

テクスチャリング加工により摩擦低減を実現した含油軸受

1. 開発の背景

近年、地球温暖化対策として、低炭素・省エネルギー化が叫ばれている。その中でもモータの電力使用量は、世界の全電力使用量の50%以上を占めているという電気事業連合会等の報告もあり、大型・小型問わず効率の改善が必須となってきている。モータ効率改善のためには、軸受の摩擦を低減する事が有効である。このため、高効率が特に求められるモータは摩擦係数で優位性のあるボールベアリングが設計段階から選定されてしまうことが多い。その現状を打開すべく、従来の焼結含油軸受より大幅に摩擦係数を低減可能な軸受の開発を行った。

2. 開発の内容

摩擦係数低減のために内径に複数の微小な凹み（以下「ディンプル」とする）を付与した焼結含油軸受を検討した。



写真1：軸受外観写真

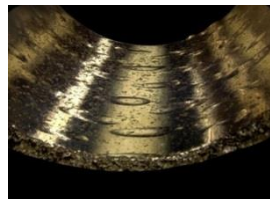


写真2：軸受内径写真

一般的に、自動車用エンジンのシリンダーや油圧機器等で、摺動部にディンプルやテクスチャ加工を施す事により、抵抗を減らす技術はよく知られている。しかし、小型モータに使用される軸受内径は $\phi 5\text{mm}$ 以下であり、かつマイクロメートル単位の寸法精度が必要である。このような非常に小径かつ高精度の軸受内径に対し、大量生産可能な加工技術は無かったため、焼結含油軸受に適した加工方法の検討と、条件の最適化を図った。

<製法>

開発軸受は、焼結含油軸受の通常工程である再圧縮工程後にディンプル加工工程を追加する。専用工具と専用加工機を用い、軸受内径表面にボールを公転させながら一定の周期で押し付け、規則的な複数の微細なディンプルを付与した。

<開発のポイント>

- ① ディンプルの大きさとパターンの制御
均一で規則正しく整列したディンプルパターンを安定的に加工するために、ディンプル加工用工具と加工機的设计から始め、加工条件を最適化した。
- ② 軸受内径精度
最初に採用を検討した用途は、静音化のために軸と軸受のクリアランスを狭める必要があり、ディンプル加工後の内径公差が $3\mu\text{m}$ という要求であった。
ディンプル付与の際に生じる、ディンプル縁の微細な

盛り上がりが内径公差に影響を及ぼさぬよう、ディンプル加工と同時に内径再仕上げを行える加工法とした。

③ 加工工具の耐久性

ディンプルの大きさやパターンの維持、軸受内径精度維持のために、工具の耐久性は必須であった。工具は、材料や表面処理等の改良を重ねて最適化し、加工装置は加工油を自動供給することで、耐久性の向上を図った。その結果、軸受内径は最小 $\phi 2.5\text{mm}$ まで加工が可能となり、かつ月産数十万個～数百万個の大量生産が可能な加工速度と工具耐久性も確保した。

<軸受性能>

開発軸受は、既存軸受に比べて摺動面積を減らし、また凹みに潤滑油をためることで、摩擦係数を約40%低減することが可能となった。

◆軸受単品の摩擦係数測定結果

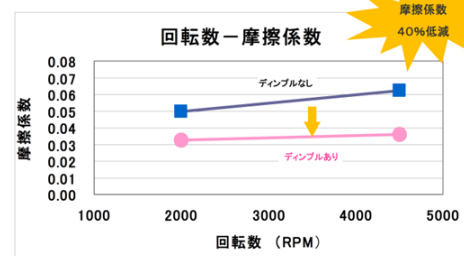


図1：既存軸受と開発軸受の摩擦係数

特に、高速回転条件や油の粘度が高くなる低温環境など、軸受内部に含浸した油の粘性抵抗が増す使用条件で、より摩擦係数を低減する効果が大きくなる。また、極低温条件においては、従来軸受よりも摩擦が低だけでなく、その変動も小さいことを確認した。極低温で使用されるモータの低振動・低騒音化に寄与できる。さらに、お客様の協力のもと、ボールベアリングとの比較試験を行った。開発軸受は、焼結製のすべり軸受でありながらボールベアリングの摩擦係数に大きく近づくことを確認した。

3. 開発の成果

開発軸受は、低温特性が評価された冷蔵庫の冷気攪拌用ファンモータに採用された。日系大手モータメーカを経由して世界最大手の冷蔵庫メーカに採用されたため、世界的規模で使用されている。ボールベアリングとのコスト比は1/2以下であり、最終製品の低コスト化に貢献している。消費電力は、従来軸受との比較で冷蔵庫1台あたり0.35kWh/年の低減効果が得られるとの試算を得ている。コスト効果も相まって、世界的な消費電力低減に貢献している。

以上のように、焼結含油軸受の静音性、生産性、コストパフォーマンスといった特長に加え、課題であった低摩擦化を達成したことにより、ボールベアリングでなければ対応が困難であった使用領域への展開が可能となった。