

薄殼射出成型補強肋之翹曲變形研究

研究生：杜逸昌

指導教授：梁瑞閔 博士

大華技術學院 機電工程系碩士班

摘要

本研究針對塑膠薄殼平板加入不同形狀肋，並改變肋之長度且於垂直、平行澆口等不同位置加入肋，另將垂直平行肋交錯成十字肋之模型。應用 Pro-e 3.0 繪製 3D 模型，Rhino 4.0 軟體製作實體網格，以 Moldex3D/Solid 模流分析軟體模擬作射出成型及 Minitab 軟體作田口實驗最佳化分析，觀察比較各塑膠薄殼平板加入肋對翹曲變形 (Warpage) 之影響。

經模擬結果顯示，在單一條肋之拔模角度大小對於翹曲變形變化影響不大，澆口平行方向加入 1 條及垂直方向加入 2 條楔形肋翹曲變形最小。對於翹曲變形方向影響除了加入肋位置及數量外，還有熔膠澆口位置及冷卻管路配置等因素。最佳化射出成型參數影響翹曲變形量大小之控制因子順序為射出壓力>料溫>模溫>保壓壓力。

關鍵字：薄殼、肋、翹曲變形、射出成型

Study of Shell Reinforcing Ribs for Injection Molding

Student : Y.C. Du

Advisor : Dr. J.M. Liang

Submitted to Graduate School of Mechatronic Engineer

Ta Hwa Institute of Technology

Abstract

In this study, the plastic rib shell plate with different shapes, and change the length of the rib and the vertical, parallel to the location of the gate is not added to the vertical ribs and cross ribs parallel to the ribs into a model of staggered, Drawn using Pro-e 3.0 3D model, Rhino 4.0 software for solid mesh create, Moldex3D/Solid CAE mold flow analysis software for injection molding simulation and Minitab 15 software to optimization of Taguchi experiment, comparative analysis of the plastic shell observed by adding ribs on the plate warpage effects.

The simulation results show that a single point of a rib of the draft to change the size of the warping is not. Adding a parallel to the direction of the gate and joined the two wedge-shaped vertical ribs minimum warpage. In addition to the warping deformation direction of the location and number of ribs added, there is melting and the cooling pipe routings and gate location and other factors. Injection Molding Parameters for optimal warp factor of the amount of control the size of the order of Fill pressure> Melt temperature> Mold temperature>Packing pressure.

Keyword: Shell, Rib, warpage , injection molding

誌 謝

本論文能順利完成，首先感謝指導教授 梁瑞閔老師的悉心指導，老師不論是在做學問或為人處事的態度上，讓學生從中受益良多。另感謝口試委員古運宏教授與曹中丞教授不吝提供糾正與建議，使本論文得以臻於完備，感激不盡。

研究所修業期間，感謝科盛科技公司之陳琬琪，李志剛，陳子超等及大華學姐何芳瑜，在CAE模流軟體學習上提供協助，使得在於軟體的操作應用能很快上手。

感謝工研院材化所主管陳增堯主任的鼓勵及協助，也感謝同事王威智及林思吟在課業上教導及幫忙。

感謝同窗好友龐建民在研究生生活中學業的互相砥礪與幫助。另外感謝學長智揚及富元、文智、石義、珮君、允強、銀灶、文耀、聖傑、維鈞同學為研究學期期間添加許多歡樂。

感謝我的家人在兩年的歲月裡對我的支持與鼓勵，讓我無後顧之憂的完成學業。

最後，感謝所有幫助我及關心我的人。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
符號表.....	XI
第一章 緒論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 文獻回顧.....	2
1-3 研究目的.....	4
1-4 研究規劃.....	5
第二章 塑膠概述及射出成型理論.....	7
2-1 塑料簡介與分類.....	7
2-2 塑膠薄殼定義.....	9
2-3 補強肋設計原理.....	10
2-4 翹曲分析背景知識.....	11
2-5 射出成型原理.....	27
第三章 模型建立與模擬分析.....	36
3-1 材料性質.....	36
3-2 分析模型.....	43
3-3 模型網格建立.....	50
3-4 Modex3D R9.1 軟體模型分析.....	56
第四章 結果與討論.....	64

4-1 不同形狀肋對於翹曲變形之影響	67
4-2 不同形狀不同長度對於翹曲變形之影響	69
4-3 楔形長度 2.5mm 肋垂直澆口方向之模型對於翹曲變形影響	71
4-4 楔形長度 2.5mm 肋平行澆口方向之模型對於翹曲變形影響	74
4-5 楔形長度 2.5mm 肋平行與垂直澆口方向之模型對於翹曲變 形影響	76
4-6 平板與各模型最小翹曲變形總位量分析	77
4-7 各模型翹曲變形總位量分析	78
4-8 加入肋之十字 R1*R2 模型翹曲變形原因分析	80
4-9 最小翹曲變形總移量模型最佳射出成型分析	82
4-10 田口實驗最佳組合圖形分析	83
4-11 田口實驗最佳組合預測及驗證	86
第五章 結論與未來展望	87
參考文獻	89

表目錄

表 3-1 ABS 塑料機械性質	42
表 3-2 ABS 塑料加工條件	42
表 3-3 不同幾何形狀之肋模型	44
表 3-4 不同長度肋之模型	45
表 3-5 垂直澆口之肋模型	46
表 3-6 平行澆口之肋模型	47
表 3-7 平行與垂直澆口交叉之肋模型.....	48
表 3-8 模型網格建立步驟圖示	54
表 4-1 射出加工條件參數.....	65
表 4-2 無肋平板模型翹曲變形分析結果.....	66
表 4-3 不同形狀肋簡圖.....	69
表 4-4 不同形狀 XYZ 分量位移及總位移肋翹曲變形分析結果....	70
表 4-5 不同形狀長度肋翹曲變形總位移結果.....	70
表 4-6 三角形肋及楔形肋不同長度最小翹曲總位移圖型.....	73
表 4-7 楔形長度 2.5mm 肋垂直澆口方向 XYZ 分量位移及翹曲總位 移分析結果.....	73
表 4-8 楔形長度 2.5mm 肋平行澆口方向 XYZ 分量位移及總位移肋 翹曲變形分析結果.....	75
表 4-9 楔形長度 2.5mm 肋平行與垂直澆口方向 XYZ 分量位移 及總位移肋翹曲變形分析結果.....	77
表 4-10 無肋平板模型與加入肋之十字 R1*R2 模型各視角翹曲變形 總位移量放大 4 倍圖示.....	80
表 4-11 田口實驗 L9(3 ⁴)各因子之水準表.....	82
表 4-12 田口實驗 L9 直交表.....	82

表4-13 翹曲總位移對應控制因子之回應信噪比(S/N)品質望小特性	84
表4-14 翹曲總位移對應控制因子之回應平均值.....	84
表 4-15 主要控制因子對翹曲總位移平均值影響圖最佳組.....	85
表 4-16 主要控制因子對信噪比影響圖最佳組合.....	85
表 4-17 Minitab 田口實驗最佳組合預測.....	86

圖目錄

圖 1-1 研究規劃流程圖	6
圖 2-1 高分子塑料結構及交聯圖	7
圖 2-2 熱塑性塑料高分子鏈圖	8
圖 2-3 流動比的計算方式圖	9
圖 2-4 肋設計尺寸示意圖	11
圖 2-5 塑料的壓力-體積-溫度(PVT)變化情形圖	13
圖 2-6 非晶性塑料的比容圖	14
圖 2-7 非晶性塑料體積變化關係圖	14
圖 2-8 塑件肉厚均勻會改善收縮圖	18
圖 2-9 澆口形式與尺寸圖	19
圖 2-10 充填及保壓壓力與收縮率關係圖	20
圖 2-11 收縮率與料溫關係圖	22
圖 2-12 收縮率與模溫關係圖	22
圖 2-13 收縮率與填模速率關係圖	23
圖 2-14 方向收縮現象圖	24
圖 2-15 差異冷卻翹曲圖	25
圖 2-16 模穴壓力差效應圖	26
圖 2-17 減少翹變形較厚的補強肋圖	27
圖 2-18 減少翹變形成對補強肋圖	27
圖 2-19 減少翹變形分段補強肋圖	27
圖 2-20 關閉模具圖	27
圖 2-21 充填模穴圖	27
圖 2-22 充填保壓切換圖	27

圖 2-23 保壓階段圖.....	27
圖 2-24 螺桿後退與頂出塑件圖	27
圖 2-25 典型的射出成形機之動作迴圈	30
圖 2-26 模具中塑件冷卻過程的熱傳機制示意圖	36
圖 3-1 ABS 材料黏度模式與參數圖	38
圖 3-2 ABS 塑料黏度曲線圖	38
圖 3-3 ABS 材料比容模式與參數圖	39
圖 3-4 ABS 塑料比容曲線圖	39
圖 3-5 ABS 比熱材料模式與參數圖.....	40
圖 3-6 ABS 塑料比熱曲線圖	40
圖 3-7 ABS 材料熱傳導模式與參數圖	41
圖 3-8 ABS 塑料熱傳導曲線圖	41
圖 3-9 基本薄殼平板尺寸圖	43
圖 3-10 建立新專案圖.....	57
圖 3-11 新組別分析項目圖	58
圖 3-12 新組別網格匯入圖	58
圖 3-13 新組別材料設定圖	59
圖 3-14 新組別專案設定圖	59
圖 3-15 新組別充填/保壓設定圖	60
圖 3-16 新組別冷卻設定圖	60
圖 3-17 新組別摘要圖	61
圖 3-18 新組別計算參數檢閱/編輯圖	61
圖 3-19 檢視新組別數據圖	62
圖 3-20 選擇新組別分析項目圖	62
圖 3-21 新組別分析結果圖	63

圖 3-22 新組別分析結果報圖	64
圖 4-1 X 總位移分量圖	66
圖 4-2 Y 總位移分量圖	67
圖 4-3 Z 總位移分量圖.....	67
圖 4-4 總位移分量圖.....	68
圖 4-5 無肋平板與不同形狀肋總位移翹曲變形分析圖	70
圖 4-6 不同形狀長度肋翹曲變形總位移分析圖	72
圖 4-7 不同形狀長度最小最大翹曲總位移分析圖.....	72
圖 4-8 楔形長度 2.5mm 肋垂直澆口方向翹曲總位移分析圖	74
圖 4-9 楔形長度 2.5mm 肋平行澆口方向翹曲總位移分析圖...	75
圖 4-10 垂直與平行肋翹曲總位移分析圖.....	76
圖 4-11 楔形長度 2.5mm 肋平行與垂直澆口方向翹曲總位移分析圖	76
圖 4-12 無肋平板與各模型最小翹曲變形總位移分析圖.....	78
圖 4-13 各模型翹曲變形總位移分析圖.....	78
圖 4-14 加入肋之十字 R1*R2 模型冷卻管路圖.....	80
圖 4-15 田口實驗各組翹曲變形分析圖.....	82
圖 4-16 主要控制因子對翹曲總位移平均值影響圖.....	84
圖 4-17 主要控制因子對信噪比影響圖.....	85

符號表

η	流體黏度
$\vec{\nabla}$	向量微分運算子
$\vec{\dot{\gamma}}$	形變率張量
$\dot{\gamma}$	剪切率
\vec{V}	塑料速度場向量
\vec{q}	熱通量
$\vec{\tau}$	應力張量
\vec{f}	體作用力，如重力
\bar{T}	週期平均溫度
Φ	粘滯散逸係數
C_p	塑料比熱
k	熱傳導係數
L	系統特徵長度
P	流體壓力
Re	雷諾數
S/N	信號雜訊比
T	溫度
t	時間
V	系統特徵速度
α	模具之熱擴散係數
ρ	塑料密度
E	材料等壓縮係數