

【 49 】

氏名	沖野教郎 おきののりお
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第32号
学位授与の日付	昭和36年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科機械工学専攻
学位論文題目	ころがり軸受の潤滑機構
	(主査)
論文調査委員	教授 佐々木外喜雄 教授 奥島啓式 教授 森美郎

論文内容の要旨

本論文はころがり軸受の摩擦および潤滑の機構に関して理論的ならびに実験的に検討した基礎研究の成果をまとめたもので、序論、2編14章と総括からなっている。

序論は本研究の意義および目的を述べたもので、ころがり軸受の潤滑に関して根本的に重要である潤滑機構の問題につき未解決な点が多い実状にあることを述べ、軸受摩擦構成要素の分析と、その特性および潤滑機構の解明による軸受摩擦の生成原理の追究が重要であり、さらにはころがり軸受における流体潤滑の可能性の検討もゆるがせにできないことを指摘している。

第1編は軸受摩擦構成要素のうち最も重要なころがり接触面の摩擦および潤滑の特性とその機構に関する研究で、第1章ではころがり起動摩擦特性の実験結果について述べ、ころがりはじめの挙動、統計的性質、摩擦係数、潤滑の効果などを明らかにしている。

第2章ではころがり起動摩擦の機構に関して考察し、従来ころがり摩擦の原因と考えられていた差動すべり、凝着、ヒステリシス、塑性変形、あらさの諸点について詳しく検討を加え、いずれをもつてしても実験結果をじゅうぶん説明できないことを論じ、接触面の弾性変形を考慮し、かつ、あらさに基因する位置エネルギー損失にもとづく摩擦理論を新しく導入し、これによれば測定された諸性質をよく説明できることを立証している。

第3章は著者が新しく考案した回転楕円走式高速度ころがり摩擦測定装置ならびにそれによって測定された乾燥面のころがり摩擦特性に関するもので、転動中にころがり摩擦力と空気抵抗によってひき起こされる複雑な運動を解析し、その結果を利用することによって空気抵抗を除去して純粋なころがり摩擦を知ること成功している。高速度ころがり摩擦に影響する諸要因としては、速度、荷重、接触面材質、表面あらさ、接触面積などが検討され、特にころがり速度の増加が著しく摩擦を増大させることが見出され、ころがり摩擦はすべり摩擦に比べて非常に微小であるとする従来の定説が高速において成立しないことを示している。

第4章は前章の結果を基礎として、乾燥面における高速度ころがり摩擦の機構を解析し、その理論を導いたもので、はじめに摩擦機構に関する従来の仮説がいずれもころがり摩擦に対する速度の影響を説明できないことを明らかにし、新しい仮説として表面あらかの凹凸間の衝突エネルギー損失に基因するころがり摩擦の理論を提出している。

第5章は潤滑面における高速度ころがり摩擦特性について、速度、荷重、潤滑油量、潤滑油粘度、混入異物、接触面寸法などの影響を明らかにして考察を加えたもので、潤滑によってころがり摩擦は無潤滑の場合の数倍以上に増加し、特に高速の場合または高粘度油で潤滑した場合、その増加割合ははなはだしく大きくなり、もはやこの状態ではころがり摩擦がすべり摩擦に比して小さいとはいえないことを指摘している。

第6章は潤滑された2次元の高速度ころがり接触面に関するもので、従来の理論を発展させ、グリースのような非ニュートン流体の場合、非定常荷重の負荷される場合、接触面にすべりが存在する場合のいずれにも適用できるような一般理論を誘導し、かつ、それぞれの場合に対する解を与え、実験結果と比較することによってその妥当性を検討している。

第7章は3次元の流体潤滑近似理論の展開を記述したもので、前章をも合わせて考察した結果、一般に潤滑面におけるころがり摩擦は流体摩擦の理論に従う特性を示すものであることを明らかにしている。

第2編は第1編で得られた結果を基礎にころがり軸受の潤滑機構を取り扱っており、第1章では各種のころがり軸受の起動摩擦を測定し、回転はじめの挙動、統計的性質などを検討した後、潤滑油粘度、添加剤、軸受荷重、荷重方向、軸受形式、接触角などの影響を明らかにしている。

第2章は前章で明らかにされた起動摩擦機構の解析に関するもので、ころがり軸受の摩擦機構構成要素として、転動体と軌道面間のころがり接触面に発生する摩擦、保持器と転動体間ならびにつばと転動体間のすべり接触部分に発生する摩擦を考慮し、それらが軸受の全摩擦を構成する率を実験的に測定した結果、軽荷重領域ではすべり接触部分の摩擦が主要部分を占め、荷重の増大に応じてころがり接触部分に発生する摩擦の占める割合が増加することを明らかにしている。

第3章および第4章はころがり軸受および玉軸受の高速度における潤滑特性を知るために、噴霧潤滑のもとで高速度運転し、回転速度、軸受荷重、潤滑油粘度、給油重、給気量、添加剤、接触角、転動体数などを広範囲に変化させて摩擦モーメントおよび温度上昇の変化を検討したもので、玉軸受ところがり軸受の間に本質的相違は存在せず、低速および超高速または潤滑不良などの場合を除いて、良好な潤滑状態のもとに運転される場合には接触面に存在する潤滑油の流体抵抗が摩擦を支配することを述べている。

第5章は第3、第4章において明らかにされた摩擦の生成機構を分析的に解明したもので、ころがり軸受の潤滑性能を支配する最も重要な因子は転動体と軌道面間のころがり接触面における流体油膜生成の成否であることを論じている。すなわちこの部分の流体油膜の負荷能力が少ない場合には保持器およびつばと転動体間のすべり摩擦を増大せしめることとなり、また一方この負荷能力が増大すればすべり接触部分の摩擦は減少し、安定した運転状態を保持することができる。しかも後者の場合の軸受摩擦の大部分はころがり接触面の流体摩擦によって占められることを結論している。

第6章はスラスト荷重を受ける場合のころがり軸受の流体潤滑理論を展開したもので、従来の軸受の流体潤滑理論は、理論式中に潤滑油粘度、軸受すきまなど運転中に測定困難な値を含み、実際の軸受に対す

る理論の適用が困難であったのを改め、本章ではこれらの測定困難な変数が他の測定容易な既知の変数の関数として表わされることを指摘し、理論と実験結果との比較がほとんど仮定を用いることなしに行ない得ることを明らかにし、その結果潤滑された高速度軸受の摩擦特性が流体潤滑理論に従うことを明確に立証している。

第7章はラジアル荷重を受ける場合についての一般的な流体潤滑理論を展開したもので、第1編第6章の理論を基礎に非ニュートン流体潤滑の場合、非定常荷重の負荷される場合、すべりの存在する場合をも考慮している。その結果、グリースの高速におけ潤滑特性はその塑性粘度に等しい粘度を持つ油の場合とほとんど等しくなること、非定常荷重が負荷されても摩擦の平均値は非定常荷重の平均値が定常に負荷された場合に等しく、また負荷容量は非定常の場合にかえて大きくなること、完全流体潤滑においては相当大きなすべりが生じ、負荷容量、摩擦はいずれもすべりを考えない場合の33%だけ減少すること、などを明らかにしている。

総括は以上述べた研究結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

この論文は、ころがり軸受の潤滑機構を明らかにするために、ころがり軸受の摩擦の構成要素を分析して特にころがり接触面の摩擦機構に解明を加え、ついでその研究成果を用いてころがり軸受の潤滑機構に統一の見解を与えた研究を記述したものである。ころがり軸受の潤滑機構は多くの因子の複雑な連関のため、重要問題にもかかわらず未解決な点が多かったのであるが、著者はまず乾燥面のころがり接触に関して従来の諸定説を詳細に検討した後低速にあっては接触面あらさに基因する位置エネルギー損失、高速にあっては衝突エネルギー損失が主要因となるとする新しい説を提出し、著者独自の考案になる測定装置によって、これらの説を立証する新しい多くの実験的事実を発見し、ついで潤滑面のころがり摩擦に関しては、非ニュートン流体、非定常流動状態も含む一般的な流体潤滑理論の展開により、その主要因が流体摩擦抵抗であることを立証し、潤滑機構の解明に有力な指針を与えている。さらにこれらの研究成果を基にしてころがり軸受の摩擦の構成を詳細な実験ならびに巧妙な理論の応用によって論じ、ころがり軸受の潤滑機構の本質を明らかにして最適使用条件の選択にも有効な指針を与えている。

このように、本研究はころがり軸受の潤滑機構に関し、新しい学説を提供してその本質を明確ならしめるとともに、潤滑状態の判定に有力な手段を与え、最適使用条件の選定に有益な指針を与えたもので、学術上にも工業上にも貢献するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

〔主論文公表誌〕

第1編

第1, 2, 4, 7章 日本機械学会論文集 第27巻(昭. 36) 第181号

第3, 5章 日本機械学会論文集 第26巻(昭. 35) 第163号

日本機械学会論文集 第26巻(昭. 35) 第169号

第6章 潤滑 第3巻(昭. 33) 第4号

日本機械学会論文集 第25巻(昭. 34) 第150号

日本機械学会論文集 第25巻 (昭. 34) 第158号
Bulletin of JSME, Vol.3 (1960), No.10

第2編

第1, 2章 日本機械学会論文集 第26巻 (昭. 35) 第163号

第3章 日本機械学会論文集 第24巻 (昭. 33) 第146号
Bulletin of JSME, Vol.2 (1959), No.6

第4章 日本機械学会論文集 第27巻 (昭. 36) 第181号

第5章 日本機械学会論文集 第26巻 (昭. 35) 第172号

第6, 7章 潤滑 第3巻 (昭. 33) 第4号

日本機械学会論文集 第25巻 (昭. 34) 第150号

日本機械学会論文集 第25巻 (昭. 34) 第158号

Bulletin of JSME, Vol.3 (1960), No.10

日本機械学会論文集 第26巻 (昭. 35) 第172号

〔参 考 論 文〕

な し