

『すべり軸受の基礎知識』

1. すべり軸受とは

軸受には転がり軸受とすべり軸受があり、軸受の選定は一般的には、先ず簡便で保守の手がかからない転がり軸受の使用を検討し、それがだめな場合にすべり軸受の使用を考えることが多い。転がり軸受とすべり軸受の特徴を比較したものを[Table. 1]に示す。

すべり軸受は実用の面から次の三つに分類することができる。

- ①ホワイトメタルや砲金軸受に代表される一般のすべり軸受で、本来外部より供給される潤滑油により流体潤滑を建て前としているもの。
- ②流体潤滑も可能であるが、特に境界潤滑や乾燥摩擦の領域で優れた軸受性能を有している自己潤滑性軸受、いわゆるオイルレスベアリング。
- ③空気圧や磁気力によって軸荷重を支えたとて軸の回転を行う静圧或いは動圧軸受。

ここで、①と②は流体潤滑及び境界潤滑の分野で多くの共通点を有し、オイルレスベアリングは自己潤滑性を持ったすべり軸受の中の一つであるとみなして良く、③は軸受の分類上別に考えて転がり軸受、すべり軸受、及び静圧または動圧軸受として区分することもできる。

本章では一般的に使用されることの多いオイルレスベアリングを中心に説明する。

2. すべり軸受の潤滑機構による分類

すべり軸受は潤滑機構により流体、境界、涸渇、無潤滑に分類できる。

- 1) 流体潤滑 軸は流体潤滑油膜に支持されており、摩擦の発生はなく、寿命は半永久的です。動荷重下では疲労現象により寿命が決まります。一般にPV値やV値は制限されない。
- 2) 境界潤滑 まだ流体力学的取り扱いができる分野と考えられる。しかしすべり面の突起部で固体接触も見られ、PV値は制限される。摩擦が生じ、焼き付きに注意する必要があります。
- 3) 涸渇潤滑(セミドライ) 油切れにより固体接触が発生し、すべり面の凹部に油が残る程度です。PV値特にV値が制限されます。摩擦が寿命を決定するようになる。
- 4) 無潤滑(ドライ) 固体潤滑以外の潤滑剤が全くない乾燥摩擦、すなわちドライベアリングの状態である。PV値、V値は特に小さく抑えられ、摩擦が寿命を支配する。

3. オイルレスベアリングの種類

オイルレスベアリングには、天然の木材と、成長鉄銹含油軸受、焼結含油軸受などの金属軸受、含油アセタール樹脂や四ふつ化エチレン樹脂などのプラスチック軸受、黒鉛やMoS₂などの固体潤滑材軸受、及びそれらの複合材料の軸受と多種多様なものが開発されている。オイルレスベアリングは潤滑油の含油や固体潤滑剤の活用によって、流体潤滑が得られないような負荷条件及び使用条件においても自己潤滑性の効果が発揮され、焼き付きにくい、耐摩耗性の優れた軸受材料である。オイルレスベアリングの分類を[Table. 2]に示す。

4. オイルレスベアリングの特性・特徴

【金属系含油軸受】

1) 粉末焼結含油軸受 (特性・特徴)

焼結含油軸受の特徴は、その製造面からみるとプレスと焼結作業を主体としているため多量生産に適した方法であり、軸受性能面からみると、その多孔質部に含んだ油が軸の回転時に孔からはみ出して摩擦面を潤滑し、回転が止まると油が孔の中に吸い込まれる働きが活発で、少量の油で長期間潤滑することができる。

長所

- ①多量生産に適している。
- ②切削工程が省けるので安価である。
- ③ボールベアリングに比較して音の発生が少ない。
- ④自己潤滑性があり焼き付きにくい
- ⑤油を全然あるいはあまり給油しなくても良い。
- ⑥軸受壁を通して浸透給油が可能である。

Table 1 すべり軸受と転がり軸受の特性比較表

特性項目	すべり軸受	転がり軸受
荷重	重荷重、特に衝撃荷重に適する 単位投影面積当たりの許容荷重は転がり軸受より大	衝撃荷重には劣るが、周期的荷重、揺れまわりの荷重や起動 深溝玉軸受、アンキョウ玉軸受、円錐ころ軸受などは1倍の軸受でラジアル、スラスト両方向荷重を受けられる
摩擦	静止摩擦係数大(10 ⁻² ~10 ⁻¹) 回転中の動摩擦係数はいずれも10 ⁻³ 程度で両者ほぼ同じ	静止摩擦係数大(10 ⁻³ ~10 ⁻²) 低速：特に問題なし
速度特性	低速：一般的な流体潤滑は静圧軸受を除き極低速は不可 高速：流体潤滑は高速に適するが温度上昇と油膜の乱流、オイルホップが高速の限界	高速：温度上昇を支配するdn値を一般的な目安とする。転動体の遠心力と保持器の潤滑が高速の限界
軸受の寸法	半径方向：小 軸方向：軸径の1/4~2倍	半径方向：大 軸方向：軸径の1/5~1/4倍
振動と減衰	極低速のスティックスリップと高速のオイルホップ 減衰は大	転動体の弾性支持のため弾性振動減衰は小
耐衝撃性	有利	不利
耐食性	種類によるが一般的に有利	不利
耐水性	種類によるが一般的に有利	不利
揺動運動	有利	リニアプッシング、ストロークボールベアリング以外不可
往復運動	有利	リニアプッシング、ストロークボールベアリング以外不可
音響	比較的小	比較的大
潤滑剤	潤滑油、潤滑グリース、作動油、水、固体潤滑剤、空気など	主として潤滑グリースまたは潤滑油
潤滑法	主として油潤滑で複雑、油量も大	主としてグリース潤滑で簡単、油潤滑の時も油量少
剛性	中心軸の移動は比較的小	転動体の弾性支持のため予圧によって剛性を高めても中心軸の移動量は比較的大
寿命と破損	流体力学的に寿命は無限。破損は焼き付き摩擦が生じ、高荷重の時は剥離もある	材料破れによる寿命の計算式あり、高速の時は焼き付きによる破損もある。特に運転中の事故が起こると被害大
取り付け誤差	比較的鈍感	比較的敏感
ゴミの影響	軸受合金の埋込性などにより、塵埃など固形異物に強い	固形異物に弱い。寿命、摩擦、特に音響に敏感
保守	主として油潤滑で、給油漏れ防止のための労力大	主としてグリース潤滑で保守簡単、油潤滑の時も比較的簡単
コスト	自家製し易く一般に安価	標準化と量産化により精密部品としては一般に安価
規格化量産性	規格品もあるが自由設計がなされ非量産品も多い	機械部品の中で標準化と量産が最も進んでいる
交換性	軸受交換時に軸の修理、交換を要することが多い	軸受のみ交換すれば良いことが多い
高温	持肉を除き軸受材料と潤滑剤の限度は300℃まで	耐熱軸受と潤滑剤の温度限界まで。一般工業用は500℃まで
低温	潤滑油の粘度増加や凝固のため低温特性不良	低温潤滑の限度まで可
雰囲気	軸受材料と潤滑剤で対処可(プラスチック、セラミックなど)	軸受合金が限定されるのでシールの重要
真空	固体潤滑で対処	自己潤滑性材料の保持器。金、銀などのスリット膜などを利用し特殊設計する

Table 2 オイルレスベアリングの特徴

種類	長所	短所
プラスチック(含油)軸受	1. 自己潤滑性が良い	1. 耐熱性が悪い
	2. 比重が小さい	2. 熱伝導が小さい
	3. 耐薬品性がある	3. 寸法安定性が悪い
	4. 衝撃・振動・音を吸収する	4. 機械的強度が小さい
	5. 異物の埋込性がある	5. クリープ・コールドフローがある
	6. 焼き付きにより軸を傷つけない	
	7. 潤滑剤として水を使用できる	
	8. 量産性がある	
金属系含油軸受	[焼結合金]	
	1. 含油量が大きい	1. 大きさに制約がある
	2. 材料・加工の経済性が良い	2. 切削加工は避けたい
	[成長鉄銹]	
	1. 耐荷重性が大きい	1. 錆の発生がある
	2. 大きさに制約されない	2. 靱性がある
	3. 切削加工ができる	
	4. 寸法安定性が良い	
[多孔質合金積物]		
1. 馴染みが良い	1. 含油量が少ない	
2. 大きさに制約されない		
固体潤滑剤軸受	1. 耐荷重性が大きい	1. 高速に向かない
	2. 耐熱性がある	2. 流体潤滑に比べ摩擦係数大
	3. 耐薬品性がある	3. 固体潤滑剤のみでは機械的強度が小さい
	4. 水、真空中でよい	
	5. 経年変化が無い	4. 付着性が小さい



短所

- ①金型費や作業の面から多品種少量生産には不適當である。
- ②機械的強度が弱い。
- ③摩擦係数がやや大きい。

2) 鑄成銅合金含油軸受**(特性・特徴)**

鑄成銅合金含油軸受とは青銅鑄物の鑄造時に特殊処理を施して多孔質化した鑄物に油を含有させた含油軸受をいう。これは粉末焼結法で作る含油軸受に比較して成形用金型が不要であり、木型で砂を用いて造型し、熔融金属を鑄込み、鑄物を作る方法であるから比較的大形製品の製造に適している。

長所

- ①どんな形状でも製造できる。
- ②鑄造によるので中形品、大形品に適している。
- ③強度が高い。
- ④多品種少量生産に適する。
- ⑤耐摩耗性が良い。

短所

- ①含油率が小さいので間欠給油方式とする必要がある。
- ②切削加工を必要とするので量産性に劣る。
- ③焼結品に比べて材質にムラを生じ易い。

3) 成長鑄鉄含油軸受**(特性・特徴)**

成長鑄鉄含油軸受は主に普通鑄鉄を熱処理によって成長・多孔質化させて含油軸受としたもので、軸受性能以外の物性は機械的強度を除けば普通鑄鉄と同一であり、製造上の寸法、形状に制約はほとんどない。軸受性能は含油軸受なので耐焼き付き性、耐摩耗性に優れる。また、高精度を要求される箇所ではほとんどの軸や軸受箱も同じ鉄鋼材料なので熱膨張係数が等しく、運転中の精度を保持するうえから有利となる。

長所

- ①耐荷重性が大きく摩耗が少ない。
- ②寸法安定性が良く、耐熱性も高い。
- ③製造上、寸法や形状に制約がない。
- ④切削加工が容易で目詰まりを起こしにくい。
- ⑤コストが比較的安価。

短所

- ①錆の発生がある。
- ②靱性に欠ける。

《プラスチック系軸受》**(特性・特徴)**

プラスチック軸受は自己潤滑性に加えて、機械特性が軸受に要求される機能と合致することが有利な点となっている。例えば、弾性率が 10,000～50,000kg/cm²であるということは、軸受取り付け時に問題となる片当たりの影響や振動の吸収という面で金属系の軸受と比べて非常に有利である。

長所

- ①自己潤滑性があり無潤滑でも使用できる。
- ②相手軸を損傷することが少ない。
- ③吸振性が優れているので荷重変動の大きいところの使用が可能である。
- ④材質によっては水潤滑で好結果が得られる。
- ⑤耐食性、耐薬品性に優れている。
- ⑥比重が小さいので大形軸受でも軽量である。
- ⑦大量生産が可能である。

短所

- ①機械的強度が金属材料に比べて劣る。
- ②温度、湿度に影響されて寸法精度も低い。
- ③熱伝導度が低く、耐熱性も金属材料に比べて劣る。

3. 相手材使用上の注意

オイルレスベアリングの場合、摩擦の中にしめる固体摩擦の影響が大きい
ため、その軸受性能は相手材の材質や表面状態によって大きく左右される。
軸受の性能に影響を及ぼす因子としては材質、表面あらかさ、かたさ、表面
処理の種類などがあり、これらの性質が軸受の性能、とりわけ寿命に大き
な影響を及ぼすことは当然である。

軸材質 一般に軸材質としては炭素鋼もしくは、合金鋼が適している。

- ・銅系焼結含油軸受の相手軸としては、機械構造用炭素鋼のC量が0.25%~0.45%(S25C~S45C)程度のものが適している。銅系焼結含油軸受は比較的なじみ易いので特に硬度の高い合金鋼を使うまでもない。
- ・含油青銅鋳物軸受も上記と同様である。
- ・含油成長鋳鉄軸受、鉄系焼結含油軸受の場合はS45C以上のもの、或いは合金鋼が望ましい。例えば、ニッケルクロム鋼(SNCN)、ニッケルクロムモリブデン鋼(SNCM)、クロム鋼(SCr)、及びクロムモリブデン鋼(SCM)が使用される。
- ・含油軸受材に対してステンレス鋼はあまり良くないが、耐薬品性などの点でどうしても使用しなければならない場合はマルテンサイト系が良い。
- ・プラスチック軸受に対しては一般構造用鋼でも良く、材質的な問題は鋼材であれば特に問題ない。しかし、亜鉛、すず、アルミ及びそれらの非鉄金属合金は摩耗が大きくなることがあるので注意する。

表面粗さ 粗さの方向と粗さ(凹凸)の幾何学形状及びうねりの大きさも軸受性能に影響を及ぼす大きな因子である。

- ・プラスチック軸受の場合、最適表面粗さは一般に0.2S程度である。実用的には1~6Sとしているが平滑なほど良い。
- ・固体潤滑剤の場合、黒鉛では3~10S程度、MoS₂では2~6S程度が望ましい。

硬さ 軸材料の硬さは硬いものほど望ましく、一般に軸は軸受より硬いものを用いる。

- ・金属軸受では通常軸のかたさはH_{RC}で30以上できるだけH_{RC}50程度が良いが、比較的なじみにくい鉄系、アルミ系軸受の場合は硬い方がよい結果が得られる。
- ・プラスチック軸受では金属に比べると硬度が低いので、相対的に相手軸は軟らかいものが使用可能であり(H_{RB}70以上)、特に焼き入れする必要はない。

表面処理 軸の表面処理は単に軸受との関係だけでなく、軸の強度、疲労強度などに結びついているが、その目的により3種類に分類できる。

- ①軸の表面或いは全体的な硬さを向上する。
- ②耐食性の向上を目的とする。
- ③潤滑性を向上する。

軸の表面の硬度を高くするために、最も一般に実施されているのは油浴や火炎または高周波などによる焼き入れである。

また、耐焼き付き性を向上させるため軟窒化処理(タフトライド)も行われている。

【参考文献】

- 1) 川崎 景民、オイルレスベアリング、株式会社アグネ
- 2) メイテック設計ノウハウデータベース委員会、デザインA to Z、日経メカニカル(1988年10月03日号)
- 3) ドライブベアリングシリーズ総合カタログ、大同メタル工業株式会社

