

ラインブレンドにより添加剤成分を連続変化可能な新規摩擦試験機

New Friction Tester with In Line Blender

(正) *佐藤 剛久 東理大(学)丸尾 理月 東理大(学)佐藤 魁星 東理大(正)佐々木 信也

Takehisa Sato, Rizuki Maruo*, Kaisei Sato*, Shinya Sasaki*

*Tokyo University of Science

1. はじめに

添加剤は潤滑油の摩擦特性を支配的に決定するため、その濃度の決定が潤滑油の性能を左右する。そこで、潤滑油を設計する際には、添加剤濃度を変えた複数の試料を準備し、摩擦試験を行い、それらの摩擦特性を比較検討することで最適濃度を決定することが行われている^{1,2)}。しかし、潤滑油には通常、目的を達成するために複数の添加剤が配合されているため、しばしば膨大な数の試料を準備し、試験を行う必要がある。添加剤濃度を連続可変しながら摩擦試験を行えば、1回の試験で添加剤濃度と、その濃度における摩擦特性を得ることができる。ところが、通常の添加剤調合は、昇温した基油に添加剤を加えて、一定時間攪拌することで行われるため、添加剤濃度を連続可変させる機構を持つ摩擦試験機はこれまで提案されていなかった。本発表では、配管内調合機構(ラインブレンド)を組み込むことで、添加剤濃度を連続可変させることを可能にした新規摩擦試験機構を紹介する。

2. 実験

2.1 試験機構

本試験機の構成を Fig.1 に示す。試験機は配管内調合機構(スタティックミキサー)、連続注入機構(シリンジポンプ)、オイル循環ポンプ、摩擦試験機で構成される。配管内調合機構にはマーキュリーステム製スタティックミキサー(スパイラルミキサー140-330)を使用した。スタティックミキサーとは、攪拌機構内を流体が流れていくなかで、その流路形状により流体が効率的に混合されるもので、攪拌機構内を流れる流体は、配管内部に設けられたエレメントにより分割、転換、反転することで乱流攪拌される。流体が複数のエレメントを通過することで、外部からの動力攪拌を行わずに連続的に流体の混合ができる(Fig.2)。添加剤注入機には AS ONE 製マイクロシリンジポンプ(MSPE-1)を使用。循環ポンプには ISMATEC 製チューブポンプ ISM930C を使用した。摩擦試験機には PCS Instruments 社製の Mini Traction Machine MTM2 を使用した。MTM2 はボールオンプレートタイプの摩擦試験で、上部と下部試験片の回転数を独立して制御することができ、スリップ率-200%から+200%の間に設定することができる。

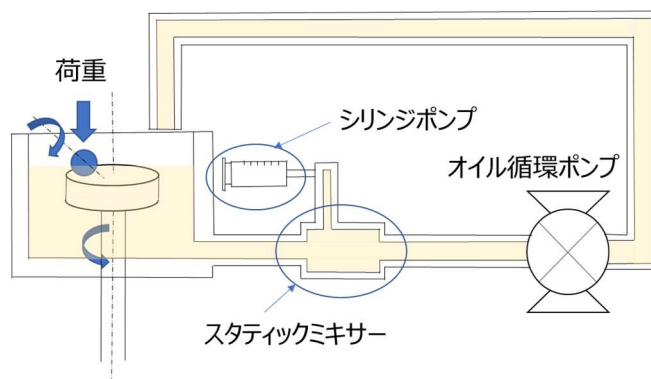


Fig.1 Constitution of the friction tester

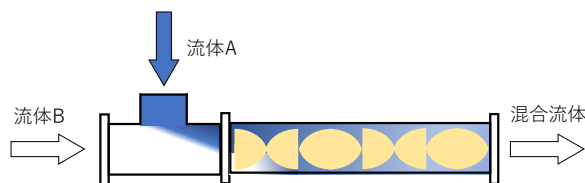


Fig.2 Static mixer

2.2 試験条件

基材油として 100℃粘度 4mm²/s の PAO (Poly- α -Olefin) に、摩擦を抑制し、摩擦係数を安定化させる目的でポリブテニルコハク酸イミドタイプの分散剤を 0.3wt%配合させた物を使用し、連続追加配合する添加剤として GMO

(Glycerin Mono Oleate) を使用した。GMO は室温で個体なので、基材油に GMO を 10wt%配合した濃厚液を 6ml シリンジにセットして連続追加配合した。循環ポンプ流量は毎分 6.55ml とした。

摩擦試験は、下部試験片に直径 46mm の AISI 52100 のディスク、硬さ 720-780Hv、上部試験片に直径 19.05mm の AISI 52100 ボール、硬さ 800-920Hv を使用した。転がり速度は、50mm/s、スリップ率は 120% (ディスクが高速) とした。試験開始時の油量は 60ml (45g)、試験開始後 600s 後にシリンジポンプによる注入を開始し、GMO 濃厚液の注入速度は 0.00714ml/min、(GMO の注入速度に換算すると 0.0826g/min) とした。試験は室温で実施した。試験中油温の上昇はほとんど観察されず、おおむね $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の範囲で推移した。

摩擦係数はボールの回転軸で検知し、サンプリング周波数は 60Hz、得られた生データに対し十点平均によりスムージングを行った。

3. 試験結果

基材油に GMO を連続配合した時の摩擦係数を Fig.3 に示す。添加剤投入を開始した 600s 後のあと、さらに 600s 程度は摩擦係数がほぼ一定で、その後、徐々に摩擦係数が低下し始め、1200s 後くらいから 3000s 後まで摩擦係数がほぼ直線的に低下、その後摩擦係数の低下は小さくなった。なお、本試験の前に基材油のみで同条件の試験を実施しており摩擦係数が一定値となっていることを確認しており、本試験における摩耗の影響は小さいと考えている。

結果考察のために、バッチブレンドにより GMO を基材油に 0.2wt% から 0.6wt% まで配合した試料を準備し、連続配合試験と同条件で摩擦試験を実施した。Fig.4 には GMO を連続配合した試験の経過時間を配合量に換算した結果と、バッチ試験の結果を合わせて示した。連続配合で添加剤投入を開始した 600s 以降について連続配合とバッチブレンドの摩擦係数をプロットしたうえで、横軸を連続配合時の添加剤濃度に換算した。バッチブレンドした試料の摩擦係数は 0.5wt% までは低下するが、0.6wt% では 0.5wt% と同等の摩擦係数を示し、GMO による摩擦係数低減効果は 0.5wt% で頭打ちになることを示した。連続配合では濃度が 1.0wt% となる添加剤投入量でバッチブレンド 0.5wt% の摩擦係数と一致しており、最大摩擦低減効果は一致しているものの、そこに到達する配合量には差異がある。この差異については、追加配合された添加剤がスタティックミキサーで均一溶解しても、循環油量が総油量 60ml に対し毎分 6.55ml と少なかったことにより、系全体が均一となるまでのタイムラグがあったこと、摩擦試験において摩擦が低下し、一定値を示すまでに時間経過を必要とすること、の両面が考えられるので、その点の切り分けを今後の課題としたい。

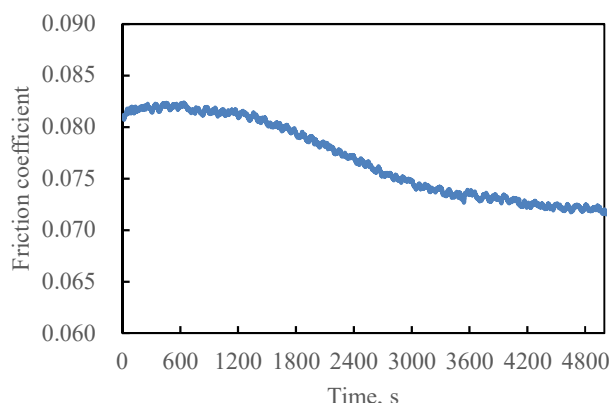


Fig.3 Friction coefficient of continuously addition test

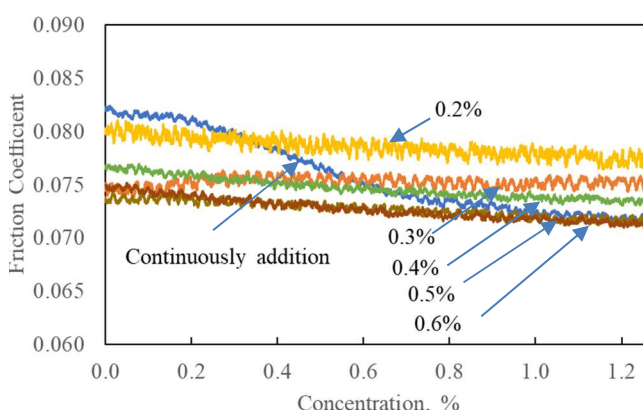


Fig.4 Friction coefficient comparison with batch blend

4. おわりに

配管内調合機構（ラインブレンド）を組み込むことで、添加剤濃度を連続可変させることを可能にした新規摩擦試験機構により基材油に GMO を連続配合し、摩擦係数を測定する試験を実施した。追加配合量とバッチブレンドでは配合量による摩擦低減効果に差異がみられたが、最大摩擦低減効果は一致した。

文献

- 1) 八木下・大久保・若林：摩擦特性に及ぼすジアルキルリン酸亜鉛添加剤と金属清浄剤の共存効果，トライボロジスト，56，12 (2011) 770.
- 2) 釘宮：ATF 添加剤および摩擦材構成成分の μ - v 特性に及ぼす影響，トライボロジスト，45，5 (2000) 387.