

低フリクションハブベアリングⅢ Low Friction HUB Bearing Ⅲ

関誠
Makoto SEKI

1. はじめに

走行時の回転フリクションを従来品に対して62%低減した「低フリクションハブベアリングⅢ」¹⁾が、モノづくり日本会議・日刊工業新聞社主催の2020年“超”モノづくり部品大賞モビリティー関連部品賞を受賞した。

新たに低フリクションを追求した軸受内部封入グリースを開発し、最新の低フリクションシールと合わせることで回転フリクションを従来品²⁾比62%低減し、車両の左右輪へ適用することで燃費を約0.53%改善することが期待できる。

2. 構造

低フリクションハブベアリングⅢの概略構造を図1に示す。

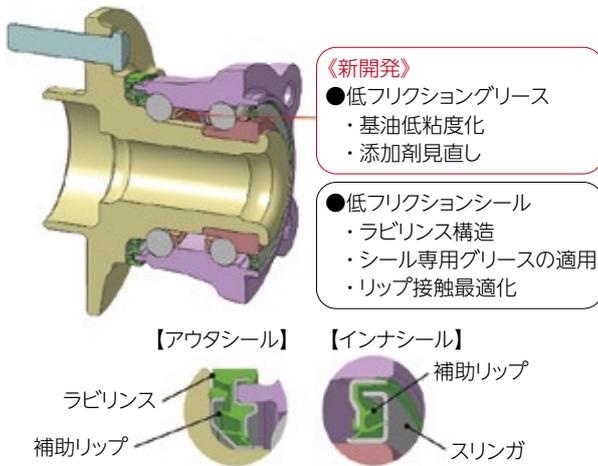


図1 低フリクションハブベアリングⅢの構造

3. 特長

低フリクションハブベアリングⅢの特長を以下に示す。

- (1) 新開発低フリクショングリースの適用
- (2) ラビリンス付き新型シール構造の適用
- (3) シール専用グリースの適用
- (4) シールリップ接触面の最適化

これらにより、図2に示すように軸受部フリクションおよびアウト、インナシール部フリクションをそれぞれ低減し、ハブベアリング全体で62%の回転トルク低減効果を実現した。

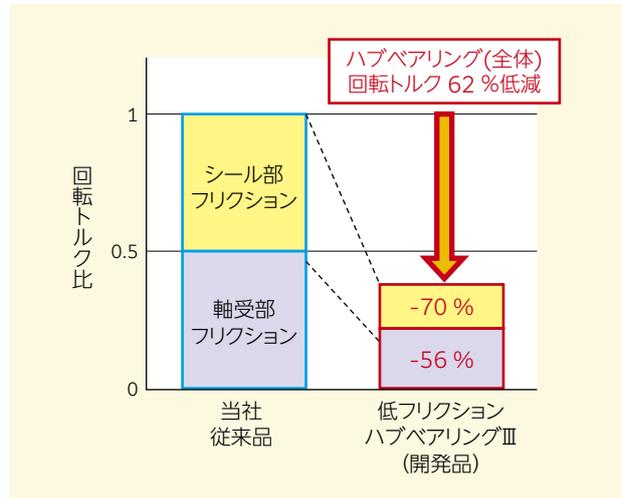


図2 ハブベアリングの回転トルク比(一例)

4. まとめ

グローバルで自動車の燃費向上やCO₂排出規制の強化に対応するため、寿命や強度を満たした上で従来品よりも大幅に低フリクション化したハブベアリングを開発した。自動車の燃費、電費向上が期待でき、地球環境の負荷低減に貢献できる商品として市場に展開していきたい。

参考文献

- 1) 関誠, 低フリクションハブベアリングⅢ, NTN TECHNICAL REVIEW, No. 87, (2019) 63-67.
- 2) 関誠, 低フリクションハブベアリング, NTN TECHNICAL REVIEW, No. 85, (2017) 67-71.

執筆者近影



関誠

自動車事業本部
アクスル製品ユニット
アクスルユニット製品開発部

EV/HEV 用高速深溝玉軸受

High Speed Deep Groove Ball Bearing for EV/HEV

中尾 吾朗
Goro NAKAO

佐々木 克明
Katsuaki SASAKI

石田 幸大
Yukihiro ISHIDA

村主 和憲
Kazunori MURANUSHI

1. はじめに

世界最高水準の高速回転性能を実現した「EV/HEV 用高速深溝玉軸受」¹⁾ が、モノづくり日本会議・日刊工業新聞社主催の2021年“超”モノづくり部品大賞日本力（につぼんぶらんど）賞を受賞した。

本商品は、当社が長年の基礎研究で培った転がり軸受の内部仕様、保持器の形状および材質の最適化技術に加えて、摩擦抵抗によるエネルギーロスを最小化する技術を活用し、開発したものである。自動車の電動化に伴い、モータの小型化・高速化が進む中、 $d_m n$ 値^{*1}180万の高速回転にも対応が可能な高性能が評価された。

また、深溝玉軸受の性能向上を目指し、詳細な改良計画を立て、実証に取り組んだ開発コンセプトや設計者の創造性などが評価された。

2. 構造

EV/HEV 用高速深溝玉軸受の概略保持器構造を図1に示す。

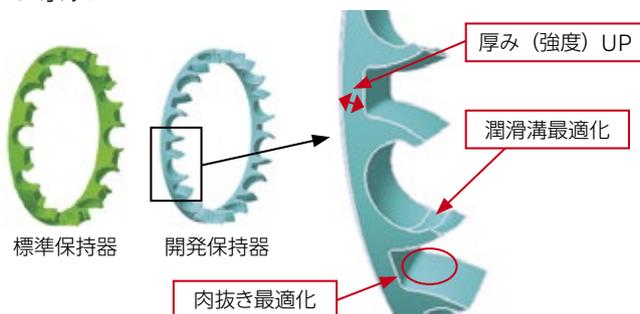


図1 開発保持器の構造

3. 特長

EV/HEV 用高速深溝玉軸受の特長を以下に示す。

- (1) 世界最高水準の許容回転速度 $d_m n$ 値 180万
：標準深溝玉軸受比 3倍以上

(2) 保持器強度（標準保持器比）

- ：引張強度 1.6倍
- ：遠心力変形 1/8
- ：耐熱温度 30℃向上

軸受内輪回転条件での遠心力による保持器変形量（外径方向変位量）の解析結果を図2に示す。EV/HEV 用高速深溝玉軸受は、樹脂材料と保持器形状の最適化により、標準保持器の3倍の回転速度においてもボールとの干渉がなく、軸受のトルク増加・昇温もないので高速回転域まで使用可能である。

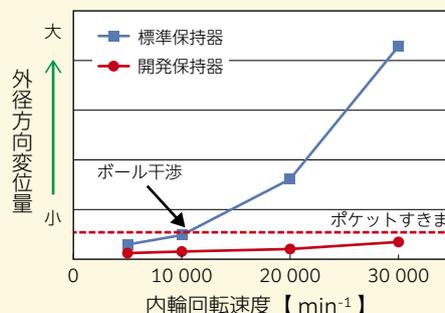


図2 標準保持器と開発保持器の遠心力による変形の違い

4. まとめ

EV モータの効率改善にはモータの高速化が最も有効な手段である。本商品は顧客の軸受高速化要求に応えたものであり、脱炭素社会の実現にも貢献する。また、最近では熱収支バランス最適化等により $d_m n$ 値 220万を達成した。²⁾ 今後も超高速運転技術の知見を活用し、次世代の高速化ニーズに対応していく。

参考文献

- 1) 里田雅彦, 中尾吾朗, EV/HEV 用グリース潤滑高速深溝玉軸受, NTN TECHNICAL REVIEW, No. 83, (2015) 81-85.
- 2) 2022年4月28日付日刊工業新聞, 1面.

執筆者近影



中尾 吾朗

自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部



佐々木 克明

自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部



石田 幸大

自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部



村主 和憲

自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部

*1 $d_m n$ 値とは、軸受の回転性能を表す指標で、軸受ピッチ円径 (mm) × 回転速度 (min^{-1}) である。

超長寿命自動車用円すいころ軸受の開発

Development of Super Long-Life Tapered Roller Bearings for Automobile

藤原 宏樹
Hiroki FUJIWARA

川井 崇
Takashi KAWAI

大木 力
Chikara OHKI

1. はじめに

自動車のトランスミッションやデファレンシャル、電動駆動装置 (e-Axle 用減速機) に使用可能な超長寿命円すいころ軸受を開発し、2020 年度日本トライボロジー学会技術賞を受賞した。

本軸受は、ころ転動面と軌道面の接触応力を最小化するころ形状の設計技術、軸受鋼の結晶粒を微細化する熱処理方法、滑り接触部の形状改良により、耐ミスアライメント性、耐異物寿命、許容回転速度を向上させた。これによって自動車駆動装置の小型・軽量化が可能となり、燃費・電費改善できる点が評価された。

本受賞製品は「自動車用 ULTAGE 円すいころ軸受」(図1)として商品化している。



図1 自動車用 ULTAGE 円すいころ軸受

2. 構造

自動車用 ULTAGE 円すいころ軸受の概略構造を図 2 に示す。

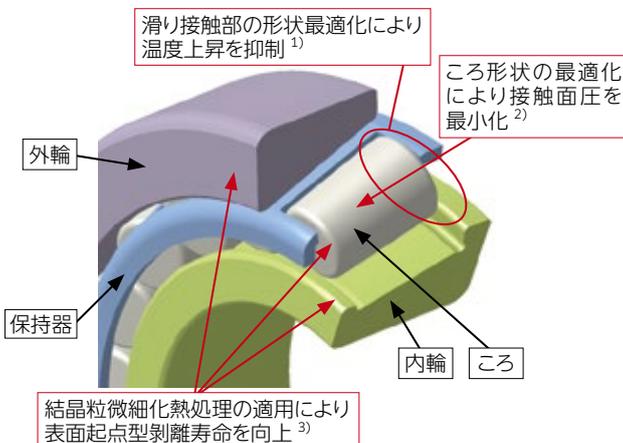


図2 自動車用 ULTAGE 円すいころ軸受の構造

3. 特長

- (1) 世界最高水準の高負荷容量
: 基本動定格荷重⁴⁾ 1.3 倍
- (2) 長寿命 (基本定格寿命比⁴⁾)
: 標準熱処理タイプ 2.5 倍以上
: 結晶粒微細化熱処理タイプ 3.8 倍以上
- (3) 世界最高水準の高速回転性能
: 許容回転速度⁵⁾ 約 10 % 向上
- (4) 許容傾き角⁵⁾ (ミスアライメント量)
: 許容傾き角 最大 4 倍

4. まとめ

本製品は、円すいころ軸受の長寿命化技術を駆使して開発した。従来と同等の要求寿命であれば小型化できるので、自動車駆動装置の小型・軽量化に寄与し、省燃費・省電費化が可能である。また、本開発で培った長寿命化技術を他の用途にも展開することにより、様々な機械を高効率化し、カーボンニュートラルの実現に一層貢献したい。

参考文献

- 1) 藤掛 泰人, 石川 貴則, 宮入 進, 自動車用アルテージ円すいころ軸受, NTN TECHNICAL REVIEW, No.85, (2017) 51-55.
- 2) H. Fujiwara et al., Optimized Logarithmic Roller Crowning Design of Cylindrical Roller Bearings and Its Experimental Demonstration, Tribol. Trans., 53 (2010) 909-916.
- 3) C. Ooki, Improving Rolling Contact Fatigue Life of Bearing Steels Through Grain Refinement, SAE Technical Paper Series, 2004-01-0634.
- 4) JIS B 1518 (2013)
- 5) NTN 転がり軸受総合カタログ, (CAT.No.2203/J)

執筆者近影



藤原 宏樹
CAE 開発研究所

川井 崇
自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部

大木 力
先端技術研究所

トランスミッション用シール付転がり軸受の低フリクション化技術 Low Friction Technology of Sealed Ball Bearings for Transmission

水貝 智洋
Tomohiro SUGAI

佐々木 克明
Katsuaki SASAKI

和久田 貴裕
Takahiro WAKUDA

1. はじめに

カーボンニュートラルの実現に向け、自動車のトランスミッション用軸受には、長寿命に加え更なる低トルク化が求められている。トランスミッション内の潤滑油にはギヤ摩耗粉などの異物が存在し、これが転がり軸受の寿命低下を引き起こす恐れがあるため、①接触シールを用いて異物侵入を防ぐ、②異物寿命に効果的な特殊熱処理を軌道輪に施すなどの方法で対策する。しかし、①はシールによる回転トルクの増加が避けられず、かつ、シールの摺動発熱によって許容回転速度が制約を受ける。また、②は異物がない環境での軸受寿命と比べると寿命低下抑制効果が十分とは言えない。

これらの課題に応えるため、異物混入油中でも十分な寿命を確保しつつ、回転トルクを低減する技術を開発した^{1,2)}。この度、本技術は、トライボロジーに関する優れた新技術に対して与えられる「2021年度日本トライボロジー学会技術賞」を受賞した。本報では、その技術の概要を紹介する。

2. 受賞技術の概要

従来の接触シールは、シール摺動面と内輪が接触し、実使用速度域では十分な油膜は形成されないことから、シールの引き摺り抵抗トルクが比較的大きい。これに対し、本技術では、接触シールの摺動面に図1に示す半円筒状の微小突起を設け、油潤滑下でシール摺動面と内輪間に“くさび膜効果”による流体膜を発生させる。これにより、実使用速度域では流体潤滑状態となり、図2に示すように回転トルクを従来接触シール比で80%低減し、接触シールでありながら非接触シールと同等の低トルク性を達成できる。また、突起高さは微小であるため、寿命を低下させるサイズの異物の侵入を遮断でき、異物がない環境と同

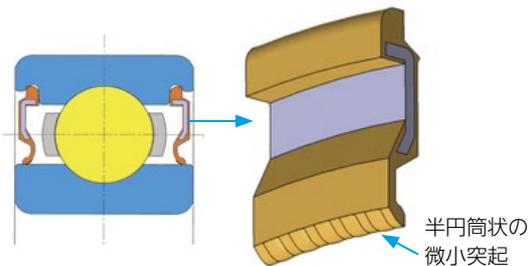


図1 開発シール概略図

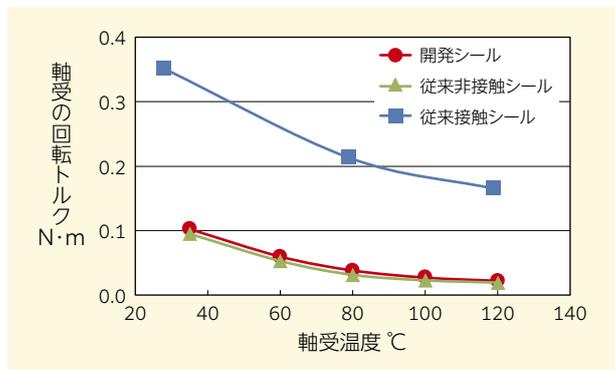


図2 軸受の回転トルクの実験結果

等の軸受寿命を確保できる。加えて、本シールはシール接触部の摺動発熱が低下するため、従来接触シールに比べ2倍以上の周速条件下でも使用できる。

3. まとめ

本技術は、異物混入油中でも十分な寿命を確保しつつトランスミッション用軸受の回転トルクを低減でき、自動車の省燃費化に貢献できる。また、信頼性の向上により軸受サイズの小型化、また自動車の軽量化に貢献できる。さらに、車両電動化に伴う高速化の要求にも応えることができる。

参考文献

- 1) 佐々木克明, 和久田貴裕, 水貝智洋, トランスミッション用超低フリクションシール付玉軸受, NTN TECHNICAL REVIEW, No. 85, (2017) 62-66.
- 2) 水貝智洋, 佐々木克明, 和久田貴裕, トランスミッション用シール付転がり軸受の低フリクション化技術, トライボロジー会議 2022 春 東京 予稿集, (2022) B6 85-86.

執筆者近影



水貝 智洋

先端技術研究所

佐々木 克明

自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部

和久田 貴裕

自動車事業本部
自動車軸受製品ユニット
自動車軸受技術部

残留応力測定と接触応力解析で得られた $S-N$ 曲線を用いた ピーリング寿命の推定方法

Estimation Method of Micropitting Life from $S-N$ Curve Established by Residual Stress Measurements and Numerical Contact Analysis

長谷川 直哉
Naoya HASEGAWA

藤田 工
Takumi FUJITA

内舘 道正
Michimasa UCHIDATE

阿保 政義
Masayoshi ABO

木之下 博
Hiroshi KINOSHITA

1. はじめに

一般社団法人日本トライボロジー学会の学会誌「Tribology Online」に投稿した首記論文¹⁾が2021年度の論文賞を受賞した。以下、本論文の内容について紹介する。

2. 概要

ピーリング（論文中では Micropitting）は希薄潤滑条件での軸受の代表的な損傷であり、表面粗さの突起の繰返し接触により起こる微小剥離の集合のことを言う。本論文では実験結果を援用した新しいピーリング寿命推定法を提案した。

この方法では以下の手順でピーリング寿命を推定する。

- 1) 様々な運転条件で転動疲労試験を行い、各試験でのピーリング寿命と突起接触部の繰返し応力の時系列データ（以下、応力履歴）を取得。応力履歴は運転中の表面粗さおよび残留応力の測定結果を用いて推定。
- 2) 得られたデータを回帰分析し、繰返し応力とピーリング寿命の関係を表す $S-N$ 線図を作成。
- 3) 寿命推定の対象の運転条件を模擬した予備試験を行い、その条件下での応力履歴を求め、得られた応力履歴から2)の $S-N$ 線図とマイナー則を用いてピーリング寿命を推定。

多様な条件でのピーリング寿命を推定するため、実測データを援用して寿命推定の精度を高めた。また、従来は難しかった寿命に対する残留応力の影響を考慮した点も本方法の特徴である。ただし、本推定法の適用範囲は純転がりかつ境界潤滑条件に限られることに留意する必要がある。

図1¹⁾は本方法で推定したピーリング寿命 L_{est} と実寿命 L_{act} の関係を示している。寿命比 (L_{act} / L_{est}) の中央値、最小値、および最大値はそれぞれ 0.89、0.49、1.82 で

あった。この精度は、一般的に用いられる剥離寿命の推定と比較して同等以上であり、本方法はピーリング寿命の推定法として十分適用可能であると考えられる。

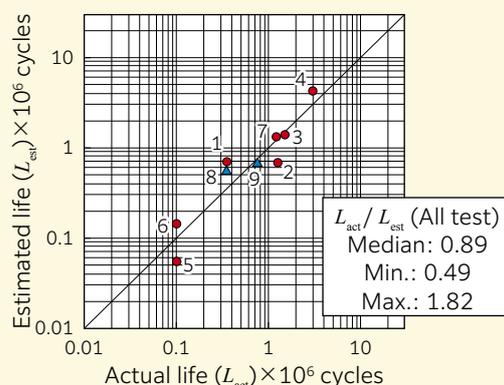


図1 推定寿命と実寿命の関係¹⁾

3. まとめ

カーボンニュートラルの実現に向け、機械の高効率化のための潤滑油の低粘度化が今後ますます進展すると予想される。これにより軸受が希薄潤滑条件で使用される機会が増加するため、本研究のような当該条件下の寿命推定は、軸受の信頼性確保のために重要な技術となる。今後は本推定法の適用範囲の拡大や推定精度のさらなる向上に取り組む。

参考文献

- 1) N. Hasegawa, T. Fujita, M. Uchidate, M. Abo & H. Kinoshita: Estimation Method of Micropitting Life from $S-N$ Curve Established by Residual Stress Measurements and Numerical Contact Analysis, Tribology Online, 14, 3 (2019) 131.

執筆者近影



長谷川 直哉
先端技術研究所



藤田 工
商品化戦略部



内舘 道正
岩手大学 理工学部



阿保 政義
兵庫県立大学 工学部



木之下 博
兵庫県立大学 工学部

風力発電装置主軸用DLCコーティング自動調心ころ軸受 DLC Coating Spherical Roller Bearing for Wind Turbine Main Shaft

瀬古 一将
Kazumasa SEKO

山本 貴志
Takashi YAMAMOTO

中西 雅樹
Masaki NAKANISHI

1. はじめに

「風力発電装置主軸用 DLC コーティング自動調心ころ軸受」が、一般社団法人 新エネルギー財団が主催する令和3年度「新エネ大賞」において、「新エネルギー財団会長賞（商品・サービス部門）」を受賞した。

受賞商品は、ころの転動面にDLC（ダイヤモンドライクカーボン）コーティング*を適用することで、転動面と軌道面の耐摩耗性を大幅に向上させた商品であり、風力発電装置の信頼性向上に大きく貢献することなどが評価された。

*ダイヤモンド構造とグラファイト構造が混在した硬質膜

2. 構造

図1に風力発電装置主軸用 DLC コーティング自動調心ころ軸受の構造を示す。



ころ転動面のDLCコーティングにより摩耗を抑制

図1 風力発電装置主軸用 DLC コーティング自動調心ころ軸受

3. 特長

従来の自動調心ころ軸受では、運転中に潤滑不足が起ると、ころの転動面と軌道面が金属接触し、軌道面に摩耗が生じ、剥離や割れが発生することがあった。

風力発電装置主軸用 DLC コーティング自動調心ころ軸受は、ころの転動面に基材との密着力に優れる3層構造のDLCコーティングを適用することで、過酷な潤滑状態でも、軌道面の摩耗を抑制することができる。

実機用軸受よりも小型の軸受を使った摩耗試験においては、従来品に比べて外輪軌道面の摩耗が1/9以下に抑制されることを確認した（図2）。

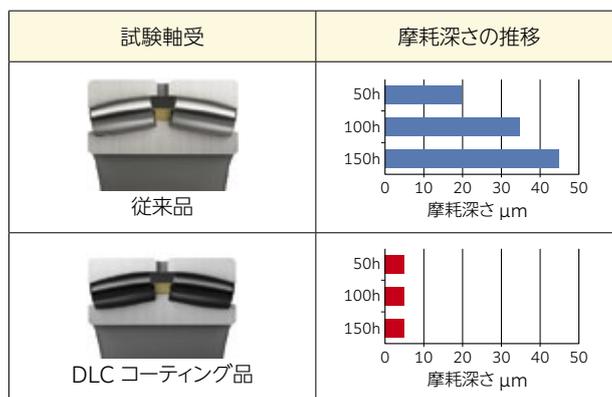


図2 摩耗試験結果

4. まとめ

風力発電装置の主軸受では、風況により回転・停止が繰り返され、厳しい潤滑条件で使用される。一方、主軸受の交換は容易に行えないため、主軸受の摩耗に起因する剥離や割れは風力発電装置の稼働率の低下に直結することから回避しなければならない。

風力発電装置主軸用 DLC コーティング自動調心ころ軸受は、この課題に応えるものであり、市場展開により風力発電装置の信頼性の向上に貢献していきたい。

参考文献

- 堀径生, 山田悠介, 風力発電装置用主軸受の新商品と信頼性向上への取組み, NTN TECHNICAL REVIEW, No.88, (2021)15-20.

執筆者近影



瀬古 一将

産業機械事業本部
適用技術部

山本 貴志

産業機械事業本部
製品設計部

中西 雅樹

先端技術研究所