

作品中文名稱：滾子矯直對鋼線影響探討

作品英文名稱：Discussion on steel wire during
straightening process

學校/ 科系/ 學生姓名/ 學號

中山大學/機械與機電工程學系/余奕叡/B023022035

中山大學/機械與機電工程學系/曾東立/B023021030

中山大學/機械與機電工程學系/謝秉原/B023021056

指導教授：黃永茂 教授

主辦單位：國立中山大學機械與機電工程學系

一、摘要

在製造彈簧的過程中，矯直的重要性在於它對製品或成品的生產性品質及尺寸精度上有很程度的影響，亦可從各產業對其之使用率及運用程度來顯示其重要性。雖說矯直技術已廣泛應用於各產業，如：金屬加工業、冶金工業、汽車、船舶、飛機製造業、機械設備製造業，以及精密加工製造業等眾多產業，但國人在此領域的研究寥寥無幾。

本次專題主要目的是希望藉由有限元素模擬分析輓輪矯直製程，對殘留應力、彈塑性界面的影響。

二、動機與目的

製作彈簧的盤圓材料在製造、搬運、存放過程中，會受某些因素所影響而造成外形缺陷。常見缺陷有彎曲、扭曲和浪狀等現象，這些現象會使產品在製造時造成缺陷瑕疵，而要達成加工時所需線徑與材料強度，需進行矯直、抽線等前置加工作業，透過矯直方式可使彎曲在外力的作用下清除，使產品達到合格的狀態。輓輪矯直動作是藉由線材透過平行交錯排列的輓輪，授予正負交變之彎曲變形，使鋼線各部份變形狀態均勻化，並有效降低殘留應力，且得以獲得矯直效果。

矯直技術理論較實際應用落後是不爭的事實，目前在實際應用操作上，仍以操作者長期之經驗及事務法來確定基本參數，驗如滾輪數目、滾輪間距、滾輪直徑、滾輪排列方式、壓彎量及矯直速度等的參數來進行設定，另外矯直過程中所產生的一些現象，如矯直時的噪音及震動等，也都缺乏理論闡述，在矯直方面其中由於研究文獻與參考資料極少，廠商進行矯直作業時通常利用經驗法則來進行滾輪排列、向下干涉量等參數，對於改善不良鋼線的方式，的確鮮少有人討論。由於沒深入探究矯直過程中的各項變數，使得矯直後材料仍具有些缺陷與瑕疵，藉由輓輪矯直消除線材殘留應力的資訊更是匱乏，探討線材的殘留應力對對提昇後續加工有很大的影響。

目前已有廠家認為矯直過程中，矯直之張力對線材影響甚大，雖然線材在塑性加工成型方面的研究也不少，多為引伸拉線、彎曲、沖剪等方面的研究；矯直張力相關方面的研究非常的缺乏，實際計算矯直張力又過於複雜，所以必須借助有限元素分析軟體做詳盡分析及探討，基於以上所述 本研究研究目的為利用有限元素分析之結果，探討線材在矯直過程中，線材元素在滾輪之間受到各項變數結果的影響，再根據相關矯直理論求得各輓輪之矯直張力並比較不同厚度線材之差異性。對於線材矯直過程中，輓輪會造成線材斷面形狀變形，此時需同時考慮彈性

及塑性變形，線材截斷面，內部中心應受力均相互抵銷，不受應變，而外部因受

剪切力影響，會導致應變，本次研究將會探討受輥輪影響下獲得塑性區之邊界。

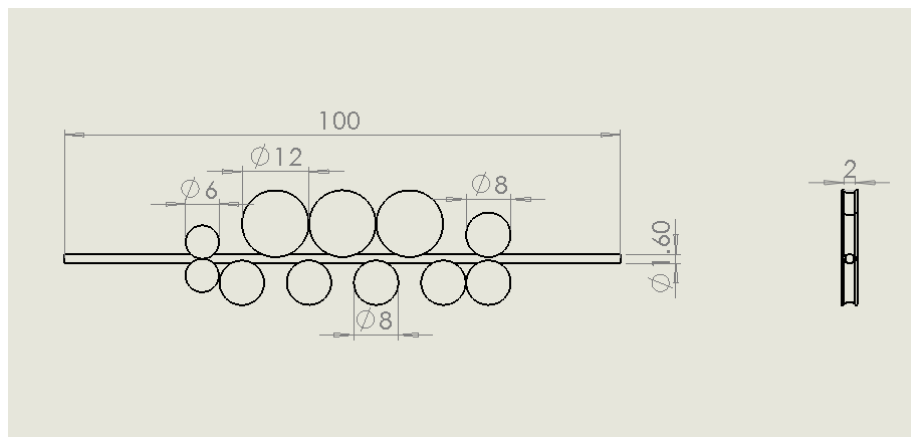
三、 研究內容

矯直屬於壓延的其中一部份，壓延主要藉由摩擦力使線材通過一對轉向相反之輥輪間，達到改變其斷面形狀的加工方法。若依加工溫度條件言之，壓延加工亦可區分為熱間壓延及冷間壓延，這次我們研究方向為冷間壓延，就壓延技術研究除實務觀察外，亦可藉由成形理論加以探討，諸如分析壓延加工金屬胚料產生之彈性及塑性變形行為，或分析輥輪與胚料接觸區與變形區之力學變化行為等等。

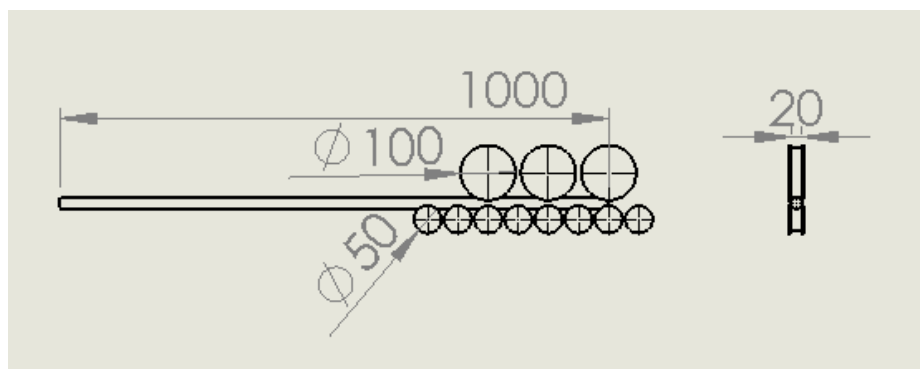
目前塑性加工之解析方法主要包括切片法(Slab Method)、滑移線場法(Slip Line Filed Method)、上界限法(Upper Bound Method)、下界限法(Lower Bound Method)及有限元素法(Finite Element Method)，在文獻與論文中了解到矯直過程中，矯直之張力對線材影響甚大，雖然線材在塑性加工程方面的研究不多，所以必須借助有限元素分析軟體做詳盡分析及探討。

本研究透過有限元素法為模擬的基礎理論，建立輥輪矯直模型，藉由改變各參數如下壓量等，分析矯直後線材殘留應力圖，進一步透過廠商所提供製程參數及文獻實驗數據和數值模擬機制做比對及修正，讓模擬更趨近實際狀況，再由模擬找出矯直後殘留應力分佈情形。主要使用田口法，在每一次的模擬中設定不同的參數，從中互相比較找出矯直模擬過程中影響最大的三個參數後，接下來再對從新設計，試圖找出最能維持矯直後線材真圓度的輥輪排列方式。探討與線材相對尺寸比例之變化在不同矯直時對殘留應力消除率之影響，找出矯直系統的滾輪排列方式最適參數與重要影響因子。

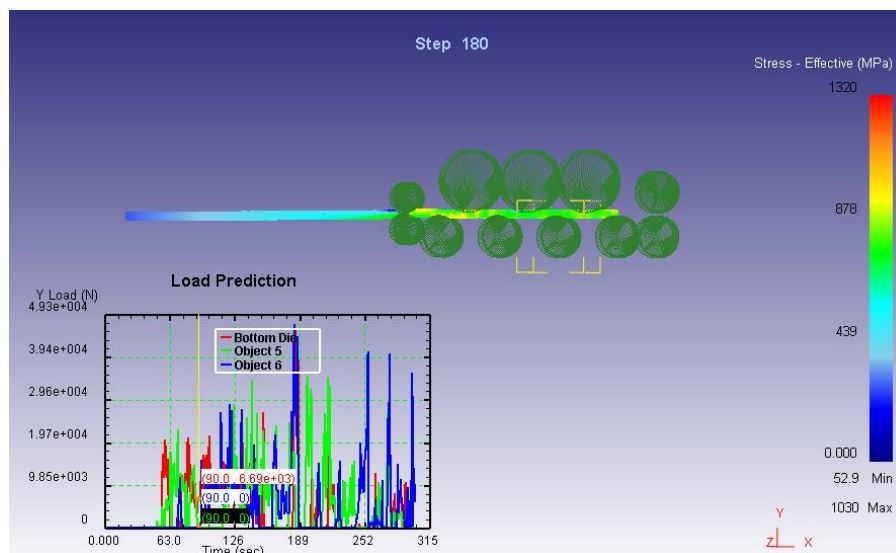
此次利用有限元素軟體 DEFORM 對矯直過程進行分析，我們即將用於模擬並需探討之設定與參數：1. 同徑壓延之彈塑性界面(矯直輪與線材均為彈塑性) 2. 摩擦條件對彈塑性界面之影響 3. 壓縮率(下壓量)對彈塑性界面之影響 4. 周速比對彈塑性界面之影響 5. 異徑壓延之彈塑性界面 6. 輥徑比對彈塑性界面之影響。



圖一.矯直工程設計尺寸圖(單位:公分)



圖二. 矯直工程設計二尺寸圖(單位:mm)



圖三. DEFORM 有限元素法模擬

四、 結果與討論

製作彈簧的盤圓材料在製造、搬運、存放過程中，會受某些因素所影響而造成外形缺陷，內部含有殘留應力的現象，這些現象會使產品在製造時造成缺陷瑕疵，而要達成加工時所需線徑與材料強度，需進行矯直等前置加工作業，透過矯直方式可使彎曲在外力的作用下清除，使產品達到合格的狀態。

在矯直過程中，不論盤元截面形狀一開始是圓形或是不規則形狀，經矯直後均需輥壓出圓形截面，使得線材截面能符合加工條件；線材截斷面，內部中心應受力均相互抵銷，不受應變，而外部因受剪切力影響，會導致應變，不讓應變量太大，會影響線材斷面狀態。

透過高處理核心電腦模擬以及透過廠商所提供矯直的鋼線和矯直機實驗和數據反覆比對及修正，再由模擬找出矯直後殘留應力分佈情形以及彈塑性界面變化，以期獲得較符合實際之塑性變形邊界。模擬的過程也利用田口法找到影響最大的參數對矯直理論有幫助，幫助作業效率，提高生產量讓模擬更趨近實際狀況。

未來應用於金屬加工業、冶金工業、汽車、船舶、飛機製造業、機械設備製造業等，由於國人都以經驗法去分析，容易產生誤差，所以本技術是希望藉由電腦輔助設計，透過改變參數不同達到穩定矯直方法與實做結果一致。

五、致謝

感謝教授 黃永茂先生在我們初入實驗室時內的悉心教誨，百忙之中抽空幫我們聯絡廠商，並親自開車帶領我們到廠商研發處參與專題討論，提供許多研究方向；開會過程中，學到與廠商待人處事與工作倫理，受益良多。老師在金屬成型與塑性加工有著多年經驗與專業知識，特別在金屬鍛造有著特別成就，並落實產業界，國內外皆受到重視，在每次 meeting 中，給我們研究方向，並指正我們錯誤，使我們獲益良多。

六、參考文獻

Kazeminezhad, M., Karimi Taheri, A., “An experimental investigation on the deformation behavior during wire flat rolling process”, Journal of Materials Processing Technology 160, (2005): 313-320.

P. Wang, H. Song, M. Chen, M. Gao and Z. Wang, “Study on the Numerical Simulation of Heavy Rail Compound Roll Straightening”, International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2010, pp. 669-672.

J. Yi, B.B. Dan and Y. He, “Simulation and Analysis of Heavy Rail Residual Stress with Multi-Roller Straightening”, Computational Intelligence and Natural Computing Proceedings, Second International Conference, 2010, pp. 81-84.

崔甫，于澤政，1987，“輥式矯直機輥數的計算機求解率”，冶金設備，第5期，頁6~10，6月

崔甫，1994，“論彈塑性彎曲與曲率關係”，重型機械，第3期，頁23~27，4月

崔甫，施東成，1999，“矯直機壓彎量計算法的探討”，冶金設備，第1期，頁1~6，2月

曾清宏，鈹金矯直張力與矯直力之有限元素探討，碩士論文，雲林科技大學，2010。

余杰霖，具中間波浪之完軋鋁合金板經拉伸矯直製程後其殘留應力分佈之有限元素分析，碩士論文，中山大學，2013。