

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

計畫名稱：奈米鑽石潤滑添加劑應用於加工機械之成效分析與研究

計畫類別： 先導型 開發型 技術及知識應用型

計畫編號：MOST 103-2622-E-168-014 -CC3

執行期間：103 年 11 月 01 日至 104 年 10 月 31 日

執行單位：崑山科技大學

計畫主持人：朱孝業

共同主持人：無

計畫參與人員：李志恒

研究摘要（500 字以內）：

本產學計畫係將主持人與工研院合作開發之超分散奈米鑽石(UDD)潤滑添加劑應用於各種工業上的機械中，尤其是加工機械相關的系統中需要潤滑的部位；其做法為在原廠商之加工機所使用的潤滑油脂中加入不同濃度之超分散奈米鑽石來改善油品的抗極壓性能，並在實驗室中利用各種油品理化性能機械檢測添加前後的油品理化性能之差異，同時並以實機測試的方式來確認添加的濃度與油脂的溫度、扭矩與磨耗之間的相互關聯，藉此建立合作廠商產品的口碑，並替有潤滑問題的加工廠商提供一解決潤滑問題之方法。

目前奈米鑽石添加劑已成功應用於電子廠的無人搬運車的主動輪，廠商方面原本利用兩款油脂(其價格為每 5 加侖約市售台幣 2400 元與 9400 元)來測試是否可改善溫升，但效果均不甚理想，溫升與摩擦扭矩方面並無太大之差別，依然為在測試 30 分鐘後輸出軸表面溫度超過 120°C 而且摩擦扭矩值也無下降的趨勢，因此將原廠商現用之潤滑油脂添加奈米鑽石添加劑來改善油脂的品質。進行測試時分別記錄馬達蓋與輸出軸的溫度並且擷取有效負荷比與高峰負荷，在實驗中，使用原油脂者為 68°C，而有添加 UDD 之油脂者經過 120 分鐘後，其溫度約 58°C，降幅約 10°C。由實驗得知有添加超分散奈米鑽石 UDD 之油脂有效降低油脂的溫度。

人才培育成果說明：

- (1) 機械製造與加工產業產業在國內機械業的產值很大，算得上是國內相當重要的一項產業，但學術界對其本身的磨潤相關技術之深入研究相當匱乏。此計畫彌補此方面之不足。
- (2) 參與的人員不管教授或學生透過本計畫的執行，對此產業的一些關鍵性技術有更深

入的研究，尤其是學生們日後進入此一相關領域的產業將更形容易。

- (3) 同時此計畫係與德晏培林公司與台南地區重要產業之公司進行合作。參與本計畫的相關研究人員在學術交流、資源整合及產學合作的環境中，在執行過程中打下紮實的學術基礎，培養出國內迫切需要之學術及實務兼具的產業所需人才。

技術研發成果說明：

- (1) 建立超分散奈米鑽石添加劑應用於機械製造與加工產業之應用方式，進而提升產品品質。
- (2) 將此具有學理基礎的研究廣為應用在產業界，幫助產業增加產品競爭力。

技術特點說明：

利用奈米鑽石添加劑優越的減少摩擦與表面修補之功能，使元件的潤滑油品工作溫度明顯降低，提高機器或元件的壽命。

可利用之產業及可開發之產品：

機械加工業、汽機車引擎箱、塑膠射出機...等機械業均適用。

推廣及運用的價值：

增加產品或機器元件之壽命，降低製造成本，增加利潤。

處理方式：

1.立即公開

(依規定，精簡報告係可供科技部立即公開之資料，並以4至10頁為原則，如有圖片或照片請以附加檔案上傳，如因涉及專利、技術移轉案或其他智慧財產權、影響公序良俗或政治社會安定等，而不宜對外公開者，請勿將其列入精簡報告)

2.本研究是否有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3.本報告是否建議提供政府單位參考 否 是， (請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送。)

中 華 民 國 105 年 1 月 30 日

1. 前言

微奈米鑽石顆粒在工業實際應用有非常大潛力，目前商業化工業鑽石的生產方法有三種，分別為氣相沉積法、高壓催化法及瞬間爆炸法。氣相沉積法主要係用於成長鑽石薄膜為主，高壓催化法係將將石墨催化成為工業鑽石，通常這些工業鑽石磨粒之粒徑範圍為 37 微米到 1 毫米，再將這些微米鑽石粉碎成奈米級鑽石，最後再依照尺寸分類。另外，利用瞬間爆炸法合成奈米鑽石是由炸藥直接轉換成奈米鑽石，這種鑽石顆粒團的粒徑大小約數微米，但它們其實是由 4~10 nm 奈米鑽石所形成的集結體。而以這種方式製造的奈米鑽石表面仍披覆一層非鑽石的碳，以及其他非碳類的雜質，一般統稱這種奈米鑽石為超分散奈米鑽石(Ultra Dispersed. Diamond, UDD)。

2. 潤滑性能實地測試與討論

2.1 無人搬運車(Sorting Transfer Vehicle, STV)的主動輪潤滑性能提升

目前超分散奈米鑽石添加劑已成功應用於電子廠的無人搬運車(Sorting Transfer Vehicle, STV)的主動輪，廠商方面原本就有利用兩款油脂(其價格為每 5 加侖約市售台幣 2400 元與 9400 元)來測試是否可改善溫升，但效果均不甚理想，溫升與摩擦扭矩方面並無太大之差別，依然為在測試 30 分鐘後輸出軸表面溫度超過 120°C 而且摩擦扭矩值也無下降的趨勢，因此將原廠商現用之潤滑油脂添加崑山科大機械系磨潤實驗室和工研院所共同開發之超分散奈米鑽石添加劑(UDD, Ultra-Dispersed nano-Diamond)來改善油脂的品質。

進行測試時分別記錄馬達蓋與輸出軸的溫度並且擷取有效負荷比與高峰負荷，其實驗結果如表 1 所示。溫度是利用接觸式測溫器來量測輸出軸表面與馬達蓋表面之溫度，如圖 1 與圖 2 所示，在實驗中，使用原油脂者為 68°C，而使用有添加 UDD 之油脂者經過 120 分鐘之後，其溫度約 58°C，降幅約為 10°C。由實驗得知有添加超分散奈米鑽石 UDD 之油脂有效降低油脂的溫度。

表 1. STV 減速機溫升改善案之測試數據

項 目	原 Mobil EP-2 油脂	有添加 UDD 之 EP-2 油脂
起始時的 Effective load ratio	40%	17%
起始時的 Peak load	60%~70%	40%
30 分鐘後的 Effective load ratio	30%	15%
30 分鐘後的 Peak load	50%~60%	40~45%
30 分鐘後的輸出軸表面溫度	>120°C	83~86°C (120 分鐘後)
30 分鐘後的馬達蓋表面溫度	68°C	58°C (120 分鐘後)

標準：測試 30 分鐘馬達蓋表面不可超過 60 度



圖 1. 利用測溫器量測輸出軸表面溫度

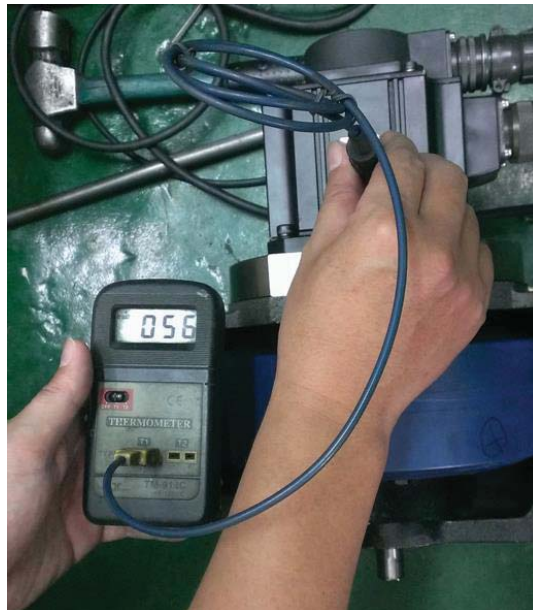


圖 2. 利用測溫器量測馬達蓋表面溫度

2.2 大型 3000 噸射出機動模板潤滑性能提升測試

由於 UDD 可以減少摩擦係數，增加兩機件間的潤滑效能，因此我們將之用於大型 3000 噸射出機動模板潤滑試驗中，如圖 3、4 所示。由於量測上的考量，以一次開關動模板 15 模次所需電量為判定摩擦係數大小的指標。每種油品進行兩次測試，每次開關動模板 15 模次，故每種油品兩次測試共計開關動模板 30 模次。發現有添加 UDD 之 Albert 油品能有效降幅耗電量約 0.433 kWh，如表 2 所示，Albert+UDD 之耗電量比未添加 UDD 之原油脂要來得好，且 Albert+UDD 之兩次間電功率下降趨勢較明顯。對於現今台灣需依靠核能、火力廠發電來說，能夠減低用電量就可以節省發電的資源，並能減少因發電所產生的廢熱、溫室氣體……等等，對於氣候變遷來說是一大福音，減少排放就是對環境的幫助。



圖 3. 射出機動模板

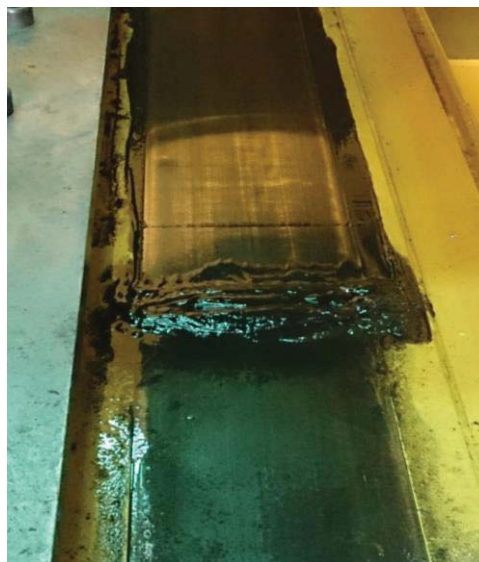


圖 4. 承受負載之基座

表 2. 3000 噸射出機動模板潤滑試驗之耗電量

油品種類	第一次(kWh)	第二次(kWh)	兩次間的降幅(kWh)
Albert	12.474	12.335	0.139
Albert+UDD	12.113	11.680	0.433

2.3 曲手軸承潤滑性能提升測試

曲肘式塑膠射出機肘節機構如圖 5 所示的曲手軸承為研究對象，藉由實驗的方式探討如何運用摩擦係數，表面接觸電阻與振動訊號監測曲手軸承的潤滑狀態，並利用改良仿照曲肘式塑膠射出機肘節機構的曲手軸磨耗試驗機圖 6 所示，以模擬射出機在開模關模時肘節機構的曲手軸承載不同的操作條件下的鎖模過程中，油膜是否能有效的建立並隔開曲手軸銷和軸套這兩個相互運動表面。

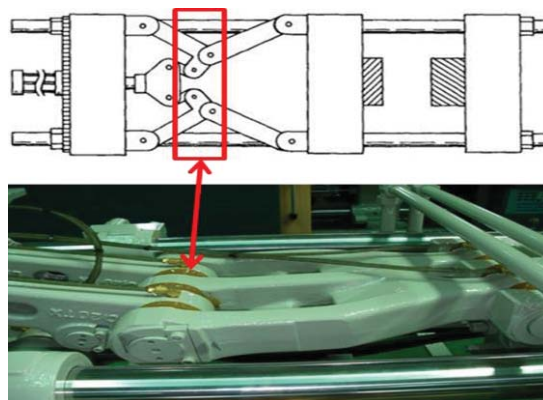


圖 5. 曲肘式塑膠射出機肘節機構



圖 6. 頸軸承磨耗試驗機

圖 7 所示為相同荷重、轉速及軸套下使用有添加超分散奈米鑽石添加劑潤滑脂與無添加之原油脂的耐久性試驗之平均摩擦係數隨試驗天數之變化，以及二者間的降低百分

比，比較兩組實驗在使用有添加奈米鑽石添加劑與未添加的潤滑脂情況下，可明顯看出兩者的差異，使用添加奈米鑽石添加劑潤滑的摩擦係數到第 22 天實驗時較使用未添加奈米鑽石添加劑潤滑的摩擦係數降低了約 69%，說明了在潤滑脂中添加奈米鑽石是能有效的降低曲手軸銷與軸套之間所產生的摩擦係數。

由圖中亦可看出，添加奈米鑽石添加劑的曲手軸承，壽命比未添加的潤滑脂情況下要高出一倍以上的壽命！並且軸承直到試驗結束仍未損壞。

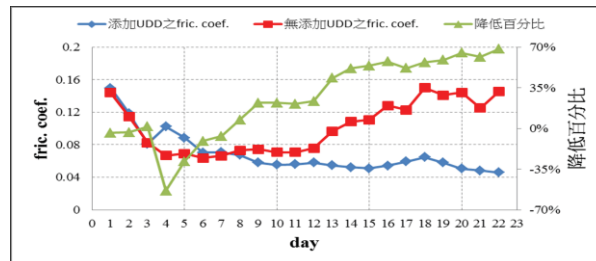


圖 7. 曲肘式塑膠射出機肘節機構

4. 結論

對於產業界方面而言，節能與增加機台壽命是兩個追求的目標；對於合作廠商而言，以實測驗證的方式將潤滑油品添加劑推廣至相關產業是該公司產品銷售的最有力之方式。本研究達到預期的工作項目，解決了擺線齒輪減速機廠商的油溫過高之問題，並使得塑膠射出機廠商的動模板曲手軸承的潤滑性能得到顯著的改善，使其之產業機器的品質提昇，對業界將有非常大的助益。使合作廠商能在眾多競爭者中找到新賣點以利推廣至產業或市場！

5. 誌謝

本報告為科技部計畫編號 MOST 103-2622-E-168-014 -CC3 之計畫，由於科技部的支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

6. 參考文獻

1. R.S. Dwyer-Joyce, R.S. Sayles, E. Ioannides, An investigation into the mechanisms of closed three-body abrasive wear, *Wear* 175 (1994) 133–142.
2. A.V. Gubarevich, S. Usuba, Y. Kakudate, A. Tanaka, O. Odawara, Diamond Powders Less Than 100nm in Diameter as Effective Solid Lubricants in Vacuum, *Jpn. Journal of Applied Physics* 43(7A) (2004) L920–L923.
3. F. Zhang, B.Y. Song, J.J. Qu, W.M. Liu, Research on anti-rolling-contact fatigue of steel ball and rod performances of grease containing nano diamond particles, *Journal of Harbin Institute of Technology* 37(10) (2005) 1321–1323+1432.
4. T. Xu, J.Z. Zhao, K. Xu, The ball-bearing effect of diamond nanoparticles as an oil additive, *Journal of Physics D: Applied Physics* 29 (1996) 2932–2937.

5. M.W. Shen, J.B. Luo, S.Z. Wen, The tribological properties of oils added with diamond nano-particles, *Tribology Transactions* 44(3) (2001) 494–498.
6. M.W. Shen, J.B. Luo, S.Z. Wen, Influence of diamond nano-particles on the tribological properties of thin film lubrication, *Chinese Journal of Mechanical Engineering* 37(1) (2001) 14–18.
7. B.Y. Song, J.J. Qu, L.B. Jiang, X.N. Wang, Y.L. Qi, Study on contact fatigue resistance of lubricant with nano-diamond particles, *Chinese Journal of Mechanical Engineering* 40(9) (2004) 154–157.
8. K. Hanada, T. Sano, Solid-lubrication of diamond nanoparticles, *Proceedings of the 18th International Conference on Surface Modification Technologies 2006* (2006) 87–91.
9. K. Hanada, M. Mayuzumi, T. Sano, Solid lubricating ability of diamond nanoparticles, *Surface Engineering* 19(6) (2003) 421–424.
10. K. Liu, X.J. Liu, W. Wang, M.H. Jiao, Experimental investigation on particle effect in piston ring-cylinder lubrication, *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English ed.)* 19(2) (2006) 191–194.
11. H.Y. Chu, W.C. Hsu, and J.F. Lin, Mar, 2010, The anti-scuffing performance of diamond nano-particles as an oil additive, *Wear* Vol.268 No.7-8, pp.960-967.
12. H.Y. Chu, W.C. Hsu, and J.F. Lin, May, 2010, Scuffing mechanism during oil-lubricated block-on-ring test with diamond nanoparticles as oil additive, *Wear* Vol.268 No.7-8, pp. 1423-1433.