

表面テクスチャを有する動圧すべり案内面のトライボロジータク特性評価

国立東京工業高等専門学校 ○竹下知花, 国立東京工業高等専門学校 ◎堤博貴

論文要旨

エンジンのピストンとシリンダの摩擦面にはテクスチャ加工が施され、摩擦性能の向上が図られている。テクスチャを有する面がしゅう動特性におよぼす影響は明らかにされていないのが現状である。そこで本研究では摩擦、浮き上がりを共に抑制する目的で表面テクスチャを施した面の開発、さらにしゅう動摩擦試験機を用い、動摩擦係数、浮き上がり量を評価し、テクスチャを有する面がしゅう動特性におよぼす影響を実験的に明らかにする。

1. はじめに

面と面の接触において、エネルギーロスや摩耗の原因となる摩擦となるため、動摩擦係数はできるだけ低くすることが求められている。

動圧すべり案内面では摩擦が生じるほかに、潤滑油を介してしゅう動面がスライドすることでくさび効果によって面の進行方向側がより大きく浮く、「浮き上がり」が生じ、鉛直方向への精度誤差を生ずる。そのため、動圧すべり案内面のしゅう動現象を扱う上では、しゅう動摩擦力と面の浮き上がり量を測定し、系統的に検討する必要があると考えた。

本研究では既報^{2,3)}で試作したしゅう動摩擦試験機を用い、動摩擦係数、浮き上がり量を評価し、テクスチャがしゅう動特性におよぼす影響を試験的に明らかにすることを目的とする。本報では初等実験として一つのテクスチャを有する面がしゅう動特性におよぼす影響を明らかにした。

2. 表面テクスチャを有するすべり案内面

本研究で使用した試験片テクスチャ付き案内面の表面図を Fig.1 に示す。(a)研削仕上げ面 ($Ra=0.5\mu\text{m}$) に、(b)マイクロディンプル、(c)グローブを付けたものとした。テクスチャの加工はマシニングセンタを用いて行い、バリ取りのために表面研削仕上げをほどこした。テクスチャの大きさや深さは表面粗さ計にて適切な加工が行われているかを確認した。Fig.2 にテクスチャと浮き上がりの関係を図で示した。テクスチャの油溜りの効果により、浮き上がりを低減することが期待できる。

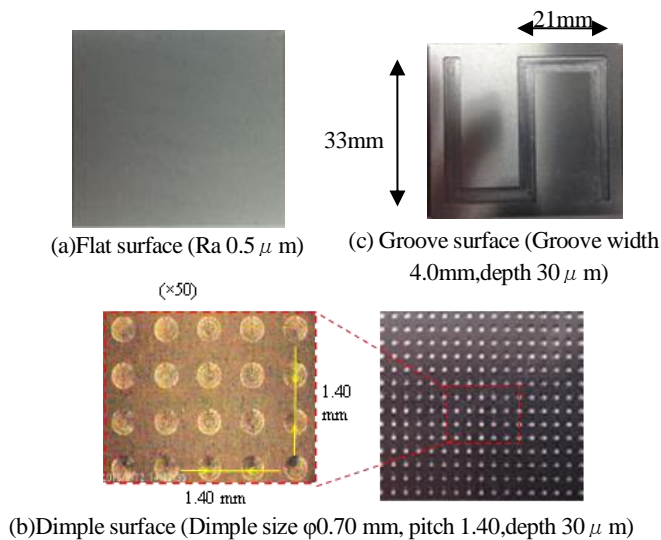


Fig.1 Micro textured surface

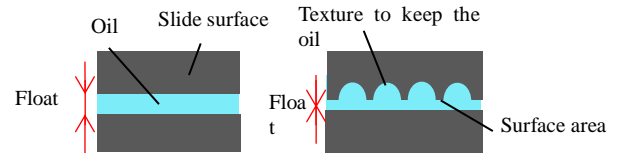


Fig.2 Relation between volume of kept oil and floating amount in static condition

3. 実験装置と実験方法

3.1 実験装置

しゅう動摩擦試験機のスライド部を Fig.3 に示す。この装置はテーブルに参照面を固定し、油膜を介して試験片を取り付けたスライダをしゅう動させ、試験片と参照面の間に働く摩擦力をロードセルとひずみ計にて測定する。また同時に浮き上がり量をスライダに取り付けた静電容量型非接触センサで測定する。スライダ上にウエイトを置くことで面圧を変えることができる。

3.2 実験方法

しゅう動面の油分と水分とを除去するために、エチルアルコール、ベンジンの順で洗浄し、その後十分乾燥させた。乾燥後、試験片をスライダに取り付け、 $0.5\ \text{[ml]}$ の潤滑油をスポイトでしゅう動面に塗布し、試験片のしゅう動面と参照面のしゅう動面を接触させる。潤滑油として VG68 のユニウエイ 68(40°C での動粘度が $68.5\ \text{[mm}^2/\text{s}]$)を用いた。

次に 60 分の慣らし運転を行った。しゅう動時に面が浮き上がるので、慣らし運転終了後に 4 分間の時間を空け、面が十分に下がった状態で実験を開始した。実験後も浮き上がりが発生するので、実験毎にスライダを初期位置まで戻した後に 4 分間の時間をとり、しゅう動速度を 6, 12, 30, 60, 120, 300, 600, 1200, 3000, 6000 [mm/min] と変化させて実験を行った。

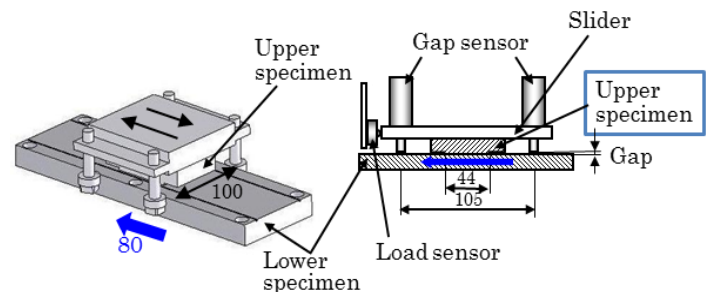


Fig.3 Friction force measurement machine for slide guide

3.3 実験条件

実験条件は温度 $25\pm 1\ [^\circ\text{C}]$ 、湿度 $40\pm 5\ [\%]$ の環境下で、しゅう動距離は $80\ \text{[mm]}$ 、荷重は自重のみの $1.3\ \text{[kg]}$ とした。

4. 実験結果および考察

4.1 摩擦係数

Fig.4 にストライベック特性を示す。図では縦軸が摩擦係数、横軸が左に行くほど低速で右に行くほど高速となっている。潤滑の状態をさまざまな条件から比較するため、本実験では油膜圧のみを残す、 $\mu \times U/p[m]$ を横軸とした。高速域になるにつれ、動摩擦係数が増加することがわかる。高速域では面内に大量の潤滑油が流入することによって面が持ち上がり、流体抵抗が発生しているためである。荷重を加えることによってこれらを抑えることができる。

グループ面が最も値が低く、上昇傾向も緩やかである。これはグループの油だまり効果が作用した結果であり、油の流入を受け流すことができる。さらにはグループ部分が滑らかな潤滑を促しているため、最も摩擦係数が低いのだと思われる。

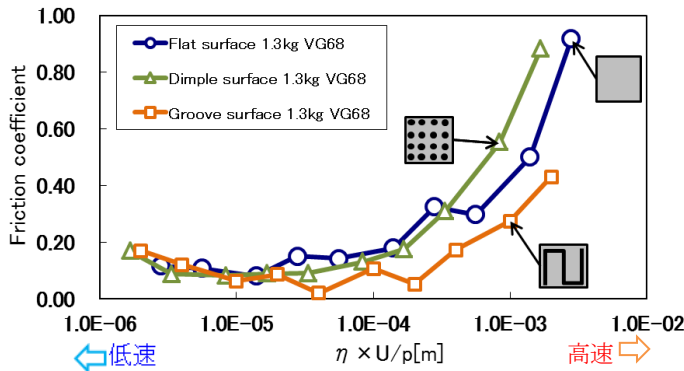


Fig.4 Relation between bearing characteristic number and friction coefficient

4.2 浮き上がり量

Fig.5 に浮き上がりのストライベック特性を示す。ディンプル面、グループ面ともにフラット面に比べ、浮き上がりを大きく低減できることがわかる。特にディンプル面は低速時から高速時にかけて優れた浮き上がり抑制効果を発揮している。ディンプル面の一つ一つが油だまりの機能を持ち、油の逃げ場を確保することができるためと考えられる。グループ面は、油を溜めることのできる許容量がディンプル面よりも多いため、浮き上がりがさらに抑制されている。一方でグループ面のテクスチャ形状がフラットであるため、高速域においてはフラット面の傾向が表れていることから、高粘度や、さらに高速で使用した際には浮き上がりが大きくなることが予想される。つまり、安定して浮き上がりを抑制させる作用を持っているのはディンプル面であると思われる。

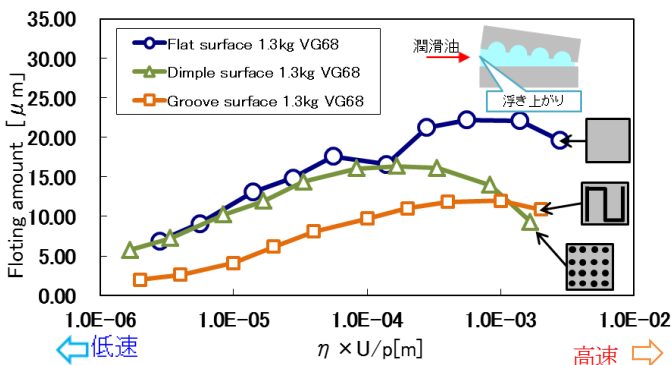


Fig.5 Relation between Bearing characteristic number floating amount

4.3 圧力分布の推定

Fig.6 に 100mm/s 時における圧力分布を示す。これは前述の浮き上がり量をもとに以下の式を用いて推定した。

$$P [Pa] = \frac{6\mu Ux(L-x)(H_1-H_2)}{LH^2(H_1-H_2)} \quad (3.1)$$

μ : 油の動粘度, U : 速度, L : 試験片の幅, x : 距離,

H_1 : 入口側油膜の厚み, H_2 : 出口側油膜の厚み

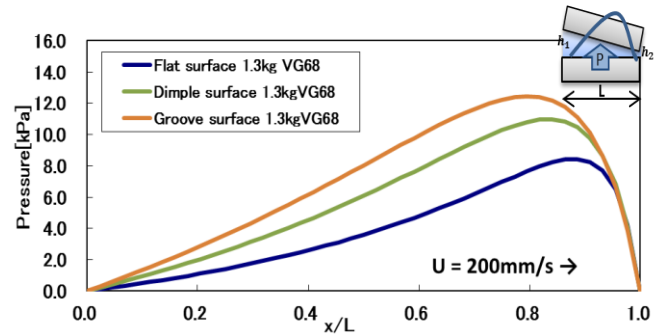


Fig.6 Relation between value of x coordinate and pressure in wedge effect

フラット面との比較においてディンプル面、グループ面ともに圧力が高まっていることが分かる。加工したことによって当たり面積が小さくなったことにより、かかる圧力が増したものと思われる。一方でディンプル面とグループ面は圧力のピークが中心へとよっていることが分かる。つまり面内の圧力の偏りが小さくなっており、しゅう動時の面の傾きが抑制されている。実際にはテクスチャ面はテクスチャの一つ一つが減圧作用を持っているため、もっと面内の圧力は小さい。

5. まとめと今後と予定

テクスチャが動圧すべり案内面におよぼす影響を明らかにするために、しゅう動実験及び解析を行い、以下の結果が得られた。

- 1) 潤滑油の許容量が大きいグループ面は流体抵抗の影響が少なく、摩擦係数を低く保つことができることが分かった。
- 2) テクスチャ面が浮き上がり抑制効果を持つことを確認し、グループ面は低速、ディンプル面は高速に適していることが分かった。
- 3) テクスチャがオイルキープの役割を果たし、回転モーメントによる面の傾きを抑制することが分かった。

テクスチャの形状において、ディンプルによる浮き上がりの抑制、グループ面による動摩擦係数の低減とディンプル面で抑制しきれない浮き上がりを低減させる効果が見込まれることから、今後は、ディンプルとグループの効果を併せ持つ面の開発および設計で得られた試験片について今回と同様のしゅう動実験を行い、テクスチャが動圧すべり案内面におよぼす影響をより詳細に明らかにする。

参考文献

- 1) 関水巧実, 原田徹: きざげ仕上げされたすべり案内面のしゅう動特性の評価, 東京工業高等専門学校機械工学科卒業研究論文, (2008), p4-p16
- 2) 堤博貴, 久曾神煌, 福田勝己: きざげ仕上げされたすべり案内面のトライボロジー特性評価, 日本機械学会論文集72巻, 721号C編, (2006), p325-p326.
- 3) 加藤孝久, 益子正文: トライボロジーの基礎, 培風館, (2004), p59-p60