

科學圖書大庫

# 壓鑄技術實務

編著者 林煜昆

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

y zh y sh sh  
壓鑄技術實務

編著者 林煜昆

徐氏基金會出版

財團  
法人

徐氏基金會

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十六年三月十四日三版

## 壓鑄技術實務

基本定價 3.00

編著者 林煜昆 高銘模具公司設計員

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第3033號

出版者 財團法人 徐氏基金會 臺北市郵政信箱13-306號  
郵政劃撥帳戶第00157952號 電話：3615795~8

發行人 呂幻非

承印廠 大原彩色印製有限公司

# 序

對於一個技術工作者而言，資料的蒐集和不斷的自我充實，乃是必要的。筆者從事壓鑄工作數年，有感於國內壓鑄界的朋友們在技術上甚少有相互切磋的機會，以及市面上中文書籍的缺乏，夙有貢獻己力之心志。復經邱錫榮先生以及台全公司老同事們的鼓勵，乃決定將個人之工作心得，配合手邊的技術資料，整理成冊。

本書的內容係以實用為主，分成壓鑄技術及壓鑄模兩大部份。由於筆者大部份從事壓鑄的設計工作，所以本書中在此方面也佔了較多的篇幅。

本書在整理期間，蒙邱錫榮、謝光民、張壯宏、林瑞炘、何啓振諸位先生的指教；吳獻廷先生的日文翻譯，以及陳慶志、曾光明、顏子惠、謝振裕和高銘模具公司同仁們的協助，在此一併致謝！同時也希望壓鑄界的先進們能不吝賜教是盼！

林煜昆 謹識

# 目 錄

## 序

## 第一章 壓鑄概論

- 1-1 壓鑄之定義..... 1
- 1-2 壓鑄之特色..... 1

## 第二章 壓鑄件之設計

- 2-1 壓鑄合金的選擇..... 5
- 2-2 鑄件之拔模斜度..... 5
- 2-3 模梢孔..... 7
- 2-4 平面度公差及加工裕度... 10
- 2-5 壓鑄件之断面變化..... 10
- 2-6 壓鑄件之補強肋..... 11
- 2-7 壓鑄件形狀之設計..... 11
- 2-8 鑄件電鍍性之考慮..... 13
- 2-9 壓鑄件成品圖..... 13

## 第三章 壓鑄機械簡介

- 3-1 壓鑄機之構造分類..... 19
- 3-2 壓鑄機之選擇..... 19
- 3-3 壓鑄機之發展..... 30

## 第四章 壓鑄合金及熔化處理

- 4-1 壓鑄合金之選擇..... 31
- 4-2 鋁合金..... 31

- 4-3 鋅合金..... 34
- 4-4 鎂合金..... 38
- 4-5 銅合金..... 42
- 4-6 鉛合金..... 42
- 4-7 錫合金..... 44
- 4-8 壓鑄合金之應用..... 44
- 4-9 壓鑄合金之熔化處理..... 45

## 第五章 壓鑄原理

- 5-1 概 說..... 57
- 5-2 壓鑄流動原理..... 60
- 5-3 射出條件之選定..... 64

## 第六章 壓鑄件之整緣處理

- 6-1 手搥作業..... 70
- 6-2 衝床作業..... 70
- 6-3 剪邊模之設計及衝床選用 70
- 6-4 鋸床作業..... 73
- 6-5 噴砂處理..... 73
- 6-6 銼刀作業..... 73

## 第七章 壓鑄之品質檢查

- 7-1 鑄件檢查..... 74
- 7-2 鑄件缺陷及其對策..... 75

## 第八章 壓鑄廠之管理

8-1	標準化的實施	80
8-2	壓鑄廠之管理	82

## 第九章 壓鑄模構造

9-1	壓鑄模之種類	87
9-2	壓鑄模構造	88
9-3	壓鑄模之設計要點	95
9-4	分模面之設計	95
9-5	頂出系統	99
9-6	側滑模之設計	102
9-7	壓鑄模設計和壓鑄機之關係	105
9-8	考慮零件加工性之設計	107

## 第十章 壓鑄模受力分析及強度設計

10-1	鎖模力	115
10-2	傾斜梢強度	118
10-3	鎖模塊強度	119
10-4	側滑模拔模力計算	120
10-5	內模強度	121
10-6	外模強度	124
10-7	支承塊強度	126

## 第十一章 流動系統設計

11-1	設計原則	128
11-2	在澆道和澆口部的液流	128
11-3	澆道	133
11-4	澆口	135
11-5	溢流井和排氣道	143
11-6	流動系統設計實例	144
11-7	鉅壓鑄流動系統之設計	161

## 第十二章 壓鑄模之熱量控制

12-1	壓鑄過程之熱現象	175
12-2	壓鑄模內的熱傳導	177
12-3	模具溫度對鑄件品質之影響	178
12-4	壓鑄模的熱平衡	179
12-5	模溫之控制系統	180
12-6	熱量控制器之基本計算	186

## 第十三章 壓鑄模之尺寸分析

13-1	線性尺寸變化	189
13-2	減少收縮變化裕度	190
13-3	模具偏位之尺寸變化	192
13-4	熱變形	194
13-5	鑄件之收縮率	195
13-6	模具尺寸和鑄件嵌入物之關係	200

## 第十四章 壓鑄模材料及熱處理

14-1	壓鑄模材料	201
14-2	熱處理條件	203
14-3	氮化處理	205

## 第十五章 壓鑄模零件

## 第十六章 壓鑄模設計與製圖

16-1	壓鑄模設計與製圖之程序	263
16-2	壓鑄模製圖法與常用記號	263
16-3	壓鑄模設計製圖例	264

附 錄 ..... 281  
參考資料 ..... 308

# 第一章 壓鑄概論

## 1-1 壓鑄之定義

壓鑄就是利用高壓強制將金屬熔液壓入形狀複雜的金屬模內的一種精密鑄造法。在1964年，日本壓鑄協會對於壓鑄定義為“在高溫將熔合金壓入精密鑄模，在短時間內大量生產高精度而鑄面優良的鑄造方式”。美國稱壓鑄為Die Casting，英國則稱壓鑄為Pressure Die Casting，而最為國內一般業者所熟悉的日本，將壓鑄稱為ダイカスト。經由壓鑄法所製造出來的鑄件，則稱為壓鑄件（Die castings）。

## 1-2 壓鑄之特色

壓鑄係一種精密的鑄造方法，經由壓鑄而鑄成的壓鑄件之尺寸公差甚小，表面精度甚高，在大多數的情況下，壓鑄件不需再車削加工即可裝配應用，有螺紋的零件亦可直接鑄出。從一般的照相機件、打字機件、電子計算機件及裝飾品等小零件，以及汽車、機車、飛機等交通工具的複雜零件大多是利用壓鑄法製造的。

### (1) 尺寸精度

壓鑄件之長度尺寸公差（日本壓鑄協會）

#### a. 一般公差

製品長度	鋅合金	鋁合金	鎂合金	銅合金
25 mm以下基本公差	± 0.25	± 0.25	± 0.25	± 0.36
每增 25 mm 應	± 0.04	± 0.05	± 0.05	± 0.08
增加之公差	± 0.025	± 0.025	± 0.025	—



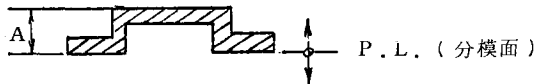
## 2 壓鑄技術實務

### b. 精密公差

製品長度	鋅合金	鋁合金	鎂合金	銅合金
25 mm以下基本公差	$\pm 0.08$	$\pm 0.10$	$\pm 0.10$	$\pm 0.18$
每增25mm應	$\pm 0.025$	$\pm 0.04$	$\pm 0.04$	$\pm 0.05$
增加之公差	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$	—
25mm~300mm				
300mm以上				

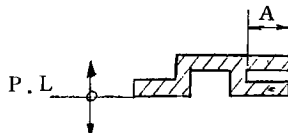
### c. 追加公差

將垂直於分模面方向的尺寸公差，而加於長度公差之公差。



壓鑄件投影面積	鋅合金	鋁合金	鎂合金	銅合金
$320 \text{ cm}^2$ 以下	$\pm 0.10 \text{ mm}$	$\pm 0.13 \text{ mm}$	$\pm 0.13 \text{ mm}$	$\pm 0.13 \text{ mm}$
$320 \text{ cm}^2 \sim 650 \text{ cm}^2$	$\pm 0.15 \text{ mm}$	$\pm 0.20 \text{ mm}$	$\pm 0.20 \text{ mm}$	—
$650 \text{ cm}^2 \sim 1300 \text{ cm}^2$	$\pm 0.20 \text{ mm}$	$\pm 0.30 \text{ mm}$	$\pm 0.30 \text{ mm}$	—
$1300 \text{ cm}^2 \sim 2000 \text{ cm}^2$	$\pm 0.30 \text{ mm}$	$\pm 0.40 \text{ mm}$	$\pm 0.40 \text{ mm}$	—

將活動部的公差而加於長度公差之公差



活動模心之投影面積	鋅合金	鋁合金	鎂合金	銅合金
$65 \text{ cm}^2$ 以下	$\pm 0.10 \text{ mm}$	$\pm 0.13 \text{ mm}$	$\pm 0.13 \text{ mm}$	$\pm 0.25 \text{ mm}$
$65 \text{ cm}^2 \sim 130 \text{ cm}^2$	$\pm 0.15 \text{ mm}$	$\pm 0.20 \text{ mm}$	$\pm 0.20 \text{ mm}$	—
$130 \text{ cm}^2 \sim 320 \text{ cm}^2$	$\pm 0.20 \text{ mm}$	$\pm 0.30 \text{ mm}$	$\pm 0.30 \text{ mm}$	—
$320 \text{ cm}^2 \sim 650 \text{ cm}^2$	$\pm 0.30 \text{ mm}$	$\pm 0.40 \text{ mm}$	$\pm 0.40 \text{ mm}$	—

## (2) 鑄件表面

壓鑄件的表面平滑度取決於壓鑄模表面之光製程度，一般而言，其表面粗度約為  $12\ \mu\text{s} \sim 25\ \mu\text{s}$  ( $\mu$ )。但是不適當的壓鑄條件，亦會影響表面之美觀。

## (3) 壓鑄件的強度及組織

壓鑄件由於在急冷高壓下凝固，是故其結晶粒度甚小（約  $0.013\ \text{mm}$ ）。壓鑄件之強度亦比利用其他鑄造方法所製造之鑄件佳。同時，壓鑄件的厚度可以製成比砂模、金屬模鑄件更薄，減輕成本。也許有人認為鑄件的厚度愈厚，則強度愈佳，但是就壓鑄件而言，壁厚大時，鑄件內部易生多孔性（porosity）壁厚較大之處亦易生縮孔。

壓鑄件的最小壁厚 單位：mm

鑄件表面積	Sn, Pb, Zn	Al, Mg	Cu
$25\ \text{cm}^2$ 以下	0.6 ~ 1.0	0.8 ~ 1.2	1.5 ~ 2.0
$25 \sim 100\ \text{cm}^2$	1.0 ~ 1.5	1.2 ~ 1.8	2.0 ~ 2.5
$100 \sim 500\ \text{cm}^2$	1.5 ~ 2.0	1.8 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0
$500\ \text{cm}^2$ 以上	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0	3.0 ~ 4.0

（註：在外國的鋅壓鑄件之壁厚會有小至  $0.25\ \text{mm}$  者）

## (4) 可大量生產，節省成本

由於壓鑄模係利用高級耐熱鋼製成，模具壽命甚長。同時，因為冷卻速度快，節省了每一鑄造週期（壓鑄機操作一個射次）所需之時間。且壓鑄件的加工裕度較小，節省了材料及加工成本。是故，壓鑄法是目前最經濟的鑄造方法。

雖然壓鑄法有上述的優點，但亦有下列缺點：

## (1) 壓鑄合金受限制

目前的壓鑄合金只有鋅、錫、鉛、銅、鎂、鋁等六種，其中以銅合金的熔點最高。最近亦有鑄鐵壓鑄的報告，但為了經濟上的因素，仍須研究有關之材質，模具材料及作業方法等。

## (2) 設備費用昂貴

壓鑄生產所需之設備諸如壓鑄機、熔化爐、保溫爐及壓鑄模等費用都相當的昂貴。

## (3) 鑄件之氣密性差

由於熔液經高速充填至壓鑄模內時，會產生亂流之現象，局部形成氣孔

#### 4. 壓鑄技術實務

或收縮孔，影響鑄件之耐氣密性。目前有一種含浸處理的方法，可以用來改善耐氣密性。

## 第二章 壓鑄件之設計

壓鑄件的設計原則，就是要符合“價廉物美”的要求。一個勝任的成品設計人員，必須對壓鑄技術有相當程度的瞭解，才能設計出良好的鑄件來。

### 2-1 壓鑄合金的選擇

設計壓鑄件時，應就鑄件本身必須具備的機械強度及物理特性，選擇適當的合金材料。表 2-1 所示為國內目前最常用的幾種合金之性質。（請參閱第 4 章）

表 2-1 壓鑄用合金性質表

合金種類 記號 性質	鋁 合 金						鋅 合 金	
	一般用			特殊用			一般用	特殊用
	ADC 1	ADC 10	ADC 12	ADC 3	ADC 5	ADC 7	ZDC 2	ZDC 1
抗拉強度 Kg / mm <sup>2</sup>	(29.5) 24.5	(33.0) 30.2	(33.7) 30.2	(32.3) 30.1	(31.6) 28.8	(23.2) 21.0	(29) 25	(33) 28
降伏強度 Kg / mm <sup>2</sup>	(13.4) 14.8	(16.2) 17.6	(17.0) 19.0	(17.0) 17.6	(19.5) 19.0	11.2	—	—
伸 度 %	(3.5) 1.8	(3.5) 2.0	(2.5) 2.0	(3.5) 3.0	(5) 7.5	5.0	(10) 10	(7) 5
剪斷強度 Kg / mm <sup>2</sup>	(17.5) 17.6	(19.0) 19.7	(20.0) 19.7	(18.0) 19.0	(20.0) 19.7	13.4	—	—
疲勞強度 Kg / mm <sup>2</sup>	(13.4) 13.4	(14.1) 13.4	(14.1) 13.4	(12.7) 13.4	(14.1) 16.2	12.0	—	—
比 重	2.65	2.71	2.70	2.63	2.57	2.65	6.6	6.7
熔 點 °C	580	590	580	600	620	630	386.6	386.1
熱傳導率 CGS	0.29	0.23	0.23	0.27	0.23	0.34	—	—
熱膨脹係數(度 <sup>-1</sup> ) (20 ~ 200°C)	21.4 × 10 <sup>-6</sup>	21.8 × 10 <sup>-6</sup>	21.0 × 10 <sup>-6</sup>	22.0 × 10 <sup>-6</sup>	25.0 × 10 <sup>-6</sup>	23.2 × 10 <sup>-6</sup>	27.4 × 10 <sup>-6</sup>	27.4 × 10 <sup>-6</sup>

註：( ) 之值係 A S T M 之數值。

### 2-2 鑄件之拔模斜度

圖 2-1 所示者，乃鑄件內壁之斜度，外壁之拔模斜度等於其值之二分之一。圖 2-2 則為模梢孔之拔模斜度。

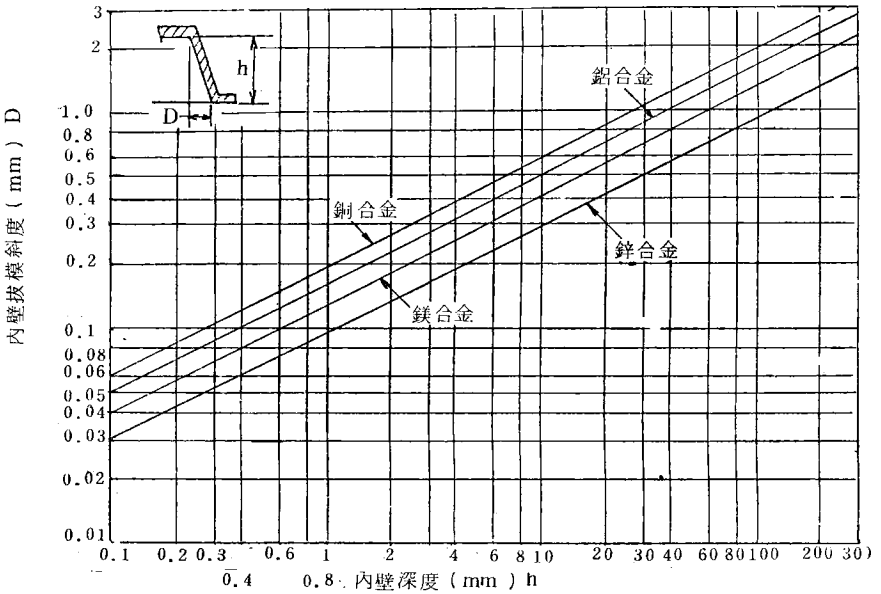


圖 2-1

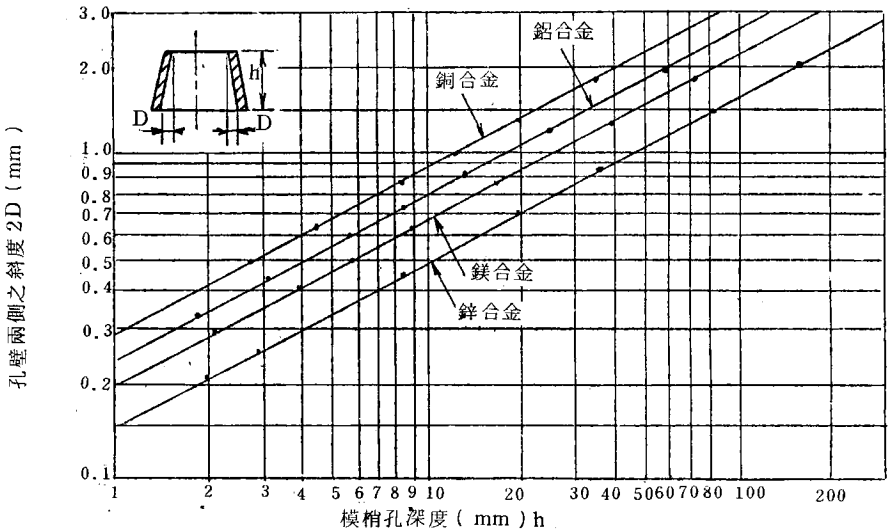


圖 2-2

### 2-3 模梢孔

模梢孔，顧名思義就是鑄件中由模梢 (Core pin) 所鑄成之孔。表 2-2 為孔的深度限度，而孔的標準深度如表 2-3 示。此外，有些鑄件的孔，係準備用於攻螺牙，其模梢孔如表 2-4 a 和 b

表 2-2 孔之深度限度

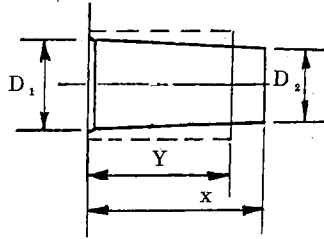
合金	孔之直徑 (mm)								
	3	4	5	7	10	13	16	20	25
	最大深度 單位：倍								
鋅合金 <sup>(1)</sup>	3	3.5	4	4	4	4	5	6	6
鋁合金 <sup>(1)</sup>	2.5	3	3.5	4	4	4	5	6	6
鎂合金 <sup>(1)</sup>	2.5	3	3.5	4	4	4	5	6	6
銅合金	—	—	—	2	2.5	2.5	3	4	5

<sup>(1)</sup> 模梢孔之直徑大於 25 mm 時，直徑和深度之比為 1 : 6

表 2-3 孔之標準深度

合金	孔之直徑								
	3	4	5	7	10	13	16	20	25
	最大深度 單位：倍								
鋅合金	2	2	2	3	3	3	3.5	3.5	4
鋁合金	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3
鎂合金	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3

表 2-4 鑄件攻牙用預留孔



(a) 公制牙孔 ( 鋁、鋅、鎂合金用 )

單位：mm

公稱螺紋	大徑	小徑	最大牙深	最大孔深
	$D_1$ (2)	$D_2$ (2)	$y$	$x$
( M 3.5 )	3.1	3.0	4	6
M 4 (1)	3.5	3.3	7	9
( M 4.5 )	4.0	3.8	9	11
M 5	4.5	4.3	10	13
M 6	5.3	5.1	12	15
M 8	7.2	6.9	16	20
M 10	9.0	8.7	20	24
M 12	10.9	10.6	24	29
( M 14 )	12.7	12.3	28	33
M 16	14.7	14.3	32	37
( M 18 )	16.4	15.9	36	42
M 20	18.4	17.9	40	47
( M 22 )	20.4	19.8	44	51
M 24	22.1	21.5	48	56

註：(1)鋁及鎂合金鑄件適用之最小尺寸

(2)直徑 10 mm 以下，公差為  $\pm 0.05$  mm；直徑 10 mm 以上之公差  $\pm 0.08$  mm。

## b) 英制牙孔

( 鋁壓鑄件適用 ADCI - E8 - 61 ) 單位：吋

攻牙尺寸	大徑 $D_1^{(1)}$	小徑 $D_2^{(1)}$	最大牙深 $y$	最大孔深 $x$
0.164 8 - 36 NF	0.142	0.134	0.321	0.390
0.164 8 - 32 NC	0.140	0.133	0.307	0.385
0.190 10 - 32 NF	0.165	0.159	0.380	0.458
0.190 10 - 24 NC	0.158	0.150	0.380	0.482
0.216 12 - 28 NF	0.188	0.181	0.432	0.519
0.216 12 - 24 NC	0.184	0.176	0.432	0.534
¼ - 28 NF	0.222	0.215	0.500	0.587
¼ - 20 NC	0.211	0.201	0.500	0.625
⅜ - 24 NF	0.280	0.272	0.625	0.727
⅜ - 18 NC	0.269	0.259	0.625	0.762
⅝ - 24 NF	0.343	0.334	0.750	0.852
⅝ - 16 NC	0.326	0.314	0.750	0.906
⅞ - 20 NF	0.398	0.388	0.875	1.000
⅞ - 14 NC	0.382	0.368	0.875	1.053
1½ - 20 NF	0.461	0.451	1.000	1.125
1½ - 13 NC	0.440	0.425	1.000	1.192
1⅞ - 18 NF	0.519	0.508	1.125	1.262
1⅞ - 12 NC	0.497	0.481	1.125	1.333
2⅛ - 18 NF	0.582	0.571	1.250	1.387
2⅛ - 11 NC	0.554	0.536	1.250	1.497
2¼ - 16 NF	0.701	0.689	1.500	1.656
2¼ - 10 NC	0.672	0.652	1.500	1.750
2⅝ - 14 NF	0.819	0.804	1.750	1.928
2⅝ - 9 NC	0.789	0.767	1.750	2.027
1 - 14 NF	0.944	0.929	2.000	2.178
1 - 8 NC	0.903	0.878	2.000	2.312

(1) 直徑小於 ( 或等於 ) ⅜ in. 公差 ± 0.002 in ; 大於 ⅜ in. 公差 ± 0.003 in.



### 2-4 平面度公差及加工裕度

壓鑄件的平面度公差如表 2-5 示。其加工裕度一般為 0.25 ~ 0.80 mm，但有時視情況需要，亦得追加平面度公差。

表 2 - 5

單位：mm

壓鑄件尺寸	平面度公差
75 mm 以下	0.20
75 mm 以上每 25 mm 追加	0.08

例)：若鑄件尺寸為 125 mm 時，則  $(125 - 75) \div 25 = 2$

所以其平面度公差 =  $0.20 + (0.08) \times 2 = 0.36$  (mm)

### 2-5 壓鑄件之斷面變化

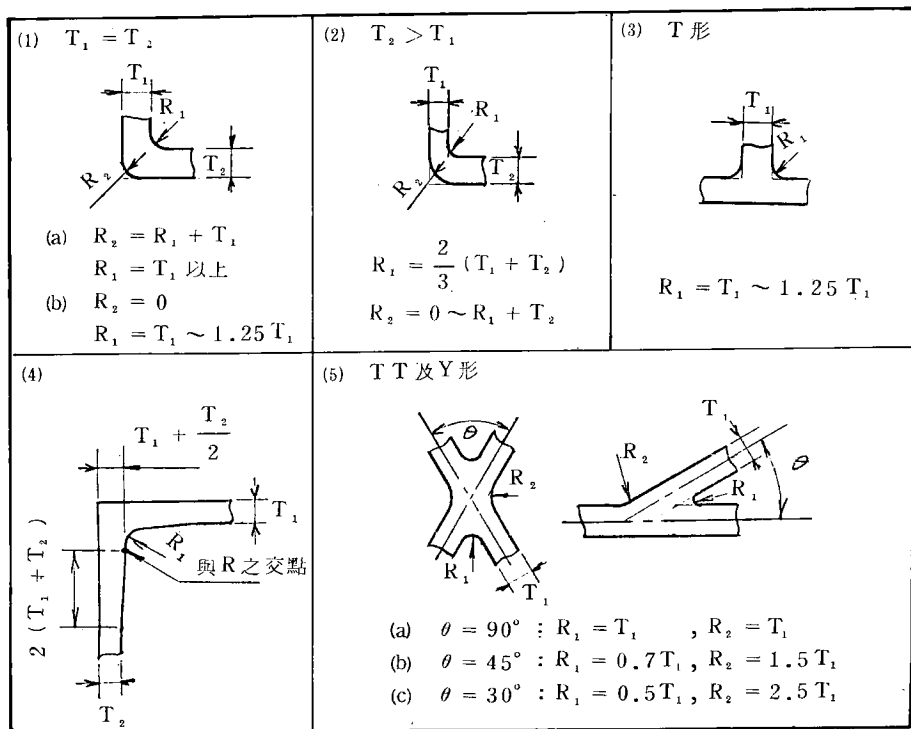


圖 2 - 3