

研究タイトル：

往復転がり接触面の油膜厚さ



氏名： 和泉 直志 / IZUMI Naoshi E-mail: izumi@kurume-nct.ac.jp

職名： 嘱託教授 学位： 工学博士

所属学会・協会：

キーワード： 機械要素, 往復動, 油膜形成, EHL解析, フレッチング摩耗, 摩擦面温度・熱応力解析

技術相談 機械要素, 往復動, 油膜形成, EHL解析,

提供可能技術： フレッチング摩耗, 摩擦面温度・熱応力解析

研究内容： 往復転がり接触面の油膜厚さ

1. 研究の背景

荷重を支えながら相対運動する機械要素の接触面では低荷重の場合を除いて油による潤滑が行われる。油は表面の運動によって接触面間に引き込まれ、圧力を発生して両面を分離することで表面の粗さ突起（凹凸）の直接接合を防ぐ。同時に荷重を支えつつ表面の運動に応じてせん断変形することで摩擦力を下げる。従って、歯車や転がり軸受に限らず接触面の設計においては十分な油膜厚さ、具体的には表面の凹凸の高さ以上の油膜厚さを確保することがまず求められる。

この油膜厚さの計算式は荷重と速度が一定である場合には信頼できるものがハンドブックや教科書に掲載されている。しかし、リニアボールガイドやロボットアームのように往復運動に対してはこれらの式は使えない。本研究は往復転がり接触面の設計に使える油膜厚さ計算式を提案することを目指している。

2. 研究課題

荷重や速度が変化する場合は油膜厚さは、接触面間のすき間＝油膜厚さ $h(x,y)$ と圧力分布 $p(x,y)$ を、圧力による油の粘度および密度の変化と表面の変形を考慮に入れた上で、流量保存の式（レイノルズ方程式）を満たすように決める EHL 数値解析によって求める。この計算にはパソコンで数時間から条件によっては数日を要する。

さらに、運動方向が反転する往復転がりでは油量不足 (starvation) という問題が加わる。転がり軸受を例にとれば、転動体（玉、ころ）の前面で油が押しつけられるので、後ろ側では油量が減少し次の接触では油膜が薄くなるという現象である。図1はガラスに $\phi 25.4$ の鋼球を接触させガラス側から観察したもので、反転直後の様子である。ここでは後ろ側 (outlet) のすき間を油が埋めきれないため空洞 (cavity) が発生しており、前方 (inlet) では前行程中に発生した cavity が残存し接触域に引き込まれているところである。

3. これまでの研究成果

この cavity の形成消失を考慮して計算した油膜厚さの計算例を図2に示す。横軸が接触中心の位置で、これに対応する中心膜厚 h_c と接触域中の最小膜厚 h_{min} を示す。矢印は時間の経過を示す。この計算では反転後前方に cavity が存在する間のみ cavity が無いとして計算した場合 (図中 F.F.) に比べて油膜が薄くなっていることがわかる。このためストローク中で cavity の存在期間が短ければ、油量不足の影響は無視できる。この cavity の影響を無視できるかどうかの判断は cavity の長さ x とストローク長の比較でできる。この cavity の長さ x は

$$x = k \left(\frac{\eta_0 u_s}{p_{cav}} \left(\frac{R}{a} \right)^2 \right)^{0.3}$$

によって (η_0 大気圧粘度, u_s 転がり速度, p_{cav} cavity 圧力, R 接触部曲率半径, a 接触円半径) 予測することができる。この予測値は図3に示すように各種の油について実測値とよく一致している。

今後は、油膜厚さ計算値の実験による検証と、ストロークが短く油不足の影響があらわれやすい条件での計算を行い、それらを整理して設計に使える式として提案する。

4. 参考文献

K.Stadler,N.Izumi,T.Morita,J.Sugimura,B.Piccigallo:Estimation of CavityLength in EHL Rolling Point Contac, ASME J. of Tribology, Vol.130,1-9/031502, (2008).

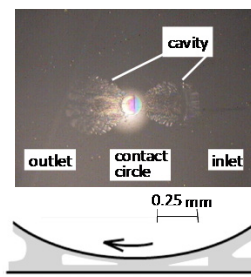
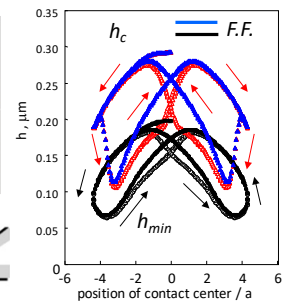


図1 反転直後の cavity



$\phi 25.4$ 鋼球 / ガラス, 荷重 5N, 中央速度 20mm/s, 周期 0.16sec, 加速度 500mm/s², 振幅 4.31a (a=0.093mm), フライトストック油

図2 往復サイクル中の油膜厚さ

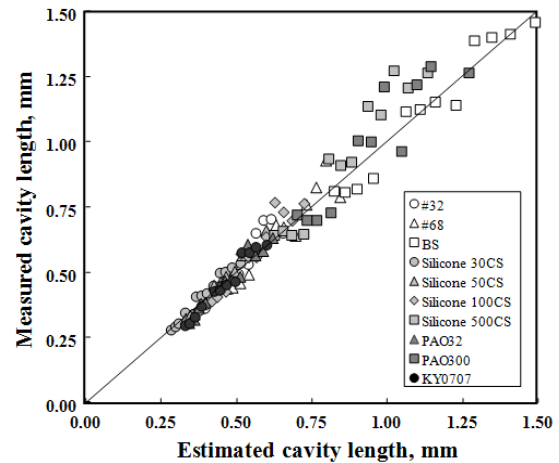


図3 cavity 長さの予測

提供可能な設備・機器：

名称・型番 (メーカー)