

異なる温度条件下における POM とアクリルの摩擦界面挙動のその場観察

In-situ Observation of Frictional Interface Behavior between POM and Acrylic
under Different Temperature Conditions

兵庫県大・工（学）*吉岡 拓翔 兵庫県大・工（非）三輪 楽人 兵庫県大・工（非）大内 琉生

兵庫県大・工（正）松本 直浩 兵庫県大・理，ダイセル（正）須貝 幸廉 兵庫県大・工（正）木之下 博，

兵庫県大・工（正）田中 芹奈

Takuto Yoshioka*, Gakuto Miwa*, Ryuki Ouchi*,

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

*University of Hyogo, **Daicel Corporation

1. はじめに

近年，持続可能な社会の実現に向けてエネルギーの効率的な利用が求められており，その一環として，輸送機器や機械構造物に用いられる部品の軽量化が進められている．中でも，金属材料の一部を樹脂材料へと置き換えることで，構造の軽量化が可能となり，燃費の向上や航続距離の延長といった効果が期待されている．しかし，樹脂材料の実用化にあたっては，しゅう動部における摩擦や摩耗の制御が重要な技術課題となる．特に，樹脂同士の接触における摩擦挙動や摩耗形態は，熱的・機械的性質の影響を強く受けるため，金属材料とは異なる複雑な摩耗メカニズムを示すことが多い．我々はこれまでに，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）を用いた摩擦試験において，摩擦中の界面をその場観察する手法を用いることで，しゅう動速度が摩擦挙動に与える影響を可視化・評価してきた．本研究では，さらに温度条件に着目し，異なる温度下における摩擦界面の形状変化をその場観察によって評価する．これにより，温度が摩擦・摩耗メカニズムに及ぼす影響を明らかにすることを目的とする．

2. 試験方法

本研究では，その場観察を可能にするため，光透過性を有するアクリル樹脂製ディスクと直径 4 mm のポリアセタール（POM）球を用いた，ピンオンディスク型の摩擦試験を実施した．試験に使用した装置の構成を Fig. 1 に示す．装置は，ピンオンディスク摩擦試験機に加え，アクリルディスクを加熱するための加熱板および温度調節コントローラー，さらに摩擦界面の温度を計測するための赤外線カメラを組み合わせた構成である．ディスクの加熱には，温度調節コントローラーに接続された外付けヒーターを使用した．摩擦界面の温度は，試験機の真横に設置した赤外線カメラにより測定した．

試験では，POM 球をアクリルディスク表面に荷重 5 N で押し付け，すべり速度 0.31 m/s で回転させた．すべり距離は 900 m（試験時間 49 分）とし，試験温度は室温（約 25 °C），60 °C，80 °C の 3 条件で実施した．潤滑剤は使用せず，すべて無潤滑条件下で行った．摩擦力はロードセルにより計測し，摩擦係数は摩擦力を荷重で除して算出した．また，試験中は光学顕微鏡（倍率 5 倍）を用いてアクリルディスク越しに摩擦界面を撮影し，その場観察を行った．撮影した映像から接触面のドット数を計測し，接触面積を算出した．さらに，摩擦力を接触面積で割ることで，単位面積あたりの摩擦応力（せん断応力）を算出した．

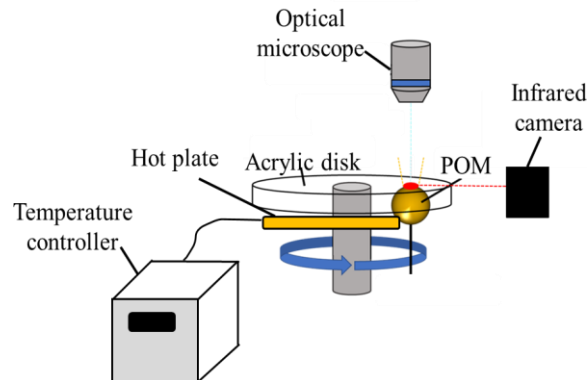


Fig. 1 Schematic diagram of the Pin-on-disk

3. 結果と考察

3.1 各温度条件でのその場観察

Figure 2 に，すべり距離 93m 時点における摩擦界面の光学顕微鏡像を示す．(a)は室温，(b)は 60 °C，(c)は 80 °Cであり，摩擦方向は，右から左である．黒色の領域が POM とアクリルの接触部を示している．摩擦界面温度の違いにより，接触領域の形状には明確な変化が見られた．Fig. 2(a)では，接触領域は比較的円形を保っていたが，Fig. 2(b)では楕円状に拡大し，特に，接触中心部でも摩耗の進行が顕著に観察された．さらに Fig. 2(c)では，接触領域が広範囲に広がり，摩擦方向後方の領域で接触部の脱落が観察された．また，摩耗粉が界面上を流動する様子も確認された．これらの結果から，摩擦界面の温度上昇により接触面積が増加し，それに伴い摩耗が加速されることが明らかとなった．この挙動は，POM が高温下で軟化することで，接触部に作用するせん断応力に対して局所的に大きな変形を生じやすくなるためと

考えられる。

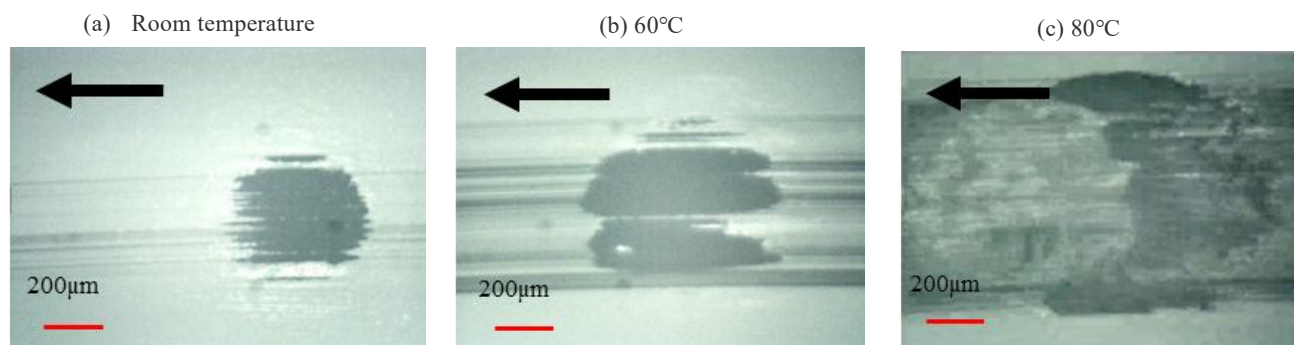


Fig. 2 Optical microscope images of the friction interface at a sliding distance of 93m: (a) Room temperature, (b) 60 °C, (c) 80 °C

3.2 各温度条件でのレーザー顕微鏡観察の結果

Figure 3 に試験後のアクリルディスク表面のレーザー顕微鏡観察結果を示す。Fig. 3(a)は室温, Fig. 3(b)は 60 °C, Fig. 3(c)は 80 °Cである。温度の上昇に伴い、摩耗痕の幅が広がり、移着層の高さが増加する傾向が見られた。これは、高温下で POM が軟化することで、変形および摩耗が促進され、結果として移着が進行したためと考えられる。以上より、摩擦温度の上昇は、アクリルディスクへの移着量を増加させる要因であることが明らかとなった。

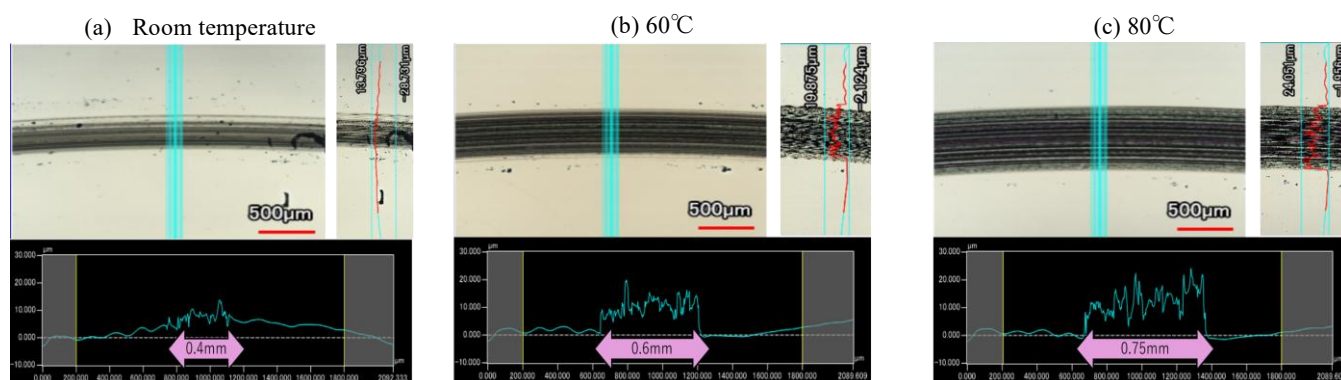


Fig. 3 Microscope images of the acrylic disk

3.3 各温度条件でのせん断応力

: (a) Room temperature, (b) 60 °C, (c) 80 °C surfaces

Figure 4 に、摩擦界面のその場観察により求めた接触面積と摩擦力の関係を示す。黒、黄、赤のプロットはそれぞれ室温、60 °C、80 °Cの結果を示しており、各データの傾きは接触面積あたりの摩擦力、すなわちせん断応力を表す²⁾。温度の上昇に伴い、接触面積は増加傾向を示し、特に 80 °Cでは最大で約 0.3 mm²に達した。一方、摩擦力の増加は接触面積の拡大ほど顕著ではなく、結果としてせん断応力（傾き）は室温に比べて 60 °Cおよび 80 °Cで低下する傾向が観察された。これらの傾向は Fig. 2 の観察結果とも整合しており、温度上昇に伴って接触領域が摩擦方向に広がる様子や、摩耗の進行、摩耗粉の流動が観察されている。POM は高温下で軟化し、広い範囲で変形することによって、摩擦中の界面状態が大きく変化することが示唆される。

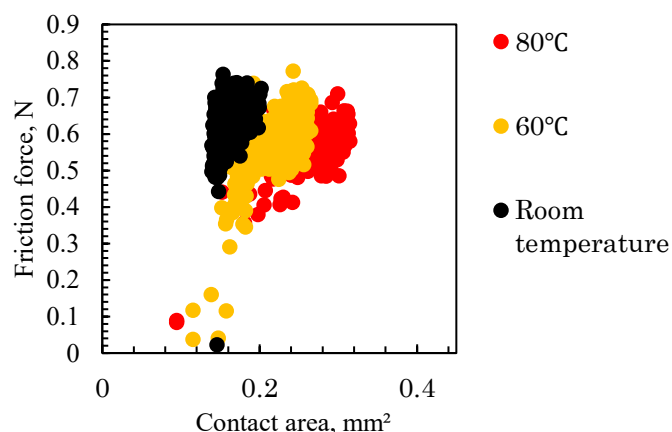


Fig. 4 Relationship between contact area and friction force under different temperature

4. おわりに

POM とアクリル摩擦において、摩擦界面その場観察およびレーザー顕微鏡による観察の結果、摩擦界面温度の上昇に伴って接触面積やアクリルディスク表面への移着量が増加し、摩耗の進行が明確となった。また、せん断応力は温度上昇とともに低下する傾向が観察された。これらの現象は、高温下で POM が軟化し、接触部が変形しやすくなることが一因と考えられる。

参考文献

- 1) 田中芹奈, 松本 直浩, 須貝 幸廉, 木之下博: トライボロジー会議 2025 春 東京 予稿集, 305-306.
- 2) 木之下博, 中山美聖, 穂本典偉, 田中芹奈, 松本直浩, 須貝幸廉: トライボロジー会議 2024 秋 名護 予稿集, 393-394.