

高速静圧油軸受内温度解析シミュレーション

80023292 山田 亮 指導教員 青山 藤詞郎

1. 緒 論

近年、工作機械の性能が大幅に進歩するとともに工作機械主軸の高速化が著しく進展している。主軸の高速化が求められる背景は、実加工が行われるまでの主軸立ち上げ時間の短縮によって機械のランニングコストの低下や省エネルギーにつながるからである。工作機械はこれまでと同等の品質を保ち、なおかつ加工時間の短縮を図り加工能率や加工精度の向上、あるいは製造コストの削減などが求められてきた。

主軸の高速回転化に伴って、軸受と主軸との間を流れる潤滑油の流体摩擦によって剪断抵抗が増加し、発熱による軸受部材や主軸の熱膨張を引き起こし、場合によっては焼き付きによる機械の破損につながってしまう。そこで、運動精度や位置決め精度を維持しつつ、高速回転に対応できる軸受の開発が求められている。

2. 流体モデル

本研究では、静圧油ジャーナル軸受の潤滑油流れを図1のようにモデル化した。このモデルは周方向にリセスが5つ配置していることからマルチリセスタイプモデルと呼ばれている。主軸の高速回転化に伴い、リセス内部では乱流による影響で摩擦トルクや流体摩擦による粘性抵抗の増加によって引き起こされる温度上昇が著しい。そこで、流れ場は乱流であるとし、乱流モデルは低レイノルズ数型 $k-\epsilon$ モデルを使用することにする。本研究では、3次元的な温度分布、あるいは軸受内部を流れる潤滑油の流速などを求めることにより内部の流れの状況を把握し、温度上昇の抑制につながる方法を検討した。さらに、ハイブリッド軸受であるU字型マルチリセスタイプモデルの解析も行い、温度上昇を抑制する方法として提案されている排出穴を設けた場合の効果を検討した。主軸回転速度を0 [min]から8000 [min]まで1000 [min]ごとに変化させて解析を行った。

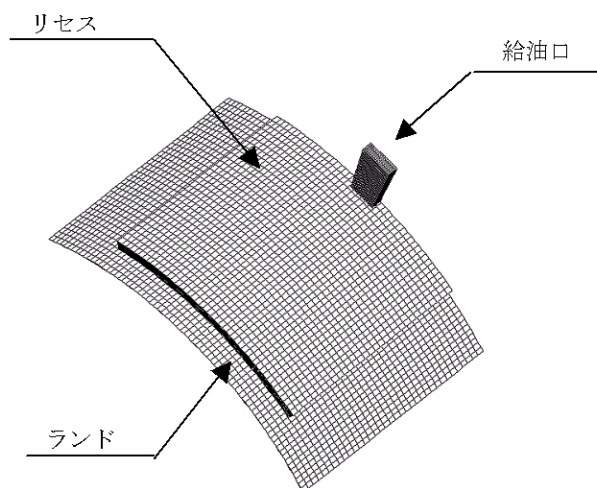


図1 静圧油ジャーナル軸受の流体モデル

3. 解析結果

図1に示したマルチリセスタイプモデルおよびU型マルチリセスタイプモデルの各回転数毎の摩擦トルクを図2に示す。なお、各モデルにおいて潤滑油の粘度が温度によって低下する性質を考慮したものを粘度変化あり、温度によって低下せず一定とした場合を粘度変化なしとして示した。

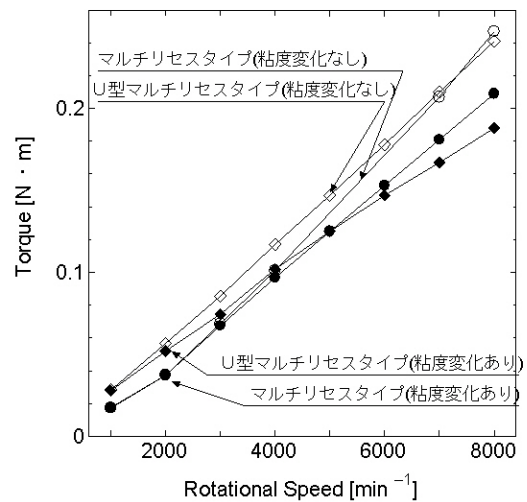


図2 回転数毎の摩擦トルク

リセス形状をU型にすることでリセス容積が低下し、相対的なランド容積の増加によって動圧による高剛性化を図ることができる。さらに、乱流による影響を緩和することも利点の一つである。しかし、ランドすきまでは分子粘性の影響が強く、速度勾配の増大に伴い剪断抵抗が増える。マルチリセスタイプと比較すると主軸回転数が2000 [min]では摩擦トルクは約 $1.46 \times 10^{-1} [\text{N} \cdot \text{m}]$ 高い値を示す。また、マルチリセスタイプではリセス内部で乱流による見かけの粘性の増加に伴い2000 [min]において摩擦トルク曲線が変曲している。

潤滑油の粘度-温度特性は、温度上昇に伴い粘度が著しく低下する。そのため、粘度-温度特性を考慮したモデルは考慮しないモデルと比較すると回転数が高いほど摩擦トルクの傾きが減少していく。

4. 結 言

- ・ U型マルチリセスタイプはランドすきまの増加に伴う粘性の強い領域が拡大するが、乱流による影響がほとんど見られないため、マルチリセスタイプと比較すると摩擦トルクは主軸回転数が8000 [min]において $2.1 \times 10^{-1} [\text{N} \cdot \text{m}]$ ほど低い値を示す。
- ・ 潤滑油の温度-粘度変化がない場合、剪断抵抗の増加によって摩擦トルクはU型マルチリセスタイプでは約5%、マルチリセスタイプでは約20%増加する。