

1. はじめに

摩擦摩耗試験機は Pin and Vee Block 型, Block On Ring 型等をはじめとする ASTM 規格試験機として知られている。しかし摩擦摩耗試験機は規格試験用途以外にも, 研究開発用途としても広く応用可能である。本稿では ASTM 規格試験のみならず, 研究開発用途にも対応可能な Rtec-instruments 社製, 多機能摩擦摩耗試験機 (トライボメーター MFT-5000) の性能及びテスト結果をまとめる。

2. トライボメーター概要

Rtec-instruments 社製トライボメーター MFT-5000(Figure 1)は各種試験結果が正確に測定できるよう設計されており低加重から高加重まで幅広い荷重範囲をカバーしている。閉ループダウンフォースコントロールにより, オイル, 潤滑剤, コーティング, ポリマーなどの産業向けに最適である。装置はモジュールを交換することでテスト構成を完全に変更できる。簡単に交換することができるため 1 台で回転式, 往復式, フレッシング式, ブロック・オン・リング式に対応している。また, 同じツールで複数の ASTM / DIN / ISO 標準テストを実行可能である。

本トライボメーターは試験結果の 3D 表面イメージングのための撮像モジュールが搭載可能で, 試験の後, 試験中, 試験前とサンプルを取り外すことなく評価が可能である。

試験中は自動的に摩擦対荷重/速度曲線をプロットが可能で, この曲線は異なるサンプルを区別するのに役立つ。ソフトウェアはシーケンスを自由にプログラム可能であり, リアルタイム制御により高精度と高再現性を実現している。

今回は, ①研究開発分野でのオイル中の添加剤分析, ②ASTM 規格試験, ③金属ではなく樹脂の評価試験を行い, 本装置を評価するものである。



Figure 1

3. オイル中添加剤の評価 (ボール・オン・ディスク試験)

【概要】

オイル, 及び添加剤を入れたオイルの性能差を評価すべくボール・オン・ディスク試験によりストライバック曲線の比較をする。摩擦力 (Fz), 荷重 (Fz), 摩擦係数, 等のデータを収集する。Figure 2 はテストのセットアップイメージである。(本試験機のスペックとしては最大で 5,000Hz でのデータ収集が可能である)



Figure 2

【テスト条件】

- | | |
|-----------|--|
| 1) 回転速度 | 0.5,1,2,5,10,25,100,200,500,800,1000,1200,1500,2000,3000 rpm |
| 2) 荷重 | 100N |
| 3) 測定方法 | 各回転速度につき 1 分間測定 |
| 4) ベースオイル | 5W-30 モーターオイル、及びナノ添加剤入りオイル |

【ハードウェア構成】

- 1) 負荷センサー(1000N)
- 2) 上部ボールホルダー
- 3) 下部ディスクホルダー
- 4) ロータリードライブ
- 5) XY ステージ
- 6) 高速対応用アンチスプラッシュ設計容器

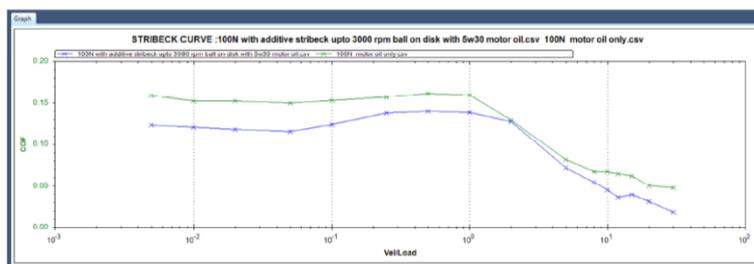


Figure 3

【試験結果】

緑曲線 ベースオイルのみ

青曲線 ベースオイル + 添加剤

グラフ(Figure 3)より速度がある一定の速度以上で摩擦係数が急激に低下しているのが分かる。また、添加剤を入れる事で摩擦係数が低下している。ストライバック曲線は速度変化による摩擦変化を正確に確認することができ、潤滑油の特性を規定するのに非常に有効であることが分かる。同様に添加剤の特性を評価する事にも有効に使用できるものである。

4. 四球試験 (ASTM D2266 グリースの耐摩耗性試験) の評価

【概要】

この試験方法は四球試験 (すべり試験) におけるグリースの摩耗防止特性を評価するものである。底面に固定されグリースで潤滑された 3 つの固定鋼球に対して荷重を受けて回転される(Figure 4 Figure 5)。固定ボール上の摩耗痕の直径は、試験の完了後に測定する。

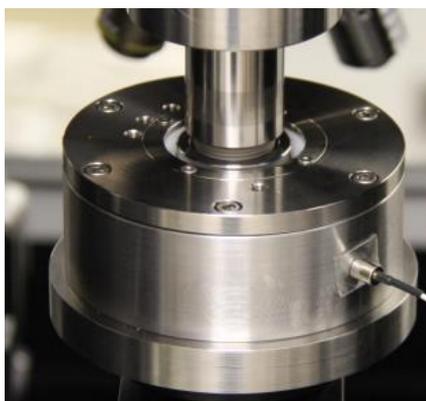


Figure 4



Figure 5

【テスト条件】

- | | |
|------------|---|
| 1) ボール材 | AISI standard steel No. E-52100 Grade 25 EP |
| 2) ボール径 | 12.7 mm (1/2 インチ) |
| 3) 荷重 | 400 N |
| 4) 試験時間 | 60 分 |
| 5) 温度 | 75°C |
| 6) 回転速度 | 1200 rpm |
| 7) データ収集範囲 | 摩擦力, 荷重, 回転速度, 温度 |

【ハードウェア構成】

- 1) 負荷センサー(1000N)
- 2) トルクセンサー (22.6 Nm)
- 3) 上部回転モジュール (上部鋼球回転)
- 4) すべり四球試験機用アッセンブリ(底面 3 試験球は固定)
- 5) 温度コントロールチャンバー
- 6) 3Dイメージングプロファイルメーター

【試験結果】

下表, 写真(Figure 6)の通りである。3Dイメージプロファイルメーターは, 試験機から四球試験片を取り外す事無く試験後に測定が可能であり簡単に摩耗傷の直径が測定できる。

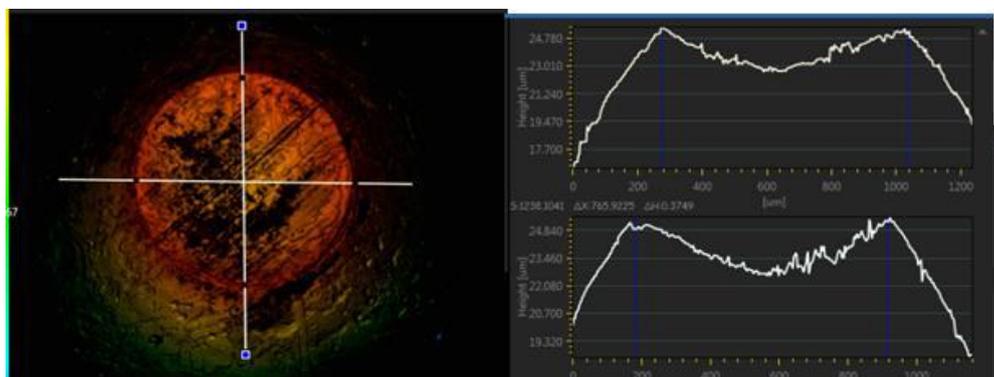


Figure 6

5. 樹脂サンプルによる往復摺動摩擦試験の評価

【概要】

金属だけでなく樹脂製のサンプル評価も可能である。本試験は往復摺動モジュールの下面に樹脂サンプル（4種類）を取り付け、室温の金属（SS302）ボールを一定荷重中で往復駆動させその評価をするものである。テストのセットアップイメージは下写真（Figure 7）の通りである。また本試験では試験後に樹脂サンプルが往復摺動により摩耗した様子を3Dイメージプロファイルメーターで詳細に確認する事が可能でありその結果を示す。

【テスト条件】

- | | |
|----------|-------|
| 1) 荷重 | 20N |
| 2) ストローク | 5 mm |
| 3) 周波数 | 20 Hz |

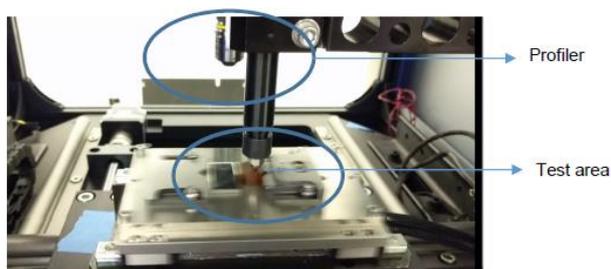


Figure 7

【ハードウェア構成】

- 1) 往復摺動モジュール
- 2) サンプルホルダ

【試験結果】

Figure 7 は荷重コントロールグラフであり、クローズループダウンフォースコントロールによる安定した一定の力を維持することが確認できる。Figure 8 は4サンプルの摩擦係数を表している(大きな差は見られない)。Figure 9 は実際の摩擦力(負と正)を表している。

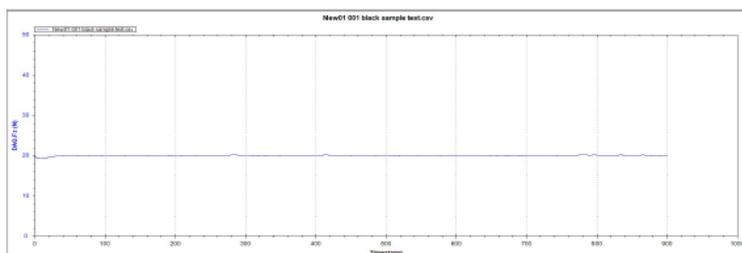


Figure 7

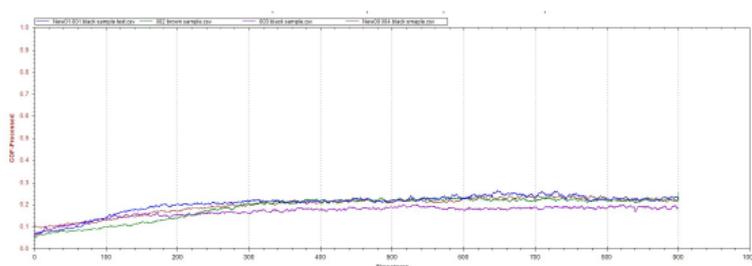


Figure 8

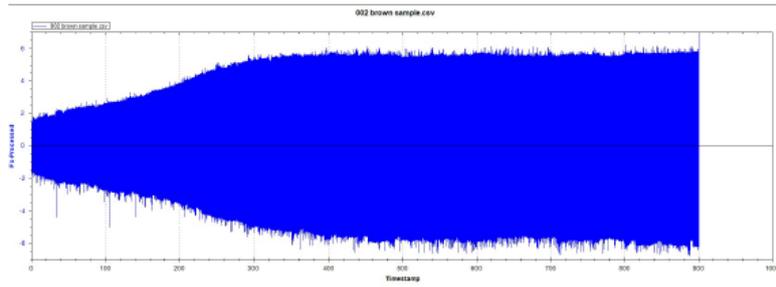


Figure 9

Figure 10は試験を行った4サンプル中の1つをテスト後に作成したイメージである。画像は10倍の白色干渉計を使用しており、1枚目の写真より生成されたパイルアップが確認できる。2枚目(2D イメージ)、3枚目(3D イメージ)よりマークの中央に摩耗マークが確認できる。また本ソフトウェアは自動的にスキャンされた領域の摩耗を計算可能である。

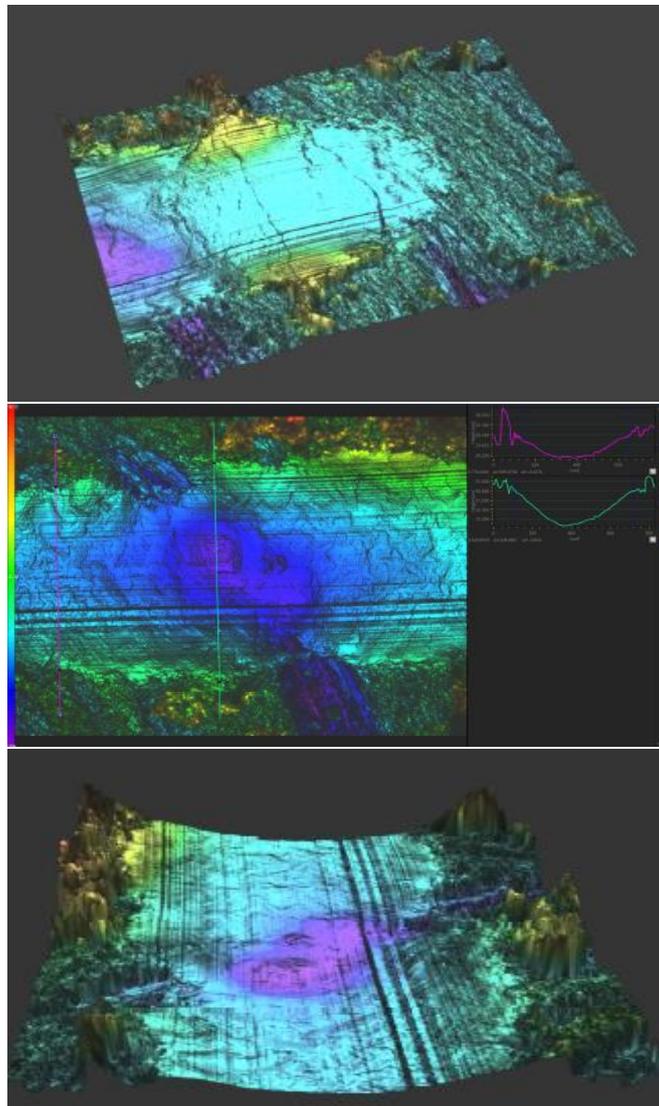


Figure 10

6. その他 試験アプリケーション

本試験機は他にも、ブロック・オン・リング型試験モジュールにも対応可能である(Figure 11). また、ドライ環境で最大 1000℃まで対応したチャンバーもあり、これらは研究開発用途で広く活躍が期待できる (Figure 12) .

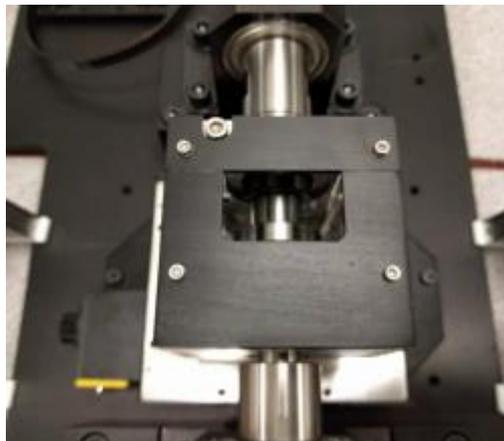


Figure 11

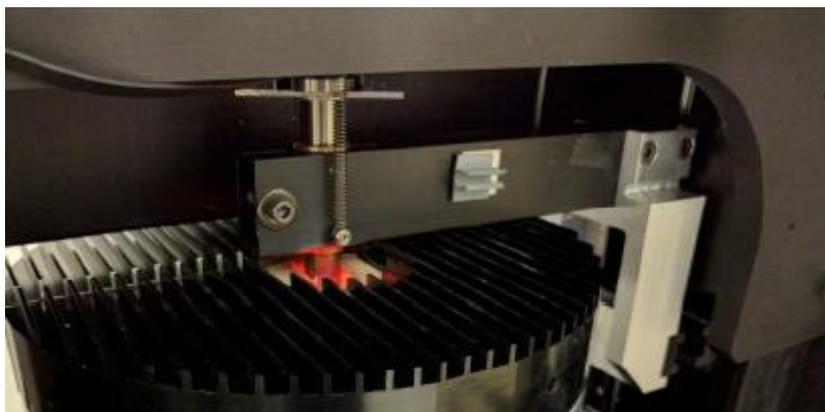


Figure 12

7. おわりに

本試験機は ASTM 規格試験にも対応している他、今回ご紹介の通り研究開発に対しても大いに能力を発揮できる装置である。また標準仕様以外にも高加重、高速試験にも対応できるよう設計されている為に用途により仕様のアップグレード(オーダーメイド)も対応可能である。今回ご紹介したトライボメーターがお客様の試験、研究開発に少しでも貢献できれば幸いです。