

1. 緒言

近年、機械要素部品においては、低摩擦化や摩擦特性の制御が要望されている。このような中で潤滑状態は、摩擦特性・耐焼き付き性・耐摩耗性・転がり疲労寿命等に関連してきわめて重要な特性である。

現在、実機部品を用いての評価に際しては軸受寿命に大きな影響を及ぼす油膜形成状態の良否等が動的かつ連続的に観測できない状況がある。また、連続的な観測を行うには光干渉法があるが、必然的に一部は透光性材料に限定され、実際の表面粗さの影響が把握しにくい、高面圧・加速試験が不可、材料特性の違い等の欠点がある。そこで、本研究では転がり軸受における EHL(弾性流体潤滑)膜の形成状態評価方法の確立を試みる。EHL 膜とは軸受のようなきわめて狭い接触面積に高い荷重が集中するために、接触圧力が高く接触面の弾性変形がおこりその影響が現れるような流体潤滑領域である。

2. 油膜の測定原理

図 1 に測定原理を示す。超音波探触子から天板に入射した縦波は、油が介在する 2 面間で多重反射する。そして、膜厚がパルス幅に比べて薄い場合に観測される第 1 反射エコーの波高値は、それらの波の干渉により決まり、膜厚 L に応じた変化を示す。

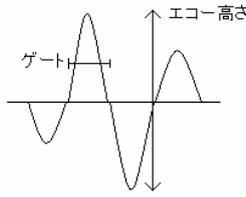
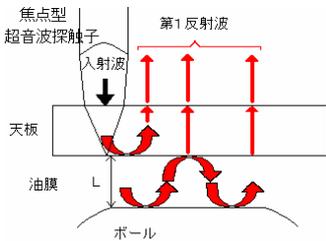


図 1 超音波干渉法

図 2 反射波形

3. 実験装置および条件

図 1 でしめした超音波干渉法によって油膜の評価を行う。探触子は周波数 50MHz、振動子径 10mm、焦点距離 25mm、水中焦点径 0.2mm の収束型探触子を使用する。軸受には内径 51mm、外径 130mm、転動体半径距離 60mm、ボール径 25.4mm のスラスト玉軸受を使用した。これをアクリルパイプ製試料油槽に湯浸させる。また、ボールは上輪/下輪それぞれが独立に正逆回転するようにギアを解してスピードコントロールモータで回転制御することによりその場で純転がり状態になりなおかつリテーナーを用いてその場から移動しないようにする。

反射波のエコー高さを取るためのゲートは図 2 の様にボールと天板の境界面から反射された波形の第二波に 0.3mm で設定した。なおエコー高さは図 5 左上端の部分を 100% に調整した。超音波は図 3 の矢印方向から照射を行った。

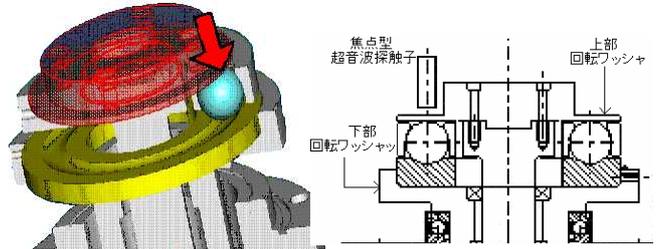


図 3 軸受三次元図

図 4 軸受断面図

4. Dowson の式による膜厚計算

Dowson の式を用いて実験条件の最小膜厚、中央膜厚を計算した。以下に Dowson の式を示す。

$$H_{min}=3.63U^{0.68}G^{0.49}W^{-0.073}\{1-\exp(-0.68k)\}$$

$$H_c=2.69U^{0.67}G^{0.53}W^{-0.067}\{1-0.61\exp(-0.73k)\}$$

H_{min} :最小膜厚, H_c :中央膜厚, U :速度パラメータ, G :材料パラメータ, W :荷重パラメータ

油種:DN32(動粘度 31.27mm²/s,圧力粘度指数 19.5GPa⁻¹)荷重:210N 回転数:100rpm

以上の条件で計算を行うと、最小膜厚 0.07 μm、中央膜厚 0.12 μm となる。

5. 実験結果および考察

現在のところ超音波法を用いて、軸受の運転条件(滑り速度、負荷)を変化させることによって油膜の形成状態の変化を捉えることが出来た。図 5 が膜厚を測定し反射エコー高さによって色分けされたものである。図 5 においては EHL 膜の特徴である馬蹄形らしきものを観測できた。

しかし、膜厚とエコー高さの相関が分からないためエコー高さから膜厚を算定できない。そのためエコー高さから膜厚を求めるには非常に高圧になる EHL 部の油の特性、音速を明らかにする必要がある。だが 4 項での計算から 70nm 以下の膜厚測定が出来るのではないと思われる。

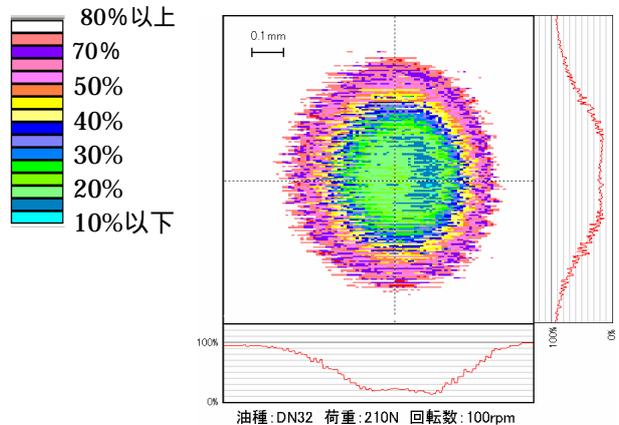


図 5 超音波による油膜計測

6. 参考文献

オートマックス著 転動面油膜計測技術報告書