

# 生質柴油的潤滑性

## Biodiesel Lubricity

by Leon Schumacher

The Biodiesel Hand book

Gerhard Knothe and et. al., AOCS Press, 2005

為了需求降低柴油引擎的排廢氣而引起推動新柴油引擎技術的發展。這些革新事業，業已提升下列幾項發展: i) 柴油燃料噴射技術， ii) 排廢氣後處理技術以及 iii) 促使柴油燃料提升到更高的品質標準。現代柴油引擎的燃料噴射技術，均比原有引擎在更高壓力下作業。如是，需求比傳統噴射系統，更佳的柴油燃料潤滑性，以利應付。

1993 年 10 月以前，在美國出售的柴油燃料，其含硫量為 5,000ppm 以上，然而後來美國環保署(U.S. EPA)強制要求在美國出售的柴油燃料，其含硫量，必須降到 500ppm 以下為要。石化煉製廠，經由柴油燃料的特殊氫化處理(Hydrotreating)而予以符合這個要求規範的清潔柴油。美國 EPA 將於 2006 年 6 月 1 日再度降低石化柴油的含硫量到 15ppm 以下。這個減硫規定，促進柴油引擎排廢氣量必須比過去硫含量 500ppm 石化柴油降低 90%，以致新柴油引擎車輛必須裝設排廢氣催化轉換器(Catalytic converter)，以期降低排廢氣。

該催化轉換器可降低芳香族碳氫化合物排放而且當採用清潔柴油燃料時，其氧化氮排放更低。不幸地，為了降低硫含量的氫化處理作業卻生產無法提供適宜潤滑性的柴油，以供柴油引擎噴射系統之用。

潤滑性(Lubricity)測試方法(SL-BOCLE test 及 HFRR test)提示新穎的 15ppm 超低硫柴油比 500ppm 高硫柴油的潤滑性為低。這種甚為低潤滑性的新柴油會引起柴油噴射泵異常受損。

據研究，生質柴油與石化柴油的混合油可提升其潤滑性。

## 柴油潤滑性與其關鍵問題:

潤滑性擁有不同的定義: 諸如, “潤滑性係某種液體提供流體動力(Hydrodynamic)與界面潤滑(Boundary lubricity), 以防止可動部份之間摩擦損的能力”, “潤滑性係降低相對移動的固體表面之間摩擦的能力(Ability)”, 另外, “潤滑性係防止兩個移動的金屬體面之間摩擦的品質”。生產清潔的低硫柴油供用, 實際上可降低柴油燃料的潤滑性。當於 1993 年在美國強制採用 500ppm 以下低硫的石化柴油時, 其潤滑性已嚴重降低, 進而於 2006 年將更改為 15ppm 以下低硫量時, 將更為嚴重影響。

雖然, 通常石化柴油燃料的粘度(Viscosity)被認為係與潤滑性有所關連, 但許多研究提示其潤滑性並非由於燃料的粘度而來。卻認為其潤滑性係經由其他化合物所賦予者, 諸如, 含有硫、氧及氮的多環芳香族碳氫化合物(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH 或 n-PAH)而來。但氮比氧擁有更活潑的潤滑性。研究發現高硫而低氮的石化柴油, 其潤滑性不佳。

某些研究認為減少石化柴油的硫或芳香族化合物含量可能不會降低其潤滑性。在 1991 年以前, 氫化處理(Hydrotreating), 被公認為係降低石化柴油潤滑性的關鍵方法。然而採用特殊氫化處理以減少硫含量, 卻仍降低其潤滑性。最後結論, 認為經激烈的氫化處理以脫硫(Desulfurization)的結果, 促使石化柴油成份物質的氧與氮被去除而失效, 降低潤滑性所致。

評估燃料潤滑性的方法, 諸如, 1) 車輛測試 2) 燃料噴射裝置測試 3) 試驗室潤滑性測試, 顯然最為低成本而且最為時間有效者, 為試驗室測試方法。燃料噴射測試需要 500~1,000 小時並詳予追蹤觀察 1~3 個月, 車輛上路測試亦需要相同的時間, 卻尚須 2 年以上才能獲得結果。試驗室測試(Laboratory Lubricity test)係低成本, 評價準確, 僅需 1 星期以內就可。

美國 ASTM D6078 標準潤滑性測試(SL-BOCLE test, 磨損 3100g 以上),

亦經歐洲一些廠商採用。另外，HFRR 法(在 25°C 磨損 380 microns in diameter)(ASTM, D6079)亦然，均被採用。2006 年 ASTM D975，將併入潤滑性測試標準，以配合含硫量降低的石化柴油之用。

### **美國ASTM標準及歐洲EN(Euro Norm)標準認可的潤滑性測試步驟:**

據歐洲引擎廠商，為了測試噴射系的性能，通常採用 HFRR 法與 SL-BOCLE 法兩種以供試驗。Commission on European Communities (CEC) 認為 HFRR 法對於柴油噴射泵耐度(Injection pump durability)的測試，最具關連性，而訂為其標準。在歐洲，將其 EN590 予以修訂而將潤滑性標準併入。

在美國，其引擎製造者協會(EMA)建議採用 SL-BOCLE 法。實際上，SL-BOCLE 法與 HFRR 法，擁有一些差異。

### **生質柴油供為潤滑添加劑的影響:**

通常 500ppm 低硫#1 石化柴油供為柴油引擎以前，須先添加潤滑添加劑才行。研究提示對於超低硫( $\leq 15\text{ppm}$ ) #2 石化柴油，宜添加 1~2% 生質柴油，以利獲得適宜的潤滑性，然而對於新超低硫#1 石化柴油則至少應加 5~6% 生質柴油為宜。

### **結 言:**

各項測試顯示 15PPM 超低硫石化柴油的潤滑性，將比 500ppm 低硫石化柴油為低。石化柴油經採用激烈的氫化處理以去除硫成份，雖然獲取較為清潔的柴油，但其潤滑性較差，因此石油廠商，將於 2006 年 6 月 1 日，美國 EPA 強制採用新穎的超低硫石化柴油時，予以採用混合潤滑添加劑，以防止柴油噴射系統受損。

現代柴油引擎的燃料油噴射系統需求最佳的潤滑性，以利可比傳統的噴射系統在更高壓的條件下，予以順暢運轉，如此，SL-BOCLE 法與 HFRR 法均可供為評估柴油潤滑性之用。在歐洲係採用 EN590 標準，做為測試之用。

石化柴油的潤滑性，曾經被認為與柴油粘度直接有所關連。雖然，粘度與燃料作業溫度，將與高度潤滑性的柴油燃料有關，但研究提示認為其他化合物必能影響石化柴油的天然潤滑特性，並且脫硫不會降低柴油的潤滑性，然而經由石化柴油的徹底脫硫，卻去除氧與氮成份物質，以致降低超低硫石化柴油的潤滑性。

添加少量生質柴油(Biodiesel，即 Fatty Acid Methyl Ester)可大幅改善#1 與#2 石化柴油的潤滑性。添加 1-2% 生質柴油可提升超低硫(15ppm)#2 石化柴油的潤滑性到可接受的程度。EMA, EN 及 CEC 認為對於改善超低硫(15ppm)#1 石化柴油的潤滑性，必須添加 5~6% 生質柴油為要，以符合新標準的潤滑性。