

# Stress Analysis and Design Optimization of Angled Circular Pressurized Tube Under a Non-Isothermal Condition

吳文瑞、劉勝安

E-mail: 9805482@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

Pressure tubes are used in various industries to transport high temperature steam, gas, liquid, and other fluids. Some components are usually required in pressurized tubing systems to relieve the high stress due to thermal expansion. Among them, U-tube is a kind which plays an important role. It is mainly serves as reinforcement and connection usage. In this study, the structural behavior of a non-isothermal U-tube under its simulated operating condition is investigated based on finite element analysis in conjunction with heat transfer and fluid mechanics theories. The investigation includes the structural stress analysis, temperature distribution analysis, the modal analysis, as well as the design optimization. A program based on the use of ANSYS is then provided for the users to select the optimal thickness of a U-tube under a safe operating condition.

Keywords : U-tube、Finite Element、Modal Analysis

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 iv 英文摘要 v 誌謝 vi 目錄 vii 圖目錄 xi 表目錄 xvii 符號說明 xix 第一章 緒論 1 1.1 前言 1 1.2 研究動機 2 1.3 研究方法 3 1.4 研究目的 3 1.5 論文內容 4 第二章 文獻回顧 5 2.1 前言 5 2.2 有限元素程式介紹-ANSYS 7 2.2.1 簡介 7 2.2.2 一般前處理器(PREP7) 10 2.2.3 求解器(SOLU) 12 2.2.4 一般後處理器(POST1) 14 2.2.5 最佳化處理器(OPT) 15 2.2.6 時域後處理器(OPST26) 17 2.2.7 各處理器間的轉換 17 2.2.8 ANSYS分析工程問題流程 17 第三章 問題描述與分析方法 19 3.1 問題描述 19 3.2 流場分析及有限元素分析 21 3.2.1分析流程 21 3.2.2流場分析 21 3.2.2.1管內流場分析 22 3.2.2.2管外流場分析 27 3.2.3有限元素分析 32 3.2.3.1 PLANE 42元素 32 3.2.3.2 PLANE 55元素 32 3.2.3.3 SOLID 70元素 34 3.2.3.4 SOLID 45元素 35 3.3 模態分析 36 3.4 結構失效理論 40 第四章 有限元素法分析實例操作與討論 41 4.1軟體操作說明 41 4.1.1管內流場分析 42 4.1.2管外流場分析 43 4.1.3 ANSYS非勻溫壓力圓管之應力分析與設計優化 44 4.1.4 收斂分析 46 4.2 靜力實例分析與討論 47 4.2.1 靜力問題描述 47 4.2.2 靜力分析內容 49 4.2.3 直管及U型彎管熱應力分析與設計優化 50 4.2.3.1 ANSYS直管熱應力分析與設計優化(一端固定) 51 4.2.3.2 ANSYS直管熱應力分析與設計優化(兩端固定) 57 4.2.3.3 ANSYS U型彎管熱應力分析與設計優化(兩端固定, B=2A) 62 4.2.3.4 ANSYS U型彎管熱應力分析與設計優化(兩端固定, B=0.5A) 67 4.3模態實例分析與討論 71 4.3.1 模態收斂分析 71 4.3.2 模態分析問題描述 73 4.3.3 模態分析內容 74 4.3.3.1 ANSYS直管模態分析(一端固定) 75 4.3.3.2 ANSYS直管模態分析(兩端固定) 78 4.3.3.3 ANSYS U型彎管模態分析(兩端固定, B=2A) 81 4.3.3.4 ANSYS U型彎管模態分析(兩端固定, B=0.5A) 83 第五章 結論與建議 86 5.1 結論 86 5.2 建議 87 5.3 討論 88 參考文獻 89

## REFERENCES

- [1] 董鐵山、董久樟，「燃氣熱力管道工程」，中國電力出版社，第369-372，(2006)。
- [2] 除至鈞，「管道工程設計與施工」，中國石化出版社，(2005)。
- [3] 張德姜、王懷義、劉紹十，「石油化工裝置工藝管道安裝設計手冊 第一篇 設計與計算」，中國石化出版社，(2005)。
- [4] 除文雄，「工業配管原理與實務」，全華科技圖書股份有限公司，(2000)。
- [5] 唐永進，「壓力管道應力分析」，中國石化出版社，(2003) [6] Yunus A. Cengel, Robert H. Turner, "Fundamental of thermal-fluid sciences", McGraw-Hill international edition, 2001.
- [7] Munson, Bruce, R., Young, Donalde, F., Okishi, Theodore, H., "Fundamentals of fluid mechanics", fifth edition, Wiley, 2006.
- [8] Saeed Moaveni, "Finite element analysis. theory and application with ANSYS", Prentice Hall, 1999.
- [9] ANSYS, "ANSYS User's manual revision 9.0", ANSYS, Inc., Canonsburg, Pennsylvania (2004).
- [10] James M. Gere, "Mechanics of materials", fifth edition, Brooks/Cole, 2001.
- [11] 何家勝、彭丹柳、楊紅、朱光強，「U型管?裂失效分析」，壓力容器期刊，24卷5期第41-44頁，(2007)。
- [12] 周渝、李余德、應學軍、郭同林、張同暉，「火力發電廠熱力管道的改造」，壓力容器期刊，26卷4期第20-26頁，(2009)。
- [13] 陳孫藝、柳曾典、陳進、何錄武，「彎管中性?与?外拱間的面積壓力差及其徑向等效彎矩」，壓力容器期刊，24卷7期第21-26頁，(2007)。

- [14] 陳孫藝、柳曾典、陳進、何錄武，「異徑彎管的無力矩環向應力解析解」，壓力容器期刊，24卷2期第35-39頁，(2007)。
- [15] 郭小輝、韓國明、趙健、曲娜，「供熱管道一次性補償器斷裂原因分析」，壓力容器期刊，23卷10期第27-29頁，(2006)。
- [16] 陳孫藝、柳曾典，「?壓作用下彎管環向應力解及其分析」，壓力容器期刊，23卷2期第38-41頁，(2006)。
- [17] 曹占飛，「受外部管?推力的壓力容器接管受力和應力評估」，壓力容器期刊，22卷9期第16-18頁，(2005)。
- [18] 王辰、李培寧，「?壓載荷作用下含缺陷彎頭的塑性極限載荷有限元分析」，壓力容器期刊，22卷8期第6-9頁，(2005)。
- [19] 董同武，「熱力管道的補償設計及典型問題分析」，石油化工設備期刊，34卷1期第38-40頁，(2005)。