

報告番号	乙 第 7337 号
------	------------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 ティルティングパッドスラストおよびジャーナル軸受の信頼性に関する研究
 (Study on reliability of tilting pad thrust and journal bearings)

氏 名 辺見 真

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、すべり軸受の信頼性評価に関するものである。軸方向荷重を支えるスラスト軸受および半径方向荷重を支えるジャーナル軸受の双方を扱う。

発電および蓄電をする揚水発電機は、必要とされる際に確実に稼動することができるよう、信頼性が確保されなければならない。回転機械として、信頼性を確保する要の一つが軸受である。中でも、高荷重を支えるスラスト軸受には高い信頼性が求められている。

また、石油化学プラントなどでガスの圧縮に用いられる遠心圧縮機では、ジャーナル軸受の一種であるティルティングパッド軸受が用いられている。ジャーナル軸受では、軸受自体の損傷に対する信頼性を担保すると同時に、回転振動を抑制することで安定な稼働を担保することも要求されている。

本論文は5章で構成されており、以下に各々の章の概要を示す。

第1章では、本研究の背景として、2種類の回転機械とその回転機械に用いられている軸受の構造について述べた。一つは揚水発電電動機とそのティルティングパッドスラスト軸受であり、もう一つは遠心圧縮機とそのティルティングパッドジャーナル軸受である。第一の研究対象である揚水発電電動機のスラスト軸受は、双向回転という機械の特徴から円周方向の中央で支持されており、起動時のランナとパッドの接触を避けるために静圧溝が形成されている。軸受の信頼性を確保するには、パッドが安定的に傾斜することが要求されるが、パッドの初期形状や、油膜圧力による荷重変形は、起動・昇速中のパッドの傾斜安定性への影響がある。一方で、定格回転時は熱変形の影響が大きい。これらの影響を考慮した上で設計指針を策定すること及びそのための解析手法を確立することの必要性

を指摘した。第二の研究対象である遠心圧縮機のジャーナル軸受では、軸受温度低減のために直接給油式という給油方式が用いられている。しかしながら、軸受温度のみを考慮して給油量を決定すると、軸と軸受パッドとのすきまを満たすために必要な給油量を下回る可能性がある。このような状態はスタープ（枯渇）状態と呼ばれている。給油量を一定とした場合、軸の回転が高速となるほどスタープになりやすいことが懸念されるため、高速回転域での回転体の安定な稼働を担保するためには、スタープ状態における軸受動特性の変化を明確にする必要がある。

第2章では、パッドの初期形状の一つである静圧溝がパッドの傾斜安定性に与える影響に関して、静圧溝と支持点が円周方向中央にあるスラスト軸受パッドについて検討した。解析および実験の結果、静圧溝が大きい場合、パッドは入口側の油膜が薄くなるように傾き、回転速度が一定値を超えるとバランスを崩して、ランナと接触することが明らかとなつた。また、油膜の入口側が薄くなるようにパッドを傾けるモーメントは、静圧溝入口の圧力低下と、出口での圧力上昇により発生することが分かった。以上より、スラスト軸受の設計においては、パッドが常にバランスするように静圧溝寸法を求める必要がある事が明らかとなつた。

第3章では、回転加速度が異なることによる熱変形量の違いを考慮した軸受性能評価手法を構築し、工場試験条件および実機稼働条件での解析を行つた。この結果、回転加速度が小さい工場試験条件ではパッドやランナの変形が大きく、実測と定量的に一致することを確認した。同じ手法で回転加速度が高い実機条件での解析を行い、昇速中においても油膜が確保されることを確認した。本手法により、実機起動時の過渡的な状態の軸受特性の予測が可能と考えられる。

第4章では、油槽内の潤滑油流れとパッド温度を数値流体解析を用いて解くことにより、非一様な流れ内のパッドの変形を考慮した油膜特性を解析する手法を構築した。スラスト軸受パッドの周りの油槽内流れは冷却油を吐出する給油口があることなどから、位置により潤滑油温度が大きく異なり一様ではない。解析結果のパッド温度分布は、実験結果と良く一致し、本手法により一様では無い流れ内のパッド温度評価が可能であることを示した。油膜厚さの解析値は、定量的には一致しない部分もあるが、半径方向中央部でのパッドの凹変形など、熱境界を一様とする従来の方法で再現ができない変形を考慮することが可能となつた。本手法により、実機定常運転条件での油膜厚さ予測が可能と考えられる。

第5章では、直接潤滑式ティルティングパッドジャーナル軸受への給油量による各種特性の変化を実験により明らかにした。本形式の軸受においては低い軸受温度での運用が可能であることから、軸受温度が限界値を超えない範囲で可能な限り給油量を低減する傾向にある。しかしながら、過剰な給油量の低減は油膜形成領域、ひいては動特性への影響が考えられたため、給油量を変化させた試験を実施した。その結果、ばね定数、減衰係数のいずれに関しても、給油量が低減するにつれ、油膜が完全に形成されたとして算出される値と比較してそれが大きくなることが明らかとなつた。特に減衰係数が低減することから、

回転軸振動への影響も懸念される。このことから、直接潤滑軸受の給油量については、軸受温度だけでなく、動特性にも考慮した設計を行うことが必要である。

本研究で示したように、運転時の熱や荷重による変形を考慮することや、給油量による油膜の形成状態を考慮することにより、ティルティングパッド軸受の信頼性を確保することができる。