

超音波透過法による油膜厚さ測定

1. 緒言

自動車に搭載されている内燃機関には地球温暖化対策であるCO₂排出削減、省燃費化などが求められている。これらの問題を改善するために、内燃機関では潤滑油の低粘度化や摩擦抵抗の低減などが進められている。

ここで重要になってくるのがエンジンにおける潤滑特性で、特にピストンリングとシリンダ間の摺動は重要である。ピストンリングとシリンダ間にはきわめて薄い油膜があり、この油膜厚さを求めることによって油膜の形成状態を把握することができる。

油膜厚さの測定法は従来まで送受信兼用探触子で行う超音波反射法が用いられたがこの方法では油膜以外の影響（気泡・金属接触）を受けることがある。

本研究では、従来の測定法の問題が無く、ピストンリング幅中央部での局所的な油膜厚さを測定するため超音波透過法により実験を行った。

2. 油膜厚さ測定原理

図1に測定原理を示す。超音波の縦波をシリンダからピストンリングに向けて照射させると、油と金属の境界面において音波の透過と反射が起こる。一方、薄膜部では音波の多重反射が生じ油膜部を透過した波の振幅は、油膜厚さに依存して変化する。これらの波の中から最初に油膜・リングを透過して受信側探触子に入射した波を第一透過波とする。油膜部で超音波の透過と反射が繰り返し発生する。これを多重反射と呼び、反射・透過が起こるたびに入射はと比べわずかに遅くかつ減衰した波が発生し、透過波に干渉し音圧振幅が減衰される。この透過波の透過音圧振幅は、エコー高さとして観測される。油膜厚さ測定はこのエコー高さを用いて行う。

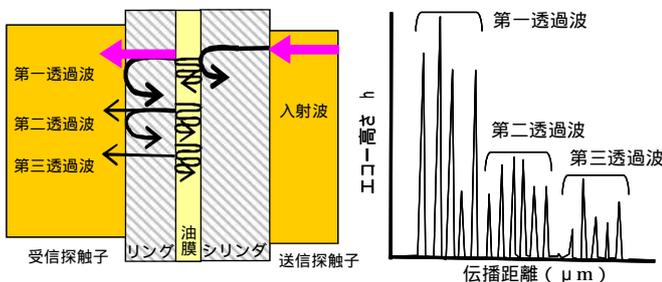


図1．油膜厚さ測定原理

3. 実験装置および探触子

超音波透過法による油膜厚さ測定のため、送信用と受信用の探触子を備えた較正装置を用いた(図2)。リングと模擬シリンダ間の膜厚の調整はマイクロメータヘッドにより行い、変位量は非接触式変位センサで測定している。

受信探触子には幅1.2mmのピストンリング内周の曲面に密着できるコンポジット探触子を、送信探触子には模擬シリンダの背面に設置したコンポジット探触子を使用した。

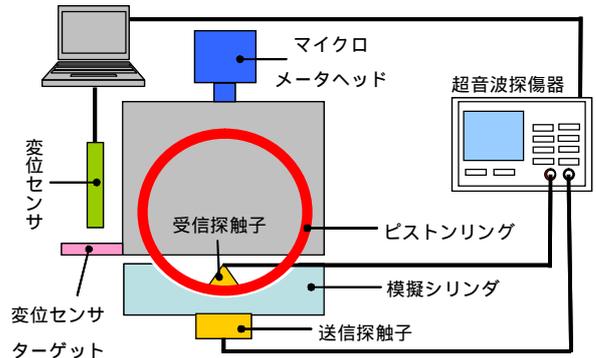


図2．較正装置概要

4. 超音波探触子の測定領域

油膜厚さを測定するにあたり、受信探触子がリングの幅に対してどれくらいの範囲で膜厚を検出しているのかを調べた。図3左側に示すように、リングとシリンダ間の膜厚を30μmとし、シリンダ面に貼り付けた厚さ10μmのシックネスゲージを、シリンダを移動させて膜厚部に挿入し、同図の右側に示すようなエコー高さの変化を観測した。

反射法の場合、0.1mm進んだ時点ですでにエコー高さの変動があらわれ、中心部に近づくにつれて大きくなる。よって、ピストンリングの端面からすでに膜厚の変化を捉えているということがわかり、広領域での変化を捉えるような方法であると判断できる。それに対して透過法の場合、エコー高さは0.4mmから0.6mmまでの0.2mmにおいて上昇がみられた。これより、透過法の測定領域は1.2mm幅のピストンリング中央部0.4mmの局所的な変化を捉えていると判断できる。

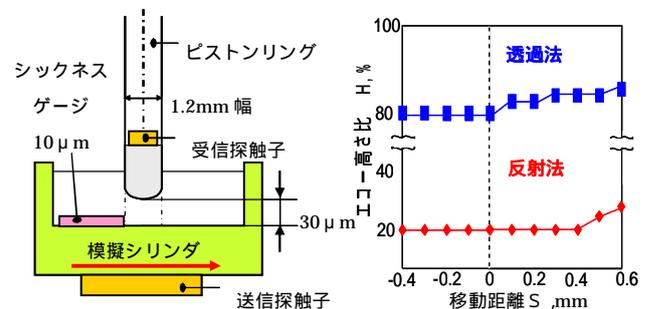


図3．透過法と反射法での油膜厚さ測定範囲

5. 結言

透過法は反射法に比べて膜厚の検出幅が狭く、ピストンリング幅中央部での局所的な膜厚の変化を捉えていることが確認できた。

6. 参考文献

加藤孝久ほか トライボロジーの基礎 培風館 2004