

氏 名	福 田 嘉 雄 ふく だ よし お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 455 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 9 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	金属の潤滑摩擦に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 遠藤吉郎 教授 河本 実 教授 会田俊夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、一般の機械部材にみられるような、凝着の傾向の小さい潤滑条件下における金属の摩擦特性や挙動を知るとともに、その摩擦が表面疲れによるものであることを明らかにして、摩擦寿命の定量化を計ろうとするものである。

緒論においては、摩擦の研究の概況をのべ、本論文の摩擦の研究における位置づけとその意義、目的を述べている。

第一章では、微量な摩擦を生じる潤滑摩擦が表面疲れの現象と考えられる根拠について述べられている。従来、摩擦は塑性接触による凝着またはアブレンプ作用と考えられているが、多くの文献のなかには弾性接触や疲れによる摩擦の可能性が示されていることに注目して、著者はまず焼なまし炭素鋼の潤滑摩擦試験を行なって、詳細に摩擦曲線を検討している。摩擦曲線には変曲点があり、変曲点までの摩擦距離およびその後の定常摩擦率の逆数と摩擦力との間には、一般の疲れにおける S—N 曲線および疲れき裂の進展における S—N 曲線に類似した関係が認められることを指摘し、さらに摩擦速度や油中の微量水分の影響などについて疲れの立場から検討を加えている。しかし、この段階では、摩擦を疲れの現象とする根拠は十分でないので、以下の各章で種々の摩擦特性が、表面疲れの現象と考えるときよく説明されることを示し、摩擦機構を一層明らかにし、摩擦対策に役立てたいとする著者の意図を述べている。

第2章では、このような条件下の摩擦過程における摩擦面形状および摩擦粉の大きさの変化より、摩擦の進行過程や摩擦粉の発生機構に考察が加えられている。摩擦粉の大きさは、従来使用されているあらさよりも、あらさ曲線のピーク間の距離、すなわちあらさピッチとオーダ的に一致し、また摩擦距離に対する摩擦粉径変化とあらさピッチ変化がよく対応することより、摩擦粉はあらさ曲線の微小な谷と谷を結んで生じていると考えられることを述べている。

第3章では異種金属を組合せた場合の潤滑摩擦における接触電位に注目して、外部より微小な直流電圧を加えたときの摩擦挙動を述べている。接触電位を打消す外部電圧下で、摩擦率と摩擦係数は最小になり、

あらさピッチ、摩耗粉径は最大になる。表面エネルギーと潤滑状態の変化が原因として考えられ、これらより疲れとしての摩耗機構に考察が加えられている。

第4章では、内部応力の摩耗に及ぼす影響について検討がなされている。試験片に力学的に内部応力を付加して、乾燥、潤滑の両状態で摩耗試験を行ない、両者の間で摩耗の機構が異なっていることを明らかにしている。すなわち、乾燥摩耗では、応力の方向にかかわらず内部応力は摩耗率と摩耗粉径を増大することより、この摩耗は凝着摩耗であって、内部応力はひずみエネルギーとして作用している。潤滑摩耗においては、引張り応力は摩耗曲線の変曲点距離を小さくし、摩耗率を大きくするが、圧縮応力はその逆であることより、内部応力は疲れにおける平均応力の役割りをしており、この摩耗は疲れの現象とみるべきことを述べている。

第5章では、実働荷重下での鋼の潤滑摩耗について述べている。高一低、あるいは低一高の二段二重荷重での摩耗試験の結果、摩耗曲線の変曲点までの摩擦距離は、切欠材の変動荷重における寿命の変化とよく一致した変化をし、摩耗率の変化は疲れき裂の進展速度の変化とよく一致する。これより、前者は疲れ破損の発生に相当し、後者は疲れき裂の進展に相当することを明らかにしている。さらに、変動荷重を繰返して与える試験を行ない、周期的に大荷重を短時間与えることによって、かえって摩耗率が減少する結果を得て、先の二段二重試験の結果を用いて説明している。

第6章は潤滑油中にかたい固形微粒子が混入したときの摩耗について述べたものである。粒子は摩擦面を転動し、材料表面に塑性ひずみが繰返されることによって摩耗を生じる。粒子の大きさ、濃度および接触圧力の摩耗率に及ぼす影響について、一般の塑性疲れの破壊条件式を用いて計算し、実験結果と比較検討することによって、この種の摩耗もまた疲れの現象とみられることを述べている。

結論は以上の結果を要約したものであって、第2章以下の研究によって、第1章で述べた疲れの現象としての摩耗機構が確められるとともに、この研究が摩耗寿命の定量化に貢献するものであることを述べている。

論文審査の結果の要旨

材料の機械的性質がいちぢるしく改善され、また設計技術も進歩した今日、機械の寿命は破断によるよりも摩耗による精度、機能の低下にもとづく場合が多くなってきている。しかし、摩耗に関する研究は、その複雑性のために進歩がおそく、機構にも不明の点が多く、種々の条件下における摩耗量の予測や摩耗寿命の向上策を得ることははなはだ困難な現状にある。

本論文は、種々の摩耗現象のうち、機械部材に一般にみられるような、凝着の傾向の小さい潤滑条件下の金属の摩耗について、その挙動を観察して、摩耗機構の解明と摩耗寿命の定量化に貢献しようとするものであって、得られた成果の主なものはつぎのようである。

1) 焼なましされた材料の比較的軽荷重における潤滑摩耗曲線には、摩耗率が減少したのち再び増大しだす変曲点があり、その後は定常な摩耗率を示す。変曲点までの摩擦距離は摩擦による表面凹凸の疲れ破損発生期に相当し、その後の定常摩耗は疲れき裂の進展に対応する。このことは摩擦力と変曲点距離、あるいは定常摩耗率の逆数との間に、それぞれ通常の疲れにおけるS—N曲線、き裂進展曲線と類似した関

係のあることや、変動荷重における摩耗挙動が疲れの挙動とよく一致することより明らかにされた。

2) 高一低荷重変動においては、疲れき裂の進展の場合と同様に、摩耗の進展に一時停留期が認められる。この摩耗停留のため、周期的に大荷重を短時間加えることを繰返すことによって全体としての摩耗率を小荷重のみの場合よりさらに低下することができるのは注目すべき結果である。

3) 摩耗過程における摩擦面形状と摩耗粉の大きさの変化より摩耗の進行過程と摩耗粉発生機構の一部が明らかにされた。従来、摩耗粉径とあらさには関連があることはいわれていたが、著者は表面あらさのピーク間の距離をあらさピッチと名付けてこれに注目し、摩擦距離に対する摩耗粉径とあらさピッチの変化がよく対応し、両者の値もオーダ的に一致することより、摩耗粉はあらさ曲線の微小な谷と谷を結んで生じていることを明らかにした。

4) このことは内部応力が表面の微小凹凸の谷に集中し、疲れにおける平均応力の作用として、摩耗に影響していることから知られた。なお、残留応力の摩耗に及ぼす影響は不明確であったが、乾燥摩耗と潤滑摩耗とでその機構の相違することより残留応力の影響が明らかにされている。

5) 異種の金属を組合わせた潤滑摩耗においては接触電位差が摩耗率に影響することを明らかにし、微小電圧を加えたときの摩耗粉径、あらさピッチの変化は先に 3) で述べたこととよく一致することより、摩耗粉発生機構が一層明らかにされた。

6) 潤滑油中にかたい固形微小粒子が混入するときの摩耗は、粒子の転動による塑性疲れの現象であることを明らかにし、試験条件の影響や耐摩耗性を与える材料性質について検討した。

以上要するに本研究は、金属の潤滑摩耗を表面疲れという新しい観点から研究し、種々の摩耗挙動を明らかにするとともに、摩耗寿命の定量化に有用な知見を加えたものであって、学術上、工業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。