

純鉄摩擦面で生じるすべり帯生成過程のin situ観察と評価

埼玉工業大学 ○神山侑輝, ◎長谷亜蘭

要 旨

機械摩擦面の状態によって、機械自体の運動性能や寿命が変化してしまうため、摩擦に伴う材料表面の経時変化を直接観察して評価する必要があると考える。摩擦による材料表面の変化過程の観察および評価を行うために、本研究では純鉄摩擦面で生じるすべり帯のその場観察 (in situ観察) を行い、それと同時に各種センサによって摩擦による材料表面の変化過程の評価を試みる。

1. 緒 言

摩擦状況によって、機械自体の運動性能や寿命が変化してしまうため、摩擦に伴う材料表面の経時変化を直接観察して評価する必要がある。

そこで本研究では、摩擦表面下で生じる変形過程を可視化するため、摩擦面側方からの in situ 観察 (その場観察) とアコースティックエミッション (AE) 計測を用いて、摩擦表面下で生じるすべり帯の生成過程の観察と評価を試みた。今回は、純鉄を用いて無潤滑状態と潤滑状態の比較を行い、すべり帯生成に与える影響について観察・比較している。

2. 実験方法および実験条件

図1は、本研究で使用した実験装置の構成図である。また図2は、各試験片を取り付けた時の外観である。摩擦抵抗は、ピン試験片支持部の板ばねに貼り付けたひずみゲージを用いて計測した。垂直荷重は、分銅を使用してピン試験片支持部のリンク機構により与えた。本実験における摩擦条件および供試材料を表1にまとめた。

実験方法は、純鉄のブロック試験片とピン試験片を#100～#2000の研磨紙を用いて表面を平滑にし、バフ研磨で仕上げを行った。その後、腐食液を用いて観察面をエッチングした。腐食液は、ナイタールを使用した。メタノールを19 ml、硝酸を1 mlにて5%になるようにナイタールを調合した。腐食液にブロック試験片を入れ、15～20秒浸し腐食させた。ブロック試験片とピン試験片を実験装置に固定し、摩擦鏡面顕微鏡の焦点を500～4000倍としてブロック試験片観察面に合わせた。その後、荷重4.5 Nを加え、ピン試験片の焦点をブロック試験片と同じになるように合わせた。摩擦速度20 μm/sとし、ピン試験片をブロック試験片上で往復摩擦させて実験を行った。往復回数は1～5回とした。

摩擦表面の変形・破壊現象を定量的に評価する目的で、広帯域型 AE センサをブロック試験片側に設置し、摩擦中の AE 信号を計測した (増幅率: 90 dB, AE フィルタ 50 kHz)。無潤滑、基油による潤滑、低摩擦にする為添加剤を加えた基油+添加剤の3つの条件下で実験を行い、結果を比較した。すべての実験は、室温、大気中で実施した。

表1 実験条件

Test piece material	Pin test piece SUS304
	Block test piece Pure iron Buffing from # 2000 With nital (5% nitric acid) 15~ 20 seconds corrosion
Vertical load	4.5N
Friction speed	20 μm/s
Etchant	Methanol 95% Nitric acid 5%

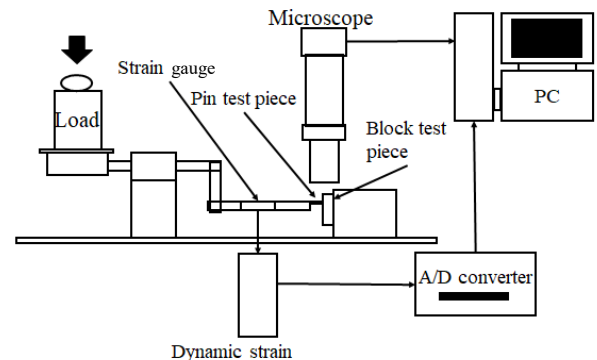


図1 実験装置の構成図

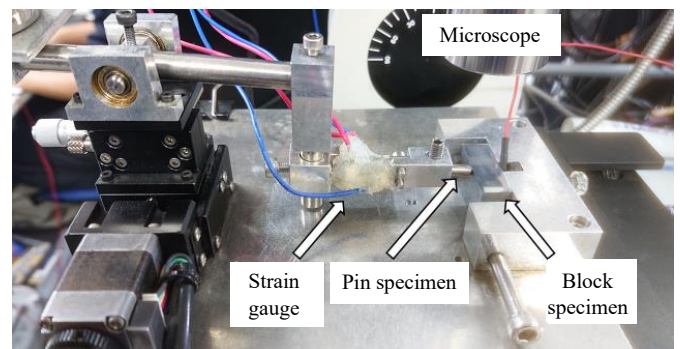


図2 実験装置における摩擦系の外観

3. 実験結果および考察

図3, 4は、無潤滑下の摩擦前後の in situ 観察像である。また図9は、その摩擦中に計測された摩擦力および AE 信号振幅値の変化である。図5, 6, 10は潤滑下 (基油) の結果であり、図7, 8, 11は潤滑下 (基油+添加剤) の結果を示している。

今回の実験では、往復回数2回目ですべり帯が観測されることが多かった。理由としては、摩擦1回目で表面がなじみ、その後に摩擦表面下の巨視的な変形が進行したためと考える。

無潤滑・基油・基油+添加剤の実験結果を比較すると、すべり帯の長さでは、基油+添加剤<基油<無潤滑の順番に長さが変わることがわかった。摩擦力の変化においても同様の順番にて摩擦力の大きさが変化したため、すべり帯と摩擦力では関係があると考えられる。

また、AE 信号振幅の変化に関して図9～11のグラフを比較すると、無潤滑と比較して潤滑下で行った2つの実験の変動が安定していることがわかる。潤滑を行った一部において、突発型 AE 信号の検出も確認できる。この数値が上昇した付近において、すべり帯の発生が in situ 観察から確認できたため、すべり帯が発生することでブロック試験片内のひずみエネルギーが解放されたと考える。したがって、摩擦面で生じるすべり帯の評価に対する AE 計測の有効性を確認することができた。

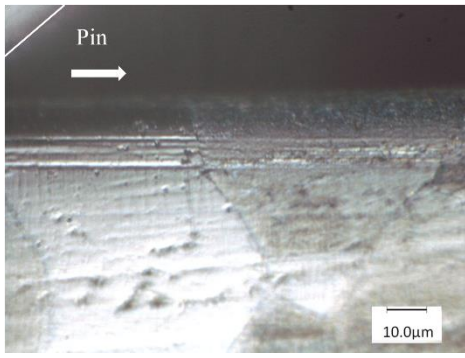


図3 摩擦開始時の in situ 観察像 (無潤滑)

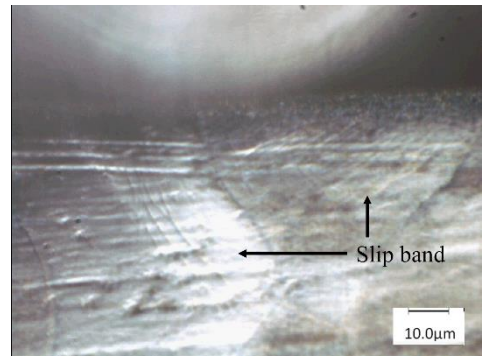


図4 摩擦中の in situ 観察像 (無潤滑)

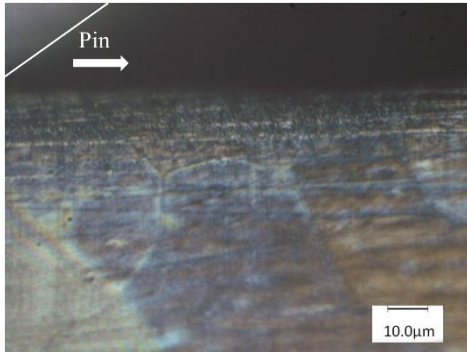


図5 摩擦開始時の in situ 観察像 (基油)

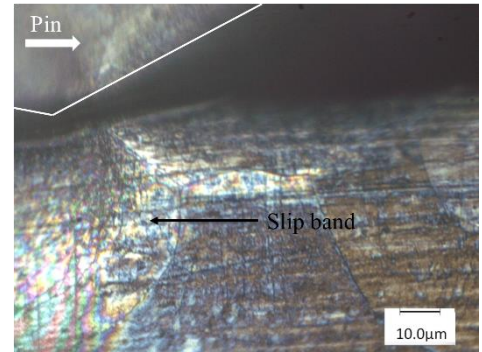


図6 摩擦中の in situ 観察像 (基油)

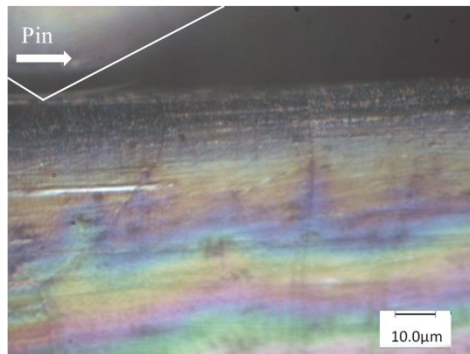


図7 摩擦開始時の in situ 観察像 (基油+添加剤)

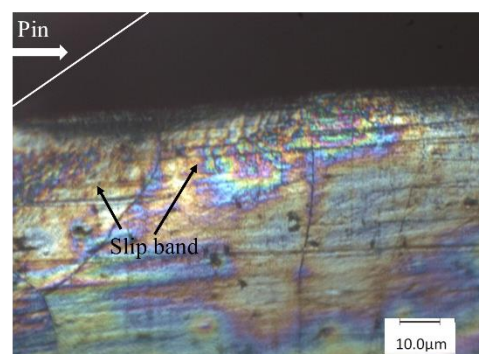


図8 摩擦中の in situ 観察像 (基油+添加剤)

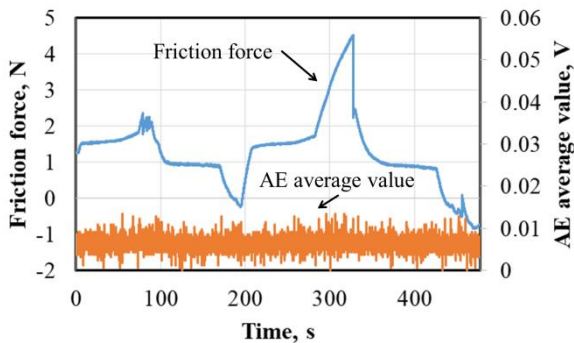


図9 無潤滑下の摩擦力および AE 信号変化

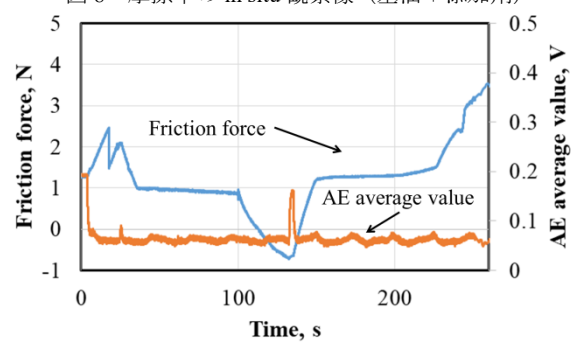


図10 潤滑下 (基油) の摩擦力および AE 信号変化

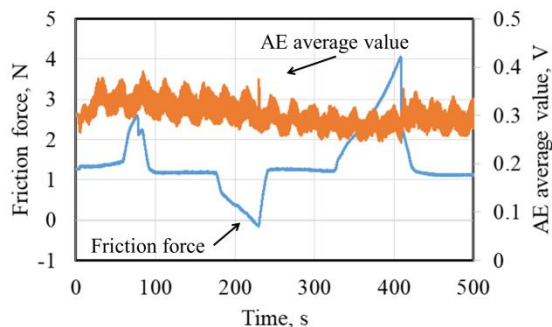


図11 潤滑下 (基油+添加剤) の摩擦力および AE 信号変化

4. 結言

本研究では、純鉄のすべり帯生成時の in situ 観察および摩擦力と AE 信号計測を行った。摩擦力の大きさによってすべり帯の長さが変化することから、すべり帯と摩擦力に相関関係があることがわかった。また、すべり帯が発生する際に、内部のひずみエネルギーが解放され、突発型 AE 信号が検出されることがわかった。

謝辞

本研究遂行にあたり、潤滑油を提供いただきました EMG ブリカンツ合同会社に心から御礼申し上げます。