

科技用書

射出成形模具製作

白石順一郎著
依日光譯著

射出成形模具製作

白石順一郎著
依日光譯著

復漢出版社印行

序

塑膠的射出成成品在這一二十年之間，已從日用雜貨往機能零件急速成長，但是，成形所需的成形技術、模具技術至今仍有很多未知的分野。通常很難在技術上解析模具構造與成形條件的關連。非試作不可的要素很多，未脫試行錯誤的領域。處於這種狀況，不得不依據過去的前輩累積的經驗值，稍加些理論值而設計。將來也不外將憑經驗製作的模具，在成形過程容許的範圍冒險嘗試，掌握所得的經驗值，將之理論化，小步進展。

在此意義之下，筆者不顧才疏學淺，整理手邊的設計數值和實例，並述及高速化、自動化模具、內容或嫌不完備，但是供初學模具、成形的技術者參考，若有助於提高業界的模具技術，實屬至幸！

射出成形用模具／目次

第1章 總論	1
1.1 過去主要樹脂的生產與需要	1
1.2 成形用樹脂的需要推移	3
1.3 射出成形與樹脂的需要推移	4
1.4 射出成形用模具今後的動向	5
第2章 射出成形品	8
2.1 射出成形品的製品設計	8
2.1.1 分模面	8
2.1.2 脫膜斜度	9
2.1.3 肉厚	12
2.1.4 補強與應變防止	13
2.1.5 轂部 (boss)	15
2.1.6 成形孔	16
2.1.7 成形螺紋	16
2.1.8 軋紋	17
2.1.9 文字成形	17
2.1.10 頂出	17
2.1.11 嵌入物	18
2.2 射出成形品的尺寸變化	19
2.2.1 樹脂的膨脹收縮	19
2.2.2 成形收縮	19
2.2.3 成形品的尺寸精	20
2.2.4 成形尺寸與安定	20
2.2.5 形狀變化	26
2.2.6 射出成形品的尺	28
尺寸公差	28
第3章 射出成形用模具設計概要	31
3.1 設計上的基本事項	31
3.2 使用成形機與樹脂	32
3.2.1 射出成形機規範	32
3.2.2 檢討所用樹脂的	35
的檢討	32
性質	35

3.3	射出成形用模具的構造	35
3.4	成形品形狀及成形技術上的檢討	37
3.4.1	成形品形狀的檢討	38
3.4.2	成形技術的檢討	38
3.5	射出成形用模具的設計手續	39
3.6	射出成形用模具的設計規範與檢查表	40
第4章 模具用材料		44
4.1	射出成形用模具素材的特性與用途、用法	44
4.1.1	在鍛造、輾軋、抽製狀態使用的鋼材	45
4.1.2	退火處理而使用的鋼材	45
4.2	射出成形用模具素材的熱處理與表面處理	48
4.2.1	模具素材用熱處理的概要	48
4.2.2	射出成形用模具素材的表面處理	50
第5章 射出成形用模具的強度計算與尺寸精度		54
5.1	模具的強度計算	54
5.1.1	矩形成形空間的側壁計算	55
5.1.2	圓形成形空間的側壁計算	61
5.1.3	可動型雄模的撓曲計算	60
5.2	模具構造部的尺寸精度	62
5.3	成形品部的尺寸精度	63
5.4	射出成形用模具的尺寸公差規格(德國規格)	66
第6章 澆道、澆口方式		67
6.1	澆道、澆口的選擇基準	67
6.2	流路的形狀與流動性	68
6.2.1	壓力降與流量計算	69
6.2.2	從流動性看澆口、澆道的關係	72
6.2.3	澆口平衡與澆道的配置	72
6.2.4	流動比與面積比	76

6.3 澆口的種類	78
6.3.1 直接澆口	78
6.3.2 普通澆道、澆口	79
6.3.3 針點澆口	84
6.3.4 潛澆口、隧道澆口	86
6.3.5 闊澆口	87
6.3.6 其他澆口	88
6.4 樹脂材料與澆口的適性	88
6.4.1 成形品的物理性	89
6.4.2 各種樹脂與澆口	89
質與澆口的關係	89

第7章 無澆道方式與熱澆道方式 99

7.1 無澆道方式	100
7.1.1 帶液式	100
7.1.2 延長噴嘴方式	103
7.1.3 絕熱澆道	105
7.2 熱澆道式	110
7.2.1 熱澆道構造的概要	110
7.2.2 噴嘴套與模具的熱絕緣	111
7.2.3 澆道塊的加熱及控制方式	114
7.2.4 熱澆道的各種形式與參考尺寸圖	116
7.2.5 其他方式	119

第8章 溫度調整與冷却 122

8.1 以成形效率為目的溫度調整	122
8.2 防止應變的溫度調整	124
8.2.1 成形品的品質	124
8.2.2 欲得最小應變的溫度調整	126
8.3 溫度調整的理論要素	127
8.3.1 模具的溫度調整	127
8.3.2 模具的冷却和加熱	128
8.3.3 冷却溝的分佈	129
8.3.4 冷却用水量	133
8.3.5 各種冷却回路的實例	134
8.4 射出成形用模具的熱解析	138
8.4.1 熱與電的關係	139
8.4.2 熔融的樹脂帶入	

模具的熱量與溫度斜度	8.4.4 相似模型的準備與水管表面溫度的模擬
8.4.3 成形品的分割與模具平均溫度的求法	8.4.5 相似電場的測定
110	145
142	

第9章 頂出機構.....137

9.1 成形品的頂出	147
9.1.1 頂出方法的種類	148
9.1.2 有螺紋的成形品之脫模取出	152
9.1.3 旋轉部的驅動方式	154
9.2 壓澆口、澆道的頂出機構	157
9.2.1 壓澆口、澆道頂出機構實例	157
9.2.2 澆口自動切斷裝置	159
9.3 二段頂出裝置	160
9.3.1 二段頂出裝置的實例	160
9.3.2 二段頂出的調節	164
9.3.3 頂出板的急回機構	162

第10章 死角的處理.....166

10.1 外部有死角的成形品之處理方法	167
10.1.1 利用分件模處理死角的方法	167
10.1.2 利用側面雄模的死角處理	169
10.1.3 側面雄模移動量很大時的處理方法	171
10.2 成形品內面的死角處理方法	172

第11章 模具構造零件及尺寸規格.....174

11.1 模板關係	174
11.2 導銷及導銷套	175
11.3 頂出銷、套筒及復歸銷	181
11.3.1 頂出銷及孔	181
11.3.2 復歸銷	186

11.4. 定位環及豎澆口套	187
11.4.1 定位環的規格與適用例	187
11.4.2 豎澆口套的規格與適用例	189
11.5 豎澆口固定銷及澆道固定銷	193
11.5.1 豎澆口固定銷的形狀、尺寸規格與實用例	193
11.5.2 澆道固定銷的形狀、尺寸規格與實用例	194
11.6 澆道的尺寸規格及選定實例	196
11.7 頂出板附屬品的形狀與尺寸規格	197
11.7.1 頂出板導銷的形狀、尺寸規格與實用例	197
11.7.2 頂出桿及擋止銷	199
11.7.3 支持件	200
11.8 側面雄模關係零件的形狀與規格	201
11.8.1 傾斜銷及凸輪的形狀、尺寸規格、實用例	203
11.8.2 側面雄模的形狀與滑動部、尺寸規格、側面雄模的種類	205
11.8.3 側面雄模的墊板	
11.8.4 鎖定塊的種類與側面雄模的位置	209
11.8.5 其他零件的 JIS 規格	212

第12章 高速化、自動化用模具設計.....213

12.1 高速化用模具設計	213
12.2 自動化用模具設計	215
12.2.1 自動運轉用模具的噴嘴、豎澆口、澆道	216
12.2.2 如何完全頂出不易離模的成形品	217
12.2.3 確認成形品之取出	219
12.2.4 使用豎澆口、澆道固化式模具的自動運轉	217
12.2.5 預置心型或有成形螺紋的模具之自動運轉	222

第13章 考慮加工性的設計.....225

- 13.1 雌模、雄模的加工與組合 225
 - 13.1.1 裝入模板之有底孔的方法 225
 - 13.1.2 安裝於模板貫穿孔的方法 226
- 13.2 模具構造部或成形品部考慮加工性的實例 227
 - 13.2.1 以組合法改善加工性 227
 - 13.2.2 使機械加工容易 231
 - 13.2.3 簡化整形、裝配作業的設計 231

第14章 射出成形用模具的加工方法概要.....232

- 14.1 外形面削加工 232
- 14.2 製品部加工 233
 - 14.2.1 利用銑床及仿削銑床的製品部加工 233
 - 14.2.2 利用特殊加工法的製品部加工 234
- 14.3 整修裝配加工 235
- 14.4 模具的檢查 237
 - 14.4.1 工場檢查 237
 - 14.4.2 試打檢查 239
- 14.5 模具整修 239
 - 14.5.1 防銹與除油 239
 - 14.5.2 模具的修理 248
 - 14.5.3 研磨劑與其使用方法 249
- 14.6 模具保管場所、整理方法、記錄 249

第15章 射出成形用模具的估價.....251

- 15.1 加工單價的計算方法 251
 - 15.1.1 機械種類別標準加工單價算出方法 251
 - 15.1.2 射出成形用模具平均單價的計算方法 259
- 15.2 加工時間計算方法 260
 - 15.2.1 機種別加工時間計算方法 261
 - 15.2.2 總加工時間計算方法 262

15.3	預估方式	274
------	------	-----

15.4	交貨期的決定	277
------	--------	-----

第16章 成形品不良的原因與對策.....281

16.1	充填不足	281
------	------	-----

16.2	排氣不足	281
------	------	-----

16.3	尺寸精度不良	282
------	--------	-----

16.4	破裂	283
------	----	-----

16.5	撓曲、變形的缺陷	284
------	----------	-----

16.6	毛屑缺陷	285
------	------	-----

16.7	熔接綫所致的缺陷	285
------	----------	-----

16.8	各種痕跡缺陷	285
------	--------	-----

16.9	成形品的表面缺陷	286
------	----------	-----

第一章 總論

成形材料用樹脂是將石油分餾、精製過程中分解的原料氣體聚合處理而成。將此樹脂加工而得塑膠製品，因而，廣義的塑膠工業包含樹脂生成過程，在此意義下，考慮塑膠工業的未來時，不只是加工品的消費，若不兼慮原油的供給，很難預測全貌。

缺乏原油資源的日本（臺灣亦然）幾全依賴進口，數量、價格都是難題。在消費方面，不論第一次加工品、第二次加工品，早已呈現便秘狀態。如此，在塑膠工業的根部和末端都問題叢生時，展望成形加工業的將來恰是重要的關鍵時期。

1.1 過去主要樹脂的生產與需要

日本主要樹脂從 1961 年到 1970 年共十年間生產量的推移如表 1.1 所示（化學工業統計年報），以 1961 年為基準時，生產量成長 7.5 倍，若分為熱硬化性樹脂與熱可塑性樹脂，前者成長 4.2 倍，後者 9.6 倍。後 5 年間的成長是前者 2.3 倍，後者 3.6 倍，有 1971 年度各樹脂月產能力表（表 1.2）的推定生產能力。另一方面，需要也趁景氣之熱，如表 1.3 所示，熱硬化性成長 4 倍，熱可塑性 8.3 倍，不過對前年度成長率則以 1966 年為頂點而下降，1970 年成長 67 萬噸，不如 1969 年的 71 萬噸。日本的輸出樹脂在 1970 年約 110 萬噸，其中，主要樹脂占 70 萬噸，比前一年增加 20 萬噸，國內需要量成長 47 萬噸。

表 1.1 主要樹脂生產量的推移（日本）（單位：噸）

年 度 樹脂種類	1961		1965		1970	
	量	成長率	量	成長率	量	成長率
熱可塑性樹脂	273,859	100	500,511	183	1,160,086	423
熱硬化性樹脂	413,576	100	1,095,133	266	3,967,439	962
計	687,435	100	1,595,644	232	5,127,525	747

（化學工業統計年報）

表1.2 主要樹脂月產能力表 (1971年) (日本) (單位 噸月)

酚樹脂	20,983	聚亞乙稀樹脂	2,098
尿素樹脂	58,765	聚苯乙烯	71,330
聚酰胺樹脂	11,855	聚乙烯	112,734
不飽和聚酯樹脂	13,110	聚丙烯	48,430
亞克力樹脂	5,176	聚碳酸酯	1,400
PVC樹脂	138,542	計	490,23
顏料纖維素	5,810		

(化學工業統計月報)

表1.3 主要樹脂總需要量的推移 (日本) (單位 噸)

年度		1961	1965	1970
樹脂名				
熱可塑性樹脂	酚樹脂	55,421 (100)	76,379 (137)	219,300 (394)
	尿素樹脂	155,496 (100)	249,107 (160)	532,500 (342)
	聚酰胺樹脂	16,850 (100)	44,048 (266)	96,800 (576)
	不飽和聚酯	18,499 (100)	30,954 (166)	120,600 (675)
小計		246,066 (100)	400,488 (162)	969,200 (393)
熱可塑性樹脂	PVC樹脂	284,760 (100)	483,500 (170)	1,130,000 (397)
	聚乙烯	105,552 (100)	375,061 (355)	1,229,541 (1165)
	聚丙烯	* 5,367 (1962)	58,200 (1084)	529,095 (9858)
	聚乙烯 (GP HI)	30,400 (100)	86,890 (286)	377,300 (1241)
	A S 樹脂	4,100 (100)	10,700 (261)	34,600 (844)
	ABS 樹脂	* 1,200 (1962)	13,920 (1160)	132,652 (11054)
	發泡用	3,600 (100)	18,600 (516)	88,000 (2444)
	亞克力樹脂	4,165 (100)	12,297 (295)	48,001 (1152)
小計		432,577 (100)	1,059,168 (245)	3,569,189 (825)
總計		679,243 (100)	1,459,656 (215)	4,538,389 (668)

注意：() 內的數字表示成長率。* 在1961年的需要量不明，以1962年求成長率，1961年合計不包含* 的量

在國內需要中，雜貨及有代用要素的容器，工業零件等也失去往日的污氣，開始呈現盤穩的態勢，這是塑膠工業末端便秘的原因。

1971年度中主要樹脂能力表如表1.2所示，各樹脂的生產能力合計月產490233噸，年生產能力達600萬噸的設備，總需要量在1970年度為454萬噸，約有¼的過剩設備，這是石油化學工業界深陷不景氣的原因之一。

1.2 成形用樹脂的需要推移

總需要量中，實際用於塑膠成形的樹脂量如表1.4所示，但不飽和聚酯樹脂因缺乏資料而未統計。以1966年為基準，每年成長約48%，1970年度約110萬噸的樹脂用於成形，總需要量的約24%用於成形。

表1.4 成形用樹脂的推移（日本）（單位 噸）

年度	1961	1967	1968	1969	1970
低密度聚乙烯	32,084 (7)	44,893 (8)	45,718 (7)	53,923 (9)	50,725 (6)
高密度聚乙烯	30,411 (26)	41,236 (26)	58,230 (28)	67,483 (24)	89,851 (24)
聚丙烯	40,710 (41)	63,955 (39)	93,299 (37)	134,877 (34)	169,463 (32)
PVC 軟質	—	30,161	43,021	53,228	53,792
PVC 硬質	—	13,772	20,629	18,438	20,716
聚苯乙烯	128,500	173,440	219,490	309,800	377,300
AS	13,200	19,500	23,070	30,900	34,600
ABS	24,980	43,042	71,820	107,031	132,652
亞克力	4,148 (25)	6,760 (24)	9,500 (36)	12,624 (37)	17,044 (42)
無可塑性小計	274,033	436,759	584,777	788,304	946,143
酚	27,792 (28)	33,768 (27)	39,385 (26)	45,310 (24)	50,995 (23)
尿素	62,619 (21)	65,703 (19)	72,443 (18)	73,188 (16)	77,768 (15)
三聚氰胺	2,776 (5)	3,447 (5)	4,781 (5)	4,955 (6)	6,251 (6)
合計	367,220	539,677	701,386	911,757	1,081,157
1966年基準的成長率	100	147	191	248	294

備考 1. () 內的數字為成形材料在全需要量的使用比率

2. 成形材料的PVC硬質為擠壓成形品，軟質只為押出用品材料

3. 不飽和聚酯樹脂因資料不足而除外

(石油化學工業協會，PVC協會，東京ABS工業會，日本亞克力樹脂協會，化學工業統計年報及月報)

表1.5 塑膠加工機械生產狀況（日本）（單位 台數）

機械名	壓縮成形機	擠壓機	射出成形機	押出成形機	真空成形機	中空成形機	合計
年度							
1966	1,394	36	2,982 (100)	1,126	222	340	6,104 (100)
1967	1,588	15	3,646 (122)	1,537	262	526	7,574 (124)
1968	1,578	15	4,325 (145)	1,827	206	412	8,389 (137)
1969	1,451	25	6,555 (220)	1,883	249	321	10,459 (171)
1970	1,374	152	6,583 (221)	2,512	264	250	11,135 (182)

備考 () 內數字為1966年基準的成長率

表1.6 塑膠用模具生產狀況（日本）

年度	摘要	組數	重量 (噸)	金額 (100萬圓)
1967		38,229	6,107	8,606
1968		33,718	6,884	11,627
1969		34,382	7,930	15,220
1970		31,918	9,379	19,615

(根據統計年報)

加工這些樹脂的各種加工機械之生產狀況如表1.5所示，表1.6為模具的生產狀況，模具組數減少，重量却增加，理由是模具大形化所致，今後仍有此傾向。

1.3 射出成形與樹脂的需要推移

射出成形用樹脂通常為熱可塑性，表1.7為熱可塑性樹脂在日本國內需要的推移，表1.8為各年度的成長率，表1.9為成形用熱可塑性樹脂的需要量推移。

表中成形用需要量大都為射出成形用材料，日本熱可塑性樹脂的國內需要量約30%為射出成形用。

日本石油化學工業協會、合成樹脂工業協會等發表1970年度5年的需要量如表1.10所示，比起1960年後半5年實績，成長率降低，聚苯乙烯、PVC等在全世界都處於困境。

表1.7 日本熱可塑性樹脂國內需要量的推移 (單位：噸)

樹脂名	年度	1961	1965	1970
PVC樹脂		271,740	434,900	1,004,277
高密度聚乙烯		23,593	73,326	245,169
低密度聚乙烯		81,500	230,747	631,002
聚丙烯		* 5,367 (1962)	57,000	399,491
聚苯乙烯 (GPHI)		30,270	82,530	311,300
AS樹脂		4,100	10,700	33,100
ABS樹脂		* 1,200 (1962)	12,890	122,116
亞克力樹脂		4,235	12,297	41,829
合 計		415,438	914,390	2,788,284

備考 *是1961年的需要不明而用1962年的需要量。1961年合計中不包含*的種。
(石油化學工業協會、FVC協會、亞克力樹脂工業會)

表1.8 日本熱可塑性樹脂逐年國內需要量推移 (單位 噸)

摘要 \ 年度	1961	1962	1963	1964	1965
熱可塑性樹脂國內總需要 (噸)	415,438	498,690	690,750	842,015	914,390
對前年度成長率 (%)	—	20	39	22	9
1961基準成長率 (%)	100	120	166	203	220
摘要 \ 年度	1966	1967	1968	1969	1970
熱可塑性樹脂國內總需要 (噸)	1,263,659	1,690,785	2,058,064	2,476,916	2,788,284
對前年度成長率 (%)	38	34	22	20	13
1961基準成長率 (%)	304	407	495	594	671

表1.9 熱可塑性樹脂的生產及需要的推移 (單位 噸)

摘要 \ 年度	1966	1967	1968	1969	1970
生產量	量 (噸)	1,333,637	1,946,534	2,595,607	3,274,597
	成長率 (%)	100	141	188	237
國內總需要量	量 (噸)	(100) 1,263,659	(100) 1,690,785	(100) 2,058,064	(100) 2,476,716
	成長率 (%)	100	134	163	196
成形用需要量	量 (噸)	(22) 274,033	(26) 436,759	(28) 584,777	(32) 788,304
	成長率 (%)	100	159	213	288
					345

備考 () 內數字為日本國內需要中成形用需要率。

1.4 射出成形用模具今後的動向

以上述樹脂需要為背景，射出成形用模具的動向如何？首先，射出成形品大形化，雜貨容器類的成長不如60年代，但工業用機能零件却漸取代傳統品，結果，即使數量上不會有往日的急速成長，也可望有較安定的上昇。

大形化衍生的射出週期問題，機能零件化的尺寸精度改善和安定等在質、量上都嚴求改善生產性，因而，模具設計、成形技術的溫度調整，預備可塑化、預備壓縮、高速化成形、自動成形等都是射出成形用模具待解的問題。

這些問題一一解決，才可得生產性高而品質良好的模具，學理上的

表1.10 1970年代的需要量推移 (日本)

(單位 噸)

樹脂名	1970		1971		1972		1973		1974		1975	
	量	成長率	量	成長率	量	成長率	量	成長率	量	成長率	量	成長率
酚樹脂	219, 118	100	253, 800	116	289, 900	132	328, 100	150	368, 400	167	403, 000	184
尿素樹脂	535, 935	100	595, 900	111	680, 700	123	728, 000	136	797, 300	149	863, 300	161
聚異胺樹脂	102, 250	100	110, 700	108	125, 100	122	140, 300	137	155, 500	152	169, 600	166
不飽和聚酯樹脂	114, 143	100	150, 000	131	183, 200	161	218, 600	192	253, 600	222	285, 100	250
亞克力樹脂	48, 001	100	54, 410	113	62, 360	140	70, 750	147	80, 390	167	91, 390	190
PVC樹脂	1, 122, 717	100	1, 200, 000	107	1, 290, 000	115	1, 390, 000	124	1, 500, 000	134	1, 610, 000	143
低密度聚乙烯	860, 656	100	936, 000	109	1, 046, 000	122	1, 169, 000	136	1, 276, 000	148	1, 435, 000	167
高密度聚乙烯	368, 885	100	392, 200	106	458, 000	124	524, 100	142	593, 900	161	675, 500	183
聚丙烯	529, 095	100	539, 000	102	583, 000	110	645, 000	122	714, 000	135	786, 000	149
聚苯乙烯	377, 000	100	435, 800	113	498, 000	132	564, 600	150	634, 800	168	714, 800	190
雙酚聚苯乙烯	88, 000	100	101, 600	115	115, 700	132	129, 700	147	145, 800	166	161, 000	183
A S 樹脂	34, 600	100	38, 460	111	42, 300	122	46, 000	133	50, 100	145	53, 800	156
ABS 樹脂	132, 652	100	154, 700	117	183, 600	138	214, 900	162	251, 600	190	291, 600	220
合 計	4, 533, 052	100	4, 962, 570	110	5, 537, 860	122	6, 169, 050	136	6, 819, 390	151	7, 540, 090	166

(石油化學工業協會、合成樹脂工業協會)

7-70

問題有熱傳導，非牛頓液體的流動性，經驗上的問題有①成形樹脂與模具的脫模斜度，雌模側肉，開模推出阻出關係，②鎖模力與射出內壓的反覆所致的疲勞及塑性變形的問題，③阻止因表面處理而發生毛屑，比較經濟性，④研究製品部以外的模具構件之材質，⑤設法防止淬火變形，⑥研究製品部的特殊加工，⑦樹脂種類，成形品的形狀、尺寸，對應於支形機等特性的橫澆道、豎澆口、澆口的形狀、尺寸經驗值等。

良好的成形品得自良好的模具及管理的成形條件，不只模具的設計製作，使用它的成形技術也要注意改善，諸如冷卻、加熱條件的管理、預備可塑化、預備壓縮，經日應變的防止等等管理及研究上的事項。

這些問題若由1廠1企業解決，或嫌過低，最好是不分模具製造業者，成形業者，公開相互間的研究值，經驗值，共同提高射出成形品的量、質的水準。