

1. 緒言

自動車の摩擦が原因のエネルギー損失は 30~40%にもなると言われており、自動車内燃機関において燃費向上に最も有効な手段は、エンジンシリンダーとピストンとの摩擦損失の低減であると考えられる。したがって実働運転時のシリンダー内の膜厚挙動を解明することは極めて重要である。

自動車や各種機械装置には多くの滑り潤滑部が存在しており、それらは転がり潤滑部に比べ潤滑油の導入量が少なく、二面間の油膜厚さが薄くなりやすい性質を持っている。油膜が薄くなると油膜破断が生じ、固体接触をしてしまい深刻な欠陥を招く原因になってしまう。また高い接触圧力にさらされると、弾性流体潤滑となり大きな圧力変動が接触部に生じるため、キャビティーが生じやすくなり往復運動や高速運転時に、供給潤滑油量の低下を引き起こすため、油膜破断をもたらす原因になる。このようなことから、盛んに研究されている分野である。

本実験では、渦流探触子を用いて膜厚測定を行う。渦流探傷法は、超音波では受けていたキャビティーや非磁性体の影響を受けないため二面間の膜厚を高い精度で測定することができる利点がある。

2. 実験 1 (渦流探傷法による最適周波数測定)

本実験装置の概略を図 1 に示す。まずこの装置では、渦流探触子を用いて、試験片と鋼球との二面間の膜厚状態を検出する。板厚ごとに数( $\mu\text{m}$ )ずつマイクロメーターを使い、膜厚を変化させ渦流探傷器により電圧変化を読み取る。探触子の周波数を変化させたとき、試験片の板厚と出力電圧との関係の変位量が大きい周波数を各板厚の最適周波数と考える。試験片には SUJ2 材と S45C 材の 2 種類を用いた。SUJ2 材は(0.5mm, 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm)S45C 材は(0.5mm, 1mm, 2mm, 3mm, 4mm)の計 9 枚の試験片を用い各試験片と 1 インチ鋼球をマイクロメーターで膜厚を各板厚に応じて変化させその都度出力値の読み取りを行った。

3. 実験結果および考察

図 2 図 3 に代表的に S45C と SUJ2 の  $t=0.5\text{mm}$  の出力と厚さの関係を示す。周波数の 50Hz から 100Hz, 200Hz と周波数が上がるにつれて傾きも大きくなっていることがわかる。しかし、600Hz をピークに 1000Hz では傾きが下がっている。その様子を板厚ごとに図 4 に S45C の各グラフから求めた傾きと周波数の関係を示す。同様に、SUJ2 の各グラフから求めた傾きと周波数の関係を図 5 に示す。図 4, 5 から、板厚が大きくなるにつれ周波数のピーク値が下がっていることがわかる。

上記のことより、周波数が低いほど電磁界は金属を浸透しやすくなると考えられる。しかし、受信感度が低下するため出力時のノイズが大きくなってしまう。高周波数の場合厚さが増すにつれ渦電流の密度が低周波数に比べ小さくなることが考えられる。次に S45C と SUJ2 を比較したとき、S45C は  $T=5\text{mm}$  の計測が困難だったことに対して、SUJ2 では、 $T=5\text{mm}$  の計測が行えた。このことより、磁性の低い SUJ2 の方が渦流探傷試験において有効だと考える。

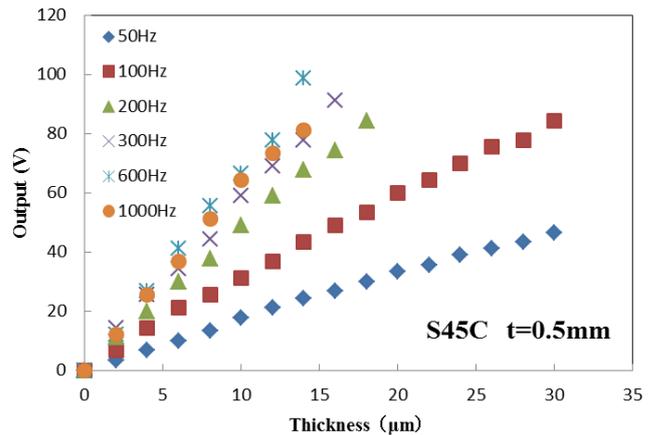


Fig.2 Relationship between output and thickness

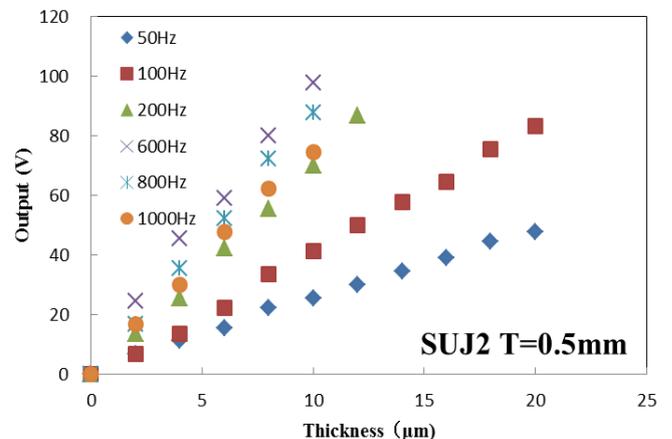


Fig.3 Relationship between outoput and thickness

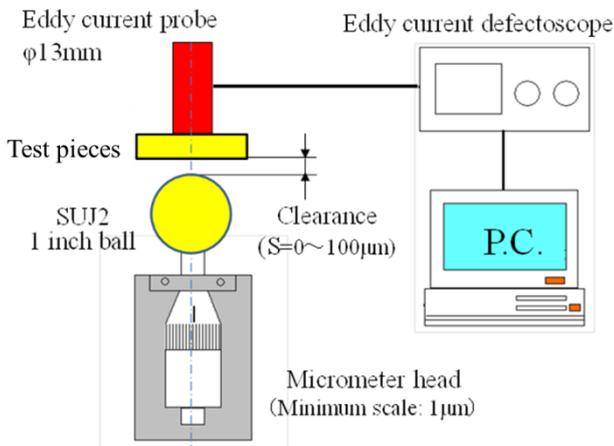


Fig.1 Experimental equipment

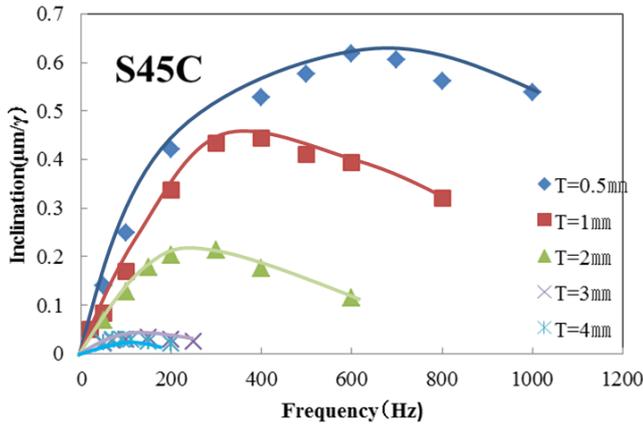


Fig.4 Relation between slope and frequency

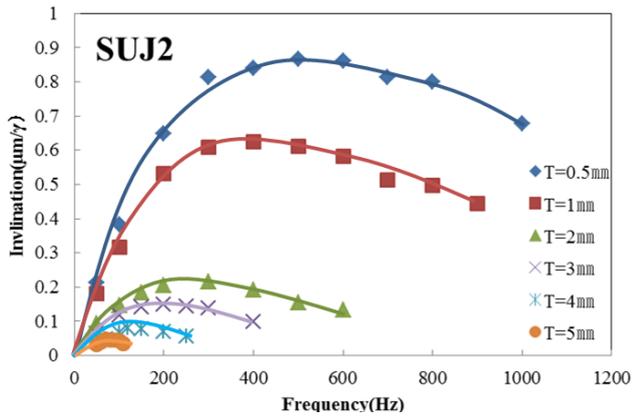


Fig.5 Relation between slope and frequency

4. 実験 2 (渦流探傷法を用いた油膜測定)

本実験装置の概略を図 6 に示す。この装置では渦流探傷法により SUS304 材 T=2mm と T=5mm の二面間にある油膜を測定することを目的としている。実験方法は、SUS304 T=5mm 上に高粘度のオイル(ダフニタービンオイル)を流し、表面が均一になるまで待つ。SUS304 材 T=2mm をオイルの上に乗せ計測を始める、この時 SUS304 材には渦流探傷子を取り付けている。また、試験片の左右に変位計を 2 つ取り付けている。変位計は、校正を取るためのものである。測定は 2 面間の膜厚が変化しなくなるまで続ける。

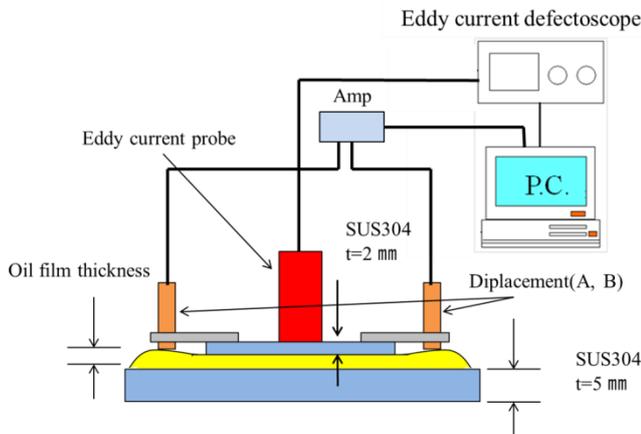


Fig.6 Experimental equipment

5. 実験結果および考察

図 7 に時間経過と油膜厚さの変化を示す。変位計 A と変位計 B はほとんど同じ推移で変化していることがわかる。しかし、変位計 A と B の膜厚が違っているのは、油面に置いて計測を始めた時傾いていたと考えられる。この傾きはオイル面に乗せる作業を手で行っているため、その点を改善することで解決できると考える。またオイル面が完全に均等でないことも考えられる。ここでは二つの変位計の平均値を求めその値をもとに、渦流探傷器を用いて計測した値と対応させることで、校正(図 8)を作成した、この校正をもとに実際の膜厚を算出した結果が、図 7 の実線で示している。この結果を見ると、二面間の油膜が 80μm であることが分かった。

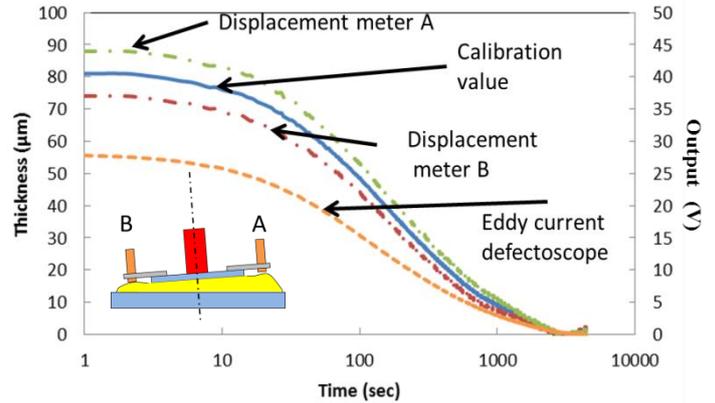


Fig.7 Relationship thickness and time

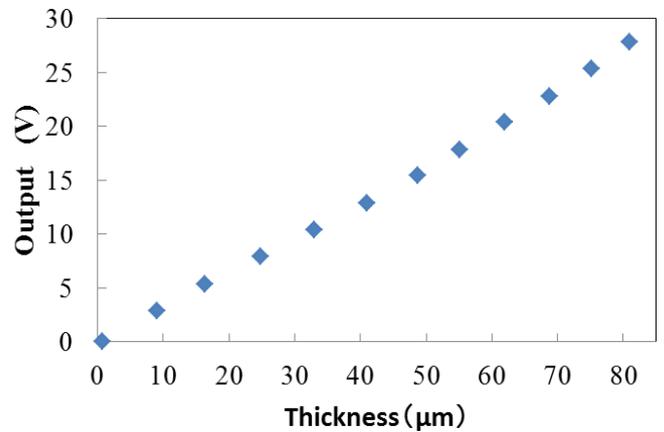


Fig.8 Calibration curve

6. 結言

実験 1 では、一層目金属の板厚の違いや導体の誘電率の違いにより、より良い膜厚を観測することのできる渦流探傷試験における最適周波数が存在することが示された。

実験 2 においては、渦流探傷器を用いて SUS304 の二面間の油膜厚測定を可能とした。今後の展開として、本実験では SUS304 を用いたが、実験 1 で使用した S45C や SUJ2 に適用することを考えている。

7. 参考文献

- (1) 渦電流探傷試験 I (社) 非破壊検査協会 編集委員長 星川 洋