

In situ 観察・デュアル AE センシングによるしゅう動 POM 材料の摩耗メカニズム解析

Analysis of Wear Mechanism of Sliding POM Materials

by In Situ Observation and Dual AE Sensing

埼玉工大（正）*長谷 亜蘭

グローバルポリアセタール（非）福原 かりん （非）櫻澤 麻希子 （非）石井 崇 （正）須長 大輔

Alan Hase*, Karin Fukuhara**, Makiko Sakurazawa**, Takashi Ishii**, Daisuke Sunaga**

*Saitama Institute of Technology, **Global Polyacetal Co., Ltd.

1. 緒言

ポリアセタール（polyoxymethylene, POM）はエンジニアリングプラスチックの一種であり、その軽量性と優れた機械的特性から、金属材料の代替として広く利用されている。中でもしゅう動用 POM は、トライボロジー特性に優れることに加え、低メンテナンス化が可能であることから、様々な機械の摺動部品への応用が進んでいる。しゅう動用 POM の活用と普及により、機械部品の軽量化による動力低減だけでなく、摩擦・摩耗・潤滑の低減、メンテナンスコスト低減、すなわちトライボロジー改善への大きな寄与が期待される。これにより、省エネルギーや省資源といった観点から、環境負荷の低減にも貢献することが可能である。

しゅう動 POM のトライボロジー特性を最大限に引き出すためには、樹脂の構造や添加剤の種類が摩擦・摩耗現象に与える影響を把握することが重要である。本研究では、摩擦界面の in situ 観察（その場観察）と同時に、二つのアコースティックエミッション（acoustic emission, AE）センサを用いて両摩擦材からの AE 波を計測する“in situ 観察・デュアル AE センシング”手法により、しゅう動 POM における摩擦・摩耗状態と AE 信号変化との関係を調査した。その結果、POM の種類によるトライボロジー特性の違いを AE 信号の周波数解析の特徴量から評価できることが明らかとなった。

2. 実験方法

Figure 1 は、本研究で用いた実験装置の概略図である。ピン・オン・ブロック型摩擦・摩耗試験機を用いてピン試験片をしゅう動させ、摩擦界面を光学顕微鏡で直接観察および動画撮影した。また、ピン試験片固定部の板ばねに貼り付けたひずみゲージを用いて摩擦抵抗を計測した。ピン試験片の先端は半球状（半割り）とし、垂直荷重を 25 N、摩擦速度 0.2 mm/s でブロック試験片上 0.7 mm の距離を 35 回往復しゅう動させた。今回、ピン試験片側には標準 POM（添加剤なし）、ブロック試験片側には標準 POM としゅう動 POM を使用して比較した。

AE センサは、治具を用いて両試験片に取り付け、摩擦中に発生する AE 波を同時計測した。AE センサからの出力信号は、プリアンプで増幅した後、AE 解析装置（AE 信号処理装置）でフィルタ処理および再度増幅を行った。AE 信号波形をサンプリング周波数 2 MHz で計測し、周波数解析を随時行った。なお、実験はすべて、室温、無潤滑で実施した。

3. 実験結果および論議

3.1 AE 信号振幅の変化

Figure 2 は、実験から得られた POM 摩擦界面の in situ 観

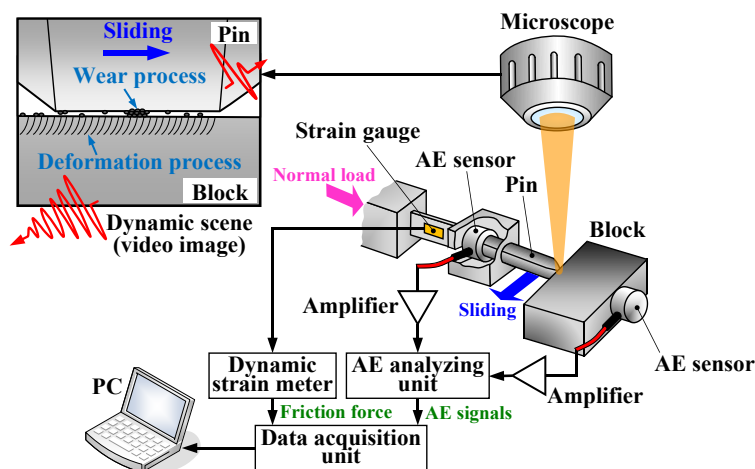


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup for in situ observation and dual AE sensing

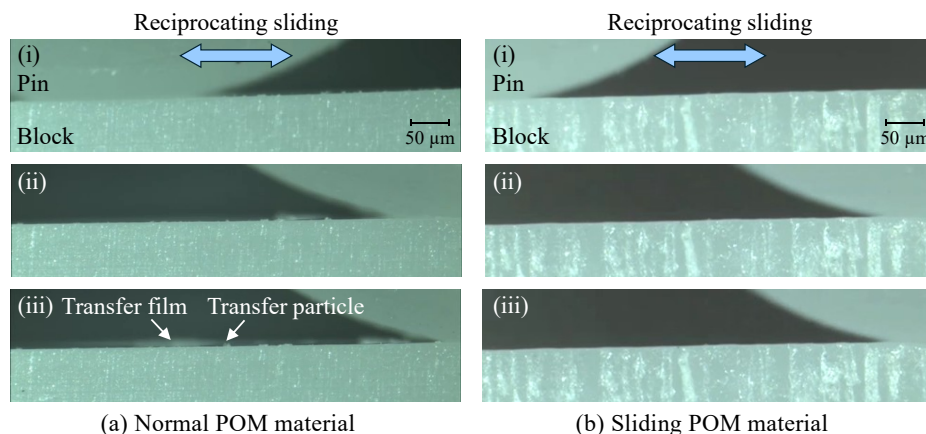


Fig. 2 In situ observations of the frictional interface

察像の一例である。しゅう動添加剤の効果を比較するために、(a) 標準 POM と (b) しゅう動 POM の結果を示す。上から (i) 摩擦前、(ii) 中期、(iii) 後期の観察像である。この結果より、標準 POM では移着成長が進行し、特に後半では大規模な移着が発生していることがわかる。一方、しゅう動 POM では移着粒子や摩耗粒子の発生がほとんどないことがわかる。実験後の摩耗面観察からは、わずかな移着粒子および摩耗粒子が確認された。

Figure 3 は、上記の観察と同時に両試験片から計測された AE 信号振幅値の変化である。ここでは、AE 信号の包絡線検波波形 (ENV 値) とその平均電圧波形 (AVE 値) をそれぞれ示している。(a) 標準 POM では、初期からピン試験片側の AE 信号振幅の変化が確認され、微細な移着現象に伴う変化を捉えていると言える。これが少し安定した後、ブロック側で大きな突発型 AE 信号が検出されると相互で AE 信号の変動も大きくなり、突発型 AE 信号が頻発するようになる。これは、Fig. 2 で観察されたように移着成長と移着膜のはく離の繰り返しを捉えていると考える。対する (b) しゅう動 POM では、ピン試験片側の変動が中期からわずかに大きくなっていることがわかる。これも微細な移着現象 (主にピン試験片側起因) と考えられる。

3.2 AE 周波数の特徴スコア

先行研究によって、AE 信号波形の周波数スペクトルの特徴 (AE 周波数と呼ぶ) と摩擦界面における変形・破壊現象との関係を相関マップとして提示している²⁾。このマップに基づき、各周波数領域のピーク強度や発生数などから現象解析が可能となる。ここでは、各周波数領域 (摩擦、塑性変形、き裂進展・はく離、掘り起こし、凝着) のピークの発生数から「AE 周波数の特徴スコア」を定義して評価に用いた。このスコアは、その周波数ピークの発生確率に相当し、1.0 ではピックアップした突発型 AE 信号波形すべてに特徴が現れていることを意味する。

Figure 4 は、AE 周波数の特徴スコアをしゅう動回数区間ごとに算出した結果である。この結果は前節で考察した現象とも整合し、各現象のスコアに基づいて摩耗メカニズムを解釈可能であることを示唆している。

4. 結言

In situ 観察・デュアル AE センシングを活用して POM 材料の摩擦・摩耗状態の比較を行った結果、AE 周波数の特徴スコアの導入によって、摩耗メカニズムの要因を評価できることが明らかとなった。

文献

- 1) 長谷・小沢・藤田・樽谷・匠瑳・久保田 : In situ 観察・デュアル AE センシングによる銀めっきの摩耗メカニズム解析, 表面技術協会 第 151 回講演大会講演要旨集, 13A-30 (2025) 103.
- 2) A. Hase: Early Detection and Identification of Fatigue Damage in Thrust Ball Bearings by an Acoustic Emission Technique, Lubricants, 8 (2020) 37.

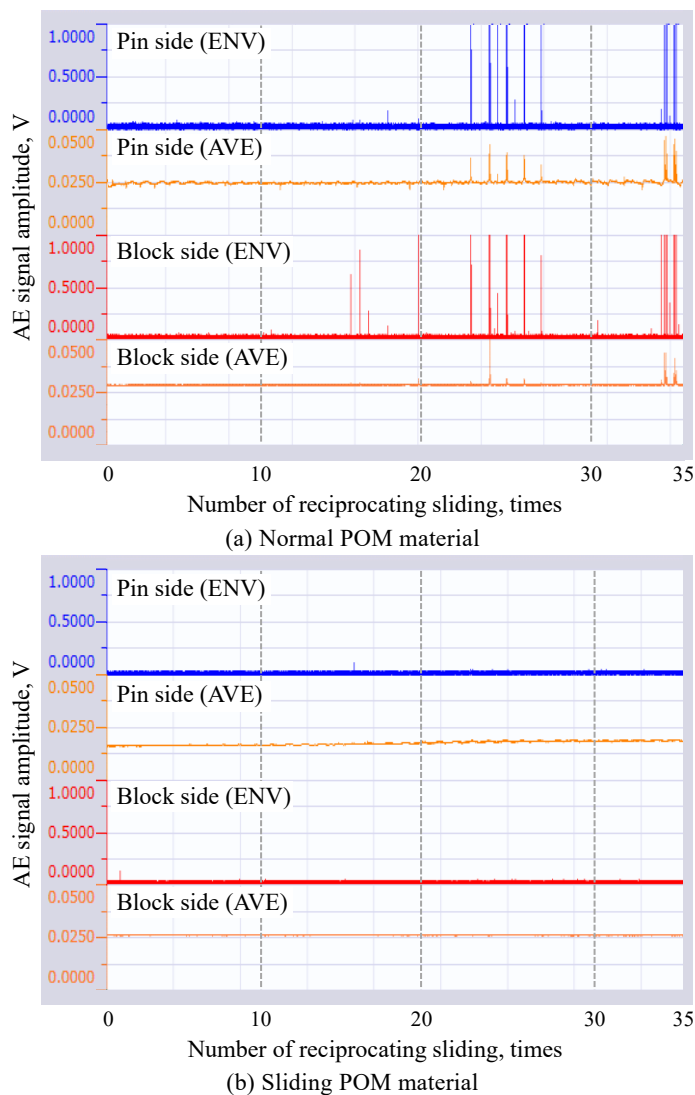


Fig. 3 Changes in the AE signal amplitude

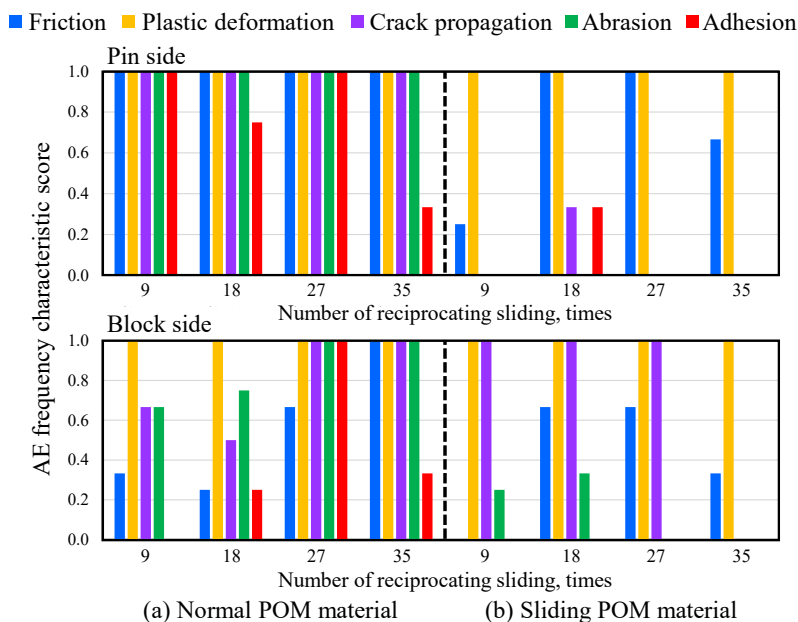


Fig. 4 Comparison of the AE frequency characteristic scores