

SCHAEFFLER

Triondur



Triondur-Schichtsysteme

für tribomechanisch
hochbeanspruchte Oberflächen

Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

Verschleißschutz und Reibungsreduzierung mit Triondur-Schichtsystemen

Mit der sich kontinuierlich erhöhenden Energieeffizienz sowohl in modernen Verbrennungsmotoren als auch in der gesamten Energiekette (vom Windkraftrad bis hin zu jeder bewegten Komponente im Fahrzeug) steigen die Anforderungen an die tribologische Belastbarkeit der Bauteile.

Mit Hilfe von modernen PVD- und PACVD-Beschichtungsprozessen, die bei den Triondur-Beschichtungen von Schaeffler zum Einsatz kommen, kann die Leistungsfähigkeit tribologisch hochbeanspruchter Komponenten deutlich gesteigert werden. Hierdurch ergeben sich Potenziale für Lebensdauersteigerung, Reibminimierung und Leichtbau. Triondur-Schichtsysteme sind somit ein aktiver Beitrag zu Umwelt- und Ressourcenschonung sowie zur Nachhaltigkeit.

Triondur-Schichtsysteme werden im Vakuum durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD = Physical Vapor Deposition) und plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PACVD = Plasma assisted Chemical Vapor Deposition) hergestellt. Durch die Wahl von Schichtzusammensetzung und Abscheidungsverfahren können Triondur-Schichtsysteme perfekt an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Von elastischen Schichtsystemen für den Wälzkontakt bis hin zu extrem harten Verschleißschutzschichten sowie von chemischer Beständigkeit bis hin zu gezielten Reaktionen zur Schmierfilmbildung mit ausgesuchten Öladditiven sind vielfältige Optimierungen möglich.

Triondur-Schichtsysteme sind mehr als nur eine Beschichtung: Es sind Schichtsysteme, die aufgrund individuell angepasster Beschichtungsprozesse und konstruktiv optimierter Bauteile von der Herstellung bis zur Anwendung alle notwendigen Aspekte berücksichtigen.

Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

Triondur-Schichtsysteme für Wälzlager

In Wälzlagern kann durch den Einsatz beschichteter Wälzkörper eine deutliche Steigerung der Gebrauchsdauer erreicht werden, insbesondere wenn das Lager in seiner Anwendung mit Schlupf und Mangelschmierung konfrontiert wird.

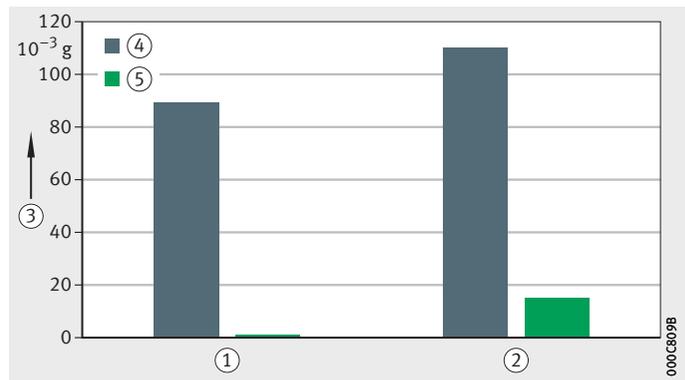
Beschichtete Zylinderrollen, die in einem Prüfstandslauf unter extremer Mangelschmierung getestet wurden, zeigen ein deutlich verbessertes Ergebnis als unbeschichtete Referenzteile, *Bild 1*. Die gravimetrische Auswertung des Verschleißes zeigt, dass durch den Einsatz von Triondur C der Verschleiß am Wälzkörper nahezu eliminiert wurde, *Bild 2*. Gleichzeitig wurde der Verschleiß an den unbeschichteten Axialscheiben deutlich reduziert.

Eine weitere typische Anwendung für Triondur-Schichtsysteme in Wälzlagern ist die Beschichtung der großen Stirnseiten von Kegelrollen zur Reduzierung von Reibung und Verschleiß im Kontakt mit dem Bord des Innenrings.

Die Beschichtung des Außenrings von Kurvenrollen, *Bild 3*, Seite 3, erhöht nicht nur die Gebrauchsdauer der Rolle, sondern auch die des oftmals vielfach teureren Gegenlaufpartners. Hierdurch amortisieren sich die Mehrkosten für die Beschichtung innerhalb kürzester Zeit.

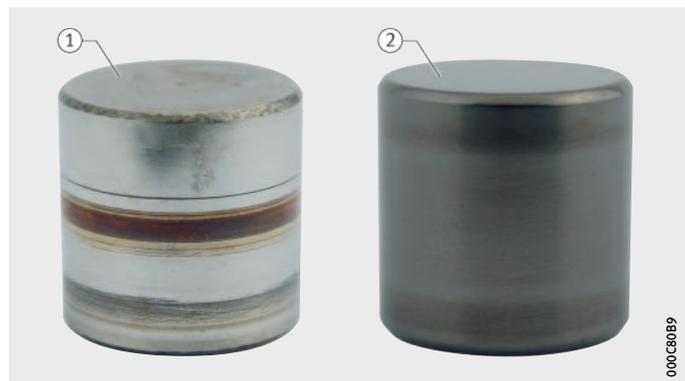
- ① Wälzkörper
- ② Axialscheiben
- ③ Verschleiß
- ④ unbeschichtet
- ⑤ beschichtet

Bild 1
Prüfstandslauf unter extremer Mangelschmierung



- ① unbeschichtet
- ② Triondur C-beschichtet

Bild 2
Wälzkörper nach Prüfstandslauf



- ① DLC-(Triondur C)-Beschichtung, kein Verschleiß
- ② Ohne Beschichtung, adhäsiver Verschleiß

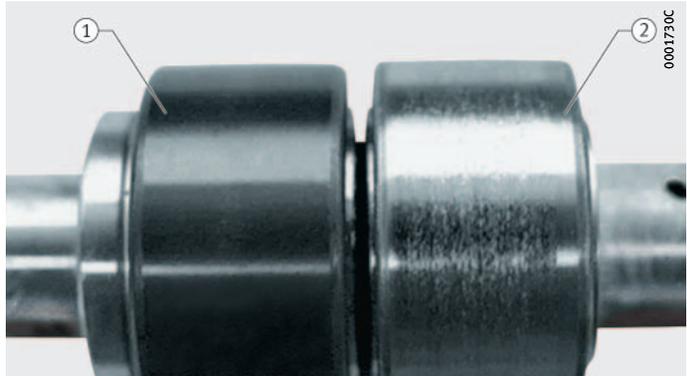


Bild 3
Kurvenrollen,
mit und ohne Beschichtung

Triondur-Schichtsysteme für Motorenkomponenten

Mittels Triondur-Schichtsystemen ist es gelungen die Reibung im Tasse-Nocke-Kontakt des Ventiltriebs kontinuierlich zu reduzieren, *Bild 4*.

Bis vor etwa 15 Jahren war der Einsatz von rein wärmebehandelten Tassenstößeln Stand der Technik. Durch den Einsatz und die stete Entwicklung von Triondur-Schichtsystemen konnte das Reibmoment durch Triondur CH um bis zu 50% gesenkt werden. Dies entspricht einer CO₂-Reduzierung von 1% bis 2%

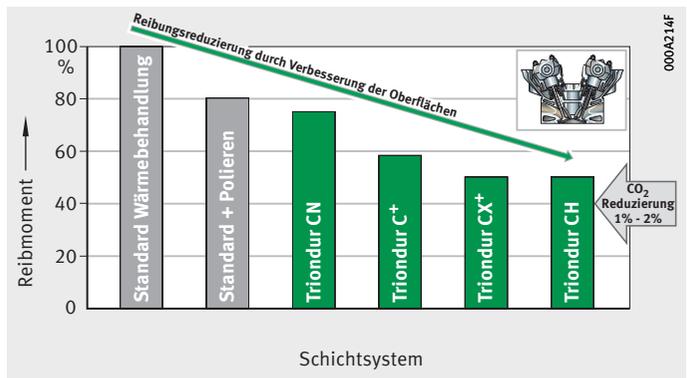
Triondur-Schichtsysteme finden nicht nur bei mechanischen Tassenstößeln Anwendung, sondern auch in anderen hoch belasteten Kontakten.

Beispiele:

- Nockenrollen und Ventilaufgelächen von Rollenschlepphebeln
- Gleitlagerkomponenten
- Kolben im Hochdruckbereich von Kraftstoffpumpen.

Beispiel:
Motordrehzahl $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ und
Öltemperatur $+80 \text{ °C}$

Bild 4
Reibungsreduzierung im Ventiltrieb
mit Triondur-Schichtsystemen



Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

- Triondur C** Metall- und wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschicht.
- Beschichtungsprozess ■ PVD-Verfahren.
- Vorteile, Nutzen ■ Hohe Schutzwirkung gegen abrasiven und adhäsiven Verschleiß, bei gleichzeitiger Schonung des Reibpartners
 ■ Die Trockenreibung gegen Stahl verringert sich um bis zu 80%
 ■ Wird nur ein Reibpartner beschichtet, erhöht sich die Gebrauchsdauer des gesamten tribologischen Systems erheblich
 ■ Durch den sehr duktilen Schichtaufbau verträgt Triondur C hohe Flächenpressungen, wie sie in Wälzlager-Anwendungen auftreten.
- Übliche Anwendungen ■ Lagerkomponenten wie Wälzkörper, Innenringe, Außenringe und Axiallagerscheiben
 ■ Stütz- und Kurvenrollen.

Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	a-C:H:Me (Funktionsschicht)
Farbe	anthrazit
Schichtdicke	0,5 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 80% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 1 200 HV

Triondur C-beschichtete
Tonnenrolle

Bild 5
Asymmetrisches Pendelrollenlager
für die Lagerung der Rotorwelle
in einer Windkraftanlage

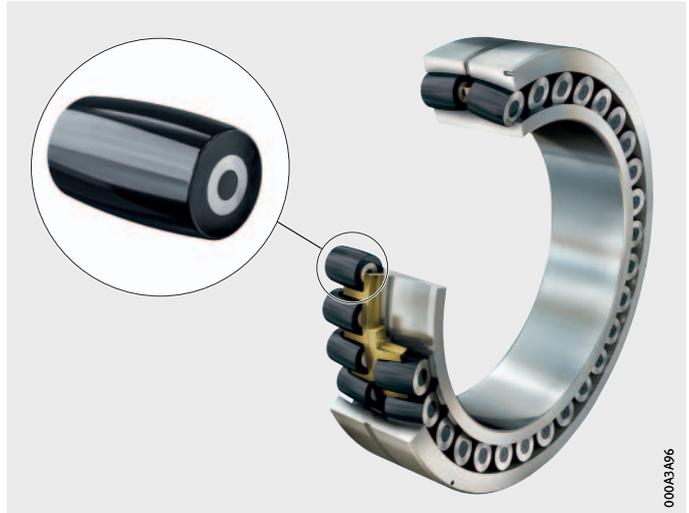


Bild 6
Anwendungsbeispiel
Pendelrollenlager bei
Windkraftanlagen



Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

Triondur C⁺

Wasserstoffhaltige, amorphe Kohlenstoffschicht.

Beschichtungsprozess

- PVD- und PACVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Schichtsysteme für sehr hohe tribomechanische Beanspruchungen
- Hoher abrasiver Verschleiß-Widerstand und hoher Schutz gegen adhäsiven Verschleiß
- Sehr hohe mechanische Festigkeit
- Bestens geeignet für tribologisch hochbeanspruchte Bauteile mit Mangelschmierung.

Übliche Anwendungen

- Motorelemente wie Tassenstößel oder Schleppebel
- Einspritzkomponenten wie Pumpen- und Steuerkolben, Düsenadeln.

Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	a-C:H (Funktionsschicht)
Farbe	schwarz
Schichtdicke	2 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 000 HV



Bild 7
Schaltbarer hydraulischer Tassenstößel

00047EAG

Triondur CX⁺

Modifizierte, wasserstoffhaltige, amorphe Kohlenstoffschicht. Triondur CX⁺ ist ein modifiziertes und nanostrukturiertes Schichtsystem.

Beschichtungsprozess

- PVD- und PACVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Sehr genaue Anpassung an die jeweils vorliegenden tribologischen Anforderungen möglich
- Beste Kombination von Reibungsminimierung, tribochemischer Beständigkeit und Verschleißschutz aller Schichtsysteme.

Übliche Anwendungen

Motorelemente:

- Schlepphebel
- Tassenstößel
- Schlepphebelachse
- Käfige im Kolbentrieb.

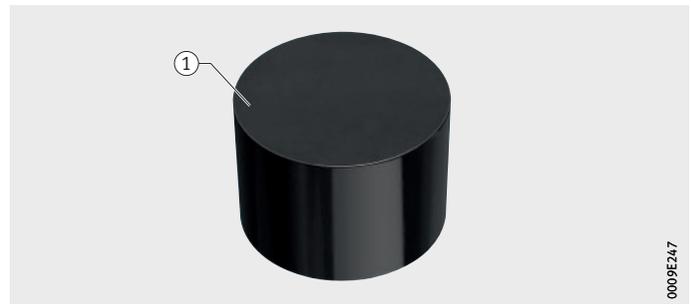
Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	a-C:H:X (Funktionsschicht)
Farbe	schwarz
Schichtdicke	2 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 000 HV

① Triondur CX⁺-beschichtete Gleitflächen

Bild 8

Tassenstößel TSTM



① Triondur CX⁺-beschichteter Außenhebel

Bild 9

Schaltbarer Schlepphebel



Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

Triondur CH

Tetraedrische, wasserstofffreie amorphe Kohlenstoffschicht.

Beschichtungsprozess

■ PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Bedingt durch die hohe Härte weist Triondur CH die höchste Verschleißbeständigkeit aller Triondur-Schichten auf
- In maßgeschneiderten tribologischen Systemen mit abgestimmten Schmierstoffen entfaltet Triondur CH die höchste Wirkung und sorgt für maximale Reibungsreduzierung bei gleichzeitig maximalem Verschleißschutz.

Übliche Anwendungen

■ Tassenstößel.

Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	ta-C (Funktionsschicht)
Farbe	grünlich
Schichtdicke	0,5 µm – 1 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 4 000 HV

① Triondur CH-beschichtete Gleitflächen

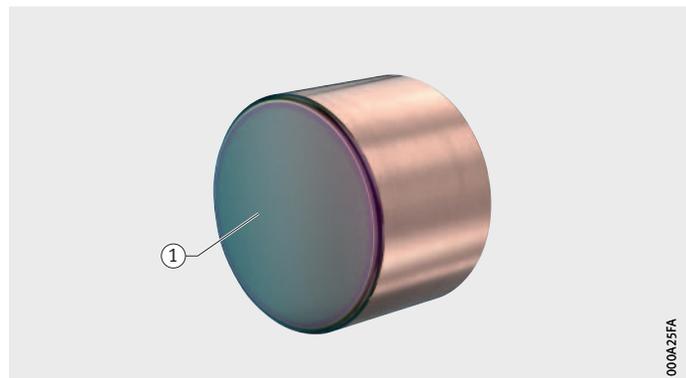


Bild 10
Triondur CH-beschichteter Tassenstößel

000A25FA

Triondur CN

Nitridische Chromschicht.

Beschichtungsprozess

- PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Durch ihren nanokristallinen Aufbau weist die nitridische Chromschicht eine besonders hohe Härte und Duktilität auf
- Die sich einstellende, sehr glatte Oberfläche bleibt durch den hohen Verschleißwiderstand und die sehr gute Ölbenetzung auch im Betrieb erhalten
- Deutliche Verringerung der Reibung zwischen den Kontaktpartnern
- Triondur CN ist die richtige Wahl für hochbeanspruchte Bauteile bei ausreichender Ölversorgung.

Übliche Anwendungen

- Motorelemente.

Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	Chromnitrid (Funktionsschicht)
Farbe	silberfarben
Schichtdicke	1 μm – 4 μm
Reibungsreduzierung	bis zu 20% bei Triondur CN/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 200 HV



Bild 11
Triondur CN-beschichteter
Tassenstößel

Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

Triondur TN

Titannitridbeschichtung.

Beschichtungsprozess

■ PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

■ Hoher abrasiver Verschleißschutz
 ■ Verschleißschutz von Komponenten im Gleitkontakt.

Übliche Anwendungen

■ Verschleißschutz von Borden in Triebwerkslagern, insbesondere durch den am Bord anlaufenden Käfig.

Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	TiN (Funktionsschicht)
Farbe	goldfarben
Schichtdicke	2 μm – 5 μm
Reibungsreduzierung	bis zu 20% bei Triondur TN/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 000 HV



Bild 12
 Triondur TN-beschichtete
 Anlaufflächen am Innenring



Bild 13
 Anwendungsbeispiel
 Aerospace

Triondur MN

Metalldotierte, nanostrukturierte Molybdänitridschicht.

Beschichtungsprozess

- PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Verschleißschutz und Reibungsminimierung unter anspruchsvollen Schmierungsbedingungen
- Hohe Härte und sehr niedriger Reibungskoeffizient im Vergleich zu anderen nitridischen Schichten
- Sehr hohe Temperaturbeständigkeit bis zu +600 °C
- Hohe tribochemische Verschleißbeständigkeit.

Übliche Anwendungen

- Wälzlagerkomponenten
- Gleitlagerkomponenten
- Motorenkomponenten.

Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	CuMoN (Funktionsschicht)
Farbe	silberfarben
Schichtdicke	1 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei Triondur MN/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 200 HV

① Triondur MN-beschichtete Nockenrolle

Bild 14
Nockenrolle im Schleppebel



**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

Industriestraße 1–3
91074 Herzogenaurach
Deutschland
Internet www.schaeffler.de
E-Mail info.de@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
AG & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Deutschland
Internet www.schaeffler.de
E-Mail info.de@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: 2019, Juli

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

TPI 115 D-D