

計劃名稱：聚丙烯押出結構發泡加工之研究

計劃編號：NSC88-2216-E-009-001

執行期限：87/08/01~88/07/31

計劃主持人：吳建興

執行機構：國立交通大學應用化學系

一、摘要

線性聚丙烯由於熔融強度不夠，在押出結構發泡時氣泡壁容易破裂，導致加工不易，加工視窗很窄。使用分枝型聚丙烯可以解決押出發泡熔融強度不足之缺點，因此本研究主要目的是以分枝型聚丙烯作為加工材料，以向核心發泡的方法來探討不同加工及模頭幾何參數下對其發泡劑結構之影響。實驗結果顯示，隨著發泡劑濃度、模頭溫度及模唇長度增加和模頭分流管截面積的減小會使得成核速率加快，導致氣泡數目隨之增加而氣泡變小。至於增加成核劑含量時氣泡數目會增加，但氣尺寸則會先減後增，這是歸著於成核速率的速度增加，在氣泡數增多的同時亦造成了氣泡的合併現象所導致。

Abstract

Poor melt strength of linear polypropylene causes the rupture of cell wall, consequently resulting in difficulty in the extrusion structural foaming and narrow processing window. Branched polypropylene was found to be able to improve the melt strength for the extrusion foaming. This study, with branched polypropylene as a processing material and the method, aims to investigate the method of foaming towards the core as a processing and geometric parameters on the foam structure. The experimental results demonstrated that higher nucleation can be achieved under either one of following conditions: higher blowing agent concentration, higher die temperature, longer

of die land of smaller cross section area of flow distributor in the die, which would lead to a large bubble count and a smaller bubble size. With regard to the increase of nucleation agent concentration, the bubble count showed to increase. However, the bubble size demonstrated to increase initially, then subsequently decreasing. This effect is attributed to the fact that rapid nucleation rate would not only result in the increase of bubble count, but also in the coalescence of bubbles.

二、計劃緣由及目的

質輕且堅硬之押出結構發泡產品已經漸漸取代木材作為建材。押出結構發泡以聚氯乙烯為主，但因聚氯乙烯燃燒時易生有毒氣體且回收不易，因此市場上漸漸以其他泛用塑膠聚丙烯、聚乙烯、或聚苯乙烯取代聚氯乙烯。與聚乙烯及聚苯乙烯相比較，聚丙烯具有較高的抗折模數，而結構發泡主要特點就是與等重之未發泡產品相比較，其具有較高剛性，因此可適用在承受較大的抗折負載用途上，若材料的抗折模數高，其剛性就會增加，因此以聚丙烯為結構發泡材料，其剛性是會比聚聚乙烯高此外聚丙烯其耐衝擊強度比聚苯乙烯好，而且其熱變形溫度比聚乙烯及聚苯乙烯高，其耐化學性與聚乙烯相似，因此聚丙烯押出結構發泡產品用途相當廣泛。

由於線性聚丙烯本身熔融強度不夠〔1-4〕，因此膠料在發泡過程中氣泡壁很容易破裂。互相合併貫穿，使產品內部

產生開放式氣泡及大氣泡，導致押出發泡加工不易，加工視窗很窄，尤其在做大發泡比例產品時，氣泡容易貫穿皮層，導致低密度聚丙烯結構發泡產品無法達成。

使用分皮型聚丙烯[1-4]可以解決聚丙烯押出發泡熔融強度不足之缺點，但過去有關使用分皮型聚丙烯進行押出結構發泡的探討很少，因此本研究旨在採用以向核心發泡的方法[5-13]進行聚丙烯押出結構發泡，探討其不同加工參數（發泡劑濃度、成核劑濃度、模頭溫度）及模頭幾何參數（模唇(die land)長度、模頭分流管截面積）下對發結構之影響。

三、研究方法

本研究使用的加工材料為分枝型聚丙烯（Branched PP, Profax PF-814, Montell Co.）並採用發泡劑濃縮色母（Hydrocerol CF40S, Boehringer Ingelheim CO., Germany）來探討改變發泡劑的含量、模溫、模唇長度、及分流管之截面積對押出物發泡結構之影響。至於在討論改變成核劑的含量對其發泡結構之影響時，則採用發泡劑濃縮色母（Foam-Kon20, LNP Co., USA）來探討成核劑含量對其發泡結構之影響，而成核劑則做用碳酸氫鈉加草酸（NaHCO₃/citric acid, 比例為 1.25:1）。

在加工時與發泡劑濃縮色母及成核劑依不同比例在高速攪拌機混合十分鐘，再入單螺桿押出機（45mm, L/D=32）。在上述不同加工及模頭幾何參數下進行押出發泡研究。

至於押出物樣品之取得乃是讓膠料直接從模頭押出至空氣中，在膠料直接從模頭押出時立刻加以裁切，並立即置入液態氮中加以冷卻以便將發泡結構加以定型。將樣品沿橫向裁取，經適當的裁切後沿縱向敲擊取縱向斷面。做用電子顯微鏡

（Hitachi, S5700）觀測其斷面，藉以觀察樣品核心部份之發泡結構，並利用影像分析軟體（Image-Pro V.3.0）計算其氣泡數。

四、結果與討論

觀察圖（1,2）可知，當發泡劑的含量增加時，膠料中的氣泡數目將會增多，且氣泡尺寸隨著氣泡數的增加而變小。這是因為當發泡劑的含量增加時會使得成核速率加快，導致膠料中氣泡數目的增加；但在氣泡數目增加的同時，溶解在膠料中的氣體濃度將因此大幅減少，較不利於氣泡的成長，使得氣泡尺寸變小。

由圖（3,4）可發現，當模溫升高時，膠料中的氣泡數將隨模溫的升高而增加，且氣泡尺寸有縮小的趨勢。這是因為當模溫升高時，膠料的溫度將因而提高，使得成核速率加快；而成核速率加快使得膠料之氣泡數目增加的同時，亦導致了膠料氣體濃度的下降，使得氣泡在缺乏足量之氣體供其成長的情形下，擁有較小的尺寸。

如圖（5,6）所示，當成核劑的含量由 0 phr 增至 0.1 phr 時，可清楚的看到氣泡數目有增加的趨勢，而氣泡尺寸則是隨之變小。這是因為當成核劑的濃度增加時，並體成核速率也會隨之增快，並會使膠料中的氣體濃度大量降低，也因此加入較多成核劑的膠料所擁有的氣泡數目多且氣泡尺寸較小。但是當成核劑含量由 0.1 phr 升至 0.15 phr 之時，氣泡尺寸卻不因氣泡數的增加而縮小，反而有變大的趨勢。觀察 SEM 照片可以發現到，當成核劑含量增至 0.15phr 時，氣泡尺寸不減反增的原因；由照片得知，這種氣泡尺寸的增加是因為當成核劑含量過多時，由於成核速率過快，產生大量的氣泡，當這些氣泡過於密集時，氣泡將與鄰近的氣泡合併，做使得氣泡的尺寸變大。這些因素使得當成核

劑含量由 0phr 升至 0.15phr 時，氣泡數目呈增加的趨勢，而氣泡尺寸則有先減後增的現象。

觀察圖 (7,8) 可以發現，當模唇 (die land) 增長時，膠料之氣泡數目將隨之增加，而氣泡尺寸則隨之縮小。這是因為當模唇增長時，由於流道長度增加，導致膠料所需克服的模內摩擦增大，使得背壓因此上升，而背壓的上升導致較多的氣體溶解於膠料中使得成核速率加快，形成較多的氣泡。此外，在成核速率加快的同時，膠料內的氣體濃度也因此而大幅降低，無法提供較充足的氣體量讓氣泡成長，故使得氣泡尺寸隨模唇長度的增加而縮小。

如圖 (9,10) 所示，當分流管由一號更改為二號時，參見圖 (11,12)，由於二號分流管流道的截面積較小，擁有較大的背壓，而在背壓較大成核速率就較快的情況下，使用二號分流管所產生的氣泡數目也因而較多。此外，也由於成核速率的加快使得氣泡數目增加，導致膠料中氣體含量的減少，使得氣泡不易成長，氣泡尺寸因而縮小。

五、結論

1. 發泡劑濃度及模頭溫度的增加會使成核速率加快，同時也會使膠料中的氣體濃度下降，影響到氣泡的成長。因此氣泡數目將隨之增多而氣泡尺寸將縮小。
2. 增加成核劑含量時氣泡數目會增加，而氣泡尺寸則會先減後增。還是因為成核速率的過度增加在使氣泡數目增多的同時，亦造成了氣泡的合併，故使得氣泡的尺寸先減後增。
3. 模唇長度的增加及分流管流道截面積的縮小會使得背壓上升導致較多的氣體溶解於膠料中，引起成核速率的加快。所以當模唇長度增加時，氣泡數目將文之

增多而氣泡尺寸將縮小。

六、參考文獻

1. R. D. Leaversuch, *Modern Plastics*, July 1990, p. 16
2. M. B. Bradley and E. M. Phillips, *SPE ANTEC Tech. Papers*, 36, 717 (1990).
3. J. J. Park, L. Katz and N. G. Gaylord, *U.S. Pat. No. 5116811* (1992).
4. C. B. Park and L. K. Cheung, *Polym. Eng. Sci*, 37, 1 (1997).
5. Ugine Kuhlmann, *French Pat. No. 1498620* (1967).
6. Ugine Kuhlmann, *U.S. Pat. No. 3764642* (1973).
7. P. G. Whitley and P. Mignotte, in *Proc. 3rd Int. Conf.*
8. K. S. Hyun and H. N. Patel, *J. Cell. Plast.*, 11 (4), 203 (1975).
9. G. C. Kiessling, *J. Cell. Plast.*, 12 (6), 337 (1976).
10. F. Brard and G. C. Kiessling, *J. Cell. Plast.*, 13 (6), 388 (1977).
11. F. A. Brard and G. C. Kiessling, *Plast. Res. Process.*, 18 (2), 49 (1978).
12. J. S. Wu and W. J. Liang, *Plastics, Rubber, & Composites Proc. Appl.*, 26, 1 (1997).
13. J. S. Wu, W. J. Liang and K. C. Lin, *Plastics, Rubber, & Composites Proc. Appl.*, 26, 7 (1997).

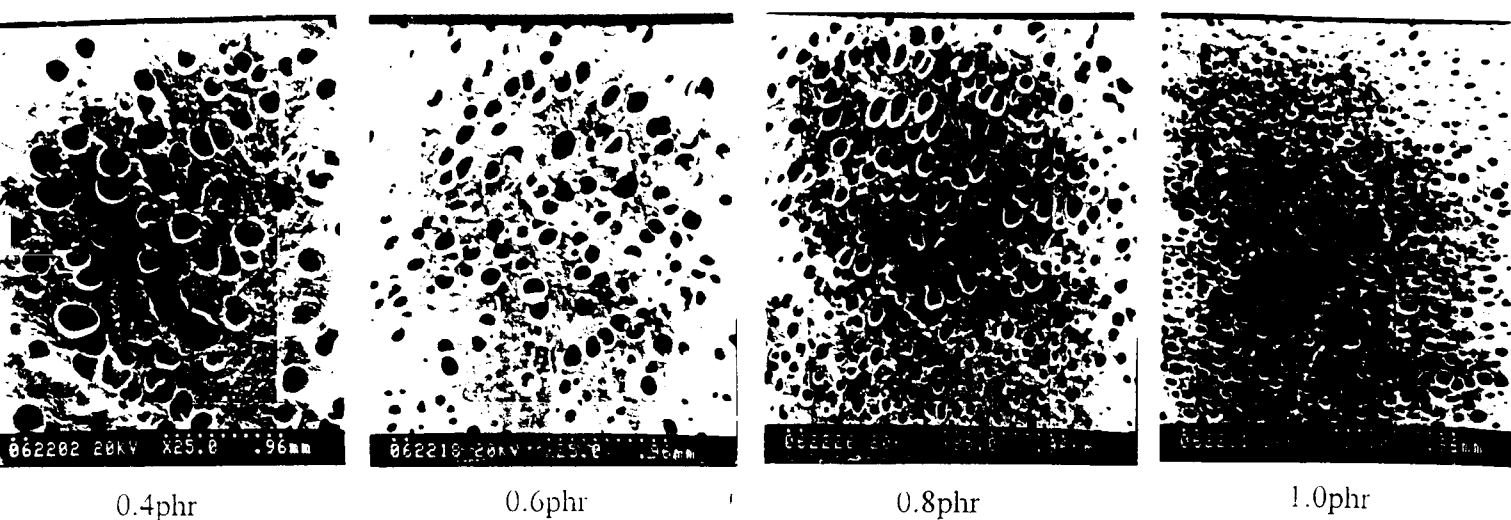


圖 1. 發泡劑濃度對發泡結構之影響

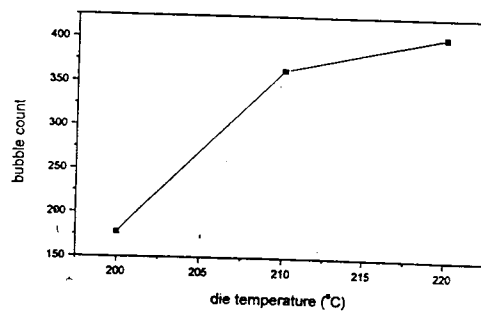
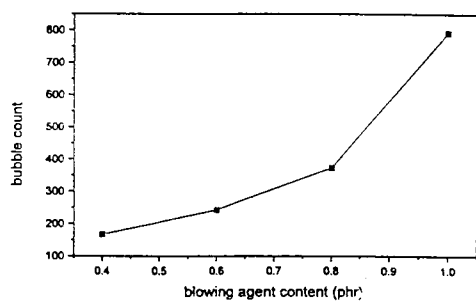


圖 2. 發泡劑濃度與氣泡數目的關係

圖 4. 模溫與氣泡數目的關係

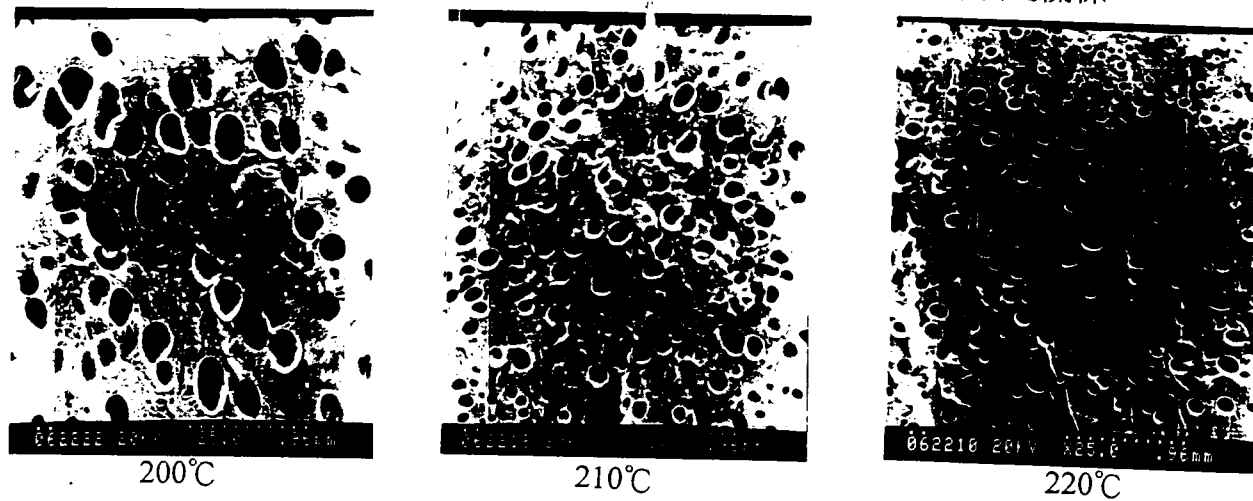


圖 3. 模溫對發泡結構之影響

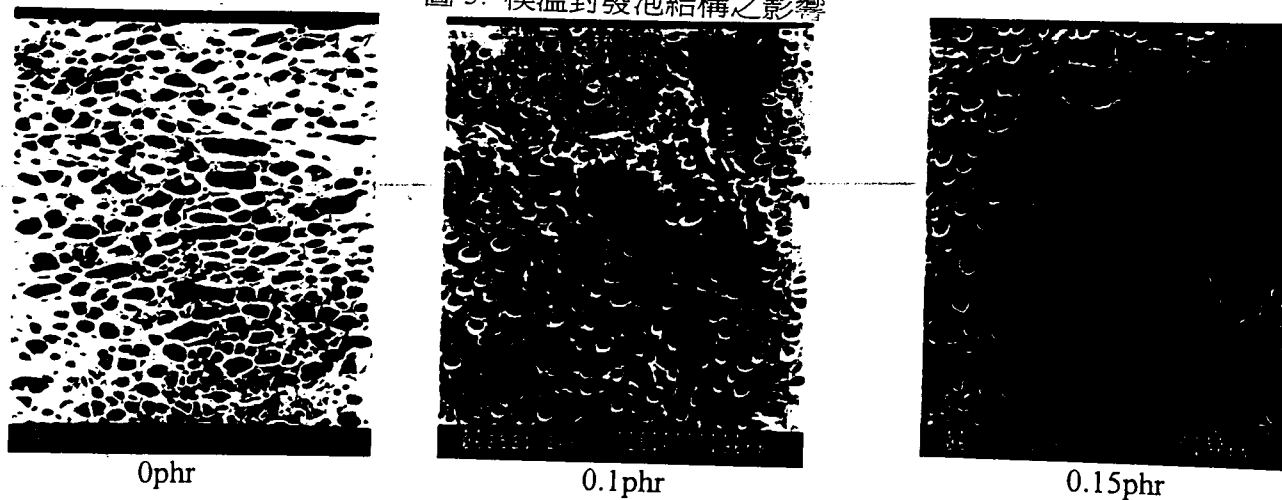


圖 5. 成核劑濃度對發泡結構之影響

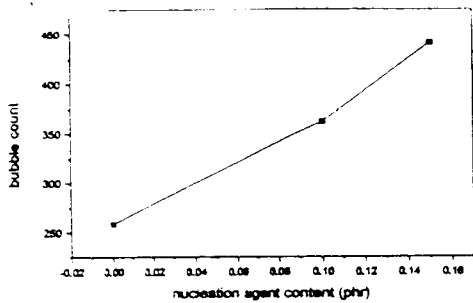


圖 6.成核劑濃度與氣泡數目的關係

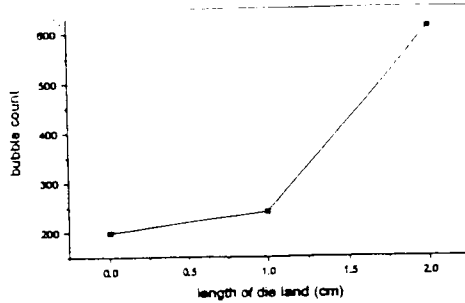
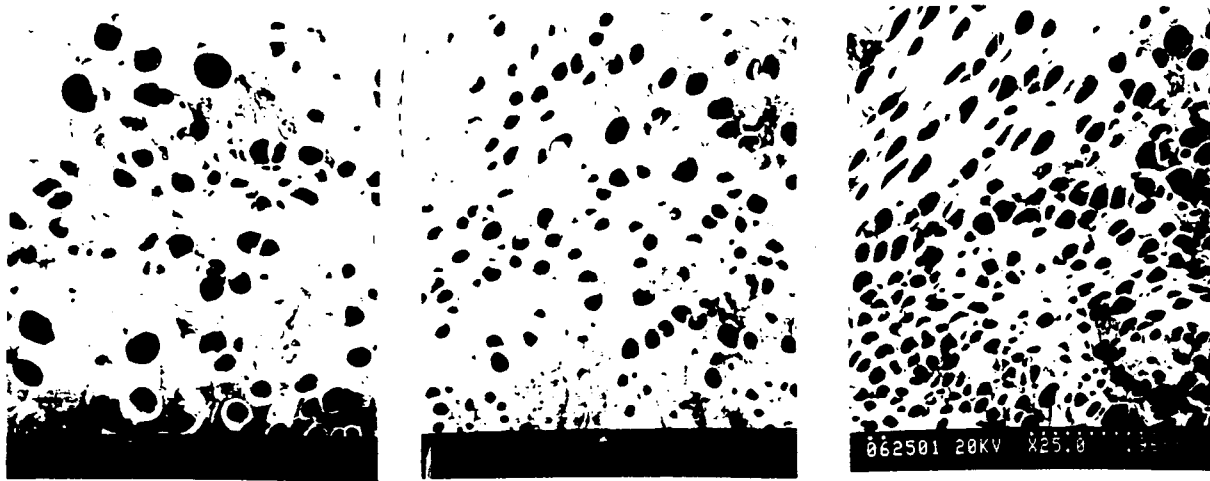


圖 8.模唇長度與氣泡數目的關係

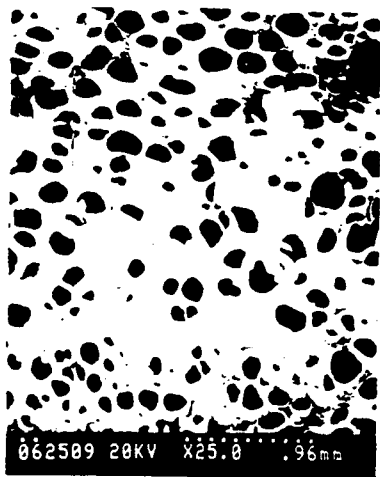


0cm

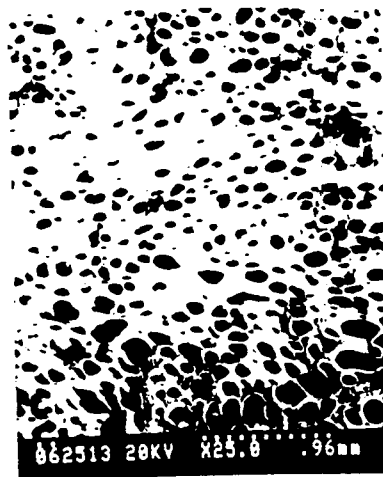
1cm

2cm

圖 7. Die land 長度對發泡結構之影響



一號分流管



二號分流管

圖 9.分流管之幾何形狀對發泡結構之影響

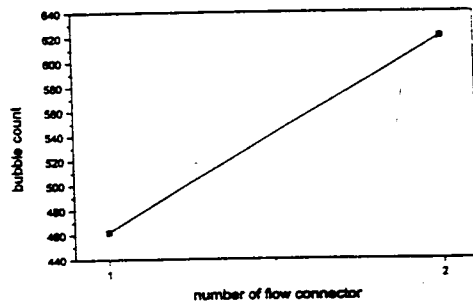


圖 10.分流管之幾何形狀與氣泡數目的關係

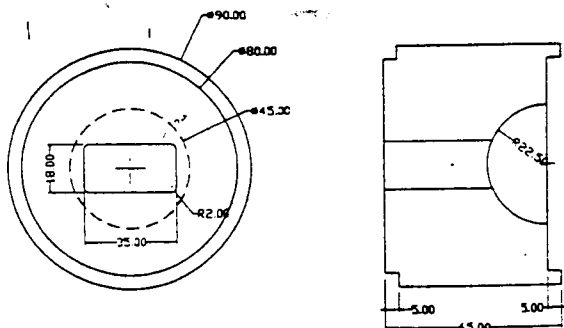


圖 11.一號分流管之幾何形狀示意圖

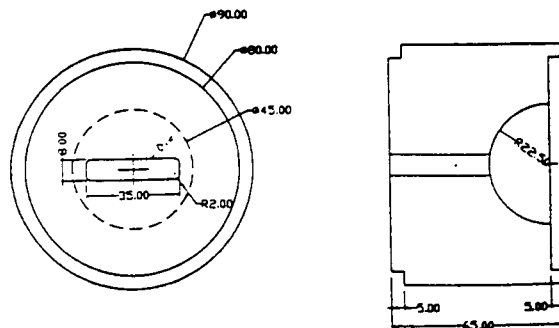


圖 12.二號分流管之幾何形狀示意圖