

B6 Components

EV用 耐電食軸受「絶縁軸受、導電軸受」

"Insulative Bearing & Conductive Bearing"

Electrolytic Corrosion Resistance Bearings for Electric Vehicles

キーワード | EV・モーター・インバーター・電食・絶縁軸受・耐電圧
導電軸受

軸受事業部／自動車技術部

居島 啓一 Keiichi Ijima

要旨

電食は油膜の絶縁破壊により早期に振動上昇をもたらす不具合である。鉄道車両のトラクションモーター用軸受などによく見られる現象であるが、EV化の流れがすすみ自動車でも電食問題が重要視されるようになってきた。従来の耐電食アイテムはコスト高であり自動車には適さないため、NACHIはその問題に対応するべく低コストの耐電食軸受を開発してきた。

Abstract

Electrolytic corrosion causes a problem of earlier vibration increase because of destruction of oil films. This phenomenon is often seen in the bearings for traction motors of railway vehicles.

As the effort toward EV marketing has been made, the automotive industry has become focusing on significance of electrolytic corrosion issues. The conventional electrolytic corrosion resistance items have higher costs and are not suitable for automobile applications. Responding to such issues, NACHI has developed a low-cost electrolytic corrosion resistance bearing.

1. 背景

近年、急速な勢いで普及しているEV車は、環境への負荷が小さく、エネルギー伝達効率の高い技術として注目されている。一方でインバーターの周波数制御で高出力モーターを駆動するため、エンジン車では見られなかった問題(電食)が発生し、快適性を阻害(早期に振動上昇)する危険性が高まっている。この対策に一般に用いられるセラミックボール(電気絶縁)や導電ブラシは大幅なコストアップや取り付けスペースの確保などの課題があった。そこで、自動車用に開発した安価であり、且つ軸受だけで成立する「絶縁軸受、導電軸受」を紹介する。

2. 電食とは／電食の発生について

軸受はレースと呼ばれる外内輪と転動体(コロもしくはボール)、保持器で構成され、外輪もしくは内輪を回転させることで転動体が転がる。(図1、表1)

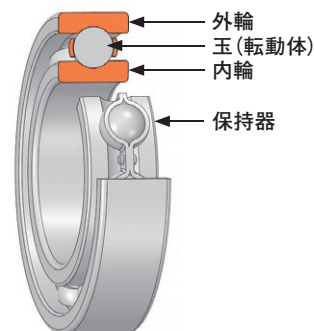


図1 単列深溝玉軸受の構造

表1 転がり軸受のボールの公転および、自転方向

回転区分	内輪回転	外輪回転
図		

ω : レース回転数 ω_c : ボール公転数(保持器回転数) ω_b : ボール自転数

そのとき、粘性により油が転動体の表面に張り付き、転動体と軌道の接触面に油が侵入することにより油膜が形成される。軸受の油膜厚さはEHL理論を用いて算出され、その厚さは条件にもよるが、図2に示すように0.001mmの単位で計算される¹⁾。

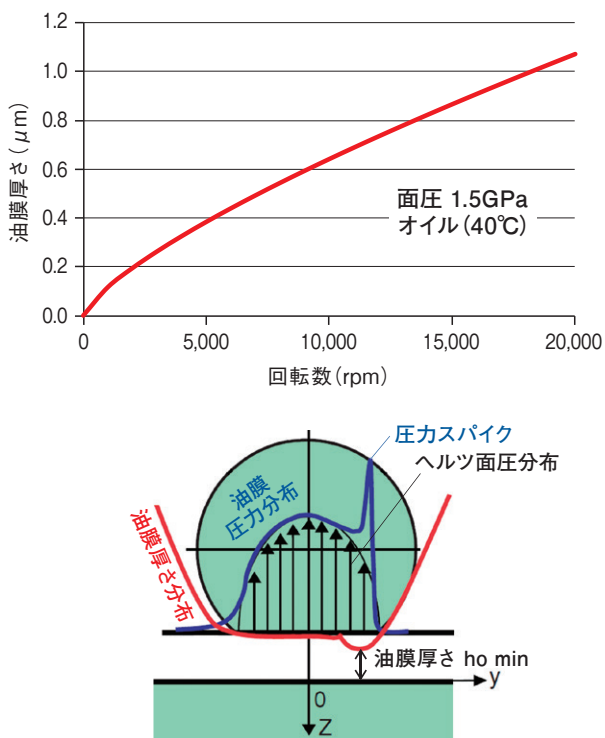


図2 転動体とレース間の油膜厚さ

油は絶縁体であるため本来は電気を通さない。しかし、軸受内部に形成される油膜は非常に薄いため図3に示すように比較的低い電圧で絶縁破壊する。

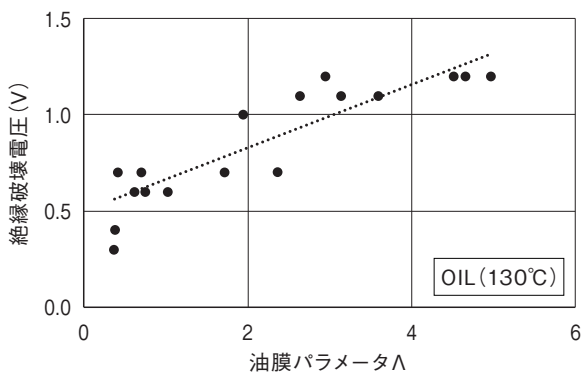


図3 油膜の耐電圧

インバーター駆動モーターの軸受には電圧が印加されるため、その電圧が油膜の絶縁破壊電圧を超えると転動体とレースの接触面で放電する。

電圧の発生メカニズムについては様々な文献^{2) 3) 4)}で報告されており、インバーター駆動で発生する電圧が「ローターとステーター」、「巻線とステーター」などのコンデンサー成分を介して印加されるもの、または磁気アンバランスにより発生するものがある。(図4)

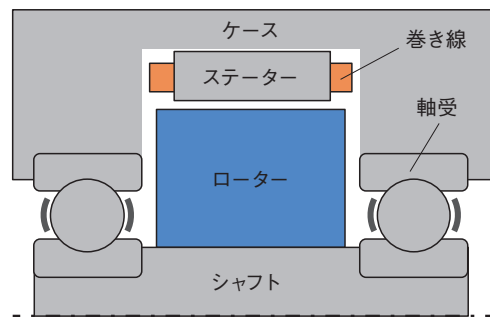
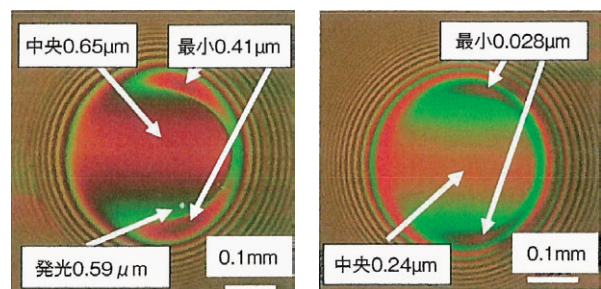


図4 モーター断面 概略図

図5に示すように油膜が厚い場合は、ごく一部のポイントに電流が集中して絶縁破壊すると研究報告されている⁵⁾。

点集中するため電流密度は非常に大きくなる。



A: 油膜が厚い場合

B: 油膜が薄い場合

図5 油膜の絶縁破壊可視化画像⁵⁾

図6に示すようなピット痕は、このような原因で生じた電食と考えられる。

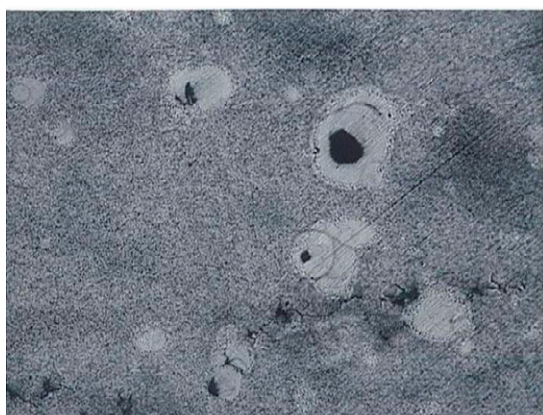


図6 軌道表面(電食)

ある程度までに溜まった電荷が絶縁破壊により一気に流れてしまうと大きなエネルギーが軌道面に与えられるため、金属が溶けて電食痕を生じることになる。

図7のように、白層に似た組織になることもある。

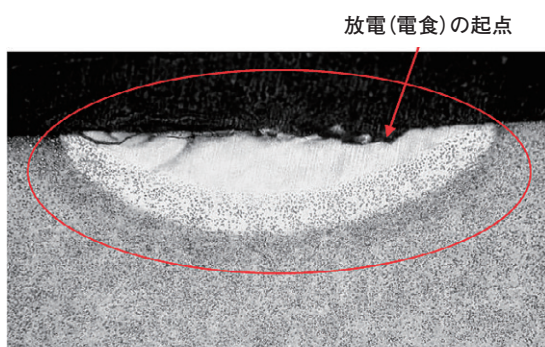


図7 転送面に生じた電食の断面拡大写真

これらのことから、電食とはインバーター駆動により発生した軸電圧が油膜の絶縁破壊電圧を超えることで放電現象を引き起こし、転動体とレース接触面が熔融される現象といえることができる。

図8は意図的に軸受に電気を流して評価した結果であるが、電気的な要因により転動面が荒れてしまうため、転動体による転がり疲労寿命とは異なり、早期に音・振動が上昇するのである。

従来は鉄道車両のトラクションモーター用軸受などでよく見られる現象であったが、EV化により自動車でもこのような現象の生じる危険性は高まってきている。

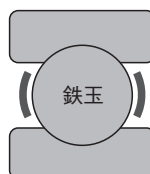
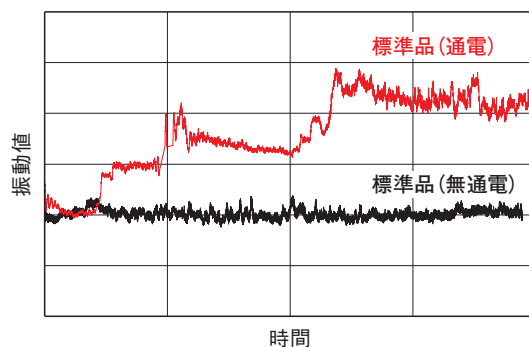


図8 標準品(鉄玉品)の通電評価結果

3. 耐電食の考え方

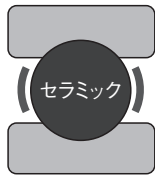
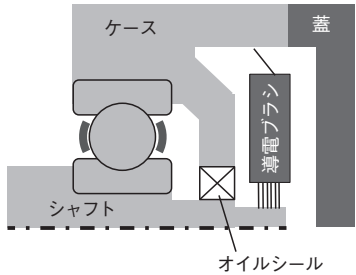
油膜が絶縁破壊するときの放電現象によって電食が発生する。

そのため、電流経路を遮断することで絶縁破壊を防ぐことのできるセラミックボールや電荷を蓄積させない

ようにする導電ブラシが有効であると考えられ、採用されてきた。

しかし、自動車用としては高コストであり、取り回しに難があるなどの課題がある。(表2)

表2 従来アイテムのメリット・デメリット

	セラミックボール軸受	導電ブラシ
図		
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・高い絶縁性能 ・軸受サイズを変更せずに対策可能 ・取り扱いが容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・高い導電性
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・高価 	<ul style="list-style-type: none"> ・高価 ・搭載スペースが必要 ・摩耗粉の発生

4. 「絶縁軸受」の効果

外輪または内輪のいずれかに絶縁層を設けることにより軸受の電気抵抗を大きくしている。それにより、セラミックボールと同様の電流遮断効果を生み出し、電食の発生を抑制できるわけである。絶縁膜の材料もセラミックボールより安価であるため低コスト化を図ることができる。(図9)

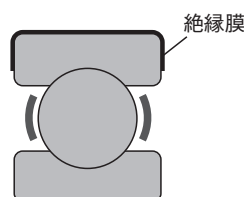
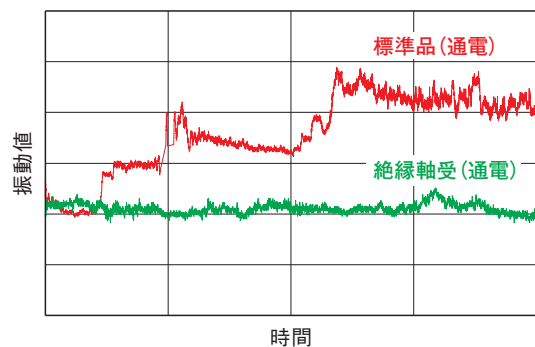


図9 耐電食用「絶縁軸受」(開発品)の通電評価結果

5. 「導電軸受」

電荷を蓄積させないよう導電性を持たせたシール材を採用している。

軸受のみで完結しているため、導電ブラシのような搭載スペースは不要であり省スペース化が可能である。(図10)

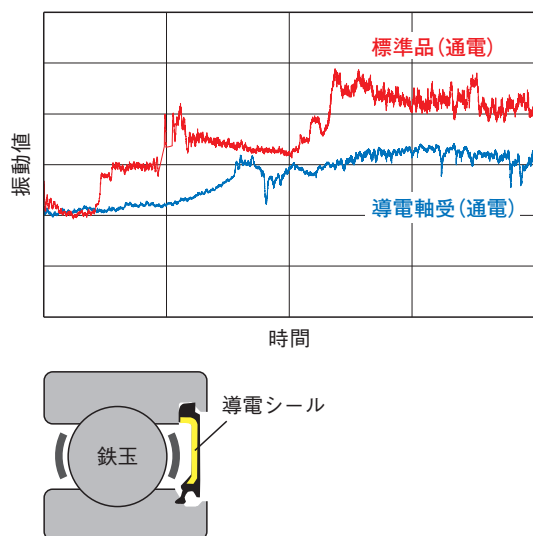


図10 耐電食用「導電軸受」(開発品)の通電評価結果

6. まとめ

本稿では、軸受の電食発生メカニズムと対策技術について解説した。EV化がすすむ中で電食の危険性は増している。今回開発したEV用の耐電食軸受は、信頼性・快適性の観点で今後のEV化により一層貢献できる製品であると考えている。引き続き、市場ニーズに応える新商品を開発し、製品の性能向上を推進していく。

参考文献

- 1) 渡辺 孝一: 知りたいトライボロジー講座④「弾性流体潤滑理論(EHL理論)」NACHI TECHNICAL REPORT Vol.11 D1 October (2006)
- 2) 誘導機技術専門委員会: 誘導電動機をインバーター駆動する場合の軸受電食について 一般社団法人 日本電気工業会 技16-02 2016年 12.1 公開
- 3) 奥山・藤井・森安: インバーター駆動誘導電性動機の軸電圧 電気学会回転機研究会資料 RM-98 P.95
- 4) 中村・今柳田: 誘導電性動機の軸受電食 東洋電機技報 第105号 3 P.23 (2000)
- 5) 砂原 賢治: 軸受電食の防止技術 技法 安川電機 第77巻 第2号 通巻 第299号 P.58 (2013)