

# 「カーエアコン電磁クラッチ用長寿命軸受」

—耐振動はくり対応—

Long-Life Bearing Used in Magnetic Clutch for Compressor of Car Air Conditioner

## キーワード

カーエアコン、電磁クラッチ、複列アンギュラ玉軸受、白色層、黒色層、ダンパー効果、エーテルオイル、添加剤、エンジン台上試験、振動ベンチ試験機

軸受製造所技術部

東 一夫

## 1. はじめに

自動車のエンジン回りの電装・補機部品は、高速化・軽量化され保証期間も延長されてきている。それに伴ってカーエアコンの電磁クラッチ用軸受は、小型・薄肉化してきた。近年、カーエアコン用電磁クラッチの軸受においてもオルタネータと同様に従来とは全く異なった形態の早期のはくりが発生していることが判った。

その新しい形態のはくりは、従来のベンチ耐久試験では全く発生せず、実車及びエンジン台上試験の振動環境下において固定輪（内輪）にのみ発生している。

この早期のはくりを対策するためNACHIでは、振動による衝撃荷重を緩和し寿命向上を図ることを狙いとし、よりダンパー効果が得られるグリースを開発してきた。また、同時に実車と同じ形態のはくりを再現できる加振ベンチ試験機を開発し、これにより対策品の評価をしてきた。

本報では、この耐振動はくりに対応した長寿命グリース封入電磁クラッチ用複列アンギュラ玉軸受について紹介する。

## 2. カーエアコン電磁クラッチ用軸受の構造

本部位の軸受は、プーリのオーバーハングによるモーメント荷重に耐えられるように、複列のアンギュラ玉軸受としている。要求性能としては、高温高速耐久性・密封性・耐塵耐水性・静粛性が求められる。軸受の構造は、外輪、内輪、ボール、ナイロン保持器・ゴムシール・高温用グリースにより構成されており、図1に代表的な斜板式コンプレッサ、図2に複列アンギュラ玉軸受の断面図を示す。

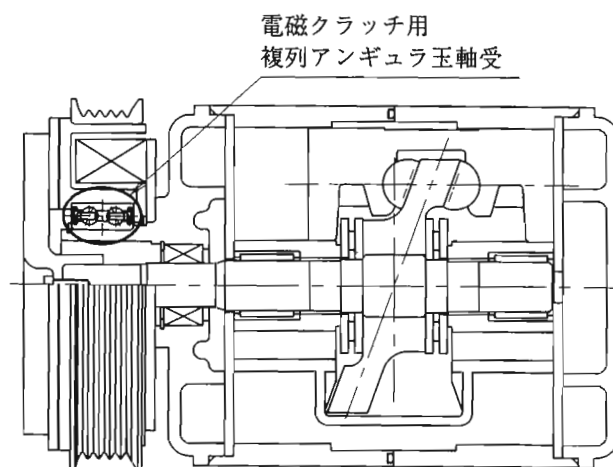


図1 コンプレッサ断面図

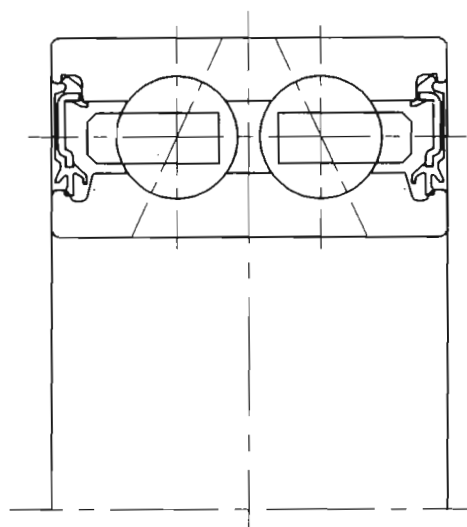


図2 複列アンギュラ玉軸受断面図

### 3. 新しいはくりの形態

市場で異音発生となった軸受の中に、固定輪である内輪の負荷側列の軌道に早期はくりが散見される。

このはくり部のマイクロ組織を調査した結果、従来のはくりとは異なった組織変化が見られる。その組織変化は、腐食して観察すると軌道表面近くの浅い位置に黒色層と白色層からなり、白色層は不規則に発生している。マイクロクラックは白色層組織に沿って発生し、進展してはくりに至っている。

図3に従来のはくり品の組織変化、図4に本軸受に見られる新しい形態の組織変化を示す。

この新しい形態のはくりはボールが転走する軌道上でボールが負荷圏へ突入する付近の最も油膜形成しにくい個所で発生している。はくりに至るプロセスは、まず油膜形成しにくい個所に振動の影響を受けて、せん断応力が大きくなり、微細炭化物が析出し黒色層となる。更に疲労が進むと、炭素の移動・凝集が進行して板状炭化物と低炭素マルテンサイトが生成され白色層に組織変化する。この組織変化部は母材と塑性変形能が違うため境界部にマイクロクラックが発生し、はくりに至ったものと考えられる。

### 4. はくり再現試験

従来の耐久試験は、一定高速回転・一定荷重・強制振動無し・高温雰囲気下で評価し、軸受の寿命はグリース寿命であった。

これに対し、急加減速回転・高荷重・強制振動をそれぞれ単独で負荷した試験では、前述の形態のはくりは発生しなかった。

そこで、エンジン台上試験を実施し急加減速・高荷重・強制振動を同時に負荷したところ市場と同じ形態のはくりを再現することができた。また、この時のはくり寿命時間を走行距離に換算すると市場に散見されるものと同等であった。図5に従来軸受のエンジン台上試験結果を示す。

また、エンジン台上試験はメンテナンスが大変であることから独自の振動ベンチ試験機を開発し、エンジン台上試験と同じ結果が得られた。これによって様々な評価が実施可能となった。図6に開発した試験機外観を示す。

### 5. 長寿命グリースの開発 (Part I)

新しい形態のはくりに対応するため、衝撃荷重の緩和を目的に、まずグリースのダンパー効果による寿命向上を図った。

#### (1) グリース基油

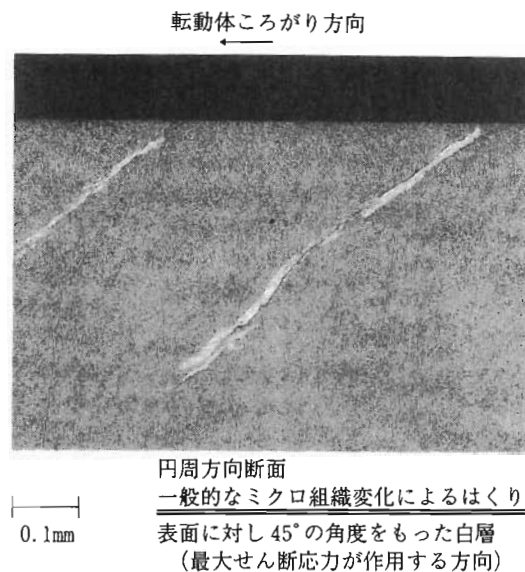
基油銘柄によるダンパー効果の差異を確認した結

果、エーテルオイルが最も衝撃を吸収できることがわかった。

試験は、図7に示すような振り子衝突試験で実施し、衝突時の相対的な加速度(G値)及び跳ね返り高さによる反発弾性係数を測定評価した。図8に結果を示す。

#### (2) グリース組成

グリースの基油をエーテルオイルとした場合、粘



円周方向断面  
一般的なマイクロ組織変化によるはくり  
表面に対し45°の角度をもった白層  
(最大せん断応力が作用する方向)

図3 従来の組織変化

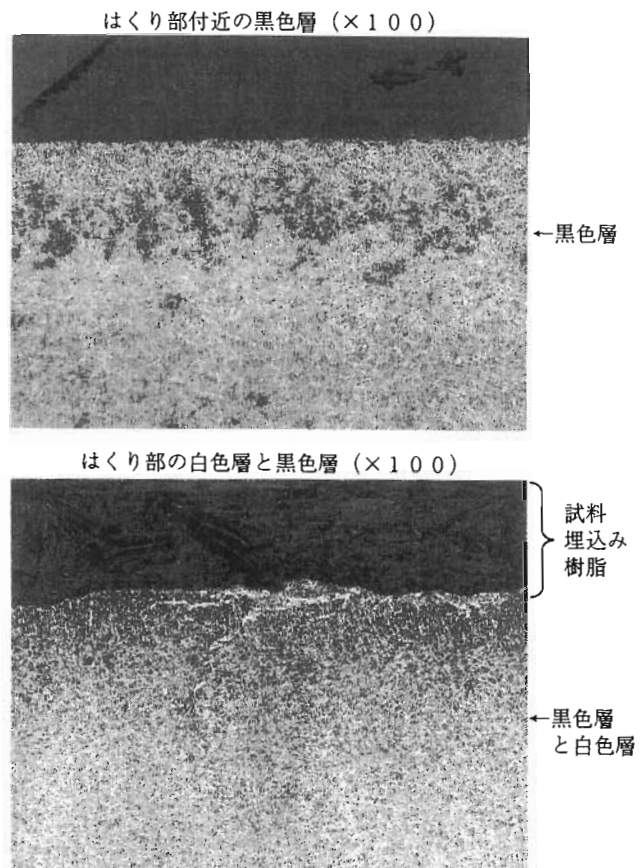


図4 異音発生した軸受に見られるはくり部の組織変化

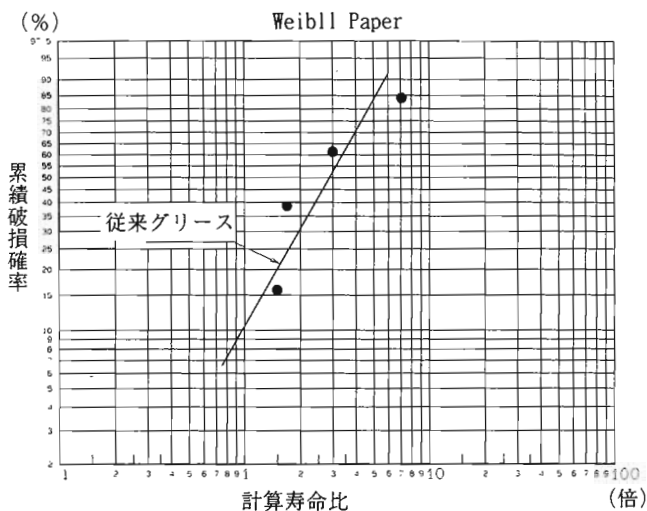


図5 エンジン台上試験結果 (従来グリース)

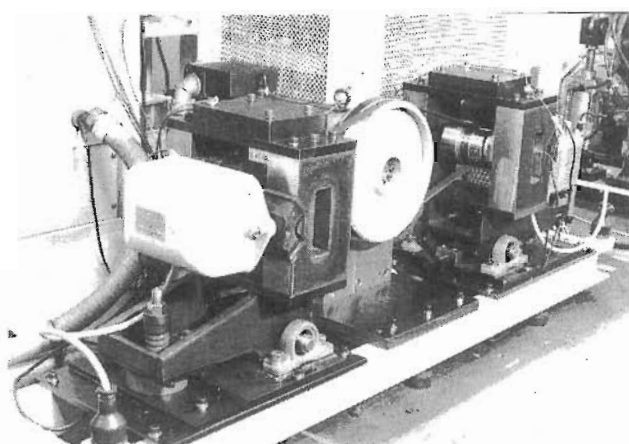


図6 振動ベンチ試験機外観

**試験方法**

- 鋼板の表面にグリースを塗布し、一定の高さから糸を付けたボールを振り子のように衝突させた時のG値及びはねかえりの高さより反発弾性係数を測定
- ・使用ボール：17/67” (6.7469)
- ・糸の長さ：2m
- ・落下高さ：10cm
- ・鋼板：厚さ 20cm (SUI2)
- ・鋼板の温度：65℃

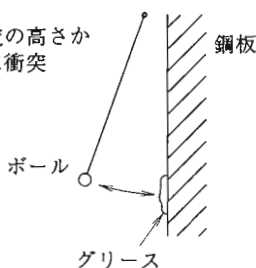


図7 振り子衝突試験

度が高くなると低温で耳障りなノイズが発生する。そのため最適な基油粘度，基油の組成及び増ちよう剤の量の効果を確認するため表1の水準で15種類のグリースのダンパー効果を測定し最適なグリース組成を選定した。

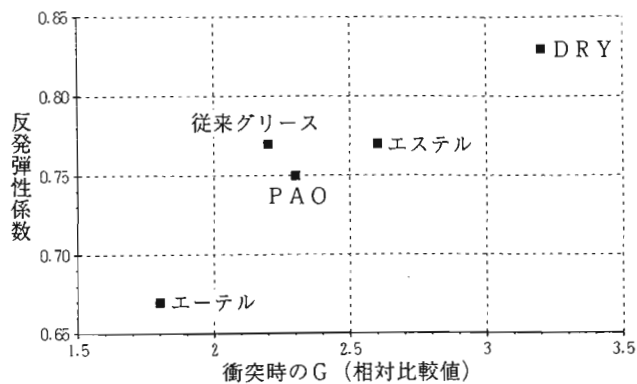


図8 各種基油による衝突時のGと反発弾性係数の関係

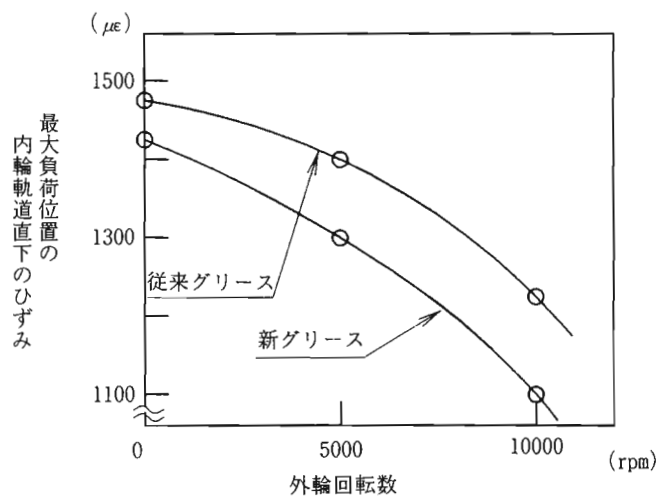


図9 軌道直下のひずみと油膜厚さの関係

表1 試験グリース

因子	水準	I	II	III
基油形成	(エーテル/PAO%)	60/40	80/20	100/0
基油粘度	(mm <sup>2</sup> /sec.@40℃)	45	80	105
増ちよう剤量	(wt%)	16	20	23

・3因子3水準(L18パラメータ設計により15種類のグリースを試作評価)  
 ・A因子：基油組成 B因子：基油粘度 C因子：増ちよう剤量

(3) セン断応力緩和の確認

グリースのダンパー効果によるせん断応力緩和効果を確認するため軌道直下にひずみゲージを貼り付けてボール通過時の応力を測定した。図9に従来グリース (PAO+エステル) と新グリース (エーテル) の比較を示す。

この結果，軸受回転時においてもグリースのダンパー効果によって応力が緩和されていることが確認された。

(4) はくり寿命の確認

エンジン台上試験にて評価した結果、従来グリースに対して 10 倍以上の寿命延長が確認された。図 10 に試験結果を示す。

6. 長寿命グリースの開発 (Part II)

グリースのダンパー効果によってはくり寿命を延長できることがわかったが、グリースの添加剤の一種に長寿命化の効果があることも確認された。

はくり発生品のボール転走跡は、負荷圏突入付近で蛇行し、その付近ではくりが発生している。その位置で鋼中水素量を測定したところ従来グリースのはくり発生品には、初期の 3 倍以上の水素量が確認された。このことは、負荷圏突入付近の軌道面に新生面（むき出しの金属表面）が形成され、鋼中に水素が侵入しているものと考えられる。水素は、応力集中部に集積され組織変化を助長させるものと考えられる。

これに対して、グリースの添加剤による被膜を形

成し、新生面発生を抑制することにより水素の侵入を防止し、はくり寿命を延長できる。

グリースの添加剤は、環境問題を考慮し慎重に選定した。

この添加剤の効果確認のため NACHI 独自に開発した振動ベンチ試験で評価した結果を図 11 に示す。これは、従来グリースに添加したもので、従来グリースに対して約 8 倍のはくり寿命向上が確認された。新グリースへの添加では、現在試験継続中であるが、更なる長寿命化が期待できる。

7. おわりに

顧客満足度の向上に因るため、カーエアコンの長寿命化への要望は、今後更に延長されることが予想される。これに伴って、電磁クラッチ用軸受の耐久性・信頼性は更にレベルアップする必要がある。当社でも、これらの要望に応えるべく、更なる性能向上に努めていきたい。

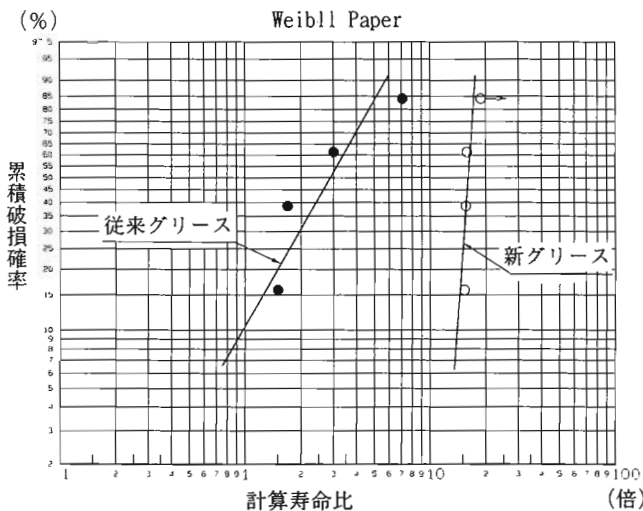


図10 エンジン台上試験結果(従来グリースと新グリース)

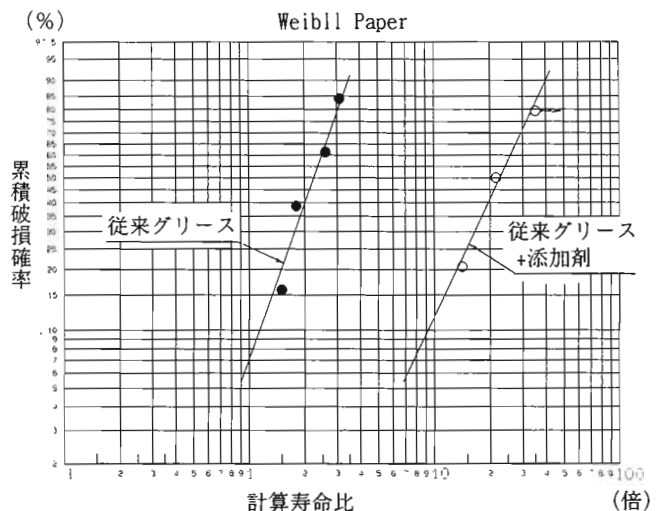


図11 振動ベンチ試験結果(従来グリースの添加剤の結果)