

## 金屬螺絲鍛造成形機模具調校分量解析系統研究

### The research of component vector decomposition system for die adjustment on the metal screw heading machine

溫志群<sup>1\*</sup>、林世偉<sup>1</sup>

<sup>1</sup>財團法人金屬工業研究發展中心

\*E-mail: ccwen@mail.mirdc.org.tw

#### 摘要

本研究目的為解決金屬螺絲成形製造所需設備模具調校面臨問題，解決產業現況依賴操作人員以量具測量後還需加入經驗判斷才能完整解析出成形機調整分量之難題。本研究設計由螺絲外形取像模組搭配旋轉機構，可取得以軸心為基礎之 360 度螺絲投影尺寸資訊，並將此量測資訊整合後建立螺絲關鍵尺寸資訊，再加入模座之微量測試調整後依序從設備上取得三顆螺絲進行外形量測資訊整合，經此研究開發之軟體系統解析後即可獲得成形設備中相對需求尺寸規範標準值差異之所需模座調校量。此研究成果解決了螺絲成形機調校模座所需頭厚、桿長、偏心水平與偏心垂直分量等關鍵解析問題，並將各調整量之調校程序整合成形機之調整機構後，建立出一套完整的螺絲成形機模具智慧導引調校系統。遵循此系統所設計之調校步驟與調校量依序確實達成後，由測試結果驗證可快速且準確的完成模具於成形機上之調機作業。本研究之量測與智慧導引系統其設計架構可應用於螺絲成形製造，促使生產線設備調模時間大幅縮短讓產品快速導入試作或量產，可因應產線快速換樣作業需求提升製造業之競爭力。

**關鍵詞：** 模具調校，螺絲成形，智慧導引，量測解析，成形機械

#### Abstract

This research focuses on the problem of metal screw heading machine die adjustment that occur frequently in fastener manufacturing industry. The most difficult problem is to analyze the component vector of screw measurement information from instrument. The final component vectors for die adjustment were often decided by human experience and the results were not usually be satisfied. Following the sampling process design in this research, the operator just only has to take three screws for testing. This research integrates the following techniques that includes 360° axial optical measurement instrument, die adjustment mechanical specification of heading machine, sampling adjustment process design and the analyze method of component vectors. The result of this research provides the adjustment guidance that includes some key items such as thickness of head, nominal length, component vector X and Y of axial misalignment. Following the guide system developed in this research that machine operator could achieve the propose of quick die change for different screw forming. A practical verification is also demonstrated by the die's adjustment of M6 mat-point screw heading machine for showing the feasibility of the proposed die adjustment methodology. The application of this system will improve competitiveness of fastener production industry.

**Key words:** die adjustment, screw heading, intelligent guidance, data analyze, forming machine

## 1. 問題描述

台灣扣件產業產值逾千億出口比例更佔九成以上是國內重要以出口為主的產業之一，由於常溫鍛造設備技術成熟使產業極具全球競爭力，國內使用的金屬螺絲成形機大多為國產自製研發設備，其模具調校方式可概分為「機外模組化調校」與「機上各模模座調校」兩種。所謂機外模組化調校指以天車將多模座組件吊掛出設備離線調整後在將之移放置設備中始進入生產，其優點是離線調校不影響生產，但是此類設備單價甚高中小企業採用較少；另一種也是現今金屬扣件產業使用最多的機上分模模座調校，即將模仁安裝於成形機模座上後進行機上調較，其優點是設備空間較小且單價較低，缺點為模仁對心調校方式無法系統化需依靠人工經驗調機，甚是對心精度若要求較高現行產業作業方式將難以達成。

常見產業用之對準方式為以參考標記進行產品對準調校[1]-[3]，本研究相關之螺絲不法加諸標記因此並不適用此類鍛造設備，[4]提出方法為模具上刻化標記輔助調整也因螺絲鍛造用模仁內孔與模殼非同製程機台加工而成故無法參考應用，因此本研究投入建立智慧導引系統解決螺絲成形機調機時最難克服之問題，提供產業生產線遭遇快速換樣需求時之有效解決方案。成形機機上分模模座調校時調整公模與母模之軸對心調機難題，扣件製造業者常用同心儀量測方式卻僅能獲螺絲之最大偏心率，相對於設備中的水平與垂直偏心率分量卻無法得知，現行方式僅能以操作人員之經驗概略推估，無法獲得準確之資訊也因此常遭遇往復調整耗時費工導致成形生產線無法加速投入量產。

## 2. 方法對策

本研究以「影像光檢儀量測」與「螺絲成形機調整機構」資訊，並加入關鍵「取樣與調模程序設計」與「模座調整分量解析」等方法，整合出一套可解析調機所需各關鍵尺寸於設備之調整量後提供調機程序導引，完成智慧化模具調校導引系統。解決了螺絲成形模仁裝上設備後之模座調校困難，依此導引系統之程序完成三件螺絲取樣後獲得所需頭厚、桿長、偏心率X與偏心率Y等調整分量之解析成果，操作人員僅需依系統指引依序完成調校後，無須多次反覆調校測試，即可快速達成所需螺絲模具成形之尺寸之要求。各實施方法說明如下：

### 2.1 影像光檢儀量測

光檢機(如圖1)以傳統背投影方式量測螺絲外型尺寸，可量測螺絲桿徑(桿寬)、頭寬、法蘭寬、總長、桿長(頭下長)、頭高(頭厚)、頭中心、桿中心等，另增加一旋轉機構讓背投影資訊透過軸心方向旋轉後，將弦波訊號之最大值減最小值即為2倍最大偏心率，可解析出該螺絲之最大偏心率SVmax(偏心率為圖2之SV值)。

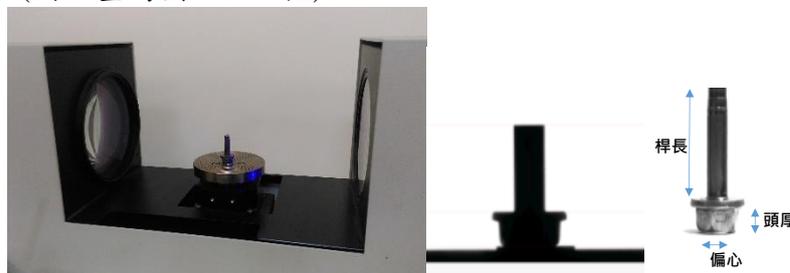


圖 1 光檢機旋轉量測

成形機最常見之調機機構相關尺寸有頭厚、桿長、偏心率等三項，調整量有頭厚、桿長、偏心率水平(即偏心率X)與偏心率垂直(即偏心率Y)等四項。頭厚、桿長與需求規格之差異相當容易計算，惟偏心率僅能量測得到最大值，因螺絲量測偏心率差異時已從成形機上取出，因此如何得

知偏心率相對於該成形機上之調整機構所需調整之X分量與Y分量讓金屬模具鍛打時可成形出最小軸心誤差就是達到所需品質尺寸關鍵的下一個重要問題了，此關鍵問題將於2.2至2.4從調整分量解析、調整機構整合與取樣程序設計來解決此問題。

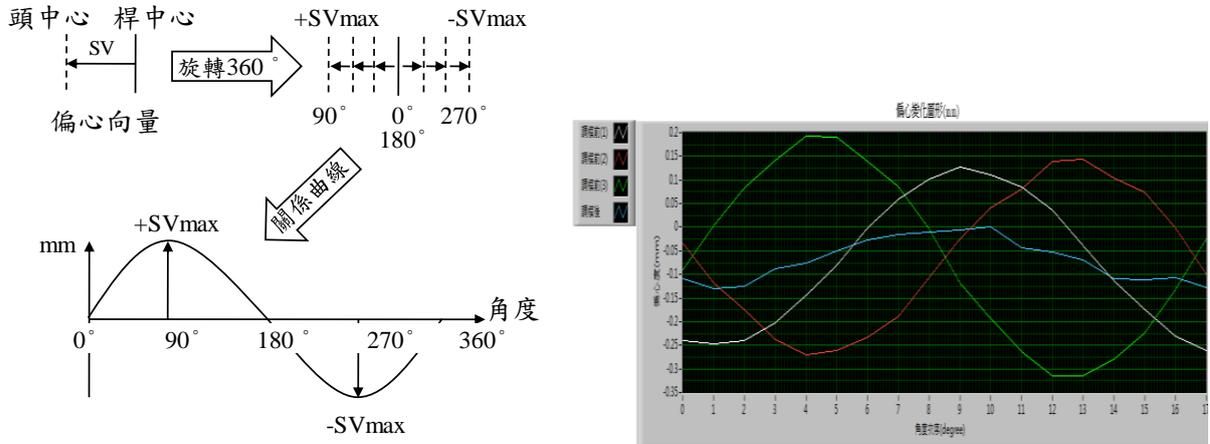


圖 2 整合旋轉資訊後可得到螺絲(即公母模仁直孔穴)之軸心偏差量

### 2.2 模座調整分量解析

螺絲尺寸之頭厚與桿長調整解析可直接以圖3左側之長度差異量測值 $\Delta a$ 和 $\Delta b$ 導入調校導引系統中即可，最大偏心率可由2.1之量測結果解析取得如圖3右側所示 $SV_{max}=V1$ 得知。

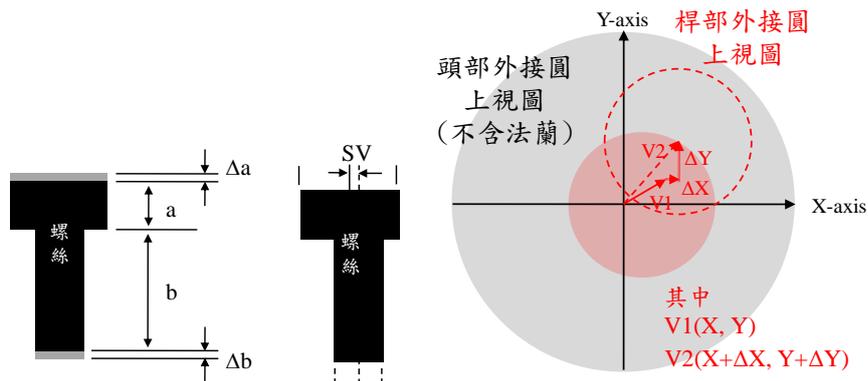


圖3 長度差異量測側視圖(左)、偏心側視圖(中)與軸心差異上視圖(右)

本研究設計偏心率之解析程序如後所述，取樣量測之程序設計將依序取三顆螺絲，首顆為原始待調整之螺絲最大偏心率為 $V1$ ，在設備上加入可知模座調整水平量 $\Delta X$ 後再鍛打取樣第二顆量測其最大偏心率，第三則再加入可知調整模座垂直量 $\Delta Y$ 再取樣第三顆螺絲量測獲最大偏心率 $V2$ ，因 $V1$ 、 $V2$ 為可量測得到且 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 為已知量，故可求得圖3右側原始偏心率 $V1$ 之水平與垂直待調整分量 $X$ 和 $Y$ 。

圖3之解析說明中，此上視圖螺絲頭部外接圓示意圖不考量法蘭外徑因其變異性更大無法作為尺寸量參考依據，在鍛造製程中以公母模合模距離來決定塑形時螺絲法蘭厚度與其外接圓大小，故其外形屬自由成形區並未被約束於模具中，也因其介於頭部與桿部之間若由現行做法以卡尺欲量測概略偏心率時更顯其困難與不準確性。

### 2.3 螺絲成形機調整機構

螺絲成形機的模仁裝於模座中進行位置調整後才能於設備中鍛打出所需規格的螺絲，模座調校即經由工件取出量測後取得調整依據再來微調校設備中的模座，國內產業所使用之成形機模仁偏心率調校多以人工操作經驗判別，需將此調整關係量化並建立與光檢機量測結果

之關係才能系統性的解決此問題。

成形機相關尺寸調整量有頭厚、桿長、偏心X與偏心Y等四項，因頭厚、桿長與偏心Y之調整僅須了解調整機構、調整螺絲旋轉角度與螺牙間距之轉換關係即可將其系統化，比較複雜的是偏心X之調整變化與其相依產生之偏心Y分量變化關係。如圖4所示為常見之模座調整機構，產業慣稱為牛頭座。其操作原理為旋轉偏心水平調整使模座以旋轉中心進行圓弧調整，故調整X時此圖例會另外因X調整而產生Y方向之下移量，此分量可由相似弧形計算得知，因此當調機時有水平偏心分量X需調整時，系統還需自動計算補償Y1量於原規劃之偏心垂直Y分量，即此時垂直偏心分量之調整量須修正為Y-Y1。

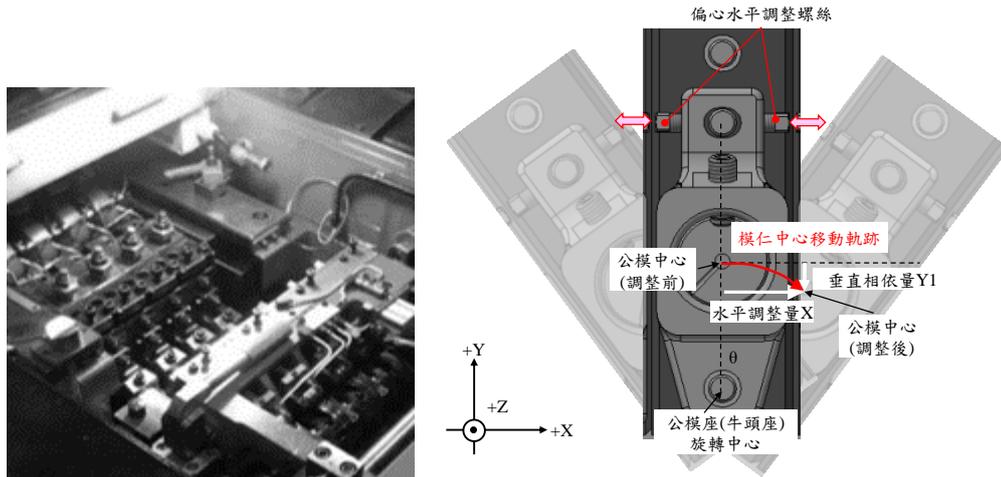


圖4 模座調整機構

#### 2.4 取樣與調模程序設計

本系統研究為求解決調整模座個分量解析問題，設計了加入所需的調整程序並加入兩個調整測試量，依該設計程序擷取三顆螺絲並依序量測後，即可獲得各所需調校分量之解析結果。如圖5所設計，取樣測試程序需先取樣一顆調機前之鍛打螺絲並至光檢機量測，將模座調整預設已知量 $\Delta X$ 後再取樣至光檢機量測記錄所需尺寸，再將模座調整 $\Delta Y$ 預設已知量後再取樣第三顆螺絲並至光檢機量測尺寸，及依序完成取樣量測程序。

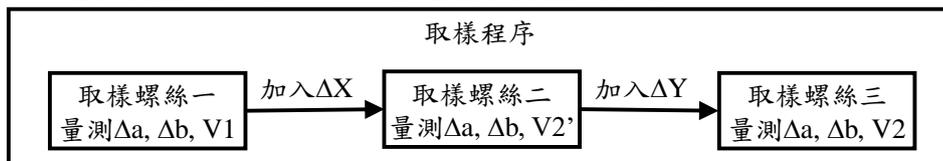


圖5 取樣測試程序

取樣程序將提供2.1和2.2所設計之影像光檢儀量測和模座調整分量解析技術所需資訊，最後再依圖6所設計之調整程序進行設備模具調校，本研究之模具智慧導引系統之人機介面將依此程序導引操作人員取樣、量測、導引調機並再量測確認，當尺寸規格符合產品規範時即可完成調機程序。

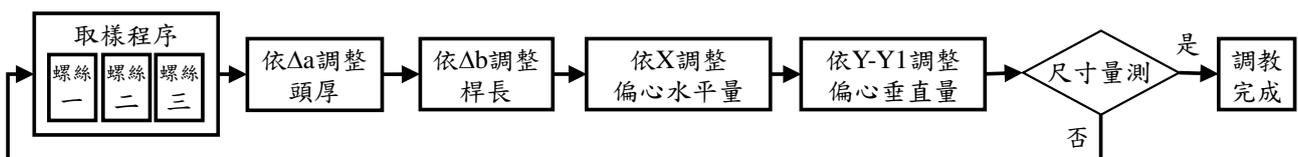


圖6 成形機模座調整程序

其中，上述調整流程之Y1調整量為模座(牛頭座)調整了水平量X後相依產生的垂直上升或

下沉量，如圖4所示，且調整程序需為X先調整後再合併Y1於所需之Y分量上成為最後調整量Y-Y1。另外，因頭厚 $\Delta a$ 與桿長 $\Delta b$ 之調整量為獨立變數，故其順序可依設備調校需求前後調整均可。

### 3. 問題解決

本研究開發出智慧調模導引系統，如圖7其中系統功能包含光檢機量測、試打取樣、解析調整分量並導引調模，經所設計之取樣與調模程序完成後進行成品再確認量測，以是否達成需求尺寸規格來判斷最後須再調機或結束完成調機程序。測試驗證用之扣件、光檢儀和導引系統如圖8所示實體照片。

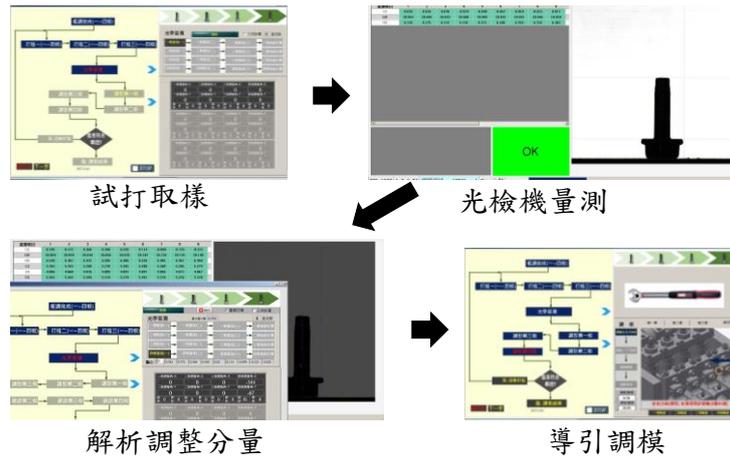


圖7 調模導引系統各程序介面



圖8 智慧調模導引系統



圖9 驗證用成形機與螺絲

本研究整合C公司40噸四衝四模之成形機調整機構資訊，再導入光檢儀量測螺絲外形尺寸資訊於本研究開發之智慧調模導引系統後，以S公司生產之M6車用轉向動力mat-point緊固螺絲進行尺寸調模驗證，如圖9所示。由第四模之模座調校進行機上實測驗證系統導入成果，成功將成形機鍛打出之螺絲經兩次調機後，最大偏心值由0.504mm降至第一次調機之0.121mm，且第二次調機最終達成最大偏心量為0.049mm，此測試程序從取樣到達成尺寸需求所需時間

<20min。對於此測試相似尺寸之螺絲常見偏心量規範要求為0.15mm~0.3mm，顯示依此系統導引調機可獲得相當好之調機成果。

#### 4. 產業應用

本研究成果透過影像量測、成形模座調整機構、對應各尺寸分量解析與軟硬體整合程序設計等多項技術整合開發完成可提供精準的模具調校導引資訊，透過關鍵的分量解析技術解決了產業現行量測方式之缺失，並以實體驗證建立出一套螺絲成形機模具智慧導引調校系統，以國內實際生產用之設備與螺絲驗證其效果。透過實機驗證其程序確實可協助現場操作人員快速依引導完成設備模具調校，此架構亦可透過其他量測方式延伸應用至螺帽成形機等相似之軸心對稱製程設備上，對以外銷為主之扣件產業面臨須更快速因應國際競爭時，從生產面提供了一個符合現況國內扣件製造產業多數的成形設備上所需要的解決方案，將促使扣件產業生產線設備調模時間大幅縮短使設備可更快速導入生產。

#### 5. 誌謝

本論文為經濟部技術處法人科專編號107-EC-17-A-25-1443之計畫，由於經濟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. Chih-Chin Wen and Shi-Wei Lin, 2015. 2-phase Precision Alignment Visual Feedback Control System, Applied Mechanics and Materials, Vol. 764-765, pp. 587-591.
2. Chung-Ming Yang, Chih-Chin Wen, Shi-Wei Lin, Cheng-Chung Chang and Chorng-Tyan Lin, 2013. Application of Image Servo Alignment Module Design to Automatic Laminating Machine for Touch Panel, Smart Science, Vol.1, No.2, pp.75-81.
3. S.J. Kwon, J.Hwang, 2011. Kinematics, pattern recognition, and motion control of mask-panel alignment system, Control Engineering Practice, Vol. 19, pp.883-892.
4. 陳俊仁、覺文郁、張君勵，2013. 數位影像式精密模具對位技術開發，第13屆全國AOI論壇與展覽，新竹，台灣。