

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫名稱：渦卷式壓縮機渦卷之熱流與應力分析 (III) Thermal and Stress Analysis of Scroll in Scroll Pump (III)

計畫編號：NSC 87-2212-E-009-009

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：陳俊勳 交通大學機械系 教授

共同主持人：洪景華 交通大學機械系 副教授

一、中文摘要

因其效率佳，可靠度高，高密封性，以及環保上的考量，渦卷式壓縮機逐漸的取代傳統類型的壓縮機。在目前大多數的渦卷式壓縮機是採用標準漸開線作為渦卷葉片的外型，而標準漸開線是延伸漸開線的一個特例。為求一般化，本研究計畫將以延伸漸開線為主。

當渦卷式壓縮機運轉時，溫度、壓力以及葉片的接觸將會導致葉片的變形。雖然可增加渦卷的密封性，進而提高效率，但也將使得葉片承受極大的負荷。運轉之下的渦卷葉片是否會產生破壞是我們所最關切的。藉由有限元素法的分析，模擬在臨界的狀況下，找出承受最大應力的地方。試著因此改善設計以求避免可能的破壞發生並增強其強度。並且應用最佳化的方法，來印證此一臨界狀況的正確性。

關鍵詞：延伸漸開線，渦卷，壓縮機，有限元素法

Abstract

The scroll compressors rapidly replace the traditional compressors because of its high efficiency, reliability, hermetic property and consideration of the environment protection. Most scroll compressors use

standard involute curve, which is the special case of the extended involute curves, as scroll shapes. In our study, for generality, we gave attention to the extended involute scroll.

When the scroll compressors operate, several conditions such as pressure, temperature and contact, will cause the deformation of the scroll warps. These conditions can result in a better hermetic property and improve the efficiency, but in the other hand can bring scroll warps into suffering from severe loading conditions. What we concern most is whether scroll warps will fail during operation. Under a critical compression condition, we use the finite element method to find out where and when the maximum stress occurs. Furthermore, optimization method was used to verify the critical condition. With this, we can modify the design to prevent failure and to improve the strength.

Keyword : Extended Involute Curve, Scroll, Compressor, Finite Element Method

二、緣由與目的

較之傳統的壓縮機，渦卷式壓縮機具

有高效率、高密封性、低噪音、低震動的優點；更重要的，基於環保的考量，CFC 已經的全面禁用，HCFC 到 2002 年將全面停產，壓縮機必須使用新的替代冷媒。為因應新冷媒的特性，傳統的壓縮機必需重新設計，以避免採用新冷媒後造成壓縮機效率下降的問題。相反的，渦卷式壓縮機就沒有類似的困擾。

一般的渦卷式壓縮機是採用標準漸開線來作為渦卷葉片的外型輪廓。不過就數學的觀點上來說，標準漸開線是延伸漸開線的一個特例。因此為求一般化，本研究計畫將把重點放在延伸漸開線型渦卷式壓縮機上。以有限元素分析的方法，找出渦卷葉片在承受冷媒受壓縮後所生之高溫高壓的應力應變分佈情形，以期加強葉片的強度，避免葉片受損，造成冷媒的洩漏，降低壓縮機的效率。

三、研究方法

在上一年度的研究中，我們已經建立了延伸漸開線型渦卷式壓縮機的模擬分析模組，運用有限元素分析的方法，找出在臨界況狀下，渦卷葉片所受的應力應變分佈。同時運用了最佳化的方法，結合了有限元素的分析，驗證了所採用的條件確為一臨界的狀況，亦即在此一臨界條件下，冷媒受到壓縮，產生高溫高壓，導致葉片所受的應力應變為運轉週期中最大的狀況。

延伸漸開線的性質，提供了渦卷葉片在徑向方向的密合度。但在軸向方向的密合度，就需要另外的設計來提供。再加上渦卷葉片不斷的與底盤碰撞、接觸，長久下來，接觸面會受到磨損，造成冷媒的洩漏，嚴重地影響了效率的高低。因此對於防止冷媒的洩漏，是必須加以考慮的課題。在葉片上加上軸向的補償裝置，將可

以達到我們提高密封性減少冷媒的洩漏的目的。因此，我們參考常見的補償裝置(圖一)，考量建構分析模組時的難易度，在現有的渦卷葉片上加上一層元素，來模擬軸向補償裝置(圖二)。然後再在已經建立的分析模組上，分析葉片上的應力應變分佈，並依此重新驗證我們所假設臨界狀態。

四、結果與討論

加上了防洩漏的補償機構後，在臨界的狀況下，渦卷的應力應變分佈如圖三、四所示。由圖觀之，可以發現渦卷葉片應力應變最大的地方，是在冷媒排出的吐出口氣室內的部分。葉片除了受冷媒的高溫高壓高壓力影響，軸向的接觸也會對葉片造成損壞。在高速的運轉下，葉片與底盤長期反覆的接觸，將會對葉片造成磨損；另外，吐出孔的邊緣也會對葉片形成不斷推擠的作用，造成葉片的變形。所以，軸向的補償機構的設計，除了可避免葉片直接的受到磨損外，還可以針對葉片與底盤間的密封性因葉片變形而降低時，提供補償的功能，來防止冷媒的外洩。

將上述的結果，與先前所採用的最佳化的方法，再度對我們所假設的臨界況狀進行驗證。觀察圖五，在繞動角為 -57.842 度，延伸量的範圍在 -0.125 左右時，亦即在我們所假設的臨界況狀態下，渦卷葉片所受的應力值為最大。依此，我們再次確認了臨界狀態在整個的研究中的可行性的。

五、計畫結果自評

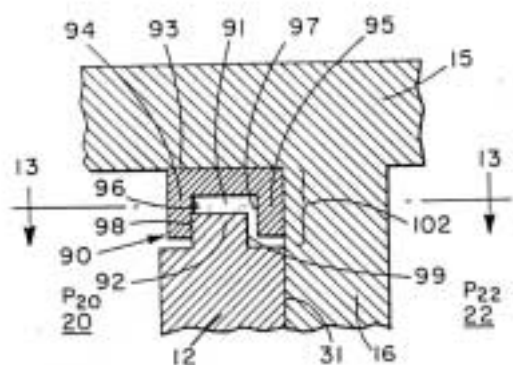
本研究計畫延續了上一年度的計畫，建立了一個更為完整的渦卷式壓縮機分析的模組，包含了運用熱傳分析，求得渦卷上溫度的分佈；在應力分析中找出了在臨界狀態下渦卷的應力應變，並且再次的驗

證了臨界狀態，提出了一個大幅降低模擬分析時間的方法，對日後研究工作提供一個合理、有效率的模擬分析的方法。

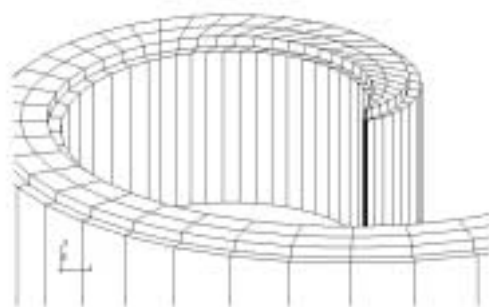
六、參考文獻

1. McCullough et al., "Axial Compliance Means With Radial Sealing For Scroll-Type Apparatus," United States Patent, No. 3994636, Nov. 30, 1976.
2. Cook, Robert D., Malkus, David S. and Plesha, Michael E., "Concepts and Applications of Finite Element Analysis," John Wiley & Sons, Inc., 1989, pp. 1-4
3. Suefuji, K., Shiibyashi, M., Minakata, R. and Tojo, "Deformation Analysis of Scroll Compressors for Air Conditioners," Hitachi, 1990, pp.583-590,
4. 魯世平, 「渦卷卷式壓縮機的沿革與展望」, 冷凍空調技術雜誌, 民國八十年八月, 第51至57頁
5. 吳慶輝譯, 「漸開線渦卷式壓縮機的幾何理論」, 機械月刊, 第16卷第8期, 民國八十年, 第82至92頁
6. Tsay, C. B. and Tseng, C. H., "Research in Geometric Modeling Extended Involute Scroll Curve," Technical Report No. C81056, Industrial Technology Research Institute, Hsing-Chu, Taiwan, R.O.C., 1992
7. Tsay, C. B. and Tseng, C. H., "Research in Geometric Modeling Extended Involute Scroll Curve," Technical Report No. C81056, Industrial Technology Research Institute, Hsing-Chu, Taiwan, R.O.C., 1992
8. 陳俊榕, 「延伸漸開線形渦卷式壓縮機渦卷之應力與變形分析」, 國立交通大學, 碩士論文, 民國81年
9. Tseng, C. H., Liao, W. C. and Yang, T. C., "MOST User's Manual Version 1.0," Technical Report NO. AODL-91-01, National Chiao Tung University, 1991.
10. Caillat, J., Ni, S., and Daniels, M., "A Computer Modol For Scroll Compressors," Copeland co..
11. 彭珈琍, 楊志誠, 李銘孝, 「渦卷式壓縮機繞動渦卷的有限元素法分析」, 機械月刊, 第21卷第5期, 民國八十四年, 第244至255頁
12. 楊志誠, 「新冷煤對密閉式冷媒壓縮機之影響」, 工研院機械所冷媒壓縮機技術研討會, 1996, 6
13. 林正淳, 「Strength Design and Analysis of Extended involute Scroll Compressor」, 國立交通大學, 碩士論文, 民國85年.
14. 陳俊勳, 洪景華, 「渦卷式壓縮機渦卷之熱流與應力分析 (II)」, 國科會計畫編號NSC 86-2212-E-009-029, 民國八十六年。

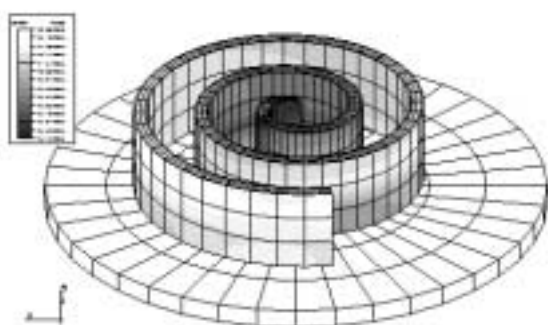
七、圖表



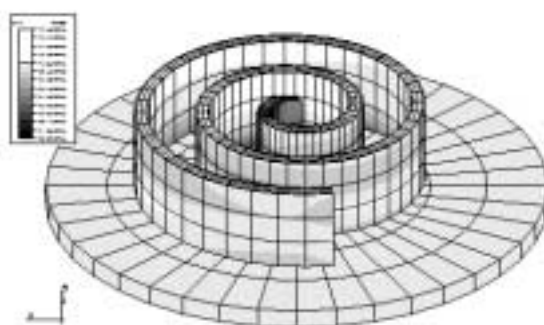
圖一、常見的軸向補償裝置



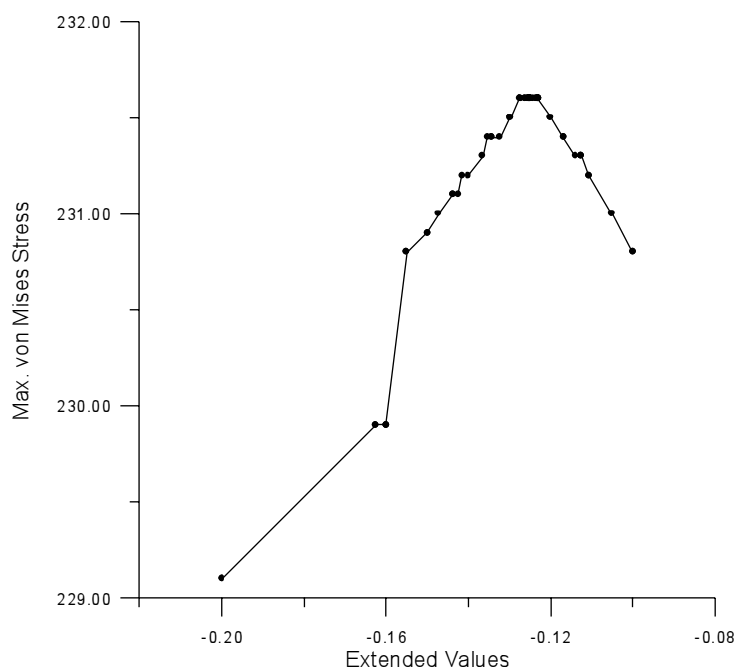
圖二、模擬補償機構示意圖



圖三、繞動渦卷之 Mises Stress 等高線圖



圖四、繞動渦卷之軸向應變等高線圖



圖五、延伸量與最大的 von Mises 應力之關係圖