



FAG



Cronitect®

Cronitect®

Neuer Hochleistungs-Niro-Stahl für Wälzlager

SCHAEFFLER GRUPPE
INDUSTRIE

Cronitect®

Der neue Wälzlagerstahl für besondere Einsatzbedingungen



Bild 1: Cronitect®-Hybrid-Rillenkugellager

Überrollfeste, verschleiß- und korrosionsbeständige Werkstoffe sind Grundvoraussetzung für Wälzlager, die auch unter extremen Einsatzbedingungen zuverlässig funktionieren müssen, etwa unter schlechten Schmierungsbedingungen (Mangelschmierung) oder gar bei Trockenlauf. Der neue Wälzlagerstahl Cronitect® der Schaeffler Gruppe ist das Produkt einer konsequenten Weiterentwicklung der bereits heute angebotenen Lösungen im Schaeffler Produktportfolio. Cronitect® bezeichnet die Kombination eines nahezu allgemein verfügbaren, martensitisch härtenden rostfreien Stahls mit einem thermochemischen Randschicht-Behandlungsverfahren und zeichnet sich durch höchste Korrosionsbeständigkeit bei gleichzeitig hoher Verschleiß- und Überrollfestigkeit aus.

Einleitung

In den vergangenen Jahren ist die Nachfrage nach Wälzlagern, die auch unter extremen Bedingungen ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen und eine hohe Gebrauchsdauer bieten, deutlich gestiegen. Speziell die Forderung nach mediengeschmierten oder sogar trocken laufenden Lagern hat die Entwicklung neuer technischer Lösungen beschleunigt. Treiber für diese Entwicklungen sind hierbei zum Einen verschärfte gesetzliche Rahmenbedingungen, z. B. in der Lebensmittelindustrie. Zum Anderen spielen das geschärfte Bewusstsein für einen nachhaltigen Ressourceneinsatz und die Schonung der Umwelt sowie das Streben nach energieeffizienten, robusten Lösungen eine entscheidende Rolle. Entsprechend wächst der Wunsch nach der Reduzierung des Einsatzes konventioneller Schmierstoffe und der Verzicht auf aufwändige Dichtsysteme wird zur Zielstellung.

Speziell Mediensmierung und Trockenlauf stellen in Kombination mit entsprechenden Beständigkeiten gegenüber der jeweiligen Umgebung extreme mechanische, chemische und thermische Anforderungen an Wälzlager.

Hierbei kommt insbesondere den Werkstoffen der verschiedenen Lagerkomponenten (Ringe, Wälzkörper, Käfig) und ihrem Zusammenspiel eine Schlüsselrolle zu.

Korrosions- und medienbeständige Wälzlagerstähle eröffnen mit ihrer Beständigkeit oft erst den Weg für eine trockenlaufende oder medien-geschmierte Lagerlösung. Den Stand der Technik im Bereich der härtbaren Niro-Stähle bildet hierbei einerseits der am Markt etablierte X105CrMo17 (AISI440C), der einen Kompromiss zwischen Korrosionsbeständigkeit und Überrollfestigkeit darstellt, in der Folge in seiner Leistungsfähigkeit limitiert ist und heutigen Anforderungen zunehmend nicht mehr Rechnung tragen kann.

Andererseits grenzt der High-End-Werkstoff X30CrMoN15-1 (Cronidur30) den aktuellen Stand der Technik nach oben hin ab. Der Einsatz von Cronidur30 ermöglicht gegenüber dem AISI440C eine deutliche Leistungssteigerung.

Die Verfügbarkeit des Cronidur30 ist jedoch wegen des hohen energetischen und maschinentechnischen Aufwandes bei der Herstellung stark eingeschränkt.

Bild 1 zeigt die Realisierung der Werkstofflösung in einem Hybrid-Rillenkugellager.

Anforderungen an den Werkstoff

Für den Einsatz eines Wälzlagers in korrosiver Umgebung, das zusätzlich auf herkömmliche Schmierstoffe verzichtet, muss der Wälzlerstahl für die Ringe drei Hauptanforderungen erfüllen:

- Zunächst muss eine hohe Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffs im gehärteten Zustand gewährleistet sein. Diese Anforderung wird durch einen hohen Anteil an gelöstem Chrom im Gefüge realisiert.
- Weiterhin resultiert aus der Forderung nach einer hohen Lebensdauer eine Überrollfestigkeit des Werkstoffs. Hierzu muss der Werkstoff eine ausreichende Härte (Härte > 58 HRC) und einen hohen Reinheitsgrad aufweisen.
- Die Einwirkung einer korrosiven Umgebung kann mit einem Eintritt von Feuchtigkeit und anderer Medien in das Lager einhergehen. Hierdurch werden die Schmierbedingungen bei konventioneller Schmierung zunehmend kritisch, so dass es in der Folge zwangsläufig zu Festkörperreibung kommt. Bei Mediensmierung oder Trockenlauf ist dies gar von Anfang an der Fall. Daher ist eine hohe Beständigkeit des Werkstoffs bzw. der Werkstoffpaarung gegenüber abrasivem und adhäsivem Verschleiß notwendig.

Die abrasive Verschleißbeständigkeit lässt sich durch eine hohe Härte realisieren – eine geringe Adhäsionsneigung ergibt sich aus einer Paarung von Werkstoffen unterschiedlicher Bindungsarten (z. B. Stahl – Keramik). Letzteres kann zudem durch die Ausbildung einer stabilen und dichten Oxidschicht des Stahls positiv beeinflusst werden.

Merkmale von Cronitect®

Im Ergebnis der Entwicklungsarbeit bei der Schaeffler Gruppe ist mit dem Wälzlerstahl Cronitect® (**Chromium Nitrogen Protection**) eine außerordentlich wirkungsvolle Kombination, von einem nahezu nach DIN-EN-genormten Stahl und einem besonderen thermochemischen Wärmebehandlungsverfahren, entstanden.

Durch eine entsprechende Prozessführung wird eine Randschicht erzeugt. Das Verfahren ist ähnlich dem Einsatzhärten von Einsatzstählen – hier aber auf Basis von Stickstoff. Die Randschicht von Cronitect® (Bild 2) zeichnet sich durch eine Aufhärtung, Druckeigenspannungen sowie ein homogenes und feinkörniges Gefüge ähnlich dem Werkstoff Cronidur30 aus. Die Ausscheidung von Nitriden, Carbiden bzw. Carbonitriden in der Randschicht wird dabei unterdrückt. Die Härtesteigerung beruht dabei maßgeblich auf der Einlagerung von Stickstoff.

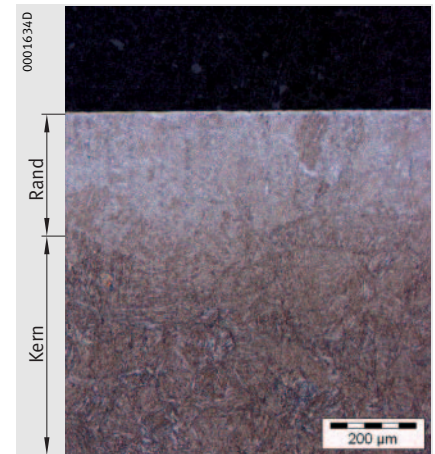


Bild 2: Randschichtgefüge von Cronitect®

Die Aufhärtung der Randschicht auf > 58 HRC gewährleistet neben der grundsätzlichen Überrollleistung für Wälzler die beschriebene erforderliche hohe abrasive Verschleißfestigkeit. Der hohe Anteil an gelöstem Chrom nach der Wärmebehandlung führt zu einer sich vollständig ausbildenden, stabilen Passivschicht an der Oberfläche. Ergebnis dieser Passivschicht ist einerseits eine enorm hohe Korrosionsbeständigkeit, andererseits trägt die Oxidschicht in Kombination mit Keramik- oder Stahlwälzkörpern – wie dargestellt – zu einer geringen Adhäsionsneigung bei.

Die Merkmale von Cronitect® werden dadurch abgerundet, dass eine Umformbarkeit des Werkstoffes aufgrund des niedrigen C-Gehalts von ca. 0,2% sowie der gleichmäßigen Gefügeausbildung problemlos gegeben ist.

Leistungsfähigkeit von Cronitect®

Die hervorragenden Eigenschaften von Cronitect® wurden in aufwändigen Versuchsprogrammen nachgewiesen:

- Korrosions- und Medienbeständigkeit
- Überrollfestigkeit und somit volle Tragfähigkeit
- Hohe Laufzeit unter Mischreibungsbedingungen
- Verschleißbeständigkeit unter Trockenlaufbedingungen
- Kaltumformbarkeit gegeben.

Dies sind die herausragenden Merkmale von Cronitect®. Entsprechend umgesetzte Lösungen mit Cronitect® qualifizieren sich für extreme Einsatzbedingungen und bieten dem Kunden auch unter schwierigen Bedingungen eine lange Gebrauchsdauer.

Als standardisierte Prüfung der Korrosionsbeständigkeit von Bauteilen gilt der Salzsprühnebeltest nach DIN EN ISO 9 227 (vormals DIN 50 021).

Hier erreicht Cronitect® eine Korrosionsschutzleistung, die mit ca. 900 Stunden knapp unterhalb derjenigen von Cronidur30 und deutlich oberhalb der von AISI440C oder von dünn-schichtverchromten (DSV) Wälzlagerstählen liegt, *Bild 3*.

Die Verschleißfestigkeit des Werkstoffes Cronitect® wurde anhand von Schrägkugellagern 7205 in speziellen Versuchen unter Trockenlauf untersucht. Bei den Trockenlaufversuchen war eine der großen Herausforderungen, die Kontamination des Versuchsaufbaus durch den Prüfstand selbst und durch ölhaltige Luft zu vermeiden. Aus diesem Grund wurden die Versuche auf einem speziellen Trockenlaufprüfstand in einer

separaten, ölfreien Prüfkammer durchgeführt.

Der Maximalwert der Differenz aus zwei Laufbahn-Messschrieben (Laufbahn-Querform) – jeweils vor dem 300 Stunden andauernden Laufversuch und danach – stand hierbei repräsentativ für den Verschleiß. Getestet wurden die Werkstoffe 100Cr6, Cronidur30 und Cronitect® in Kombination mit Keramik-Wälzkörpern und einem speziell für trockenlaufende Wälzlager entwickelten Käfigwerkstoff auf PEEK-Basis.

Nach identischer Laufzeit zeigte Cronitect® einen im Vergleich zu 100Cr6 nahezu 12fach geringeren Laufbahnverschleiß und lag somit auf dem Niveau von Cronidur30, *Bild 4*, Seite 5.

Zum Nachweis der Leistungsfähigkeit unter Mischreibungsbedingungen hat die Schaeffler Gruppe Lebensdauerversuche auf einem Standard-Wälzlagerprüfstand durchgeführt und vergleichend Werkstofflösungen untersucht.

Die Ergebnisse sind in *Bild 5*, Seite 5, dargestellt. Die Lagerlebensdauer bei einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 90% liegt unter den gewählten Bedingungen für Cronitect® um den Faktor 9 über derjenigen von Lagern aus AISI440C bzw. aus dem Standardwerkstoff 100Cr6.

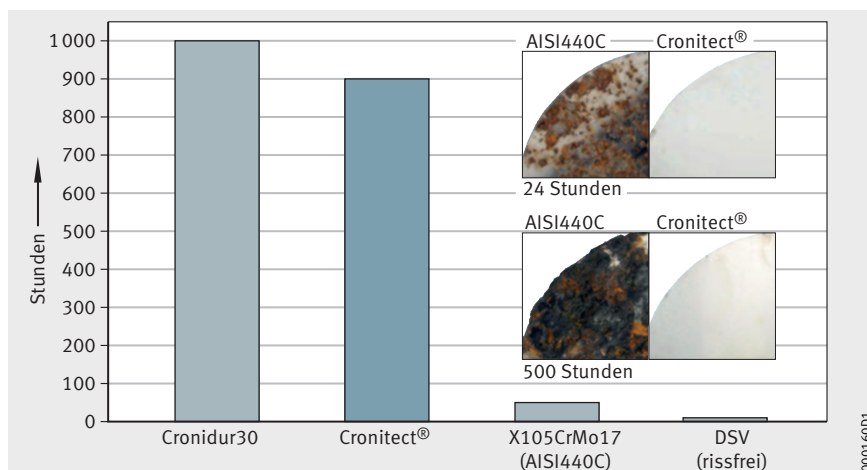


Bild 3: Korrosionsschutzleistung von Niro-Stählen und einer Dünn-schichtverchromung (DSV) im Vergleich, Ergebnisse im Salzsprühnebeltest nach DIN EN ISO 9 227 (vormals DIN 50 021)

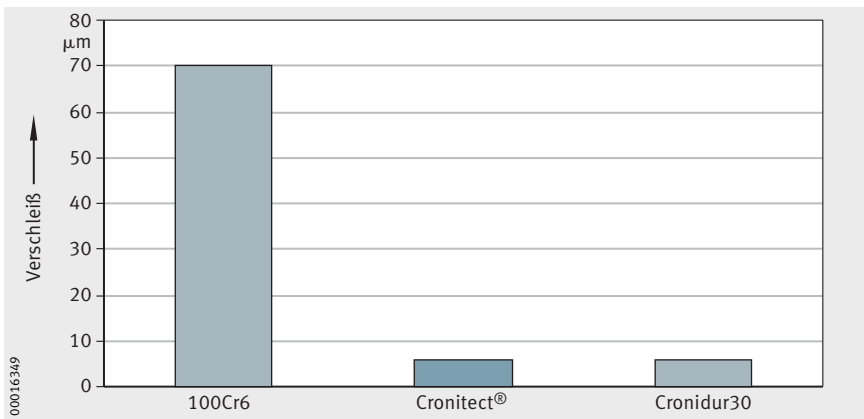


Bild 4: Laufbahnverschleiß nach 300 Stunden Trockenlauf ($n = 1000 \text{ min}^{-1}$, $p = 1350 \text{ MPa}$)

Lediglich mit Cronidur30 lässt sich eine weitere geringfügige Leistungssteigerung unter Mischreibungsbedingungen erreichen.

Im Gegensatz zu Standard-Niro-Stählen wie dem AISI440C und dem High-End-Stahl Cronidur30 ermöglicht Cronitect® mit seiner Umformbarkeit erstmalig eine Ausweitung des Spektrums an korrosionsbeständigen Wälzlagern mit hoher Härte auf kalt umgeformte Lagerprodukte. Mit Cronitect® kann somit der Spagat zwischen einer außerordentlichen Korrosionsbeständigkeit und einer vollen Tragfähigkeit realisiert werden.

Bild 6 zeigt die Umformfähigkeit von Cronitect® im Vergleich zu klassischen Umformstählen sowie exemplarisch einige realisierbare Produktbeispiele.

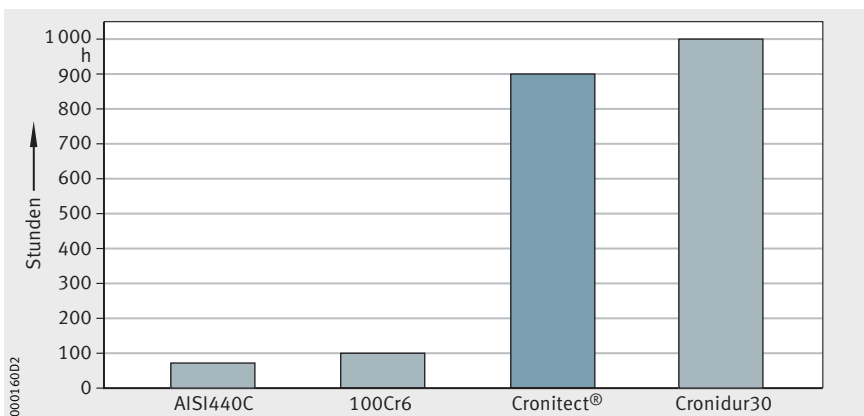


Bild 5: Lagerlebensdauer (Überlebenswahrscheinlichkeit 90%) der Stähle unter Mischreibungsbedingungen im Vergleich

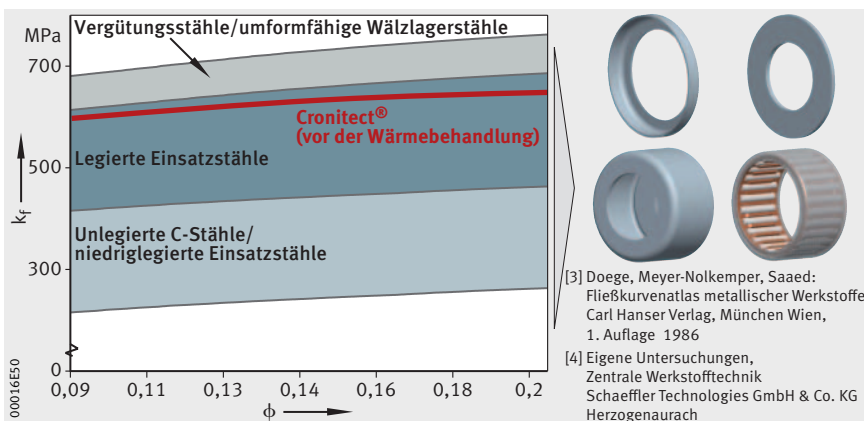


Bild 6: Fließkurven verschiedener Stähle [3], [4]; umformtechnisch hergestellte Lager

Eigenschaftsprofil gehärteter Niro-Wälzlagerstähle (qualitativ)

Eigenschaft	AISI440C	Cronidur30	Cronitect®
Korrosionsbeständigkeit	○	++	++
Verschleißfestigkeit (Adhäsion und Abrasion)	○	+	+
Überrollfestigkeit (Mischreibung)	○	++	++
Überrollfestigkeit (EHD)	+	++	+
Maßstabilität	○	++	++
Druckeigenspannungen (Randschicht)	-	○	+
Kaltumformbarkeit (ungehärtet)	--	(--)	+
Rohmaterialverfügbarkeit	-	--	+

++ sehr gut - schlecht
 + gut -- sehr schlecht
 ○ mäßig

Die Tabelle Eigenschaftsprofil gehärteter Niro-Wälzlagerstähle (qualitativ) zeigt qualitativ das Eigenschaftsprofil der für Wälzlager am Markt etablierten Niro-Stähle im Vergleich zu Cronitect®. Hieraus wird ersichtlich, dass Cronitect® die Leistungsfähigkeit von Cronidur30 erreicht, sich hierbei deutlich vom Standard-Niro-Stahl AISI440C nach oben hin absetzt und die sehr guten Eigenschaften mit einer weit besseren Rohmaterial-Verfügbarkeit verbindet.

Anwendungsbeispiele

Die extreme Korrosionsbeständigkeit, die Eignung für den Trockenlauf und die hohe Lebensdauer unter Mischreibung machen Cronitect® für Anwendungen in nahezu allen industriellen Branchen interessant.

Beispiele hierfür sind Verpackungs- und Lebensmitteltechnik, Fördertechnik, Productronic, Antriebstechnik, Schermaschinen, Fluid Handling & Pneumatics sowie Sport & Fitness.

Hierbei ist der Einsatz von Cronitect® in der gesamten Bandbreite von Lagerlösungen, angefangen von konventionellen Wälzlager in allen Bauformen (Rillenkugellager, Nadellager, Kurvenrollen usw.) bis zu klassischen Linearführungen möglich.

Für die Schaeffler Gruppe als Technologieführer im Bereich aktiv und passiv geführter Bewegung stehen nachhaltiger Ressourceneinsatz und Energieeffizienz durch Reibungsreduzierung schon seit jeher im Fokus der Produktentwicklung.

Mit dem Eigenschaftsportfolio und der daraus resultierenden Robustheit von Cronitect® eröffnen sich neue Möglichkeiten der Lagerkonzeptionierung. Je nach Kundenwunsch oder zulässiger Lagerkonzeption ist der Verzicht auf schleifende Dichtungen beispielsweise ein viel versprechender Ansatz, um die Lagerreibung zu minimieren und einen Beitrag zur Effizienzsteigerung zu leisten.

Ferner kann das Cronitect®-Lager in Konstruktionen sinnbildlich näher an die Umgebung rücken und somit zur Vereinfachung von Kundenprodukten beitragen. Auch dieser Ansatz trägt dem Gedanken von Ressourcenschonung und Effizienz Rechnung.

Für den Profi- und ambitionierten Amateurradfahrer spielt z. B. die Reibung in der Radnabe und im Tretlager von Rennrädern eine entscheidende Rolle. Sie beeinflusst somit die Kaufentscheidung signifikant.

Im Tretlager kamen bislang vorwiegend fettgeschmierte, einseitig abgedichtete Kugellager aus 100Cr6 zum Einsatz.

Gemeinsam mit einem namhaften Hersteller von Fahrradkomponenten hat die Schaeffler Gruppe Industrie hierfür ein neues – speziell auf niedrige Lagerreibung optimiertes – Konzept entwickelt.

Bei dem neuen Cronitect®-Hybrid-Lager (*Bild 1*, Seite 2) entfällt die schleifende Dichtung; anstelle von Fett kommt ein Leichtlauföl zum Einsatz, Schutz vor grober Verschmutzung gewährleistet ein speziell ausgebildeter Lagerkäfig. Eine zwischen der bisherigen Lösung und dem neuen Cronitect®-Hybrid-Lager vergleichende Reibungsmoment-Messung am belasteten Lager gibt Aufschluss über die Höhe der realisierten Reibungseinsparung.

Mit dem neuen Konzept konnte die Lagerreibung um bis zu 75% reduziert werden, *Bild 7*. Die beschriebene Lösung ist seit einem Jahr erfolgreich in der Serie eingesetzt und hat bereits zahlreiche Erfolge bei namhaften Rundfahrten im Radrennsport erzielt.

Auch für Inline-Skater können Lagerlösungen nach diesem Konzept entscheidende Kundenvorteile bieten.

Die neuen reibungsarmen und wartungsfreien Cronitect®-Hybrid-Lager geben hier den entscheidenden Kick für noch mehr Dynamik, Leichtlauf und Spaß am Skaten.

Im Zusammenspiel mit den nur fünf Hochleistungs-Keramik-Wälzkörpern entsteht ein Lager, das mit einer Gewichtseinsparung von mehr als 12% wesentlich leichter ist als konventionelle Lösungen und eine um 49% reduzierte Reibung aufweist. Auch bei dieser Anwendung dient der High-Tech-Kunststoff-Lagerkäfig gleichzeitig als einseitige, berührungslose Dichtung. Die Folge sind hervorragende Leichtlauf-eigenschaften durch minimale Reibung bei minimalem Gewicht.

Durch die Verwendung von Hochleistungswerkstoffen für die Lagerkomponenten ist der Einsatz bei Regen oder die Reinigung mit Wasser zudem völlig unproblematisch.

Die eingesetzten Materialien – allen voran Cronitect® – ermöglichen mit ihrer extremen Korrosionsbeständigkeit praktisch Wartungsfreiheit.

Die neuen Lager haben auch unter den Profi-Sportlern bereits großes Interesse hervorgerufen und werden aufgrund ihrer spürbaren Laufeigenschaften schon als „Magic Bearings“ bezeichnet.

Die neuen Cronitect®-Hybrid-Lager sind in der für Inline-Skates am häufigsten eingesetzten Größe 608 erhältlich, *Bild 8*.

Übrigens – die Cronitect®-Hybrid-Lager kommen nicht nur in Inline-Skates, Fahrradnaben oder Tretlager zum Einsatz: Ihre hochwertigen Eigenschaften machen sie in zahlreichen Sport- und

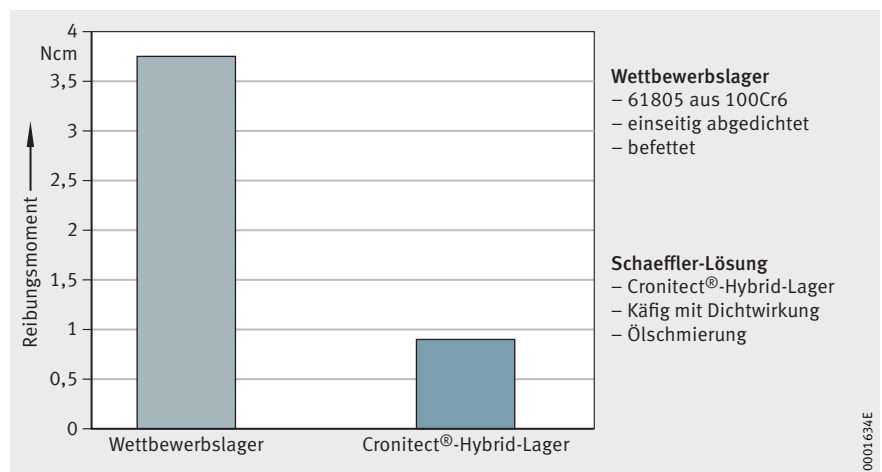


Bild 7: Vergleichende Reibungsmoment-Messung am Rillenkugellager; Anwendung: Tretlager für Radrennsport ($n = 100 \text{ min}^{-1}$)



Bild 8: Cronitect®-Hybrid-Lager für Inline-Skates

Fitnessgeräten zum idealen Wälzlager, zum Beispiel für hochwertige Pedale, Rollstuhlräder, Angelrollen und Yacht-Winden. Auch in der Lebensmitteltechnik finden sich Anwendungsgebiete. Im Vordergrund steht hier weniger die Forderung nach Reibungsminimierung als vielmehr der Verzicht auf den Einsatz von Schmierstoffen.

Grund für diese Forderung ist die Vermeidung der Kontamination der zu verarbeitenden Lebensmittel. Für die Kurvensteuerung einer Flaschenschließanlage wurde anstelle der bisher eingesetzten Standardkurvenrolle im Ölbad eine Laufrolle entwickelt, deren Rollenzapfen und Außenring aus Cronitect® bestehen und dessen Ummantelung aus einem medienbeständigen Kunststoff gefertigt ist, *Bild 9*. Die Lösung ist lebensdauerbefettet und mittels medienbeständiger Dichtung nach außen hin abgedichtet.

Die Kugeln sind in diesem Fall aus Niro-Stahl. Die dadurch ermöglichte vollständige Ölfreiheit des Systems beim Kunden eliminiert nicht nur die Gefahr der Kontamination von Lebensmitteln, die neue Lagerlösung ist auch komplett wartungsfrei, da keine Nachschmierung mehr erfolgen muss.

Gleichzeitig bietet die Kurvenrolle eine enorm hohe Medien- und Korrosionsbeständigkeit. Die gesteigerte Hygienesicherheit geht so einher mit einer Kosteneinsparung durch reduzierten Wartungsaufwand und höhere Maschinenverfügbarkeiten.



Bild 9: Cronitect®-Laufrolle, z.B. für Anwendungen in der Lebensmittelindustrie

Zusammenfassung

Mit der Entwicklung von Cronitect® ist es der Schaeffler Gruppe gelungen, gezielte Verbesserungen gegenüber heutigen Standardlösungen im Bereich korrosionsbeständiger Wälzlagerstähle für extreme Wälzlageranwendungen zu erzielen.

Im vorliegenden Artikel wurden die Eigenschaften von Cronitect®, insbesondere die Korrosionsbeständigkeit, die Eignung für Mischreibung und Trockenlauf sowie die Verschleiß- und Überrollfestigkeit anhand repräsentativer Versuchsergebnisse vorgestellt und Vorteile gegenüber dem Stand der Technik aufgezeigt.

Cronitect® ist die Lösung für zukünftige Produktanforderungen an Wälzlager, die aus einem geschärften Bewusstsein für nachhaltigen Ressourceneinsatz, dem Willen zur Schonung der Umwelt und dem Streben nach energieeffizienten, robusten Lösungen resultieren.

Für weitere Informationen stehen Ihnen unsere Mitarbeiter aus Vertrieb, Außendienst und den zuständigen Anwendungstechniken der Geschäftsbereiche der Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG gern zur Verfügung.

**Schaeffler Technologies
GmbH & Co. KG**

Industriestraße 1–3
91074 Herzogenaurach
Internet www.ina.de
E-Mail info@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9132 82-0
Telefax +49 9132 82-4950

**Schaeffler Technologies
GmbH & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Internet www.fag.de
E-Mail FAGinfo@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 GmbH & Co. KG
Ausgabe: 2011, April

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.
SSD 15 D-D