

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：其他，出席國際會議)

參加 2001 STLE 年會出國報告

服務機關：中油公司煉製研究所
出國人 值 稱：十一等化學工程師
姓 名：李繼喜
出國地點：美國
出國期間：90年05月19日至90年05月26日
報告日期：90年7月16日

摘 要

現代工業機械及汽車引擎使用效能愈來愈高,工作條件則趨向嚴格,因此對其潤滑油使用效能亦要求提高,以配合現代高效能精密機械使用。傳統上石油所提煉的部份礦物型潤滑油已不能符合高效能機械使用要求,必須使用高效能合成潤滑油。本項出國的主要目的,即是瞭解潤滑油品質趨勢及儀器設備發展。由於合成潤滑油的流體黏度性、穩定性、極壓及抗磨耗性、密封性、抗輻射性、毒性及環境及抗火性,都會有優於礦物油的合成油,並且目前也應用於航空界、工業、海運、車輛及軍方等,顯示合成潤滑油使用效能已被工業製造業肯定。至於 WOC 擦修飾劑測試設備,因有良好再現性及靈敏度,並且能夠廣泛評估應用於(摩擦修飾劑)FMAs、省能源、抗磨耗添加劑影響,明顯區分其省能源效果,所以 WOC 是一部非常好評估摩擦修飾劑及省能源的設備,在重視能源時代,有無限應用發展潛力。

「參加 2001 STLE 年會」出國報告

目次

一.出國目的：	1
二. 出國行程：	1
三. 報告內容：	1
壹.合成潤滑油：	1
A.分類：	2
B.流體黏度性(Viscometrics)：	2
C.穩定性(Stability)：	2
D.極壓及抗磨耗：	3
E.密封材質相容性：	3
F. 抗輻射性：	3
G.毒性及環境：	3
H.抗火性：	4
H.合成油應用：	4
貳.評估抗摩擦係數添機劑的新設備- WIRE ON CAPSTAN APPARATUS	4
A.再現性：	5
B.摩擦修飾劑(FMAs)評估：	5
C.抗磨耗添加劑與摩擦修飾劑互動關係：	5
D.商業化引擎機油：	6
四.心得與建議：	6
五.參考文獻：	7

參加 2001 年 STLE 年會出國報告

一. 出國目的：

此次奉派參加 2001 年 STLE 年會，主要目的在於瞭解目前潤滑油品質及趨勢等最新技術，以掌握相關產品開發、配方發展的新趨勢。

二. 出國行程：

職等於 90 年 05 月 19 日自桃園中正機場出發，先飛往 Los Angeles，而後轉機飛往 STLE 年會會場 Orlando，並於 90 年 05 月 25 日返國，共計七日，其主要行程如下：

日期	地點	工作內容
90.05.19	桃園 — Orlando	啟程
90-05.20	Orlando	參加 2001 年 STLE 年會
90.05.23		
90.05.24	Orlando — 桃園	返程
90.05.25		

三. 報告內容：

職等參加此次 2001 年 STLE 年會，瞭解潤滑油品質最新趨勢。以下報告即分別介紹此次參加年會重要內容及心得報告，資將本次年會最重要發表內容及心得建議，分別整理如下：

壹. 合成潤滑油：

現代工業機械及汽車引擎使用效能愈來愈高，工作條件則趨向嚴格，因此對其潤滑油使用效能亦要求提高，以配合現代高效能精密機械使用。傳統上石油所提煉的部份礦物型潤滑油已不能符合高效能械使用要求，因而必須使用人工製造的合成潤滑油⁽¹⁾，以滿足現代使用高效能工業機械及汽車

引擎。

合成潤滑油的性能普遍優於傳統型礦物油，主要原因是兩者化學組成不同，故其外在表現特性也不相同。針對合成潤滑油種類、特性及與礦物油差異性做詳細報告：

A. 分類：

合成潤滑油依其主要化學成份由 C、H、O、Si、P、F 及 Cl 等原子組成⁽²⁾，依其組成上的不同原子組成而產生不同合成潤滑油，一般主要合成油種類有 PAO、Esters、PAG、Silicons、Alkylbenzene、Fluorocarbons 等；礦物油主要是 C、H、O 等原子組成，主要種類 Group I、Group II 及 Group III。由於化學組成上的不同，因而其煉製上就有不同步驟 (Table 1)。傳統礦物型 Group I 基礎油是以溶劑製造，目前最新礦物性 Group II 及 Group III 基礎油是以氫化製程；合成油則完全以人工合成製程。

B. 流體黏度性 (Viscometrics)：

流體在溫度及壓力作用下，流體黏度會受其影響，其主要指標特性是低溫流動性、黏度指數及壓力與黏度關係。以礦物油為指標，各種合成油流體黏度性 (Table 2)，顯示 PAO、Diester、Polyol ester、Alkylbenzene、Polyglycol、Silicone 及 Silicate esters 的流體黏度性有寬廣範圍，明顯優於礦物型基礎油。

C. 穩定性 (Stability)：

油品受外在環境溫度、氧氣、及水影響而不改變其化學結構，稱之穩定性。以礦物油為指標，各種合成油的熱穩定性、氧穩定性、水解性及揮發性各有不同特性 (Table 3)。關於熱氧化性，其中 PAQ esters、Silicone、fluorocarbon、Silahydrocarbons 及 Phenyl esters 優於礦物型基礎油；若再加上考慮水解性，上述油樣也優於礦物型基礎油；至於揮發性，除了 Fluorocarbons 外，其餘合成油都優於礦物型基礎油。

D. 極壓及抗磨耗：

極壓是油料負荷程度；抗磨耗是油料所能承受磨損程度。各種含有添劑及不含有添劑得合成油，其極壓及抗磨耗特性如 Table-4，相較之下，只有 Phosphate esters 的潤滑性優於礦物油，但其 Fatigue life 確遜於礦物油。

E. 密封材質相容性：

密封相容性是考慮密封材質膨脹或收縮的趨勢。下列是各種合成油密封相容特性：

PAO：收縮，但可以用添加劑或 ester 修改其特性。

Esters：相較礦物型基礎油，有膨脹趨勢。

Phosphate ester：相較礦物型基礎油，有膨脹趨勢。

Fluorocarbons：相較礦物型基礎油，有膨脹趨勢。

F. 抗輻射性：

輻射抵抗性主要分為兩類，一是核子輻射抵抗性；另一則是超音速輻抵抗性，分別敘述如下：

1. 核子輻射抵抗性：

核子輻射主要是破壞化合物上的官能基結構，其中以 carboxylic acid、Phosphate ester 影響最大，容易受核子輻射破壞；其次是 polyglycol 及 hydrocarbonfluids，稍微好一點；polyphenyl ethers 是最不容易受影響，其抗核子輻射優於礦物油 10 倍。

2. 超音速輻抵抗性：

超音速輻抵主要攻擊分子鍵，引起分子鍵斷裂而破壞分子結構。一般合成基礎油不受超音速輻射影響，然而 Polymers 對超音速輻射有相當高敏感度，因此添加劑中 VI improver 易受其超音速輻射影響而裂化。

G. 毒性及環境：

評估合成油中的毒物，除了 PAO 及 phosphate ester 外，其餘油品，都含有較高毒性；Rape seed oils、synthetic esters 及 polyglycol 具有快速生物分解性特性，適用於環保行機油；低黏度等級 PAO(2 cSt at 40)也具有生物分解性；其餘合成油品的生物分解性都較差⁽³⁾。

H. 抗火性：

以礦物油為基礎油,Table-5 顯示各種合成油的抗火性，其中 polyglycol(混合水)、 polyphenyl ethers、 phosphate esters 及 fluorocarbon 顯示出有良好抗火性；其餘合成油的抗火性也較礦物油稍好。

H. 合成油應用：

合成油應用於高效能狀況，主要應用分類於航空界、工業、海運、車輛及軍方等。航空界需要潤滑油特性是，具有廣泛使用溫度範圍、抗火性及良好熱氧化性；工業界使用合成油理由是，高安全性及適用高效能機械；海運用合成油理由類似航空界；軍方使用合成潤滑油則廣泛用於飛彈、火箭及航空機械。至於各種成油適合應用及不適合應用用途如 Table-6 說明。

總體而言，合成潤滑油的流體黏度性、穩定性、極壓及抗磨耗性、密封性、抗輻射性、毒性及環境及抗火性，都會有優於礦物油的合成油，並且目前也應用於航空界、工業、海運、車輛及軍方等，顯示合成潤滑油使用效能已工業製造業肯定。

貳. 評估抗摩擦係數添機劑的新設備 - wire on capstan apparatus

自 1970 年石油危機後，各國體會世界上能源有限及節約能源的重要性，尤其是消費高的美國，劍及履及，立刻立法成立 CAFÉ(Cororate Average Fuel Economy)⁽⁴⁾，規定汽車燃料油引擎行駛的效率。因此省能源成為工業界及汽車業探討熱門題目。

目前實驗室已經有許多摩擦係數評估設備(SRV、Cameron Plint、Falex No.1 等)，然而大部份應用於高負荷力量^(5,6,7)。由於在高負荷情況下會產生幾何變形，應用評估於 FMAs (friction modifier additives). 所得數據會有不規則散形狀，無法得到好的靈敏度。因此形勢需求下，設計”Wire on

Capstan(WOC)”設備，希望在低負荷下評估摩擦係數及 FMAs 應用。WOC 設備(Fig-1)發展應用於高速低負荷工作下，其儀器特性及應用功能性如下：

A. 再現性：

以不同人操作相同儀器，測試 80 支油樣，平均摩擦係數是 0.158，標準偏差是 0.0015，95% confidence limit，顯示 WOC 有良好再現性(Fig-2)，其數具有良好可靠度。

B. 摩擦修飾劑(FMAs)評估：

WOC 設備評估摩擦修飾添加劑在油中影響性有相當大敏感度，以油溶性及非油溶性的摩擦修飾劑為樣品⁽⁸⁾，以 WOC 及以前使用儀器評估，其評估效益結果如 Fig-3 顯示，使用以前儀器測油溶性添加劑濃度超過 1%，測其摩擦係數，所得靈敏度非常低；使用以前方法測非油溶性添加劑在 0.7%濃度，測其摩擦係數只能降低 40%。如果 WOC 方法，測其摩擦係數降低於 70~80%，並且在 0.2%添加劑濃度就可以敏感顯示添加劑效果。

C. 抗磨耗添加劑與摩擦修飾劑互動關係：

據報導抗磨耗添加劑影響摩擦修飾劑功能，以 WOC 設備測試可以證實是否屬實。摻配含有 ZDDP 及不含有 ZDDP 的兩支油樣，分別以 WOC 及以前使用方法分別測試，其顯示效果如(Fig-4)，以 WOC 測試含有 ZDDP 油樣的摩擦係數為 0.12；不含有 ZDDP 油樣的摩擦係數為 0.076，含有 ZDDP 油樣的摩擦係數高於不含有 ZDDP 油樣的摩擦係數，顯示抗磨耗添加劑與摩擦修飾劑有相互抗衡作用，抗磨耗添加劑會降低摩擦修飾劑使用效果。如用以前使用方法測試效果如圖(Fig-5)，含有 ZDDP 及不含有 ZDDP 的兩支油樣的摩擦係數隨著摩擦修飾劑下降，並且無法明顯區分含 ZDDP 的使用效果。相較之下，WOC 有較高靈敏度，明顯區分含 ZDDP 降低摩擦修飾劑的使用效果，可以證實抗磨耗添加劑影響摩擦修飾劑功能。

D. 商業化引擎機油：

以 WOC 設備測數十支 10W-30 油得摩擦係數與省能源關係，其效果如圖 Fig-6，顯示有一個臨界值，油品摩擦係數低於 0.168 則有省能源功能；油品摩擦係數高於 0.168 則沒有省能源功能，所以 WOC 設備可以非常有效區別引擎機油省能源效果。

WOC 設備有良好再現性，並且廣泛應用於 FMAs、省能源、抗磨耗添加劑影響，都有相當好靈敏度，明顯區分其省能源效果，WOC 是一部非常好評估摩擦修飾劑及省能源的設備。

四. 心得與建議：

1. 總體而言，合成油使用效能優於礦物油，然而其價格相當貴，若非特殊條件，目前很少廠商願意使用，因此合成油未來趨勢是沒落？或茂盛？主要由三種因素決定：環保、高效能油品及工作場所的安全性。環保因素包含兩類，一是廢油棄處理問題，例如 MWF 廢油處置就是傷腦筋的事；另一則是油品對天然環境影響，即是油品生物分解性。目前 ester、rapped oil 及 polyglycols 具有生物分解性特性，廢油於自然界會自動分解，故對環境破壞影響較小。高效能油品趨勢是在高溫情況下，油品有良好熱氧定性；低溫有良好流動性；良好抗磨耗性，工場運作順利，不要有額外災禍。工作場所安全性是確保工作人員身心健康，油品特性未來趨勢是無味及低煙度，尤其是鋼鐵工廠及礦場用油最重視此特性。展望未來，在環保意識日漸抬頭、個人安全考慮下及高效能機械日漸增多下，合成潤滑油使用量會逐漸升高。
2. WOC 設備有良好再現性及相當好偵測靈敏度，並且廣泛應用評估於 FMAs、省能源、抗磨耗添加劑影響，能夠明顯區分其省能源效果，WOC 是一部非常好評估摩擦修飾劑及省能源的設備，在重視能源時代，有無限應用發展潛力。

五. 參考文獻：

1. Bartz, W.J., Comparison of Synthetic Fluids
In : L.R. Rudnick and R.L. Shubkin Synthetic Lubricants, Synthetic Lubricants and High Performance Functional Fluids, New York, Marcel Dekker Inc., 1999
2. Papay, A.G., and Rudnik, L.R. :
In : L.R. Rudnick and R.L. Shubkin Synthetic Lubricants, Synthetic Lubricants and High Performance Functional Fluids, New York, Marcel Dekker Inc., 1999
3. Bartz, W.J., "Environmentally Acceptable Hydraulic Oils- Basics, Practical Experience and Classification", STLE 53rd Annual Meeting 1998, Detroit.
4. Federal Register, Vol. 42, No. 126, Part VII, June 30, 1977.
5. Bovington, C., Anghel, V., and Spikes, H.A., "Predicting Sequence VI and VIA Fuel Economy from Laboratory Bench Tests", SAE Technical Paper 961142, 1996.
6. Gangopadhyay, A.K., Sorab, J., Willermet, P.A., Schriewer, K., Fyfe, K., Lai, P.K.S., "Prediction of ASTM Sequence VI and VIA Fuel Economy Based on Laboratory Bench Tests", SAE Technical Paper 961138, 1996.
7. Akiyama, Toyoma, M. and Tasaka, K., "Basic Study on Energy-Conserving II Engine oil-Estimation Method for the ASTM sequence Test Results", JASE Review, 14, 1, P52, 1993.
8. Suresh Babu, Babu A.V. Martin, V., Mehta, A.K., "A New Test Technique for the Laboratory Evaluation of Energy Efficient Engine Oils", Lubrication Science, Vol. 5, No. 4,

pp.283~294, July 1993.

Table 1 : Classification of Mineral Oils and Synthesis Fluids

Mineral Oils		Synthetic Fluids	
Conventional Technoligies	Modern Technologies	Synthetic Hydrocarbons	Other Synthetic Fluids
Solvent Extraction Dewaxing Refining	Hydrotreating Hydrotreating	Polyalphaolefins Polyisobutenes Dialkylbenzenes	Dicarboxylic Esters Polyolesters Phosphate Esters Silicon Oils Polyphenylethers Perfluoroalkylethers Chlorofluoroalkylethers MA/AO-Cooligomeres

Table 2 : Relative Performance in Viscometris

Products	Low temperature Fluidity	VI	Pressure-viscosity
Mineral oil	Fair-good	Good	Good
PAOs	Excellent	Very good	Good
Diestera	Very good	Very good	Very good
Polyol esters	Very good	Very good	Very good
Polyalkylene Glycols	Very good	Very good	Very good
Phosphate ester	Fair- good	Very good	Very good
Silicon	Very good	Excellent	Excellent
Alkylbenzene	Good	Very good	Good
Fluorocarbon	Fair	Fair	Fair
Polyphenyl ether	Poor	Fair	Poor
Silicate ester	Excellent	Excellent	Very good
Silahydrocarbons	Excellent	Excellent	

Table 3 : Relative Stability of Synthesis Lubricants

Product	Thermal	Oxidation	Hydrolytic	Volatility
Mineral oil	Good	Fair	Excellent	Poor-fair
PAOs	Excellent	Very good	Excellent	Very good
Diesters	Good	Very good	Good	Good
Polyol esters	Good	Very good	Good	Good
Polyalkylene Glycols	Good	Good	Good	Good
Phosphate ester	Fair	Good	Fair	Fair-good
Silicon	Very good	Good	Excellent	Excellent
Alkylbenzene	Good	Good	Excellent	Good
Fluorocarbon	Excellent	Excellent	Good	poor
Polyphenyl ether	Excellent	Good	Excellent	Good
Silicate ester	Very good	Good	Fair-poor	Good
Silhydrocarbons	Excellent	Very good	Excellent	---

Table 4 : Relative Lubricity and Wear Protection

Product	Natural Lubricity and AW	AW with Additives	Fatigue life
Mineral oil	Good	Excellent	Fair-good
PAOs	Good	Excellent	Good
Diesters	Fair	Good	Fair
Polyol esters	Fair	Good	Fair-good
Polyalkylene Glycols	Good	Good	Fair
Phosphate ester	Excellent	Excellent	Fair
Silicon	Poor	Fair	Fair-good
Alkylbenzene	Good	Excellent	Good
Fluorocarbon	Fair-good	Good	Fair-good
Polyphenyl ether	Good	Good	Good
Silicate ester	Good	Very good	Poor

Table 5 : Relative Fire Resistance

Product	Fire Resistance
Mineral oil	Poor
PAOs	Fair
Polyol esters	Fair
Silicate esters	Fair
Polyglycos	Fair
Water/glycol	Excrllent
Diester	Fair
Silicons	Fair-good
Polyphenyl ethers	Good
Phosghate esters	Very good
Fluorocarbons	Excellent

Table 6 : Application on Synthetic Fluids

Product	Especially Suited For	Not Suited For
PAOs	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Engine oils ◆ Compressor oils ◆ Hydraulic Oils ◆ Gear Oils ◆ Greases 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ High performance gear oil ◆ Biodegradable oils
Polybutenes	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Two stroke engine oils ◆ Ethylene gas compressor oils ◆ Metal working Fluids ◆ Grease 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Most Circulation system lubricants
Polyalkylenglycoles	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Worm gear oil ◆ Fire Resistance Hydraulic fluids ◆ Biodegradable lubricants ◆ Textile oils ◆ Refrigeration oils ◆ Metal working Fluids 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Engine oils ◆ High Performance gear and hydraulic oils
Diester polyolesters	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aviation Turbine oil ◆ Engine oils ◆ Compressor oils ◆ Gear oils ◆ Hydraulic oils ◆ Refrigeration oils ◆ Biodegradable lubricants 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Application with extreme corrosion protection ◆ Application with high viscosity requirments

Table 6 : Application on Synthetic Fluids(續)

Product	Especially Suited For	Not Suited For
Phosphate esters	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fire resistant hydraulic fluids ◆ Gas turbine oils 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ All other application than mentioned above
Perfluoroalkyethers	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Extreme fire resistant hydraulic fluids ◆ Nuclear reactor lubricants ◆ Special grease ◆ Space application 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Any other application than mentioned above
Silicon oils (Siloxones)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ high temperature hydraulic fluids ◆ grease ◆ Special lubricants with contact to chemical and electricity 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Any application in mixed film condition
Polyphenylether	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Special high temp. Lubricants ◆ Nuclear reactor lubricants 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sub-zero Temp. application ◆ other application than mentioned above

Fig-1 : WOC Schematic Diagram

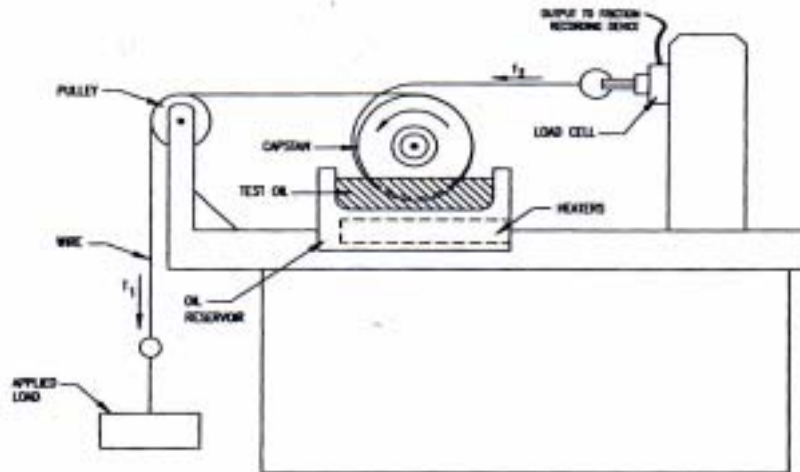


Fig 2 : Results of Repeat WOT Tests Performance

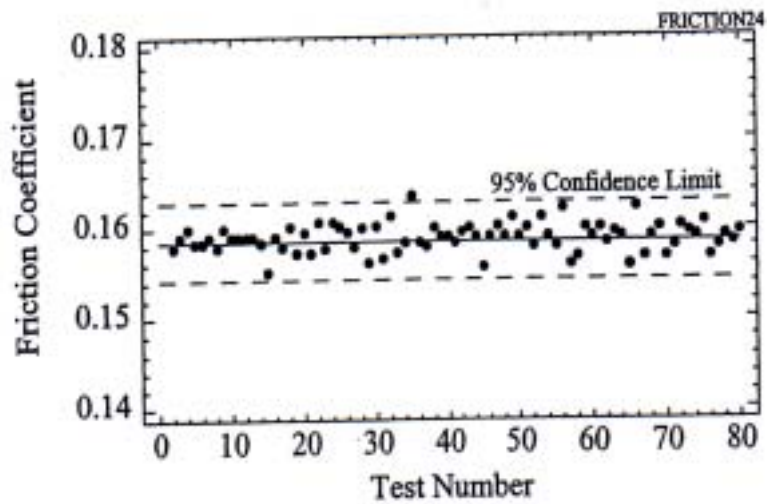


Fig 3 : Additive Response Curves in the WOC and Existing Friction Test

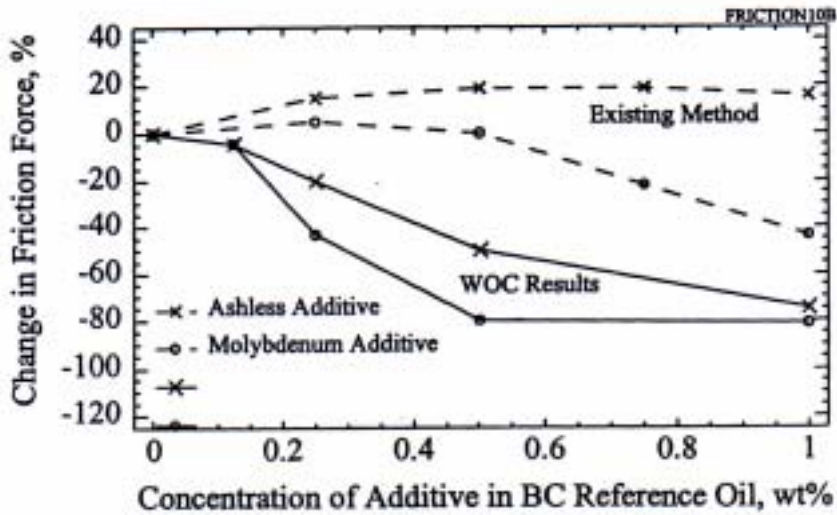


Fig 4 : Effect of FMA in Paraffin Oil with and without ZDDP As Measured by WOC

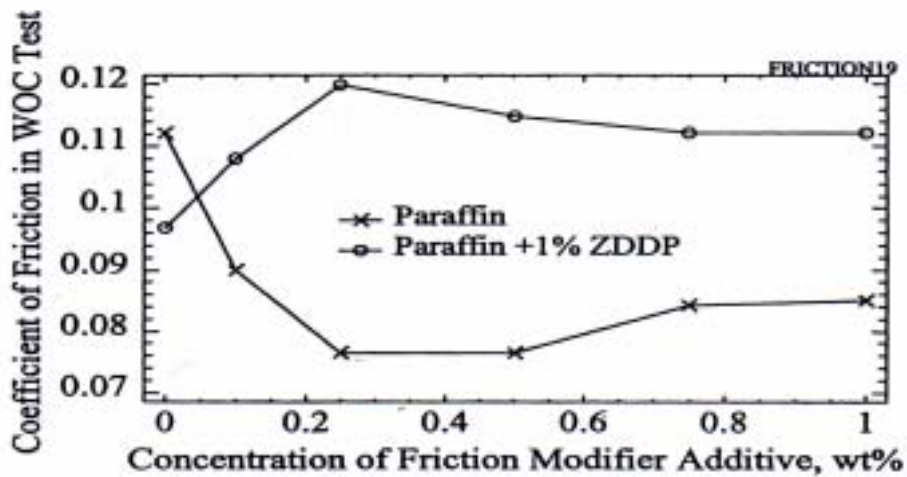


Fig 5 : Effect of FMA in Paraffin Oil with and with out ZDDP As Measured by the Existing Test Method

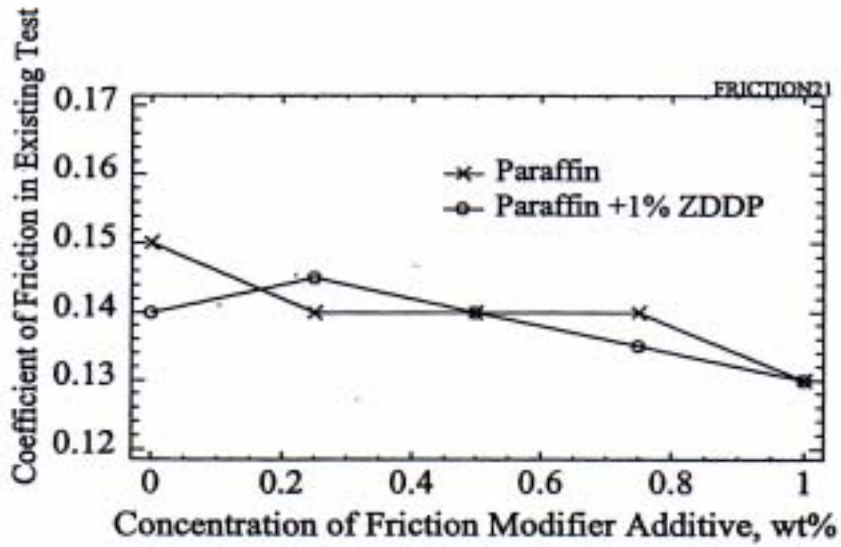


Fig 6 : Friction Coefficient for Energy-Conserving and Non-conserving Oils

