

【214】

氏名	小西忠孝
	こにしただたか
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第82号
学位授与の日付	昭和40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	歯車潤滑の基礎研究
論文調査委員	(主査) 教授 佐々木外喜雄 教授 会田俊夫 教授 森美郎

論文内容の要旨

本論文は「歯車潤滑の基礎研究」と題し、歯車の潤滑機構の解明を目的として、潤滑油膜形成や摩擦などの基礎的潤滑特性、歯車潤滑における潤滑油膜の過渡現象、および歯面間油膜の形成と変動の動的挙動について理論的ならびに実験的に研究したものであり、次の3編より成っている。

第1編は歯車の基礎的潤滑特性に関する研究である。

第1章は歯車潤滑に関連する基礎的な物理量の関係を明らかにしたもので、まず歯面の幾何学的形状および相対運動の検討を行ない、軸受と比較して、相対曲率半径が小さいこと、すべりがありかつ歯のかみあい位置でその大きさおよび方向が変化すること、歯の間歇的な接触のため、荷重および接触状態に不連続変化が起こることなどの特徴を明らかにしている。ついで流体油膜圧力発生の基本原理を示し、油膜形成と歯車の運動の關係に検討を加えている。

第2章は、油膜厚さの電氣的測定に関する研究で、まず薄い油膜の電氣的性質に対する考察から、電気抵抗法が歯車に最も適切なことを明らかにし、ついでこの方法を利用した測定装置を製作し、微小変位の高精度測定とすきまの零点に関する判定規準の設定により、 $0\sim 3.5\mu$ の範囲について、油膜厚さと電気抵抗の關係を明らかにしている。

第3章は、2円筒模型により、基礎的潤滑特性を実験的に研究したもので、各種因子の影響を定常的な場合について測定し接触荷重(P)、ころがり速度(U)、潤滑油粘度( $\eta$ )などの運転条件と潤滑特性の關係を明らかにするとともに、無次元量  $\eta U/P$  と摩擦係数の關係から、2円筒接触面の潤滑状態を流体潤滑状態、混合潤滑状態、境界潤滑状態に分類できること、すべりの存在により摩擦が増大し、油膜厚さが減少することをはじめ、相対曲率半径、接触面形状、表面あらさ、極圧添加剤などが摩擦特性、油膜形成におよぼす影響を明らかにしている。

第4章は、歯面の潤滑特性を実験的に研究したもので、まず動力循環式歯車試験機による摩擦トルク測定値から、歯面上の平均摩擦係数算定法を導き、ついで測定結果より運転条件と潤滑特性の關係を明らか

にし、歯面上の平均潤滑状態も流体潤滑状態、混合潤滑状態、境界潤滑状態に分類できることを示している。また歯車の潤滑方式と潤滑性能の関係を実験的に検討し、油浴潤滑と噴射潤滑の性能には大差がないこと、油浴潤滑におけるかくはん抵抗は、油量、歯車回転速度、油粘度に影響を受けること、噴霧潤滑の性能は空冷効果により大きく左右されることなどを明らかにしている。

第5章は、歯車歯面と2円筒面における潤滑特性の関連を研究したもので、潤滑効果を左右する荷重、すべり率、相対曲率半径、表面あらさなどの影響を検討し、両者の摩擦特性と油膜厚さが、歯車の特徴を考慮した場合、平均的に良く一致することを明らかにしている。またこの結果に基づき、2円筒模型は歯面の状態を定常的または平均的に考える場合および個々の因子の影響を考える場合に非常に有効である反面、動的な問題への適用には妥当な工夫を要することを指摘している。

第2編は、歯車潤滑における過渡現象の基礎的解析に関する研究である。

第1章は、油膜の過渡現象に関する理論的研究で、2円筒間流体油膜の過渡現象に対する一般解を導いている。まず歯車潤滑理論への動的概念導入の重要性を指摘し、ついで、油膜のスクイズ作用に基づく動的流体潤滑理論の一般解を導いたもので、この結果により、各種潤滑条件の変化にともなう油膜状態の変動が解析可能なことを示している。

第2章は、過渡現象として、歯車のかみあい始めと終りの接触状態の不連続変化を取上げ、特殊な2円筒模型を考えて理論的に研究したもので、前章の一般解を用いて解析を行ない、接触の不連続のため油膜が分断されて圧力の発生が阻害されること、円筒の慣性を考えると油膜状態の変化はゆるやかに進行して、振動的になること、油膜厚さは緩慢な減少の後、急激に増大して初期の厚さに戻ることなどを明らかにしている。

第3章は、第2章に対応する実験的研究で、不連続接触をともなう2円筒模型を製作使用して、油膜厚さの変動を測定し、理論解析の結果と比較検討したものである。まず油膜の変動状態を測定し、不連続接触の影響により、油膜はゆるやかに厚さを減じた後、急激に増大して元の厚さに戻ること、変動は0.2~0.4ms ないしそれ以上継続することなどを明らかにし、ついで、前章の理論解は不連続接触の影響にともなう油膜厚さの変動特性を基本的に良く説明することを示している。

第4章は、かみあい歯数とともに不連続変化する荷重と接触状態の影響を理論的に研究したもので、第1章の一般解を適用して解析し、接触荷重の変化にともない、油膜厚さが増減すること、厚さの緩慢な減少に対し、増大はやや急激であること、この相違は圧力発生減の相違が主因であることなどを導いている。

第5章は、第4章に対応する実験的研究で、油膜厚さの変動を測定し、理論結果と比較検討したものである。まず、油膜厚さは接触荷重の変化にともなって増減し、減少がやや緩慢な傾向を示すこと、変動の継続は0.3ms 程度であるが、油膜の電気的性質からこれより長いと考えられることなどを示し、ついで前章の理論解が油膜の変動特性を基本的に良く説明することを明らかにしている。

第6章は、連続変化現象の影響を第1章の一般解を用いて理論的に研究したもので、油膜状態の変化が示す位相遅れは、通常の歯車使用条件ではかなり小さいこと、油膜厚さ変化の範囲は定常状態と考えた場合とほぼ等しいことを示し、連続変化の影響は、準静的変化と考えられることを明らかにしている。

第3編は、実際のかみあい歯面間油膜の動的挙動に関する研究である。

第1章は歯面間油膜に関する動的潤滑理論を導いたもので、まず歯のたわみと油膜の存在が有効法線ピッチにおよぼす影響を考慮して、歯面間油膜変動状態に関する潤滑理論を導いている。またこれより、歯面間油膜厚さの変化を求めた結果は、歯車のかみあい始めあるいは終りにおける油膜の変動状態を良く表わすことを示している。

第2章は、歯面間油膜状態の変動を実験的に研究したもので、油膜厚さの変化を単一歯面についてかみあい始めから終りまで正確に測定できる特殊試験歯車を製作使用して測定を行ない、その結果を第1章の理論結果と比較検討している。まず実験結果から歯面間油膜は、かみあい始めにおいて最も薄く、ピッチ点に近づくにつれて厚くなること、ピッチ点ないしそのやや後方で最も厚くなること、ピッチ点から離れるにつれて薄くなり、かみあい終りで非常に薄くなることなどを明らかにし、ついでこのような変化は荷重、速度、曲率半径、接触状態、歯の変形とともにすべりおよび油膜圧力による粘度変化、動荷重などを考慮することにより、第1章の理論でほぼ説明できることを示している。

第3章は、歯車の油膜形成機構について、速度、荷重などの運転条件を考慮した検討を行なうとともに、歯車潤滑に関連の深い問題を油膜形成の観点から検討したもので、まず油膜形成機構の解明は、歯面間油膜の状態を動的現象と考えることにより可能となること、高速歯車では潤滑油の弾性効果をも考慮する必要があることなどを明らかにしている。ついで、摩耗、スコーリング、ピッチングなど歯車の各種損傷ならびに歯車の負荷能力について、油膜形成との関連を示している。

## 論文審査の結果の要旨

歯車は動力伝達要素として、各種機械に広く用いられているものであるが、近時機械の高速化により、運転の確実性と安全性に対する要求がますますきびしくなり、したがって歯車の潤滑機構を本質的に究明することが重要となった。歯車はその機構上、歯のかみあい接触面において極圧を発生するので、潤滑油膜により金属接触を避けることは容易ではないが、完全な油膜潤滑が行なわれれば、摩耗・損傷・騒音などの問題が自ら解決される。しかし歯車の潤滑は複雑な条件によって支配されるもので、完全油膜潤滑が行なわれるには、それに相当する条件が満足されねばならない。

本研究は、歯車における潤滑油膜の形成や摩擦などの基礎的潤滑特性を系統的に解明したもので、従来の歯車潤滑に関する研究にみられない動的概念の導入を行ない、歯面間油膜の形成を理論的ならびに実験的に究明したものである。

本論文では、まず従来歯車潤滑の基礎的研究が、2円筒模型による定常問題としての検討に終始し、実際の歯車との関連が明確でないことにかんがみ、歯車および2円筒を併用することにより、歯面上の潤滑状態と潤滑条件の関係および歯車と2円筒の関連を明示しているが、これは歯車潤滑の諸問題を考える上に有効な資料を与えたものである。またこの結果から、歯車潤滑機構の解明に油膜の動的挙動の究明が不可欠であることを指摘し、この分野の研究に重要な指針を与えている。

ついで油膜のスクイーズ効果を考慮した2円筒間油膜に関する非定常潤滑理論を導びき、これを歯車の作動機構から生ずる各種の不連続ならびに連続変化現象に適用して油膜の変動特性を解析しているが、こ

これは歯車潤滑理論の分野では大きな意義を有するものである。また理論結果を実験的に検討するため、特殊な2円筒模型を用いて油膜の動的挙動を求め、変動特性が理論解と良く一致することを明らかにしているが、これは注目すべき研究成果である。

なお負荷による歯の弾性たわみが油膜形成に深い関連を有することを指摘し、これを考慮した歯面間油膜の非定常潤滑理論を導いて油膜の変動を求めているが、このような理論的考察は極めて有意義な新研究である。さらに交互欠歯組合せ歯車を用いた巧妙な実験方法により、歯面間油膜の変動を歯のかみあい全区間にわたって測定することに成功しているが、このことは理論研究と相俟って歯車の油膜形成機構の解明に対する大きな寄与である。

以上のように、本研究は歯車潤滑の特性を基礎的かつ系統的に解明し、特に歯車の油膜潤滑に関する機構、歯車潤滑における過渡現象、歯面間油膜の動的挙動などにつき、理論的かつ実験的に詳細な検討を行ったもので、歯車潤滑における未知の領域を探究し、新しい知見を加えたものであり、学術上また実際上寄与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。