The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 転がり軸受用ころの転動面および端面の最適形状設計に関する研究 |
| Author(s) | 藤原, 宏樹 |
| Citation | 大阪大学, 2010, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/784 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【18】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 藤　原　宏　樹（ふじわらひろき） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工　学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　２４１８９　号 |
| 学位授与年月日 | 平成22年9月22日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第４条第１項該当<br>工学研究科精密科学・応用物理学専攻 |
| 学　位　論　文　名 | **転がり軸受用ころの転動面および端面の最適形状設計に関する研究** |
| 論文審査委員 | （主査）<br>教　授　山内　和人<br>（副査）<br>教　授　遠藤　勝義　　教　授　安武　　潔　　教　授　森田　瑞穂<br>教　授　桑原　裕司　　教　授　森川　良忠　　教　授　渡部　平司 |

## 論文内容の要旨

本研究の目的は、ころ軸受を長寿命化するための、接触部の形状の設計指針を示すことにある。本論文では、ラジアル円筒ころ軸受のころ転動面と軌道輪軌道面の接触部、円すいころ軸受のころ大端面と内輪大つばの接触部、スラストころ軸受のころ転動面と軌道輪軌道面の接触部について、実際のアプリケーションで起こりうる運転条件を考慮して最適な形状を示すとともに、従来の設計と比較して長寿命化できることを実験的に検証した。

まず、ラジアル円筒ころ軸受のころ転動面について、クラウニング形状を表す対数関数式を提案した。そのような曲線で構成されるクラウニングを対数クラウニングと呼ぶ。この関数式では、形状との対応が明瞭な3つのパラメータを導入しており、これによって、エッジ応力の発生を防止できる自由度の高い設計を実現した。これらのパラメータは数理的最適化法を用いて最適化することが可能であり、その方法と最適設計の例を示した。

円筒ころ単体あるいは円筒ころ軸受の寿命試験を行い、従来のクラウニングに対する対数クラウニングの優位性を示した。潤滑油膜が十分に形成される条件では、対数クラウニングは従来のクラウニングと同等以上の寿命を示し、潤滑油膜が薄く表面粗さの突起が接触する条件では、従来のクラウニングより明らかに長寿命となることがわかった。

さらに、実際の製造に適用可能な対数クラウニングの公差について考察した。母線方向の3か所のドロップ量に対して公差を与え、各々のドロップ量が独立に変化しても、最適形状の場合と遜色ない性能となるように公差設計できる領域があることを見出した。

次に、円すいころ軸受のころ端面設計に関し、油膜の形成性の観点から最適形状について検討した。弾性流体潤滑解析によって、ころ大端面の曲率半径は、ころ円すい頂点からつばとの接触点までの長さの85 %程度以下にすることが望ましいことを明らかにし、これを実験により確認した。

最後に、低粘度の潤滑油にて潤滑されたスラストころ軸受について検討した。この軸受は軌道輪に破損を生じることがあり、その原因がころ端近傍でのすべりに伴う発熱によることを実験と数値解析から明らかにし、ころの形状設計によって対策した。円弧クラウニングの採用によってすべりが大となる領域での面圧を低減し、さらに、ころを複列化することによってすべりを低減し、長寿命化を実現した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、転がり軸受用ころの転動面と端面の最適形状の設計方法について、理論解析と実験の両面から検討したものである。ころと軌道輪の接触部として、接触状態の異なる、ラジアル円筒ころ軸受のころ転動面と軌道輪軌道面、円すいころ軸受のころ大端面と内輪大つば面、スラスト円筒ころ軸受のころ転動面と軌道輪軌道面を採り上げている。

ラジアル円筒ころ軸受のころ転動面と軌道輪軌道面については、転がり疲れ寿命を最長とすることを主眼に検討している。転がり疲れは、材料内部の非金属介在物への応力集中が原因であるから、接触部の応力を最小化することが重要であると述べている。本論文では、ストレート部の長さと最大ドロップ量、クラウニング部の曲率の程度をパラメータ化したクラウニング曲線を表す対数関数式を考案し、これを軸受の使用条件に応じて数理的に最適設計する方法を提案している。従来設計の円筒ころと、本論文で提案した設計による円筒ころの寿命を実験的に比較し、後者の方が長寿命となることを実証している。

さらに、このクラウニングについて、同等の性能を発揮するための公差設計についても検討している。量産ラインで品質保証することを念頭に置いて、対数関数式の設計パラメータに与えるべき公差を、測定が容易な 3 か所のドロップ量の公差に置き換え、これが製作可能な許容範囲であることを明らかにしている。

円すいころ軸受のころ大端面と内輪の大つば面の接触については、潤滑油膜の破断に伴う焼付きが問題となるとから、潤滑油膜の形成性に注目して、ころ大端面の曲率半径の最適値について検討している。弾性流体潤滑理論による数値解析の結果から、焼付きが生じる重荷重の場合には、ころ大端面の曲率半径を、ころの円すい頂点からころ大端と内輪の大つば面の接点までの距離の 85%以下とすることによって油膜の形成性が最良となることを見出し、接触面圧の低減を目的とした従来の設計と比較して２倍以上の高速域まで使用できることを確認している。

スラスト円筒ころ軸受は、低粘度油で潤滑した場合、ころと軌道輪の接触の端部に破損が生じることがある。本論文では、実験と数値解析によって、破損の原因がすべりによる発熱であることを明らかにしている。クラウニングによってすべりの大きい領域での面圧を低減し、ころの複列化によってすべりを低減することで破損を防止する方法を提案している。また、この場合、クラウニングは、対数曲線より円弧で構成される曲線の方が優れることを見出している。両技術の採用により、従来比８倍以上の長寿命化を達成している。

以上のように、本論文は転がり軸受用ころの形状設計について接触理論に基づいて最適値を導き，これを実験によって検証し、さらに、産業上有用な設計手法としてまとめている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。