

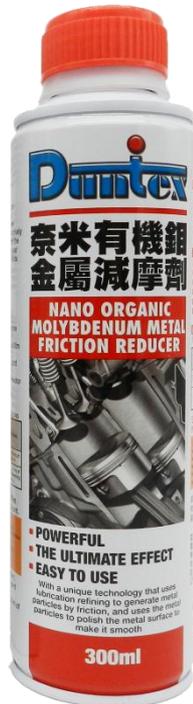
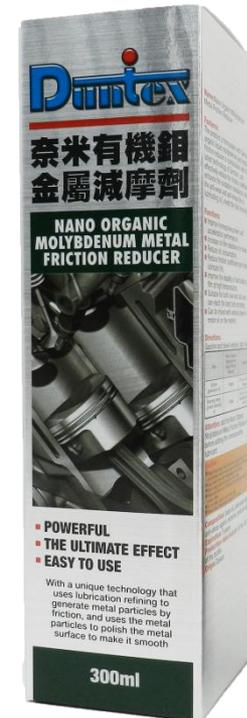


東帝仕專業化工

奈米有機鉬 金屬減摩劑

有機鉬Exp-MoDTC &
摩擦改進劑Exp-OFM

復配介紹



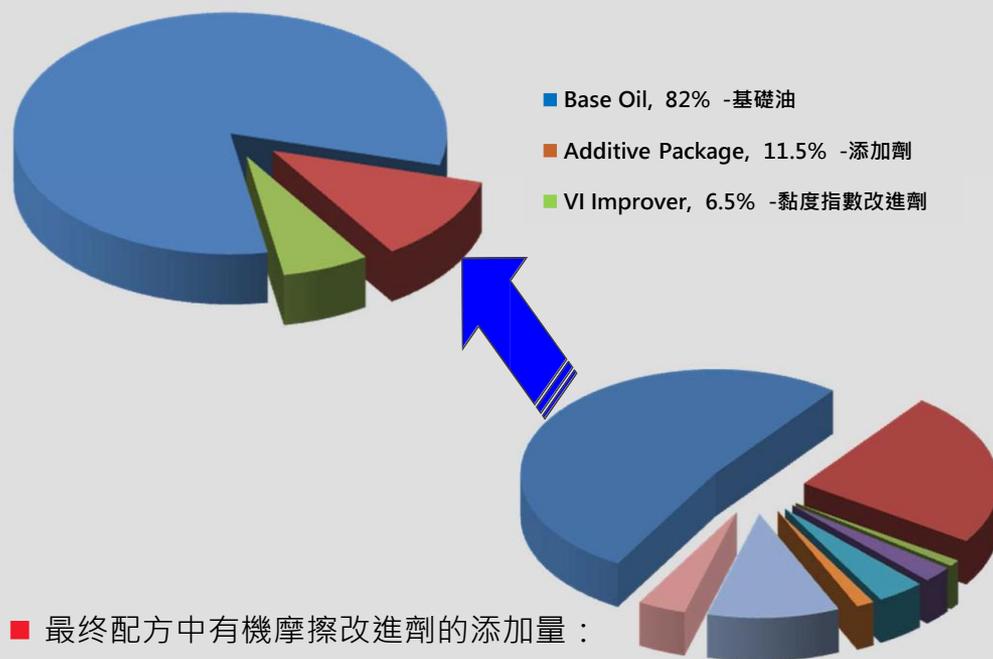
內容

- 發動機油添加劑 – 回顧摩擦的影響
- PCMO & HDDEO 摩擦改進劑的摩擦學研究:
 - OFM有機摩擦改進劑 & MoDTC有機鉬減摩劑
 - 溫度的影響 (摩擦係數 vs. 溫度) & 持續作用 (摩擦係數 vs. 時間)
- 燃油經濟性 & 程序 VIE – 摩擦改進劑的作用階段
 - 摩擦改進劑的性能表現 & 協同保持 – 燃油經濟性
- 最新的活塞環-汽缸套摩擦學研究 – 類似發動機測試
- 總結

發動機油添加劑相互作用與摩擦學

典型的發動機油組成

SAE 10W-30 Motor Oil



■ 最終配方中有機摩擦改進劑的添加量：
0.5 – 1.5% Wt. 取決於油品的黏度

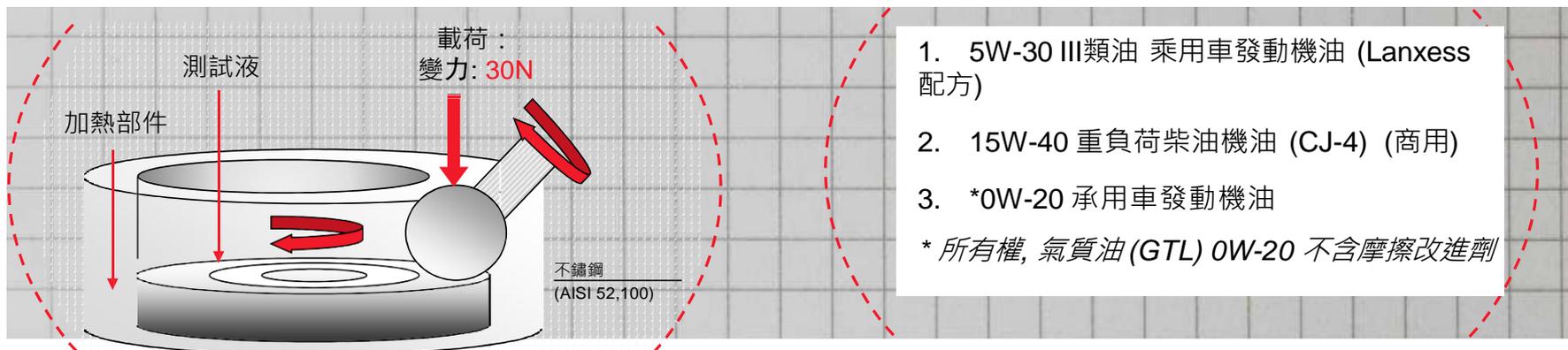
添加劑包含：

- Dispersant, 52% -分散劑
- Detergent, 24% -清潔劑
- Pour Point Depressant, 1% -降凝劑
- Antioxidant, 2.5% -抗氧化劑
- Friction Modifier, 4% -摩擦改良劑
- Diluent, Foam Inhibitor & Demulsifier, 1.5% -稀釋劑、泡沫抑制劑& 乳化劑
- Anti-Wear Agent, 11% -抗磨劑
- Rust Inhibitor, 4% -除鏽劑

實驗的摩擦學研究：MTM 微牽引力測定儀

盤/球 旋轉 (不同的速度): 0.5 滑動滾動比

摩擦學研究的潤滑油



1. 5W-30 III類油 乘用車發動機油 (Lanxess 配方)
 2. 15W-40 重負荷柴油機油 (CJ-4) (商用)
 3. *0W-20 承用車發動機油
- * 所有權, 氣質油 (GTL) 0W-20 不含摩擦改進劑

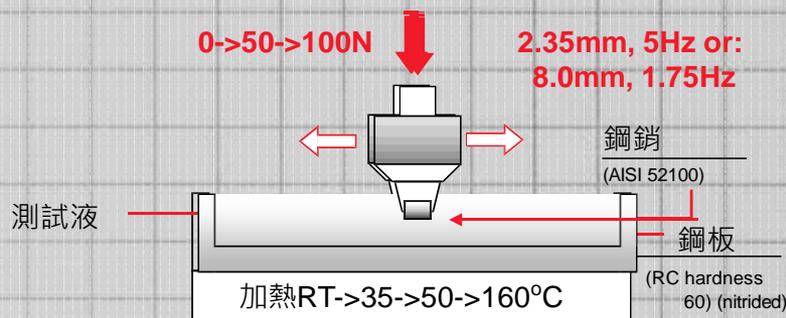
測試條件 – Stribeck曲線測量

載荷：牛頓 (N),kg	溫度 (°C)	速度 (mm/s)	滑動-滾動比 %
30, 3.06	150	2000-5	50
30, 3.06	150 (持續72小時)	6 mm/s	50

實驗的摩擦學研究：TE-77高頻摩擦試驗機

樣品測是模型 圓柱在板上 6 x 16mm: 線接觸

摩擦學研究潤滑油



1. **5W-30** III類 乘用車發動機油 (Lanxess 配方)
 2. **15W-40** 重負荷柴油機油 (CJ-4) (商用)
 3. ***0W-20** 乘用車發動機油
- *所有權, 氣質油 (GTL) 0W-20 不含摩擦改進劑

標準階段 1-3, 恆溫保持階段 4

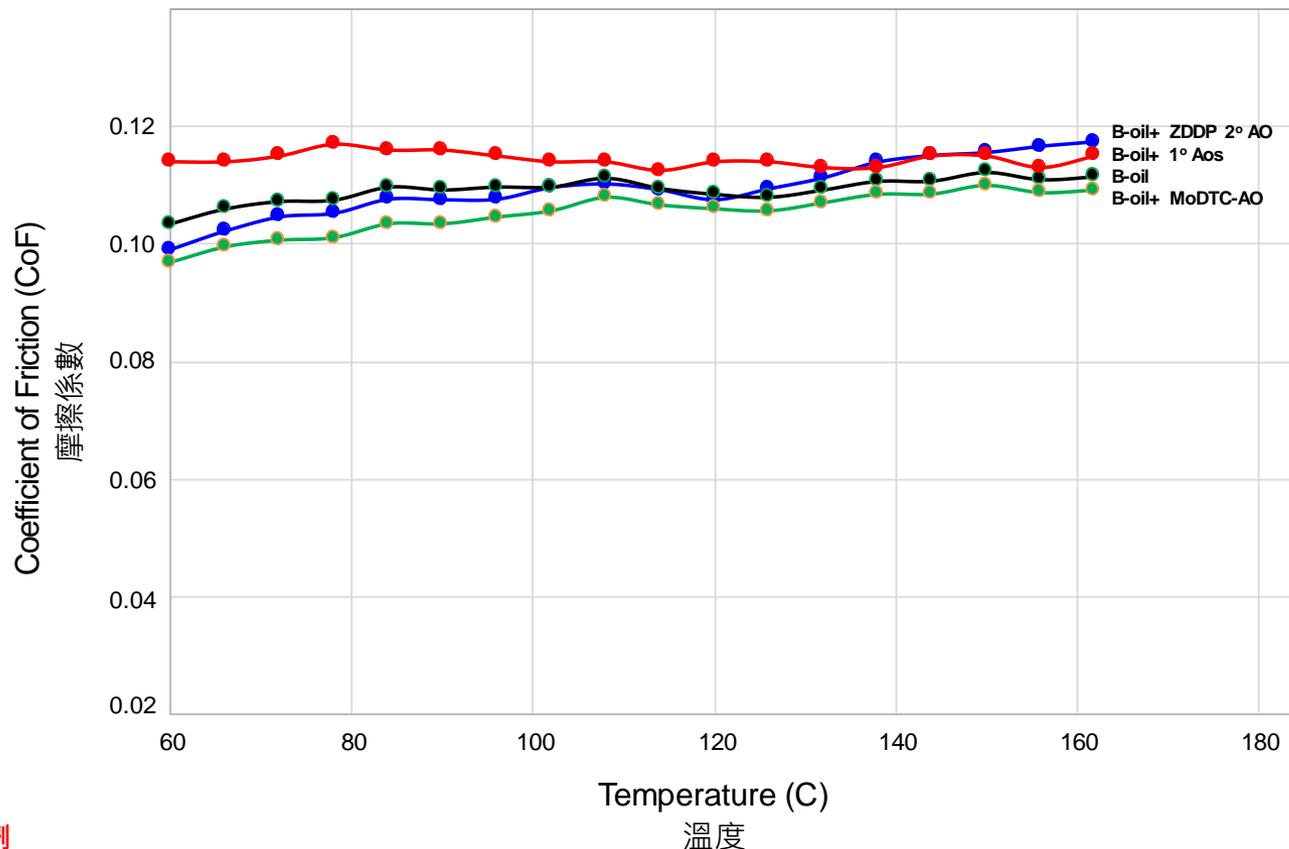
Stage	載荷 N, kg	溫度 °C	升溫時間 Min.	持續 Min, (Hr. -stage 4)	頻率 Hz
1	0,0	25-35	10	5	0
2	50, 5.1	35-40	10	5	1.75
3>	100, 10.2	50-160	60	0	1.75
4 Hold option	100, 10.2	160	0	48, 72	1.75

添加劑類型 – 潤滑油保護

潤滑油保護：

- 抗氧劑 1° and 2° :
捕捉自由基
氫過氧化物分解
- 金屬鈍化劑: (微量)
- 消泡劑: (微量)

Bulk Lubricant Protecting Additives – TE-77 Friction Response



• DUNTEX=Exp OFM有機摩擦改進劑

* DUNTEX=Exp MoDTC有機鉬減摩劑

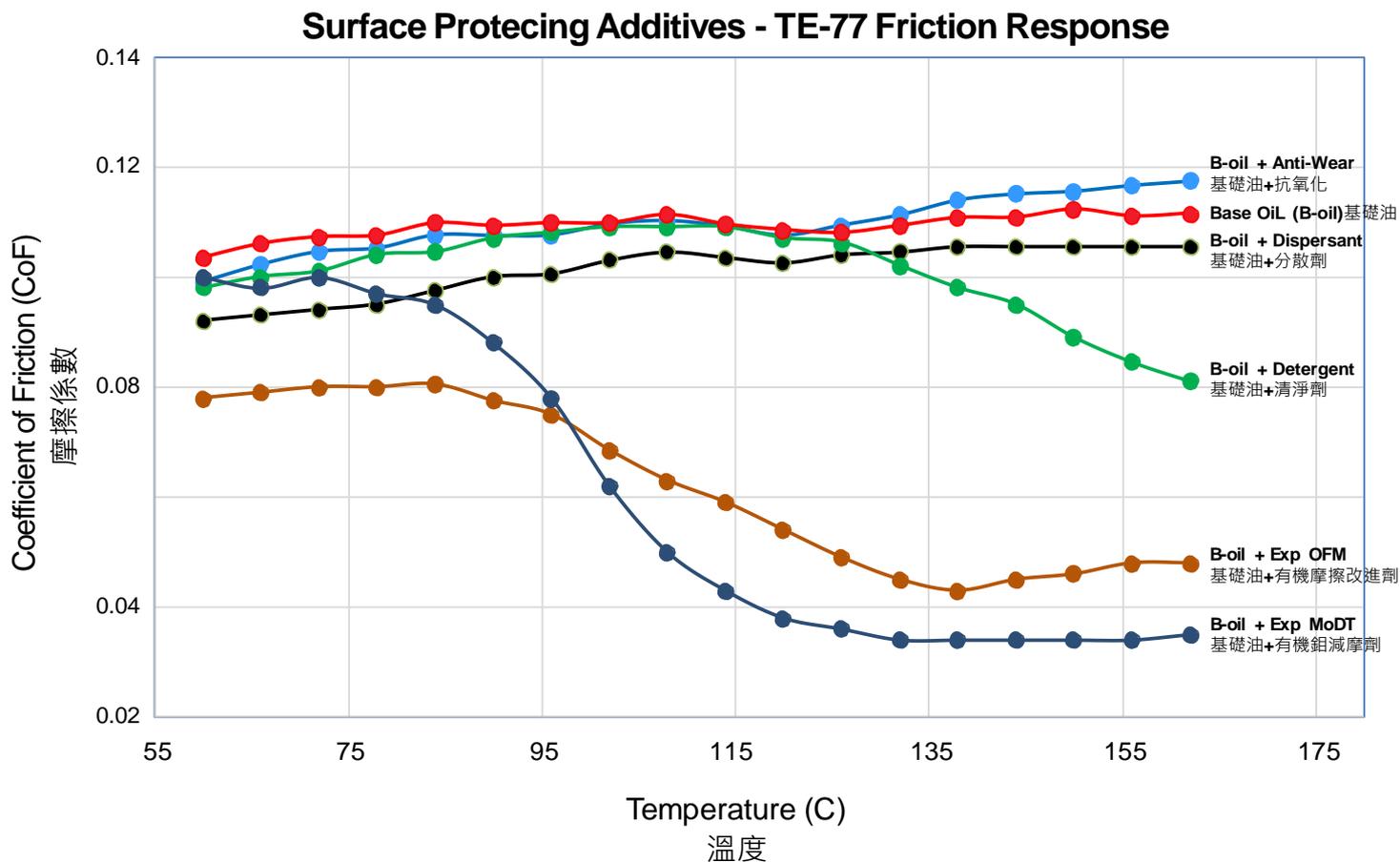


添加劑類型 – 表面保護

表面保護：

- 分散劑
- 清淨劑
- 抗磨劑
- 摩擦改進劑
- 5W-30需要摩擦改進劑

分散劑的相互作用 & 保持極性和金屬潤滑，需要合適的摩擦改進劑

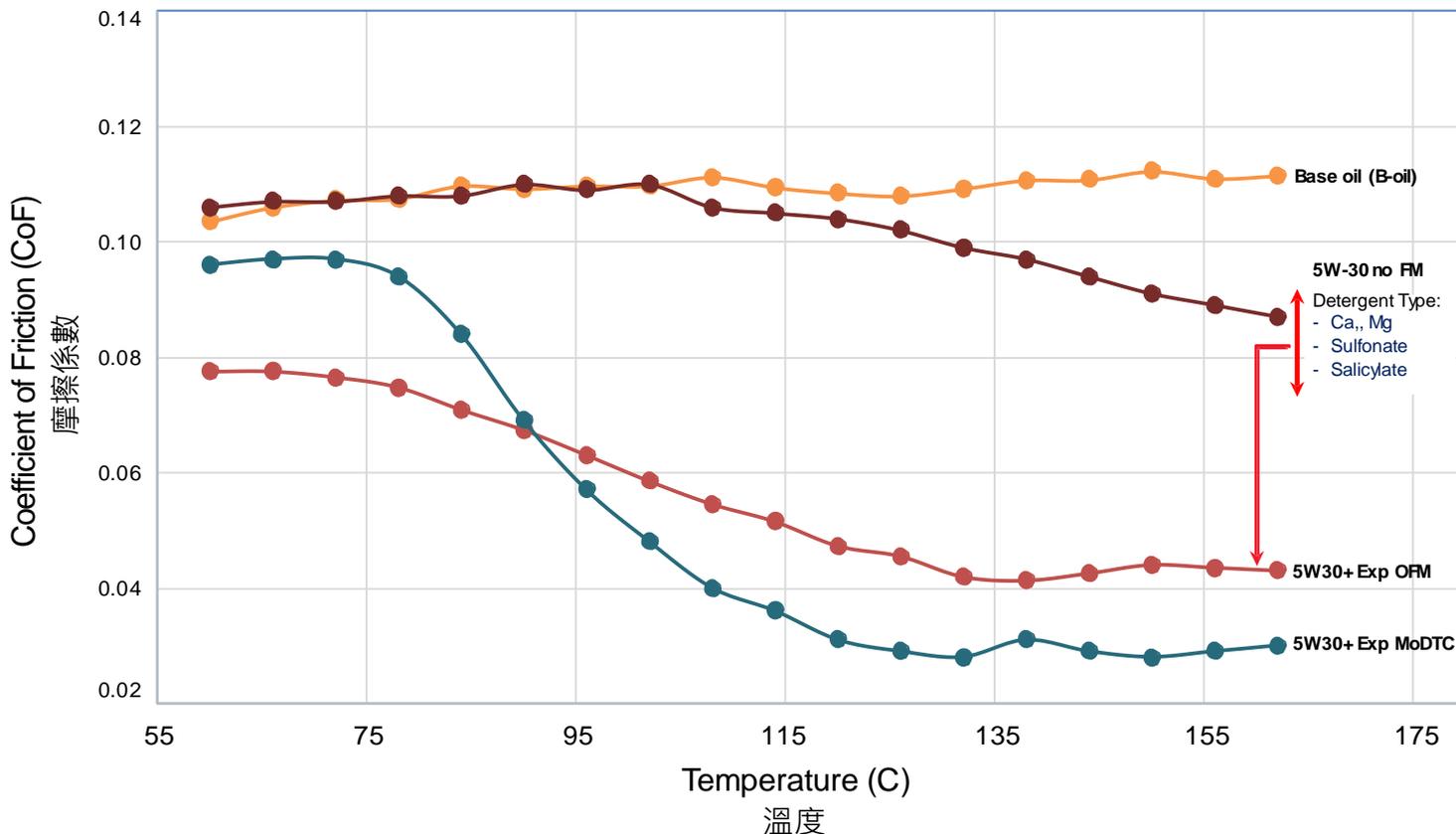


增強全配方潤滑油摩擦系數降低性能表現

潤滑保護：
提高性能表現

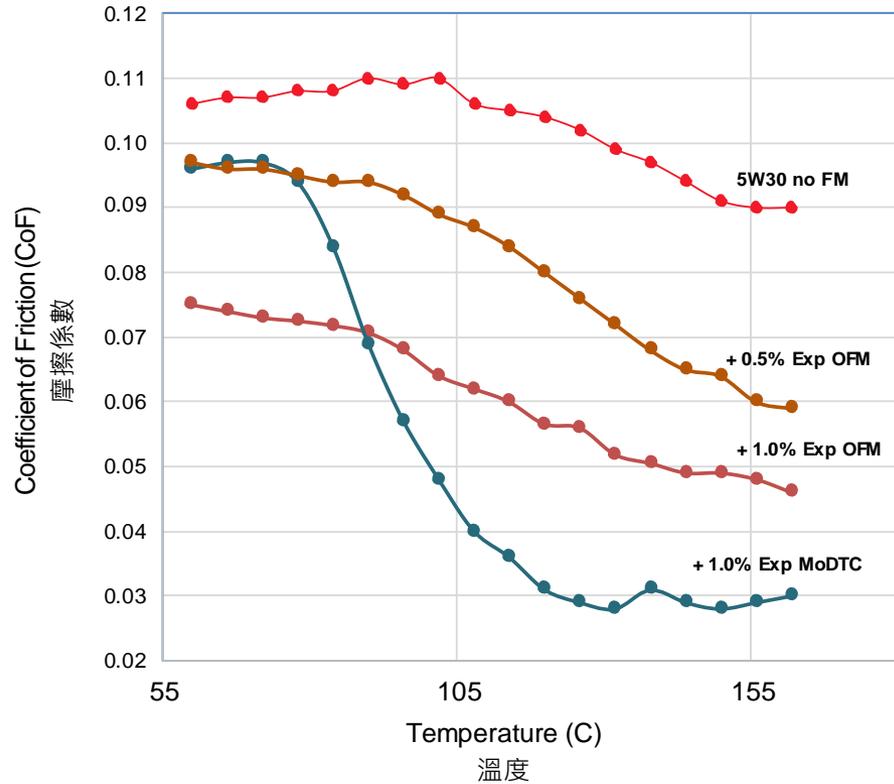
- 增黏劑 & 摩擦改進劑
- 維持性能
- 全配方
- 協同作用：
 - 清淨劑
 - 分散劑
 - 抗磨劑

TE-77 Friction Performance Response Full Formulated 5W-30 + FM

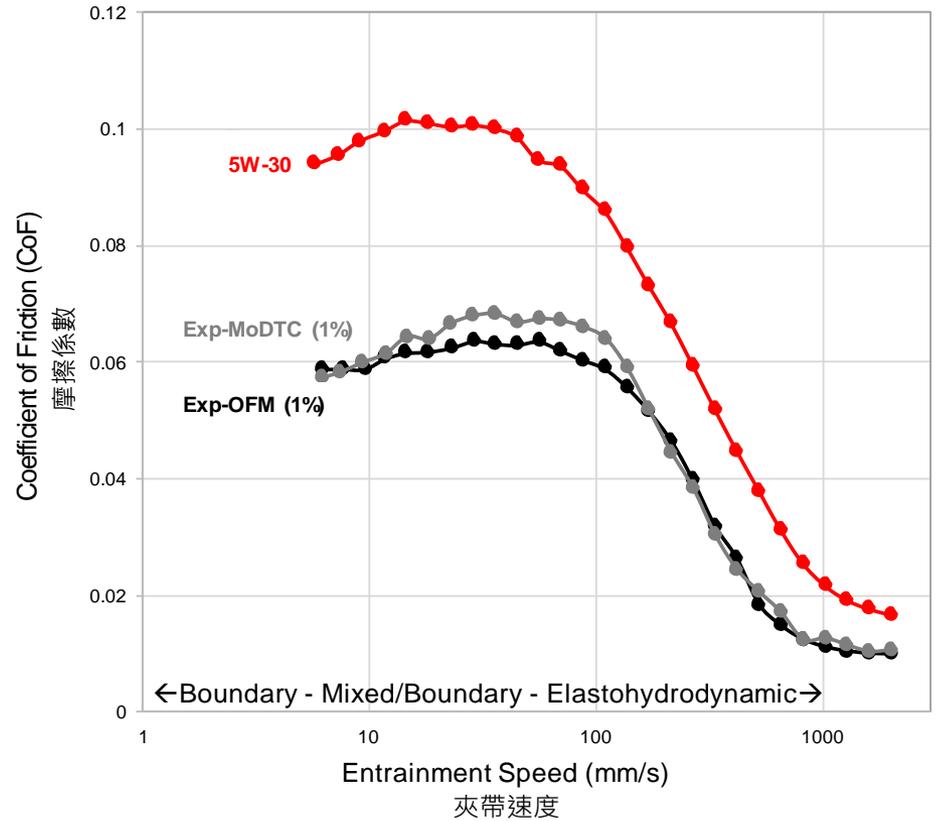


摩擦改進劑的影響(摩擦係數vs.溫度)： TEE-77和MTM摩擦學研究-深度探索

5W-30, 1% FM : (TE-77 摩擦學研究) 60-160 C

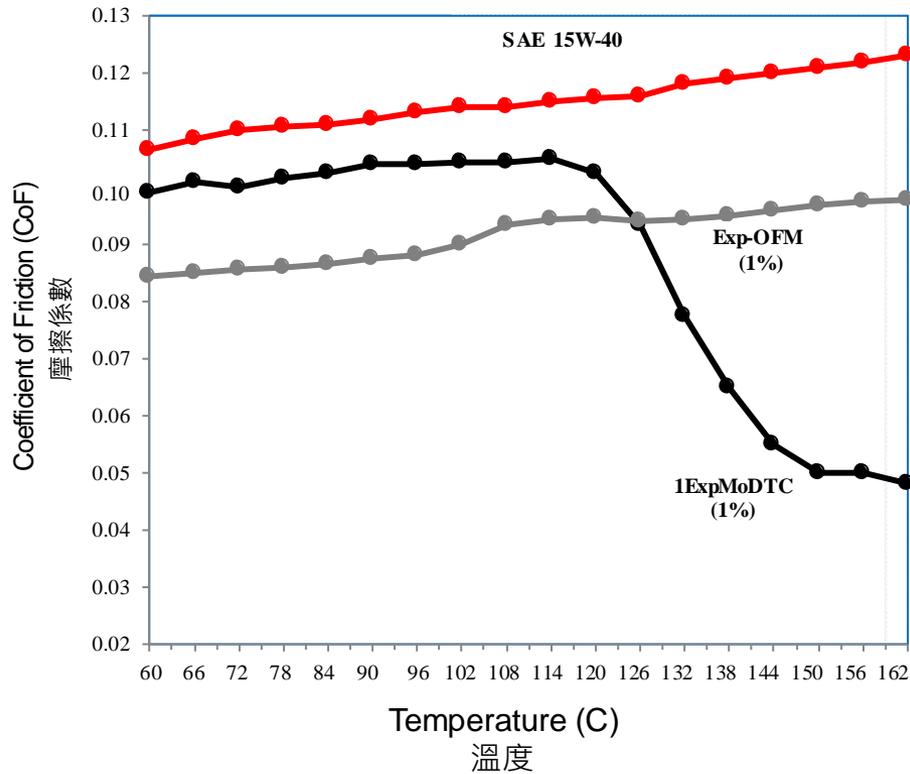


5W-30, 1% FM : (MTM 摩擦學研究) 150C



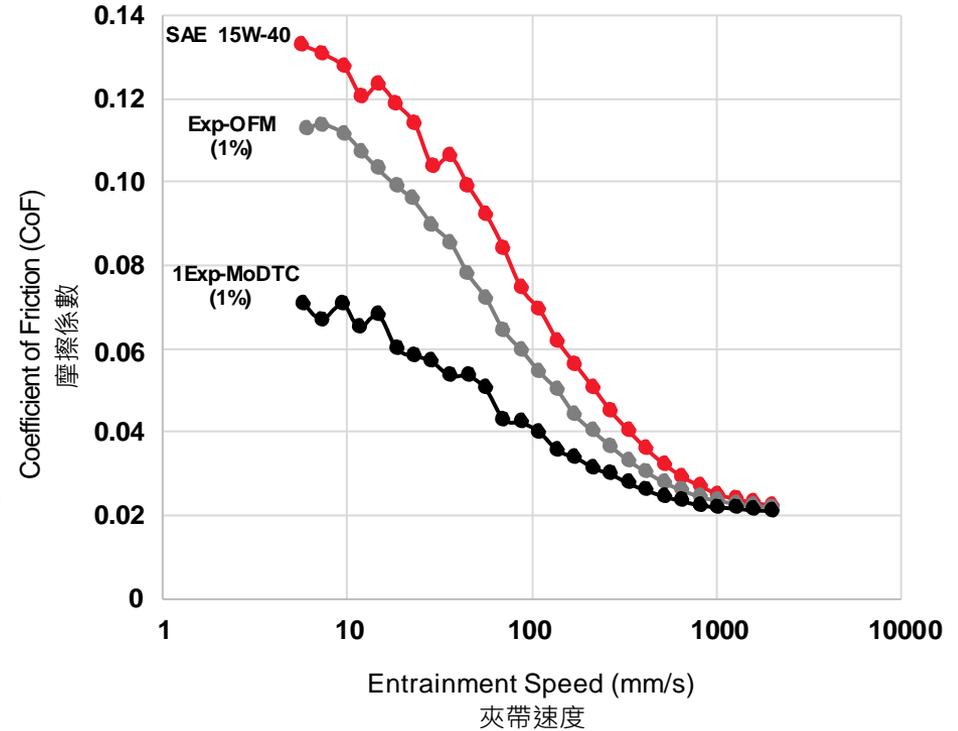
15W-40 添加 Exp-OFM, Exp-MoDTC : (TE-77)

SAE 15W-40 (CJ-4) Heavy Duty Engine Oil with FM Treat



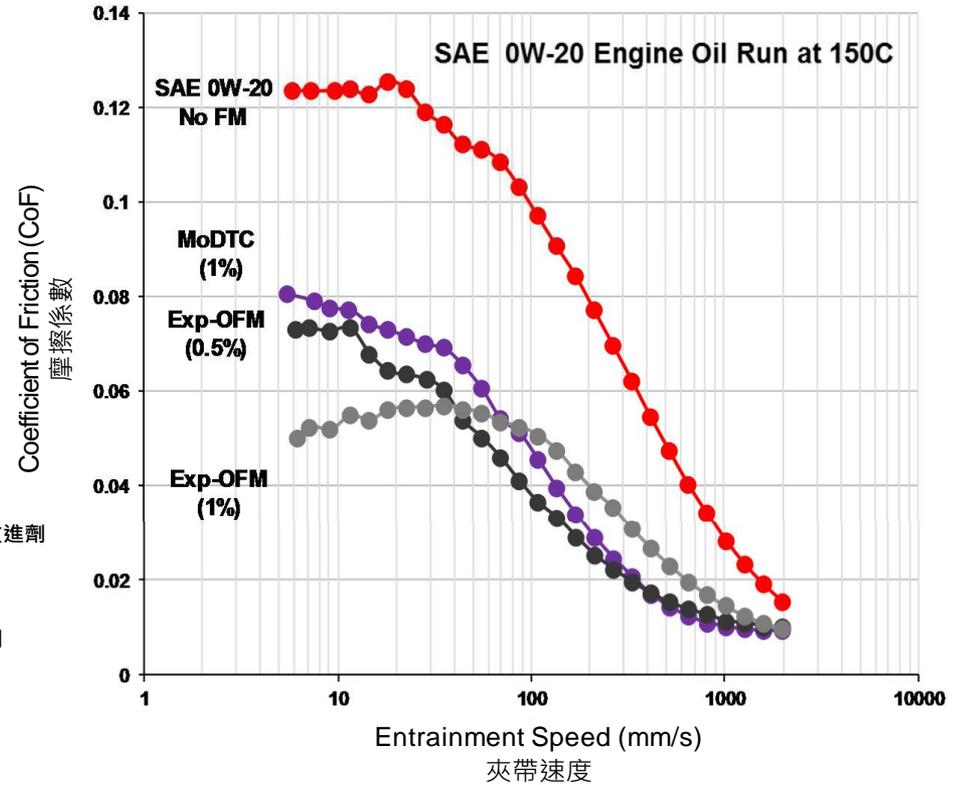
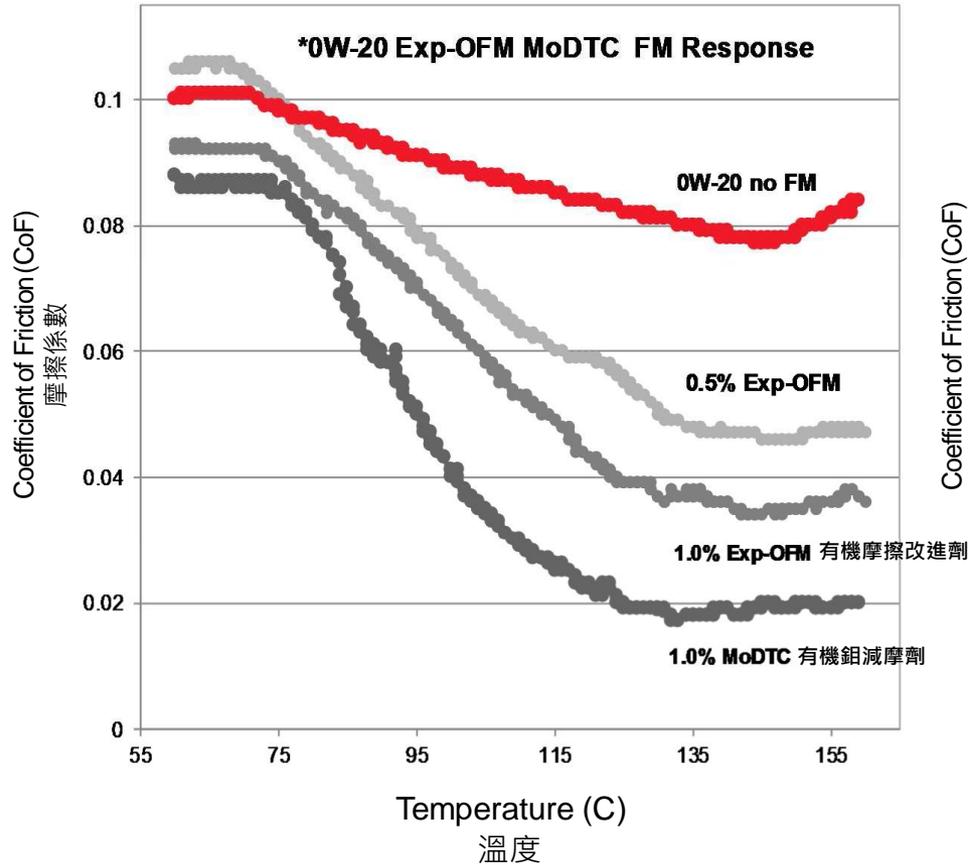
15W-40 添加 Exp-OFM, Exp-MoDTC : (MTM)

15W-40 HDDEO + (1%) Exp-OFM, (1%) Exp-MoDTC



0W-20, 1% FM : (TE-77 摩擦學研究) 60-160 C

0W-20, 1% FM : (MTM 摩擦學研究) 150C



摩擦改進劑性能保持(摩擦係數vs.時間)：
***0W20&15W40 -恆溫160C**



15W-40 添加 Exp-OFM, Exp-MoDTC : 摩擦係數

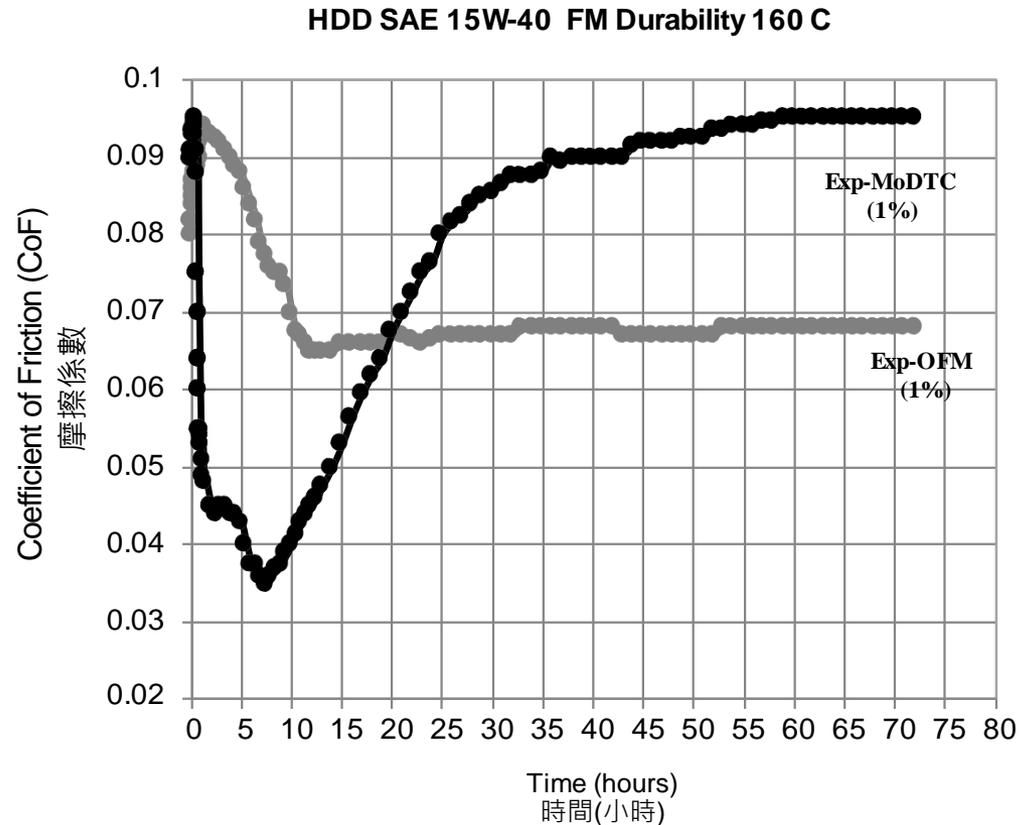
■ Exp OFM具有長時間保持摩擦係數降低的表現。

■ 1% Exp-OFM (12Hr to 72 Hr) 摩擦係數始終保持在 ~ 0.07。

■ 起初Exp-MoDTC FM 具有優異的降低摩擦係數表現，隨著時間 (摩擦係數 0.035 上升至 0.09)。

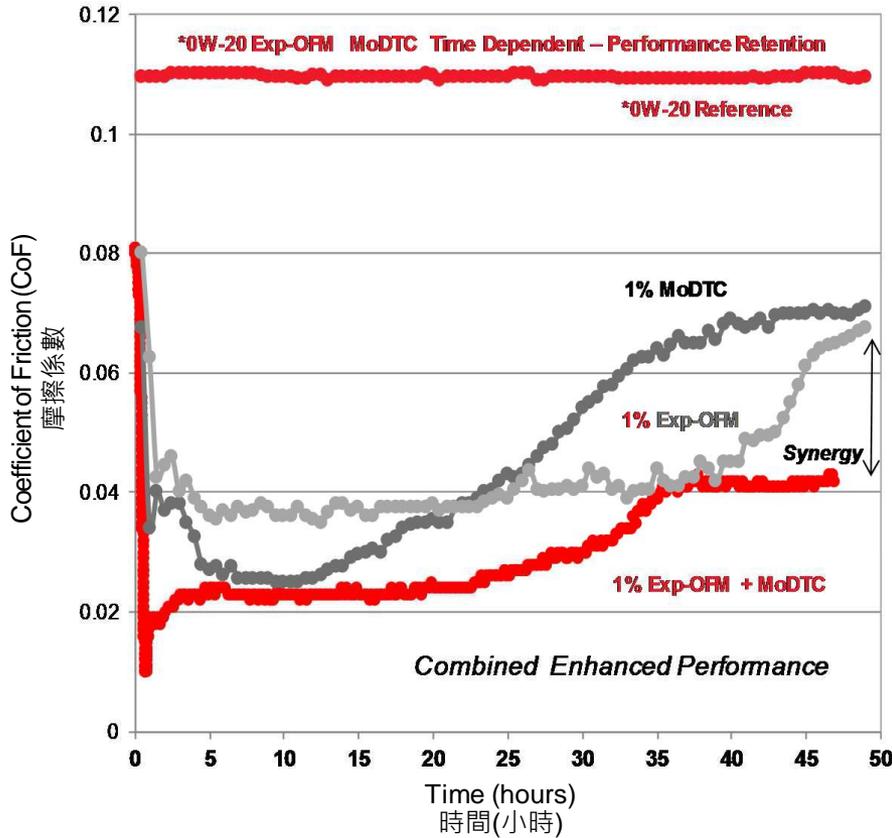
■ 報告顯示高劑量的ZDDP會使摩擦膜變硬，隨著時間摩擦係數會升高。

15W-40 添加 Exp-OFM, Exp-MoDTC : 摩擦係數

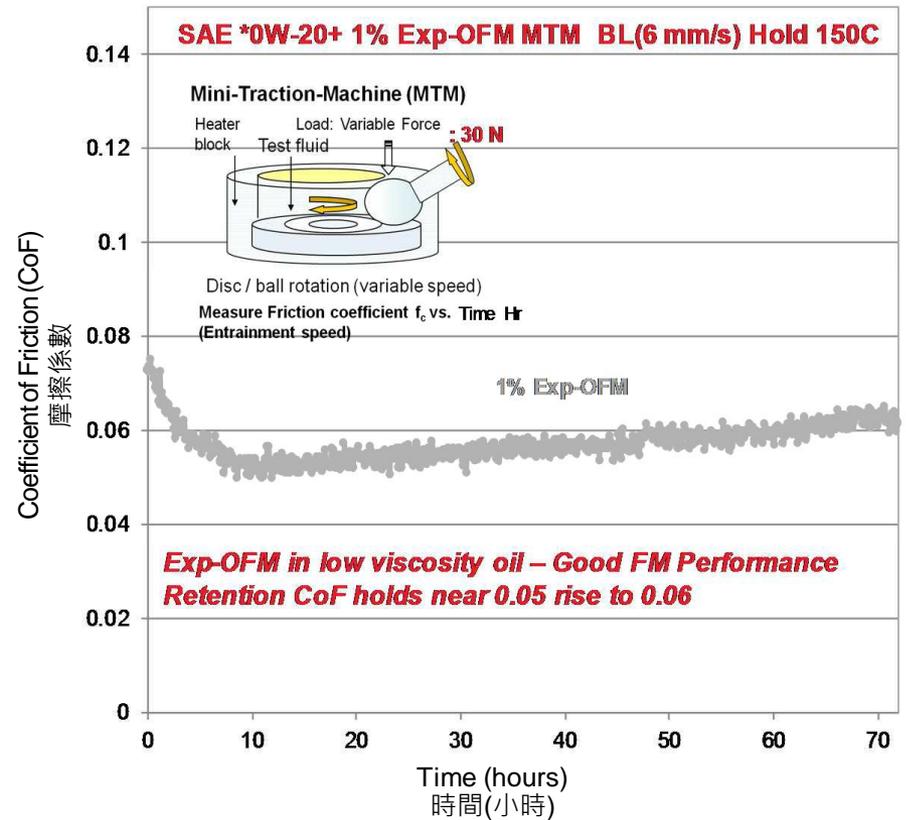


TE-77 長時間性能表現 – 長時間保持摩擦係數降低

0W-20, Exp-FM : TE-77 耐久性 160C, 50Hr



0W-20, Exp-FM : MTM 耐久性 6mm/s 72H 150C



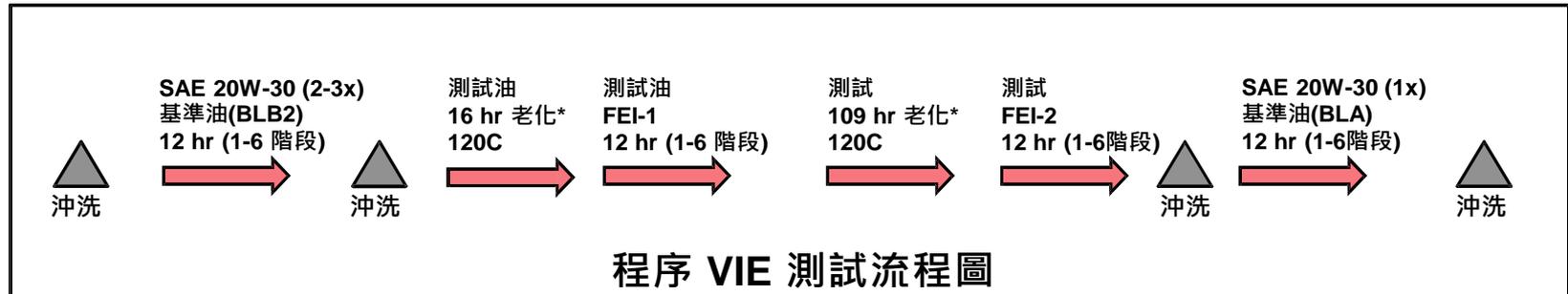
摩擦改進劑表現取決於時間

Exp-OFM 性能表現保持- 耐久性

- MoDTC：起始摩擦係數低, Mo-S 摩擦膜 MO_3 – 提高鉬含量和ZDDP抗氧劑降低摩擦係數的性能得以延遲。同時ZDDP摩擦膜會變硬。
- Exp-OFM：低摩擦係數，根據TE-77的數據，升高遠遠晚於MoDTC。
- Exp-OFM：MTM 150C恆溫(6mm/s, FM sensitive)的數據支持。
- Exp-OFM + MoDTC復配：具有協同作用，在TE-77恆溫160C時，有更好的性能表現。

***0W20發動機程序VIE燃油經濟性&摩擦 改進劑作用階段：摩擦學關係**

程序VIE燃油經濟性測試ASTM D8114-17程序. VIE



* 老化 2250 rpm / 120C

■ FEI-1 測量 vs 以下基準油：

- 起始 % FEI-1 vs.(0.8 BLB2 + 0.2 BLA)

■ FEI-2測量 vs 以下基準油：

- 長期 % FEI-2 vs.(0.1 BLB2 + 0.9 BLA)

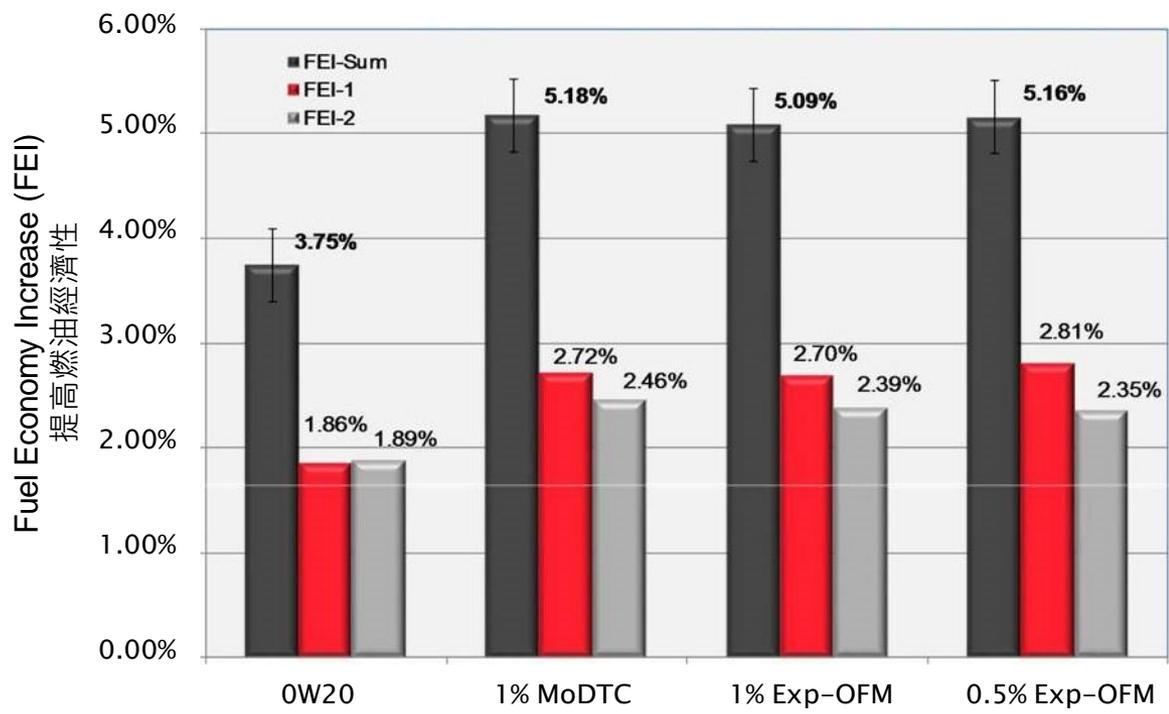
■ FEI-Sum = 起始 + 長期燃油經濟性提高：

- FEI-Sum = FEI-1 + FEI-2

■ 潤滑油矩陣程序 VIE 數據：

- SAE *0W-20 基準- 不含摩擦改進劑
- SAE *0W-20 + 1 wt % (MoDTC)
- SAE *0W-20 + 1 wt % Exp-OFM
- SAE *0W-20 + 0.5 wt % Exp-OFM

程序VIE發動機測試摩擦改進劑的影響



- 0.5% - 1.0% Exp-OFM與MoDTC效果相當
- 1% MoDTC 含有 400 PPM
- 提高燃油經濟性(FEI) – 邊界潤滑和彈流潤滑影響
- 關注邊界潤滑階段的摩擦

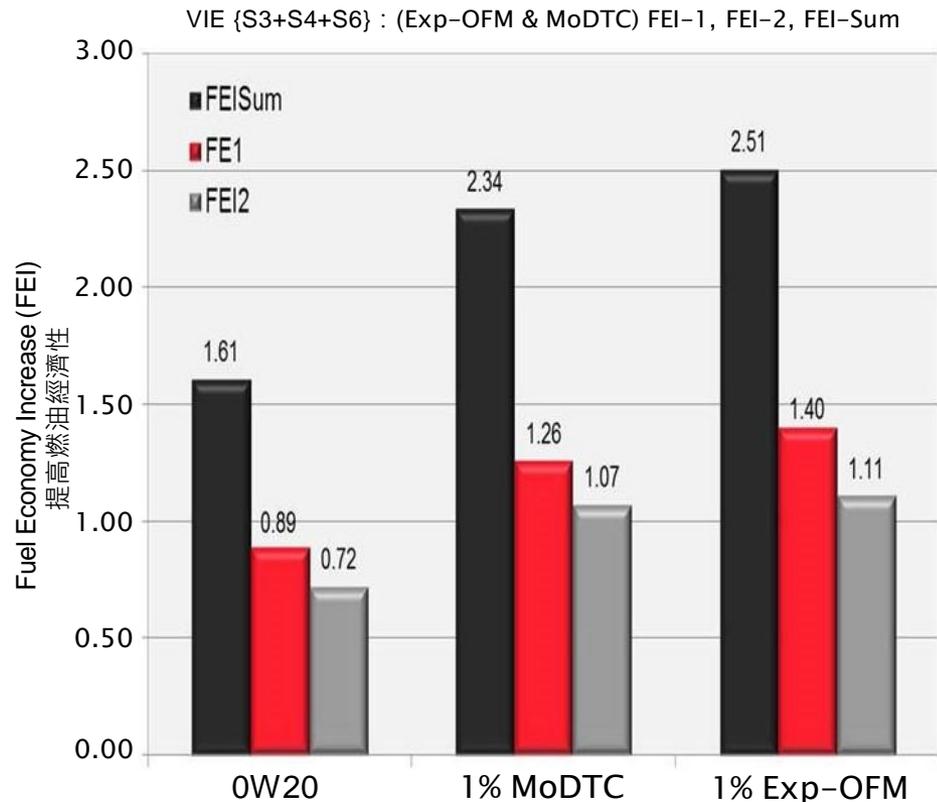
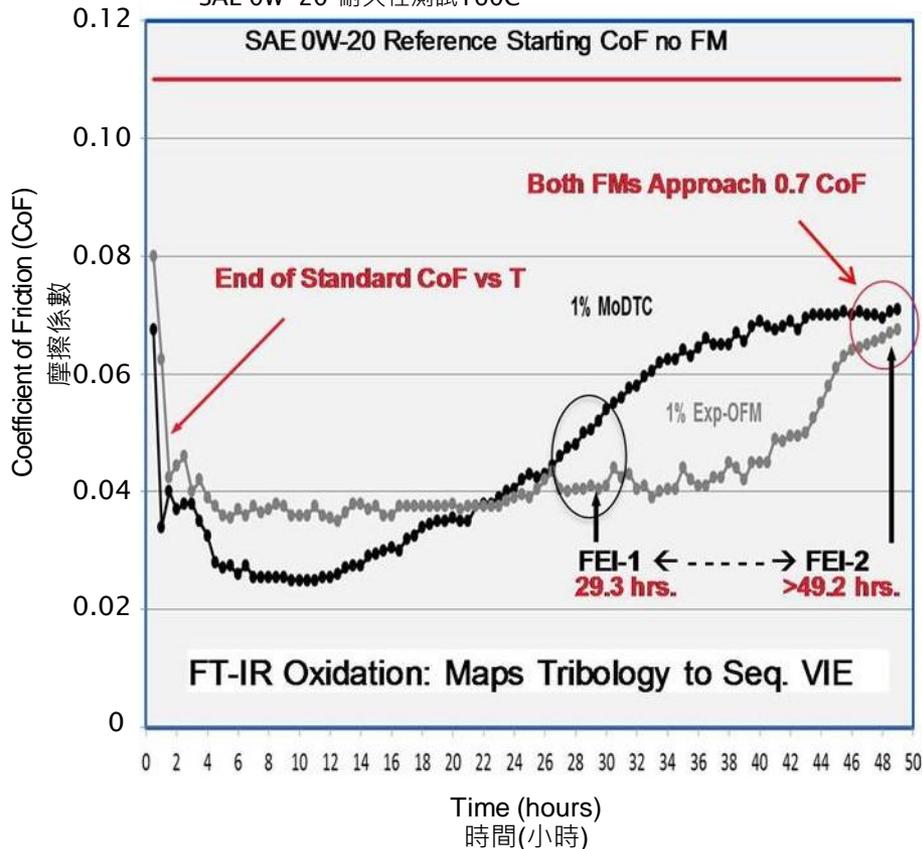


發動機 VIE 燃油經濟性深度研究- 摩擦改進劑 作用階段與摩擦學的關係：

Parameter	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
Speed, r/min	2000 +/- 5	2000 +/- 5	1500 +/- 5	695 +/-5	695 +/-5	695 +/-5
Load Cell, N-m	105.0 +/- 0.1	105.0 +/- 0.1	105.0 +/- 0.1	20.0 +/- 0.1	20.0 +/- 0.1	40.0 +/-0.1
Nominal Power, kW	22.0	22.0	16.5	1.5	1.5	2.9
Oil Gallery, oC	115 +/-2	65 +/-2	115 +/-2	115 +/-2	35 +/-2	115 +/-2
Coolant-in, oC	109 +/-2	65 +/-2	109 +/-2	109 +/-2	35 +/-2	109 +/-2
Stabilization Time, min	60	60	60	60	60	60
	↑ EHL	↑ EHL	↑ Mixed EHL / BL	↑ BL	↑ EHL	↑ BL
Weighting by Stage	47%	5%	37%	5%	0.4%	6%

Exp-OFM比MoDTC具有更低的摩擦係數及FEI-1更高的燃油經濟性，FEI-2具有相同的摩擦係數及燃油經濟性

1% MoDTC有機鉬減摩劑, 1% Exp-OFM有機摩擦改進劑：
SAE 0W-20 耐久性測試160C

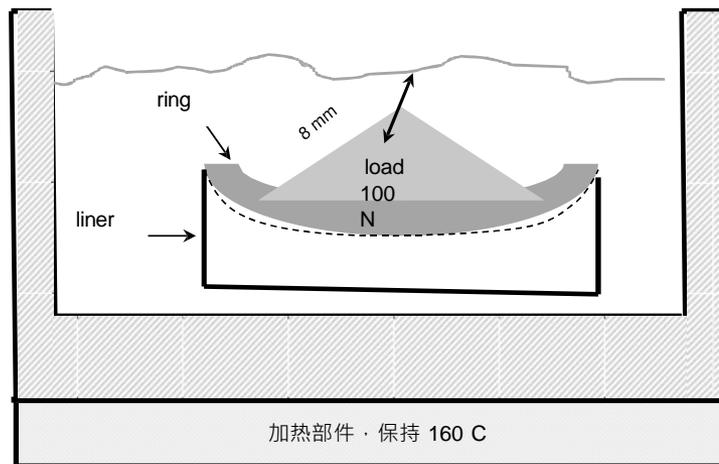
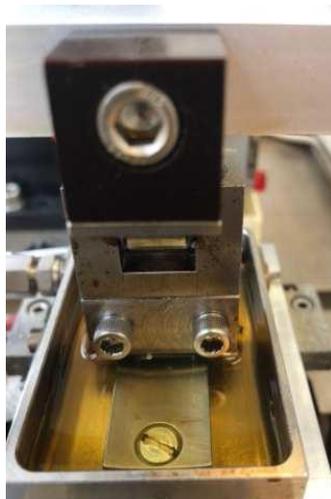


發動機測試 – 摩擦學耐久性研究整體相關性

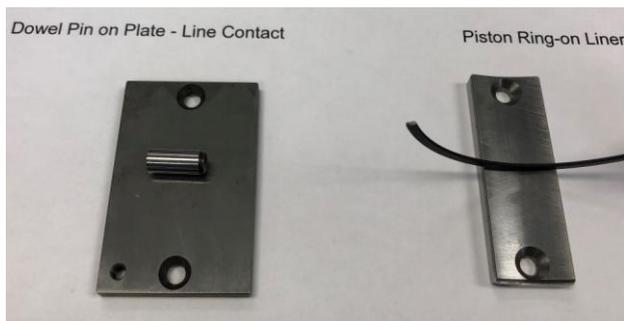
- 匹配在摩擦學研究-160C恆溫與程序VIE-發動機測試中油品氧化的FTIR – 關聯摩擦學研究 160C恆溫與程序VIE。
- VIE燃油經濟性測試階段3+4+6有助於深入理解**摩擦改進劑**在低速高溫（邊界潤滑）的表現。
- **摩擦改進劑**性能保持的評價有助於**摩擦改進劑**設計具有長期的發動機燃油經濟性。
- Exp-OFM和MoDTC的恆溫摩擦學測試對評定其他行駛循環-世界範圍內的輕型車測定程序(WLTP),新歐洲標準行駛循環(NEDC)可能有用。

新的摩擦學模型-活塞環汽缸套耐久性- 更類似發動機測試

摩擦改進劑摩擦學的活塞環-汽缸套接觸模型

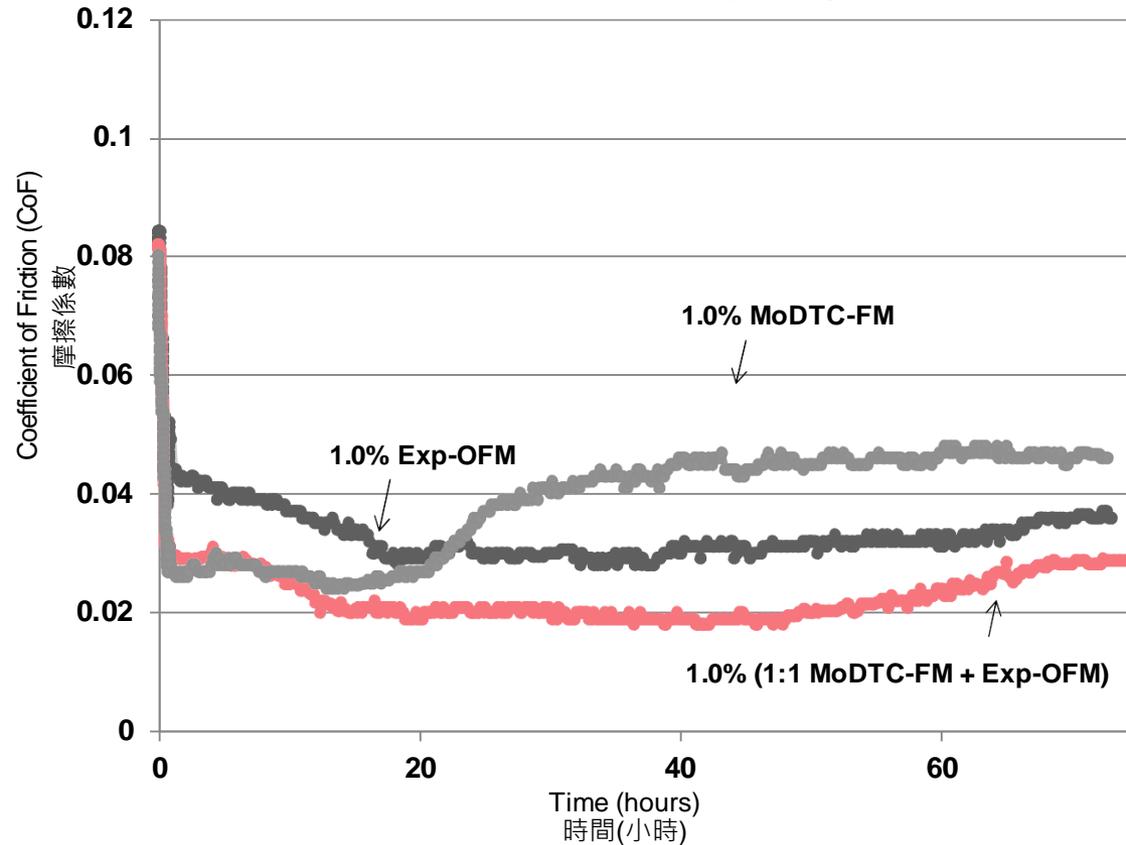


- 樣品位於測試油面以下
- 10ml潤滑油加在活塞環-汽缸套上



摩擦改進劑 – 活塞環在汽缸套上的持久性

0W-20+ExpOFM, MoDTC Durability Ring-on-Liner 160C



SAE 0W-20 Exp-OFM , MoDTC

- 1% ExpOFM 在 24Hr(0.03 CoF) , 保持 72Hr(0.037 CoF) 。
- 1% MoDTC 在12Hr(0.024 CoF) , >24Hr升高至(0.048 CoF) 。
- 1% [Exp-OFM + MoDTC]在12.4Hr(CoF 0.02), 53 -72Hr上升至(0.028 CoF) 。
- 接觸電壓(mV) Exp-OFM从5上升至45 24H , 保持到72H 。
- 接觸電壓(mV) MoDTC在20Hr从5上升至33 , 下降7mV , 24H至72Hr保持薄油膜 。

總結

- Exp-OFM有機摩擦改進劑 &Exp-MoDTC有機鋁減摩劑及1：1復配的相關性能表現在曲線圖上得到活塞環及汽缸套的摩擦學研究模型的數據表現。
- MoDTC在更高加量時性能表現進一步提高(增加摩擦膜)。
- Exp-OFM有機摩擦改進劑 &Exp-MoDTC有機鋁減摩劑的分析可以深刻理解摩擦改進劑耐久性和燃油經濟性表現-活塞環在汽缸套模型的進一步匹配研究是另一個有力的支持。
- 評價摩擦改進劑持久性與長期的發動機燃油經濟性對摩擦改進的設計應該是一種有用的方法。



奈米有機鋁 金屬減摩劑