

汽車方向盤之疲勞分析與最佳化

姚格能、王正賢

E-mail: 9423583@mail.dyu.edu.tw

摘要

以當前的汽車零配件市場來說，汽車方向盤在近十年來的發展，可說是變化巨大，且競爭激烈，不論是在技術的引用與市場的開拓，各製造廠皆各展其能，從鐵支架方向盤，改以鋁合金結合鐵支架，再以鋁鎂合金取代鐵支架，且因搭配Airbag Module將方向盤改為鋁合金，甚至是鎂合金之方向盤以達輕量化目標。在新產品之開發往往於初次試作後修改頻繁，不管在時程上、成本上、模具壽命上及產品品質上等各方面皆會受到相當多的影響，故CAE技術在新產品研發上特別重要。故於本研究從方向盤材質、厚度在不同施力條件下，探討方向盤耐疲勞與抗壓強度的相關性，應用有限元素法對汽車方向盤靜負荷與疲勞耐久做分析，配合實物試驗進行分析比較，達到理論與驗證之效果。本文採用3D CAD Solidworks和有限元素法之商用軟體-ANSYS，解決開發上最為困擾的結構設計問題，在產品設計初期即找出問題，並透過電腦軟體修正，讓錯誤率降至最低，同時利用田口方法結合ANSYS找出最佳的設計參數，進而創造鋁、鎂合金方向盤支架最佳化設計、建立汽車方向盤開發設計之標準CAE分析驗證模型、縮短汽車方向盤開發時程，以符合客戶快速需求、降低產品開發失敗成本、增加設計過程的可靠度。透過有限元素法分析證明方向盤支架結構強度不足位置與實物測試相符合，藉由本研究找出改善方法與較佳產品設計開發模型。

關鍵詞：汽車方向盤；鎂合金；CAE分析

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書	iii 中文摘要
v 英文摘要	vii 誌謝
viii 目錄	ix 圖目錄
xii 表目錄	xiv 第一章 緒論 1.1 研究動機.....
.....1 1.2 研究目的.....	4 1.3 研究方法.....
.....5 1.4 研究限制與假設.....	8 第二章 文獻探討 2.1 鋁合金概論.....
.....10 2.2 鎂合金概論.....	12 2.3 疲勞現象.....
.....17 2.3.1 疲勞破壞過程.....	18 2.3.2 材料單調拉伸性質.....
.....20 2.3.2 材料單調拉伸性質.....	19 2.3.3 材料循環應力性質.....
.....26 2.4 田口方法.....	23 2.4 田口方法.....
.....26 2.4.1 實驗設計.....	27 2.4.2 直交表.....
.....30 2.4.3 田口方法的步驟.....	27 2.4.3 田口方法的步驟.....
.....31 第三章 汽車方向盤開發與規範 3.1 汽車方向盤開發之概念.....	31 第三章 汽車方向盤開發與規範 3.1 汽車方向盤開發之概念.....
.....36 3.2 汽車方向盤支架之設計.....	36 3.2 汽車方向盤的規範.....
.....46 3.3.2 傾斜負荷試驗.....	41 3.3.1 靜負荷試驗.....
.....49 3.3.4 扭轉疲勞試驗.....	46 3.3.2 傾斜負荷試驗.....
.....51 3.3.5 彎曲疲勞試驗.....	47 3.3.3 彎曲負荷試驗.....
.....52 第四章 汽車方向盤之之結構分析與最佳化 4.1 汽車方向盤之2D結構與3D模型的設計.....	49 3.3.4 扭轉疲勞試驗.....
.....56 4.2.1 靜負荷分析.....	51 3.3.5 彎曲疲勞試驗.....
.....68 4.2.3 彎曲負荷分析.....	52 第四章 汽車方向盤之之結構分析與最佳化 4.1 汽車方向盤之2D結構與3D模型的設計.....
.....74 4.3 田口方法之應用.....	53 4.2 電腦輔助工程分析...
.....82 5.2 討論.....	56 4.2.1 靜負荷分析.....
.....87 6.2 未來展望.....	62 4.2.2 傾斜負荷分析.....
.....91 附錄.....	70 4.2.4 扭轉疲勞分析.....
.....93 圖目錄 圖 1.1 美國機動車每十萬掛牌車輛之死亡人數事故統計圖.....	73 4.2.5 彎曲疲勞分析.....
.....3 圖 1.2 美國機動車每十萬人車禍死亡人數統計圖.....	74 4.3 田口方法之應用.....
.....7 圖 2.1 應力-應變圖.....	75 第五章 結果與討論 5.1 結果
.....20 圖 2.2 循環應力曲線.....	82 5.2 討論.....
.....24 圖 2.4 循環應力-應變曲線.....	84 第六章 結論與未來展望 6.1 結論.....
.....25 圖 3.1 汽車方向盤分類圖.....	87 6.2 未來展望.....
.....32 圖 3.2 支架分類圖.....	90 參考文獻.....
.....33 圖 3.3 方向盤開發流程圖.....	91 附錄.....
.....34 圖 3.4 方向盤製造流程圖.....	93 圖目錄 圖 1.1 美國機動車每十萬掛牌車輛之死亡人數事故統計圖.....
.....35 圖 3.5 高級方向盤的控制界面.....	3 圖 1.2 美國機動車每十萬人車禍死亡人數統計圖.....
.....40 圖 3.6 靜負荷試驗示意圖.....	7 圖 2.1 應力-應變圖.....
.....46 圖 3.6 靜負荷試驗實驗圖.....	20 圖 2.2 循環應力曲線.....
.....47 圖 3.7 傾斜負荷試驗示意圖.....	24 圖 2.4 循環應力-應變曲線.....
.....48 圖 3.7 傾斜負荷試驗.....	25 圖 3.1 汽車方向盤分類圖.....

實驗圖.....	48	圖 3.8 彎曲負荷試驗示意圖.....	49	圖 3.8 彎曲負荷試驗實驗圖.....	50	圖 3.9 扭轉疲勞試驗.....	51	圖 3.10 彎曲疲勞試驗.....	52	圖 4.1 汽車方向盤之結構圖.....	53	圖 4.2 方向盤支架之2D圖.....	55	圖 4.3 有限元素分析流程圖.....	60	圖 4.4 旋轉彎曲疲勞曲線.....	61	圖 4.5 A356 S-N Curve.....	61	圖 4.6 3D幾何模型.....	62	圖 4.7 AM60B材料機械性質.....	63	圖 4.8 AM60B S-N Curve.....	63	圖 4.9 網格元素大小.....	64	圖 4.10 方向盤支架網格化.....	64	圖 4.11 靜負荷固定位置.....	65	圖 4.12 靜負荷施力方式.....	66	圖 4.13 靜負荷應力分佈圖 (Type 1)	67	圖 4.14 傾斜負荷施力方式.....	68	圖 4.15 傾斜負荷應力分佈圖 (Type 1) ...	69	圖 4.16 彎曲負荷固定位置.....	70	圖 4.17 彎曲負荷施力方式.....	71	圖 4.18 彎曲負荷應力分佈圖 (Type 1)	72	圖 4.19 反覆扭轉負荷施力方式 (Type 1)	73	圖 4.20 反覆彎曲負荷施力方式 (Type 1)	74	圖 4.21 魚骨圖.....	76	圖 5.1 傾斜負荷試驗曲線.....	83	圖 5.2 方向盤支架應力集中位置圖.....	85	圖 5.3 方向盤支架再改善示意圖.....	86	表目錄	表 2.1 鋁合金特性表.....	11	表 2.2 壓鑄用之鎂合金元素編碼.....	15	表 2.3 四水準直交表 L16(4 ⁵).....	28	表 3.1 材料機械性質表.....	37	表 3.2 材料物理性質表.....	38	表 3.3 鎂鋁合金材料化學成分表.....	38	表 3.4 試驗規格表.....	43	表 4.1 ANSYS 分析領域.....	57	表 4.2 ANSYS 之產業應用.....	58	表 4.3 汽車方向盤設計控制因子及水準表.....	77	表 4.4 L9(3 ⁴) 直交表.....	78	表 4.5 最佳設計參數表.....	79	表 4.6 最佳設計參數分析表.....	80	表 6.1 設計參數表.....	88	表 6.2 最佳化設計效果表.....	89
----------	----	----------------------	----	----------------------	----	-------------------	----	--------------------	----	----------------------	----	----------------------	----	----------------------	----	---------------------	----	---------------------------	----	-------------------	----	------------------------	----	----------------------------	----	-------------------	----	----------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	--------------------------------	----	----------------------	----	-------------------------------	----	----------------------	----	----------------------	----	---------------------------------	----	----------------------------------	----	----------------------------------	----	-----------------	----	---------------------	----	-------------------------	----	------------------------	----	-----	-------------------	----	------------------------	----	--	----	--------------------	----	--------------------	----	------------------------	----	------------------	----	-----------------------	----	------------------------	----	----------------------------	----	------------------------------------	----	--------------------	----	----------------------	----	------------------	----	---------------------	----

參考文獻

- [1] 劉俊宏，車架結構之碰撞強度分析碩士論文，大葉大學 機械工程學系，2002。
- [2] National Highway Traffic Safety Administration National Center for Statistics and Analysis U.S. Department of Transportation Washington, DC 20590, Crash Data Report 1990-1999, 47. JULY 2002 [3] 林文樹，AZ91D 壓鑄鎂合金之熱間鍛造性及手機外殼混合成形之應用研究，國立成功大學 材料科學及工程學系，2002。
- [4] 梁卓中 徐慶瑜，結構疲勞分析簡介，海軍官校季刊19卷，6期。
- [5] Socie, D. F., Mitchell, M. R. and Caulfield, E. M., " Fundamentals of Modern Fatigue Analysis," FCP Report No. 26, Fracture Control Program, University of Illinois, (1978).
- [6] Esin, A., " A Method of Correlating Different Types of Fatigue Curves," International Journal of Fatigue, 2(4), 153, 158, (1980).
- [7] Tucker, L. E, Landgraf, R. W. and Brose, W. R., " Proposed Technical Report on Fatigue Properties for the SAE Handbook," SAE Technical Paper 740279, SAE, (1974).
- [8] Socie, D. F. and Morrow, J., " Review of Contemporary Approaches to Fatigue Damage Analysis in: Risk and Failure Analysis for Improved Performance and Reliability," J. J. Burke and V. Weiss, Plenum Publishing Corp., 141, 194, (1980).
- [9] 吳祥輝，應用模糊田口方法於架空式起重機桁架穩健多目標最佳設計 碩士論文，高雄第一科技大學，2003。
- [10] 李輝煌，田口方法-品質設計的原理與實務，二版，臺灣:高立圖書，44。
- [11] 陳精一，ANSYS6.0電腦輔助工程分析，初版，臺灣:全華科技圖書股份有限公司，1-4。
- [12] Alan P. Druschitz, Eric R. Showalter, Joseph B. McNeill and David L. White ; INTERMET Corporation, Evaluation of Structural and High-Temperature Magnesium Alloys, SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 2002-01-0080 [13] J.-P. GABATHULER, H. J. HUBBER, and J. ERLING: Proc. Int. Conf and Proc. Int. Conf. on ' Aluminium alloys: new processing technologies ' Ravenna, and Italy, June 1993, 169 – 180; (1993).