

出國報告(出國類別:出席國際研討會)

海峽兩岸傳動元件與表面工程產學研研習  
會暨第7屆國際磨潤研討會  
出國公差報告

服務機關：國立虎尾科技大學

姓名職稱：魏進忠 副教授、洪政豪 教授、黃社振 副  
教授、黃運琳 教授

派赴國家：中國大陸

出國期間：2014.04.23-2014.04.30

報告日期：2014.06.05

## 摘要

本次出國參與研討會之目的在於提升研究成果之國際能見度、尋求國際合作契機與精進研究方法。經由參訪艾爾發與珈瑪兩家精密機械製造廠，了解蘇州台商在自動化產業的發展現況以及人才培育的措施。參與上海大學所舉辦之”海峽兩岸傳動元件與表面工程產學研研習會”，與參與之傳動元件產業代表進行交流，並了解上海大學在產學合作所進行之模式。最後前往徐州參加第七屆國際摩擦學研討會，發表論文、主持會議並與中國摩擦學學會理事長劉偉民教授互動且觀摩國際大型研討會舉辦方式以及攜回相關研究資料。整體而言，此行達到當初規劃之目的，並得到許多寶貴的經驗，強化了國際交流的能量。

# 目次

封面.....	1
摘要.....	2
目次.....	3
目的.....	4
過程.....	4
心得與建議.....	12
附件一.....	13
附件二.....	14
附件三.....	16
附件四.....	17

## 一、 目的

本次參與中國大陸所舉辦之國際研討會之目的有三，第一為參訪蘇州台商自動化產業發展現況與大陸產業發展；第二為參加上海大學主辦之海峽兩岸傳動元件與表面工程產學研研討會，了解上海大學現況以及產業合作模式；第三為參加第七屆國際摩擦學會議，發表論文、主持會議，並藉由互相交流之過程拓展國際合作之契機。觀摩國際研討會之舉辦形式，為今年度 11 月將在日月潭所舉辦之第一屆磨潤工程技術國際研討會進行宣傳以及吸收舉辦國際研討會之經驗。

## 二、 過程

參加此次行程的人員共有 13 位，包括 11 位各校教師與兩名學生，計有本校洪政豪教授、魏進忠副教授、黃運琳教授、楊東昇教授、黃社振副教授、吳鳳科大蔡宏榮教授、成大李旺龍教授、建國科大高文顯教授、崑山科大張育斌教授與朱孝業教授、長榮大學姚舜輝副教授等，其中，本校洪政豪教授亦身兼台灣磨潤科技學會理事長的職務，因此此行除了進行學術參訪外，亦有台灣磨潤科技界的專家與來自大陸以及世界的磨潤學者進行交流以及推廣學會業務之目的，尤其是為了即將來到的第一屆磨潤工程技術國際研討會邀稿以及邀請世界磨潤專家一同與會之目的。

自台北松山機場出發後首先抵達上海大學參訪，隔日即出發前往蘇州參訪台商自動化企業。台灣天行自動化機械公司在蘇州當地有兩家子公司，分別是艾爾發自動化科技公司以及珈瑪自動化科技公司，如圖 1 所示，分別生產自動化機械臂以及車銑磨 CNC 工具機。由於大陸當地人工成本逐年增加，因此發展自動化設備以精簡人力為目前大陸製造業的趨勢，因此該公司除了代理川崎重工的機器手臂外(圖 2)亦自行開發各種尺寸規格之上下料機器手臂，並與各式生產的工作母機形成全自動化生產線。參訪團由該公司郭來福副總負責接待，參訪概況如圖 3 所示。該公司相當重視基礎技術的傳承，如圖 4 所示的機台各訂為基準面的鏤花技術均由台灣技師已數月時間單獨培訓每一個大陸員工，使之熟練並能獨立操作，由此可知大陸台商已將基礎技術在大陸本地生根，因此兩岸人才在傳統產業的競逐將由技術層級提高至創造與服務層級。



圖 1 艾爾發自動化科技公司以及珈瑪自動化科技公司

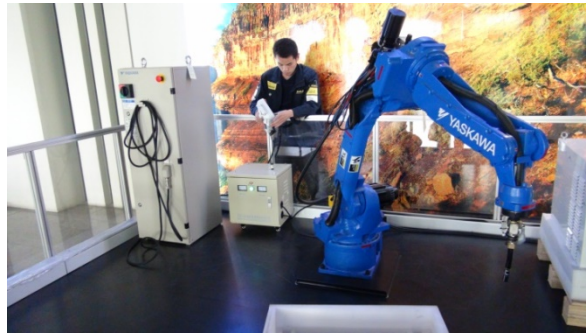


圖 2 川崎重工機械手臂展示機。



圖 3 參訪概況。

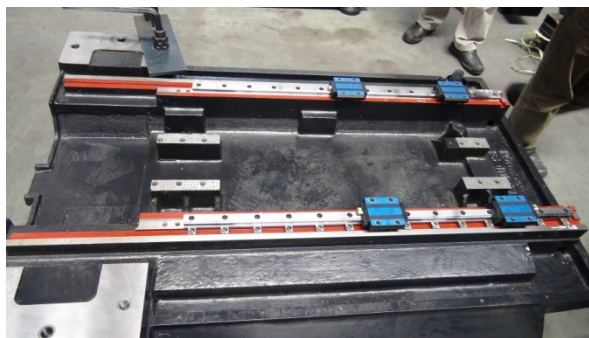


圖 4 機台鏜花。

4月24日至25日在上海大學延長校區進行參訪與交流，並參與海峽兩岸傳動元件與表面技術產學研研習會。上海大學總共有寶山、延長與嘉定三個校區，學生人數約有34,000人，教職員工約4000人，為一所包含理工、人文、科學的綜合型大學。圖五所示為參訪上海大學的情況，王文教授帶領大家參觀其在校內所開設之軸承公司，以及軸承性能測試設備，如圖6所示，並與我們交流軸承開發所面臨的問題，以及可以互相合作的重點。

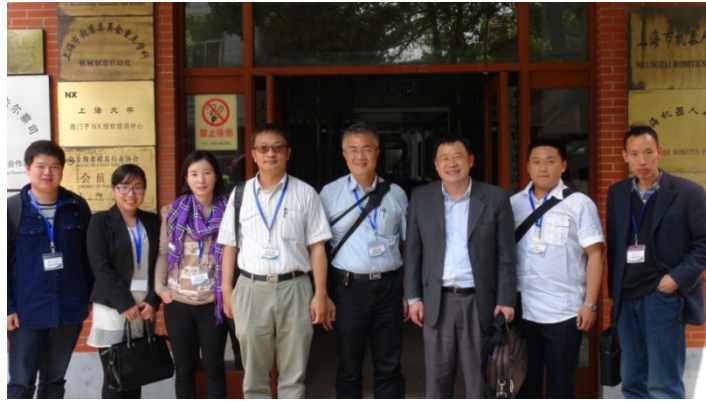


圖 5 上海大學延長校區參訪，右邊數來第三位為上海大學王文教授。



圖 6 上海大學校內工廠參觀與交流實況。

參與海峽兩岸傳動元件與表面科學產學研研習會，由圖 7 所示之王文教授與本校洪政豪教授擔任會議主席，洪政豪教授除了上台致詞外，主要說明本校在傳動元件與表面工程之研究概況，及產學合作之機制，請參考附件一。並與 8 家軸承、材料、輪機等型態公司進行初步交流(東方氣輪機有限公司、上海材料研究所、上海軸承研究所、 $\beta$ (貝他)自動化公司、上海氣輪機有限公司、上海天安軸承有限公司、Timken 中國技術中心、SKF 中國技術中心)、教師與研究生共約 60 人參與，研討狀況如圖 8 所示。香港城市大學黃柏林教授亦發表其在彈液動油膜潤滑的最新研究。本參訪團隊的各位老師亦針對其專業領域與在場專家交流，魏進忠副教授發表滾珠螺桿相關研究成果以及產學合作概況，如圖 8(d)，投影片封面與大綱請參見附件二。崑山科大的朱孝業老師在奈米鑽石油精的研究獲得了廣泛的迴響，並有多家業者與之洽談合作事宜。研習會中洪政豪教授代表台灣磨潤科技學會頒發了感謝獎牌給與會的貴賓，如圖 9 所示，包括 TIMKEN 中國區總工程師唐明珂先生，以及 SKF、THK 工程師與區域經理。



圖 7 海峽兩岸傳動元件與表面工程產學研研習會開幕。圖左為王文教授，圖右為洪政豪教授。



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)

圖 8 研習會概況，(a)TIMKEN 工程師，(b)上海大學王文教授，(c)香港城市大學黃柏林 教授，(d)本校魏進忠 副教授，(e)崑山科大張育斌教授，(f)崑山科大朱孝業 副教授。



圖 9 洪政豪教授代表台灣磨潤科技學會頒發感謝狀。

最後趕往徐州參加第七屆國際摩擦學會議，本次會議參與人數約為 300 多人，如圖 10 所示，包含大陸各地磨潤學學者與專家，同時亦有約 20 位來自歐美與日韓的相關學者。圖 11 所示為瀋陽大學教授兼中國科學院院士呂凱教授，在大會邀請報告發表材料在次表面滑移現象所產生之磨耗移除機制。東京大學加藤孝久教授報告了類鑽石薄膜塗層之最新發展趨勢，如圖 12 所示，目前類鑽石薄膜塗層已可以做到超低摩擦運動的狀態，其摩擦係數可以低至約 0.01 左右，已經可以與油膜潤滑相比，可應用於真空環境或是無法使用液體潤滑之元件，達到極佳的降低摩擦效果。同時他也是日本磨潤學會理事長，日本磨潤學會會員有 2348 人，且分布於全日本各大研究單位。此外亦有來大陸與國外學者發表相關研究，如圖 13 所示為近期大陸在

海外留學生回國發展或是在海外發展的學者，青島理工王靜教授為中國與法國 Lyon 大學交換學生，其老師楊沛然教授為大陸磨潤界元老，研究專長在於油膜潤滑分析與光彈實驗驗證。圖右之高博士為英國 Leeds 大學生物機械博士，目前任職於英國倫敦大學擔任博士後研究，目前已在英國定居，其研究專長在於人工關節磨潤研究。



圖 10 第七屆國際摩擦學研討會開幕

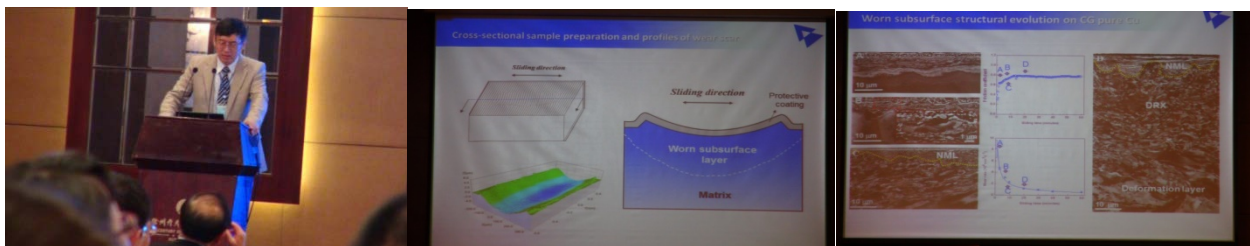


圖 11 中國科學院院士呂凱教授報告



圖 12 東京大學加藤孝久教授報告。



圖 13 大陸青島理工王靜教授(左)與英國倫敦大學高雷明博士(右)報告。



魏進忠 副教授在本次大會上擔任工業磨潤議場之邀請演講以及會議主持，如圖 14 與 15a 所示，報告題目為 Contact and friction analyses of preloaded four cycles ball-screw，本研究利用創新思維解決複雜的多卷預壓滾珠螺桿之傳動性能分析，此研究有助於開發新型預壓滾珠螺桿，以及了解不同預壓力配置對於滾珠螺桿傳動之影響。論文原文請參考附件三。

黃社振 副教授與黃運琳 教授亦在本次大會上發表論文，如圖 15b 所示，報告題目為 Multi-objective optimization of finishing Boring Ti6Al4V with Taguchi-Grey Method，本研究的目的是開發的田口-灰色優化方法的最佳圓度值，最佳表面粗糙度值，在切削參數方面最大的材料去除率和最少的功耗，進行研究對象為鈦合金的精加工搪鈦合金。評估的加工參數有進給速度、切削深度、切割速度、潤滑劑的濃度和潤滑油的溫度各系列切削實驗，然後利用田口 L27 直交計畫表整理實驗結果。從灰色關聯分析而獲得的灰色關聯度來確定最佳切削參數。在完成搪孔的過程的總體質量特性工藝參數的意義進行定量評估，通過均方差法的分析。最佳結果可以通過實驗證實，這闡明該精加工搪 Ti6Al4V 合金的多性能特性可以通過該方法有效地提高了精確度。論文原文請參考附件四。



圖 14 大會邀請報告



圖 15a 主持會議



圖 15b 發表論文

會議張貼海報亦攜回對於磨潤研究有用之資料，如圖 16 所示，分別是在軌道面油膜潤滑接觸剛性分析以及表面微型貌對於磨潤之影響。在滾珠對軌道之磨潤研究大多數不考慮流體潤滑，但是實際上潤滑油與脂之使用普遍，兩者對於接觸面之接觸剛性影響，將會使得接觸面的變形量與乾式接觸時比較產生極大差異。而近幾年在預防磨損與減低摩擦的相關研究上，表面微型貌加工確實會使得軸頸軸承或是液動壓傳動元件之摩擦降低，同時保護元件降低磨損，因此如能應用於軌道加工，可以有效提升螺桿傳動性能。

洪政豪教授與來自美國的 Stephen M Hsu 博士交流，如圖 17 所示。同時頒發學會錦旗給中國摩擦學學會理事長劉偉民院士，如圖 18 所示，圖中右側為中國礦業大學校長葛世榮教授，另一位為清華大學摩擦學重點實驗室主任駱建斌院士。晚宴後並與中國摩擦學界的領導主幹們合影，如圖 19 所示。此行亦幫助本次在 11 月所舉行之國際研討會成功邀請到駱院士與劉院士來台進行大會報告，同時邀集稿件約有 30 篇以上。

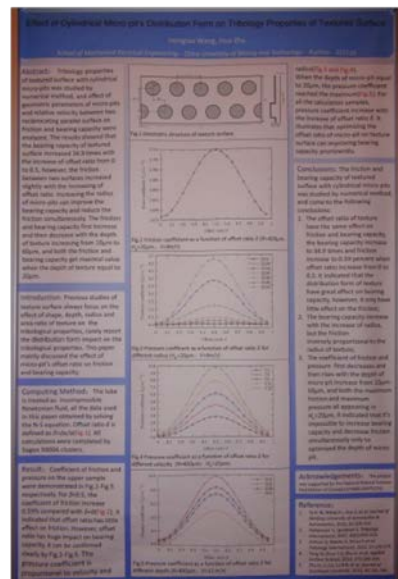
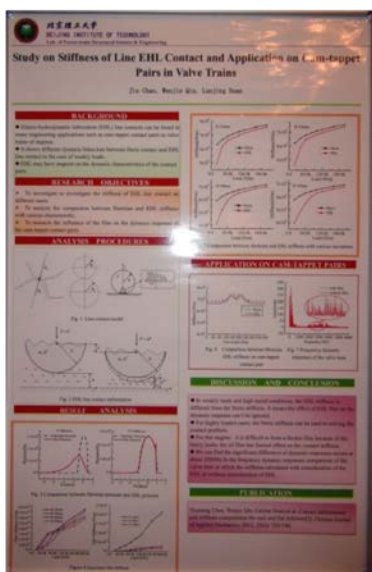


圖 16 會議張貼海報



圖 17 洪政豪教授與來自美國的 Stephen M Hsu 博士交流。圖 18 頒發會旗。



圖 19 學會交流人士合影。

## 心得與建議

本次參與會議心得與建議條列如下：

1. 國內精密機械加工技術優良，且產業聯結集中，創造研發能力強，但是大陸基礎工業技術進步神速，學習能力強且人才濟濟，在兩岸競逐世界貿易的這場比賽，應針對特色產業加強培育人才，保有競爭優勢。此行亦看到大陸台商在嚴峻的產業環境下努力蛻變，創造產業藍海。
2. 參與海峽兩岸傳動元件與表面工程產學研研習會以及參訪上海大學使得各位老師了解上海大學與周邊企業產學合作的機制，並開展了兩岸產學研合作計畫之契機。
3. 藉由觀摩本次國際研討會舉辦方式可以更充分應對即將舉辦之第一屆台灣工程磨潤科技研討會。本次更藉由與中國摩擦學學會、中國礦業大學、上海大學、香港城市大學、東京大學…等國際學術單位交流成功邀稿數十篇，並強化中國、日本、韓國、法國、俄羅斯、美國、英國、東南亞各國等全球磨潤學者間的聯繫。
4. 與會學者中不乏來自美國、日本、印度的年輕學者，建議除了教師個人以計畫經費補助外，校方能以相關經費補助新進教師出國參訪與短期研修，除了擴展教師研究能量外，更可以引申更多國際合作契機。此外，本次亦帶領碩士研究生洪聖豪同學出國見習，除了感受到兩岸學風的差異以及上海的繁華，更使同學體會國際研討會的舉辦方式，此外藉由與國際學生交流也加深對自己能力不足的體認。如果校方能有更具體鼓勵措施鼓勵學生出國發表論文，應可提升學生外語能力以及國際視野。
5. 在短短八天的兩次會議期間，會議主題涵蓋了基礎理論、工程技術、應用科學等領域，並依論文特性區分為數大主題進行研討，實極為充實豐富。此次行程最值得肯定的是，論文發表除了主要來自學術界外，亦有部分來自工業界、工程顧問公司及政府研究單位，使得大會的議題在理論探討中同時兼顧工程技術之實用性，促成學術界與產業界雙方正面交流。各類領域的論文題目在討論時，不再只是學術理論的角度，更得到工業界回饋的意見，使學者專家得以走出學術象牙塔，接受外界批評與考驗。

# 附件一



## 國立虎尾科技大學 磨潤學研究概況

洪政豪 教授

國立虎尾科技大學  
微奈米磨潤暨表面工程中心

2014年04月25日

## 學校概況 沿革

1. 本校於1980年奉核定設立「國立雲林工業專科學校」
2. 1997年升格改制為「國立虎尾技術學院」
3. 2004年2月改名為「國立虎尾科技大學」
4. 發展迄今計有電機資訊學院、工程學院、管理學院與文理學院等四個學院，共計有19系、19碩士班、2博士班。



## 學校概況 學院系所分佈



## 1. 3-body microcontact model

The total contact areas  $A_p$  and total contact load  $F_p$  of three bodies is obtained from Eqs. (16) and (17).

$$F_{tot} = F_{a1} + F_{a2+3} = \frac{\pi H_1 H_2 H_3 A_0}{H_{a1} + H_{a2}} \left[ \frac{9\pi^2}{4} \left( \frac{H_1^2}{E_{a1}^2} + \frac{H_2^2}{E_{a2}^2} \right) \int x^2 \phi(x) dx + \int x^2 \phi(x) dx \right] + \left( 1 - \frac{\pi H_1 H_2}{H_{a1} + H_{a2}} \int x^2 \phi(x) dx \right) \cdot F_{s1s2} \quad (16)$$

$$A_{tot} = A_{a1} + A_{a2+3} = \frac{\pi H_1 H_2 H_3 A_0}{H_{a1} + H_{a2}} \left[ \frac{9\pi^2}{4} \left( \frac{H_1^2}{E_{a1}^2} + \frac{H_2^2}{E_{a2}^2} \right) \int x^2 \phi(x) dx + \int x^2 \phi(x) dx \right] + \left( 1 - \frac{\pi H_1 H_2}{H_{a1} + H_{a2}} \int x^2 \phi(x) dx \right) \cdot A_{s1s2} \quad (17)$$

where  $F_{s1s2}$  is the real total contact load of two-body microcontact models.  $A_{s1s2}$  and  $F_{s1s2}$  can be given from the past stochastic model including GW, PW, CEB, H and ZMC models.

## 1. 3-body microcontact model

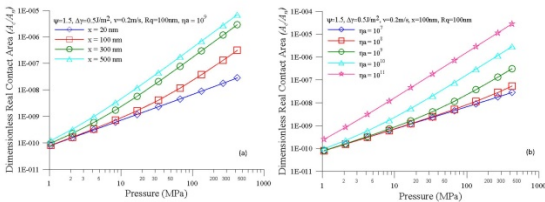


Fig. 1 (a) and Fig. 1 (b) shows the surface and particle friction coefficients versus applied loads for the different particle size and particle density.

## 3. Flash temperature analysis

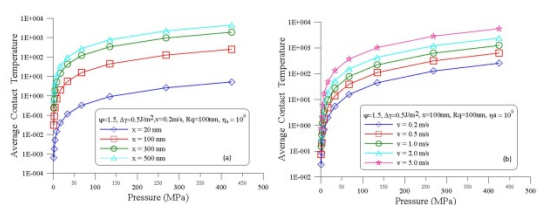
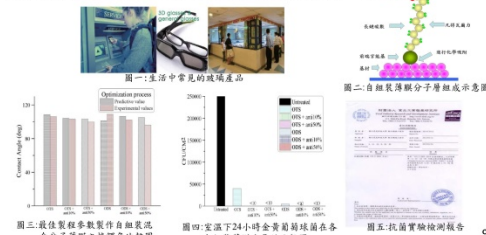


Fig. 4 (a) and Fig. 4 (b) are the different particle size and relative velocity with average contact temperature for the surface roughness  $R_q=100$  nm, particle density  $n_p=10^6$  number/m<sup>2</sup>.

## 6. Coating film

玻璃材料因為它的透明及實用特性，在人們的生活中廣泛被使用如下圖日常生活的提款機、觸控面板、眼鏡與窗戶等，此種物品存在長期使用易黏附油污等問題，因此本研究使用兩種自組裝藥劑並混合抗菌劑製作出同時具備抗汙與抗菌的薄膜並應用於玻璃上。



## 2014磨潤工程國際研討會(臺灣日月潭)



# 滾珠螺桿傳動與磨潤研究

魏進忠 博士  
副教授

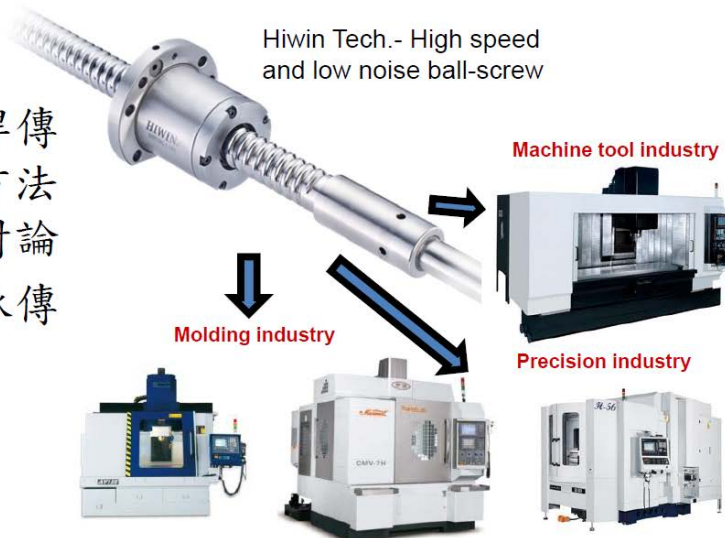
動力機械工程系  
國立虎尾科技大學  
Date : 25/04/2014



1



- 前言
- 滾珠螺桿傳動研究方法與結果討論
- 主軸軸承傳動分析



2

## Contact and Friction Analyses of Preloaded Four Cycles Ball-Screw

Chin-Chung Wei <sup>1)\*</sup>, Jen-Haur Horng <sup>1)</sup>, and Jen-Fin Lin <sup>2)</sup>

1) Department of Power Mechanical Engineering, National Formosa University, Taiwan

2) Department of Mechanical Engineering, National Cheng-Kung University, Taiwan

\* Corresponding author email address: cawei@nfu.edu.tw

### ABSTRACT

High speed transmission table is widely used in industry and its demand is increased. Preloaded ball-screw device is a major component in a transmission system. In order to bear applied load, preload and inertia force, four-cycles ball-screw is necessary. The kinematic behavior and friction of ball and raceway are more complex than double-cycles ball-screw. A new calculating concept is used to simplified complex calculation. Contact and friction were found out at each cycle and they are varied with operating conditions, such as applied axial load and rotational speed. The study is helpful in realizing contact and friction behavior in a preloaded four-cycles ball-screw.

### 1 INTRODUCTION

The increasing demands in precision engineering applications for positioning systems have instigated the investigation into ball screws. The reciprocating ball screw mechanism is a force and motion transfer device. The high transmission speed ball screw is a major component in rapid processing devices, and must be designed with a high degree of positioning accuracy and stiffness by applying a higher preload.

Lin et al. [1,2] presented a theoretical study on the kinematics of the ball screw mechanism where a function was developed to understand the motion of the balls and their contact patterns with the contact elements. However, the friction coefficients, normal forces and contact angles created at the ball-screw and ball-nut contact areas were assumed to be equal. Also, the drag force produced by a ball moving in an oil lubricant was not considered in the force balance.

Kinematic analysis of the ball screw mechanism that considered variable contact angles and elastic deformations was studied by Wei and Lin [3]. Their theoretical analysis was developed for a ball screw with a single nut and a single cycle of balls. Therefore, no preload effect on the mechanical efficiency was discussed in the study. An analytical method developed by Takafumi, et al. [4] was used to determine the motion of the ball and the ball load distribution, including the effect of the motion for a given ball screw geometry and its operating conditions. Wei et al. [5] presented an analytical model for a

preloaded ball screw system with lubrication, and the numerical results confirmed the mechanical efficiency of their experimental data. Contact and friction analyses of double-cycle ball-screw mechanism are already well established[5]. Four-cycles ball-screw mechanism is more complex than double-cycles and widely used in industry. The study presents a well analyzing process and finds out contact and friction behavior at ball and raceway contact areas of a four cycles preloaded ball-screw.

### 2 Theoretical Model

Four-cycles ball-screw mechanism is shown in Fig.1. Non-external load is applied in the ball-screw, as shown in Fig.1(a), right hand side contact behavior is opposite to the left hand side due to the preload which is exerted between the left and right hand sides. When an enough load,  $F_a$ , which is greater than the preload, is applied on the nut, contact geometry is changed as shown in Fig.1(b). The difficult of the analysis is how to arrange load bearing on each contact side. Each contact side has one pair balls, and these two contact side can also be considered as two balls. First, assume load is average bearing on two balls of each contact side, respectively. Then calculating contact geometry and kinematic behavior of each contact side, as shown in Fig.2. The analyzing model is based on the single-nut double cycle ball-screw numerical calculating. Detail analyzing equations are referred to the paper published at 2009 [5]. Lubricating condition is considered as EHL oil lubrication.

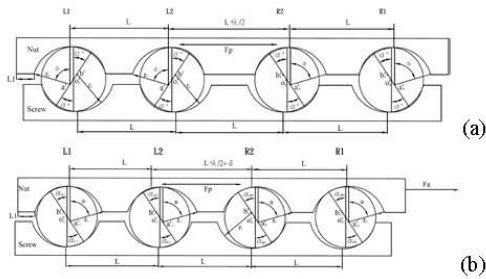


Figure 1 Sketch of four-cycles ball-screw, (a) without external load, (b) with external load.

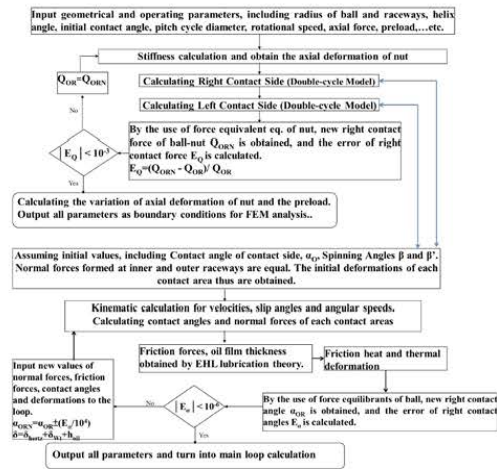


Figure 2 Flowchart of calculating process.

### 3 Results and Discussion

Contact loads at contact area between ball and raceway are varied with axial load, as shown in Fig.3. Contact force of right contact side is greater than the left side, and they have the same tendency varying with the increase of applied load at the same contact side. The variance of contact load affecting by the preload and axial load is similar to the double-cycles ball-screw[5].

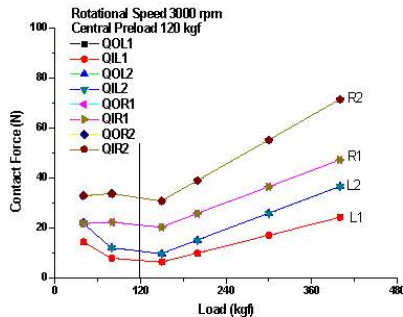


Figure 3 Contact forces VS axial load.

Friction forces are slightly increasing with the increase of contact forces as shown in Fig.4. The difference of friction force at outer and inner contact area of each cycle is few. But friction force is increased with rotational speeds proportionally, as shown in Fig.5. Average friction forces of right contact side are larger than the left side. Owing to the contact geometry is different at these two contact side, friction forces are not increased with the increase of contact forces. They are affected by contact angles and sliding speeds of contact areas.

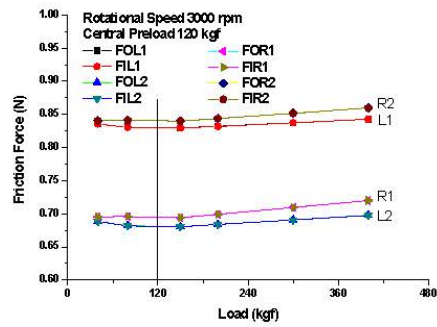


Figure 4 Friction forces VS axial load.

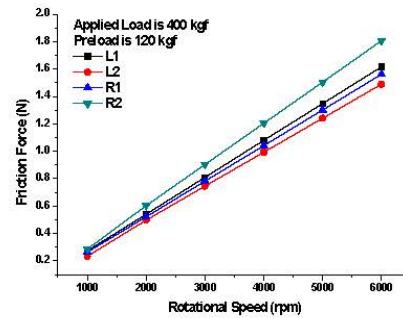


Figure 5 Friction forces VS rotational speed.

### REFERENCES

- [1] M. C. Lin, B. Ravani, S.A. Velinsky, Kinematics of the Ball Screw Mechanism, ASME Journal of Mechanical Design, 116(1994) 849-855.
- [2] M. C. Lin, B. Ravani, S.A. Velinsky, Design of the Ball Screw Mechanism for Optimal Efficiency, ASME Journal of Mechanical Design, 116(1994) 856-861.
- [3] C.C. Wei, J.F. Lin, Kinematic Analysis of the Ball Screw Mechanism Considering Variable Contact Angles and Elastic Deformations, ASME, J. Mech. Design, 125(2003) 717-733.
- [4] Y. Takafumi, T. Yasuyoshi, M. Susumu, Study on Load Distribution and Ball Motion of Ball Screw, J. Jpn. Soc. Tribol., 48(2003) 659-666.
- [5] C.C. Wei, J.F. Lin, J.R. Horng, Analysis of a Ball Screw with a Preload and Lubrication, Tribology International, 42(2009) 1816-1831.



## 附件 四

### 7th China International Symposium on Tribology(CIST7)

#### Oral Session Place

1. Surface and Coating
2. Industry Tribology
3. Lubrication Fundamentals and Technology
4. Biotribology
5. Nanotribology and Nanotechnology
6. CTI-STLE Joint Symposium

#### Session 4. Biotribology

##### Multi-objective optimization of finishing Boring Ti6Al4V with Taguchi-Grey Method

S. J. Hwanga Y. L. Hwangb, C. H. Chenc

Department of Mechanical Design Engineering

64 Wen-Hua Road, Huwei Yunlin, Taiwan 63201

National Formosa University

ahwang6@nfu.edu.tw, bhwang@nfu.edu.tw, chchen@nfu.edu.tw

The aim of this work is to develop a study of Taguchi-grey optimization method for the best roundness value, the best surface roughness value, the largest material removal rate and the least power consumption in terms of cutting parameters when the finishing boring of Titanium alloy Ti6Al4V. The machining parameters evaluated are feed rate, radial depth of cut, cutting speed, concentration of lubricant and temperature of lubricant each series of cutting experiments are performed. The experiments are planned using Taguchi's L27 orthogonal array. A grey relational grade obtained from grey relational analysis is used to determine the optimal process parameters. The significance of the process parameters on overall quality characteristics of the finishing boring process has been evaluated quantitatively by the analysis of variance method. Optimal results have been verified through confirmation experiments, which indicate that the multi-performance characteristics of the finishing boring Ti6Al4V can be improved effectively through this approach.