

Analysis and Optimization of Manufacturing Parameters for Sheet Metal Forming Processes by Press Brake

楊捷凱、王正賢

E-mail: 9600660@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this investigation, the press brake forming method, which is the one of the most common methods in the manufacturing industry, was discussed. It was applied to manufacture sheet metal parts with different angles by adjusting the penetration. However, the springback occurred during the bending process and it directly affected the quality of parts. Hence, in order to overcome the problems of springback and provide the optimal penetration for operators to manufacture sheet metal parts, using the optimum method searched the best designed angle and the optimal penetration to help operators produce sheet metals more quickly and accurately and decrease the cost and time. The aim of this research is to develop an efficient analytical model to predict the springback angle and find the optimal penetration. Furthermore, the investigation discussed all the manufacturing parameters, which influenced the springback during the bending procedure and found the relationships between springback and material type, design angle, material thickness and radius of punch. Besides, in order to prove the analytical models which are feasible and accurate, the commercial package of finite element method, ANSYS, was applied to simulate the forming processes of the sheet metal parts and the experimental data were obtained by making a series of experiments on sheet metal parts in Aerospace Industrial Development Corporation.

Keywords : press brake forming method ; penetration ; sheet metal ; springback angle ; finite element method

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 博碩士論文暨電子檔案上網授權書.....	iii	中文摘要.....	iv
Abstract.....	v	誌謝.....	vi
目錄.....	x	表目錄.....	xiii
第一章 緒論.....	1	1.1 研究背景與動機.....	1.1.1
1.2 研究目的.....	2	1.3 折床機之簡介.....	2
1.4 材料之塑性變形與回彈.....	5	2.1 材料之擬合方程式.....	7
第二章 文獻回顧.....	7	2.2 鈹金回彈之數學模型.....	7
2.3 電腦輔助模擬與分析.....	8	3.1 材料性質檢測.....	10
第三章 研究方法.....	9	3.2 非線性材料之擬合方程式.....	12
3.3 衝程深度計算.....	15	3.4 折床衝壓之回彈預測解析解.....	20
3.4.1 單圖法解析解模型.....	22	3.4.2 雙圖法解析解模型.....	32
3.4.3 橢圓法解析解模型.....	38	3.5 電腦輔助模擬與分析.....	46
3.5.1 設定材料特性.....	47	3.5.2 實體模型建構.....	48
3.5.3 元素設定.....	51	3.5.4 建構有限元素模型.....	51
3.5.5 邊界條件設定.....	54	3.5.6 折床衝壓加工模擬.....	54
3.6 實驗方法.....	55	3.7 鈹金回彈補償與衝程深度修正.....	57
3.8 衝程深度之最佳化設計.....	58	第四章 結果與討論.....	61
4.1 材料拉伸與擬合之結果.....	61	4.2 比較分析與實驗之結果.....	65
4.3 鈹金衝壓之分析結果.....	75	4.3.1 鈹金厚度與回彈角度之關係.....	75
4.3.2 衝頭半徑與回彈角度之關係.....	77	4.3.3 設計角度與回彈角度之關係.....	79
4.4 最佳化之分析結果.....	80	4.5 分析結果之實用成效.....	82
第五章 結論與未來發展方向.....	84	5.1 結論.....	84
5.2 未來發展方向.....	85	參考文獻.....	86
附錄.....	89	圖目錄	
圖 1 CNC液壓折床機	3	圖 2 折彎時鈹金之放置方式	4
圖 3 折床衝壓之加工過程	4	圖 4 材料之應力-應變圖與回彈量	5
圖 5 折彎成形過程中之回彈現象	6	圖 6 研究方法之流程圖	11
圖 7 MTS TestStar s 控制系統	12	圖 8 MST 810 Material Test System試驗機	13
圖 9 GW instruNet 網路架構式資料擷取系統	13	圖 10 應變規之示意圖	14
圖 11 應變規之貼附狀態	14	圖 12 試片之拉伸狀態	15
圖 13 衝程深度之換算模型	19	圖 14 衝頭衝壓時鈹金之彎曲狀態	21
圖 15 彎曲時鈹金內部之作用力分布	22	圖 16 簡化鈹金內部之作用力	22
圖 17 單圖法解析解模型	24	圖 18 成形時與回彈後之應力-應變	29
圖 19 衝壓時鈹金與衝頭間之距離	32	圖 20 雙圖法解析解模型	33
圖 21 材料之應力-應變圖	36	圖 22 橢圓法解析解模型	39
圖 23 成形時與回彈後之應力-應變曲線	44	圖 24 參數化設計之概念模型	48
圖 25 衝頭與母模部份之2D實體模型	49	圖 26 鈹金部分之2D實體模型	50
圖 27 完整之2D實體模型	50	圖 28 元素PLANE 42 51	50
圖 29 鈹金部分之網格	52	圖 30 元素Target 169與元素Contact 172 53	53
圖 31 Contact Pair元素模型	53	圖 32 模擬折床衝壓過程	55
圖 33 實驗機台與公母模	56	圖 34 試片尺寸與晶粒方向	56
圖 35 應用回彈角修正設計角度	57	圖 36 修正衝程深度後之衝壓過程	58
圖 37 2024-T3材料性質之應力-應變曲線	62	圖 38 7075-T6材料性質之應力-應變曲線	62
圖 39 2024-T3材料性質之應力-應變擬合曲線	64	圖 40	

7075-T6材料性質之應力-應變擬合曲線 64 圖 41 2024-T3於設計角90°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 67 圖 42 2024-T3於設計角105°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 68 圖 43 2024-T3於設計角120°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 70 圖 44 7075-T6於設計角90°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 71 圖 45 7075-T6於設計角105°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 73 圖 46 7075-T6於設計角120°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 74 圖 47 ANSYS與解析解所得之2024-T3鍍金厚度與回彈角趨勢圖 76 圖 48 ANSYS與解析解所得之7075-T6鍍金厚度與回彈角趨勢圖 77 圖 49 ANSYS與解析解所得之2024-T3衝頭半徑與回彈角趨勢圖 78 圖 50 ANSYS與解析解所得之7075-T6衝頭半徑與回彈角趨勢圖 78 圖 51 ANSYS與解析解所得之2024-T3設計角度與回彈角趨勢圖 79 圖 52 ANSYS與解析解所得之7075-T6設計角度與回彈角趨勢圖 80 表目錄 表 1 不同材料之擬合方程式 8 表 2 最佳化範例中使用之加工參數 59 表 3 最佳化之範例說明與結果 60 表 4 材料之線性性質 61 表 5 兩種鋁合金於擬合後之結果 63 表 6 鍍金折彎試驗之加工參數 65 表 7 2024-T3於設計角90°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 66 表 8 2024-T3於設計角105°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 68 表 9 2024-T3於設計角120°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 69 表 10 7075-T6於設計角90°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 71 表 11 7075-T6於設計角105°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 72 表 12 7075-T6於設計角120°之ANSYS、解析解與實驗值的誤差 74 表 13 ANSYS與橢圓解析解於2024-T3、設計角度90~120度之最佳化結果比較 81 表 14 ANSYS與橢圓解析解於7075-T6、設計角度90~120度之最佳化結果比較 82 表 15 機台程式與橢圓法解析解於實用上之成效比較 83

REFERENCES

- [1] Ludwik, P., "Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure," Vol. 71, 1927, pp. 1532-1538.
- [2] Hollomon, J. H., "Tensile Deformation," AIME Transactions, 1945, pp. 162-268.
- [3] Voce, E., "The Relationship between Stress and Strain for Homogeneous Deformation," Journal of the Institute of Metals, Vol. 74, 1948, pp. 537-62,760-71.
- [4] Swift, H. W., "Plastic Instability under Plane Stress," Journal of Mechanics and Physics of Solids, Vol. 1:1, 1952.
- [5] Carden, W. D., Geng, L. M., Matlock, D. K., and Wagoner, R. H., "Measurement of Springback," International Journal of Mechanical Sciences, 2002, pp. 79-101.
- [6] Reklaitis, G. V., Ravindran, A., and Ragsdell, K. M., Engineering Optimization-Methods and Applications, New York: Wiley, c1983.
- [7] Jasbir, S. A., Introduction to Optimum Design, McGraw Hill international Editions, 1989.
- [8] Nelder, J., Mead, R., "A Simplex Method for Function Minimization," Computer Journal, Vol. 7, 1965, pp. 308-313.
- [9] Wang, J. S., Lo, C. Y., "Simulation of Springback for Hydraulic Forming Processes by Finite Element Method," 航空機械工程學術研討會, 台灣 高雄, Oct 2004, pp. 95-103.
- [10] Wang, J. S., Lo, C. Y., "Analysis of Springback by Straight Line Bending with Equal Angle for Sheet Metal Hydraulic Forming Processes," 93年度中華民國力學學會年會暨第二十八屆全國力學會議, 台灣 台北, Dec 2004, pp. 2639-2653.
- [11] Zhang, L. C., Lin, Z., "An Analytical Solution to Springback of Sheet Metals Stamped by a Rigid Punch and an Elastic Die," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 63, 1997, pp. 49-54.
- [12] Xue, P., Yu, T. X., Chu, E., "Theoretical Prediction of the Springback of Metal Sheets after a Double-Curvature Forming Operation," Journal of Materials Processing Technology, 1999.
- [13] Asnafi, N., "Springback and Fracture in V-die Air Bending of Thick Stainless Steel Sheets," Journal of Materials and Design, Vol. 21, 2000, pp. 217-236.
- [14] Tekiner, Z., "An Experimental Study on the Examination of Springback of Sheet Metals with Several Thicknesses and Properties in Bending Dies," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 145, 2004, pp. 109-117.
- [15] Tekaslan, O., Seker, U., Ozdemir, A., "Determining Springback amount of Steel Sheet Metal Has 0.5 mm Thickness in Bending Dies," Journal of Materials and Design, Vol. 27, 2006, pp. 251-258.
- [16] Makinouchi, A., "Sheet Metal Forming Simulation in Industry," Journal of Materials Processing Technology, 1996, pp. 19-26.
- [17] Hsu, T. C., Shien, I. R., "Finite Element Modeling of Sheet Forming Process with Bending Effects," Journal of Materials Processing Technology, 1997, pp. 733-737.
- [18] Keum, Y. T., and Lee, K. B., "Sectional Finite Element Analysis of Forming Processes for Aluminum-ally Sheet Metals," International Journal of Mechanical Sciences, 2000, pp. 1911-1933.
- [19] Chou, I. N., and Hung, C., "Finite Element Analysis and Optimization on Springback Reduction," International Journal of Machine Tools & Manufacture, 1999, pp. 517-537.
- [20] 王正賢、蕭尊賀、陳奕安、陳正忠、施義舜, "板金件液壓加工回彈之預測與分析," 90年度中華民國力學學會年會暨第二十五屆全國力學會議, 台灣 台中, Dec 2001, pp. 15-16.
- [21] 王正賢、蕭尊賀、陳正忠、施義舜, "ANSYS於板金件加工回彈模擬之應用," ANSYS Taiwan User's Conference, 台北 台灣, Nov 2001, pp. 26-27.
- [22] 王正賢、鄭彩華, "鍍金液壓加工回彈模擬與補償角之計算," 91年度中華民國力學學會年會暨第二十六屆全國力學會議, 台灣 虎尾,

Dec 2002, (NSC 90-2212-E-212-009).

[23] 電腦輔助軟體ANSYS-9.0,Online-Help