

貧潤滑往復摺動下における FCD 鋳鉄表面の油・空気・銅合金粉の挙動観察

Observation of The Behavior of Lubricant, Air, and Copper Alloy Powder on The Surface of FCD Cast Iron in Poorly Lubricated Reciprocating Sliding Motion

富山県立大・工（学）山本 美空 *富山県立大・工（正）宮島 敏郎

コマツ（正）大滝 悟嗣 コマツ（非）佐藤 正彦 コマツ（非）井関 利幸

Miku Yamamoto*, Toshiro Miyajima*, Satoshi Otaki**, Masahiko Satou**, Toshiyuki Iseki**

*Toyama Prefectural University, ** Komatsu Ltd.

1. はじめに

近年、建設機械の油圧モータの高効率化やダウンサイジング化により、摺動部にかかる負荷が大きくなっており¹⁾、摺動部での焼付きの発生が懸念されている。焼付きは、摺動部において、潤滑油供給不足が生じ、固体同士の直接接触が起こることにより、摩擦面の温度の急上昇や激しい溶着・凝着が発生する現象であると言われる²⁾。著者らも、独自のピン・オン・ディスク型の摩擦試験機を作製し、焼付き現象について研究を進めている³⁾。

そこで本研究では、焼付きの要因と考えられる、油の流れと摩耗粉の挙動について着目した。過去に著者らが作製した摩耗面の in-situ 観察ができる往復型摩擦可視化試験機^{4,5)}に改良を加えることで、貧潤滑往復摺動下における FCD 鋳鉄表面の油・空気・銅合金粉の挙動観察を試みた。ガラスを相手面にして潤滑油を薄く最初に塗布した状態で往復運動させ、油や空気の混入状態に、摩耗粉に見立てた銅合金粉を用いて油の中に入れることで、銅合金粉の挙動状態について観察した結果について述べる。

2. 可視化試験機および試験方法

本研究では、研究室で作製した往復摺動摩擦試験型の可視化実験装置を用いた。本装置の概略図を Fig. 1 に示す。試験は次の手順で行った。無添加パラフィン系基油（P150、動粘度 77 mm²/s@20 °C）に着色料とトレーサ粒子（平均粒子径 0.28 μm）を混ぜた試験油に、5 分間の超音波振動を与えて、さらに手で振ることで、トレーサ粒子を分散させてガラスプレートに滴下する。その後、ガラスプレートを、ストローク 40 mm、すべり速度 100 mm/s で往復摺動させ、摺動状態をその場観察した。銅合金粉は、別試験で用いた銅合金プレートの角部を高速回転ルータにより削り出すことで、ある程度一定の大きさとなるように作製した。試験荷重は、試験機の FCD 鋳鉄支持ホルダ部分の自重の 67 N になるように設定した。観察には、高速度カメラと、ズームレンズを用い、試験片とガラスプレート間の油・空気・銅合金の流れを観察した。

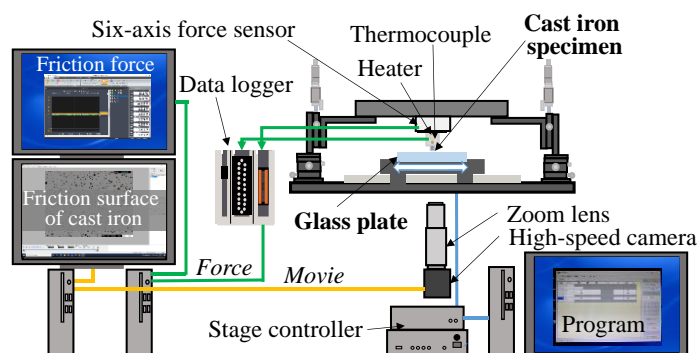


Fig. 1_ Schematic view of the reciprocating friction tester with visualization equipment

3. 供試材料

試験片には、FCD 鋳鉄（大きさ 15 mm×5 mm、厚さ 7 mm）を用いた。レーザー顕微鏡による試験片表面のカラー画像、高さ情報画像および断面形状曲線を Fig. 2 に示す。

相手材には、石英ガラスプレート（大きさ 100 mm×70 mm、厚さ 5 mm）を用いた。

4. 試験結果および考察

4.1 油・空気・銅合金粉の挙動観察

銅粉の挙動を観察した動画から、静止画に切り出した一例を Fig. 3 に示す。

銅合金粉は、黒鉛部の個々の面積と深さ、および銅合金粉の大きさによって、大きく挙動が変化する。

銅合金粉の大きさが小さくて、黒鉛が深く、大きな面積を有する箇所 (Fig. 3(a)) では、

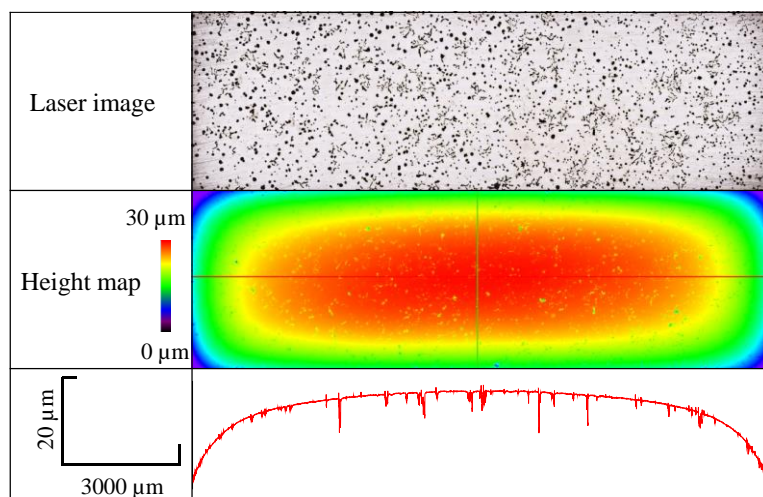
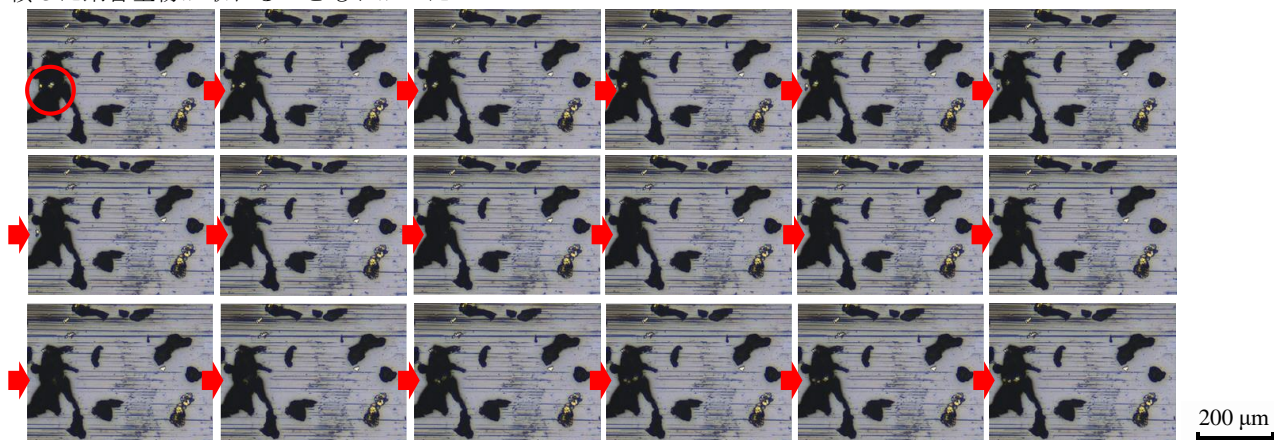


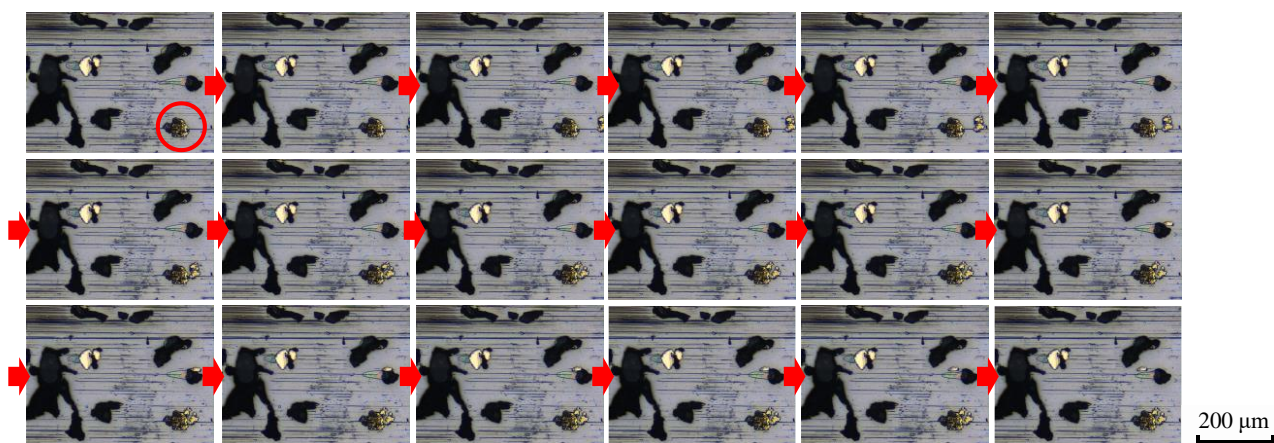
Fig. 2_ Laser color images, height maps and cross-section profiles of the original surface of cast iron

銅合金粉が黒鉛窪み部に入り込んでも、その窪み部中で回転し、その後、窪み部から排出されることがわかる。

一方、銅合金粉の大きさが大きくて、黒鉛が浅く、小さな面積を有する箇所（Fig.3(b)）では、黒鉛部で銅合金粉が入り込んで引っ掛かり、停滞する。その後、その入り込んだ銅合金粉の周りに、他の銅合金粉が引っ掛かり、面方向に堆積が広がる。ただし、引っ掛かりの力が小さい場合は、銅合金粉の堆積部に油流れがぶつかり、その力によって、堆積した銅合金粉が取れることもわかった。



(a)



(b)

Fig. 3_ Flow images of air, lubricant and powder of Cu alloy on the surfaces of cast iron

4.2 黒鉛部の油・空気・銅合金粉挙動の考察

以上の結果から、実際の摩耗粉を介在する摺動状態では、つぎの挙動が示唆される。

黒鉛部においては、油膜が薄くなる傾向がある。また、黒鉛部に摩耗粉（銅合金粉）が埋没し、その摩耗粉が起点となり、さらに、油が流れにくくなることで摩耗粉が堆積しやすくなり、最終的に、その部分が起点となり、焼付きに至ると考えられる。

5. おわりに

本研究では、油・空気・銅合金粉の流れについて詳細に観察した。その結果、FCD 鋳鉄の場合、黒鉛部の形状や数、配置を制御することが難しい。その中で、個々の黒鉛部の形状による挙動の違いを明らかにすることができた。特に、焼付きメカニズムを考える上で、銅合金粉の堆積挙動が、油流れと銅合金粉のさらなる堆積に影響を及ぼすことを明確にした。今後、実現現象ならびに焼付き現象の解明のために、摩耗粉やそれを模擬した粉を混入させて、油の流れ挙動をより詳細に明らかにしていく。

文献

- 1) 坂間：油圧技術の動向と展望，カヤバ株式会社 論説，KYB 技報，第 56 号，2018-4 （2018） 2-5.
- 2) 日本機械学会，機械工学事典，社団法人 日本機械学会，（1997），1307.
- 3) 山本・宮島・大滝・井関・佐藤：銅合金を相手材とした FCD 鋳鉄の摩耗および焼付きの可視化，2023 年度砥粒加工学会学術講演会（ABTEC2023），（2023），B47
- 4) 広瀬・宮島・堀川・富山・井関・重久：テクスチャ付きしゅう動表面における潤滑油流れの可視化に関する研究，トライボロジー会議 2018 秋 伊勢 予稿集（2018）C30.
- 5) 森田・宮島・梅津・富山・井関：微細ディンプルを有するしゅう動面の油流れの可視化，トライボロジー会議 2021 秋 松江 予稿集（2021）D29, 327-330.