

# 旋轉軸唇型油封之密封機制

吳柏漢、溫志湧

E-mail: 9511516@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究針對無迴油溝之橡膠唇型油封(Rubber Plain Rotary Lip Seal)設計，以實驗與數值方法探討潤滑流體在其中所產生之迴油現象，藉此進一步解釋其密封機制。首先利用Salant [4]所提出的磨合過後之油膜幾何分佈多項式模型來驗證其密封機制之合理性，本研究採用的標準尺寸規格為NAK TCL 36\*52\*10，利用CFD-RC?成n體建立網格結構模型，運用數值模擬計算不同轉速下的迴油率，檢視流場及壓力場之分佈情形來探討迴油之效果;實驗過程使用迴轉測試機台量測密封元件於真實操作狀態下之迴油率(Pumping Rate)，數值計算結果與實驗值有良好的一致性，研究結果證明Salant [4]所提出的油膜幾何模型可成功解釋此型油封的密封機制，且計算流體力學可作為有效的設計工具。研究中進而探討各油膜參數值，如波長或最小厚度等，對密封機制的影響。

關鍵詞：橡膠旋轉軸唇型密封元件；油膜；迴油率；計算流體力學

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii
中文摘要.....	iii
iv 英文摘要.....	v
v 誌謝.....	v
vi 目錄.....	vii
vii 圖目錄.....	vii
ix 表目錄.....	xiii
xiii 符號說明.....	xiii
xiii 第一章 緒論 1.1 緣起.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 油封簡介.....	2
1.4 唇型油封構造.....	3
1.5 唇型油封安裝種類.....	5
1.6 油封密封原理概述.....	7
1.7 文獻回顧.....	8
第二章 研究步驟與方法 2.1 前言.....	14
2.2 理論統禦方程式.....	14
2.3 油膜厚度幾何分佈公式及參數設定.....	16
2.4 Marc分析軟體使用方法.....	19
2.5 模型建構分析軟體使用方法.....	19
2.6 迴轉測試機台實驗方法及操作步驟.....	20
2.7 理論模型模擬.....	22
第三章 研究結果討論 3.1 Marc?未姓幫擘 幫X何外型.....	24
3.2 CFD-RC?未姓幫擘.....	28
3.3 簡化模型格點驗證.....	30
3.4 全尺寸模擬結果.....	32
3.5 實驗與數值模擬比對.....	34
3.6 空氣側與油側壓力差研究.....	37
第四章 物理意義解釋 4.1 壓力場分析.....	39
4.2 速度場分析.....	43
4.3 油膜厚度數值模擬比較結果.....	46
第五章 總結 圖目錄 圖 1 旋轉軸唇型油封實際成品圖[1] 3 圖 2 唇型油封基本組成圖示 4 圖 3 油封型式與種類示意圖[2] 6 圖 4 油封唇下形成迴油現象示意圖[1] 8 圖 5 油封唇部磨合軌跡示意圖[8] 11 圖 6 渦流模型示意圖[12] 12 圖 7 不同軸向接觸壓力圖示[4] 12 圖 8 不同軸向平均油膜厚度圖示[4] 13 圖 9 油膜點分佈圖形 17 圖 10 油膜微波動圖形 18 圖 11 三維動態油膜流場分佈圖示 18 圖 12 迴轉測試機圖示[1] 21 圖 13 迴轉測試機區域圖示[1] 21 圖 14 三維簡化數值網格模型配置圖 22 圖 15 三維全尺寸網格模型配置圖 23 圖 16 全尺寸模型視圖~軸徑36mm 23 圖 17 TCL 36*52*10工程規格圖 25 圖 18 FEA應力分析圖 26 圖 19 唇部徑向力分佈 27 圖 20 唇部徑向應力分佈 27 圖 21 數值簡化網格模型尺寸示意圖 29 圖 22 不同模型網格數與迴油率關係圖 31 圖 23 不同轉速下全尺寸網格之迴油率比較圖 33 圖 24 模擬與測試實驗結果 36 圖 25 壓力差與迴油率關係圖 38 圖 26 軸旋轉方向 40 圖 27 2000rpm轉速下之油膜壓力分佈圖 40 圖 28 3000rpm轉速下之油膜壓力分佈圖 錯誤! 尚未定義書籤。 圖 29 4000rpm轉速下之油膜壓力分佈圖 44 圖 30 5000rpm轉速下之油膜壓力分佈圖 44 圖 31 6000rpm轉速下之油膜壓力分佈圖 45 圖 32 低轉速與高轉速下之油膜厚度分佈圖 45 圖 33 簡化油封模型切面流線分佈圖 錯誤! 尚未定義書籤。 圖 34 空氣側流場速度向量圖 錯誤! 尚未定義書籤。 圖 35 油膜流場速度向量圖 錯誤! 尚未定義書籤。 圖 36 油側流場向量圖 51 圖 37 不同轉速下油膜變化圖 52 圖 38 不同唇型輪廓 數值比較 53 圖 39 不同微波動振幅 數值比較 54 圖 40 不同位置之轉速與迴油率關係圖 53 圖 41 不同值之轉速與迴油率關係圖 53 圖 42 兩組參數比較結果圖 54 圖 43 不同波長於4000RPM轉速下之迴油率結果 56	

## 參考文獻

[1] 茂順密封元件科技股份有限公司, 技術資訊.

- [2] 近森德重, “密封迫緊技術”, 復漢出版社, 1982。
- [3] Horve, L.A, “ Understanding the Sealing Mechanism of the Radial Lip Oil Seal for Rotating Shaft , ” 13th Int.Conf. On Fluid Sealing,BHRA, 5-20,1992.
- [4] Salant.R.F. , Numerical Analysis of the Flow Field Within Lip Seals Containing Microundulations, July 1992 ,vol.
- [5] Jagger, E.T. “ study of the Lubrication of Synthetic Rubber Rotary Shaft Seals, ” Proc. Conf. Lubric. Wear,Inst.of Mech. Eng,409-415,1957.
- [6] Kawahara, Y., Hirabayashi, H., “ An Anlysis of Sealing Phenomena on Oil Seals, ” Trans. ASLE, Vol 23: 1, 1978.
- [7] Kammuller, M., “ Zur Abdichtwirkung von Radial- Wellendichtringen, ” University of Stuttgart(In German), 1986.
- [8] Muller , H .K , “ Concepts of Sealing Mechanism of Rubber Lip Type Rotary Shaft, ” 11th Int .Conf.On Fluid Sealing BHRA,698-709,1987.
- [9] Hirano,F,and Ishwata,H, “ The lubricating Condition of a Lip Seal, ” Inst. Of Mech Eng,vol.180,part 3B,No.9,187-192,1965 [10] Jagger, E.T. “ Futher Studies of the Lubrication of Synthetic Rubber Rotary Shaft Seals, ” Proc. Instituion Of Mechanical Engineers,Vol.181.Part 1,No.9,191-204,1966.
- [11] Johnston,E.T, “ Using the Fraction Torque of Rotary Shaft Seals to Estimate Surface Characteristics, ” 8th Int .Conf On Fluid Sealing,BHRA,1978.
- [12] Muller, H. K., and Ott, G. W., “ Dynamic sealing mechanism of rubber rotary shaft seals, ” Conf. on Fluid Sealing, BHRA, Paper K3, 1984.
- [13] Qu, J., “ Experimental Study on the Sealing Effect Due to Rotational Oil Flow, ” SAE, 930528, 1993.
- [14] Kim.C.K. and Shim.W.J., “ Analysis of Contact Force And Thermal Thermal Behaviour Of Lip Seals, Tribology ,Vol.30 , NO.2.PP.113-119 , 1996.
- [15] Kawahara, Y., Hirabayashi, H., “ An Anlysis of Sealing Phenomena on Oil Seals, ” Trans. ASLE, Vol 23: 1, 1978.
- [16] Nakamura, K., and Kawahara, Y., “ An Investigation of Sealing Properties of Lip Seals through Observations of Sealing Surface Under Dynamic Conditions. ” Conf. on Fluid Sealing, BHRA, Paper C 1, 1984.
- [17] Gabelli ,A ,Poll,G Formation of Lubricant Film in Rotary Sealing Contacts: Part I-Lubricant FilmModeling ,PaperNo.90-Tribology Conference,Toronro,Canada,1990.
- [18] Horve ,L.A. “ A Macroscopic View of the Sealing Phenomenon for Radial Lip oil Seals, ” Proc.10th Int Conf. on Fluid Sealing,BHRA.1984.Paper k2.
- [19] Salant.R.F and Flaherty.A.F, Elastohydrodynamic Analysis of Reverse Pumping in Rotary Lip Seals With Microundulations, Journal of Tribology, vol.116,January 1994 [20] Heinz k.Muller and Bernards.Nau , Fluid Sealing Technology , Marcel Dekker , Inc. ,1998.
- [21] Marcel Dekker, “ Shaft Seals For Dynamic Application, ” Chicago Rawhide Manufacturing Company,Inc,1996.
- [22] Simrit Standard Catalogue , Freudenberg,1993.
- [23] SAE Fluid Sealing Handbook Radial Lip Seals , SAE HS-1417,1996 Edition.
- [24] 黃與, 橡膠密封件國內外最新技術的發展, Lecture note兩岸工具機高速化及密封技術研討會, 臺中, 1998。
- [25] Obayashi S. , Analysis to Reduce the Sliding Friction of Power Steering Rod Seal, SAE Paper 980583 ,1998.
- [26] 郭文化, 黃錦鐘譯, 油壓密封的方法與特性, 機械月刊十四卷第六期, pp330-337, 1998年6月。
- [27] 曾俊翔, 橡膠唇型旋轉軸密封元件之迴油現象研究, 大葉大學機械工程研究所, 碩士論文, 2005。
- [28] 簡江陵, CAE技術應用於耐壓型油封開發之探討, 大葉大學機械工程研究所, 碩士論文, 2001。
- [29] Van Doormaal, J.P, and Raithby, G .D , “ Enhancements Of The SIMPLE of Method for Predicting Incompressible , “ Numerical Heat Transfer , Vol. 7 , pp . 147-163 ,1984.