

# 渦流探傷による膜厚測定

## 1. 緒言

近年の自動車の軸受けは、より抵抗を小さくするために微量で低粘度の潤滑油が使用されている。このような転がり軸受は急激に過酷な潤滑状態になる恐れがある。安全な軸受の利用保証をする為には、常に軸受にかかる荷重を把握する必要がある。

加速度測定等の従来技術では回転速度やキャビティの介入等の影響を大きく受けたり、特別な周辺機器を必要としたりと問題点が多い。

本研究の渦流探傷法では回転速度やキャビティの影響を受けず、特別な周辺機器も必要ない。安定した荷重測定が可能となる。今回の膜厚測定を足掛かりとして荷重測定に適用、超音波法と組み合わせることによって確実性の高い運転評価を模索する。

## 2. 実験1 (渦流探傷法 700Hz~80kHz の較正実験)

本実験装置の概略を図1に示す。この装置では、渦流探傷子を用いて試験片と鋼球の膜厚を検出する。マイクロメーターによって2 $\mu$ m ずつ膜厚を変化させ、その都度渦流探傷子により電圧変化を読み取る。これを膜厚0 $\mu$ m から40 $\mu$ m まで行う。探傷子の周波数を変化させたとき、膜厚と出力電圧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(0.5mm, 1mm, 2.0mm, 3.0mm), SUS304材(0.5mm, 1mm, 2.0mm, 3.0mm)を用いた。また、試験片と渦流探傷子に隙間がある場合も観測するため、試験片と渦流探傷子の間に噛ませるアクリル板(1mm)も用いた。

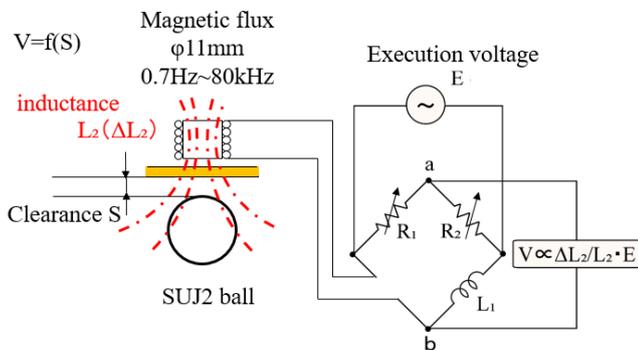


Fig.1 Experimental equipment principle

## 3. 実験結果および考察

図3 図4にSUJ2のt=0.5mm, 1.0mmの出力電圧と膜厚の関係を示す。図5, 図6にt=0.5mmアクリル有り とアクリル無し, 1.0mmアクリル有り とアクリル無しの0 $\mu$ m~10 $\mu$ m=S1, 10 $\mu$ m~20 $\mu$ m=S2, 20 $\mu$ m~30 $\mu$ m=S3, 30 $\mu$ m~40 $\mu$ m=S4とした時の1 $\mu$ m ごとの電圧変化割合を示した。

SUJ2(0.5 $\mu$ m)アクリル無しの場合、周波数の0.7kHzから周波数上がるにつれて変化量も大きくなっているが、3.0kHzをピークに傾きが下がっている。アクリル有りの場合も、電圧値は大きく下がるものの、同じように3.0kHzのピーク値を境に傾きも小さくなっている。

SUJ2(1.0 $\mu$ m)アクリル無しの場合、周波数の0.7kHzから周波数上がるにつれて変化量も大きくなっているが、1.5kHz

をピークに傾きが下がっている。アクリル有りの場合も、電圧値は大きく下がるものの、同じように1.5kHzのピーク値を境に傾きも小さくなっている。

したがって、渦流探傷子とベアリングとの間に隙間や何らかの非磁性体が存在していても、問題なく膜厚測定が行えることが分かる。

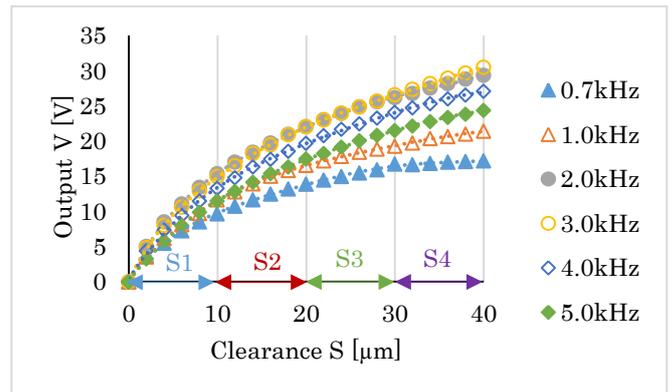


Fig.2 Relationship between output and clearance (SUJ2 0.5mm)

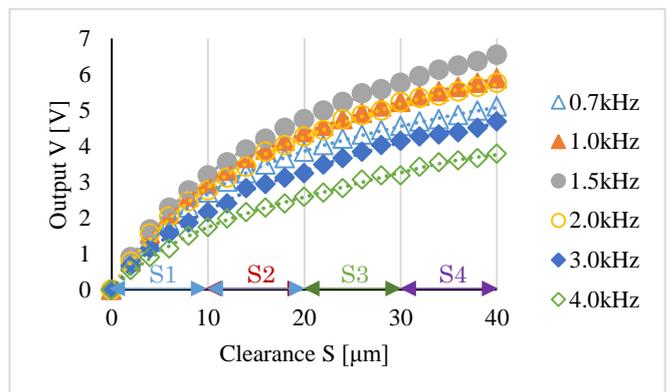


Fig.3 Relationship between output and clearance (SUJ2 1.0mm)

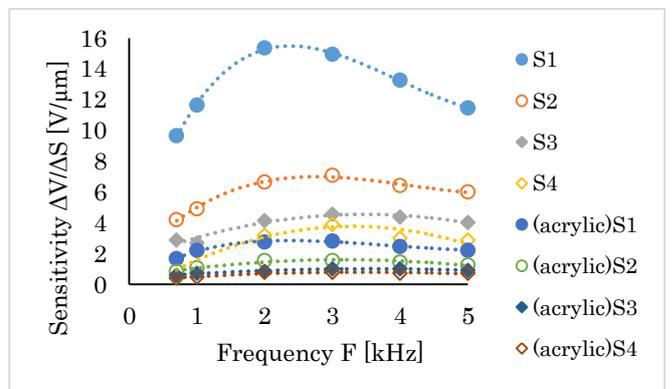


Fig.4 Sensibility between output and frequency (SUJ2 0.5mm)

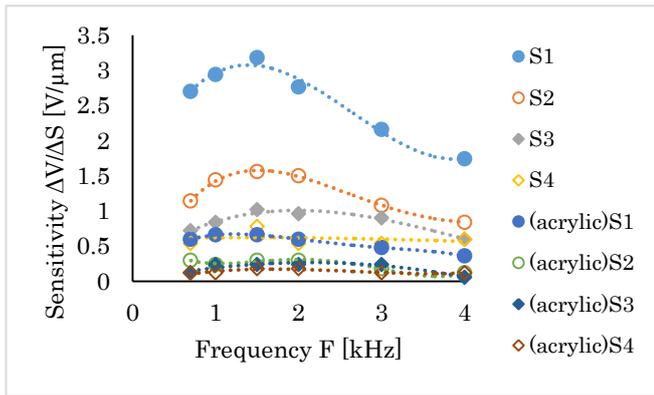


Fig.5 Sensibility between output and frequency (SUJ2 1.0mm)

#### 4. 実験 2 (渦流探傷法を用いた油膜測定 of 優位性)

本実験装置の概略を図 6 に示す。この装置は渦流探傷法による SUJ2 材 T=2mm と T=2mm の二面間にある油膜測定における超音波法との比較が目的である。実験方法は、まず、渦流探傷子と超音波探傷子を取り付けた SUJ2 の板 (mm) と装置底面に取り付けた SUJ2 の板 (2mm) との間をエンジンオイル (粘度 8.67Pa・s) で満たす。それから SUJ2 間の油膜厚さをマイクロメーターヘッドで調節し、各油膜厚さの超音波探傷子のエコー高さ と渦流探傷子の膜厚  $\theta$  を 0V とした電圧値を測定して記録する。又、同じプロセスを SUJ2 間に気泡を発生させた状態でも行う。

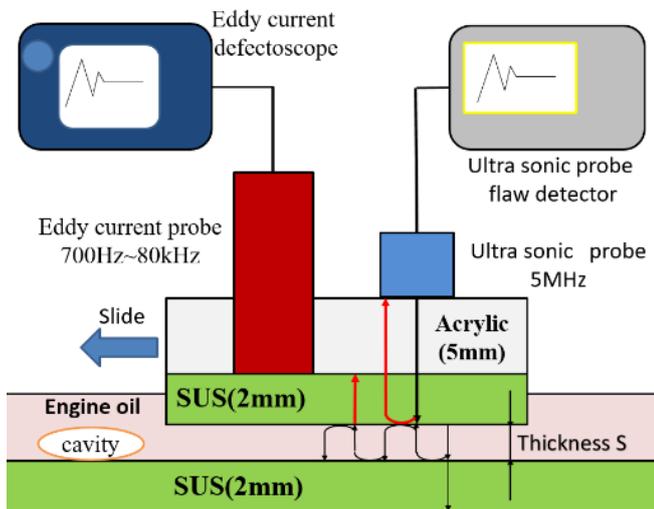


Fig.4 Experimental equipment

#### 5. 実験結果および考察

図 7 に超音波探傷子におけるドライ時の値を 100% とした時の膜厚とエコー高さ比の関係を示し、図 8 に渦流探傷子における膜厚と出力電圧の関係を示す。超音波法ではキャビティ有りの時、キャビティなしの時と比べてエコー高さが大きくなっている。これは液中の気泡の影響により比較的反射率が大きくなっているためと考えられる。渦流探傷法ではキャビティ有りとキャビティなしでの変化は見られなかった。渦流探傷法は不伝導体の影響を受けないため、気泡の影響も受けなかったためであると考えられる。

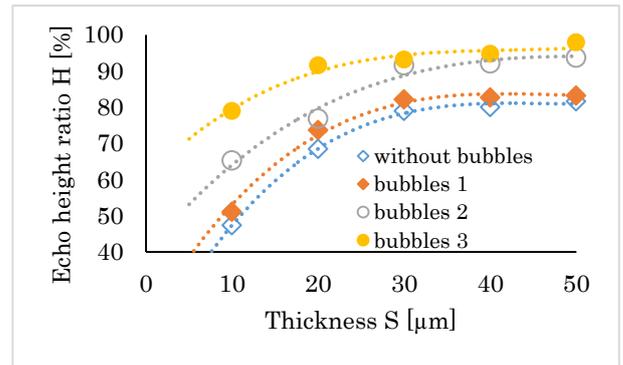


Fig.7 Echo height ratio H and Thickness

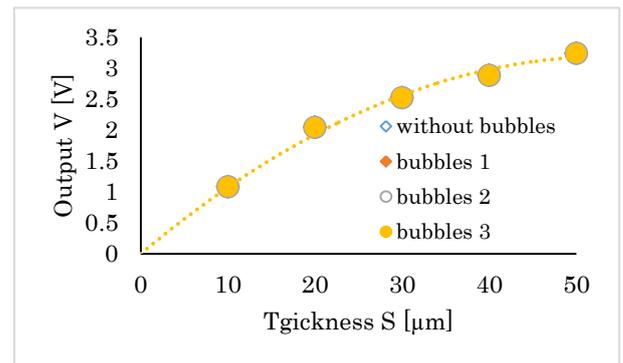


Fig.8 Relationship between output and thickness



Fig.9 bubbles 1 Fig.10 bubbles 2 Fig.11 bubbles 3

#### 6. 結言

実験 1 では、これまで使用していた  $\phi 19.2\text{mm}$  の渦流探傷子 (100Hz~5kHz) でなくとも、取り付けが容易な  $\phi 11\text{mm}$  の渦流探傷子 (700Hz~80kHz) の渦流探傷子でも問題なく膜厚測定が可能であることが分かった。又、渦流探傷子と試験片の間に不導体を挟むと感度は低下するが、渦流探傷子と試験片が接触している時と類似した傾向が取れた。従って、熱の影響を強く受けてしまう渦流探傷子を、対象から離れた状態で膜厚変化を感知させることが出来るだろうと考えられる。

実験 2 では、渦流探傷法が気泡の影響を受けないことが示されたため、気泡の影響を大きく受ける超音波法との併用による潤滑状況評価の可能性を示した。

今後の展開としては、今回の膜厚測定の結果を軸受にかかる荷重評価に適用し、潤滑状況を感知することに適した超音波法と併用した軸受運転評価法につなげていく。

#### ・参考文献

- (1) 新谷亮典, “渦流探傷法による膜厚測定”, 2017 年.
- (2) 竹山説三, “電磁気学現象論”, 1954 年.