

塑膠機與塑膠模具

游正晃著



塑膠機與塑膠模具

三民書局印行

F202 141

塑胶机与塑胶模具

(中3·13·107)

C-00220

編輯大意

一、本書根據當前工業教育的迫切需要編輯而成。除供專科及高級職業學校塑膠模具與塑膠成形機課程之教學用外，並可供塑膠模具從業人員自修及參考。

二、本書內容共分五章，旨在瞭解塑膠的種類與特性、成形原理與方法、模具的構造與設計、成形機的構造的功用成品的品質與設計等。

三、本書之編輯，除根據編者多年實際經驗多，並參考中外有關之專門書刊甚多，取材力求新穎，敘述方面則求簡單扼要，且理論與實際並重，俾使初學者易於發揮學以致用的功效。

四、本書內的專有名詞是根據教育部頒訂機械工程名詞為準。

五、本書之編撰，多在公學課餘之隙，雖經多次校訂，但疏漏謬誤仍所難免，尚祈海內先進，隨時指正，俾再版時，得以訂正是幸。

本書承蒙張天津博士的賜予協助，在此謹表衷心謝意。

編著者 游正晃 謹識

中華民國七十一年七月

塑膠機與塑膠模具 目次

第一章 塑膠概論

1-1	前 言	1
1-2	塑膠的分類	2
1-3	常用塑膠簡介	4
1-3-1	熱固性塑膠	4
1-3-2	熱塑性塑膠	6
1-4	塑膠的乾燥工作	10

第二章 成形加工法概要

2-1	成形加工原理	13
2-1-1	可塑化	13
2-1-2	充 填	14
2-1-3	凝 固	15
2-2	壓縮成形法	16
2-2-1	概 要	16
2-2-2	壓縮成形的輔助操作	18
2-2-3	壓縮機具的種類	18
2-2-4	壓縮成形機	21
2-3	下注成形法	22
2-3-1	概 要	22

— 2 — 塑膠機與塑膠模具

2-3-2	下注模具的種類	23
2-3-3	下注成形機	25
2-4	射出形成	26
2-5	擠製成形法	27
2-5-1	概要	27
2-5-2	擠製機	28
2-5-3	管和異形品的擠製	29
2-5-4	薄膜和薄板的擠製	30
2-5-5	電線包覆	31
2-6	中空成形法	31
2-7	熱成形法	33
2-7-1	真空成形法	33
2-7-2	壓空成形法	36

第三章 射出成形用模具

3-1	射出成形用模具的種類	39
3-2	射出成形用模具的基本構造	41
3-3	澆道系統	54
3-3-1	豎澆道	55
3-3-2	熔渣滯留部與豎澆道定位銷	56
3-3-3	橫澆道	57
3-3-4	澆口	58
3-3-5	澆口的種類	59
3-3-6	澆口平衡與OC配置	71
3-3-7	排氣孔	75
3-4	無澆道	76

3-4-1	無澆道成形用樹脂必要的性質	77
3-4-2	無澆道模具的種類	78
3-5	頂出裝置	94
3-5-1	成形品的頂出	94
3-5-2	澆道部份的頂出	100
3-5-3	二段頂出裝置	107
3-6	清角的處理	111
3-6-1	外部有清角的處理方法	114
3-6-2	內部有清角的處理方法	133
3-6-3	頂出板超前退回機構	137
3-7	成形品有螺紋的處理方法	140
3-7-1	螺紋的脫模處理	140
3-7-2	迴轉部的驅動方式	145
3-8	模具的溫度控制	147
3-8-1	模具溫度控制的必要性	147
3-8-2	溫度控制的理論要素	148
3-8-3	冷却水管的分佈	151
3-9	模具材料	161
3-9-1	模具材料的要求條件	161
3-9-2	模具材料的種類與用途	162
3-10	模具的強度計算	166
3-10-1	矩形模窩的側壁計算	166
3-10-2	圓筒模形窩的撓曲計算	171
3-10-3	可動形雄模的撓曲計算	171
3-10-4	銷類的強度計算	174

第四章 射出成形機

4-1	射出成形機的種類	175
4-1-1	依射出裝置與鎖模裝置的排列方法	175
4-1-2	依射出裝置的構造	177
4-1-3	依鎖模裝置的構造	179
4-1-4	其他	180
4-2	射出裝置	180
4-2-1	柱塞式射出裝置	180
4-2-2	預塑式射出裝置	183
4-2-3	螺桿式射出裝置	185
4-3	鎖模裝置	189
4-3-1	鎖模缸的油壓原理	189
4-3-2	直壓式鎖模裝置	190
4-3-3	肘節式鎖模裝置	193
4-3-4	肘節直壓式鎖模裝置	196
4-4	射出成形機的主要規格	197

第五章 射出成形品

5-1	成形品的品質	207
5-1-1	成形品尺寸發生誤差的原因	207
5-1-2	尺寸精度與模具構造的關係	209
5-1-3	成形收縮率	210
5-1-4	成形材料的成形性	213
5-1-5	形狀變化	217
5-1-6	成形品的機械性質	219

5-1-7	成形品的尺寸公差	220
5-2	成形品的設計	222
5-2-1	分模線	222
5-2-2	脫模斜度	225
5-2-3	成形品的肉厚	226
5-2-4	補強與變形防止	229
5-2-5	穀	233
5-2-6	孔	237
5-2-7	螺紋成形	241
5-2-8	文字成形	242
5-2-9	嵌件	242
5-3	成形不良的類型、原因及其消除方法	243
5-3-1	充填不足	244
5-3-2	廢邊生成	245
5-3-3	收縮下陷	245
5-3-4	氣泡	246
5-3-5	熔接線	246
5-3-6	破裂	247
5-3-7	翹曲、扭曲	248
5-3-8	白化	248
5-3-9	流痕	249
5-3-10	噴射流	249
5-3-11	顛紋	250
5-3-12	模糊	250
5-3-13	銀條	250
5-3-14	燒焦	250

- 6 - 塑膠機與塑膠模具

5-3-15	表面光澤不良.....	251
5-3-16	表面層裂.....	251

第一章 塑膠概論

1-1 前言

近年來由於塑膠對人類日常生活之關係愈來愈密切，於是興起了研究塑膠之合成學理與技術，使得塑膠工業成爲一門新興的化學工業。自 1869 年海特(Hyatt)發明賽璐珞(Celluloid)而奠定了塑膠工業的根基以來，可說是塑膠工業之創始。至1909年貝克蘭(L. H. Backeland)博士使酚與福馬林反應，作成外觀及物理性質頗似松脂狀的酚甲醛樹脂以後，塑膠即宣告誕生。自此各種不同性質的塑膠材料相繼的被發現，其發展之迅速，實有駕乎其他工業之上，造成人類物質生活的一個革命性的改變。

塑膠有時稱爲合成樹脂(Synthetic resins)，就一般而言，所謂合成樹脂係指利用人工合成之有機高分子化合物。在合成樹脂中加入顏料、填充料、安定劑、可塑劑及硬化劑等成份，而其最終狀態爲固體者稱爲塑膠。塑膠在受熱時具有可塑性，在壓力的作用下具有改變本身形狀的性能，而在冷卻和除去壓力後也能保持這種形狀，亦即爲有機化合物而可自由成形的一羣材料。高分子化合物而不能自由成形者不能算是塑膠，將高分子化合物改質，加補助材料使其能自由成形者才算是塑膠，例如纖維素雖爲高分子，但却不能自由成形，若加醋酸或酞醋酸，而變成爲醋酸纖維素或酞醋酸纖維素即可自由成形，此時可視爲塑膠的一種。

自從塑膠被發現以來，它的使用量正不斷地上升，僅次於鋼鐵，甚至於將來還有超越鋼鐵的可能性，其主要原因是由於塑膠具有質輕、機械强度高、不腐蝕、不導電、不傳熱、耐酸、耐鹼、耐油、耐化學藥品、透明、有美觀的色澤以及易於成形加工等優良的特點，所以今日它不僅已成為金屬、紙張、布匹、木材、陶瓷、皮革、磚石、玻璃及其他材料的代用品，而且在近年來也成為解決現代工業和尖端科學技術中許多複雜問題的重要材料，故塑膠的應用範圍在人類日常生活和工業應用上所扮演的角色越來越重要。因之，塑膠工業已成為現代工業化的重要部門之一。

臺灣地狹人衆，資源缺乏，如想發展經濟則必須依賴技術與勞務的輸出，因此對未來的臺灣工業發展情勢來說，塑膠工業將是極有前途的工業之一。但想要塑膠產品能在國際上與其他國家競爭，則品質的改良與新產品的開發是迫切需要的工作，因之，對於有關塑膠的新技術與新知識的吸收、研究是刻不容緩之事。

1-2 塑膠的分類

塑膠的種類很多，而各種塑膠有各種塑膠的特點及應用範圍，如欲充分的瞭解這些塑膠的特色和妥當的選擇應用，實非易事，然而將它們有系統的分類，則有助於人們快速瞭解，一般分類的方法是依照塑膠在受熱加工成產品時的性質來區分，則可分為熱固性塑膠(Thermosetting Plastics)和熱塑性塑膠(Thermoplastics)兩大類。

(一) 熱固性塑膠

熱固性塑膠是較低分子的物質因加熱而成高分子量的三次元架橋構造(即網狀構造)，此種塑膠在加熱時起初會被軟化而具有一定的可塑性，但隨加熱的進行，塑料中的分子不斷地化合，最後固化成為

一個不熔化、也不溶於溶劑的物質。亦即固化後再加熱它也不再軟化了，此類塑膠的分子形狀為網狀，網狀是因受熱產生化學反應而形成，在形成網狀組織後加熱也無法破壞其化學鍵，不能使其再軟化，故只能在未成形網狀之前成形，且只能作一次成形。屬於此類的塑膠有酚甲醛樹脂、三聚氰胺樹脂、尿素樹脂與環氧樹脂等。

(二) 熱塑性塑膠

熱塑性塑膠是指在加熱時會隨着溫度的升高而逐漸軟化，但當冷卻後即重新固化成為固體，如果再加熱它又可軟化。如此過程可以重複多次的塑膠稱熱塑性塑膠。此類的塑膠分子形狀為線狀或分枝狀，當受熱時分子獲得能量，其能量足以破壞分子間之引力，塑膠即變軟或溶解。由於受熱時分子內之化學結合並不起變化，故冷卻後可以恢復原來之性質，且經過多次溶解，其性質不會改變。

熱塑性塑膠又可分為結晶形與非結晶形兩種。結晶性是表示分子排列的情形，一般而言，排列規則的部份為結晶部份，排列不規則的部份為非結晶部份，如圖 1-1 所示為聚乙烯的分子排列方式，低壓聚乙烯分子集中，結晶性高，結晶性高時，分子間的牽制大，分子間不易滑動，亦即不易彎曲、不易伸長、硬而不易成形加工。屬於結晶形的塑膠有聚乙烯、聚丙烯、聚醯胺、聚縮醛等。屬於非結晶形的塑膠

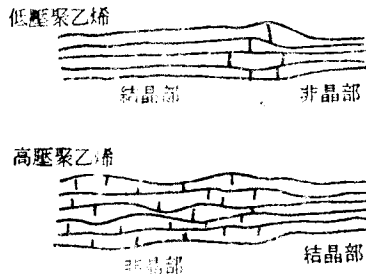


圖 1-1 聚乙烯的分子排列方式

有苯乙烯系樹脂、壓克力、聚碳酸脂等。

1-3 常用塑膠簡介

1-3-1 熱固性塑膠

(一) 酚甲醛樹脂

酚甲醛樹脂為工業用的主要塑膠材料之一，係由酚（石碳酸）和甲醛（福馬林）之反應作用而製成，通稱為 Bakelite，即俗稱電木，為合成樹脂中最古老者，原居樹脂消費量第一位，近二十年來方被其他塑膠所取代。此種塑膠在燃燒時會裂開，同時放出酚的氣味及分解的填充料，在外觀上為黑色或褐色，比重為 1.25~1.55。

由酚甲醛樹脂所生產的成品，可加入各種不同的填充料，添加填充料除可降低成本外，尚可改善各種性質。例如以木粉為填充料可改善成形性、抗壓強度；以石棉為填充料可提高耐熱性；以雲母為填充料可增加電氣絕緣性；以纖維為填充料可改善機械強度。

酚甲醛樹脂的一般性質是強度高、不易燃燒、成形成容易、精度高，除氧化性之酸及苛性鹼外，對一般溶劑及酸類之耐蝕性良好，對電之絕緣性亦佳。但其缺點則是染色性有限。其用途常作為電器之絕緣物、把手、電話耳機、洗衣機的攪拌器、瓶蓋、旋轉鈕等。

(二) 尿素樹脂

尿素樹脂 (Urea-formaldehyde resin) 為尿素與甲醛縮合而得，可製成無色或淡黃色的透明玻璃狀物品，製造當初的目的是期望成為打不破的玻璃，但未成功。此種樹脂在燃燒時放出強烈的甲醛氣味和霉味，比重為 1.47~1.52。

尿素樹脂的性質是硬度、耐熱性、耐溶劑性等均良好，尤其是樹

脂本身為無色透明，可自由選擇色彩而得顏色鮮明的成形物品為其最大特點。它與酚甲醛樹脂相比較，更富於耐鹼性及電弧性，但其餘性質較酚甲醛樹脂為差，特別是耐水性、耐老化性與耐裂性。尿素樹脂的用途為製造較小型的成形品，如容器的蓋子、餐具、日用品、鈕扣、電鈴、電話機殼等。

(三) 三聚氰胺樹脂

三聚氰胺樹脂 (Melamine-formaldehyde resin) 俗稱美蠟皿，為三聚氰胺與甲醛縮合而成，此種樹脂在燃燒時放出魚腥味，且產生裂痕。其性質為耐熱性、耐電弧性、不燃性良好，且為易於着色的無色透明的樹脂；與尿素樹脂比較時，其硬度較大，耐水性、耐藥品性、耐熱性等較優，且堅固耐用，尤其是煮沸後其光澤與外觀等均幾無變化，故主要用於餐具及絕緣材料。

作為餐具時輕而不易破損，洗滌時無噪音，可用蒸氣消毒，最適合於醫院、飯店、餐廳等餐具之用；並可將美麗的圖案紙充分浸漬於樹脂內，然後貼於餐具上增加美觀。

(四) 環氧樹脂

環氧樹脂 (Epoxy resin) 是由丙二酚 (Bisphenol A) 與環氧氯丙烷 (Epichlorohydrin) 在氫氧化鈉的存在下反應而得。此種樹脂在燃燒時帶有黃色火焰，且放出強烈刺激性的胺氣味。

環氧樹脂的主要特性是黏着性特優、具有良好的化學抵抗力、電絕緣性佳、機械強度大、機械加工性好、可填加各種填充料，成形後收縮小以及不加硬化劑可長時間保存。故其主要用途為金屬材料、玻璃等的黏着劑、印刷電路板、箱槽等，又此類樹脂亦具有優良的耐磨及衝擊的抵抗力，故亦應用於夾具、模具。

(五) 聚酯樹脂

聚酯樹脂 (Polyester resin) 是以二鹽基酸與二價醇反應而得的熱

固性塑膠。此種樹脂在燃燒時帶黃色火焰與黑煙。在室溫亦可硬化，硬化時與酚甲醛樹脂、尿素樹脂不同之點為不發生反應副產品，故不需加壓就可成形，利用此種特性可使用於製造廉價的木模、石膏模、塑膠模以及任何大形的成品，而且這種樹脂耐老化、易於着色、強度大、電絕緣性良好，故可做電器零件、建築材料以及製成纖維織成衣料，常見之達克龍 (Dacron) 即屬於此類塑膠。又此樹脂質輕和強韌，被大量用於製造飛機零件、小型船艇、頭盔等軍用品。

1-3-2 熱塑性塑膠

(一) 聚氯乙烯

聚氯乙烯 (Polyvinyl chloride) 簡稱 PVC，為氯化乙烯之聚合體，此種共聚物在燃燒時帶有綠色底緣的黃色火焰，同時放出難聞的辛辣氣味。比重為 1.4 的白色粉末，其性質為透明性、耐水性、耐藥品性、電絕緣性等良好，且延展性佳、伸長率大。但對熱和光缺乏安定性，易引起脫鹽酸而分解，所以需加安定劑。PVC 大量生產時成本低，為合成樹脂中最廉價，因此用途最為普遍，可製造皮、膜、管、電線包覆等。

(二) 聚乙烯

聚乙烯 (Polyethylene) 簡稱 PE，為乳白色半透明或不透明之蠟狀固體，此種聚烯烴樹脂的燃燒速度相當快，同時如蠟般的溶解和滴落，並帶有黃色焰頭的藍色火焰和放出燃燒石蠟的氣味。它可溶於熱苯或熱甲苯中，而不溶於其他一般性溶劑中。比重小為 0.92~0.96，可浮於水中。

聚乙烯對耐水性、耐蝕性、電絕緣性、耐藥品性等均良好，在低溫仍可保持柔軟，然耐熱性不佳。其用途為塑膠管、電線之絕緣物、塑膠袋、水桶、臉盆等。

(三) 聚丙烯

聚丙烯 (Polypropylene) 簡稱 PP, 為所有樹脂中比重最低者 0.90 ~ 0.92, 此種樹脂之燃燒速度慢, 並帶有黃色焰頭的藍色火焰, 並放出如同柴油的氣味。其性質類似聚乙烯, 比聚乙烯軟化溫度高, 抗拉強度、彎曲強度、剛性等較大, 但低溫衝擊強度頗差, 成形品的透明性、表面光澤、耐電弧性、絕緣性等俱佳。常用於製造日常用品、玩具、行李箱、傢俱、工業用零件及包裝用膜等。

(四) 聚苯乙烯

聚苯乙烯 (Polystyrene) 簡稱 PS, 為苯乙烯之聚合物, 它在燃燒時帶橙黃色火焰, 同時產生濃煙並使空氣中含碳。聚苯乙烯包含 GP (一般用) 與 HI (耐衝擊性) 兩種。

一般用聚苯乙烯 (GPPS) 即為苯乙烯之單獨聚合物, 具有高折射率, 為極透明之硬質塑膠, 且具有精密度、尺寸安定性、硬度等特性, 但其缺點則是不耐衝擊易破裂及不耐熱。為改善此種樹脂的脆性, 在單體聚合之際, 添加橡膠 5 ~ 20% 而成耐衝擊性的聚苯乙烯 (HIPS)。橡膠含量愈多時, 衝擊強度愈大, 但抗拉強度、耐熱性、耐光性、透明性以及成形性漸降。

聚苯乙烯外觀美麗且可任意着色, 成形範圍廣泛, 其用途乃由日常用品、家庭電氣器具發展至包裝方面、工業用零件等。

(五) AS 樹脂

AS 樹脂為丙烯腈 (Acrylonitrile) 與苯乙烯 (Styrene) 的共聚物, 仍保有苯乙烯樹脂的特徵, 即透明性。此外, 耐熱性、耐衝擊性、耐油性、耐藥品性、機械強度等均較 PS 為好, 但是丙烯腈的份量愈多, 成形性愈低, 所以一般市面所售的 AS 樹脂其丙烯腈的含量約為 20 ~ 30%。

AS 樹脂是用於需要機械強度、耐藥品性、透明性等良好的產品