

薄鑄件之鑄造後變形研究

學生：李逸飛

指導教授：徐瑞坤 博士

國立交通大學機械工程研究所

摘 要

本研究的構想是來自於技術成形實驗室一系列鎂鋁鋅合金(AZ91D)的壓鑄(Die Casting)條件模擬研究。鎂合金具有高比強度、低比重、高傳熱性、無電磁性，同時具有高振動減衰性及優良的電磁波干擾(EMI)防護等特性已廣泛的被應用於通訊、電子及資訊等各類產品。工業上目前常使用來生產鎂合金薄壁件的方法則是鑄造法中的壓鑄法。

本研究主要研究的重點即是鑄造成品因冷卻自由收縮所發生的變形現象。由於鎂合金壓鑄設備不易取得，因此改用沙模鑄造方法，使用含碳量較高，流動性良好的灰鑄鐵熔湯，替代高壓高速的壓鑄製程。在實驗部分，搭配不同的鑄物厚度與澆口流道位置之變化，設計了五種鑄造條件，量測在這五種條件下薄鑄件最終變形數據，探討鑄件外型與澆口流道位置之變化對最終變形的影響。在數值模擬部分，使用模擬流動能力強大的有限差分軟體FLOW-3D來計算模穴填充後的溫度分布，再搭配FEM軟體ABAQUS模擬該溫度分布下，薄鑄物冷卻至室溫時產生的變形分布，比較模擬結果與實驗結果來驗證此種模擬方式的可靠性。

研究的結論顯示，實驗方面，在設計的五種條件下鑄造得出的薄鑄件，在鑄造完成後兩週便不再發生變形，而且在試片設計的厚度改變處均有相同的反曲趨勢。五種澆注條件中，造成變形最嚴重的條件是中間澆口，再配上兩側厚中間薄之形狀的澆鑄條件。在模擬方面，只針對完全固化後溫度由高溫冷卻至室溫時產生的變形，所得的變形量均小於實際的量側值。因此如欲模擬試片的整個鑄造過程中發生的變形，還應考慮完全固化前產生的變形。

關鍵字：鑄造、冷卻、變形

A study on the deformation characteristics of a thin-wall plate after casting

Student : Yi-Fei Lee

Advisors : Dr.Ray-Quen Hsu

Institute of Mechanical Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

The concept of this study comes from a serial research of Magnesium alloys die casting condition of Metal Forming Laboratory. Magnesium alloys are metals which have high specific strength, low density and high thermal conductivity. They are non-magnetic materials with very good damping and EMI shielding capacities. These characteristics enable the magnesium alloys to be used in the communication, electronic devices and many other computer components. Die-casting is one of the main processes to manufacture Mg alloy thin-wall components.

This study focuses on the casting deformation caused by contraction during cooling. Due to lack of die casting equipment, we use sand casting and gray iron instead of high-pressure and high-speed die casting process. In experiment part, we use different casting thickness and different runner and gating system inlet position, measure the final deformation of castings under the above five casting conditions and discuss how these parameters affect the final result. In numerical formulation, we use CFD software, Flow-3D, to calculate the final temperature distribution in the mold cavity and use FEM software, ABAQUS, to calculate the deformation of the casting occurred after cooling to the room temperature. Compare the experiment and simulation results to identify the possibility of this calculate process.

The study's results show that, in experiment part, the deformation phenomena no longer exist after two weeks and all the deflections occurred in the position where thickness changes. Among the five casting conditions, the most serious deformation occurred in the condition where the inlet position is in the middle of the sample and the thickness is thick in both ends and thin in the middle. In simulation part, because we consider only considering the deformation caused by cooling after totally solidifying, the calculated results are all smaller than the experiment data. Therefore, the deformation before complete solidification should be considered if we want to simulate total deformation caused by cooling after casting.

Keyword : casting, cooling, deformation

誌謝

時間過的很快，也到了寫誌謝的時候。突然之間百感交集，竟然許久不知該寫些什麼...

首先，要感謝我的指導教授徐瑞坤博士。老師給了我最大的空間與包容，讓我這個老大不小的問題學生在跌跌撞撞的求學過程裡平安渡過，給我成長與引導。我對老師的尊敬與感謝實在難以言語來形容。

再來感謝論文口試委員洪景華教授與吳志偉博士，給予許許多多寶貴意見。還要感謝傅武雄教授、曾景煥教授與王訓忠教授，在求學期間給我許多開導，謝謝！

還有謝謝實驗室裡和生活中一起成長的學長，同學與朋友。感謝你們陪我渡過所有的一切。要特別感謝的是蔡毓斌學長與明峰公司柯老闆，提供論文方向與實驗設備，謝謝你們。

最後感謝親愛的家人，謝謝你們的支持與鼓勵，雖曾經一度給你們帶來擔心，但終於完成論文順利畢業。說不盡的感謝與感動，豈是一張薄薄的白紙所能承載，在這裡將論文完成的喜悅和所有關心過我的人一同分享，謝謝你們。



李逸飛 謹誌
2005/07

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 序論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 研究動機.....	3
1.3 文獻回顧.....	7
1.4 論文大綱.....	9
第二章 鑄造與變形.....	10
2.1 鑄造法簡介.....	10
2.2 砂模鑄造的基本程序.....	12
2.3 鑄件材料與砂模種類.....	13
2.4 鑄鐵成份與影響.....	16
2.5 變形與冷卻.....	18
第三章 實驗方法與步驟.....	22
3.1 實驗目的.....	22
3.2 實驗流程圖.....	22
3.3 試片外形與澆道外形.....	23
3.4 澆鑄使用材料之選定.....	24
3.5 五種澆鑄條件.....	25

3.6	澆鑄流程	26
3.7	成份分析	28
3.8	鑄造後之薄板變形分析	29
第四章	數值模擬方法與步驟	30
4.1	模擬目的	30
4.2	模擬流程圖	31
4.3	模擬步驟	31
4.4	材料性質設定	32
4.5	網格設定	34
4.6	模擬假設	37
4.7	初始條件與邊界條件設定	38
第五章	研究結果與討論	40
5.1	實驗試片定性定量分析	40
5.2	實驗試片變形量測結果	40
5.3	Flow-3D模擬結果與討論	54
5.4	Abaqus模擬結果與討論	54
第六章	結論與未來展望	70
6.1	結論	70
6.2	未來展望	71
	參考文獻	74

表 目 錄

表 1-1	鑄造用鎂合金 AZ91D 與常見工程塑膠材料的比較·····	6
表 1-2	鑄造用鎂合金與常見合金和鋼鐵之機械性質比較·····	6
表 3-1	澆鑄條件組合表·····	25
表 4-1	FLOW-3D 內建材料庫參數表·····	33
表 4-2	ABAQUS 使用材料參數表·····	34
表 5-1	EDX 定量分析·····	42
表 5-2	實驗 A 組變形高度量測數據·····	44
表 5-3	實驗 B 組變形高度量測數據·····	45
表 5-4	實驗 B 組變形高度量測數據(試片表面磨光處理)·····	46
表 5-5	實驗 A 組變形高度變化值·····	47
表 5-6	實驗 B 組變形高度變化值·····	48



圖 目 錄

圖 1-1	春秋時期使用之青銅鼎·····	1
圖 1-2	鎂合金與其他材料之比強度·····	4
圖 1-3	鎂合金與其他材料之比剛性·····	5
圖 1-4	一般金屬材料之相對腐蝕率·····	5
圖 2-1	鑄造後變形原因分析圖·····	18
圖 2-2	鑄件不均勻收縮圖·····	20
圖 3-1	實驗流程圖·····	22
圖 3-2	鑄物試片外形示意圖·····	23
圖 3-3	澆道模型示意圖·····	24
圖 3-4	五種不同澆鑄條件示意圖·····	25
圖 3-5	砂模圖·····	26
圖 3-6	鐵水熔解圖·····	27
圖 3-7	掃描式電子顯微鏡·····	28
圖 3-8	高度量測設備·····	29
圖 4-1	模擬流程圖·····	31
圖 4-2	有限單元網格分割圖·····	36
圖 4-3	區塊邊界條件設定操作介面圖·····	38
圖 4-4	各區塊邊界條件設定圖·····	39
圖 5-1	EDX 定性分析·····	42
圖 5-2	五種澆鑄條件示意圖·····	43
圖 5-3	A 組條件四試片缺陷圖·····	43
圖 5-4	澆鑄條件 1 變形曲線·····	49
圖 5-5	澆鑄條件 2 變形曲線·····	50

圖 5-6	澆鑄條件 3 變形曲線·····	51
圖 5-7	澆鑄條件 4 變形曲線·····	52
圖 5-8	澆鑄條件 5 變形曲線·····	53
圖 5-9	澆鑄條件 1 流動模擬圖·····	55
圖 5-10	澆鑄條件 1 試片溫度分布模擬圖·····	56
圖 5-11	澆鑄條件 2 流動模擬圖·····	57
圖 5-12	澆鑄條件 2 試片溫度分布模擬圖·····	58
圖 5-13	澆鑄條件 3 流動模擬圖·····	59
圖 5-14	澆鑄條件 3 試片溫度分布模擬圖·····	60
圖 5-15	澆鑄條件 4 流動模擬圖·····	61
圖 5-16	澆鑄條件 4 試片溫度分布模擬圖·····	62
圖 5-17	澆鑄條件 5 流動模擬圖·····	63
圖 5-18	澆鑄條件 5 試片溫度分布模擬圖·····	64
圖 5-19	澆鑄條件 1 試片變形模擬圖·····	65
圖 5-20	澆鑄條件 2 試片變形模擬圖·····	66
圖 5-21	澆鑄條件 3 試片變形模擬圖·····	67
圖 5-22	澆鑄條件 4 試片變形模擬圖·····	68
圖 5-23	澆鑄條件 5 試片變形模擬圖·····	69