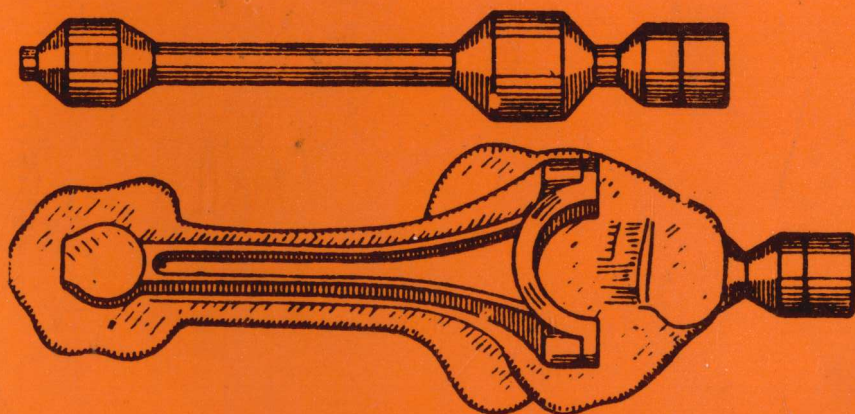


大專科技用書

遵照教育部最新公佈課程標準編輯

新版 塑性加工

吳英豪 著



版權所有



翻印必究

新版 塑性加工

定價新台幣肆佰玖拾元正

著者兼發行人：吳 英 豪

臺南市北華街170巷22-1號

電話：(06) 2223169

郵政劃撥：第 0337263-9 號

帳戶：吳 孟 玲

經銷：復 文 書 局

臺南市林森路二段63號

電話：(06)2370003 2386937

印刷者：泰 成 印 刷 廠

臺南市永福路二段113號

中華民國七十四年二月初版

中華民國七十四年九月二版

中華民國七十五年一月三版



序

塑性加工的近來發展高速成長，正進入技術革新時期，在工學上，工業上佔了舉足輕重的角色，因為塑性加工是零件的成形工程，其工程領域干涉到自原材料及至最後完工成品的廣大範圍，搜括了所有加工方式，亦是今後凡是機械與金屬的有關研究者，學習者應加共勉奮勵努力的目標。

因而塑性加工在工業產品製造工程中之應用範圍涉獵甚廣，有關學術、技術資料繁雜而多歧，設若僅因應教材需要而編輯本書，則祇涉及皮毛而已，亦即只能敘述基礎知識之概梗而未能深入工程技術層面，如是將無實質應用參考價值。

筆者有鑑於此，乃著重於塑性加工中材料之變形特性，加工原理，及加工法等基礎知識之敘述用以紮實根基之外，即又廣泛深入探討實用技術及新技術，期以配合部定之「培養實用實務人材」教學宗旨。

因而本書深入論及加工工程設計實務，實乃旨在提供學習者，能從本書獲得各種加工工程及其工模具之基礎設計能力，遂編成資料豐碩之厚冊，亦可做為學生畢業後從事實務技術時之參考書籍，而不僅單用於教材之薄冊而已，如此，學生擁有此書才有實質意義。

本書根據部定最新課程標準編輯而成，適用於大專機械科系，亦可作為相關科系及企業界，以及工程人員研究之參考，祈盼學生於課餘勉自再進修，用以準備參加日後之工業生產行列，再求發展，來擔當國家經濟之一份力量，是筆者所盼，亦是著述本書之心意。



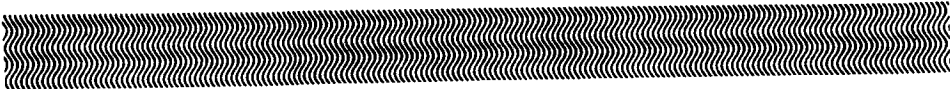


本書是積個人廿餘年工廠實務經驗及十年工專學校執教所得理念而論述，切望以本書與學習者共勉之，惟覺學無止境，又才疏學尚淺，倘或有謬誤之處在所難免，祈先進賢達賜示匡正，是感榮幸。

著者 吳英豪

民國 74 年 1 月 20 日

識於 台南



啓事

本書係拙著新版，按舊版已於三年前出版，坊間出版之有關塑性加工之其他著作，設若發現部份內容及用詞與拙著新、舊版有相同之情事時，敬請

先進賢達明察秋毫，認清盜印。
特此聲明，以正視聽。

74年1月20日 筆者 啓

目 錄

第一章 緒論

1-1 塑性變形之意義	1
1-2 冷間變形	6
1-2-1 冷間變形之結晶狀態	6
1-2-2 再結晶	8
1-2-3 履歴現象	9
1-2-4 應變老化	9
1-3 熱間變形	10
1-3-1 熱間變形之意義	10
1-3-2 纖維狀組織，異向特性	10
1-3-3 鋼之塑性	11
1-4 塑性變形之理論	11
1-4-1 塑性變形之功	11
1-4-2 體積不變定律	13
1-4-3 變形最大剪力說	15
1-4-4 變形—功理論	16
1-4-5 應變速度	18
1-4-6 變形強度 K_r ，平均變形強度 K_{rm} ，變形抗力 K_w 及變形壓力 P	19
習題	22

第二章 鍛造概論

2-1 概論	23
2-1-1 鍛造之目的	23
(1) 結晶組織之改善	23
(2) 鍛接空隙之效果	24
2-1-2 鍛造胚料瑕疵	25
2-1-3 鍛造方式	26
(1) 冷、溫、熱間鍛造之定義及目的	26
(2) 鍛造方式	27
(3) 鍛造生產之主要方法	28
2-1-4 鍛造用材料	33
(1) 依材料分類	33
(2) 依熔煉法分類	33
2-2 鍛造用設備及其工具	36
2-2-1 鍛造用加熱爐	37
(1) 鍛件加熱溫度與鍛製溫度	37
(2) 加熱爐	39

2 目 錄

2-2-2 鍛造用機械	47
(1) 軋軋機及其機具	48
(2) 弓形槽軋鍛機	78
(3) 機械錘	79
(4) 壓床及其他壓機	87
(5) 其他輔助設備及工具	100
2-3 閉模鍛造鍛錘及壓床之選擇	103
2-3-1 模鍛用鍛錘及壓床之特性	103
(1) 模鍛用鍛錘特性	104
(2) 模鍛用壓床特性	104
2-3-2 模鍛機械種類之選擇	106
2-3-3 模鍛機械鍛製能力之選擇	107
(1) 鍛錘鍛製能力之選定	107
(2) 壓床鍛製能力之選定	110
(3) 摩擦壓機鍛製能力之選定	114
(4) 鍛粗機鍛製能力之選定	115
2-4 鍛模及其材料	117
2-4-1 鍛模之分類及用途	117
(1) 模鍛成形工作過程	117
(2) 鍛模及工具之分類及用途	119
2-4-2 鍛模之設計	120
(1) 鍛模設計之步驟	120
(2) 各道鍛模之設計	121
A. 鍛粗模具	121
B. 體積分配法	122
C. 預鍛模具	126
D. 完工鍛模	127
E. 鍛模設計上之重要事項	132
F. 無廢邊之鍛模設計	142
G. 整緣模具	144
H. 鍛模之構造及其組成	146
2-4-3 鍛模材料	147
(1) 鍛模材料選定之準則	147
(2) 鍛模材料之選定	149
2-4-4 鍛模之製作與管理	152
(1) 鍛模之製作	152
(2) 鍛模之管理	155
習題	156

第三章 鍛造方法

3-1 槽軋鍛造	159
3-1-1 槽軋鍛造工程之分類	159

3-1-2 各種軋軋工程	160
(1) 中塊軋軋工程	160
(2) 型鋼軋軋工程	163
(3) 棒鋼、線材軋軋工程	166
(4) 厚板軋軋工程	169
(5) 熱間軋軋帶料製造工程	171
(6) 冷間軋軋帶料製造工程	172
3-1-3 軋軋方法	177
(1) 軋軋基本原理	177
A. 塑性變形定律	177
B. 軋軋間之幾何關係	182
C. 軋軋咬進材料之條件與摩擦之關係	186
D. 金屬流動之中立面	193
E. 熱間軋軋時之壓薄、展延、伸長之關係	195
F. 對稱環槽軋軋桿料時之壓薄、伸長、展延之關係	200
G. 計算軋軋溫度之變化	204
H. 軋軋速度	207
I. 軋軋壓力	213
J. 軋軋扭矩之計算	219
K. 軋軋機電動機動力之計算	222
(2) 各項基本定義	226
(3) 軋軋方法	232
A. 各種軋路之分類	232
B. 各軋路之軋軋方法	233
a. 中塊軋壓軋路	233
b. 斷續軋路	237
c. 修邊軋路	249
d. 切割軋路	249
e. 成形軋路	250
C. 連續軋軋系統	282
3-2 鋼管製造	290
3-2-1 鋼管種類及用途	290
3-2-2 造管工程及其加工原理	292
(1) 無縫鋼管之造管工程	292
A. 錐軋穿孔法	292
a. 錐軋穿孔法	292
b. 塞頭軋軋機法及軋光法	296
c. 心軸軋軋機法	298
d. Assel 軋軋機法	300
e. 凸軸軋軋機法	301
f. Diesber 軋軋機法	302
g. 定寸軋軋機	303

4 目 錄

h . 迴轉式擴徑機	303
B . Ehrhardt 法	305
C . 擠製法	306
(2) 有縫鋼管之造管工程	309
A . 電阻熔接鋼管	309
B . 鍛接管	314
C . 大徑熔接管	317
a . U—O—E 方式	317
b . C,F,E 方式	319
c . 三輥軋彎方式	319
d . 螺旋縫線熔接管	320
3-2-3 鋼管之熱處理	322
(1) 目的	322
(2) 熱處理實例	323
3-3 開模鍛造	325
3-3-1 自由鍛造基本加工法	325
(1) 鍛伸加工	325
(2) 中溫間鍛鍊法	326
(3) 鍛粗加工	326
(4) 展延加工	327
(5) 開槽加工	327
(6) 鍛衝孔加工	328
(7) 鍛孔及擴徑加工	328
(8) 徑縮加工	329
(9) 扭轉加工	329
(10) 框式鍛模鍛造	339
(11) 鍛造變形比率	330
3-3-2 鍛造工程實例	330
(1) 軋輥之鍛製	330
(2) 轉軸之鍛製	332
(3) 中空鍛件之鍛製	332
(4) 圓盤之鍛製	332
(5) 曲軸之鍛製	333
(6) 車輛輪軸之鍛製	335
3-3-3 鍛製後之熱處理	336
(1) 鍛件在鍛造後之冷卻方法	336
(2) 鍛製後之熱處理實例	337
3-3-4 開模鍛造工廠設備佈置	338
3-4 閉模鍛造	339
3-4-1 使用落鍛錘之閉模鍛造	339
(1) 鍛錘模鍛鍛製件之分類	339
(2) 鍛製方式之選擇	342

(3) 鍛錘之閉模鍛造實例	343
A. 主軸直線形之鍛件	343
B. 主軸彎曲之鍛件	347
C. 具有突面及突起之鍛件	349
D. 兩叉鍛件	350
E. 圓形鍛件	352
F. 曲軸之鍛製	354
3-4-2 使用機械壓床之閉模鍛造	362
(1) 機械壓床之模鍛特色	362
A. 加熱方法	362
B. 除銹法	363
C. 延壓鍛鍛法	363
D. 加壓時金屬之擠流特質	364
(2) 壓床模鍛之鍛製件分類	365
(3) 壓床模鍛之鍛造流程	366
(4) 各種鍛製件之壓床模鍛工程及胚料尺寸之計算	367
A. 第Ⅰ-Ⅰ種鍛製件	367
B. 第Ⅰ-2種鍛製件	369
C. 第Ⅰ-3種鍛製件	369
D. 第Ⅱ-Ⅰ種鍛製件	371
E. 第Ⅱ-2種鍛製件	372
F. 第Ⅲ類鍛製件(包括Ⅲ-1及Ⅲ-2)	373
G. 第Ⅳ類鍛製件	374
(5) 壓床模鍛實例	374
3-4-3 摩擦壓機鍛造	394
(1) 鍛製件之分類	394
(2) 摩擦壓機鍛造之特色	394
(3) 鍛模之特色	395
(4) 鍛造成形之例	396
3-4-4 廢邊剪除工程	398
(1) 剪除方式之選擇	398
A. 選擇冷或熱間剪除之條件	398
B. 選擇剪除方式之條件	400
(2) 廢邊剪除用壓床能力之選定	401
(3) 廢邊剪切用模具	404
A. 單一工程式剪切模具	404
B. 級進式剪切用模具	406
C. 組合式剪切用模具	409
3-4-5 閉模鍛造工廠設備佈置	412
3-5 弓形槽輥鍛造	414
3-5-1 輥鍛加工法	414
3-5-2 軋壓道數	414

6 目 錄

3-5-3	胚料尺寸	415
3-5-4	槽穴尺寸	415
3-5-5	軋鍛工程之例	417
3-6	加熱鍛粗鍛造	421
3-6-1	鍛粗機鍛造之原理	421
3-6-2	鍛粗機鍛製件之分類	422
3-6-3	鍛粗機鍛造之特性及其優劣點	422
3-6-4	鍛粗機鍛造工程之說明	425
3-6-5	鍛粗三法則	427
3-6-6	第Ⅰ類鍛製件之鍛造工程	429
	(1) 胚料尺寸之計算	429
	(2) 前或後方定位之選擇及鍛製件之剪斷方法	430
	(3) 鍛粗工程之例	431
3-6-7	第Ⅱ類鍛製件之鍛造工程	436
	(1) 成形工程及其胚料尺寸	436
	(2) 各道工程之形狀及其尺寸	437
	(3) 衝孔道數	438
	(4) 鍛造工程設計之準則	439
	(5) 鍛造工程之例	439
3-6-8	第Ⅲ類鍛製件之鍛造工程	445
	(1) 特性	445
	(2) 鍛造工程之設計	445
3-6-9	第Ⅳ類鍛製件之鍛造工程	447
	(1) 特性	447
	(2) 鍛造工程之設計	447
	(3) 鍛造基本工程例	447
	(4) 鍛造工程之例	449
3-6-10	使用電阻加熱之鍛粗工程	451
3-7	熱間擠製鍛造(其一)(擠製鍛件)	452
3-7-1	擠製法之分類	453
3-7-2	擠製鍛造法之特性及其優劣點	454
3-7-3	擠製工程之選定	456
3-7-4	胚料尺寸	457
3-7-5	模具形狀及尺寸	458
3-7-6	擠製所需壓力	458
3-7-7	擠製工程之例	459
3-8	熱間擠製鍛造(其二)(擠伸長料)	462
3-8-1	擠伸用材料及用途	463
3-8-2	擠伸方法	463
3-8-3	擠伸工程用機械設備及其工具	464
	(1) 加熱爐	464
	(2) 擠伸用機械	464

(3) 擠伸用模具及工具·····	464
3-8-4 擠伸用機械之選定·····	470
(1) 擠伸壓力·····	470
(2) 擠伸速度·····	470
3-8-5 擠伸工程·····	471
(1) 胚料尺寸·····	471
(2) 成形工程·····	472
(3) 潤滑方法·····	473
3-9 環形軋鍛·····	473
3-9-1 環形鍛件種類·····	473
(1) 車輪·····	473
(2) 輪箍·····	473
3-9-2 環形鍛件之鍛製過程·····	473
3-9-3 環形軋鍛設備·····	474
(1) 車輪軋軋機·····	474
(2) 輪箍軋軋機·····	475
3-10 其他特殊鍛造·····	477
3-10-1 Holub 軋軋機鍛造·····	477
(1) 鍛造方法·····	477
(2) 鍛製件及其形狀·····	477
(3) 模具設計·····	478
(4) 鍛造工程·····	478
3-10-2 車軸軋軋機鍛造·····	479
3-10-3 肋管軋製機鍛造·····	479
(1) 鍛製方法及鍛製件·····	480
(2) 鍛製用材料·····	480
(3) 軋軋·····	480
(4) 鍛製工程·····	481
3-10-4 圓球軋製機鍛造·····	481
(1) 軋製方法·····	481
(2) 軋軋·····	482
(3) 鍛造工程·····	483
3-10-5 鑽頭胚料之鍛造·····	483
(1) 以軋軋方法鍛造·····	483
(2) 以推軋方法鍛造·····	484
3-11 鍛造之新技術及塑性加工之將來·····	484
3-11-1 模鍛之新技術及其將來·····	484
3-11-2 擠伸之新技術·····	486
3-11-3 無縫鋼管之新式造管法·····	488
習題·····	488

第四章 特種金屬鍛造

4-1 不銹鋼鍛造·····	490
----------------	-----

8 目 錄

4-1-1	含鉻系不銹鋼	490
4-1-2	含鉻—鎳不銹鋼	491
4-1-3	PH系不銹鋼	492
4-2	耐熱金屬鍛造	493
4-2-1	肥粒鐵系含鉻耐熱鋼	493
4-2-2	沃斯田鐵系含鉻—鎳耐熱鋼	494
4-2-3	含矽—鉻耐熱鋼	494
4-2-4	含錳—鉻耐熱鋼	494
4-2-5	超級耐熱鋼	495
4-3	鋁合金鍛造	496
4-3-1	鋁	496
4-3-2	鋁合金	497
	(1) 耐蝕性合金 (2) 強力合金 (3) 耐熱性合金	
4-4	其他非鐵金屬鍛造	499
4-4-1	銅及銅合金鍛造	500
	(1) 銅 (2) 黃銅 (3) 青銅 (4) 矽銅合金	
	(5) 鋁青銅 (6) 鎳青銅	
4-4-2	鎂及鎂合金鍛造	502
	(1) 鎂 (2) 鎂合金	
4-4-3	鈦及鈦合金鍛造	502
4-4-4	鎳及鎳合金鍛造	502
	(1) 鎳 (2) 鎳銅合金 (3) 鎳鉻合金 (4) 鎳鐵合金	
4-4-5	其他色重金屬鍛造	503
	(1) 鋅 (2) 鉛 (3) 錫	
	習題	504

第五章 冷作成形概論

5-1	冷作成形之意義及方法	505
5-1-1	冷作成形之特點	505
5-1-2	冷作加工之種類	506
5-2	壓床及其輔助設備	506
5-2-1	壓床之種類	506
	(1) 機械式壓床	508
	(2) 液壓式壓床	526
	(3) 氣、電動壓床	526
5-2-2	壓床之手動送料安全設備	527
5-2-3	壓床之自動化設備	529
	(1) 壓床之自動化目的	529
	(2) 自動化設備	530
	(3) 自動化生產線	533
5-3	金屬片成形之壓床選擇	534

5-3-1 壓床種類之選擇	536
(1) 機械壓床	536
(2) 液壓壓床	536
5-3-2 壓床大小之選擇	536
(1) 機械壓床	536
(2) 液壓壓床	537
5-3-3 壓床能力之選擇	537
(1) 公稱能力	538
(2) 能力之選擇	540
A. 機械壓床之能力選擇	540
B. 液壓壓床之能力之選擇	542
5-3-4 壓床精度之選擇	542
(1) 壓床精度之分類	542
(2) 壓床精度之檢查法	543
5-4 金屬片成形之潤滑油選擇及用途	547
5-4-1 使用潤滑油之目的	547
5-4-2 潤滑油種類	549
5-4-3 潤滑油用法	550
(1) 對小型胚料或胚件	550
(2) 對大型胚料或胚件	550
(3) 對極薄胚料	550
(4) 對帶料或板料	550
5-4-4 潤滑油洗淨法	550
5-5 各種成形模具之材料選擇	551
5-5-1 成形模具用鋼料種類	551
5-5-2 成形模具之非鐵金屬材料	554
(1) 塑膠材料	554
(2) 橡皮材料	554
(3) 鋅合金	554
(4) 鋁青銅合金	556
5-5-3 成形模具材料之選擇	556
(1) 一般模具之材料選擇	556
(2) 特殊模具之材料選擇	556
習題	559

第六章 鋼片、鋼帶及鋼板之成形法

6-1 冲胚料(下料)及冲孔	561
6-1-1 剪斷加工	561
(1) 工具	561
(2) 剪斷過程	561
6-1-2 冲胚料(下料)及冲孔	563
(1) 冲頭與冲模間隙	563

10 目 錄

(2) 角間隙	565
(3) 剪斜角	566
(4) 高速冲剪	567
6-1-3 冲剪所需之壓力及工作功量	567
(1) 冲剪壓力	567
(2) 冲剪功量	569
6-1-4 冲頭、冲頭設計	570
(1) 冲頭	570
(2) 冲模	571
6-1-5 胚料裁取法	571
6-1-6 冲胚料時應注意事項	574
6-1-7 冲剪模具之基本結構及其構件	576
(1) 冲頭與冲模	576
(2) 其他主要構件	576
6-1-8 冲剪模具之種類及其構造	584
(1) 冲剪模具之分類	584
(2) 各種模具之構造	584
6-1-9 模具冲剪壓力中心之求法	588
(1) 圖解法	588
(2) 解析法	589
6-1-10 其他特殊冲剪法	589
(1) 光製冲剪法	589
(2) 精密冲剪法	591
(3) 對向冲剪法	593
(4) 上下向冲剪法	593
6-2 壓花及壓印	594
6-2-1 壓花	594
6-2-2 壓印	595
(1) 壓印之概要	595
(2) 壓印所需之壓力	597
6-3 壓床彎摺	597
6-3-1 彎摺概念	597
(1) 中立面與其移動	597
(2) 最小彎曲半徑	598
(3) 彈回	600
6-3-2 胚料之展開長度之計算	603
(1) 中立面基準法之一(彎曲半徑 $R \geq 5t$ 時)	604
(2) 中立面基準法之二($R < 5t$ 時)	605
(3) 外邊長度加算法	606
6-3-3 彎曲壓力計算	607
(1) V字形自由彎曲之壓力	607
(2) V字形對冲彎曲之壓力	608

(3) U字形自由彎曲之壓力	608
(4) U字形對冲彎曲之壓力	609
(5) 單邊彎曲之壓力	609
(6) 兩邊以上之彎曲之壓力	609
6-3-4 彎摺零件之設計	609
(1) 彎曲方向	610
(2) 剪斷面及破斷面與彎曲之關係	610
(3) 彎曲凸緣高度	610
(4) 彎曲線與缺口	611
(5) 彎曲線與孔	612
(6) 彎曲線與加強用肋	612
6-3-5 彎摺模具種類	613
(1) V字形彎曲模具	613
(2) U字形彎曲模具	615
(3) 帽子形彎曲模具	617
(4) 六彎角彎曲模具	618
(5) 上下向彎曲模具	618
(6) 複動彎曲模具	619
(7) 凸輪式彎曲模具	620
(8) 鉸鏈彎曲模具	621
(9) 捲圓管模具	622
(10) 其他彎曲組合模具	624
(11) 級進式彎曲模具	625
6-4 摺床彎摺	625
6-4-1 彎摺床	625
(1) 彎摺床規格	626
(2) 彎摺床之彎摺模具	627
(3) 彎摺床加工程序	631
6-4-2 摺疊機	632
(1) 作動原理	632
(2) 摺疊機	634
6-4-3 正切彎摺機	634
(1) 作動原理	634
(2) 正切彎摺機	635
(3) 彎曲半徑R	635
(4) 正切彎摺機特點	637
6-5 壓床成形	637
6-5-1 壓床抽製	637
(1) 抽製成形概念	637
(2) 板料抽製變形過程	638
(3) 應力與板厚變化	639
(4) 抽製品之胚料尺寸計算	640

12 目 錄

(5) 抽製工程之各項定義	650
(6) 圓筒抽製用模具之設計	652
(7) 有凸緣圓筒容器之抽製	659
(8) 圓筒之其他抽製法	661
(9) 角筒容器之抽製	666
(10) 抽製壓力與壓皺壓力	672
(11) 抽製功量	675
(12) 抽製成形用模具	675
6-5-2 引縮抽製	677
(1) 引縮加工法及其意義	677
(2) 引縮係數	677
(3) 引縮所需壓力及功量	678
6-5-3 圓緣成形	679
(1) 定義	679
(2) 成形法	680
(3) 尺寸規範	680
(4) 圓緣成形所需壓力	680
6-5-4 凸緣成形	681
(1) 伸展凸緣	682
(2) 收縮凸緣	682
(3) 孔凸緣	683
6-5-5 大型零件之成形	687
(1) 成形用模具	687
(2) 成形工程要點	687
(3) 其他零件之成形例	689
6-6 多滑塊機成形	689
6-6-1 設計多滑塊運動之目的	690
6-6-2 兩滑塊機成形	690
(1) 凸輪機動式	690
(2) 曲軸式	691
6-6-3 多滑塊機成形	691
(1) 多滑塊機之用途	691
(2) 多滑塊機之構造	692
(3) 多滑塊機之基本動作	693
(4) 成形加工之例	693
6-6-4 其他多滑塊機	696
6-7 引伸成形	698
6-7-1 引伸成形之意義	698
6-7-2 引伸成形之特色及用途	698
6-7-3 引伸成形之基本形式	698
(1) M-P方式	699
(2) P _A -M-P _B 方式	700