

氏 名	岡 田 庸 敬 おか だ つね のり
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 182 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 11 月 24 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	軸受メタルの疲れ破損に関する基礎的研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 遠 藤 吉 郎 教 授 河 本 実 教 授 森 美 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、軸受メタルの疲れ破損に関する基礎的な研究の結果についてのべたもので、緒言と3篇および結言よりなっている。

緒言は従来の軸受耐久試験に代って本研究を行なうに至った経緯とその重要性について述べている。

第1篇は接触部に作用する負荷、摩擦力などが接触部周辺で繰返し引張・圧縮応力として作用することより、軟鋼板にライニングした軸受メタルの両振り平面曲げ疲れ試験を油中に行ない、軸受メタルの疲れ破損に及ぼす諸因子の影響を論じたもので、3章よりなっている。

第1章は、両振り平面曲げ疲れ試験においてライニングメタルに生じた疲れき裂の進展速度を測定して、疲れ強さを論じている。これは、軸受メタルの疲れ破損は、メタルに生じたき裂が徐々に進展して最後に裏金との接合面からのく離となることによってしている。錫基、鉛基のホワイトメタルおよび銅—鉛合金に対して、疲れき裂を観察し、き裂進展速度の逆数とひずみ振幅の間にS—N線図に相当する関係を得て、これより、あるひずみ振幅以下ではき裂は発生しないか発生してもほとんど進展しないような限界値のあることを示し、各材質の単体の引張り強さ、疲れ強さとの関連についても論じている。

第2章は、種々の厚さにライニングした軸受メタルに対して表面ひずみを一定にした平面曲げ疲れ試験を行ない、疲れ強さにおよぼすライニング厚さの影響について考察している。疲れき裂の進展速度はライニング厚さによって変化し、その厚さの効果は材質によって異なる。これらの原因を明らかにするため、簡単なき裂模型による弾性論的解析と反射式光弾性実験を行ない、被膜のひずみ集中の母材による拘束とそのときのひずみ分布を、被膜の厚さと弾性率の組合せに対して明らかにし、ライニング厚さの軸受耐久性に及ぼす影響を明らかにしている。

第3章は、ライニングした軸受メタルの平面曲げ疲れ強さにおよぼす油の温度、粘性、油中の遊離脂肪酸の影響について考察し、実働状態における軸受メタルの疲れ破損におよぼす諸因子の影響について述べている。温度変化に伴う疲れ強さの変化は、メタル自体の強さの変化のほかに、油の粘度、活性にも影

響される。油の粘度によって疲れ強さの異なる原因はき裂に侵入した油のくさび膜効果と油のき裂への侵入のしやすさによるものであり、油の活性による疲れ強さの低下は主としてき裂先端の化学吸着によるものであることなどを明らかにしている。

第2篇では、軸受金属の摩擦熱による熱疲れについて考察するため、軟鋼板にライニングした軸受金属を油中で繰返し加熱・冷却試験した結果についてのべたもので、3章よりなっている。

第1章は、熱疲れによるき裂の生成および進展についてのべたもので、金属の種類によって様子が異なり、ホワイト金属では明らかなき裂が生じるが、銅-鉛合金では介在している鉛の脱落によりピットが生じる。これより、金属表面に生じたき裂長さおよび表面粗さの増加速度の逆数で表わした熱疲れ抵抗の温度振幅依存性を明らかにし、各種軸受金属の熱疲れ強さを得ている。

第2章は、ライニング金属に生じる熱ひずみの振幅や緩和とその回復などの挙動を明らかにし、先に温度振幅に対して得られた熱疲れ強さが、熱ひずみ振幅と平均ひずみに依存することを示している。

第3章は、ライニング厚さ、熱サイクル条件、潤滑油の熱疲れ強さにおよぼす影響について考察している。ライニング厚さによって熱疲れ強さも変化するが、熱疲れき裂は表面から極めて浅い部分に生じるので、平面曲げ疲れのようにき裂進展におよぼす裏金の拘束に影響されるのではなく、ライニングによる残留ひずみに影響されることを明らかにしている。熱サイクル中に高温および低温の保持時間が含まれると応力緩和のために熱ひずみ振幅が増し、熱疲れ強さが低下する。油の粘度によって加熱、冷却速度に差を生じ、同じサイクルで繰返す場合、粘度が高いほど高温での保持時間が短くなり、疲れ強さが増すことなどがのべられている。

第3篇では、軸と軸受が油膜を介して急速に接近離反を繰返すとき金属の表面に生じる浸食の機構について研究している。水中および油中で試験片表面に磁わい振動面を近接させた浸食試験を行ない、その結果について、2章にわたってのべられている。

第1章は、液中で振動する近接平行2面間に生じる浸食の機構とそれに関与する因子について基礎的研究を行なったものである。浸食の発生と進展、および気ほうの分布状況を観察し、材料表面に生じる応力について理論的な解析を行ない、つぎのようなことが知られた。すきまが比較的大きいときは振動面の振動範囲内に生じたキャビテーション気ほうの崩壊による浸食が支配的であるが、すきまがせまくなるとフィクストキャビテーションのために損傷が減少し、油膜のせん断力がしだいに大きい役割を演じるようになる。従って、2面間のすきまによる損傷の変化は振動面と静止面とで異なる。また、キャビテーション・エロージョンは気ほうの崩壊エネルギーに直接影響されることも知られた。

第2章は、前章で得た基礎的な結果から、ライニングした軸受金属の油中での浸食について実験、考察をしている。軸受金属、油の種類によって損傷の模様と程度は異なるが、油膜が薄い場合、表面せん断力の繰返しのためにライニング金属にき裂が生じ、ついには裏金よりはく離して、軸受として破滅的な損傷をもたらすことを強調している。このほか、ライニング厚さによっても耐浸食性は異なり、その影響はすきまの大きいときよりもすきまの小さいときのほうが大きく現われ、表面応力の裏金による拘束に原因していることを、弾性計算より明らかにしている。油の種類による損傷の差は主として気ほう崩壊のエネルギーの差によるが、油の粘性によってフィクストキャビテーションの生じやすさが異なるので、す

きまの変化に対する損傷の変化はそれぞれの油で異なる。また脂肪酸添加油中では、すきまの小さい範囲で表面せん断力が支配的になるため、腐食疲れの影響が現われることなどをのべている。

結言では、以上の研究結果を総括して、軸受メタルの疲れ破損の機構を明らかにし、また疲れ強さに及ぼす各種の因子の影響を整理することによって、その耐久性の向上の目途を示している。

なお本研究の結果は単に軸受メタルの疲れ破損の機構を明らかにしただけでなく、ここに用いられた解析は広く一般のはり合せ材の疲れ強さ、油中で使用される部材の疲れ強さ、表面損傷の研究にも適用されるものであることをのべている。

論文審査の結果の要旨

変動荷重をうける軸受が疲れによって破損することは知られているが、その破損の機構、耐久性に及ぼす諸因子の影響については不明の点が多い。その原因の一つは負荷応力の複雑さにあり、軸受メタル単体の疲労試験は軸受の作動状態と全く異なるため参考にならず、また軸受試験機による耐久試験の結果は、軸受の構造、作動様式によって異なり、個々の試験条件における軸受の優劣の比較になるに過ぎない。

著者は軸受メタルのうける応力状態を分析して、機械的応力、熱応力、流体力学的応力の繰返しが疲れ破損の原因となることを知り、それぞれの疲れ試験を独特の方法で行なって、従来軸受耐久試験で明らかにし得なかった疲れ破損の機構を明確にすることができた。とくに、流体力学的応力による疲れに対しては、薄い油膜を介して二面を急速に接近、離反させることを繰返して、キャビテーション浸食のほかに、油の流出、流入に伴う摩擦力が疲れ破損の原因となることを、実験ならびに理論的解析によって明らかにした。

この研究によって著者は、ライニングした軸受メタルの疲れ破損はメタル層内の疲れき裂の進展によるものであり、ライニング厚さが小さいほど軸受の耐久性が優れているのは、裏金によるひずみの拘束によることを理論的解析、光弾性実験によって明らかにした。裏金の拘束は油膜による浸食、熱疲れにおけるひずみ挙動にも影響を及ぼし、この知見は軸受メタルのみならず、一般のはり合せ材の強度解析にも広く適用されるものである。試験材をとりまく油の粘度が高いとき、疲れき裂においてはくさび膜効果のため、熱疲れにおいてはひずみ振幅の減少のため、疲れ寿命を向上するが、添加剤として脂肪酸を用いるとき、軸受の耐久性を減じることがあり、この効果は高温になるほど大きいことを認めた。これにより、軸受の耐久性に及ぼす潤滑油の影響を明らかにし得ただけでなく、油中で使用される機械要素の強度と疲れ破損の機構の研究に寄与する知見が得られている。

液中でわずかなすきまを介した二面間の急速な接近、離反による破損は従来知られなかった種類の疲れ破損であって、軸受メタルは勿論、歯車、ころがり軸受、ピストン・リングなどの表面強度の研究に貢献するものである。

これを要するに、本研究は軸受メタルの疲れ破損に対して、基本的かつ広範な研究を行ない、破損の機構と耐久性を理論的ならびに実験的に明らかにしたものである。さらに得られた知見は広く表面工学に活用されるものであって、学術上、ならびに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の価値を有するものと認める。