

計劃名稱：氣體射出圓管件尺寸脹縮及彎弧區殘留壁厚的探討

計劃編號：NSC 90-2216-E-002-020

執行期限：90/8/1-91/7/31

計畫主持人：楊申語 教授 共同主持人：沈永康 副教授

執行機構：國立台灣大學機械工程學研究所

龍華技術學院機械工程科

一、中文摘要：

氣體輔助射出成型應用在管製品上，有消除凹陷、節省材料及減少成型時間等優點。管狀製品常因造型需要，而需改變其管徑大小，一般設計法則皆建議使用導角以避免在直角處積膠，但導角的尺寸卻需要設計者自行判斷，無相關規則可循。而氣體因有尋找最小阻力路徑前進的特性，在彎曲造型的模穴中其掏空區域會偏向內側。本研究著重在探討圓管件於管徑交接處及彎曲處之殘留壁厚分佈情形，我們發現殘留壁厚是由溫度場、氣體流場及模穴幾何形狀所決定。在尺寸脹縮處，加裝導角會使殘留壁厚變得較為均勻；在彎弧區處，較低的融膠溫度與高的氣體壓力會減緩氣道之偏心率。

Abstract

This research investigated the uniformity of the residual wall thickness distribution in circular tubes with dimensional variations and curved sections. It was found that the wall thickness was not uniform near transitions. With the addition of fillets with proper angles around transitions, the uniformity of residual wall could be greatly improved. The residual wall thickness in curved sections was thick around the outer wall and thin around the inner wall. Low melt temperature and high gas pressure were found to reduce the deviation in the wall thickness around curved sections.

二、計畫緣由與目的：

由於管狀製品通常因造型需要，常有彎曲造型與不同截面管徑大小的設計，而氣體經過彎管與不同管徑交接處時，會產生殘留壁厚分佈不均的現象。因此本計畫主要是針對氣體射出應用於圓管件射出成型製程之研究，觀察殘留壁厚在不同管徑比、不同操作參數下的變化情形，然後設計適當的導角以避免積膠與殘留壁厚分佈不均的現象。並針對彎弧區殘留壁厚分佈之情形加以探討，以提出此現象的成因與對策。

三、研究方法與實驗：

本研究在國產經記 G-50 射出成型機上進行，使用聚丙烯(PP-F1004EF)塑膠並配合可置換模仁之模具，模溫由模溫機控制，射出機加配氣體吹入設備，控制氣體壓力、吹入時間、保壓冷卻時間。實驗模具尺寸與形狀如圖一所示為一不同管徑比之 U 型氣道，其管徑比分為四類(管徑放大：EC1 與 EC2，管徑縮小：CE1 與 CE2，加導角：EC1A 與 CE1B，無管徑差：REF)，如圖二與表一所示。關於彎弧區內外壁厚差異之探討，本研究在彎管上取四個點量測其壁厚差異，分析氣體掏空區域向內偏的情形，並探討其發生的原因。此四點分別位於彎管上 45°、90°、112.5°、135° 處，如圖三所示，計算工件偏心率的公式如下：

$$\text{偏心率} = \frac{\text{外側壁厚} - \text{內側壁厚}}{0.5(\text{外側壁厚} + \text{內側壁厚})}$$

在操作參數對內外壁厚差異的影響方面，本研究採用的操作參數為：

融膠溫度(melt temp.)—200°C,220°C,240°C
模具溫度(mold temp.)—40°C,50°C,60°C,70°C
氣體壓力(gas pressure)—40bar,60bar,80bar
氣體延遲時間(gas delay time)—1.5s,3.5s,5.5s,7.5s

四、結果與討論：

1. 相異管徑氣道交接處之殘留壁厚分析

圖四為管徑放大 10D→15D(EC2)交接處殘留壁厚分佈圖。可看出管徑氣道交接處產生一圓弧角，且其殘留壁呈 45° 角度，而 5D→10D(EC1)也有類似的情形。此現象與工件內部的溫度場分佈有關。當氣體從小管徑氣道進入大管徑氣道時，因為管徑交接處較不易散熱，局部溫度較高的影響，所以局部殘留壁厚較小。在管徑外緣處由於散熱較佳，凝固層較厚，因此局部殘留壁厚較大。圖五為在尾端管徑放大 10D→15D(CE2) 交接處之殘留壁厚分佈圖，其殘留壁厚分佈相當均勻，並無明顯積膠的情形。這是因為一方面尾端融膠量減少，造成殘留壁厚變薄；另一方面是因為氣體推動所受的阻力減小，速度加快，當氣體吹至大管徑時，往側邊吹動將其餘的融膠推至模穴底端。而 7.5D→15D(CE1) 也有類似的情形。圖六為管徑縮小 15D→10D(CE2)交接處殘留壁厚分佈圖。氣道殘留壁厚因為前端縮小管徑所造成的阻擋而相當厚，並且隨著接近交接處而逐漸增加壁厚，在直角處堆積融膠，整個中空面積呈現縮小的情形，而 15D→7.5D (CE1) 也有類似的情形。圖七為導角對於殘留壁厚之影響，整體來說加裝導角後壁厚均勻度改善不少，因為導角的作用讓散熱較均勻，避免積膠的產生，因此使壁厚的分佈較為

均勻。由圖七可知使用 30° 導角者(CE1B)其均勻度不及使用 45° 導角者(EC1A)。

2. 操作參數對於彎弧區殘留壁厚之影響

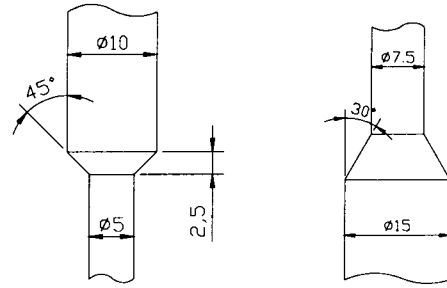
圖八為在不同融膠溫度下所得到的彎管壁厚偏心結果。融膠溫度愈高，凝固層厚度減小，材料黏度降低，因此氣體向內掏空的阻力減小，偏心率因此隨著融膠溫度增加而增大。圖九為在不同模具溫度下所得到的彎管壁厚偏心結果。模具溫度較高時，其偏心程度較小。因為模溫較高會影響成型過程之熱傳效果，模具溫度高使融膠與模壁之間溫差減小，因此偏心率較小。圖十為在不同氣體壓力下所得到的彎管壁厚偏心結果。圓管的偏心率隨著氣體壓力的增加而減小。因為氣體壓力愈高，表示氣體吹動融膠的動能愈大，類似離心力的效果，使掏空的區域偏向中心。圖十一為在不同氣體延遲時間下所得到的彎管壁厚偏心結果。由圖可知彎管的偏心率隨著氣體延遲時間的增加而減小。因為氣體延遲時間增加，融膠的溫度降低，材料黏度升高，凝固層增厚，因此氣體掏空偏心的阻力增加，則偏心率自然減小。

五、參考文獻：

1. L. S. Turng, Adv. Polym. Tech., 14, 1 (1995).
2. H. Potente and M. Hensen, Inter. Polym. Proc., 8, 345 (1993).
3. S. C. Chen, N. T. Cheng, and K. S. Hsu, Int. Comm. Heat & Mass Trans, 22, 319 (1995).
4. S. Y. Yang, F. Z. Huang, and W. N. Liu, Polym. Eng. Sci., 36, 2824 (1996).
5. S. Y. Yang and F. Z. Huang, Inter. Polym. Proc., 10, 186 (1995).
6. X. Lu, H. H. Chiang, L. Fong, J. Zhao, and S. C. Chen, Polym. Eng. Sci., 39, 62 (1999).
7. S. C. Chen, S. Y. Hu, J. S. Huang, and R. D. Chien, Polym. Eng. Sci., 38, 1085

(1998).

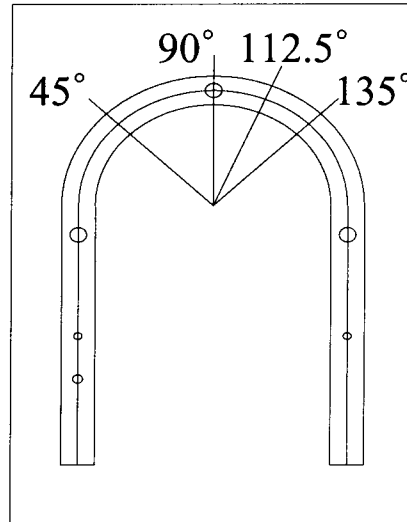
8. R. D. Chien, S. C. Chen, M. C. Jeng, and H. Y. Yang, *Polymer*, 40, 2949 (1999).
9. S. Y. Yang, S. J. Liou, and W. N. Liou, *Adv. Polym. Tech.*, 16, 175 (1997).
10. A. J. Poslinski, P. R. Oehler and V. K. Stokes, *Polym. Eng. Sci.*, 35, 877 (1995).
11. S. C. Chen, K. S. Hsu, and J. S. Huang, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 34, 416 (1995)



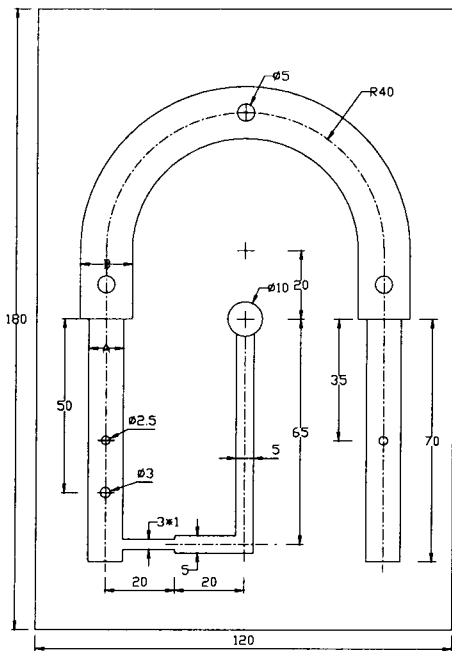
圖二 模仁管徑交接處加導角尺寸圖

表一 圓管件之幾何形狀設計配置表

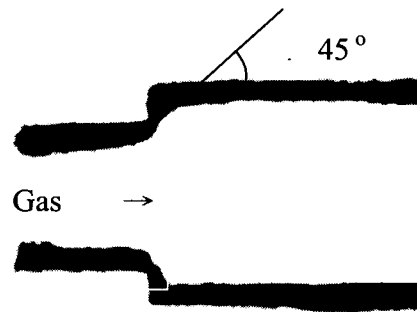
Mold Notation	Diameter A (mm)	Diameter B (mm)	Diameter A (mm)	Fillet
EC1	5	10	5	None
EC2	10	15	10	None
CE1	15	7.5	15	None
CE2	15	10	15	None
EC1A	5	10	5	45°
CE1B	15	7.5	15	30°
REF	10	10	10	None



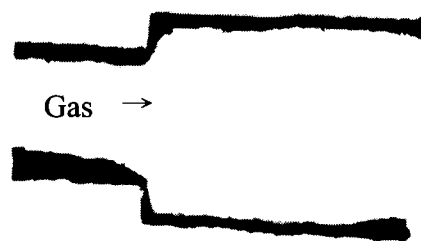
圖三 彎弧區殘留壁厚量測位置圖



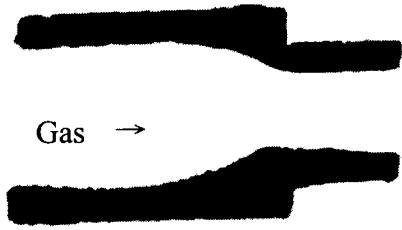
圖一 U型模仁模穴尺寸圖 (Unit: mm)



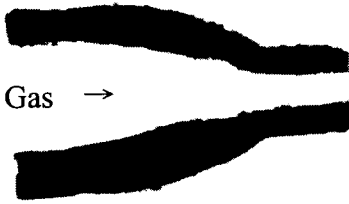
圖四 殘留壁厚分佈圖 10D-15D (EC2)



圖五 殘留壁厚分佈圖 10D-15D (CE2)



圖六 殘留壁厚分佈圖 15D-10D (CE2)

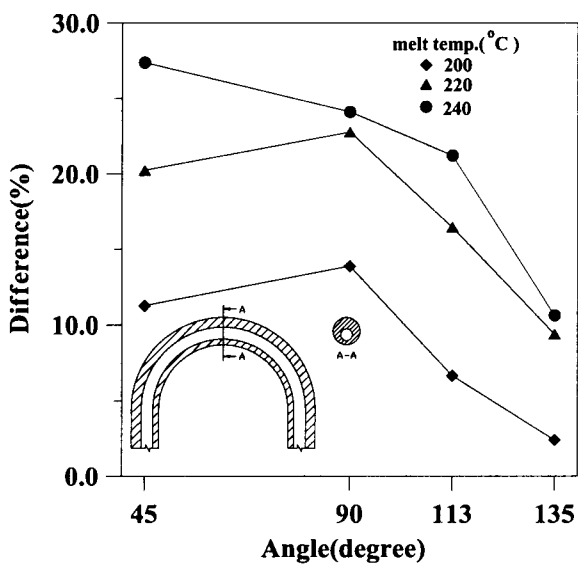


15D-7.5D with 30° fillet (CE1B)

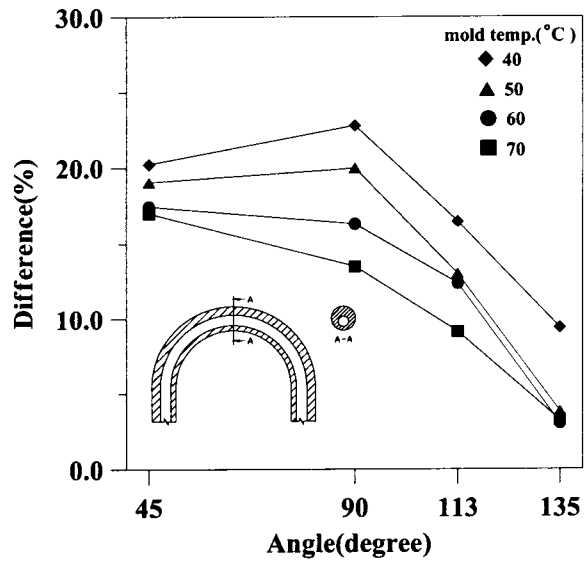


5D-10D with 45° fillet (EC1A)

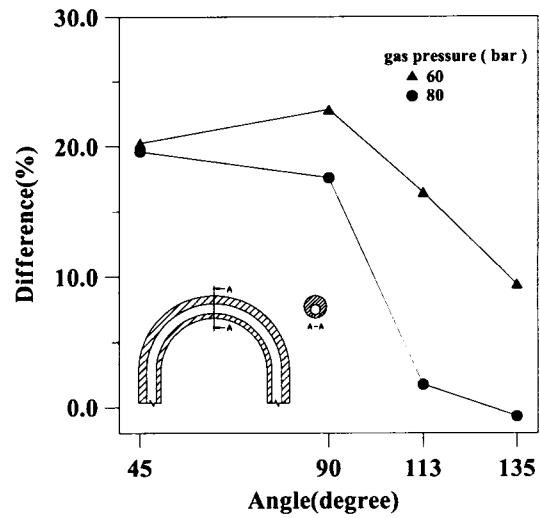
圖七 殘留壁厚分佈圖 (有導角)



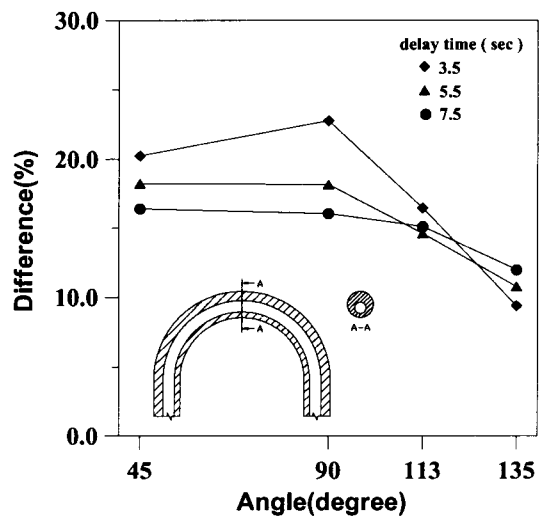
圖八 融膠溫度對偏心率的影响



圖九 模具溫度對偏心率的影响



圖十 氣體壓力對偏心率的影响



圖十一 氣體延遲時間對偏心率的影响