



コーティングによる高機能化

自動車及び一般機械産業
用途向け機能性コーティング

はじめに

自動車・一般機械産業用途 向け機能性コーティング

先進国では、表面技術が最も重要な主要技術のひとつです。Schaeffler 表面技術部門には、コーティング技術、トライボロジー（摩擦学）の基礎、ナノテクノロジーの3分野の重要な能力が結集されています。

Schaeffler は、機能性表面処理とコーティングの世界的リーダーです。Schaeffler が提供する精密な部品やシステムは、高性能であり、メンテナンス間隔や耐用期間を延長します。

適切なコーティングシステムを採用すれば、腐食や摩耗を防ぎ、摩擦を低減して、厳しい要件を満たすことができます。

Schaeffler のコーティングシステムは、部品寿命を延長し、低摩擦によりエネルギー損失を低く抑えるため、資源保護に貢献します。

各種コーティングシステム とその用途

コーティングシステムは、Schaeffler のモジュラーコーティングツールボックスに基づいて選択します（図 1）。このモジュラーコーティングツールボックスは、お客様に最適のソリューションを提供します。各コーティングシステムは、さまざまな方法で表面に施されます。コーティングシステムは、取付け状況に合わせて選定する必要があります。多くの場合、1 部品だけ、または転がり接触する部品の一方をコーティングすれば充分です。

本技術情報では、Schaeffler が採用するコーティングの概要を、主な用途別に紹介します。コーティングタイプ別に、その機能、優位性、利点をまとめています。さらに、適用例や参考資料も記載しています。

本技術は今後、既存の製品のみならず、特に新たな製品でますます重要になります。この技術が重視される一例には、エネルギーシステムや風力エネルギーが挙げられます。さらに、表面に多機能特性を備えた当社の部品やシステムは、将来的にデジタルネットワーキングにも貢献できます。特に、トライボロジーとセンサー関連の機能がますます重視されると思われます。

お問合せ先

■ surface.technology@schaeffler.com または
+49 (0)9132 82-85999 までお問い合わせください。

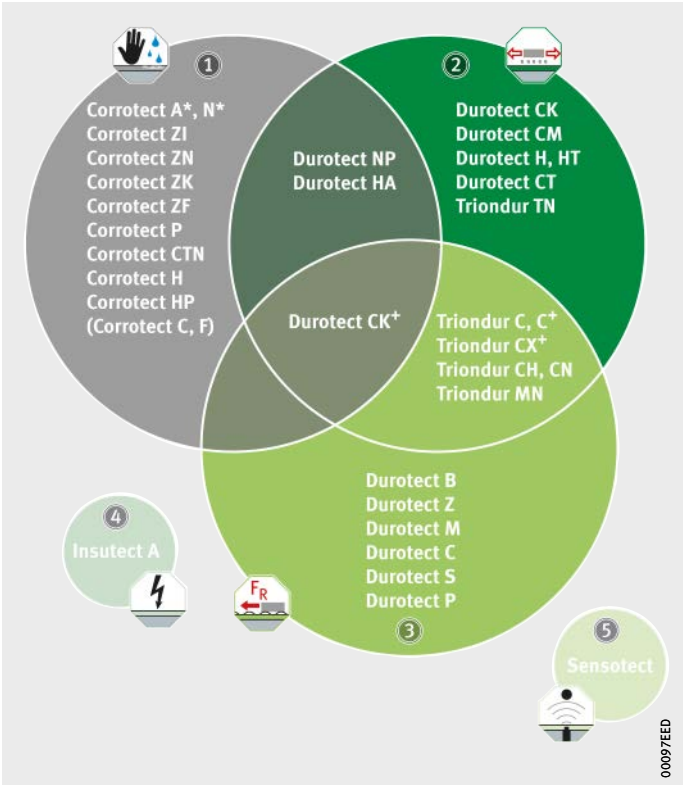
はじめに

モジュラーコーティング ツールボックス

現在、次のコーティングシステムをご用意しています：(図 1)

- ① 防食
- ② 摩耗防止
- ③ 摩擦低減
- ④ 絶縁
- ⑤ センサー技術

図 1
各種コーティングシステム
とその用途



Corrotect	Corrotect には、主に防食（膜腐食、母材腐食防止）を目的とするあらゆるコーティングシステムが含まれています。 コーティングシステムにより、電気化学方式（電気メッキ）、塗装、または溶射などの方法が用いられます。
Durotect	摩耗防止、摩擦低減、またはその両方を主な目的とするコーティングシステムです。コーティングシステムにより、化学方式、電気化学方式、塗装、または溶射などの方法が用いられます。
Triondur	Triondur コーティングシステムは、非常に高いトライボメカニカル応力（摩擦現象により発生する応力）がかかる部品の摩耗防止と摩擦低減に適しています。 成膜は、PVD（物理気相成長法）またはプラズマアシスト CVD（化学気相成長法）により、真空中で行われます。
Insutect	Insutect には、主に絶縁を目的とするあらゆるコーティングシステムが含まれます。それらは、溶射によって成膜されます。
Sensotect	Sensotect はセンサー用コーティングで、部品機能を拡張できます。このコーティングは、Industry 4.0 とデジタル化に特に重要です。 このコーティングシステムは、2 次元または 3 次元の形状を持つ部品にかかる力とトルクを継続的に測定します。 このセンサー技術は PVD により成膜され、その後部品表面に微細加工が施されます。

目次

	ページ
コーティングの選択	
Corrotect コーティングシステム.....	6
Durotect コーティングシステム.....	8
Triondur コーティングシステム.....	10
Insutect コーティングシステム.....	10
Sensotect コーティングシステム.....	10
各種コーティングシステムとその用途.....	12
防食.....	14
Corrotect コーティングシステム.....	15
Corrotect A*、Corrotect N*.....	19
Corrotect ZI.....	20
Corrotect ZN.....	22
Corrotect ZK.....	24
Corrotect ZF.....	26
Corrotect P.....	28
Corrotect CTN.....	30
Corrotect H、Corrotect HP.....	32
摩耗防止と摩擦低減.....	34
Durotect コーティングシステム.....	35
Durotect B.....	36
Durotect Z.....	38
Durotect M.....	40
Durotect CK.....	42
Durotect CK+.....	44
Durotect CM、Durotect CMT.....	46
Durotect NP.....	48
Durotect C.....	50
Durotect S.....	52
Durotect H.....	54
Durotect HT.....	55
Durotect HA.....	56
Durotect CT.....	58
Durotect P.....	59
高いトライボメカニカル応力がかかる表面.....	60
Triondur コーティングシステム.....	61
Triondur C.....	64
Triondur C+.....	66
Triondur CX+.....	67
Triondur CH.....	68
Triondur CN.....	69
Triondur TN.....	70
Triondur MN.....	71
絶縁.....	72
Insutect コーティングシステム.....	73
Insutect A.....	74
センサー技術 — 力とトルクの測定.....	76
Sensotect コーティングシステム.....	77
Sensotect.....	78

Corrotect コーティングシステム
(Cr (VI) 非含有、防食)

コーティングシステム	組成	主な機能	
		防食	摩耗防止
Corrotect A*	亜鉛 - 鉄 薄膜	■	—
Corrotect N*	亜鉛 - 鉄 薄膜	■	—
Corrotect ZI	亜鉛 - 鉄	■	—
Corrotect ZN	亜鉛 - ニッケル	■	—
Corrotect ZK	亜鉛	■	—
Corrotect ZF	亜鉛フレーク	■	—
Corrotect P	塗装システム	■	—
Corrotect CTN	銅 - スズ - ニッケルの組み合わせ	■	—
Corrotect H	亜鉛または亜鉛 - アルミニウム	■	—
Corrotect HP	亜鉛または亜鉛 - アルミニウム トップコートあり	■	—

Corrotect コーティングシステム
(Cr (VI) 含有、防食)

コーティングシステム	組成	主な機能	
		防食	摩耗防止
Corrotect C ¹⁾	亜鉛 - 鉄 薄膜	■	—
Corrotect F ¹⁾	亜鉛 - 鉄 薄膜	■	—

1) 注意！
REACH 規則について：

EU の廃自動車指令（EU Directive 2000/53/EC）施行に伴い、六価クロム化合物の使用が規制されました。そのため自動車産業では、Cr (VI) を含有するコーティング、いわゆる黄色クロム酸塩不動態化皮膜（Corrotect C）および黒色クロム酸塩不動態化皮膜（Corrotect F）は使われていません。

2013 年 4 月に、欧州化学品庁は、六価クロム化合物に変異原性と発がん性があるとして、REACH 規則の付属書 XIV に追加しました。この背景には、化学薬品の使用により生じるおそれのあるリスクに対する人の健康と環境の保護を改善する意図があります。この REACH 規則は、EU 域内とリヒテンシュタイン、アイスランド、ノルウェーに適用されます。スイスでは、REACH 規則の整合法が施行されています。

2017 年 9 月より、欧州化学品庁の認可を得ずに六価クロム化合物をコーティング工程で使用することは禁止されます。これは自動車産業を含む産業界全体に及びます。

Schaeffler では、関連する材料を Cr (VI) 非含有のコーティングへと段階的に変更しています。今後の製品では、Corrotect C および Corrotect F のコーティングは推奨、または使用されません。

	その他の機能	主な用途、特殊機能	説明 ページ
摩擦低減			
-	-	ベルト駆動、セレクターシャフト、軸受、軸受構成部品	19
-	-	ベルト駆動、戻り止めシステム	19
-	-	中程度の防食が必要なベルト駆動、軸受構成部品、ねじ	20
-	-	高度な防食が必要なベルト駆動、軸受構成部品、ねじ	22
-	-	簡単な防食用途	24
-	-	シャシー設計、部品、ねじ、安全部品 (引張強度の高いもの)	26
-	■ 絶縁（コーティングタイプ により異なる）	ハウジング、フランジ、旋回座軸受、 コネクタ、メイン軸受	28
-	■ コーティング硬度による 摩耗防止	海洋用途の防食	30
-	-	大型軸受、旋回座軸受、メイン軸受、 ジェネレーター用軸受の内輪、外輪の防食	32
-	-	大型軸受、旋回座軸受、メイン軸受、 ジェネレーター用軸受の内輪、外輪の防食	32

	その他の機能	主な用途、特殊機能
摩擦低減		
-	-	軸受、軸受構成部品
-	-	リニア構成部品、個別の軸受構成部品

Durotect コーティングシステム
(摩耗防止と摩擦低減)

コーティングシステム	組成	主な機能	
		防食	摩耗防止
Durotect B	混合酸化鉄	－	－
Durotect Z	リン酸亜鉛	－	－
Durotect M	リン酸マンガン	－	－
Durotect CK	柱状硬質クロムコーティング	－	■
Durotect CK+	柱状硬質クロムコーティング および混合酸化クロム	■	■
Durotect CM、 Durotect CMT	マイクロクラック硬質 クロムコーティング	－	■
Durotect NP	ニッケル - リン	■	■
Durotect C	銅	－	－
Durotect S	銀	－	－
Durotect H	クロム鋼またはマンガン鋼	－	■
Durotect HT	各種タイプ	－	■
Durotect HA	硬質陽極酸化 (Al)	■	■
Durotect CT	銅 - スズ (- ブロンズ) の合金	■	■
Durotect P	ポリマーベースコーティング	－	－

	その他の機能	主な用途、特殊機能	説明 ページ
摩擦低減			
■	- 慣らし運転性の向上 - すべり損傷の低減 - 短期的な防食（輸送時等） - WEC（White Etching Crack）による故障低減	ベルト駆動、セレクターシャフト、軸受、軸受構成部品	36
■	- 短期的な防食（輸送時等） - フレッチング腐食の防止 - 滑りばめに最適 - 塗装、石鹸、オイル、加硫用の接着層	航空宇宙、リニアガイドシステム、軸受、軸受構成部品	38
■	- 慣らし運転性の向上 - 短期的な防食（輸送時等） - 非常時運転の潤滑 - ドライ潤滑剤用保持層	航空宇宙、軸受構成部品	40
-	- 防食可能（用途により異なる） - 摩擦をやや低減 - フレッチング腐食の低減	リニア技術、航空宇宙、振動ふるい軸受、スピンドル軸受	42
■	フレッチング腐食の低減	軸受構成部品、リニア技術	44
-	- 防食可能（用途により異なる） - 摩擦をやや低減	針状ころ軸受、軸受、エンジン構成部品	46
-	PTFE 添加剤による摩擦低減	シェル、ガイドリング部	48
■	- 非常時運転の潤滑 - 摩擦熱の放散	高速回転軸受の保持器	50
■	- 非常時運転の潤滑 - 摩擦熱の放散	航空宇宙、リニアガイドシステム、軸受構成部品、高速回転軸受の保持器	52
-	-	転がり軸受リングの寸法補正	54
-	摩擦（静または動）の増大	シンクロナイザーリング、内輪、間座	55
-	絶縁	摺動スリーブ、軸受の保持器、ハウジング構成部品	56
-	- 防食 - スミアリング、フレッチングの防止 - 潤滑剤が不足している際の非常時運転特性	リニアガイドシステム	58
■	- フレッチング腐食の防止 - 絶縁	軸受リング、ガイドスリーブ、保持器	59

Triondur コーティングシステム
(高いトライボメカニカル応力
がかかる部品の摩耗防止と
摩擦低減)

コーティン グシステム	組成	主な機能	
		防食	摩耗防止
Triondur C	a-C:H:Me (金属含有水素化アモルファスカ ーボンコーティング)	－	■
Triondur C ⁺	a-C:H (水素化アモルファスカーボンコ ーティング)	－	■
Triondur CX ⁺	a-C:H:X (改良型水素化アモルファスカ ーボンコーティング)	－	■
Triondur CH	ta-C (四面体水素フリーアモルフ ァスカーボンコーティング)	－	■
Triondur CN	窒化クロム Cr _x N	－	■
Triondur TN	窒化チタン TiN	－	■
Triondur MN	CuMoN (窒化物系硬質膜)	－	■

Insutect コーティングシステム
(絶縁)

コーティン グシステム	組成	主な機能
Insutect A	酸化アルミニウム	絶縁

Sensotect コーティングシステム
(センサー技術)

コーティン グシステム	組成	主な機能
Sensotect	絶縁コーティングとひずみ 検知 PVD コーティングから 成る多層システム	力とトルクの測定

	その他の機能	主な用途、特殊機能	説明 ページ
摩擦低減			
■	■ すべり損傷の低減	軸受構成部品、エンジン構成部品	64
■	－	エンジン構成部品、軸受構成部品	66
■	－	エンジン構成部品、軸受構成部品、ナノ構造、摩擦低減と 摩耗防止に最適	67
■	－	エンジン構成部品、適切な潤滑剤による摩擦低減、 全コーティングシステム中最高の耐摩耗性	68
■	－	バルブトレイン部品	69
－	－	軸受構成部品、リップ表面	70
■	■ 耐熱性向上	エンジン構成部品、軸受構成部品、ナノ構造、高荷重下での 摩耗防止と摩擦低減	71

その他の 機能	主な用途、特殊機能	説明 ページ
－	鉄道車両、電気モーター、ジェネレーター	74

その他の 機能	主な用途、特殊機能	説明 ページ
－	転がり軸受、ボトムブラケット軸受、ホイール軸受、シャフト、曲げビーム	78

各種コーティングシステムとその用途

特徴

特殊コーティングを使用すれば、自動車産業や一般機械産業での部品用途を拡大できます。そのため、コーティングシステムは、一つの設計要素とみなされます。

コーティングは、機能を拡大して特定用途に適した特性を部品に付加することにより、母材の性能を高める定評ある手法です。長年にわたり、Schaeffler は転がり軸受や精密部品にコーティングを施すことで、耐食性と耐摩擦、絶縁の特性を改善してきました。

軸受部品が腐食すると、機能に不具合が生じ、効率が低下し、軸受の早期故障につながります。適切なコーティングにより、耐腐食性を備えた高価な特殊軸受鋼と同等の効果が得られることもあります（14 ページ参照）。

転がり軸受の性能は、滑らかな運転と耐摩耗性により決まります。これらの要因は、基本的な機能だけではなく、エネルギーや加工材料の要件にも影響を与えます。摩擦係数が小さいと、エネルギー消費量を低減するだけではなく、潤滑剤の所要量も低減できます。これは、機械の摩耗の低減にもつながります。また、これにより軸受の機能が長期間維持され、寿命が延長されます。

摩擦摩耗挙動の改善には、Durotect コーティングシステムおよび Triondur コーティングシステムが適しています（34 ページおよび 60 ページ参照）。この場合、適切なコーティングを選定することで、潤滑状況が悪い（潤滑剤不足）場合の性能を大幅に改善できます。

電流漏れによる転がり軸受故障を防止するため、軸受リングの円筒形の表面と端面にセラミック絶縁コーティングを施すことができます（72 ページ参照）。

以下の表に、防食、摩耗防止、摩擦低減との関連で、各コーティングの性能上の長所をまとめています（13 ページの表参照）。



実際の性能は、用途により異なり、状況により変わることがあります。その際には、Schaeffler までご相談ください。

防食が主な機能の
コーティングの特性

コーティングシステム	主な機能		
	防食	摩耗防止	摩擦低減
Corrotect ZK	+	---	---
Corrotect ZI	++	---	---
Corrotect ZN	+++	---	---
Corrotect ZF	+++	---	---
Corrotect P	++	---	---
Corrotect CTN	+++	++	---
Corrotect H	++	---	---
Corrotect HP	+++	---	---

摩耗防止が主な機能の
コーティングの特性

コーティングシステム	主な機能		
	防食	摩耗防止	摩擦低減
Durotect NP	++	++	---
Durotect HA	+	+	---
Durotect CM、Durotect CMT	+	++	+
Durotect CK	+	+++	+
Durotect CK ⁺	++	+++	++
Durotect CT	++	++	+
Durotect HT	---	++	---

摩擦低減が主な機能の
コーティングの特性

コーティングシステム	主な機能		
	防食	摩耗防止	摩擦低減
Durotect B	-	+	+
Durotect M	-	+	+
Durotect Z	-	+	+
Durotect C	---	---	+
Durotect S	---	---	+
Durotect P	+	+	++
Triondur システム	---	+++	+++

+++ = 高
 ++ = 中
 + = 低
 - = 短期的（輸送時の潤滑等）
 --- = 保証対象外



FAG



防食

防食



Corrotect コーティングシステム

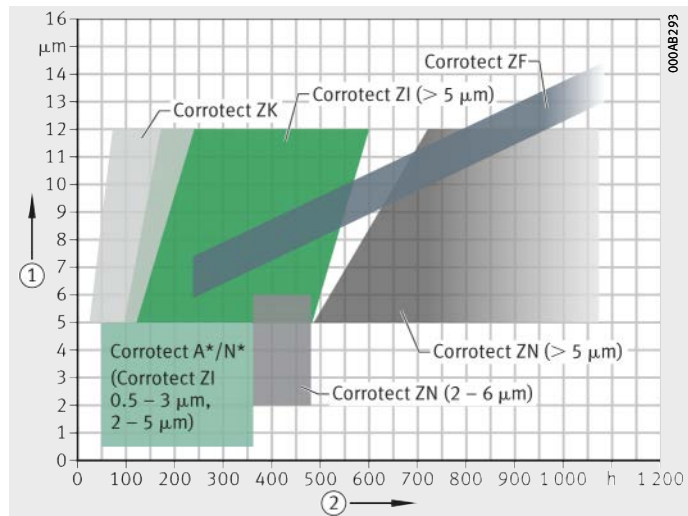
転がり軸受構成部品には通常、ズブ焼き入れかオーステンパ処理、または浸炭焼き入れした転がり軸受用鋼（100Cr6）が使用されています。しかし、標準的な転がり軸受用鋼は、水や湿気に接触すると腐食することがあり、意図されている機能が恒久的に作用しないおそれがあります。耐食性に優れた特殊軸受用鋼を使用すれば、この問題を解決できますが、高価になります。したがって、腐食のおそれが中程度の状況で最も経済的にこの特性を最適化する方法は、標準的な転がり軸受用鋼に適切なコーティングを施すことです（13 ページの表参照）。腐食のおそれが特に高い用途に、海水に耐性のあるコーティングをご用意しています。

Corrotect コーティングは、さまざまな性能を備えた幅広いラインアップで提供されています。そのため、お客様の個別の用途に適したコーティングで腐食（膜腐食、母材腐食）を防止することができます（図 1 参照）。以下に Schaeffler の防食コーティングについて詳しくご説明し、いくつかの例を示します（19 ページ参照）。

Corrotect には、主に防食を目的とするあらゆるコーティングシステムが含まれます。防食を目的とするコーティングシステムは、さまざまな方法で保護します。コーティングシステムにより作用は異なり、カソード防食効果（亜鉛合金等によるもの）に基づくものもあれば、アノード防食効果（化学ニッケルコーティング等によるもの）やバリア効果（塗装システム等によるもの）に基づくものもあります。

① 膜厚
② 赤錆への耐食性
(DIN EN ISO 9227 による)

図 1
塩水噴霧試験での
Corrotect コーティングシステム
の比較
(カソード防食)



防食

コーティング方法

電気メッキによる 防食コーティング

コーティングシステムにより、電気化学（電気メッキ）プロセス（亜鉛合金の場合）または浸漬方法（塗装）が用いられます。

亜鉛および亜鉛合金は、工業用途で防食コーティングとして長年使用されてきました：図 2。転がり軸受では、運転中に軌道面上で負荷を受ける部分で柔らかい層が摩耗するため、軸受のすきまが大きくなります。したがって、膜厚 $> 5 \mu\text{m}$ は通常適切ではありません。薄膜の Corrotect A* と Corrotect N* のタイプでは、膜厚 $0.5 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ が適切で、標準的な転がり軸受に適用できます。

亜鉛ベースの防食コーティングには両性特性があるため、特定の条件下でのみ適用が可能であり、腐食環境下での用途や腐食環境に触れる用途には適していません。酸性剤またはアルカリ性剤（ $\text{pH} < 6 \sim \text{pH} > 8$ ）に接触する場合、コーティング面の腐食、膜腐食や母材腐食を想定する必要があります。



コーティング工程では、部品が電気回路内にあります。その結果、部品形状全体に強度の異なる電界が生じ、縁部の膜が厚くなります（ボーン現象）。

このような物理的現象により、穴やアンダーカット、内縁部分には、膜が不十分、または全くないことがあります。しかし、部品専用に最適化したコーティング治具を使用すると、この現象の発生を低減または解消することができます。

試験時間 24 h（塩水噴霧）

- ① 亜鉛 - 鉄コーティングあり
- ② コーティングなし

図 2
塩水噴霧試験後の部品
(コーティングあり／なし)





亜鉛／亜鉛合金コーティングの 不動態化処理とシーリング	亜鉛／亜鉛合金コーティングの防食効果を高めるため、追加で不動態化処理を行います。この場合、部品を不動態化溶液に浸すことで Cr(VI) 非含有の化成皮膜が得られます。この化成皮膜は、亜鉛ベースのコーティングを保護して、白錆と赤錆の発生を長期間防ぎます。 特殊用途では、さらにシーリングを施すこともできます。この場合、不動態化膜の上に、カバー層として有機物または無機物が用いられます。これにより、耐食性がさらに高まります。
表面が異種金属面に接触する場合	貴金属や半貴金属（銅製シールリングなど）と接触すると、電気化学ポテンシャルが発生するため、コーティングの保護機能（カソード防食）が急激に低下します。したがって、異種金属面との接触は、最大限避けるべきです。
搬送／ハンドリング作業	搬送／ハンドリング作業などで、防食の必要性がわずかしかなければならない場合は、経済的なリン酸亜鉛処理（Durotect Z）または黒色酸化皮膜処理（Durotect B）が可能です。いずれの場合でも、オイルの塗布が必要です。ただしこの場合、その保護システムに要求される性能とシステムの性能レベルを必ず比較して、慎重に評価する必要があります。一般に、以上のような簡易な保護システムは、部品にオイルを塗布した場合のみ、条件に合った防食が可能になります。
塗料ベースの防食コーティング	大径部品や特殊な要件のある部品の場合は、それらを電解溶液に浸して電気メッキを施すことが必ずしもできません。その代替として、塗料（Corrotect P）または高耐食性の塗料ベースのコーティングシステム（Corrotect ZF）が防食に使用されます。

防食

多層防食システム	過酷な腐食環境では、Corrotect CTN のような多層防食システムが採用されます。 このコーティングは、コストのかかる溶射コーティングや多層コーティング（亜鉛プライマー、ベース塗装、カバー塗装、トップコート）の魅力的な代替方法です。
Corrotect CTN	不浸透性のブロンズ中間層（既定の組成のバリア層）の固有の特性により、海水や鉍酸、塩化鉄（III）、硫酸、塩酸、硝酸、リン酸などの腐食性化学物質に耐性のあるコーティングを提供できます。カバー層に耐摩耗性があるため、洋上や鉍山での操業などの高負荷用途で、その効果が実証されています。
その他の防食コーティング	酸やアルカリなど、腐食性が非常に高い溶媒に接触する場合は、無電解法によるニッケル・リンコーティング（NiP コーティング）に効果があることが実証されています。ただし、コーティング膜厚分の公差を考慮する必要があります。
柱状硬質クロムコーティング	摩耗と高荷重に耐える防食コーティングに柱状硬質クロムコーティング Durotect CK と Durotect CK+ を採用できます（42 ページ および 44 ページ参照）。



Corroprotect A*、Corroprotect N* 厚膜不動態化 A* またはナノ粒子分散厚膜不動態化 N* を施した亜鉛 - 鉄コーティング（膜厚 < 5 μm）。

- コーティング工程
- 電気メッキ法
 - 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点
- 母材腐食（赤錆発生）の防止
 - 経済的なカソード防食法
 - 薄膜コーティング技術により、偏差や公差の仕様を考慮せず、軸受全体をコーティング可能。
- 一般的な用途
- 耐食性に対して高度な要件がある、以下をはじめとする各種軸受、軸受構成部品、軸受周辺部品。

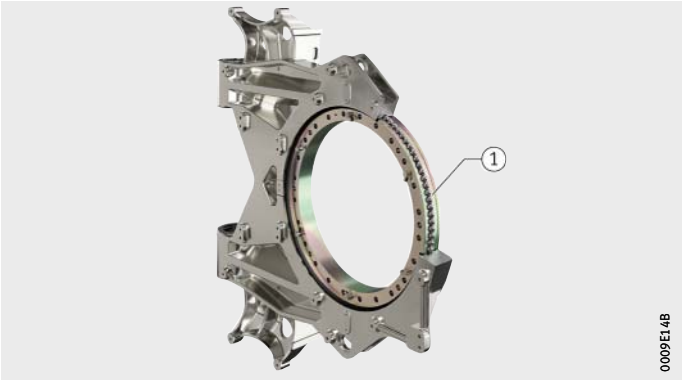
 - 軸受内輪、外輪
 - 大量生産に適したシェル形針状ころ軸受および戻り止めスリーブなどの各種薄肉部品。

特性

特徴	コーティング	
	Corroprotect A*	Corroprotect N*
組成	亜鉛 - 鉄	
後処理	厚膜不動態化	ナノ粒子分散厚膜不動態化
耐食性	膜厚と不動態化処理により異なりますが、48 h ~ 360 h の間、母材腐食を防止します（DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による）	
色	銀色、虹色	銀色、やや虹色
膜厚	0.5 μm - 3 μm 2 μm - 5 μm	
皮膜抵抗	コーティングには両性的特性があるため、pH < 6 および pH > 8 の範囲では、耐食性が低下します	

① 内輪に Corroprotect A* をコーティングした 4 点接触玉軸受

図 3
用途例
スイベルシステム



防食

- Corrotect ZI

厚膜不動態化 A* またはナノ粒子分散厚膜不動態化 N* を施した亜鉛 - 鉄コーティング（膜厚 > 5 μm）。
- コーティング工程

■ 電気メッキ法

■ 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点

■ 母材腐食（赤錆発生）の防止

■ 経済的なカソード防食法。
- 一般的な用途

耐食性に高度な要件がある以下などの部品。

■ 軸受周辺部品

■ ハウジング

■ ベルトプーリー

■ レバー。

特性

特徴	コーティング	
	Corrotect ZI A*	Corrotect ZI N*
組成	亜鉛 - 鉄	
後処理	厚膜不動態化	ナノ粒子分散厚膜不動態化
耐食性	膜厚と不動態化処理により異なりますが、120 h ～ 600 h の間、母材腐食を防止します（DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による）	
色	銀色、虹色	銀色、やや虹色
膜厚	> 5 μm	
皮膜抵抗	コーティングには両性特性があるため、pH < 6 から pH > 8 の範囲では、耐食性が低下します	



① Corroctect ZI A*
コーティングを施した外輪

図 4
オーバーランニング
オルタネータープーリー
(ベルト駆動より)

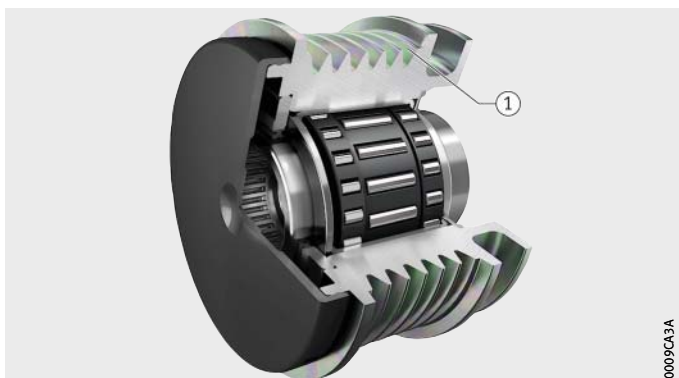


図 5
用途例
ベルト駆動



防食

- Corrotect ZN

厚膜不動態化 A* を施した亜鉛 - ニッケルコーティング。
- コーティング工程

■ 電気メッキ法

■ 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点

■ 母材腐食（赤錆発生）の防止

■ 高品質のカソード防食法

■ 薄い膜厚で高い防食効果。
- 一般的な用途

耐食性に極めて高度な要件がある以下などの部品。

■ ステアリング／戻り止めブッシュ

■ 軸受ピン

■ 機械レバー。

特性	特徴	コーティング
	組成	亜鉛 - ニッケル
	後処理	厚膜不動態化
	耐食性	膜厚と不動態化処理により異なりますが、360 h ～ 720 h の間、母材腐食を防止します（DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による）。性能向上に後処理を施した場合、720 h を超える時間、赤錆を防止できることがあります
	色	銀青色（場合により、有色の虹色）
	膜厚	> 2 μm
	皮膜抵抗	コーティングには両性特性があるため、pH < 6 から pH > 8 の範囲では、耐食性が低下します



Corrotect ZN A* コーティング

図 6
外輪
(ボールスクリュードライブより)

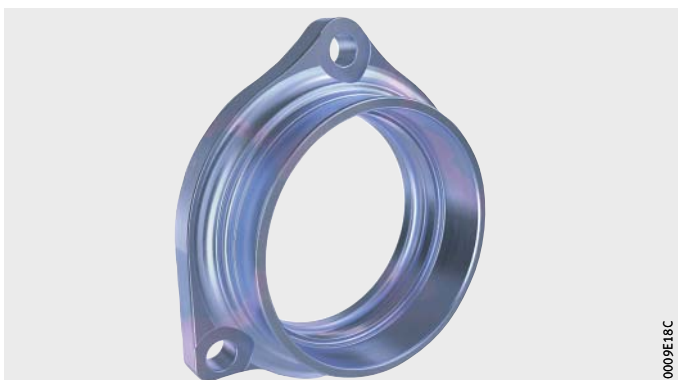
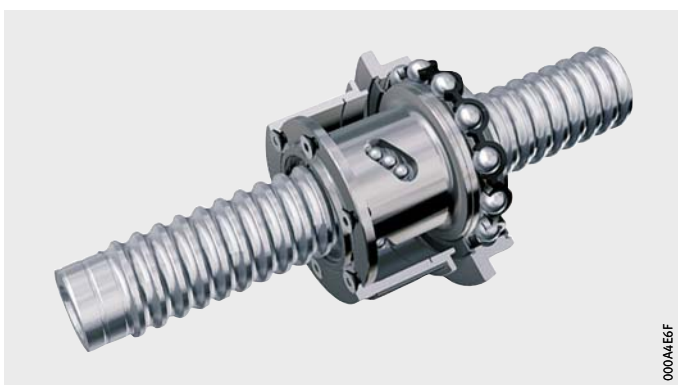


図 7
用途例
ボールスクリュードライブ



防食

Corrotect ZK 厚膜不動態化 A* または薄膜不動態化 A / B を施した電気メッキ亜鉛コーティング。

- コーティング工程
- 電気メッキ法
 - 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。

優位性と利点 ■ 母材腐食（赤錆発生）の防止。

- 一般的な用途
- 耐食性要件が低い以下などの部品。
- 単純なブランクや曲げのある部品
 - インパクトスリーブなどの小型取り付け部品
 - ねじ。

特性

特徴	コーティング		
	Corrotect ZK A*	Corrotect ZK A	Corrotect ZK B
組成	亜鉛		
後処理	厚膜不動態化	薄膜不動態化	薄膜不動態化
耐食性	膜厚と不動態化処理により異なりますが、24 h ～ 192 h の間、母材腐食を防止します（DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による）		
色	銀色、虹色	無色、銀色	銀青色
膜厚	> 5 μm		
皮膜抵抗	コーティングには両性特性があるため、pH < 6 から pH > 8 の範囲では、耐食性が低下します		

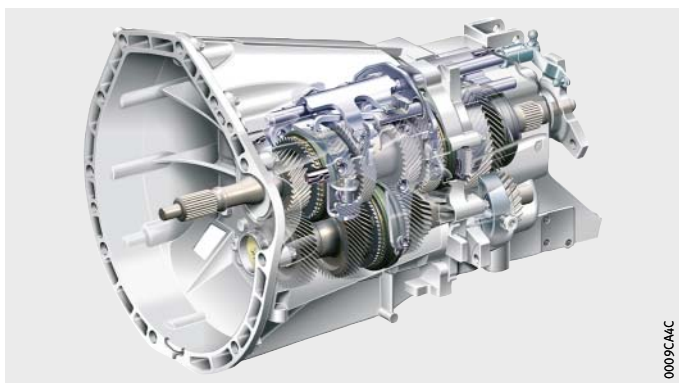


① Corrotect ZK
コーティングを施したシェル

図 8
セレクトーロード戻り止めピン
(マニュアルギヤボックスより)



図 9
用途例
マニュアルギヤボックス



防食

- Corrotect ZF

亜鉛フレークコーティング。
- コーティング工程

■

浸漬、遠心、または噴霧法。
- 優位性と利点

■

母材腐食（赤錆発生）の防止

■

塗装と同等の部分カソード防食

■

通常の防食塗料比で、耐熱性向上

■

後熱処理を実施しなくても、高強度材料を防食。
コーティング工程による水素脆化リスクなし。
- 一般的な用途

自動車の以下の部品。

■

アクスルおよびホイール軸受構成部品

■

インパルスリングおよび中間リング

■

高強度ねじ（または M5 より大きいねじ部）。

特性

特徴	コーティング
組成	亜鉛（・アルミニウム）フレーク
後処理	不動態化なし、場合によりトップコート
耐食性	膜厚により異なりますが、最大 1000 h、 母材腐食を防止します (DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による)
色	銀灰色（必要に応じてトップコートに着色可）
膜厚	> 5 μm



- ① Corrotect ZF
コーティングを施したリムシート
- ② Corrotect ZN
コーティングを施した外輪

図 10
ホイールフランジ

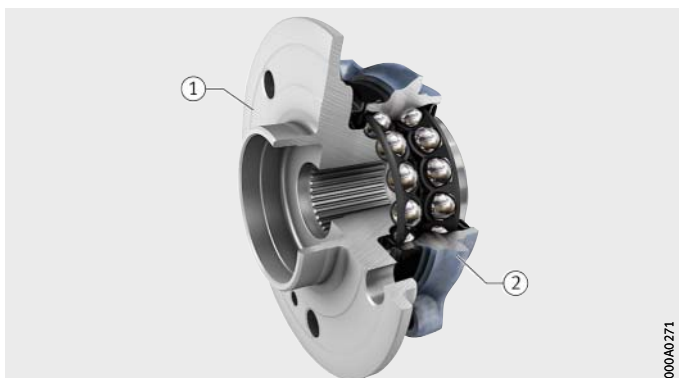


図 11
用途例
ホイールサスペンション

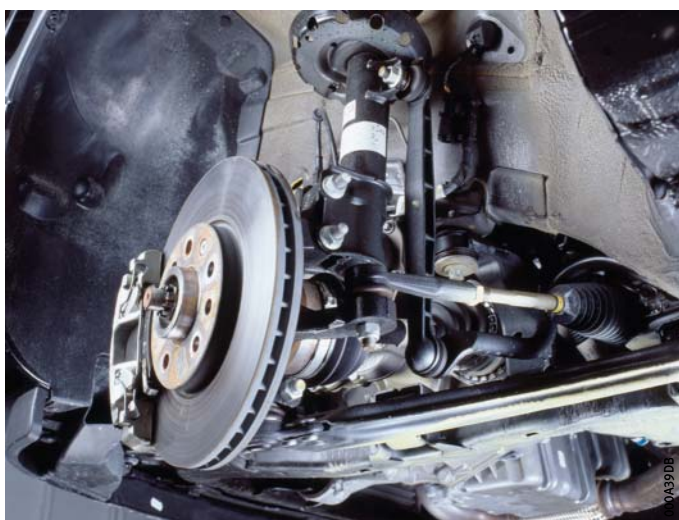


図 12
用途例
散布車



防食

Corrotect P ポリマーベースコーティング。
Corrotect P には、防食用の各種コーティングシステムが含まれます。

- コーティング工程
- 浸漬法：
 - 各部品を完全にコーティング
 - 噴霧法：
 - 全体的または部分的コーティング
 - 硬化温度は塗装システムにより異なりますが、室温から約 +250 °C までの範囲です。

- 優位性と利点
- 母材腐食（赤錆発生）の防止
 - さまざまな周囲条件での防食（DIN EN ISO 12944-2; 腐食性カテゴリ C1 ~ C5-M による）
 - 白錆の発生なし
 - コーティングタイプにより異なりますが、低電圧域で絶縁
 - 優れた耐薬品性
 - 色を自由に選択可。

- 一般的な用途
- 以下などの防食要件が低いものから極めて高度なものまで、さまざまな部品に対応。
- 風力タービンローターのメイン軸受
 - アクティブロール制御（ハウジング、トーションバー）
 - プランマブロックハウジング
 - ホイール軸受。

特性	特徴	コーティング
	組成	ポリマーベース
	後処理	不動態化なし
	耐食性	DIN EN ISO 12944-2 腐食性カテゴリ C1 ~ C5-M による防食。 膜厚により異なりますが、最大 720 h、 母材腐食を防止します (DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による)
	色	自由選択可
	膜厚	15 µm – 500 µm



① Corroctect P
コーティングを施したロールアーム

図 13
アクティブロール制御



Schaeffler グラスカー

① アクティブロール制御

図 14
用途例
シャシー



防食

- Corrotect CTN
- 銅 - ブロンズ - ニッケルの組み合わせ。
- コーティング工程
- 電気メッキ法
 - 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点
- 海水、鉍酸、その他の各種化学物質に対して優れた耐食性
 - カバー層に良好な耐摩耗性があるため、洋上や鉍山での操業などの高い応力レベルの用途に最適
 - 最大 +600 °C の耐熱性。
- 一般的な用途
- 海洋用途
 - 球面すべり軸受。

特性	特徴	コーティング
	組成	銅 - ブロンズ - ニッケルの組み合わせ
	後処理	なし
	耐食性	設計と膜厚により異なりますが、バリア効果により、母材腐食（赤錆の発生）の防止は ■ ≥ 1000 h（DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による） ■ 耐海水性は ≥ 72 h（ASTM G48-C による）です
	色	銀色（場合により、光沢のある黄色）
	膜厚	$> 60\text{ }\mu\text{m}$ （推奨）



① Corrotect CTN
コーティングを施した内輪

図 15
球面すべり軸受
(ツーピース外輪および
ELGOGLIDE-W11 すべり層付き)

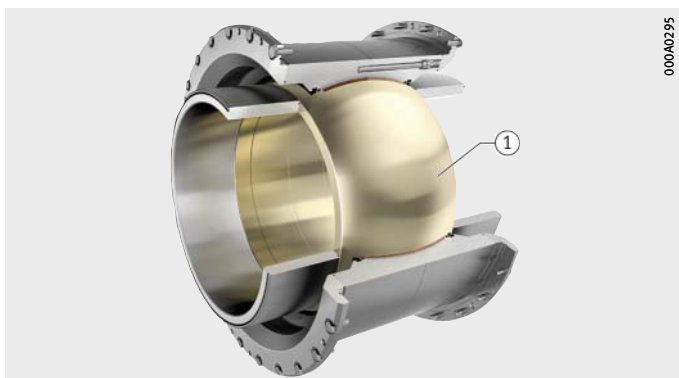


図 16
洋上での用途
海上輸送



防食

Corrotect H、Corrotect HP 亜鉛または亜鉛 - アルミニウムからなる防食用金属溶射膜 (オプションでトップコートあり)。

- コーティング工程
- 溶射 (オプションでトップコート塗装あり)。
- 優位性と利点
- さまざまな周囲条件に適した防食 (DIN EN ISO 12944-2 準拠)

■ 腐食性カテゴリ C1 ~ C5-M。
防食可能期間は 15 年 (保護期間等級 H)

■ 大型部品にコーティングが可能。
- 一般的な用途
- 以下の用途で、非常に優れた耐食性を実現します。

■ 大型軸受の内輪、外輪

■ 風力エネルギー用途の旋回座軸受、メイン軸受、ジェネレーター用軸受。

特性

特徴	コーティング	
	Corrotect H	Corrotect HP
組成	亜鉛または亜鉛 - アルミニウムコーティング	
後処理	なし	ポリマーベースのトップコート (塗装)
耐食性	> 15 年が可能 (DIN EN ISO 12944 準拠)	
色	メタリック	トップコートによる配色
膜厚	50 μm – 400 μm	



外面全体に
Corrotext H コーティング

図 17
風力タービン用
円すいころ軸受システム



図 18
用途例
洋上風力タービン





FAG



摩耗防止と摩擦低減

摩耗防止と摩擦低減

Durotect コーティングシステム

Schaeffler のモジュラーコーティングツールボックスから、大きな摩擦により発生する応力がかかる部品の摩耗防止と摩擦低減に適したコーティングをお選びいただけます。

さらに、Durotect コーティングシステムは、非常時運転の潤滑や放熱、(トライボ) 化学反応 (フレッチング腐食など) の防止、または短期的な防食 (輸送時など) 等の機能も備えています。

コーティングは、部品の要件に応じて、化学的 / 電気化学的な方法、塗装、溶射などの方法が用いられます。

以下のページでは、各コーティングシステムと用途例をご紹介します (図 1 および 36 ページ以降)。

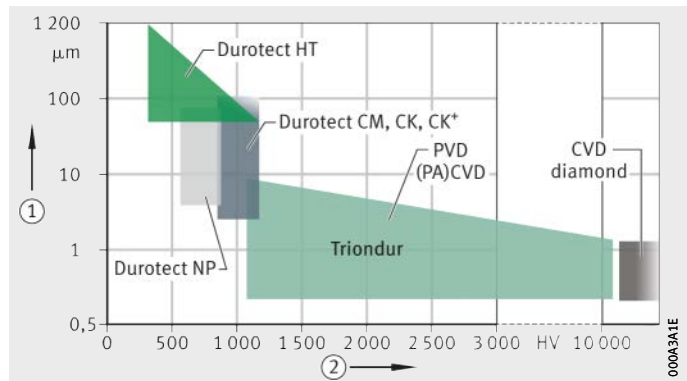


図 1
各コーティングシステムの比較

アブレシブ摩耗と凝着摩耗

アブレシブ摩耗の防止には、高い表面硬度が必要です。特殊なハードコーティングにより、相手の接触面を保護することができます。

一部の Durotect コーティングシステム (Durotect CM、Durotect CMT、Durotect CK、Durotect CK*、Durotect NP など) は、母材よりも硬度が高いため、アブレシブ摩耗を防ぐことができます。

凝着摩耗は主に、鋼と鋼など、付着性が似ている接触面で発生します。適切なコーティングを一方の接触面に施して付着タイプを改善すると、この摩耗メカニズムを防止することができます。

凝着摩耗の典型例にすべり損傷があります。この摩耗は、たとえば黒色酸化皮膜処理によって材料表面を酸化させると低減できます。

この点では、Schaeffler は、コーティングシステム Durotect B に特に最適化した黒色酸化皮膜処理法で、世界的な新基準を確立しています。

摩耗防止と摩擦低減

- Durotect B
- 表面構造を最適化する混合酸化鉄コーティング。
- コーティング工程
- 化成処理。
- 優位性と利点
- 部品形状の変更は不要
- 部品に曲げ応力や圧縮応力がかかる状況でも形状的に安定なコーティング
- 慣らし運転性の向上
- すべり損傷の低減
- WEC による故障を低減
- 表面損傷（SIF：表面起点疲労）に対する耐性向上
- 潤滑剤不足の状況下で摩擦特性を改善。
- 一般的な用途
- 完全補完型円筒ころ軸受
- 玉軸受
- 風力タービンおよび鉄道駆動用軸受の転動体およびリング
- トランスミッションおよびベルト駆動システムの各種部品。

特性	特性	コーティング
	組成	混合酸化鉄
	色	暗褐色から黒色
	膜厚	≧ 0.5 μm

図 2
Durotect B コーティングを
施した単列円筒ころ軸受



0009CA55



図 3
用途例
風力タービン



0009F243

摩耗防止と摩擦低減

- Durotect Z
- リン酸亜鉛コーティング。
- コーティング工程
- 化成処理。
- 優位性と利点
- オイルを塗布した状態で一時的に防食
- 軸受座面のフレッチング腐食（摩擦腐食）防止
- 凝着摩耗防止
- フォールスプリネリングによる損傷の低減。
- 一般的な用途
- 鉄道車両の円すいころ軸受
- 大型軸受（主に製紙業用）
- 転がり軸受用保持器およびシェル
- 石鹼、オイル、グリース、ワックス等の潤滑剤の保持層
- 塗装や亜鉛フレークコーティングシステムのプライマー
- 冷間成形（深絞り等）の補助。

特性

特徴	コーティング
組成	リン酸亜鉛
耐食性	≦ 24 h（オイル塗布時） （DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による）
色	淡灰色から暗灰色
構造	微結晶構造
膜厚	1 μm – 10 μm
耐熱性	≦ +250 °C

① Durotect Z コーティングを
施した内輪、外輪、保持器

図 4
重貨物輸送用の
円すいころ軸受ユニット



図 5
用途例
鉄道



摩耗防止と摩擦低減

- Durotect M
- リン酸マンガン。
- コーティング工程
- 化成処理。
- 優位性と利点
- すべり挙動、慣らし運転時の挙動向上

■ 非常時運転の潤滑

■ 保持器の摩耗防止

■ 凝着摩耗防止

■ フォールスプリネリングによる損傷の低減。
- 一般的な用途
- 銅板打抜き保持器

■ クランクシャフト軸受の内輪ボア

■ 耐摩擦塗装およびドライ潤滑剤のプライマー

■ タバットの慣らし運転補助。

特性

特徴	コーティング
組成	リン酸マンガン
耐食性	≦ 24 h (オイル塗布時) (DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による)
色	暗灰色から黒色
構造	微結晶構造
膜厚	1 μm – 10 μm
耐熱性	≦ +350 °C

内輪および外輪の
Durotect M コーティング

図 6
球面すべり軸受 GE80-DO-2RS



図 7
用途例
ストラドルトラック



摩耗防止と摩擦低減

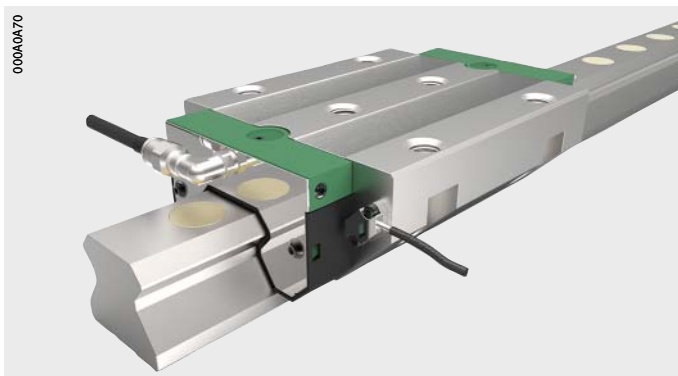
- Durotect CK
- 柱状硬質クロムコーティング。
- コーティング工程
- 電気メッキ法
 - 高強度材料に対して、コーティング後に熱処理を推奨（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点
- 特に、アキシャル方向に接触する回転ポイントやフレッチング腐食の可能性がある表面に高い耐摩耗性
 - 小型の玉軸受およびころ軸受の混合潤滑条件下で、効果的に摩耗防止
 - 混合潤滑条件下の摩擦低減
 - 摩擦を低減し、自由側軸受の変位を無制限に許容
 - 転がり軸受用鋼比で高い耐食性（DIN EN ISO 9227 に基づく塩水噴霧試験による）。
- 一般的な用途
- 航空宇宙用途での高精度軸受の軌道面
 - スピンドル軸受の外径
 - 腐食環境で作動する自動調心ころ軸受全体のコーティング（リング、転動体）
 - 内径をフレッチング腐食から保護
 - ヘリコプターの回転斜板用玉軸受の内輪および外輪
 - 腐食環境下のリニア部品。

特性

特徴	コーティング
組成	硬質クロムコーティング
色	灰色（つや消し）
構造	光沢のある柱状構造
膜厚	1 μm – 4 μm
硬度	900 HV – 1000 HV

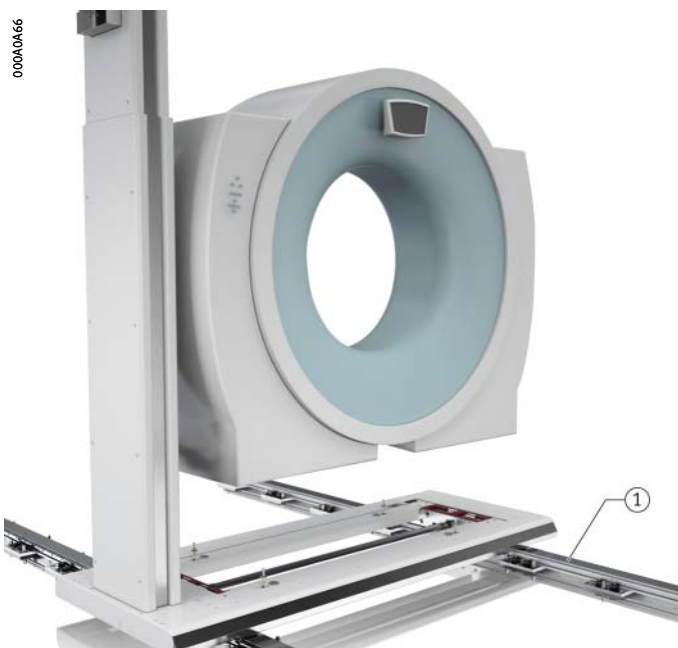
Durotect CK コーティングを
施した外面

図 8
リニアローラー
ガイドシステム RUE



① Durotect CK コーティングを
施したリニアシステム

図 9
用途例
可動式レールガイド付き
コンピューター断層撮影



摩耗防止と摩擦低減

- Durotect CK+

柱状硬質クロムコーティング（混合酸化クロムトップ層あり）。
- コーティング工程

- 電気メッキ法
 - 高強度材料に対して、コーティング後に熱処理を推奨（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点

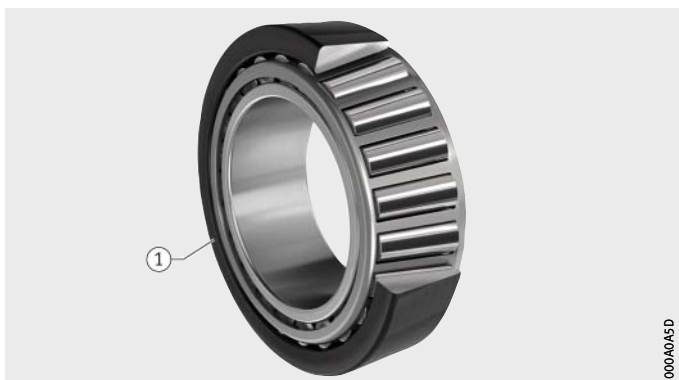
- 混合酸化クロムトップ層がドライ潤滑剤として作用
 - 慣らし運転性の向上
 - 潤滑剤が不足した状況での摩擦摩耗挙動の向上
 - 鉄道輸送でのメンテナンス間隔延長
 - Durotect CK 比で、耐食性が向上。
- 一般的な用途

- 防食が必要な軸受構成部品
 - 鉄道車両の電動機用軸受
 - マルチロール冷間圧延機のバックアップローラー
 - リニア部品。

特性	特徴	コーティング
	組成	硬質クロム（混合酸化クロムトップ層あり）
	色	黒
	構造	柱状クロム層上に混合酸化クロムのスムーズなトップ層
	膜厚	
	柱状クロム層	1 μm – 4 μm
	混合酸化クロム	0.5 μm – 3 μm
	硬度	
	柱状クロム層	900 HV – 1100 HV
	混合酸化クロム	150 HV – 200 HV

① Durotect CK⁺ コーティングを
施した外輪

図 10
円すいころ軸受 33112



摩耗防止と摩擦低減

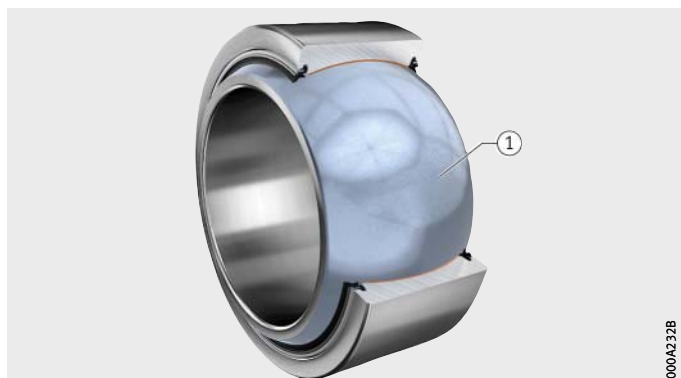
- Durotect CM、Durotect CMT
- マイクログラック硬質クロムメッキ。
- コーティング工程
- 電気メッキ法
 - 高強度材料に対して、コーティング後に熱処理を推奨（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点
- 潤滑剤が不足した状況での摩擦摩耗挙動の向上
 - 高硬度表面が摩耗を防ぎ寿命を延長
 - 30 μm を超えるコーティング厚で、多くの化学物質に良好な耐食性と優れた耐薬品性
 - 摩擦腐食の防止
 - フォールスプリネリングによる損傷の防止
 - 摩擦係数が小さく、すべり特性が良好
 - 耐凝着摩耗性。
- 一般的な用途
- 以下をはじめとする、自動車産業および一般機械産業で摩耗が懸念される用途。

 - 球面すべり軸受
 - シャフト
 - 軸受構成部品、エンジン構成部品。

特性	特徴	コーティング
	組成	硬質クロムメッキ
	色	銀色（光沢あり）
	構造	マイクログラック硬質クロム層 （初期粗さをほぼ維持）
	膜厚	0.1 μm – 500 μm（用途により異なる）
	硬度	850 HV – 1100 HV
	耐熱性	色の安定性（最高温度） +300 °C 硬度の安定性（最高温度）+700 °C

- ① Durotect CMT コーティングを
施した内輪

図 11
ラジアル球面すべり
軸受 GE60-UK-2TS、
メンテナンスフリー



000A2328

- ① Durotect CMT コーティングを
施した球面すべり軸受

図 12
摩耗が懸念される用途の例：
掘削機の球面すべり軸受



000A20E3



摩耗防止と摩擦低減

- Durotect NP
- ニッケル・リン合金。
- コーティング工程
- 自己触媒めっき法。
- 優位性と利点
- 部品表面全体にほぼ均一な膜を形成

■ 摩耗防止と防食を合わせて実現

■ 海洋用途の防食

■ 腐食性溶媒に高い耐薬品性

■ 特定の条件では食品にも対応

■ PTFE または硬質の粒子（ダイヤモンド、SiC）の含有により、高い摩擦摩耗特性を実現

■ コーティング後の熱処理により硬度向上。
- 一般的な用途
- 自動調心ころ軸受のガイドリング

■ 球面すべり軸受

■ 食品業界のハウジング

■ 針状ころ軸受と保持器のアセンブリ

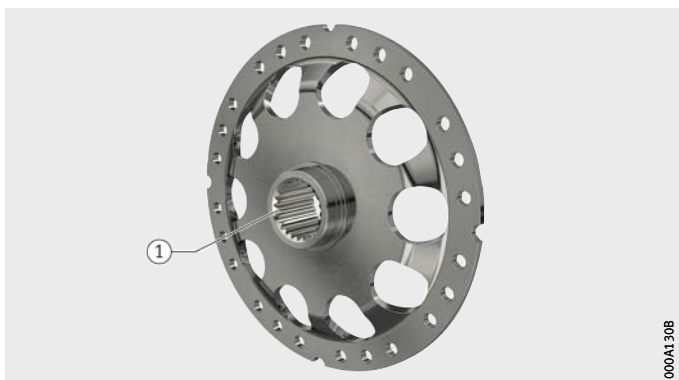
■ スラストワッシャー。

特性

特性	コーティング
組成	ニッケル・リン
色	メタリックシルバー（やや黄味があった）
膜厚	
防食用	5 μm – 75 μm（海洋用途以外） > 75 μm（海洋用途）
摩擦摩耗用途	> 5 μm（要件により異なる）
リンの含有量	
2% – 5%	摩耗防止
6% – 9%	摩耗防止および防食の一般的な用途
10% – 13%	防食
硬度（リンの含有量により異なる）	
標準	500 HV – 600 HV0.1
熱処理あり	750 HV – 1000 HV0.1
磁気	リン含有量最大 9% までで磁気効果発揮

- ① Durotect NP コーティングを
施した内部ツースセット

図 13
クラッチハブ



000A130B



図 14
用途例
クラッチシステム



000A09AC

摩耗防止と摩擦低減

- Durotect C

銅コーティング。
- コーティング工程

- 電気メッキ法
 - 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点

- 摩擦特性の向上
 - 潤滑剤が不足した状況で非常時運転挙動向上
 - 機能領域から放熱
 - 高速回転と高速動作に対応
 - 導電性向上。
- 一般的な用途

- 2 ストロークエンジンおよび 4 ストロークエンジンのコネクティングロッド軸受用鋼板打抜き保持器
 - 航空宇宙用途の保持器
 - 大型軸受の保持器
 - プラグ接触部。

特性	特徴	コーティング
	組成	純銅層
	色	銅色
	膜厚	2 μm – 50 μm（要件により異なる）

① Durotect C コーティングを
施した保持器

図 15
コネクティングロッド軸受用
保持器付き針状ころ軸受



図 16
用途例
オートバイ



摩耗防止と摩擦低減

- Durotect S

銀コーティング。
- コーティング工程

- 電気メッキ法
 - 高強度の材料には、メッキ後に熱処理が必要（水素脆化を防ぐため）。
- 優位性と利点

- 摩擦特性の向上
 - 潤滑剤が不足した状況で非常時運転挙動向上
 - 機能領域から放熱
 - 高速回転と高速動作に対応
 - Durotect C 比較で、摩擦性能向上
 - 導電性向上。
- 一般的な用途

- 2 ストロークエンジンおよび 4 ストロークエンジンのコネクティングロッド軸受用鋼板打抜き保持器
 - 航空宇宙用途の保持器
 - 大型軸受の保持器。

特性	特性	コーティング
	組成	銅接着層上に銀コーティング
	色	銀
	膜厚	≧ 2 μm（要件により異なる）

FAG 3 点接触軸受

図 17
航空機用エンジン軸受



図 18
用途例
航空機、エンジン



摩耗防止と摩擦低減

- Durotect H

寸法補正用金属コーティング（用途により異なる）。
- コーティング工程

■ 溶射。
- 優位性と利点

■ 寸法補正用の材料コーティング（損傷面や摩耗面の再生）

■ 耐摩耗性がさらに向上。
- 一般的な用途

■ 大型軸受。

特性

特徴	コーティング
組成	金属コーティング (コーティング材は用途により異なる)
色	メタリック
膜厚	選択可能 (所要の寸法補正により異なる)
硬度	選択可能 (母材の硬度により異なる)

- Durotect HT 金属コーティング。
- コーティング工程
 - 溶射。
- 優位性と利点
 - 耐摩耗性を向上
 - 静摩擦係数を増大
 - 動摩擦係数の設定。
- 一般的な用途
 - エンジン構成部品：
 - カムシャフト位相ユニット
 - スプロケット。

特性

特徴	コーティング
組成	金属コーティング (コーティング材は用途により異なる。 例：CrO ₂ 、WC-Co、SiC)
色	メタリック (使用したコーティング材により異なる)
膜厚	50 μm – 500 μm (用途により異なる)
硬度	> 650 HV (コーティング材により異なる)。 硬度 > 1 000 HV も可能



摩耗防止と摩擦低減

- Durotect HA
- アルミニウム合金上の酸化アルミニウム層。
- コーティング工程
- 電解酸化（陽極酸化）。
- 優位性と利点
- 表面の硬度を高めることで、アルミニウムおよびアルミニウム合金の耐摩耗性向上
- 耐薬品性の向上
- 接触する相手面に応じてすべり特性向上
- 耐食性向上
- 膜厚が全体的に均一（狭いすきまを除く）。
- 一般的な用途
- クラッチ軸受のアルミニウム製摺動スリーブ
- 航空宇宙用途のアルミニウム製保持器
- 塗装用接着層（圧縮されていない Durotect HA タイプの表面粗さが大きいため）
- 油圧クラッチシステムのハウジング。

特性

特性	コーティング
組成	酸化アルミニウム
構造	毛細管構造
色	銀色からねずみ色（つや消し、合金により異なる）。非圧縮タイプは酸化層全体を必要に応じて着色可
膜厚	2 μm – 25 μm（内 50% は体積の増加）。摩耗防止は 15 μm 以上
硬度	350 HV – 600 HV（混合硬度、合金により異なる）
耐熱性	< +400 °C

図 19
Durotect HA コーティングを
施したアルミニウム製保持器



000A2107



図 20
用途例
航空機翼の
ブレーキフラップドライブ



000A08F3

摩耗防止と摩擦低減

- Durotect CT

銅 - スズ層（ブロンズ）。
- コーティング工程

■ 電気メッキ法
- 優位性と利点

■ 過負荷または潤滑剤が不足（非常時運転）した状態でスミアリング、フレッチングを確実に防止。
- 一般的な用途

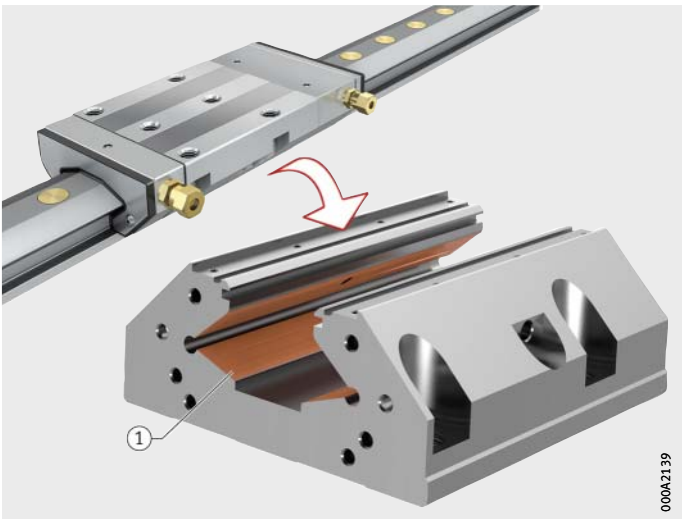
■ 静水リニアシステム。

特性

特徴	コーティング
組成	銅 - スズ（ブロンズ）
色	赤色 - 黄色（ブロンズ）
膜厚	5 μm - 90 μm
硬度	≈ 300 HV

① Durotect CT コーティングを施した摺動面

図 21
リニアシステムの
静水コンパクトガイド



- Durotect P** ポリマーベースコーティング。
- コーティング工程
- 浸漬法：
 - 各部品を完全にコーティング
 - 噴霧法：
 - 全体的または部分的コーティング
 - 硬化温度は塗装システムにより異なりますが、室温から約 +250 °C までの範囲です。
- 優位性と利点
- 固体潤滑剤（MoS₂、黒鉛、PTFE）により、非潤滑時の摺動性が向上、層に負荷がかかると固体潤滑剤放出
 - 軸受リングのアキシャル方向の変位時の摩擦係数を $\mu < 0.1$ まで低減
 - 低電圧域で絶縁
 - 圧入のすべり補助
 - その他の機能：
 - 防食。
- 一般的な用途
- 自動調心ころ軸受の外輪外面
 - 保持器
 - ガイドスリーブ。

特性

特徴	コーティング
組成	ポリマーベースコーティング
色	黒
膜厚	15 µm – 100 µm

全面 Durotect P コーティング

図 22
クラッチリリース軸受の
同心ガイド用ガイドチューブ



000A0797



FAG



高いトライボメカニカル応力
(摩擦現象により発生する応力)
がかかる表面のコーティングシステム

高いトライボメカニカル応力がかかる 表面のコーティングシステム

Triondur コーティングシステム による摩耗防止と摩擦低減

エンジン構成部品の摩擦性能に対する要求の高まりに伴い、内燃機関およびその他の装置のエネルギー効率は継続的に向上しています。

Schaeffler の Triondur に採用される先進的な物理気相成長法 (PVD) またはプラズマアシスト化学気相成長法 (PACVD) により、高いトライボメカニカル応力がかかる部品性能を大幅に高めることができます。これにより、部品寿命を延長し、摩擦を最小限に抑え、軽量化設計が可能になります。そのため、Triondur コーティングシステムは、環境や資源の保護と持続可能性に高く貢献します。

Triondur コーティングシステムは、PVD / PACVD により真空中で製造されます。コーティング工程全体がコーティングシステム毎に調整され、機能は最適化されます。Triondur の優れた特性を発揮するために、母材、コーティングされる表面、厚さが数ミクロンの機能層の全てを最適化する必要があります。

Triondur は単なるコーティングにとどまりません。これはコーティングシステムであり、個別に調整されたコーティング工程と部品の最適設計により、製造からコーティングまで、必要な観点がすべて考慮されています。

アブレシブ摩耗の防止には、高い表面硬度が必要です。特にハードコーティングにより、相手の接触面を保護することができます。

PVD または PACVD により、> 2 000 HV のコーティング硬度を実現可能です。このようなコーティングには、窒化チタン (TiN) やダイヤモンドライクカーボン (DLC = Diamond Like Carbon) などがあります。



高いトライボメカニカル応力がかかる 表面のコーティングシステム

凝着摩耗は主に、2つの接触表面の付着性が似た金属で発生します。このような摩耗は、一方の接触面の付着タイプをコーティングにより変更することで防ぐことができます（図1参照）。この図には、DLC（Triondur C コーティング）でコーティングを施した、摩耗していないスタッド形トラックローラーと、コーティングなしで、外輪の軌道面に凝着摩耗が発生したスタッド形トラックローラーを示しています。

- ① DLC（Triondur C）コーティング
（摩耗なし）
- ② コーティングなし
（凝着摩耗が発生）



図1
コーティングありなしの
スタッド形トラックローラー

Triondur コーティングシステムの使用により、バルブトレイン内のタペット／カムの接触部の摩擦を継続的に低減できます（図2参照）。

15 年ほど前までは、熱処理がタペットの最先端技術でした。Triondur コーティングシステムの継続的な開発により、Triondur CH により摩擦トルクを最大 50% 低減できるようになっています。これは、CO₂ 排出量の 1% ～ 2% 削減に相当します。

例：
エンジン回転数 $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ 、
+80 °C

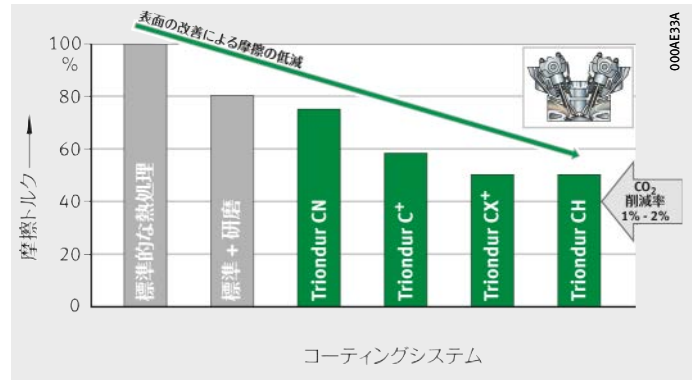


図2
Triondur コーティングシステム
によるバルブトレインの摩擦低減



高いトライボメカニカル応力がかかる 表面のコーティングシステム

- Triondur C
- 金属含有水素化アモルファスカーボンコーティング。
- コーティング工程
- PVD。
- 優位性と利点
- アブレシブ摩耗と凝着摩耗を高いレベルで保護し、相手接触面を保護

■ 鋼比で乾燥摩擦を最大 80% 低減

■ 一方の摩擦面にのみコーティングを施せば、摩擦の発生するシステム全体の寿命が大幅に延長されます

■ コーティング構造は延性が高いため、Triondur C は、転がり軸受用途で高い接触圧に耐えます。
- 一般的な用途
- 軸受構成部品（転動体、内輪、外輪、スラストワッシャーなど）

■ ヨーク形およびスタッド形のトラックローラー。

特性

特徴	コーティング
組成	a-C:H:Me（機能層）
色	無煙炭色
膜厚	0.5 μm – 4 μm
摩擦低減	最大 80%（DLC／鋼の場合。 乾燥状態での鋼／鋼との比較）
硬度	> 1200 HV

Triondur C コーティングを施した
バレルローラー

図 3
風力タービンの
ローターシャフト用
非対称自動調心ころ軸受

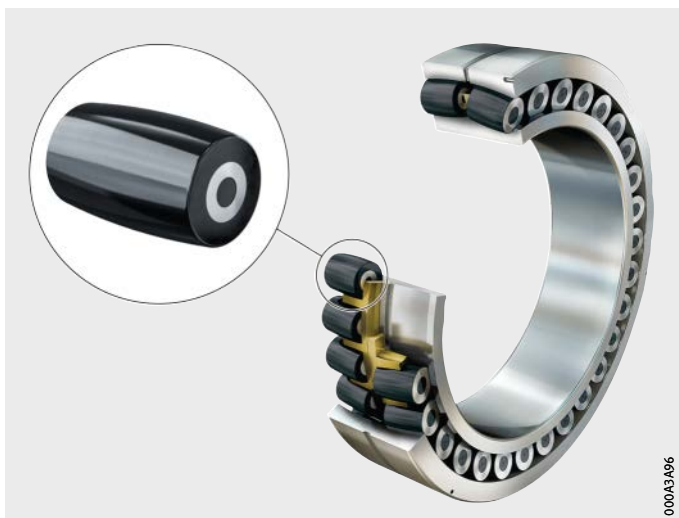


図 4
用途例
風力タービン内の
自動調心ころ軸受



高いトライボメカニカル応力がかかる 表面のコーティングシステム

- Triondur C+
- 水素化アモルファスカーボンコーティング。
- コーティング工程
- PVD および PACVD。
- 優位性と利点
- 極めて高いトライボメカニカル応力に対応するコーティングシステム
- 耐アブレシブ摩耗性能が高く、凝着摩耗を高いレベルで防止
- 極めて高い機械的強度
- 潤滑剤が不足して高いトライボメカニカル応力がかかる部品に最適。
- 一般的な用途
- エンジン構成部品
(タペット、フィンガーフォロワーなど)
- 噴射部品
(ポンプ、コントロールピストン、ノズルニードルなど)。

特性	
特徴	コーティング
組成	a-C:H（機能層）
色	黒
膜厚	2 μm - 4 μm
摩擦低減	最大 85%（DLC / 鋼の場合。 乾燥状態での鋼 / 鋼との比較）
硬度	> 2 000 HV



図 5
スイッチング油圧タペット

Triondur CX+ 改良型水素化アモルファスカーボンコーティング。
Triondur CX+ は、改良型のナノ構造コーティングシステム。

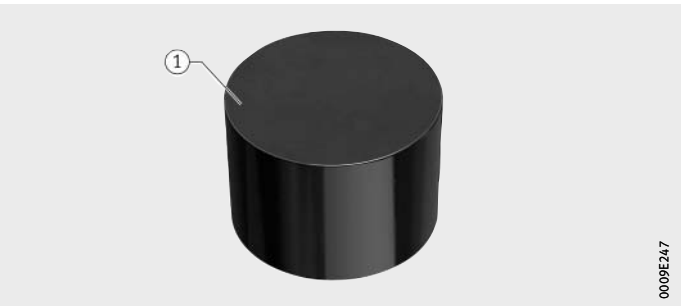
- コーティング工程
- PVD および PACVD。
- 優位性と利点
- 精度の要求される摩擦摩耗の要件へ適合可
■ 摩擦低減、トライボケミカル反応への耐性、耐摩耗性を兼ね備えた最高のコーティングシステム。
- 一般的な用途
- エンジン構成部品：
■ フィンガーフォロワー
■ タペット
■ フィンガーフォロワーレバースタッド
■ ピストンドライブの保持器。

特性

特徴	コーティング
組成	a-C:H:X（機能層）
色	黒
膜厚	2 μm – 4 μm
摩擦低減	最大 85%（DLC / 鋼の場合。 乾燥状態での鋼 / 鋼との比較）
硬度	> 2 000 HV

① Triondur CX+ コーティングを施した
摺動面

図 6
タペット TSTM



① Triondur CX+ コーティングを施した
アウターレバー

図 7
スイッチャブル
フィンガーフォロワー



0009E247

000A3AA8

高いトライボメカニカル応力がかかる 表面のコーティングシステム

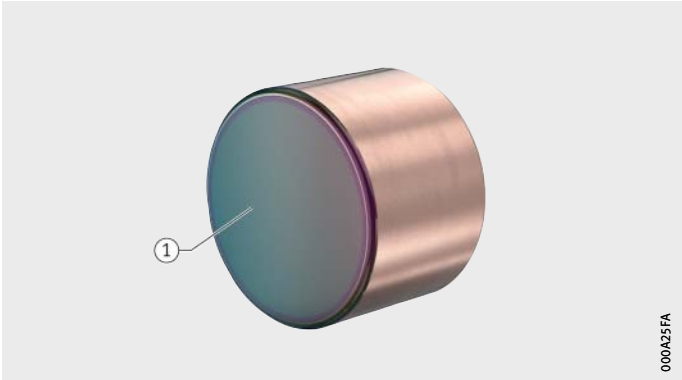
- Triondur CH
- コーティング工程
- 優位性と利点
- 一般的な用途
- 四面体水素フリーアモルファスカーボンコーティング。
- PVD。
- Triondur CH は硬度が高く、Triondur コーティングの中で最高の耐摩耗性を備えます
- 摩擦システムに適合した潤滑剤を使用すると、Triondur CH は、最高の低摩擦性能と耐摩耗性を発揮します。
- タベット。

特性

特徴	コーティング
組成	ta-C（機能層）
色	緑がかった色
膜厚	0.5 μm – 1 μm
摩擦低減	最大 85%（DLC／鋼の場合。 乾燥状態での鋼／鋼との比較）
硬度	> 4 000 HV

① Triondur CH コーティングを施した摺動面

図 8
Triondur CH コーティングを施したタベット



- Triondur CN 窒化クロムコーティング。
- コーティング工程 ■ PVD。
- 優位性と利点 ■ 窒化クロムコーティングのナノ結晶構造により特に高い硬度と延性を実現
- 耐摩耗性が高く潤滑油との濡れ性も良好なため、運転中でも、状況に応じて極めてスムーズな表面を維持
- 接触面の摩擦を大幅に低減
- Triondur CN は、オイルが適切に供給され、高い応力を受ける部品に最適。
- 一般的な用途 ■ エンジン構成部品。

特性

特徴	コーティング
組成	窒化クロム（機能層）
色	銀
膜厚	1 μm - 4 μm
摩擦低減	最大 20%（Triondur CN ／鋼の場合。 乾燥状態での鋼／鋼との比較）
硬度	> 2 200 HV



図 9
Triondur CN コーティング
を施したタペット

高いトライボメカニカル応力がかかる 表面のコーティングシステム

Triondur TN
コーティング工程

優位性と利点

一般的な用途

- 窒化チタンコーティング。
- PVD。
- アブレシブ摩耗に対する優れた耐性
- すべり接触で部品を摩耗から保護。
- エンジン軸受のリブの摩耗を防止
(特に保持器がリブに接触して動く場合)。

特性

特徴	コーティング
組成	TiN (機能層)
色	金色
膜厚	2 μm – 5 μm
摩擦低減	最大 20% (Triondur TN / 鋼の場合。 乾燥状態での鋼 / 鋼との比較)
硬度	> 2 000 HV

図 10
Triondur TN コーティング
を施した内輪の接触面



図 11
用途例
航空宇宙



- Triondur MN ナノ構造のモリブデン窒化物コーティング（金属ドーピング）
- コーティング工程 ■ PVD。
- 優位性と利点 ■ 潤滑が困難な状況で、摩耗を防止し、摩擦を最小化
 ■ 他の窒化物コーティング比で、硬度が高く、摩擦係数を大幅に低減
 ■ 最大 +600 °C に耐える高い耐熱性
 ■ 高いトライボ化学反応に対する耐性。
- 一般的な用途 ■ 転がり軸受構成部品
 ■ すべり軸受構成部品
 ■ エンジン構成部品。

特性

特徴	コーティング
組成	CuMoN（機能層）
色	銀
膜厚	1 μm - 4 μm
摩擦低減	最大 85%（Triondur MN／鋼の場合。 乾燥状態での鋼／鋼との比較）
硬度	> 2 200 HV

① Triondur MN コーティングを施したピン

図 12
噴射ポンプ内のすべり軸受ピン



0009E237



FAG



絶縁

絶縁

Insutect コーティングシステム

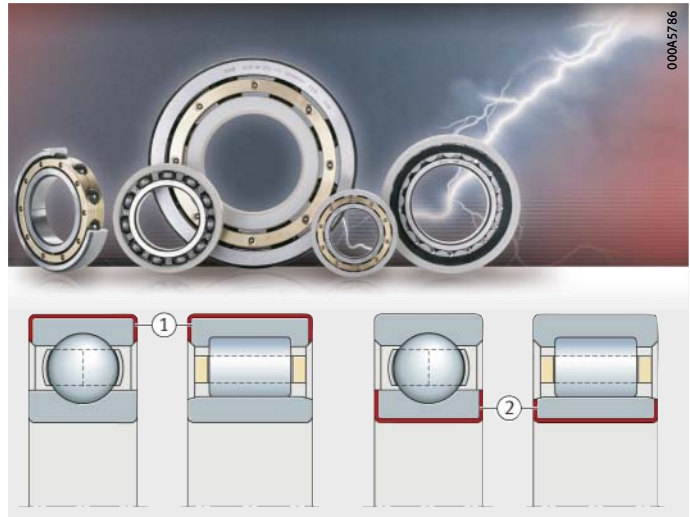
鉄道車両の輪軸／トラクションモーター、直流／交流モーター、ジェネレーター内で転がり軸受を使用する場合、電食が発生する場合があります。過酷な条件下では、転走面や転動体の損傷につながります。

電食の防止

軸受の損傷を防ぐため、絶縁軸受を使います（図 1 参照）。これにより、ハウジングとシャフト間の電流が遮断されます。絶縁は、たとえば構成部品（外輪と内輪）に絶縁コーティングを施すと可能になります。



コーティングの選定では、アプリケーションの電氣的、機械的特性を考慮する必要があります。



- ① コーティングを施した外輪
- ② コーティングを施した内輪

図 1
絶縁コーティングの例（軸受）

絶縁コーティング

モジュラーコーティングコンセプトに沿って、用途の要件に応じて、さまざまなタイプの Insutect A コーティングをご用意しています。以下では、Insutect A の基本的なコーティング特性と用途範囲を説明します。

絶縁コーティングの利点

絶縁コーティングには、以下のような利点があります。

- 高湿度環境下でも、高いレベルで絶縁
- 軸受の外形寸法は、DIN 616 に準拠。
コーティングを施した軸受は標準軸受と置き換えが可能
- コーティング厚は、アプリケーションに応じて変更可。
薄膜の破壊電圧は、最大 DC 500 V で、厚膜の破壊電圧は、少なくとも 3000 V に達します。



絶縁

- Insutect A

シーリング付き酸化アルミニウム Al₂O₃ セラミックコーティング。
- コーティング工程

- プラズマ溶射法
 - この絶縁コーティングは、プラズマ溶射で形成される酸化アルミニウムコーティングです。コーティングは多孔性であり、水分の侵入を防ぐため、樹脂で封止されます。外輪の場合は外面と側面に、内輪の場合は側面とボアにコーティングを施します（73 ページの図 1 参照）。
- 優位性と利点

- 膜厚により異なりますが、高湿度環境下でも電流を遮断することができます
 - 直流電流に対する抵抗 > 50 MΩ、最大 DC 3 000 V まで電流破壊なし
 - 交流電流に対する抵抗（f = 50 Hz 時）は、0.15 MΩ ~ 1.5 MΩ
 - 耐食性を付与
 - 軸受の外形寸法は、DIN 616 に準拠。コーティングを施した軸受は標準軸受と置き換え可能。
- 一般的な用途

- 電気モーター用軸受
 - トラクションモーター用軸受
 - 輪軸用軸受
 - ジェネレーター用軸受
 - 船舶推進装置。

特性	
特徴	コーティング
組成	シーリング付き酸化アルミニウム Al ₂ O ₃ セラミックコーティング
色	淡灰色からベージュ（つや消し）
膜厚	120 μm - 200 μm (お客様のご要望に応じてさらに厚い層にも対応)

Insutect A コーティングを施した外輪

- ① 円筒ころ軸受
- ② 深溝玉軸受

図 2
絶縁軸受

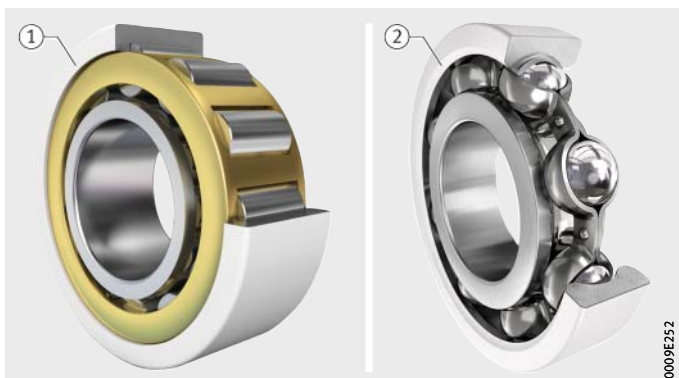


図 3
用途例
鉄道



お問合せ先

- TPI 206 (絶縁軸受)
- PDB 53 (絶縁コーティングシステム) : Insutect A
- ダウンロードとご注文は、こちらのサイトにアクセスしてください (<http://medien.schaeffler.com>)。





FAG



センサー技術 — 力とトルクの測定

センサー技術 — 力とトルクの測定

Sensotect コーティングシステム

Schaeffler は、画期的なセンサー技術 Sensotect を、自動車産業と一般機械産業に紹介をしています。

Sensotect は、接着式応力ゲージなどの従来のセンサーが使用できなかった場所の負荷条件を、設計条件に影響を与えず、リアルタイムで測定することができます。

この機能は、ひずみ検知可能な金属をサブミクロン域でコーティングした後、微細加工をすることで得られます。微細加工により形成されたパターニングが、運転中の力とトルクの継続的な測定を可能とします。

先進的な薄膜技術により、部品がセンサーとして機能し、センサーが部品として機能します。このセンサー技術により、たとえばドライブシャフトや車両のギヤボックスのトルクをすばやく、正確に測定することができます。そのため、エンジン出力を負荷に応じて正確に設定できます。したがって、Sensotect は、エネルギーと燃料を節約し、究極的には CO₂ 排出量の削減に大きく貢献します。

このセンサーコーティングの導入によりデジタル化できる用途が自動車産業と一般機械産業に多数存在します。



センサー技術 — 力とトルクの測定

- Sensotect

絶縁層とひずみ検知金属コーティングから成る多層システム。
- コーティング工程

■ PVD および微細加工プロセス。
- 優位性と利点

■ 従来の方法では測定が困難であった機能部品にかかる力とトルクを極めて高い精度で測定

■ センサー層は、基材表面に直接成膜

■ 2D および 3D 形状の測定が可能

■ 設計条件に影響を与えないセンサー技術

■ 接着剤や転写ポリマーは不要

■ 運転中に力とトルクを継続的に測定

■ ヒステリシスと直線性の偏差が極めて小さく高感度

■ 温度偏差なし

■ 経年劣化なし

■ データと電力をワイヤレスで転送（テレメトリー）。

一般的な用途

■ 軸受

■ 軸

■ シャフト

■ 個別の曲げビーム。
- 特性
- | | |
|----|----------------------------------|
| 特徴 | コーティング |
| 組成 | 絶縁コーティングとひずみ検知金属コーティングから成る多層システム |
| 構造 | 蛇行構造 |
| 色 | 淡灰色からベージュ（つや消し） |
| 膜厚 | 約 10 μm |
- 図 1
Sensotect コーティングを施した
ホイール軸受
-
- 78 | TPI 186

Schaeffler Technologies

住所

ドイツ Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Competence Center Surface Technology
Industriestraße 1 – 3
91074 Herzogenaurach
www.schaeffler.de
Tel +49 (0)9132 82-85999
surface.technology@schaeffler.com

シェフラー・ジャパン株式会社

〒 240-0005

横浜市保土ヶ谷区神戸町 134

横浜ビジネスパーク

シェフラー R&D センター・ビル

Tel.: +81 45 287 9001

Fax: +81 45 287 9011

Internet: info-japan@schaeffler.com

このカタログは細心の注意を払って作成されていますが、誤りまたは欠落に対して当社は責任を負いかねます。

また技術の進歩に応じて内容を変更することがあります。

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG

発行日：2018 年 7 月

当社の許可なく、このカタログの全部または一部を複写、複製することを禁じます。

TPI 186 JP-JP