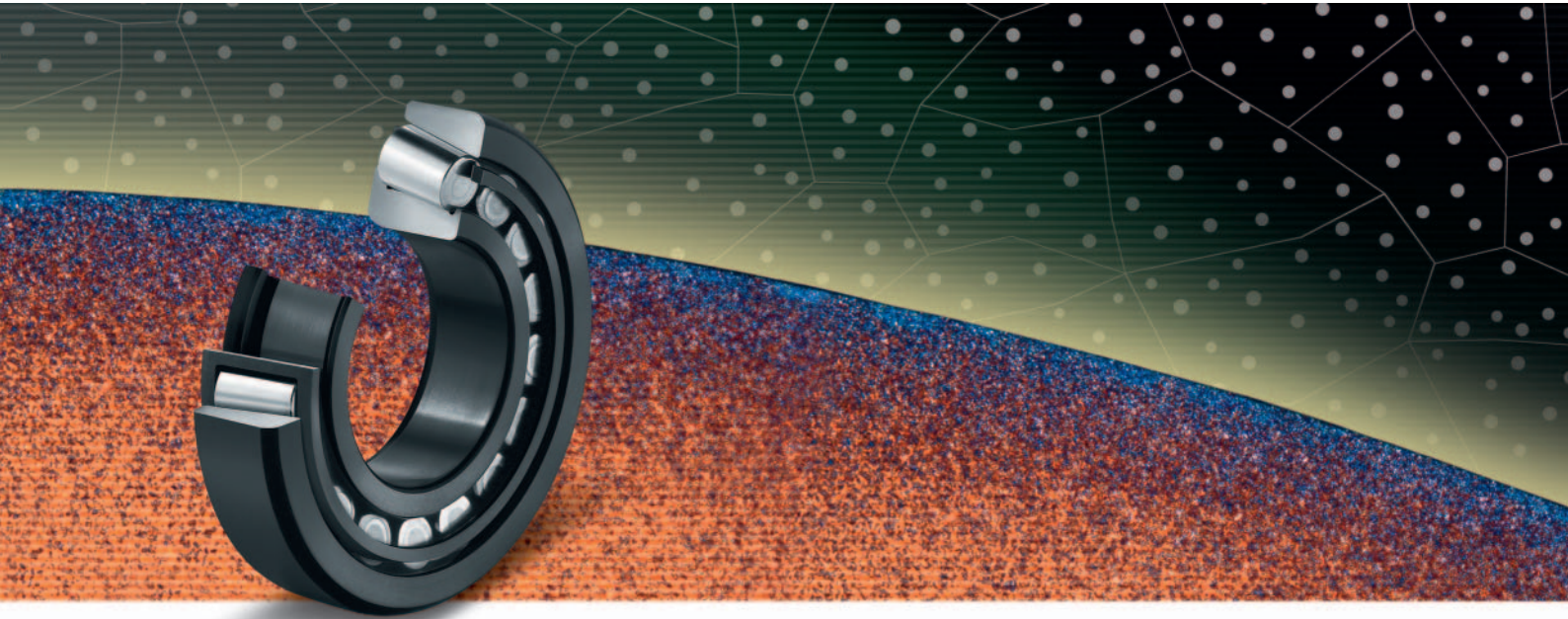


FAG



Carbonitrierte Wälzlager

Längere Gebrauchsdauer
bei Grenzschnierung und Verschmutzung

SCHAEFFLER



Carbonitrierte Wälzlager



Bild 1: Carbonitriertes Wälzlager mit brünierten Ringen

Die Schaeffler Gruppe forscht ständig an neuen Werkstoffen und Methoden zur Werkstoffbehandlung, um noch leistungsfähigere Lagerlösungen anbieten zu können, **Bild 1**.

Carbonitrieren ist eine erweiterte Wärmebehandlung. In die Randschicht der Lagerringe wird zusätzlich Stickstoff eingelagert. Durch dieses Verfahren wird die Oberflächenhärte erhöht und das Lager widerstandsfähiger gegen Verschleiß.

Durch die härtere Oberfläche ist das Lager unempfindlicher gegen Verschmutzungen im Schmierstoff und Schädigungen durch Partikelüberrollungen. Bei nicht optimaler Schmierung kann sich kein trennender Schmierfilm aufbauen.

Bei dieser Grenzschmierung kann es zu Mischreibung kommen, die zu einer Schädigung des Lagers führt.

Durch die Carbonitrierung erhöht sich die Ermüdungslebensdauer sowohl bei diesen Grenzschmierbedingungen als auch bei guten Schmierverhältnissen.

Alternativ kann durch Carbonitrieren eine gegebene Lebensdauer auch mit kleineren Lagern erreicht werden (Downsizing).

Neue Werkstoffe

Für carbonitrierte Lager werden speziell entwickelte Grundwerkstoffe eingesetzt, die auf die Wärmebehandlung abgestimmt sind. Dies sind durchhärtende Stähle oder einsatzgehärtete Stähle.

Veränderung der molekularen Struktur

Carbonitrieren verändert in der Randschicht des Werkstoffes die molekulare Struktur, **Bild 2**.

Beim Aufkohlen von Stahl verteilt sich das Carbide grobkörnig im Werkstoff.

Im Schlibbild ist erkennbar, dass die Carbide eine längliche Nadelform annehmen. Sie sind nicht nur eingebettet, sondern lagern sich auch an den Korngrenzen an. Dadurch erhöht sich die Gefahr der Rissbildung.

Durch den Prozess der Carbonitrierung werden die Form und die Verteilung der Carbide beeinflusst. Die Carbide werden kleiner und kugelförmig. Ihre Verteilung ist homogener und weniger auf die Korngrenzen konzentriert. Das Risiko der Rissbildung ist verringert.

Mit steigendem Anteil an Kohlenstoff und Stickstoff im Wälzlagerstahl sinkt der Martensitstartpunkt. Im Wärmebehandlungsprozess entsteht mehr thermisch stabiles Restaustenit. Durch die höhere Zähigkeit des Restaustenits verlängert sich die Lagerlebensdauer.

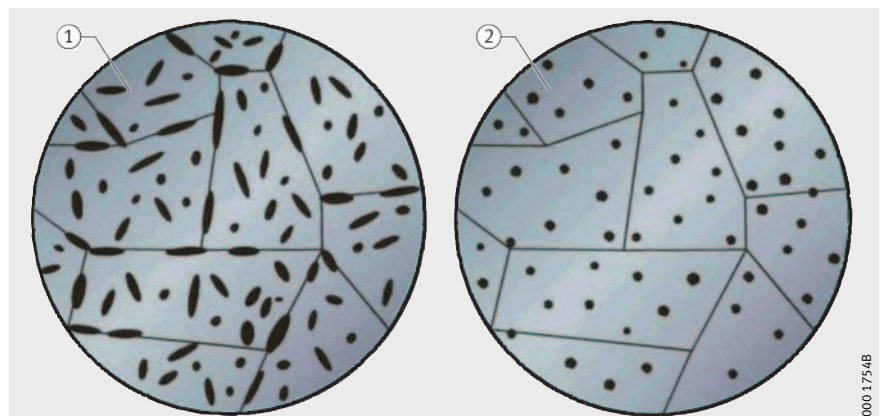


Bild 2: Schlibbilder von ① einsatzgehärteten Stählen und ② carbonitrierten Stählen

Verschmutzung und Partikelüberrollung

Sind die Schmutzstoffe im Wälzlagerfett besonders hart und scharfkantig, wie gehärtete Metallpartikel oder Formsandteilchen, drücken sie sich bei der Überrollung durch den Wälzkörper in den Laufbahnen ab. Das verdrängte Material bildet einen Aufwurf um die eingedrückte Vertiefung. Bei jeder Überrollung entsteht an der Stelle des Aufwurfes eine Zone der Spannungsüberhöhung, an welcher der Wälzlagerstahl schnell ermüdet, *Bild 3*.

Durch das Carbonitrieren entsteht vermehrt stabiler Restaustenit. Durch die höhere Zähigkeit der Laufbahnoberfläche wird der Aufwurf wieder eingeebnet und die Rissbildung verhindert, *Bild 4*.

Mischreibung

Bei unzureichender Schmierung bildet sich kein trennender Schmierfilm und es kann zum unerwünschten Kontakt von Stahl auf Stahl kommen. Neben der erhöhten Lagertemperatur, die den Schmierstoff schneller altern lässt, kann es zu Verschweißungen und Schädigungen der Laufbahnoberfläche kommen.

Durch die Wärmebehandlungen werden oberflächennahe Druckeigenstressungen so beeinflusst, dass die im Betrieb durch Überrollung erzeugten Spannungen vermindert werden.

Dadurch wird bei gleicher Lebensdauer eine höhere Belastung oder bei gleicher Belastung eine längere Lebensdauer möglich.

Längere Lebensdauer und Downsizing

Auch bei guten Schmierverhältnissen können deshalb carbonitrierte Lager dort zum Einsatz kommen, wo eine längere Lagerlebensdauer erforderlich ist.

In Fällen, wo zusätzlicher Bauraum aufgrund konstruktiver Einschränkungen fehlt, wird eine erhöhte Leistungsdichte benötigt. Die höhere Leistungsfähigkeit carbonitrierter Lager erlaubt Lagerstellen fallweise auch kleiner auszulegen, sog. Downsizing. Durch diese Optimierung lässt sich das Reibmoment signifikant reduzieren, was in Getrieben zu deutlichen CO₂-Einsparungen führt.

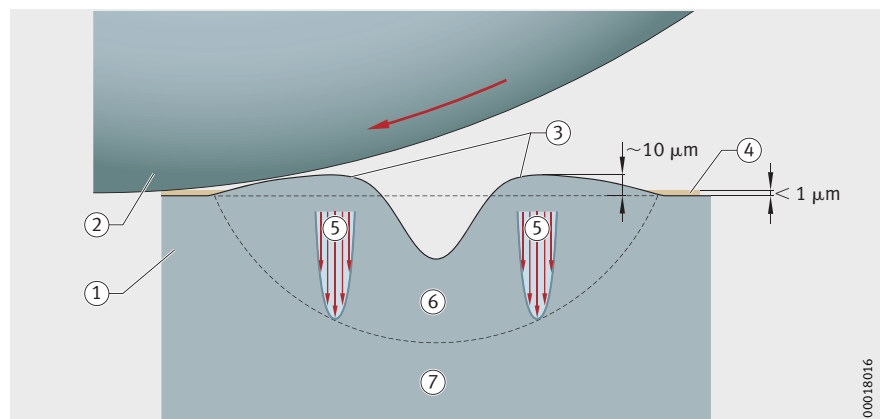


Bild 3: Schematische Darstellung der Zone der Spannungsüberhöhung
 ① Laufbahn, ② Wälzkörper, ③ Kantenaufwurf durch eingedrückten Partikel, ④ Schmierfilmdicke, ⑤ Spannungsüberhöhung, ⑥ Plastische Verformung, Verfestigung, ⑦ Eigenspannungsaufbau

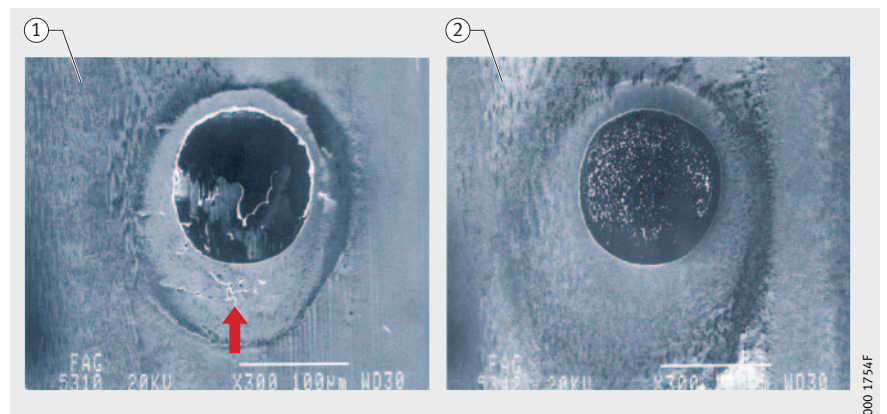


Bild 4: ① Nach 40 Stunden Überrollung bildet sich an der Eindruckstelle ohne Carbonitrierung ein Riss
 ② Nach 1500 Stunden Überrollung zeigt sich bei carbonitrierten Lagern immer noch kein Riss

Anwendungsbeispiele

Carbonitrierte Lager eignen sich besonders, wenn lange Lebensdauer und hohe Maschinenverfügbarkeit trotz rauer Einsatzbedingungen erreicht werden sollen.

Diese Leistungsfähigkeit beweisen carbonitrierte Lager bereits in vielen Anwendungen:

- Getriebe in Land- und Baumaschinen, Kraftfahrzeugen, Lastwagen und Windkraftanlagen
- Pumpen und Kompressoren
- Pleuellager in Verbrennungsmotoren
- Walzwerksausrüstung
- Schiffsantriebe.

Anwendungsbeispiele

	Verschleiß durch Mischreibung	Lebensdauer	Verschmutzung und Partikelüberrollung	Downsizing
Getriebe	-	■	-	■
Pumpen und Kompressoren	■	■	-	■
Pleuellager	-	■	-	■
Stahl, Walzwerke	■	■	■	-
Schiffsantriebe	-	■	-	■

Zusammenfassung

Carbonitrierte Wälzlager sind das Ergebnis intensiver Forschungsarbeit, die dem Kunden mehrere Vorteile gegenüber Standardlagern bieten.

Der erhöhte Restaustenitgehalt verbessert die Widerstandsfähigkeit des Lagers gegen Verschmutzungen im Schmierstoff. Carbonitrieren verändert die molekulare Struktur der Randschicht des Werkstoffes. Die feinere Mikrostruktur erhöht die Materialzähigkeit.

Aufwerfungen durch Partikeleindrückungen werden bei den nachfolgenden Überrollungen wieder eingeebnet. Es entstehen keine Risse und die Materialermüdung wird erheblich verzögert.

Durch das Carbonitrieren entstehen feinere und kugelförmigere Carbide, die gleichmäßiger im Material verteilt sind. Die Laufbahnoberfläche wird dadurch härter und verschleißfester. So konnte im Rahmen von Versuchen auch bei Vollschmierung eine zwei bis sechs Mal längere Lebensdauer von carbonitrierten Lagern im Vergleich zu Standardlagern erreicht werden, *Bild 5*.

Im rauen Arbeitseinsatz oder unter großen Belastungen kann bei ungenügender Schmierung Mischreibung entstehen. Dem dadurch entstehenden Verschleiß kann durch die höhere Oberflächenhärte in Verbindung mit der Brünierung der Laufflächen mit Durotect® B, zur Verhinderung von Schlupfschädigungen, entgegengewirkt werden. Somit erreichen carbonitrierte Lager auch unter besonders widrigen und harten Einsatzbedingungen eine längere Lebensdauer, *Bild 6*.

Carbonitrierte Wälzlager bieten für den Kunden hohe Zuverlässigkeit und Maschinenverfügbarkeit.

Für weitere Informationen stehen Ihnen unsere Mitarbeiter aus Vertrieb, Außendienst und den zuständigen Anwendungsbereichen als Ansprechpartner zu Ihrer Verfügung.

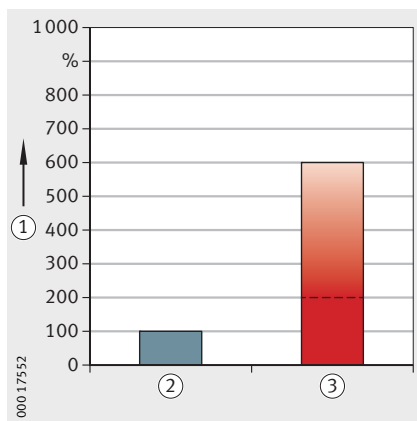


Bild 5: ① Lebensdauer bei Vollschmierung, ② Standardlager, ③ Carbonitriertes Lager

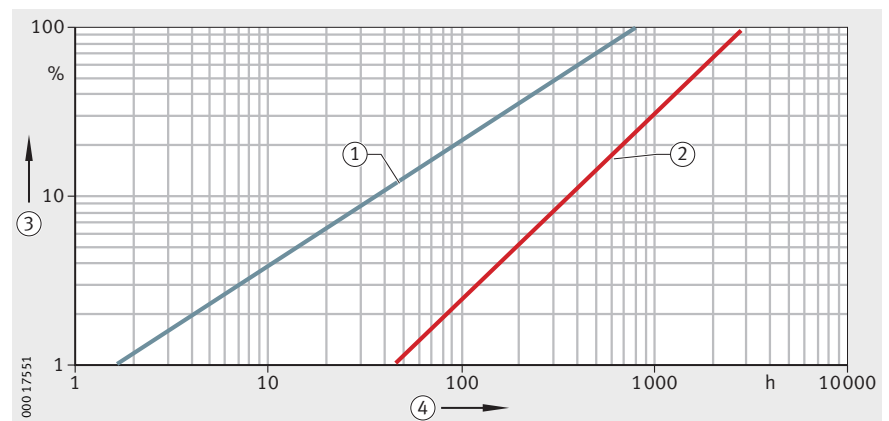


Bild 6: Lebensdauerexperiment bei Mischreibung. ① Lager mit gewöhnlicher Wärmebehandlung, ② Carbonitrierter Wälzlagerstahl, ③ Ausfallwahrscheinlichkeit (%), ④ Laufdauer (h)

Formular senden an:

Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG
Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt

Telefon +49 9721 91-0
 Telefax +49 9721 91-3435
 E-Mail info-carbonitriding@schaeffler.com

Anfrageformular

Einbausituation:

Wälzlagerbauart _____
 Maschinentype _____
 Einbaustelle _____
 Land, Region _____

Bezeichnung:	Symbol:
Kraft in x-Richtung	F_x
y-Richtung	F_y
z-Richtung	F_z
Moment um x-Achse	M_x
y-Achse	M_y
z-Achse	M_z

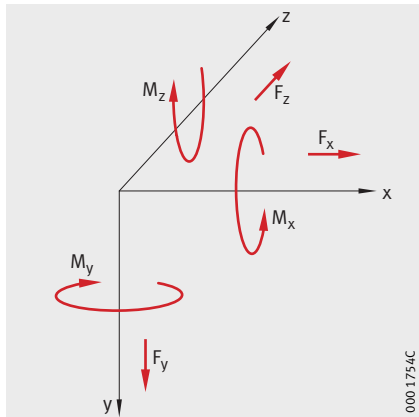


Bild 7: Kräfte und Momente

Betriebsbedingungen

Lastfall 1:

Axialkraft F_x _____ [N]
 Radialkraft F_y _____ [N]
 _____ F_z _____ [N]
 Biegemoment M_x _____ [Nm]
 _____ M_y _____ [Nm]
 _____ M_z _____ [Nm]
 Drehzahl _____ [U/min]

Zeitanteile:

$q_1 =$ _____ %

Lastfall 2:

Axialkraft F_x _____ [N]
 Radialkraft F_y _____ [N]
 _____ F_z _____ [N]
 Biegemoment M_x _____ [Nm]
 _____ M_y _____ [Nm]
 _____ M_z _____ [Nm]
 Drehzahl _____ [U/min]

Zeitanteile:

$q_2 =$ _____ %

Lastfall 3:

Axialkraft F_x _____ [N]
 Radialkraft F_y _____ [N]
 _____ F_z _____ [N]
 Biegemoment M_x _____ [Nm]
 _____ M_y _____ [Nm]
 _____ M_z _____ [Nm]
 Drehzahl _____ [U/min]

Zeitanteile:

$q_3 =$ _____ %

Betriebsbedingungen – Fortsetzung

Was dreht?	<input type="checkbox"/> Außenring (AR)	Betriebstemperatur	_____	[°C]
	<input type="checkbox"/> Innenring (IR)	Temperaturdifferenz AR, IR	_____	[K]
Passungen:		Lagerluft im eingebauten Zustand	_____	[µm]
Welle	_____	Viskosität (ISO-VG)	_____	[mm ² /s]
Gehäusebohrung	_____	Schmierstoffhersteller	_____	
Werkstoff:		Schmierstoffbezeichnung	_____	
Welle	_____	Öleintrittstemperatur	_____	[°C]
Gehäusebohrung	_____	Ölaustrittstemperatur	_____	[°C]
Schmierungsart	<input type="checkbox"/> Ölsumpf	Filterrate	_____	
	<input type="checkbox"/> Ölumlauf	Ölsumpftemperatur	_____	[°C]
	<input type="checkbox"/> Fett	Fettschmiermenge	_____	[g]
		Nachschmierfristen	_____	[h]

Absender:

Firmenname	_____
Straße	_____
PLZ, Ort	_____
Land, Region	_____
Telefon	_____
Telefax	_____
E-Mail	_____

Schaeffler Technologies

AG & Co. KG

Georg-Schäfer-Straße 30

97421 Schweinfurt

Internet www.fag.de

E-Mail info-carbonitriding@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872

Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0

Telefax +49 9721 91-3435

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen.

Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Ausgabe: 2013, Januar

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

SSD 22 D-D