

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	グリース潤滑された小形ギヤードモータ用歯車減速機の損失低減に関する研究
Title(English)	Study on Loss Reduction of Small-Sized Gear Reducer by Grease Lubrication for Electric Motor
著者(和文)	松本洋一
Author(English)	Yoichi Matsumoto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9657号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北條 春夫,進士 忠彦,吉田 和弘,佐藤 海二,松村 茂樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9657号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	松本 洋一	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	北條 春夫	教授	松村 茂樹	准教授
	審査員	進士 忠彦	教授		
		吉田 和弘	准教授		
		佐藤 海二	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「グリース潤滑された小形ギヤードモータ用歯車減速機の損失低減に関する研究」と題して、以下の5章から構成されている。

第1章「緒論」では、研究の背景と目的を述べている。昨今、小形ギヤードモータの減速機においては、望まれる性能が高まる中で損失の低減に対する配慮が不十分であるという問題点を指摘している。このための基礎データとなり得る過去の損失に関する研究は、歯車については主に自動車用変速機、グリース潤滑については主に転がり軸受を対象に行われており、小形減速機、微小モジュールの歯車、グリース潤滑に関する系統的な研究がほとんど行われていないとして、研究の必要性を述べている。そして本研究の目的は、小形ギヤードモータ用歯車減速機の要因ごとの損失を明らかにして、小形減速機に適した損失低減の指針を示すことであると述べている。

第2章「損失の評価とその要因の実験的分析」では、まず、損失を測定するためのギヤードモータ試験機について示し、定格出力90Wの誘導モータと、ちょう度番号2号のグリースで潤滑された平行軸歯車減速機で構成されるギヤードモータを組み込み、これの外部にモータを接続して駆動し、詳細な実験をしたことを述べている。

次に実験結果は出力軸の損失トルクに換算し整理したことを述べ、その結果、損失トルクは、無負荷時の一定の損失と、負荷トルクに比例する損失の和で表され、回転速度にはほとんど依存しないことを明らかにしている。このことは、温度上昇によるグリースの粘性低下が、速度上昇による損失増大を抑制したためであることを確認している。

さらに、この損失は、オイルシールの摩擦損失、歯車と軸受のグリースの流動による損失、グリースが介在した歯面のかみ合い摩擦損失、軸受の転がり摩擦損失で構成されると述べ、これらの損失要因を無負荷時と負荷時に分けて実験的に分析している。このとき、それぞれの要因ごとの実験から得られた推定値を全体の損失から減算した残りが歯車の歯面におけるすべり摩擦による損失であるとし、これから歯面の摩擦損失を表すファクターとして、Niemannの式に基づいて歯面の平均摩擦係数を求めている。その結果、歯車歯面の平均摩擦係数の値は、回転速度、負荷トルクによらず、そのうえ歯車対にもよらない一定値に近似できることを明らかにしている。

また、無負荷時の損失は、オイルシールの摩擦損失、軸受のグリースによる損失、歯車間のグリースの流動による損失の順に寄与が大きく、負荷時の損失は、歯面の摩擦損失の寄与がほとんどを占め、軸受の摩擦損失の影響が小さいことを明らかにしている。

第3章「グリースのちょう度や基油の動粘度とその種類の損失に与える影響」では、歯車の潤滑グリースの性状が損失に与える影響を評価、考察している。試験グリースとして、ちょう度、基油の動粘度とその種類の異なる7種類を用意し、損失トルクを測定してから、歯車部分のグリース流動による損失と、歯面のすべり損失を代表する平均摩擦係数を求め、グリースそれぞれについて損失に与える要因を検討している。

歯車間の損失のうち、歯車間のグリースの流動により生ずるものは基油の動粘度の寄与が大きく、ちょう度の寄与は小さいことを明らかにしている。また、歯面の平均摩擦係数は、基油と増ちょう剤の種類によって異なるものの、負荷トルクには依存せず、さらに基油の動粘度の大きさによっても変化しないことを明らかにしている。これらから、対象とした周速の低い歯車の歯面間では、基油による流体潤滑作用はほとんど発生せず、増ちょう剤が潤滑に大きく寄与している可能性が高く、前記の歯面の平均摩擦係数の違いも、増ちょう剤の性状の違いによると推論している。また歯面の潤滑状態を観察した結果、歯底付近がグリース溜まりとなり、グリースもしくは基油が歯面に供給されることで、歯面の潤滑がおこなわれてと考察している。

第4章「小形減速機のグリースによる低損失化」では、歯車の潤滑グリースによる低損失化の指針を示している。歯面の摩擦損失を低減できる、滑りが小さい微小モジュールの歯車の使用は、小形減速機に適用するのが困難であるのに対し、グリースの選択による方法は、無負荷時と負荷時の損失を同時に低減できる可能性がある。小形ギヤードモータでは、低い動粘度の基油を用いて無負荷時の損失を小さくでき、適切なちょう度に調整したグリースを用いることにより、負荷に依存する損失を低減できると述べている。本研究においては、アルミニウム複合石けんと低い動粘度の合成油の組合せがその目的に合致する一例であると結論付けている。

さらに、提案したグリースの選択による低損失化が、仕様の異なる小形ギヤードモータに広く適用可能であることを、歯面のヘルツ応力と歯車の周速度の調査で示し、上述の指針に基づき選択したグリースをハイポイドギヤを用いた直交軸減速機に適用して、その妥当性を示している。

第5章「結論」では、本研究で得られた知見を総括し、今後の展望を述べている。

以上要するに、本論文は一般に広く用いられている小形ギヤードモータの減速機においてその損失要因を詳細に調べ、損失低減がグリースの選択により実現できることを示して、省エネルギー化に貢献するものであり、工学上、工業上寄与するところが大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。