

# カーエアコン電磁クラッチ用長寿命軸受

—軸受材料面からの耐振動はくり対応—

Long-Life Bearing Used in Magnetic Clutch for  
Compression of Air Condition

## 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、VT鋼、NC処理、圧縮応力、残留オーステナイト、板状炭化物

部品事業部 技術一部

自動車グループ

東 一夫

## 1. はじめに

自動車用のエンジン回り電装・補機部品は、高速化・軽量化されてきている。それに伴いカーエアコンの電磁クラッチ用軸受は、小型化・薄肉化してきた。近年、カーエアコン電磁クラッチ用軸受において従来と異なった形態のはくりが散見される。

そのはくりの形態は、従来のベンチ試験機では発生せず、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。

このはくり対策のため、前報では、グリースのダンパー効果による長寿命化を実現し、市場に投入し効果を確認している。今回、更なる長寿命化として、振動による衝撃荷重に耐え、寿命向上を図ることを目的とした材料・熱処理の開発を実施してきた。本報では、この形態のはくりに対応できる電磁クラッチ用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・静粛性が求められている。軸受の構造は外輪、内輪、ボール、ナイロンリテーナ、ゴムシール、高温用グリースにより構成されている。

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。

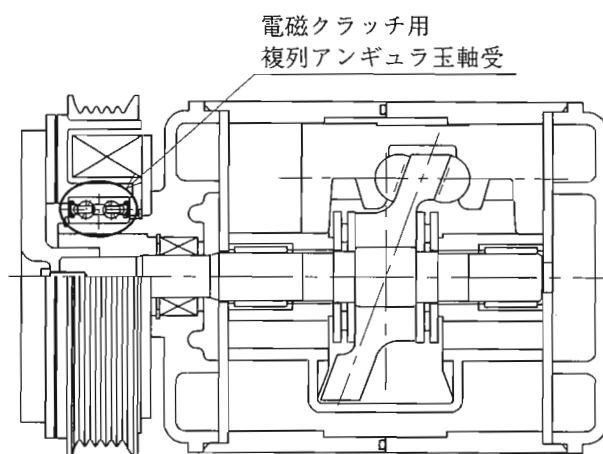


図1 コンプレッサ断面図

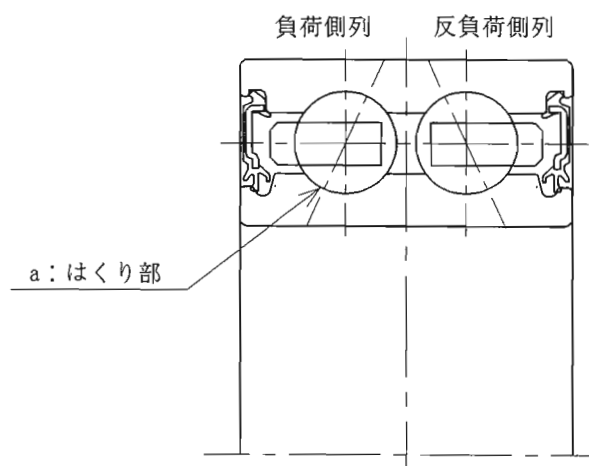


図2 複列アンギュラ玉軸受断面図

### 3. 新しい形態のはくり

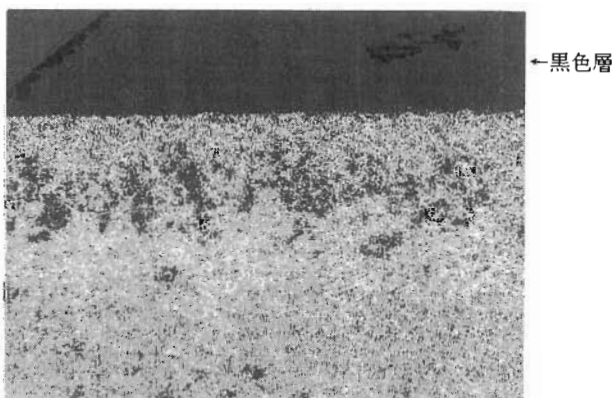
市場で異音発生となった軸受の中に、固定輪である内輪のベルト負荷側の軌道にはくりが散見される。

(図2:a部)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みられる。その組織変化を観察すると、軌道表面付近の浅い位置に、腐食すると黒く見える組織(以下黒色層)と白く見える組織(白色層)からなり、白色層は不規則に発生している。この白色層組織に沿ってマイクロクラックが発生し、それが進展してはくりに至っている。

図3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に至るプロセスは振動衝撃荷重の加わった高面圧の箇所で軌道面直下に作用する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。

更に応力の影響が進むと、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。この組織変化した部分は母材との塑性変形能が異なるため境界部にマイクロクラックが発生し、はくりに至っている。

はくり部付近の黒色層 (×100)



はくり部の白色層と黒色層 (×100)

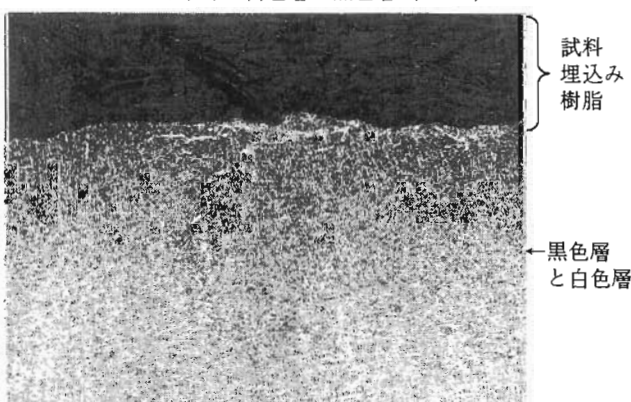


図3 異音発生した軸受に見られるはくり部の組織変化

### 4. はくり再現試験

前報でも紹介したように、従来の耐久試験は、一定高速回転、一定荷重、高温雰囲気、強制振動無しで評価されており、軸受の故障モードはいずれも潤滑寿命であった。

これに対し、急加速、高荷重、強制振動をそれぞれに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結果、市場と同じ形態のはくりを再現することができた。また、この時のはくりに至る時間を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。

エンジン台上試験のエンジンメンテナンス工数を考慮して、エンジン台上試験機での振動状態を調査し、その振動をシミュレートする考え方で、専用の振動ベンチ試験機を開発し、この振動ベンチ試験機で試験評価した。

### 5. 軌道輪の材料・熱処理面からの長寿命軸受の開発

#### (Part1)

新しい形態のはくりに対応するため、軌道面にかかる応力に耐え、且つ炭素量を下げることにより炭素の移動と凝集のレベルを低減することで寿命向上を図った。

#### (1) 軌道面に圧縮応力を残す

振動衝撃荷重により軌道面にかかる大きな応力に耐えるため、軌道表面に圧縮応力を残すことを狙った。このため従来の軸受鋼 SUJ2 を VT 鋼+NC 処理とすることにより、軌道面深くまで大きな圧縮応力を残すことができた。

VT 鋼 : 高纯净度中炭素鋼

NC 処理 : 浸炭窒化処理

図4に残留圧縮応力の深さ分布を示す。

#### (2) 軌道表面付近にクッション材を形成する

VT 鋼に NC 処理を施すことにより、軌道表面付近にクッション材となる残留オーステナイトを多く残すことができる。但し、オーステナイトの分解により、体積膨張(径寸法の膨張)で軸受の内部すきまの減少が懸念されるため、軌道輪内部のオーステナイト量は低く押さえた。

図5に残留オーステナイトの深さ分布を示す。

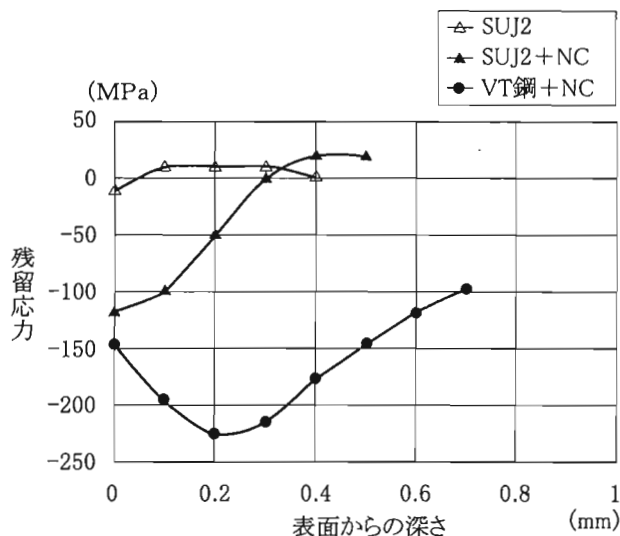


図4 残留圧縮応力の深さ分布

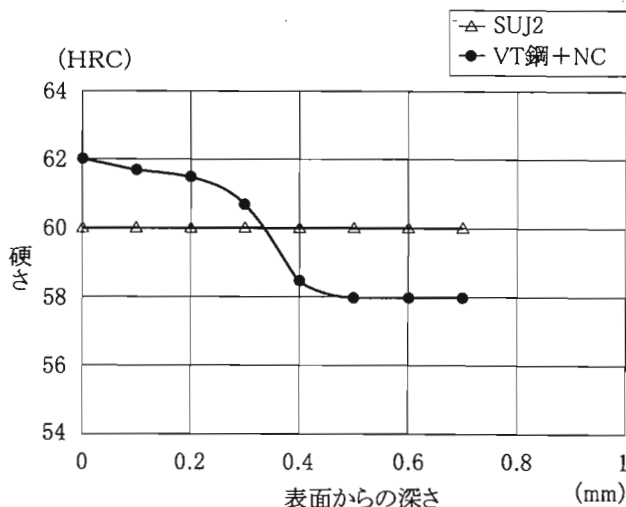


図6 硬さの深さ分布

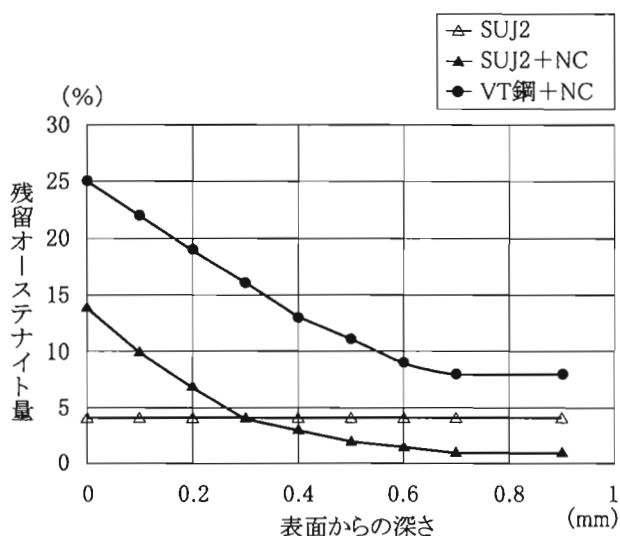


図5 残留オーステナイトの深さ分布

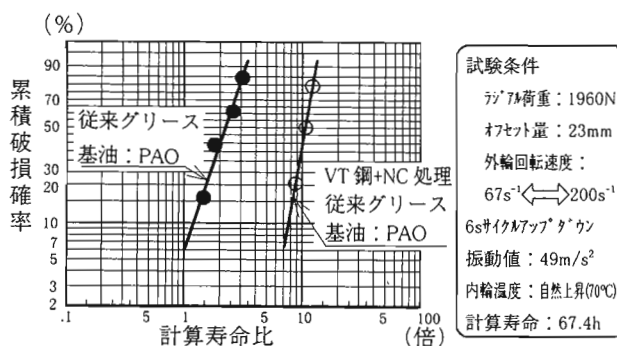


図7 振動ベンチ試験結果

のレベルを低減し、白色層の発生を抑制する。  
上記の仕様を盛り込んだ軸受を振動ベンチ試験機で耐久評価を行った結果、従来の軸受鋼と比較してはくり寿命は約6倍に向上させることができた。

図7に振動ベンチ試験結果を示す。

(3) 炭素量を下げることにより炭素原子の移動と凝集のレベルを低減する

母材の炭素量を下げれば、炭素原子の移動と凝集レベル（炭素濃度のコントラスト）を低減することができる。但し、母材の炭素量を下げると硬さの維持が懸念されるが、NC処理を施すことで窒素原子の浸透により軌道表面付近の硬さを確保することができる。

図6に硬さの深さ分布を示す。

(4) 振動ベンチ試験結果

VT鋼とNC処理を組合せることにより、

- ① 軌道表面付近に圧縮応力を大きく残す。
- ② 軌道表面付近に残留オーステナイトを多くし、且つ軌道内部は少なくする。
- ③ 母材の炭素量を下げ炭素原子の移動と凝集

## 6. 軌道輪の材料・熱処理面からの長寿命軸受の開発

### (Part2)

振動衝撃荷重による組織変化の抑制を図るために、あくまで母材の炭素量を下げ白色層の元となる板状炭化物の発生を抑制することに着眼点を得た。そのため炭素を強制的に浸透させる特殊熱処理を施さず、適正な条件を選定して熱処理した結果、長寿命化を達成することができた。

また、このことはコスト低減にも効果ありと考える。

(1) 板状炭化物の発生を抑制

基底炭素量を下げること、白色層の元となる

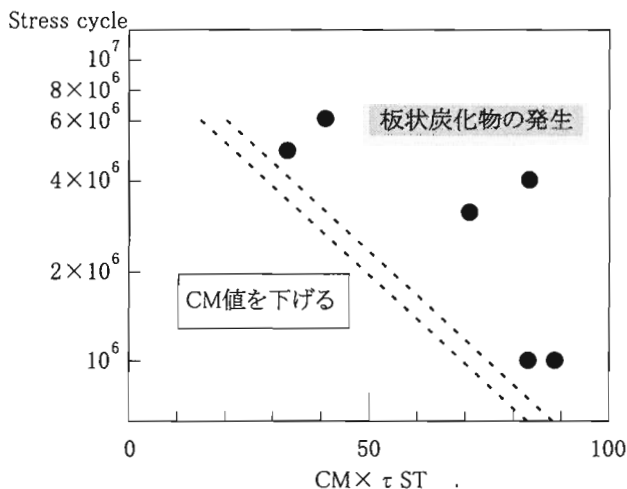


図8 CM (基地炭素量) ×  $\tau$ ST (せん断応力) と板状炭化物の発生サイクル

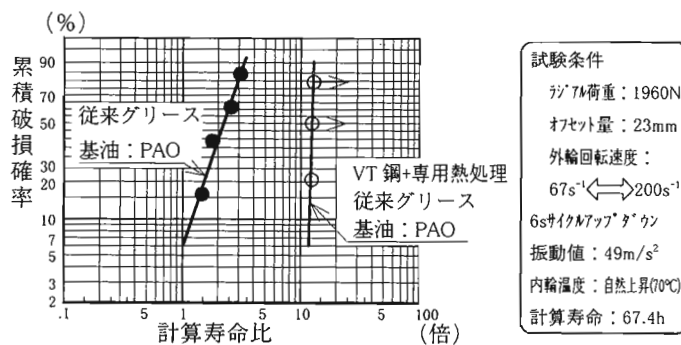


図9 振動ベンチ試験結果

板状炭化物の発生を抑制することができる。

基地炭素量とせん断応力の積と、板状炭化物発生ストレスサイクル数を調査すると、基地炭素量とせん断応力の積が大きくなると急激に少ないストレスサイクルで板状炭化物が発生する。

電磁クラッチ用軸受の使用条件として、せん断応力を緩和することができない場合が多いため、基地炭素量を下げることが有効となる。

図8に基地炭素量×せん断応力と板状炭化物発生サイクルの関係を示す。

## (2) VT鋼+専用熱処理による長寿命化

VT鋼+専用熱処理とすることにより、母材の炭素量を下げて基地炭素量を下げることにより、板状炭化物の生成を抑制することが可能となった。

この仕様を盛り込んだ電磁クラッチ用軸受を振動ベンチ試験機で耐久評価した結果、従来軸受鋼比較で10倍の寿命向上を達成することができた。この結果、コスト及び信頼性面で有利となり、一部車種で採用され市場投入された。

図9に振動ベンチ試験結果を示す。

## 7. おわりに

カーエアコンを含めたエンジン回りの電装・補機は、一本のベルトで駆動するサーペンタイン化構造が採用される傾向があり、それにつれて電磁クラッチ用軸受の信頼性・耐久性に対する要望はますますレベルアップしてきている。この要望に応えるべく軸受の更なる長寿命化・信頼性向上に努めていきたい。