

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

吹膜製程側邊入料式螺旋式心軸模頭最佳化設計

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2622-E-009-003-CC3

執行期間：93年05月01日至94年04月30日

執行單位：國立交通大學應用化學研究所

計畫主持人：吳建興

計畫參與人員：曾煥鋁，蔡文淵，何誌峰，林煜倚

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 94 年 7 月 27 日

國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域： 高分子

計畫名稱： 吹膜製程側邊入料式螺旋式心軸模頭最佳化設計

計畫編號： NSC93-2622-E-009-003-CC3

執行期間： 民國 93 年 5 月 1 日起 至 民國 94 年 4 月 30 日止

執行單位： 國立交通大學應用化學系(所)

主持人： 吳建興

參與學生：

姓名	年級 (大學部、碩士班、 博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
曾煥錫	博士班四年級	張榮語, 王永元, 曾煥錫, "The Effect of Surface Tension and Contact Angle on the Filling Behavior of Flip-Chip Underfill Dispensing Process.", ANTEC 2003, SPE'S 61th Annual Technical Conference, Nashville U.S.A. (2003)	建立高分子流體在二平行板、傾斜板、圓管、半圓柱管、半長方形管及不規則管中之流動行為, 並協助等溫及非等溫模頭流動模擬程式撰寫
蔡文淵	碩士班二年級	蔡文淵, "吹膜製程側邊入料式螺旋式心軸模頭最佳化設計", 交通大學應用化學系(所)碩士論文, 民94	將模頭切分成許多流動的區域, 每一區域再細分成許多流動的單元及子單元並探討田口法搜尋策略、及研究如何將模擬模頭的數學模式及田口法寫成設計分析軟體
何誌峰	碩士班二年級	何誌峰, "延伸流動對於單螺桿製程分散式混合元件之分散影響探討", 交通大學應用化學系(所)碩士論文, 民94	以等溫方式的二維控制體積法, 並以非牛頓流體去模擬分析在沒有鬆弛區及模唇區之下, 其在入料溝道及螺旋心軸處之流動情形, 並配合田口法去建立一套設計分析
林煜倚	碩士班二年級	林煜倚, "分配式混合元件於單螺桿押出製程之混合分析及最佳化設計", 交通大學應用化學系(所)碩士論文, 民94	協助進行如何由等溫入料溝道及螺旋溝道區的流動延伸到包含鬆弛區及模唇區, 並考慮非等溫條件之下的程式撰寫, 最後並協助模擬模頭的流動情形並評估其性能

合作企業簡介：

合作企業名稱：鳳記鐵工廠股份有限公司

計畫聯絡人：呂癸安

資本額：10000 萬元

產品簡介：中空成型機、吹袋機、平膜製造機、板材製造機、管材製造機

網址：<http://www.fki.com/> 電話：(06) 2532157

研究摘要(500 字以內)：

在押出吹膜製程中，側邊入料式螺旋式心軸模頭可改善中心入料式心軸模頭的缺點，如果使用此種模頭來從事吹膜生產的塑膠加工廠可以增加產量，而且可避免產品外觀不良及產品翹曲的問題，尤其是當多層膜的層數增加時，使用此種側邊入料式螺旋式心軸模頭不會有材料裂解導致物性下降之虞。而且此種模頭本身體積較小，相對也會減低模頭本身的成本，且在更換模頭時或者是卸下模頭清料時均較為方便且省時，因此近年來在國外廣受重視。雖然鳳記公司對吹膜製程設備已有甚久經驗與技術，但對於側邊入料式螺旋式心軸模頭的設計技術仍很缺乏。本計畫將採用二維控制體積法（Control volume method）的流動模式，以等溫非牛頓流體去分析此模頭在入料溝道區及螺旋溝道區的流動，同時並配合田口法去建立一套設計分析軟體以便快速找出模頭在此部分的最佳幾何形狀，最後再以此幾何形狀將其延伸包含鬆弛區及模唇並考慮非等溫的條件下，模擬整個模頭的流動情形並評估其性能。藉由本計畫所發展的軟體，鳳記公司將可大幅提升對此模頭的設計能力以及商機。

人才培育成果說明：

藉由本計畫有四位碩博士生加入研究團隊，讓每位研究人員學習到高分子加工領域的專業知識，因有使用到電腦模擬的技術，也使得每個人對電腦程式的相關知識大大地提升，每位學生亦學到了互相支援與團隊合作的重要。

技術研發成果說明：

側邊入料式螺旋式心軸模頭（見圖 1 及圖 2），兩螺旋溝之間的區域並不是完全對稱，因此並不能以中心入料式心軸模頭的流動模式，將兩個螺旋溝入口之間的區域稱為一個完整的螺旋溝，而是必須對整個模頭展成平面，如圖 3 所示，並且對整個模頭流域分割成許多單元（element），再將每個單元細分成三個子單元（sub element），如圖 4 所示。

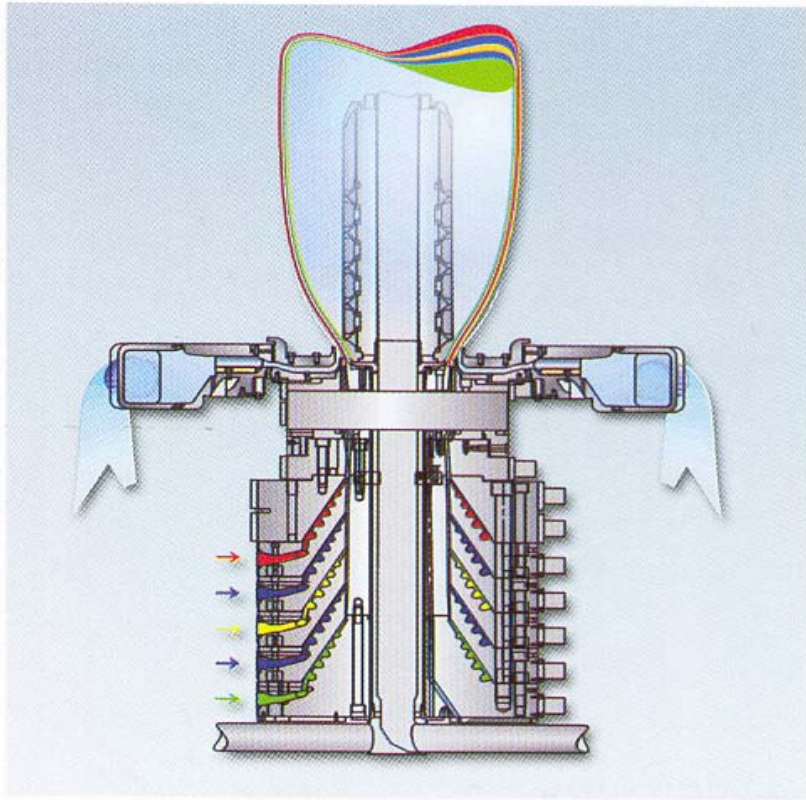


圖 1、多層側邊入料式螺旋式心軸模頭

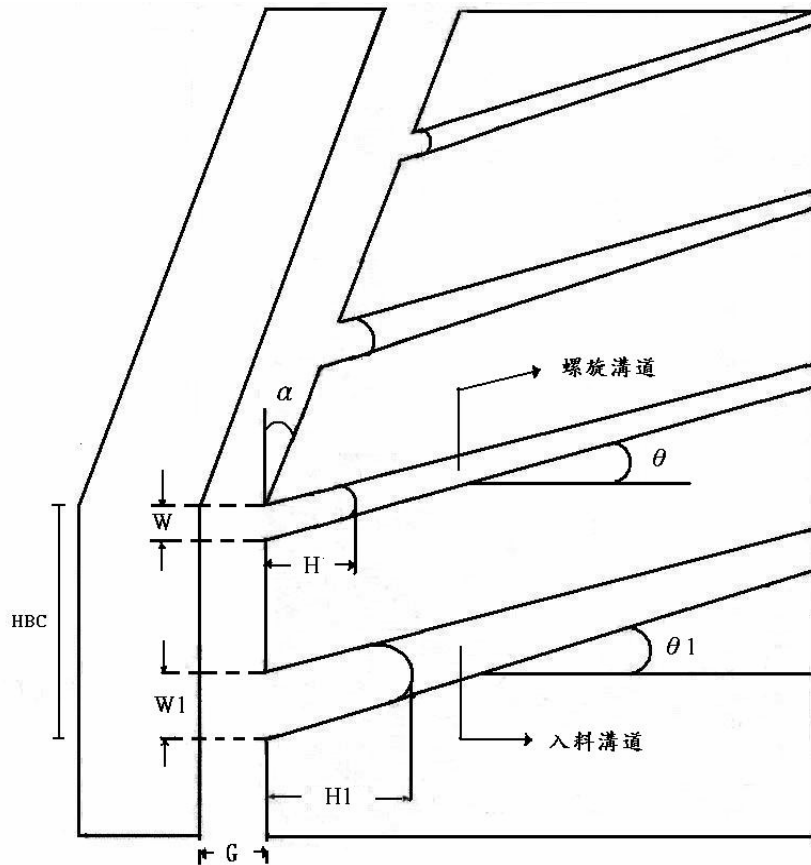


圖 2、單層側邊入料式螺旋式心軸模頭示意圖

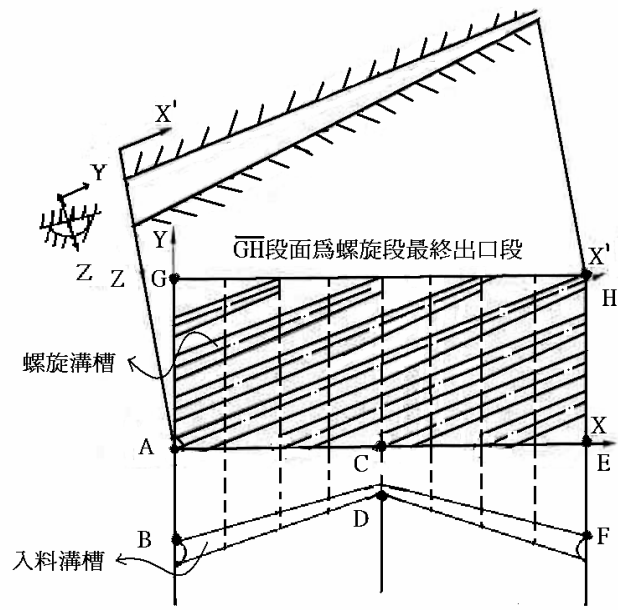


圖3、側邊入料式螺旋式心軸模頭

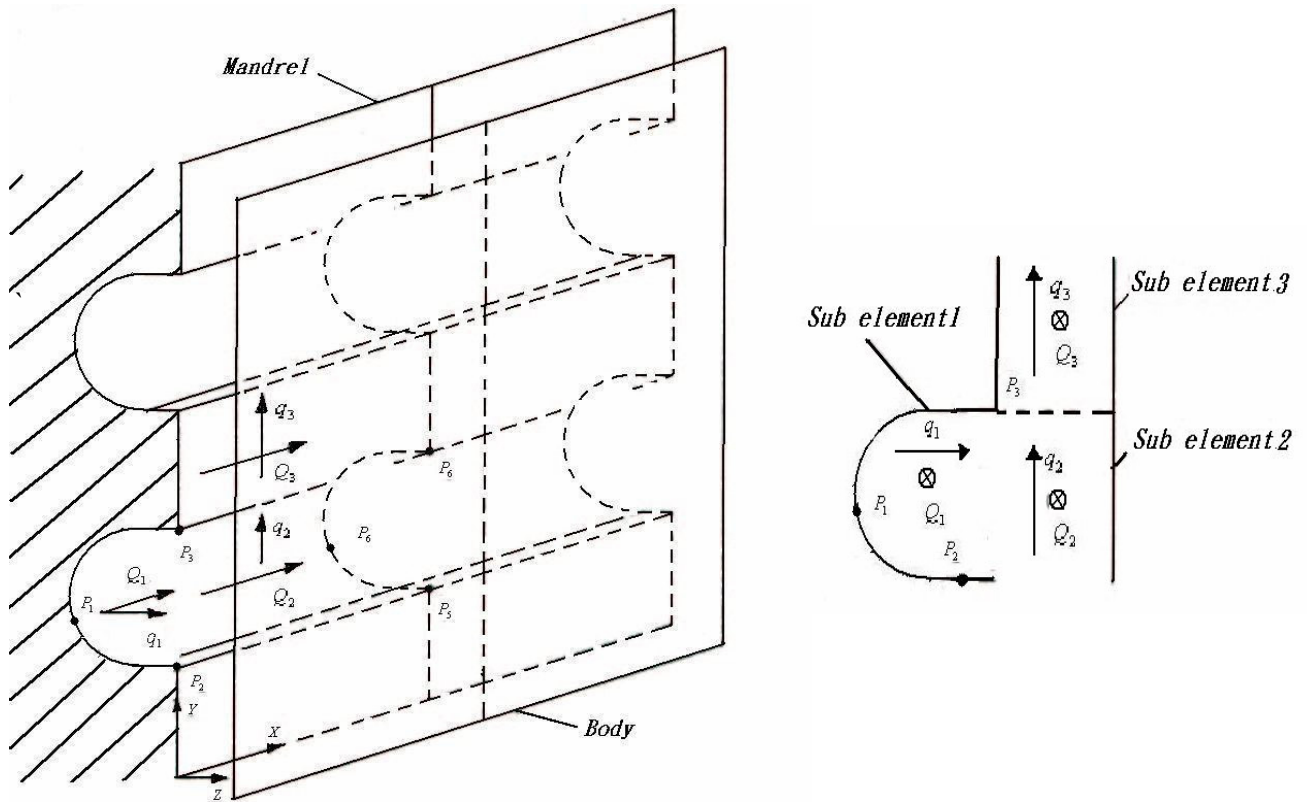


圖4、子單元的透視圖與側視圖

以此方式以控制體積法對整個流域進行流動模擬，茲將上述三個子單元描述如下：

- (1)子單元一為螺旋溝槽或螺旋入料溝槽部分。
- (2)子單元二為間隙中鄰近溝槽的部分。
- (3)子單元三為間隙中子單元二上方的部分。

首先針對進料溝的搜尋結果做說明：側邊入料式螺旋式心軸模頭的進料溝主要設計點在於要能使膠料均勻地進入螺旋溝中，所以流量均勻度便做為設計點所要搜尋的指標，進料溝的參數我們設有 HBC 、 W_1 、 H_1 、 Θ_1 ，如圖 2 所示。由搜尋結果來決定最佳設計點： $HBC = 1.12\text{cm}$ ， $W_1 = 0.71\text{cm}$ ， $H_1 = 1.05\text{cm}$ ， $\Theta_1 = 4.1^\circ$ ，以此計算出來的流量均勻度 $UNI = 0.909$ ，壓降 $PD = 1025\text{KPa}$ ，這邊的壓力降是指進料溝所需的壓降(如圖 3 所示，從進料溝入口到 ACE 斷面)。

螺旋溝的流動分析：圖 5 和圖 6 分別為膠料出進料溝時(指 ACE 斷面)的 X 方向與 Y 方向的流率分佈，由圖 6 可看出膠料在每個 element 中 Y 方向流量是相近的，且由圖 5 看出幾乎無 X 方向的流量以及所期望進料溝的作用（即均勻地將膠料送進螺旋溝中）。若是進料溝設計不良會使得膠料在螺旋溝的 port 與 port 之間流量分配不均，導致產品厚度不一。

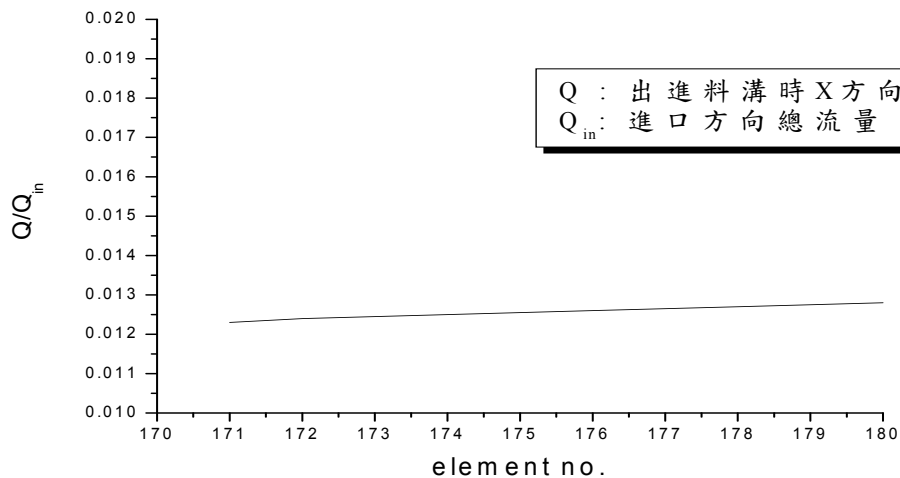


圖 5、膠料出進料溝時的 X 方向體積流率分佈

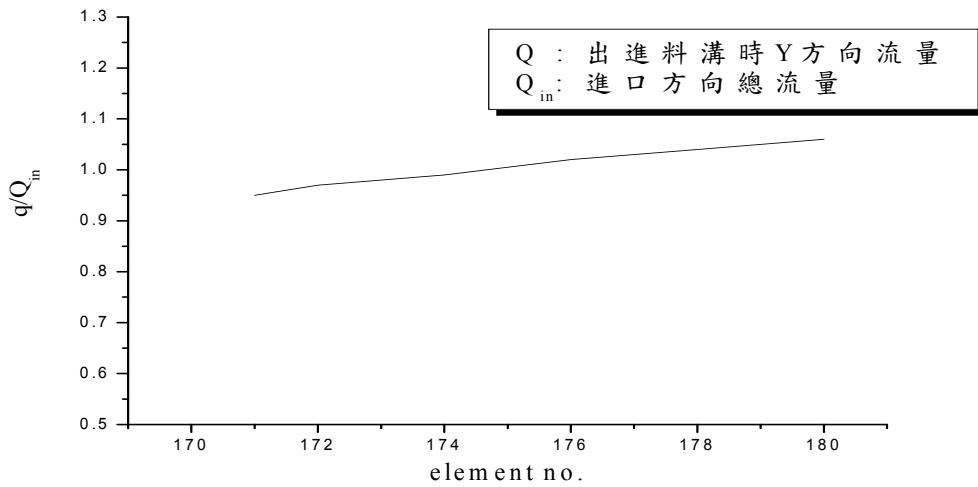


圖 6、 膠料出進料溝時的 Y 方向體積流率分佈

先找到進料溝的最佳設計點，作為螺旋溝的起始條件，但只以流量均勻度 UNI 為搜尋螺旋溝的指標，不用混合度 MD 為指標，因為在計算 MD 的式子中，其中的 Q_e 為流入一個螺旋溝槽的總體積流率，但側邊入料式螺旋式心軸模頭的螺旋溝的入料並非像中心入料式一樣來自單純的進料口，它的膠料是由螺旋溝道的側邊溢入，所以在計算 Q_e 上會有困難，因此不以 MD 為搜尋指標。

圖 7 中定義 q^* 為子單元一流向子單元二的流量，而 Q^* 為在 ACE 斷面中介於任兩個 port 之間所溢流出之流量。圖中可看出 q^* 在溝道前段為負值時，代表膠料是從子單元二流向子單元一，代表有逆流現象發生。由於膠料從 ACE 斷面出來後，大約只剩下 Y 方向的流量，X 方向的流量很少，所以膠料會從螺旋溝道的側邊進入溝道中，會在溝道中行走一段距離再冒出間隙，這樣的動作可促使膠料互相混合以消除縫合線，使膠料混合均勻。

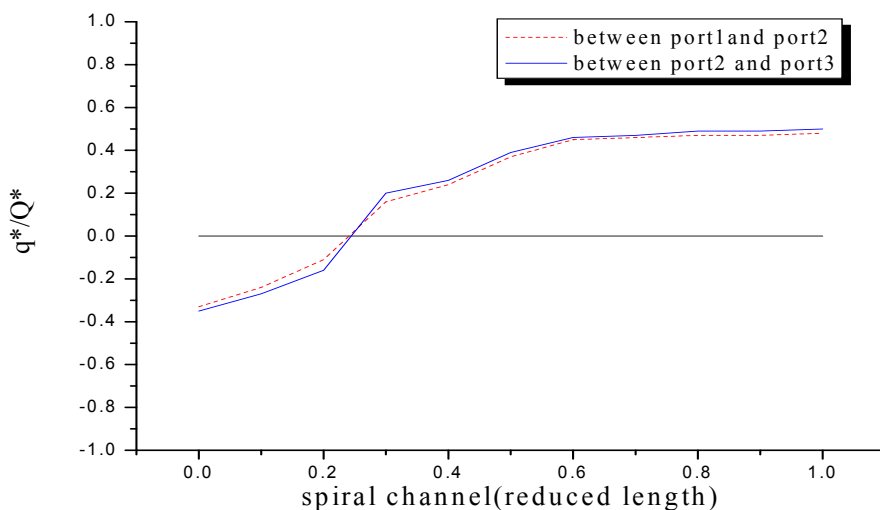


圖 7、 膠料在螺旋溝道的流量分布情形

螺旋溝的因子及水準設定如表 1 所示；並利用 L18 直交表來配置，以流量均勻度及混合度為指標的搜尋結果，我們得到了側邊入料式螺旋式心軸模頭的設計點。

我們可由其中可選擇出最佳設計點： $W = 0.44\text{cm}$ 、 $H = 0.62\text{cm}$ 、 $\Theta = 8.18^\circ$ 、 $G = 0.19\text{cm}$ 、 $\text{NOSEC} = 2$ 、 $\text{NOSPI} = 4$ 、 $\alpha = 0.96^\circ$ ，所計算出來的結果 $\text{UNI} = 0.911$ 、 $\text{MD} = 0.86$ 、 $\text{PD} = 12.0\text{MPa}$ 。如表 2 所示，

表 1、各因子與起始水準設定

Level				
Factors		Level 1	Level 2	Level 3
螺旋溝	W(cm)	0.2	0.7	1.2
	H(cm)	0.4	1.0	1.6
	$\Theta(^\circ)$	8.0	14.0	20.0
	G(cm)	0.1	0.3	0.5
	$\alpha(^\circ)$	0.5	2.0	3.5
	NOSEC	2	4	6
	NOSPI	4	5	6
進料溝	HBC(cm)	0.0	0.8	1.6
	$W_1(\text{cm})$	0.5	1.2	1.9
	$H_1(\text{cm})$	0.5	1.2	1.9
	$\Theta_1(^\circ)$	2	4	6

表 2、側邊入料式心軸模頭之最佳設計點

Material		HDPE
Factors		
螺旋溝	W(cm)	0.44
	H(cm)	0.62
	$\Theta(^{\circ})$	8.18
	G(cm)	0.19
	$\alpha(^{\circ})$	0.96
	NOSEC	2
	NOSPI	4
進料溝	HBC(cm)	1.12
	W_1 (cm)	0.71
	H_1 (cm)	1.05
	$\Theta_1(^{\circ})$	4.1
UNI	0.911	
MD	0.860	
PD (MPa)	12.0	

側邊入料式螺旋式心軸模頭設計最重要部份就是在入料溝道及螺旋心軸處之設計，很多模頭往往因入料溝道及螺旋心軸設計不當而導致流量不均，因此必須藉助加長模唇數達到流量均勻化目的。但是加長模唇會導致背壓上升，因此會產生押出量下降及料溫上升的情形。若入料溝道及螺旋心軸處設計得宜則可以使膠料混合均勻並達到消除縫合線、料溫均勻及產品厚度均一的目的，此為側邊入料式螺旋式心軸模頭設計關鍵之處。

技術特點說明：

側邊入料式螺旋式心軸模頭可改善中心入料式心軸模具的缺點，使得使用此種模頭來從事

吹膜生產的塑膠加工廠可以增加產量，而且可避免產品外觀不良及產品翹曲的問題，尤其是當多層膜的層數增加時，使用此種側邊入料式螺旋式心軸模頭不會有材料裂解導致物性下降之虞。而且此種模頭本身體積較小，相對也會減低模頭本身的成本，且在更換模頭時或者是卸下模頭清料時均較為方便且省時，因此此種型式的模頭從 2001 年在德國所舉行的國際橡塑膠大展（K 展）及前年美國 NPE 國際橡塑膠大展，各大國際知名押出大廠如 David-Standard 等押出設備廠均相繼推出此種型式的模頭，因此此種型式的模頭將會取代過去吹袋製程所使用的中心入料式螺旋式心軸模頭。

可利用之產業及可開發之產品：

吹袋模頭是高分子加工重要工具之一。吹膜製程之產品應用範圍極為廣泛，包括日用百貨、文具用品、醫療器材等領域皆涵蓋其中。另外舉凡民生工業常用的包裝膜、多層膜的生產，無一不是應用範疇。

推廣及運用的價值：

透過本計畫對側邊入料式螺旋式心軸模頭進行流動模擬，並配合田口法建立一套設計分析軟體，針對此種型式模頭進行最佳化設計，以便找出側邊入料式螺旋式心軸模頭的最佳幾何形狀。如此才可避免只憑經驗方式來進行設計，而且可提升公司的設計能力，並且能節省很多人力及物力，而且公司也不會因為模頭設計不當而損失商機，使公司得與國外知名押出設備廠競爭。