax-Stahl die eingestellte Vorspannung auch während des Betriebs – selbst bei hohen Drehzahlen – relativ konstant, wodurch weniger Wärme erzeugt wird und das Schmierfett länger hält.

Durch die verbesserte Lagerleistung lässt sich das Lagerinstandhaltungsintervall verlängern und die Maschinenverfügbarkeit erhöht sich. Im Endergebnis haben Lager aus NitroMax-Stahl daher deutlich reduzierte Betriebs- und Wartungskosten.

Eigenschaften von NitroMax-Stahl

- Hoher Stickstoffgehalt
- Hochrein
- Feines, gleichmäßiges Gefüge
- Sehr gute Korrosionsfestigkeit
- Sehr hohe Ermüdungsfestigkeit im Wälzkontakt
- Sehr gute Verschleißfestigkeit
- Hohe Schlagfestigkeit
- Hoher Härtegrad (bei hohen Temperaturen)
- Sehr niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient
- Geringe Magnetisierbarkeit

Vorteile von NitroMax-Stahl

- Längere Lagergebrauchsdauer bei vollem Schmierfilm
- Deutlich längere Lagergebrauchsdauer bei dünnem Schmierfilm
- Höhere Betriebsdrehzahlen
- Weniger Wärmeerzeugung
- Längere Fettgebrauchsdauer
- Geringere Vorspannungszunahme bei hohen Drehzahlen
- Bessere Wärmefestigkeit bei hohen und sehr niedrigen Temperaturen

¹) Auch unter der Bezeichnung VC444 bekannt.

dauer Wartungskosten

Hybridlager aus NitroMax-Stahl laufen kühler, schneller und länger

Die SKF Hochgenauigkeits-Schrägkugellager aus NitroMax-Stahl sind serienmäßig mit Keramikwälzkörpern (mit für Wälzlager geeignetem Siliziumnitrid) ausgestattet. Keramikwälzkörper haben folgende Eigenschaften:

- **Geringere Dichte** – Keramikwälzkörper sind 60 % leichter als vergleichbare Stahlkörper. Durch das geringere Gewicht und die geringere Trägheit können außergewöhnlich hohe Drehzahlen und ein sehr gutes Verhalten beim schnellen Ein- und Ausschalten erreicht werden.
- **Geringere Reibung** – Die geringere Dichte der Keramikwälzkörper und die niedrigere Reibungszahl führt zu deutlich niedrigeren Lagertemperaturen bei hohen Drehzahlen. Dadurch werden höhere Drehzahlen möglich und die Gebrauchsdauer von Lager und Schmierstoff verlängert sich.
- **Hoher Härtegrad und hohes Elastizitätsmodul** – Keramikwälzkörper haben aufgrund ihres hohen Härtegrads eine hohe Verschleißfestigkeit. Die Lagersteifigkeit ist höher und die Lager halten länger in verunreinigten Umgebungen.
- **Geringer Wärmeausdehnungskoeffizient** – Keramik hat einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizient als Stahl. Dadurch reagieren Lager mit Keramikwälzkörpern weniger empfindlich auf Temperaturgradienten bei hohen Drehzahlen und die Vorspannung schwankt weniger stark.

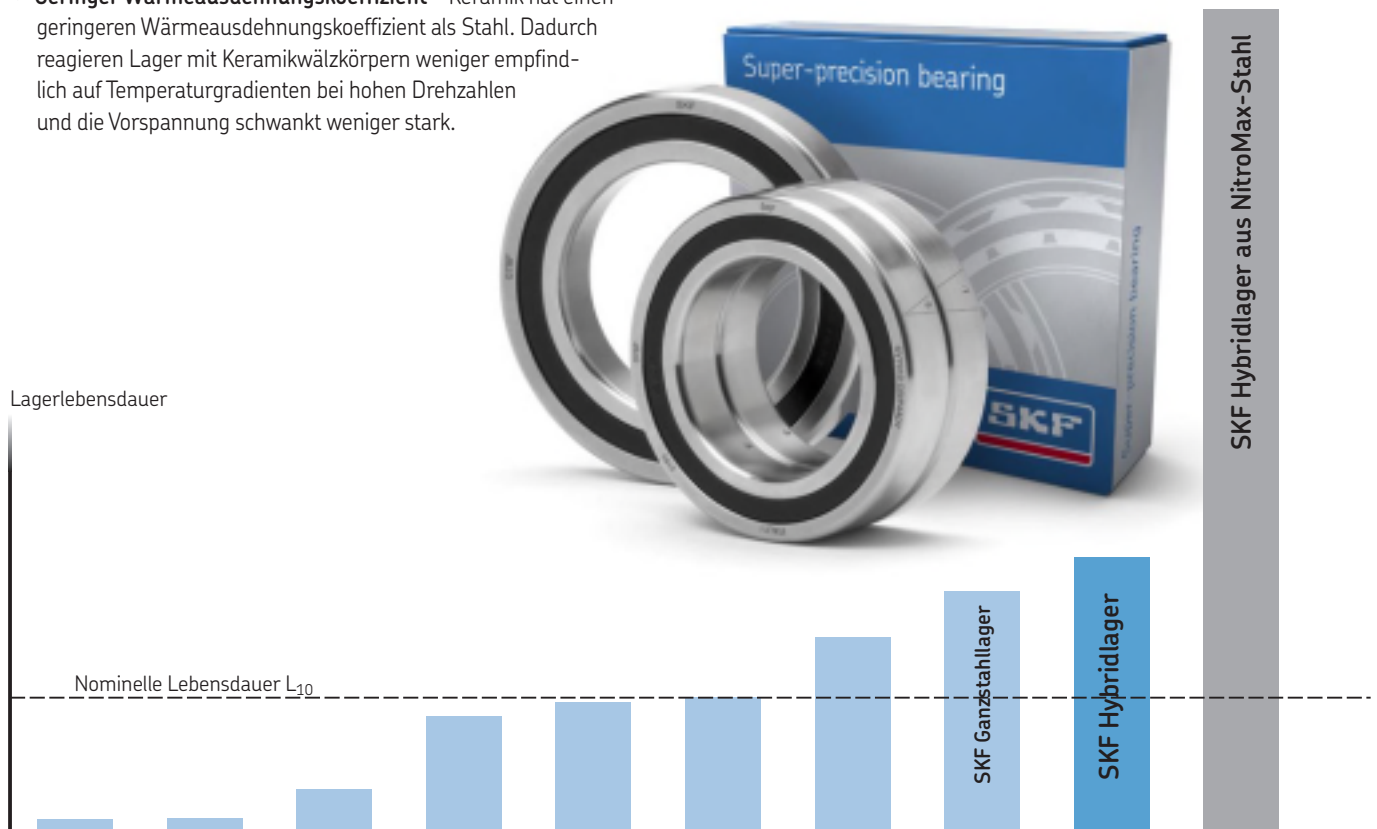
Durch die Kombination aus NitroMax-Stahlringen und Keramikwälzkörpern verbessert sich die Lagerfunktion erheblich – die Gebrauchsdauer dieser Lager liegt ein Mehrfaches über herkömmlichen Hybridlagern.

Längere Gebrauchsdauer durch effektive Abdichtung

Standardlager aus NitroMax-Stahl haben an beiden Seiten eine integrierte Dichtung und werden werkseitig mit Premiumfett vorgeschmiert. Wellendichtringe verhindern das Eindringen von Verunreinigungen und damit den vorzeitigen Lagerausfall. Da die Dichtringe berührungsfrei ausgeführt sind, halten sie das Schmierfett wirksam im Lager, ohne Kompromisse bei den Drehzahlen zu erfordern.

Abgedichtete Hochgenauigkeits-Hybridlager aus NitroMax-Stahl sind bei normalen Betriebsbedingungen auf Lebensdauer geschmiert.

Lager ohne Dichtungen sind ebenfalls verfügbar.



NitroMax – Premiumstahl

Sieger bei Vergleichstests

Die meisten Hochgenauigkeitslager bestehen aus dem durchgehärteten Chromstahl 100Cr6. Dieser Stahl wurden in den letzten Jahren erheblich verbessert und bleibt für viele Anwendungsfälle das Material der Wahl. Bei höchsten Anforderungen an die Genauigkeit kommen jedoch zunehmend Stähle mit hohem Stickstoffgehalt zum Einsatz.

Die Vorteile von NitroMax-Stahl gegenüber anderen Lagerstahl-sorten (→ **Tabelle 1**) erklären sich aus der Wirkung des Stickstoffs auf das Stahlgefüge und die anschließende Optimierung durch eine spezielle Wärmebehandlung.

Sehr gute Korrosionsfestigkeit

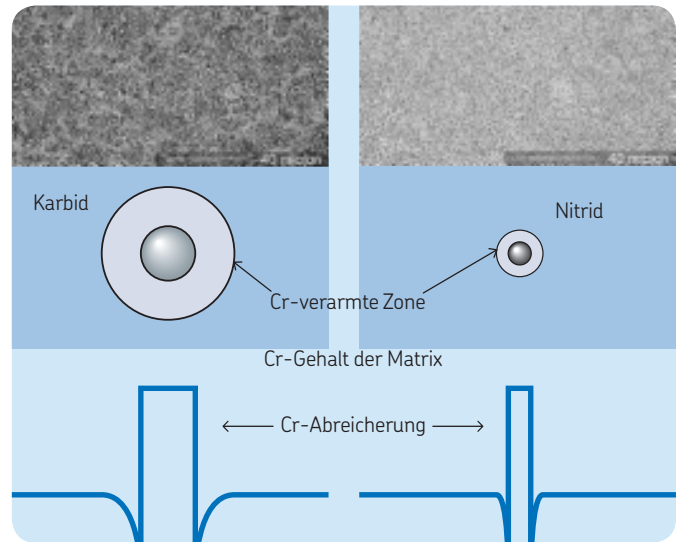
Bei der Wärmebehandlung von Chromstahl entstehen große, spröde Chromkarbide. Bei der Vergütung von NitroMax-Stahl entstehen dagegen kleine Chromnitride, die deutlich weniger spröde sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Stickstoff den Kohlenstoff ersetzt, wodurch deutlich mehr Chrom in die Stahlmatrix gelangen kann. Die daraus resultierende, kleinere chromverarmte Zone um die Nitride macht den stickstoffreichen Stahl erheblich korrosionsbeständiger.

Bessere Dauerfestigkeit

Die bessere Dauerfestigkeit von NitroMax-Stahl hängt mit der Kohärenz und Feinverteilung der Chromnitridausscheidungen zusammen.

Hart und extrem zäh

In den letzten Vergütungsstufen der Wärmebehandlung erhalten Lagerringe aus NitroMax-Stahl einen sehr hohen Härtegrad (> 58 HRC bei hohen Temperaturen) sowie eine hohe Schlagfestigkeit und Maßstabilität.



Das Gefüge von NitroMax-Stahl (rechts) besteht aus feinverteilten Chromnitriden, während herkömmlicher Lagerstahl (links) aus großen, spröden Chromkarbiden besteht.

Warum NitroMax?

NitroMax-Stahl hat nicht nur bessere Eigenschaften als herkömmliche Stähle, sondern auch als andere Stähle mit hohem Stickstoffgehalt. Da das Material praktisch frei von Primärkarbiden ist und kaum Einschlüsse aufweist, dürfte NitroMax die reinste Lagerstahllegierung mit hohem Stickstoffgehalt sein – ein überzeugender Beleg für die kontinuierlichen Verbesserungen, die SKF Entwicklungsingenieure in der Lager- und Materialtechnik erreichen.

Tabelle 1 - Vergleich der Eigenschaften unterschiedlicher Stähle

Lagerstahl	Eigenschaft			
	Korrosionsfestigkeit	Dauerfestigkeit	Verschleißfestigkeit	Zähigkeit
100Cr6 (Chromstahl)	–	+	+	–
AISI 440C (korrosionsbeständiger Stahl)	+	+	+++	–
Nitroalloy / Chromex 40 (Stahl mit mittlerem Stickstoffgehalt)	++	++	++	+
NitroMax (Stahl mit hohem Stickstoffgehalt)	+++	+++	+++	++

– niedrig + mittel ++ hoch +++ sehr hoch

für höchste Lagerleistung

Geeignet für extrem anspruchsvolle Anwendungsfälle

Durch die Eigenschaften der NitroMax-Stahlringe und der Siliziumnitrid-Wälzkörper (Keramik Kugeln) eignen sich SKF Hochgenauigkeits-Hybrid-Schräggugellager ausgezeichnet für extrem anspruchsvolle Maschinen mit Höchstdrehzahlen.

Branchen

- Werkzeugmaschinen
- Klimaanlage
- Luft- und Raumfahrt
- Medizintechnik
- Chemische und petrochemische Industrie
- Halbleiter
- Öl und Gas
- Verteidigung
- Unterwassertechnik
- Lebensmittel und Getränke

Anwendungsfälle

- Hochgeschwindigkeits-Bearbeitungszentren
- Hochgeschwindigkeits-Fräsmaschinen
- Kältemittel-Kompressoren
- Kompressoren mit PRL-Schmierung
- Unterdruckmaschinen
- Meerwasserpumpen
- LNG-Pumpen für Flüssigstickstoffgas
- Medizingeräte
- Hochfrequenzmotoren
- Lebensmittel- und Getränkeverarbeitung

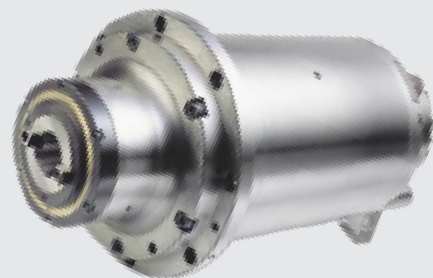
Hermle-Bearbeitungszentrum, C-Reihe



Trane-Kompressor



Hochgeschwindigkeits-Fräsmaschine



Exzellente Leistungen auch Bedingungen

Lebensdauerprüfungen

Die Lebensdauer eines Wälzlagers wird bestimmt durch die Anzahl der Umdrehungen (oder die Anzahl der Betriebsstunden bei gleicher Drehzahl), die das Lager erreicht, bis sich erste Anzeichen von Werkstoffermüdung (Abblätterungen) an den Laufbahnen oder Wälzkörpern bemerkbar machen. Bei dickem Schmierfilm geht diese Ermüdung meist von der Tiefe aus, bei dünnem Schmierfilm dagegen von der Oberfläche.

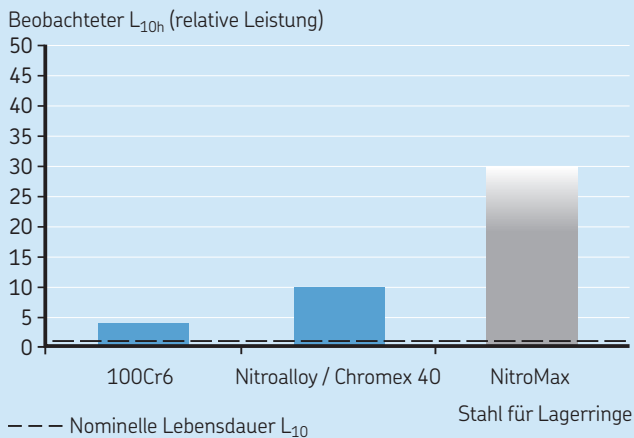
Zum Vergleich wurde die Ermüdungslebensdauer von offenen Hybridlagern aus 100Cr6 (Chromstahl), Nitroalloy/Chromex 40 (mittelhoher Stickstoffgehalt) und NitroMax-Stahl bestimmt.

Dabei zeigte sich die überlegene Leistung von Lagern aus NitroMax-Stahl, die, abhängig von den Schmierbedingungen, mindestens drei Mal länger als Lager aus herkömmlichem Wälzlagerstahl hielten (→ **Diagramm 1**). Die bessere Leistung bei dünnem Schmierfilm (→ **Diagramm 2**) geht auf die hohe Schlagfestigkeit und die verbesserte Dauerfestigkeit des Stahls zurück.

Kerbschlagversuch nach Charpy

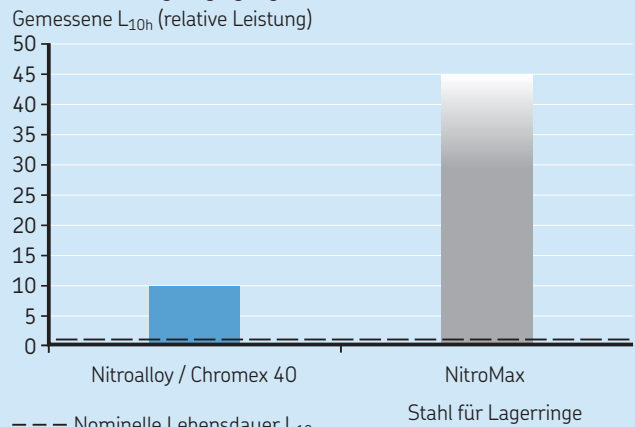
Die Charpy-Prüfung misst die Energieabsorption eines Werkstoffs im Moment des Zerschlagens und dient zur Bestimmung der Schlagfestigkeit bzw. Zähigkeit. Die Prüfung wurde mit Werkstücken aus 100Cr6 (Chromstahl) und NitroMax-Stahl durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass NitroMax-Stahl eine wesentlich höhere Schlagfestigkeit hatte als 100Cr6 (→ **Diagramm 3**). Lager aus NitroMax-Stahl haben folglich eine höhere Festigkeit gegen Ringzugspannungen, die die Rissbildung in den Lagerringen fördern.

Diagramm 1 - Ermüdungslebensdauer-Prüfungen bei vollem Schmierfilm



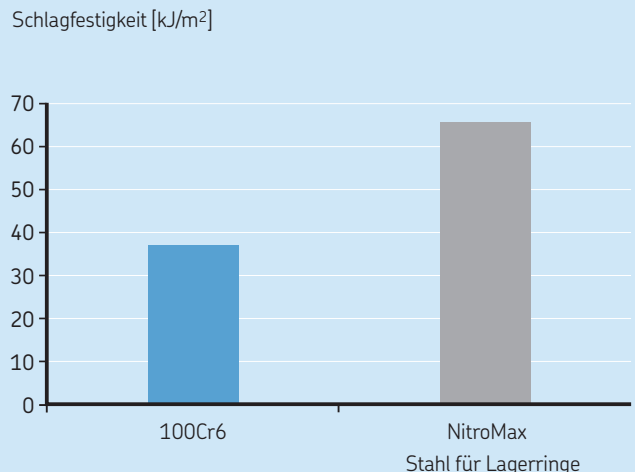
Hinweis: Die Ergebnisse der Dauerprüfung hängen von den Schmierbedingungen ab, d.h. vom Viskositätsverhältnis κ und dem Verhältnis zwischen Filmstärke und Oberflächenrauheit λ .

Diagramm 2 – Ermüdungslebensdauertests unter Grenschmierungsbedingungen



Hinweis: Die Ergebnisse der Dauerprüfung hängen von den Schmierbedingungen ab, d.h. vom Viskositätsverhältnis κ und dem Verhältnis zwischen Filmstärke und Oberflächenrauheit λ .

Diagramm 3 - Kerbschlagversuch nach Charpy



bei erschwertem

Salzsprühtest

Der Salzsprühtest ist eine genormte Korrosionsschutzprüfung von Überzügen. Der Test wurde nach ISO 9227 mit Werkstücken aus 100Cr6 (Chromstahl) und aus NitroMax-Stahl durchgeführt. Dabei wurden die Muster 100 Stunden mit einer Lösung besprüht und anschließend der Oxidanteil auf den Werkstücken bestimmt (→ Bild. 1).

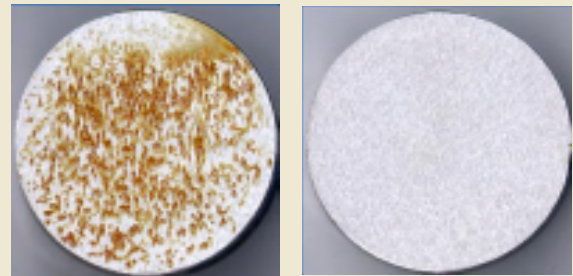
Die Ergebnisse des Salzsprühtests bestätigten eine wesentlich höhere Korrosionsfestigkeit von NitroMax.

Höchste Maßstäbe für Hochgenauigkeitslager

Tabelle 2 enthält eine Übersicht über das neue Sortiment der SKF Hochgenauigkeits-Hybrid-schräggugellager der Reihen 719 und 70.

Hybridlager aus NitroMax-Stahl haben das Vorsetzzeichen V, z.B. SV71914 ACB/P4AQBCA.

Bild. 1



100Cr6

NitroMax

Tabelle 2 - Übersicht über SKF Hochgenauigkeits-Hochgeschwindigkeits-Hybrid-Schräggugellager der Reihen 719 und 70

Ausführung	Hybridausführung		Neues Sortiment ¹ SKF Lager Reihen
	Abdichtung	Lagerring Material	
Hohe Drehzahlen, Ausführung B	 Offener Lager	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	719 .. B/HC V719 .. B (NitroMax)
	 Abgedichtet	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	S719 .. B/HC SV719 .. B (NitroMax)
	 Offener Lager	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	70 .. B/HC V70 .. B (NitroMax)
	 Abgedichtet	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	S70 .. B/HC SV70 .. B (NitroMax)
Hohe Drehzahlen, Ausführung E	 Offener Lager	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	719 .. E/HC V719 .. E (NitroMax)
	 Abgedichtet	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	S719 .. E/HC SV719 .. E (NitroMax)
	 Offener Lager	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	70 .. E/HC V70 .. E (NitroMax)
	 Abgedichtet	Chromstahl Stickstofflegierter Stahl	Reihe S70 .. E/HC SV70 .. E (NitroMax)

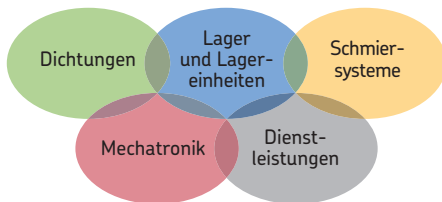
Vorsetzzeichen der SKF Lager:

- Offenes Lager (kein Vorsetzzeichen)
- S Abgedichtetes Lager
- V NitroMax-Stahlringe und Keramikwälzkörper (mit für Wälzlager geeignetem Siliziumnitrid, Si₃N₄)

Nachsetzzeichen der SKF Lager:

- Keramikwälzkörper (mit für Wälzlager geeignetem Siliziumnitrid, Si₃N₄), Standard bei Lagern aus NitroMax-Stahl (kein Nachsetzzeichen)
- HC Keramikwälzkörper (mit für Wälzlager geeignetem Siliziumnitrid, Si₃N₄), wenn erforderlich für Lager aus Chromstahl

¹⁾ Weiterführende Informationen enthalten die SKF Druckschriften *Hochgenauigkeits-Schräggugellager: Lager für hohe Drehzahlen, B-Ausführung* (Druckschrift 6939) und *Hochgenauigkeits-Schräggugellager: Lager für hohe Drehzahlen, E-Ausführung* (Druckschrift 10112)



The Power of Knowledge Engineering

In der über einhundertjährigen Firmengeschichte hat sich SKF auf fünf Kompetenzplattformen und ein breites Anwendungswissen spezialisiert. Auf dieser Basis liefern wir weltweit innovative Lösungen an Erstausrüster und sonstige Hersteller in praktisch allen Industriebranchen. Unsere fünf Kompetenzplattformen sind: Lager und Lagereinheiten, Dichtungen, Schmier-systeme, Mechatronik (verknüpft mechanische und elektronische Komponenten, um die Leistungsfähigkeit klassischer Systeme zu verbessern) sowie umfassende Dienstleistungen, von 3-D Computersimulationen über moderne Zustandsüberwachungssysteme für hohe Zuverlässigkeit bis hin zum Anlagenmanagement. SKF ist ein weltweit führendes Unternehmen und garantiert ihren Kunden einheitliche Qualitätsstandards und globale Produktverfügbarkeit.

© SKF ist eine eingetragene Marke der SKF Gruppe.

™ NitroMax ist eine Marke der SKF Gruppe.

© SKF Gruppe 2012

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/P9 10126/1 DE · Juni 2012

Die Angaben in dieser Druckschrift ersetzen alle Informationen über SKF Lager aus Nitroalloy-Stahl und über SNFA Lager aus Chromex 40 Stahl.

Gedruckt in Schweden auf umweltfreundlichem Papier.

