

出國報告（出國類別：開會）

赴新加坡參加 **Lubrizol** 添加劑公司舉辦 之 **Lubrication Fundamentals** 研討會

服務機關：台灣中油股份有限公司 煉製研究所

姓名職稱：吳上穎 化學工程師

派赴國家：新加坡

出國期間：108 年 11 月 5 日 ~ 108 年 11 月 9 日

報告日期：108 年 12 月 3 日

摘 要

本次出國行程主要是前往新加坡參加 Lubrizol 添加劑公司舉辦之 Lubrication Fundamentals 研討會，討論工業用油相關議題，包括液壓油與液壓設備、齒輪油與風力發電機齒輪箱用油、潤滑脂檢測法與高溫潤滑脂比較、以及各類金屬加工用油探討。藉由參與本次研討會，有助於未來在工業用潤滑油脂應用方向之研擬與開發，並做為工業用潤滑油脂添加劑選擇的參考依據。

研討會中針對液壓油此一主題，由液壓設備作切入，討論油箱、油泵、壓力釋放閥以及方向控制閥的構造關係與對液壓油選用的影響。例如方向控制閥內部管徑產生的阻塞與散熱問題、以及各種油泵對於液壓油污染的接受度，都是選擇液壓油添加劑必須考量的重點。會議中同時也針對了含鋅及無鋅液壓油兩大種類產品做比較，討論兩種產品在市面上應用的區域，以及性能表現上的差異。

關於齒輪油議題，會議中特別提出風力發電機齒輪箱用油作討論。全球風力發電機產業自2001年開始發展以來，一直呈現穩定增加趨勢；目前台灣也積極開發風電作為替代能源，包含陸上風機以及海上風機。風力發電機齒輪油由於運轉條件嚴苛，要求2至3年以上的換油週期，且必須防止齒輪出現磨損與微點蝕等現象，目前市場仍以原廠建議用油為主。

有關潤滑脂的區塊，除了針對市面上各種高溫潤滑脂做區別，也提到了有關機械手臂滑脂相關的議題。隨著工業自動化的發展，愈來愈多工廠選擇使用自動化機械手臂，也帶動了相關滑脂產品的使用量。目前機械手臂的製造成本，內部的減速機約佔有三成左右。減速機特別要求韌性、精密度、以及使用壽命，連帶要求使用的潤滑脂提供較寬的操作溫度範圍、優良的氧化穩定性、極壓性與抗磨損性。

金屬加工潤滑劑的市場，因作業環境時常伴隨高熱、及大量的金屬磨屑，因此除了油品本身的品質與價格以外，各項售後服務包括現場狀況排除、舊油回收等等，也是客戶會考量的因素之一。目前使用的金屬加工潤滑劑主要有純油型、油溶型、半合成型以及合成型，未來發展則以安全防火、減少污染物排放作為主要的趨勢。

目 錄

摘要-----	2
目錄-----	3
一、 目的-----	4
二、 行程與工作內容-----	4
三、 會議內容紀要(過程)-----	4
3.1 液壓設備及液壓油選用-----	4
3.2 齒輪油及風機齒輪用油-----	6
3.3 潤滑脂產品-----	9
3.4 金屬加工潤滑劑-----	12
四、 心得與建議-----	15

一、目的

此行目的為瞭解添加劑公司最新工業用潤滑油添加劑發展趨勢，蒐集工業用油設備新知、以及工業用油市場相關資訊，例如：風力發電機齒輪油市場概況以及必須符合的添加劑條件，以利未來在工業用潤滑油品研發方向之研擬與應用，並做為工業用潤滑油品添加劑選用之參考依據。

二、行程與工作內容

起迄日期	天數	工作內容
108.11.05	1	由桃園啟程前往新加坡
108.11.06	1	參加 Lubrication Fundamentals 研討會
108.11.07	1	參加 Lubrication Fundamentals 研討會
108.11.08	1	參加 Lubrication Fundamentals 研討會
108.11.09	1	由新加坡搭機返回桃園

三、會議內容紀要(過程)

3.1 液壓設備及液壓油選用

液壓油在液壓系統主要的功能是作為壓力傳遞的介質，此外亦提供液壓系統元件潤滑、防鏽蝕以及密封的效果。液壓泵作為液壓系統的核心，提供推動液壓油的輸出馬力。目前市面上使用的液壓泵占比較高者包含齒輪泵、葉片泵及柱塞泵，對液壓油的需求各有差異。齒輪泵由於機械結構簡單，一般以添加抗磨損添加劑為主的液壓油產品即可適用；葉片泵輸出馬力中等，由於運作條件較齒輪泵嚴苛，使用的液壓油產品除抗磨損添加劑外，另需考慮添加抗氧化添加劑，增強熱穩定性及氧化穩定性；

柱塞泵提供的輸出馬力最高，但其內部元件對於汙染物相當敏感，對液壓油性能要求最為嚴苛，尤其注重液壓油產品清淨性。

含鋅及無鋅液壓油

目前市面上液壓油以鋅元素的有無區分為含鋅液壓油、以及無鋅液壓油兩種，無鋅液壓油在某些場合又被稱作無灰液壓油。液壓油鋅的來源主要為抗磨損添加劑ZDDP之成分，同時兼具抗氧化及抗腐蝕性能。使用非含鋅液壓油的考量主要有二點，一是鋅會對於黃色金屬 (yellow metal) 例如銅以及黃銅合金造成腐蝕，因此若液壓系統內含有黃色金屬部件(如某些柱塞泵的活塞表面)，則可能需要考慮使用無鋅液壓油。另外，鋅對於水生生物具有毒害性，在環保法規限制較嚴的地區如歐洲、日本，戶外農業機械的使用者會考量使用無鋅的液壓油。



柱塞泵內部銅元件(活塞)，左：正長，右：腐蝕

針對無鋅液壓油及含鋅液壓油的市場走向，議題討論結果：

- 以目前的使用市場推估，無鋅及含鋅產品應用區塊應不致衝突。
- ZDDP抗磨損添加劑，仍有其使用的必要性。
- 兩項產品添加劑配方不同，不建議使用者在替換時將產品混用。

未來市場趨勢

隨著液壓系統設計改善，傾向提供更大的輸出壓力，對市面上液壓油的要求也趨於嚴苛，添加劑的用量消耗更多，對添加劑要求的性能提昇也愈高。液壓油對於添加劑的性能要求，主要反映在使用壽命上，以下是移動式液壓機械大廠對於液壓油換油週期要求的變化趨勢，包括有Caterpillar、Volvo、JCB、以及Komatsu。

1. 過去各大廠對於液壓油換油週期的需求

(a) Caterpillar (開拓重工，主產品包括農業、建築等工程機械)：2000小時

(b) Volvo (瑞典汽車品牌，亦生產off-highway卡車)：2000小時

(c) JCB (英國跨國公司，生產挖掘機與拖拉機等建築工具)：1000小時

(d) Komatsu (小松，主要生產怪手以及山貓等工作載具)：2000小時

2. 目前各大廠對於液壓油換油週期的需求

(e) Caterpillar：6000小時

(f) Volvo：4000小時

(g) JCB：3000小時

(h) Komatsu：5000小時

由此可知，目前液壓機械市場對於液壓油換油週期的要求逐漸提升，未來甚至有到8000小時以上的需要。液壓油使用時數提升，除了需要更好的基礎油品質外，優良的抗氧化劑、抗磨損劑以及防銹劑也是必須的。

3.2 齒輪油及風機齒輪用油

齒輪油作用在開放式及封閉式齒輪箱，應用在採礦、冶金、建築等機械中。由於齒輪低速高負荷的運轉特性，對於齒輪油的耐極壓要求特別高，同時也要求熱穩定性及氧化穩定性，以應付在高溫的運作條件下不致氧化、劣化。此外，齒輪油也需要一定的解乳化性，防止在開放的運作環境中遭水氣或外部滲水侵入。足夠的抗磨損性以及清淨分散性對於防止微點蝕(micro-pitting)及漆膜(varnish)的形成也

是必要的。一般齒輪油的添加劑主要以極壓添加劑為主，其他部分為抗磨損劑、抗氧化劑、解乳化性、少量分散劑及腐蝕抑制劑。

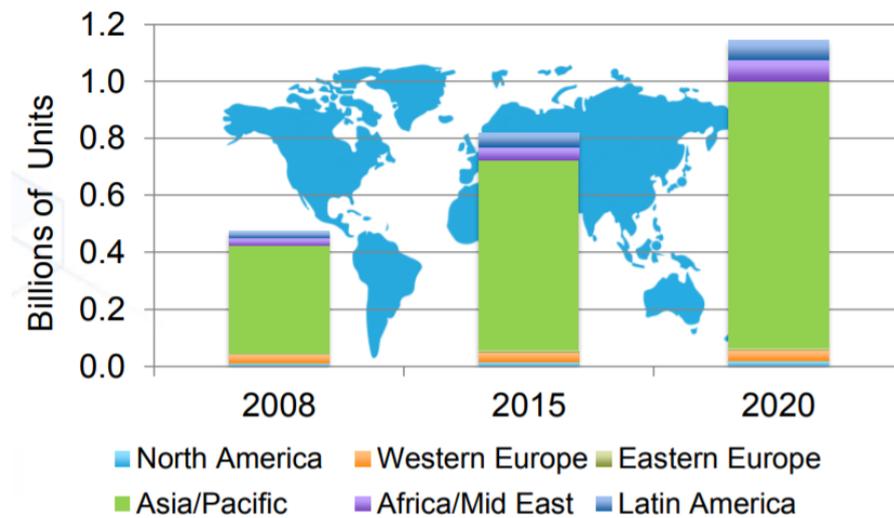
機車齒輪油

全球機車市場銷量仍逐年增長，其中又以亞洲及環太平洋地區成長最為顯著，連帶增長機車齒輪油的銷售。根據統計，全球人口擁有機車的數量，包括輕型機踏車(moped)、輕型摩托車(scooter)、及重型摩托車(motocycle)的總數，截至2015年約有8億總量，相較2008年約4億輛總數，成長將近一倍。根據市場調查，預估2020年總量可達11億台。有關全球摩托車市調資料如下：

- 新興市場佔有90%的市場銷售額，其中亞洲市場佔有79%，主要為中國、印度及印尼三國瓜分。
- 占比最高的產品為引擎容量100-149 cm³的重型摩托車，其次為輕型摩托車。
- 引擎容量較大(150 -1200cm³)的重型摩托車主要銷售於北美及西歐。

當前四行程機車齒輪油平均潤滑添加劑占比約5-12wt%，其餘為黏度調節劑占3-10%、基礎油80-90%，添加劑成分以清淨分散劑和抗磨損劑為主。機車齒輪箱潤滑添加劑有以下特性：

- 變速器齒輪面承載高壓，轉速高，屬於磨損容易發生的區塊；同時承受剪力較大，黏度調整劑易受剪力影響。
- 機車齒輪油同時也潤滑離合器部位，為防止離合器滑動，摩擦係數調整劑用量需受限制，此為關鍵的添加配方限制。
- 為增加燃油經濟效率(fuel economy)未來機車齒輪油發展趨勢為使用黏度較低規格的產品。



全球機車銷售總量趨勢

風機齒輪箱用油

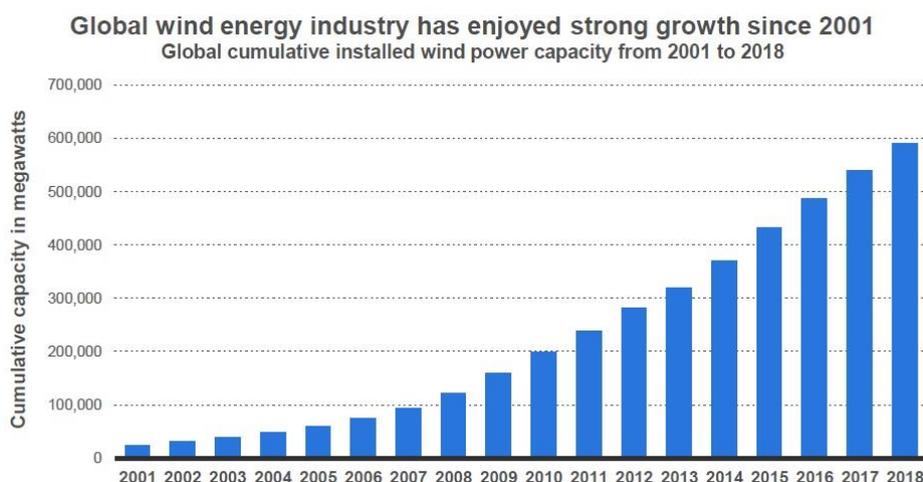
全球風力發電機產業自2001年開始發展以來，一直呈現穩定增加趨勢，至2018年累積產生電力容量達600,000百萬瓦，年成長率平均為11%到17%，是全球成長速度最快的再生能源。由於風力發電機通常設置於偏遠地區或外海，且風機本身高度可達一百公尺以上，大幅增加了維修的困難度；另外風機本身造價昂貴，潤滑稍有不慎即可能造成嚴重損失，以上諸多特性使的風力發電機潤滑用油多半會選用風機原廠製造商建議用油。風機用油的另一項特點是由於換油不易，通常換油週期相當長，可達2至3年以上。因此，風機齒輪油的使用壽命也需要相當長的時間，一般會選用合成或半合成基礎油做為風機齒輪油之基礎油原料。

風機系統的主要潤滑點包括主變速箱、俯仰及偏航系統齒輪箱、制動及俯仰液壓控制裝置及發電機主軸承。變速箱(增速齒輪箱)是風機中最重要的傳動元件，且設計上較為先進複雜，因此良好的散熱與潤滑系統不僅能有效的保護軸承及齒輪表面，同時亦能降低摩擦係數以減少齒輪運轉時的功率損失。在高負載且間斷式的長時間運轉下，齒輪表面容易產生磨損、刮痕與微點蝕。搭配極壓與抗磨損添加劑的合成型風機齒輪油具備了優異的黏溫特性、氧化穩定性及熱安定性，同時亦擁有極佳的耐腐蝕及

防銹性，使其在嚴苛的作業環境下能形成穩定油膜並有效防止表面硬化、減少磨屑產生，進而延長齒輪使用壽命，降低停機風險。

目前全球市場風機齒輪箱用油包括以下性能要求：

- 換油週期約2年至3年以上
- 需求量：每百萬瓦發電量需要約200kg齒輪油(陸上風機發電量約2百萬瓦；海上風機約5百萬瓦)
- 基礎油選用以三類或四類基礎油為主，少部分礦物油
- 黏度等級以 ISO 320黏度最為常見
- 關鍵性能：防止微點蝕(micro-pitting)、耐極壓特性、抗磨損(scuffing)、軸承保護、高黏度指數



全球風機產業自 2001 年起呈現穩定成長

3.3 潤滑脂產品

潤滑脂是指由增稠劑分散在液體潤滑劑中，形成一種穩定的半固體成品。潤滑脂組成包含了 65%-95%基礎油、3-35%稠化劑，以及 1-15%添加劑。潤滑脂基礎油主要以環烷基或石蠟基等礦物型基礎油為主，影響滑脂的氧化穩定性、流動性以及磨潤特性。稠化劑主要功能為形成網狀結構，提供滑脂穩定的半固體特性，依種類可分為單皂基、複合皂基、有機稠化劑與無機稠化劑等等，主要影響滑脂稠度、耐水性、耐熱

性與機械穩定性。

市面高溫潤滑脂性能比較

潤滑脂由於具有良好的密封作業效果，適合間歇作業，此外負載能力佳、高溫作業良好，廣泛用於高溫潮濕環境、重負荷與間歇負荷、環境含金屬粉塵及腐蝕物質場所，如軸承、汽車底盤、鋼鐵製造業、船舶業及水泵等環境。其中，又以高溫滑脂占大宗，以下為現今市面常見的高溫滑脂性能比較：

1. 複合鋰基滑脂 (Lithium complex grease)

- (a) 優點：多功能型、泵送性良好、普及性佳易取得。
- (b) 缺點：由於近年鋰電池用量增加，鋰金屬需求增大，價格攀升。
- (c) 應用：輪軸軸承、自動機械。

2. 複合鋁基滑脂 (Aluminum complex grease)

- (a) 優點：多功能型、防水性優良。
- (b) 缺點：較差的氧化穩定性。
- (c) 應用：車用底盤滑脂、開放式齒輪箱滑脂、食品級滑脂。

3. 聚脲滑脂 (Polyurea grease)

- (a) 優點：無金屬灰分、氧化穩定性優良、使用壽命長、降低噪音。
- (b) 缺點：生產過程產生毒性，僅少部分國家如日本地區有在生產；機械穩定性稍差、需要添加較多量添加劑、與其他滑脂相容性差。
- (c) 應用：電動車用軸承、鋼鐵製造業。

4. 複合磺酸鈣滑脂 (Calcium sulfonate grease)

- (a) 優點：本身具有一定程度的耐極壓特性與抗磨損性、具有良好的機械穩定性與抗腐蝕性。

- (b) 缺點：低溫泵送性較差、灰份含量高。
- (c) 應用：鋼鐵製造業、核能電廠設備、食品級滑脂。

未來市場發展議題討論

潤滑脂未來市場的發展性，主要取決於(1)經濟因素及(2)原廠OEM及終端用戶選擇：

1. 經濟因素

- (a) 目前生產潤滑脂的成本，仍受基礎油價格波動影響最大。與基礎油大廠維持穩固的價格供應為優先考量。
- (b) 部分皂基原料價格攀升，以鋰金屬最為顯著。

2. 原廠OEM及終端用戶選擇

- (a) 使用壽命為優先考量，包含使用中進行最少的現場維護和更換。
- (b) 使用於含大量水及粉塵的場合比例逐漸增加。

機械手臂減速器滑脂

隨著工業4.0發展，全球生產線逐漸轉為自動化，仰賴機械手臂完成生產線的操作。目前機械手臂的製造成本，減速機約佔有三成左右，其中諧波式減速機 (Harmonic Drive)與RV減速機(Rotor Vector)是工業機器人最主流的減速機類型。減速機是連結馬達與操作端之間的傳動機構，能將作為動力輸出端的馬達轉速降低，並提升力矩。

減速機特別要求韌性、精密度、以及使用壽命，從全球工業機器人大廠來看，多數仍未自行研發減速機，而是主要仰賴日本Nabtesco及Harmonic Drive等製造商，目前這兩大廠佔了減速機70%以上的銷售市場。為提供減速機良好的潤滑及冷卻效果，並提升設備運行效率與使用壽命，通常須依齒輪本身尺寸、製造材料、齒輪轉速及週期

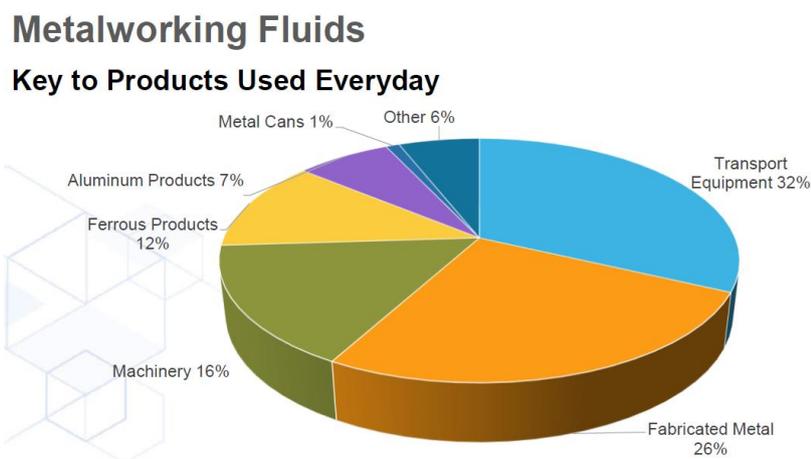
等來運作模式來選擇合適的潤滑脂產品。一般而言，機械手臂減速器的潤滑產品以操作溫度範圍、氧化穩定性、極壓性與抗磨損性作為減速機滑脂最主要的特性。

目前市場機械手臂減速器滑脂包括以下性能要求：

- 換脂週期相當長，部分產品宣稱永久性一次加脂。
- 當前市面廠商Harmonic drive、日石以及協同公司均有生產專用滑脂。
- 滑脂稠度以2號滑脂最為常見。
- 稠化劑類型以鋰基及聚脲型較為常見。
- 關鍵性能：由於減速齒輪運作時表面溫度升高，要求滑脂具備廣泛溫度使用範圍、另須具備耐極壓特性。

3.4 金屬加工潤滑劑

金屬加工泛指削除、重塑及改變金屬特性之加工工程，隨金屬加工技術的進步，現今金屬加工業可達到最細 5 μ m 的量級。常見的金屬加工工程包括切削(cutting)、鑽孔(drilling)、攻牙(tapping)、以及鍛造成型(forming)，目前生產過程使用金屬加工潤滑劑脂產品，以運輸載具的的部分占比最高，占 32%；其次為金屬製品如鋼捲、鋼板，占比 26%；機械元件類占 16%；餘下為鐵製品 12%、鋁製品 7%



使用金屬加工潤滑劑脂市售產品占比

目前市面上主要的金屬加工潤滑劑按功能區分，清除型(removal)占比 56%，為最主要的種類，清除型金屬加工劑依成分區分四大類，包括純礦物油型、油溶型、半合成型以及全合成型種類，分別市占率如下：

1. 純礦物油型 (Strait oils) 占比20%

不含水分，潤滑性優良。冷卻性不佳，以及有強烈氣味產生。

2. 油溶型 (Soluble oils) 占比40%

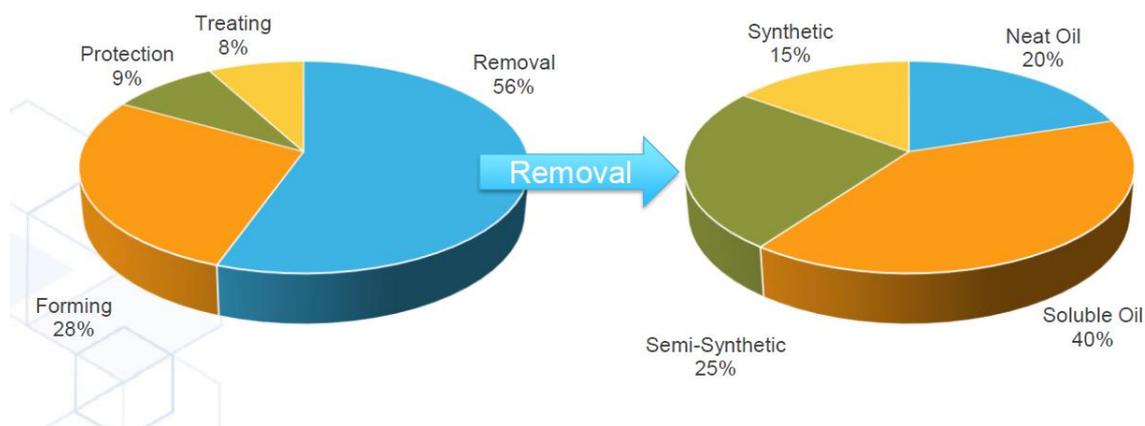
80%以上的礦物油成分，與水形成乳化狀態，增進了整體冷卻性能。

3. 半合成型 (Semisynthetic fluids) 占比25%

水分含量提高至20-40%，與礦物油形成乳化狀態。冷卻性佳，整體表現優良。

4. 全合成型 (Synthetic fluids) 占比15%

水與添加劑組合之產品，不含礦物油成分。潤滑性降低，具有優良的冷卻性能，防火性能最佳。



金屬加工潤滑劑市占調查

金屬加工潤滑劑未來市場趨勢

金屬加工潤滑劑產品未來受限於各國政府法規趨於嚴格，尤其限制了添加劑化學成分如氮、磷、以及重金屬的排放，添加劑需要以替代的配方取代原有成分，此外，金屬加工未來面臨的發展趨勢尚有以下幾點：

- 油槽尺寸縮小，導致金屬加工液循環利用率上升，增加氣泡產生以及油溫容易升高的風險。
- 工作效率提升，導致加工液單位時間供應量上升。
- 在部分產生會火花的金屬加工製程，如打磨業(*grinding*)，逐漸有使用高閃火點基礎油的趨勢，例如GTL類基礎油。
- 對於環境排放的法規趨於嚴格，以及施工場所衛生條件改善，要求金屬加工液更有效率的抑制細菌生長。

四、心得與建議

(一) 心得

- 1、液壓油是工業設備用油中較大的一類，約佔工業用油四成比例。液壓油不僅作為能量傳遞的介質，同時也具有有良好的潤滑性。本次研討會特別針對液壓油舊油監測提出討論，認為現場監控配合舊油樣品分析是十分重要的。過去的舊油分析案例指出，造成液壓油不堪使用的原因，外來雜質及水污染占了很大原因，外來污染源侵入液壓系統，造成濾網堵塞、設備升溫、噪音等等，這些設備異常現象經由現場即時監控回報，配合研究單位的舊油分析，才能快速掌握異常原因。
- 2、目前台灣也積極開發風電能源，未來隨著離岸風電的建立，預期風力發電機的相關產業也會連帶增長，同時也帶動風機齒輪箱用油的需求。雖然風機齒輪油目前仍以原廠建議用油為主，但以本公司研發技術，如能夠與相關單位建立合作關係，並爭取到現場實機測試的機會，未來將有助於產品開發及打入市場。關於風機齒輪油的另一項議題是目前的市場性評估，仍然受到換油週期過長以及維修不易、耗時費工的限制，預期用量尚不樂觀。然而若能開發出適用於風力發電、尤其海上風力發電機等嚴苛條件下使用之的代表性齒輪油產品，相信對本公司品牌形象也是一大助益。
- 3、金屬加工潤滑劑在工業用油領域中，屬於較複雜的區塊。金屬加工業本身就分為多種工藝，例如切削、成形、鑽孔、攻牙、等等。這些加工方式通常伴隨高熱或者金屬磨屑，並且在高溫、油水混合的環境中容易有細菌滋生的問題，屬於相對較為嚴苛的工作環境。因此金屬加工用油市場競爭，除了油品本身的品質、價格以外，各項售後服務包括現場狀況排除、舊油回收、事故分析等等，也是客戶會考量的因素之一。另外，由於工安意識逐漸抬頭，金屬加工液要求防火性能的區塊逐漸增加，以加工液中具代表性的切削液來說，針對有防火需求的市場，可以考慮以水性半合成切削液產品嘗試切入。

(二) 建議

- 1、潤滑脂產品外觀也是市場客戶選擇產品的考量之一。過去曾有代理商反應本公司滑脂產品因外觀偏深黑色，稍微影響客戶選用的意願。實際上滑脂顏色深淺不影響性能，並非顏色較淺較亮者性能較優。透過參加本次研討會，了解到滑脂顏色除了主要受染料影響外，市面上顏色較淺較亮的產品，可能是因基礎油差異造成。未來可考慮試做小量更改基礎油的配方，驗證成果是否如預期般達到亮色、淺色，再評估整體性能。需注意滑脂基礎油若有更動，考慮到相容性問題，添加劑配方也必須更改，不可不慎。
- 2、研討會中討論到含鋅及無鋅液壓油的主題，與目前台灣市場亦有關聯。含鋅與無鋅液壓油差異在於使用場合不同，市面上無鋅液壓油產品有標榜使用壽命較長，產生油泥較少者，實際端看與何種競爭產品比較。實際上，潤滑油基礎油及添加劑兩者都會影響產品表現，不同品牌的含鋅或無鋅液壓油，使用的基礎油與添加劑也不同，不可一概而論。未來可以在相關推廣會議，向經銷商及客戶作宣導。