

高面圧域の POM 摩擦における摩擦界面温度の影響

Effect of Temperature on POM Frictions under High-Contact Pressure

兵庫県立大・工（学）*穂本 典偉 兵庫県立大・工（正）田中 芹奈 兵庫県立大・工（正）松本 直浩

兵庫県立大, ダイセル（正）須貝 幸廉 兵庫県立大・工（正）木之下 博

Teni Akimoto*, Serina Tanaka*, Naohiro Matsumoto*, Yoshiyuki Sugai*, **, Hiroshi Kinoshita*

*University of Hyogo, **Daicel Corporation

1. はじめに

近年, 世界的な環境問題により, 機械分野では省エネルギー化への取り組みが求められている. その一環として, 機械の軽量化が進んでおり, 金属材料の代替品として樹脂材料が使用され始めている. 我々の研究グループではその中でもエンジニアリング・プラスチックの一つであるポリアセタール樹脂 (POM) に着目した. POM は耐摩耗性に優れ自己潤滑性をもつ, 剛性や靱性といった機械的特性に優れているといった特徴を持つことから金属の代替品として摺りゅう動部等に広く使用されている樹脂材料である. また, 先行研究では POM とソーダ石灰ガラスを用いた試験を行うことで, POM の摩耗面には凹凸が存在し, 接触面積が大きくなると摩擦力が大きくなる傾向があるといった POM の摩擦・摩耗に関する特徴的な現象が明らかになった. しかし, この POM の摩擦・摩耗メカニズムは未解明な部分が多く, さらなる研究が求められる. そこで本研究では, POM 球と透明材を使用し, 光学顕微鏡を活用してディスク越しに摩擦界面のその場観察を行うことで, 摩擦・摩耗メカニズムの解明を試みた. さらに本試験では, 摩擦界面温度が POM 摩擦に与える影響について調べるため, POM 球を直接加熱することで摩擦界面温度を調整し摩擦試験を行った.

2. 実験

2.1 試験方法

本研究では, 透明材であるフッ化カルシウムディスクと POM 球を用いたピンオンディスク摩擦試験を行った. 試験装置は Figure 1 のようなピンオンディスク摩擦試験機に温度測定用の赤外線カメラと温度調節コントローラーを組み合わせた. POM の加熱にはこの温度調節コントローラーのヒータを使用した. 各すべり速度で回転するディスクに固定した直径 4mm の POM 球を各荷重で押しつけ, 摩擦を発生させる. またこのときの摩擦力をロードセルを用いて計測し摩擦係数 (=摩擦力/荷重) を算出し, 同時に光学顕微鏡を用いてガラスディスク越しに摩擦界面の様子を撮影することで, その場観察を行った. そして撮影した摩擦界面映像から接触面のドット数を読み取り, そこから接触面積を計測し, POM 球とディスク接触部の単位面積当たりにかかる摩擦力であるせん断応力 (=摩擦力/接触面積) を算出した.

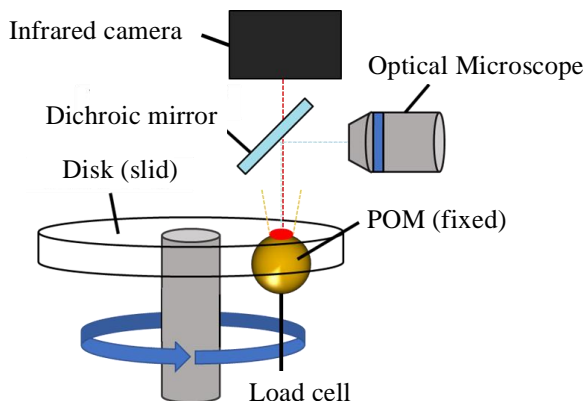


Fig.1 Pin-on-disk tribometer

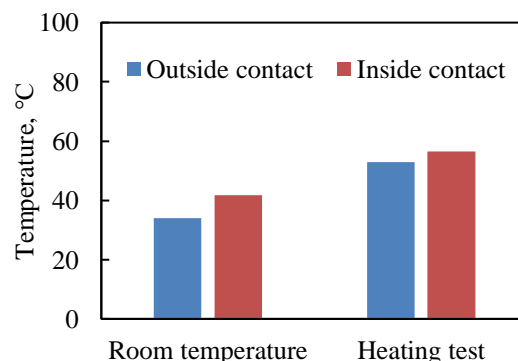


Fig.2 Average measured temperature

2.2 試験条件

試験条件は, 荷重 5,10N, すべり速度 150,300,600,900rpm をそれぞれ組合せ, 試験時間はすべり距離を同じにするため各すべり速度に対し 60,30,15,10 分間とした. また加熱条件は室温と 100°C加熱の 2 種類とし, 温度計熱電対を使用して接触部内と部外の 2 点で実温度の測定を行った. Figure 2 にその結果を示す. これより, POM の加熱温度は 100°C としたが, 実際の接触面は 100°C に達しておらず, 56.5°C 程度となっている. 潤滑条件は乾燥摩擦とし, その場観察において使用した光学顕微鏡の倍率は 5 倍とした.

3. 結果と考察

3.1 摩擦係数とせん断応力

荷重 5N の条件にて行った各試験での平均摩擦係数の結果を Figure 3 に示す。それぞれ青色が室温条件、赤色が加熱条件となっており、左からすべり速度 150,300,600,900rpm での結果である。Fig.3 で示すように、特に加熱条件においてはすべり速度が大きいほど、摩擦係数が大きくなっていることが確認できる。これはすべり速度の増加に伴って、接触面積が増加したことで摩擦力が大きくなったことが要因であると考えられる。実際、その場観察からもすべり速度が大きい条件ほど接触面が大きくなっている様子が確認できた。

また、同じ条件での平均せん断応力の結果を Figure 4 に示す。これより、室温条件に比べ加熱条件ではどのすべり速度の試験においてもせん断応力が低くなっていることが確認できる。これは POM 加熱により摩擦界面温度が上昇し、その結果せん断弾性率が低くなり POM が軟化することで接触面積が大きくなり、せん断応力が小さくなったためと考えられる。実際に、POM は温度が高くなるほどせん断弾性率が低下することが知られている。このように、POM 摩擦においてはこのせん断応力が非常に重要な要素であると考えている。

3.2 摩擦界面のその場観察

その場観察および試験後のレーザー顕微鏡による摩擦面の解析により分かったことを示す。Figure 5 はその場観察画像を示しており、試験条件は 5N-300rpm で、左側が室温条件のもの、右側が加熱条件のものとなっている。また、それぞれ画像中央にある黒色部分が球とディスクの接触部であり、画像左上が試験経過時間となっている。室温、加熱条件のどちらも、摩擦試験時において接触部を摩耗粉が通過している様子が確認された。これは摩擦によって発生した摩耗粉が摩擦相手材であるディスクに付着し、球表面を通過しているものである。この摩耗粉が球表面を通過する際に、POM 表面からの抵抗が生じることで摩耗が発生していると考えられる。実際、その場観察映像からも摩耗粉の通過により溝のようなものが発生、しばらくその溝が残りに残っている様子が確認された。さらに室温条件と加熱条件では、室温条件の方が加熱条件よりもこの摩耗粉の通過、つまり摩耗粉による摩耗が激しい様子が確認された。これは、POM が加熱されることで軟化し、その摩耗粉も軟化するため、加熱条件ではこの摩耗粉による摩耗が抑えられたと示唆される。

次に Figure 6 は試験後の摩耗面のレーザー顕微鏡画像を示している。それぞれ、試験条件は 10N-900rpm で、上側が室温条件、下側が加熱条件となっている。また、左側は試験後、右側が試験後 POM 球を超音波洗浄したものを撮影した。Fig. 6 で示すように、室温条件に比べ、加熱条件の摩耗面には凹凸が存在している。さらにどちらも超音波洗浄後では洗浄前に比べ形状が変化しており、これは再凝着していた摩耗粉が洗浄により脱落したためと考えられる。

4. 結言

POM 摩擦では摩擦界面温度の増加に伴い、せん断応力は小さくなることが分かった。また、加熱により POM が軟化することで、摩耗面の形状が変化し、摩耗粉による摩耗が小さくなった。

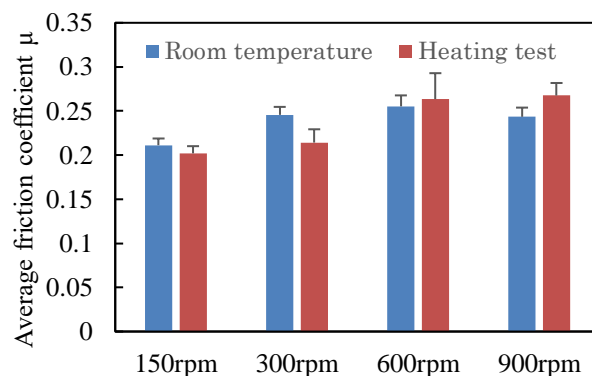


Fig.3 Average friction coefficient μ

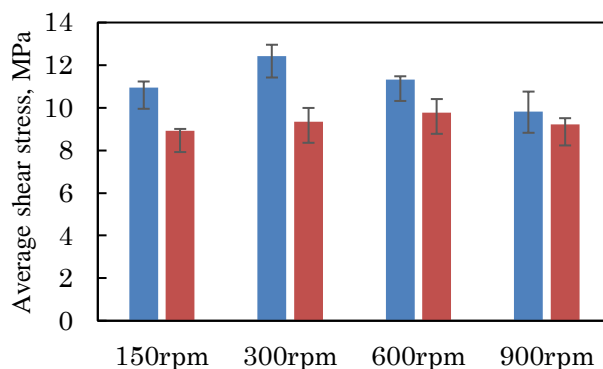


Fig.4 Average shear stress

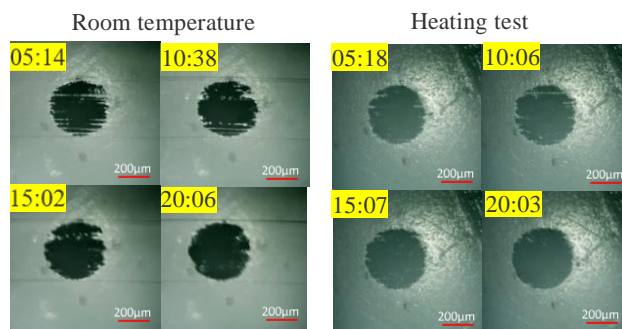


Fig.5 Images of the friction interfaces

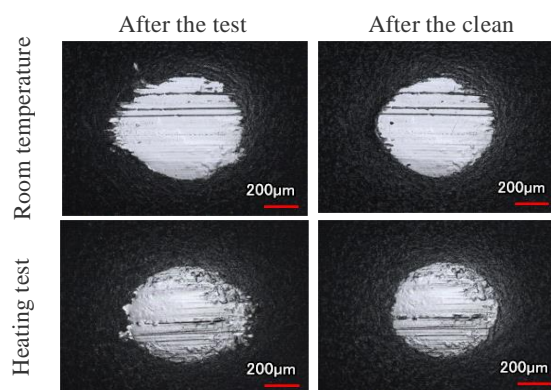


Fig.6 Microscope images of the POM worn surfaces