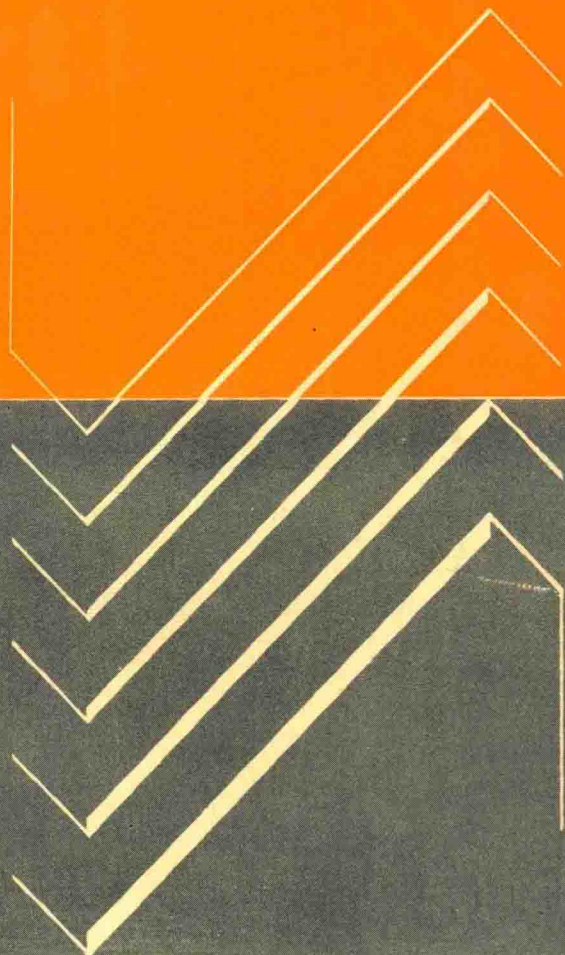


科技用書

旋彎塑性成形

**Automatic
Spinning
Operation**

日本塑性加工学会 編



賴耿陽譯著

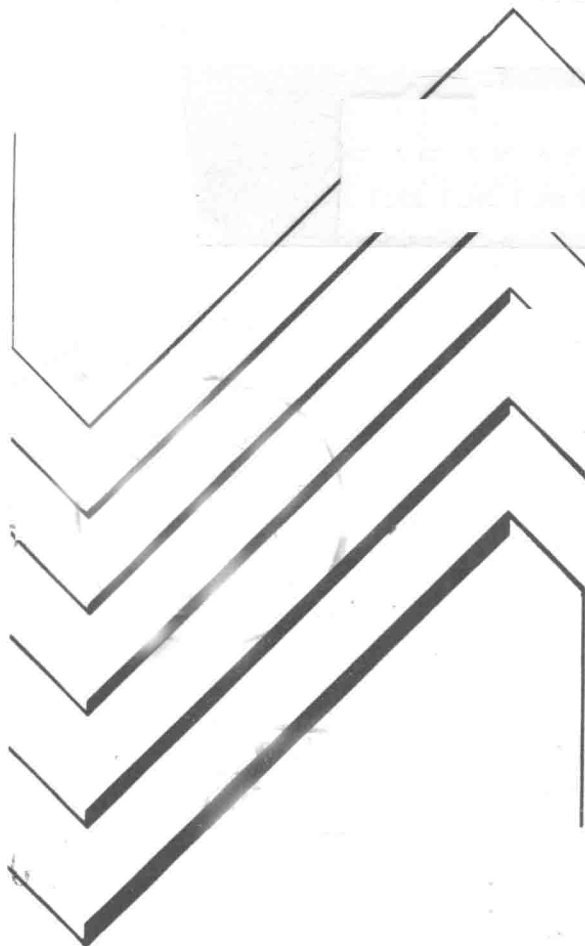
復漢出版社印行

科技用書

旋彎塑性成形

**Automatic
Spinning
Operation**

日本塑性加工学会 編



賴耿陽譯著

復漢出版社印行

中華民國七十三年十一月一日出版

旋彎塑性成形

原著者：日本塑性加工学会

譯著者：賴 耿

出版者：復 漢 出 版 社 陽

地址：台南市德光街六五——號

郵政劃撥三一五九——號

發行人：沈 岳 林

印刷者：國 發 印 刷 廠

版權所有
翻印必究

B 平裝 一七〇元
精裝 二一〇元

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

序

旋彎成形 (Spinning) 是從板材或管材作成各種形狀之旋轉對稱製品的獨特塑性加工法。近年由於加工技術和加工機械的進步，廣用於一般機械工業、汽車產業、化學工業、太空航空產業、原子能產業等各種機械零件或製品的製造，在多種少量製品的生產合理化或降低成本的立場，增高其評價。

日本塑性加工學會在十年前成立旋彎成形分科會，本書就此十年來的成果，以與旋彎成形有直接、間接關係的技術者，欲利用它的技術者，管理者為對象而編集，內容從加工技術的基本事項到實際的加工事例，經濟性，依技術課題別整理。也附錄日本旋彎成形機械的特色或詳細規範，供一般技術者方便利用。特別是加工技術的所有事項都在分科會討論過，並非引用其他文獻或假定。加工事例為實際上市的機械零件、製品，在試用類似形狀、尺寸、材質時或稍有不同的應用零件時，應是寶貴的資料，以往並無公開此種詳細加工條件的刊物，本書充分發揮學會分科會的特色，價值甚高。

旋彎成形機械分為泛用機與專用機，有連製品的裝卸都自動化的傾向，也開始NC化，在此狀況下，積極利用本書介紹的體系化加工技術，使旋彎成形在產業界更普及，才是筆者真正的貢獻。

日文版 1984 年 6 月 15 日出版

中文版 1984 年 8 月 22 日完稿

譯者 賴 耿 陽

成大、工程科學系人

目 錄

第 1 章 旋彎成形加工技術概要	1
1.1 旋彎成形加工技術的進展	1
1.2 旋彎成形加工製品	2
1.3 旋彎成形加工方法的分類	6
第 2 章 旋彎成形自動機械	11
2.1 一般目的的旋彎成形自動機械	11
2.1.1 橫型機械的主要構成與機能	11
2.1.2 附屬裝置與其機能	15
2.1.3 縱型旋彎成形機械	16
2.2 專用目的的旋彎成形自動機械	16
2.2.1 專用機化的傾向	16
2.2.2 管材的旋轉引縮加工專用機	17
2.2.3 管端加工用旋彎成形專用機	18
2.2.4 端板製造的凸緣整形機械	18
2.3 日本的旋彎成形自動機械	19
第 3 章 旋彎成形加工技術的經濟性	21
3.1 從經濟性看旋彎成形	21
3.2 把傳統法改爲旋彎成形的實例	23
第 4 章 旋彎成形的基本加工法	25
4.1 壓拉旋彎成形的加工技術	26
4.1.1 單純壓拉旋彎成形的加工技術	26
4.1.2 多循環壓拉旋彎成形的加工技術	29

4.2 引縮旋彎成形的加工技術	40
4.2.1 素材設計	40
4.2.2 引縮旋彎成形加工條件的選定	42
4.3 旋轉引縮加工的加工技術	53
4.3.1 加工的基本事項	53
4.3.2 滾子形狀的選定	55
4.3.3 滾子進給速度的選定	56
4.3.4 滾子各趟進度的決定	58

第5章 旋彎成形的加工事例

5.1 加工事例記載上的記號或順序	60
5.2 各種加工事例	61

第6章 旋彎成形常用的材料與特性

6.1 鋁與其合金板	122
6.1.1 公稱	122
6.1.2 一般性質	123
6.1.3 調質	124
6.1.4 選擇指針	125
6.2 軟鋼板	126
6.2.1 鋼板的種類與製造法	126
6.2.2 軟鋼板的金屬學性質與機械性特性	126
6.2.3 軟鋼板的旋彎成形性	128
6.3 不銹鋼板	130
6.3.1 不銹鋼板的金屬學性質與機械性特性	130
6.3.2 不銹鋼板的旋彎成形性	132
6.4 一般材料的成形性	132

第7章 旋彎成形的加工秘訣

7.1 有關加工技術的事項 (A~N)	134
7.2 加工工具 (O~Q)	146

7.3	素材 (R~T)	147
7.4	加工材料 (U~X)	149
7.5	附屬加工 (Y~Z)	151

第8章 數值控制旋彎成形自動機械的動向... 154

8.1	數值控制旋彎成形技術的概要	154
8.2	機械構造的特色	154
8.3	NC, CNC 方式的加工資料輸入法	155
8.3.1	利用數位化裝置輸入滾子各趟資料	156
8.3.2	用曲綫模型輸入滾子路綫資料	157
8.4	利用 A/D 變換方式的旋彎成形	157
8.5	數值控制旋彎成形技術的課題	158
8.6	附錄 1 日本自動旋彎成形機械 (標準機械) 的規範例 引縮旋彎成形	159
8.7	附錄 2 旋彎成形用語例	162

第 1 章 旋彎成形加工技術概要

1.1 旋彎成形加工技術的進展

把金屬圓板中心部安裝於旋盤（轆轤），以棒狀工具壓按其表面，再三觸整，逐次少量變形，作成圓筒或圓錐形等必要形狀的製品。棒狀工具靠人手移動，需要高度熟練與激烈的肉體勞動，此加工技術長期以來在特定的工匠間相傳，未流傳於一般技術者，現幾已失傳，但仍用於輕金屬薄板製家庭用器具、美術工藝品或一部份機械、電氣零件等的加工。

但是，由於這種傳統的技術不易學，參與的技術者少，而且人力辦不到的範圍之製品或製造機械零件時，開始利用旋彎成形（Spinning）技術。也因需要量急速增大，漸改用近代化的自動旋彎成形機械，結果，作業者不需特別熟練，也不用體力，以往不可能旋彎成形的厚肉或尺寸大的製品也可加工。

自動旋彎成形機械顯著進步、普及，加工技術也進展，漸體系化。老式技術不是考慮材料特性而瞭解加工，由手感覺材料的延性而反映到製品，所以並非人人都能操作機械。自動機械的加工技術把棒狀工具改為滾子（roll），以數量表示其運動，以便傳授一般技術者。自動機械除了旋彎成形加工之外，附帶的各種加工也能以 1 工程處理。為滿足要求，依加工的製品尺寸或材質而製造各種形式的機械，已成工作母機之一，近年由於微電腦的普及，可發展為數值控制的自動旋彎成形機械。

例如從 1 張不銹鋼圓板製造圖 1.1 所示形狀的製品時，問卷調查技術者可能採用的條件與加工時間，得表 1.1 的結果，有 * 的公司可能是用老式工作法製造。加工時間極長，準備的素材直徑也大於其他公司。其他可能採用自動旋彎成形機械的 6 公司加工時間與素材直徑差不多，不過，素材的轉速、滾子直徑相差不小，這表示只要把握最影響加工的加工條件，其他因子的選定頗有彈性（詳 5 章）。

1.2 旋彎成形加工製品

由於自動旋彎成形機械的出現，多種多樣的製品，機械零件適用旋彎成形製造，不是要取代壓造，但很可取代鍛造、鑄造或切削，甚至配合它們形成複合作業。

汽車零件之類連續需要大量時，旋彎成形機械常專用化，不過一般是對應於多品種的多目的生產，表 1.2 為日本的部份調查例，每月生產 3,000 個以下者占 70%，為極少量生產，但 3,000 個以上占 30%，月產 10,000 個以上有 5 例，數量上不亞於其他塑性加工。10,000 個以上的生產例有輪圈、壓力鋼瓶等，專用機的色彩很濃。適合多品種生產的理由是能形成極多種形狀（包括複雜的形狀），適用於廣範圍的製品尺寸

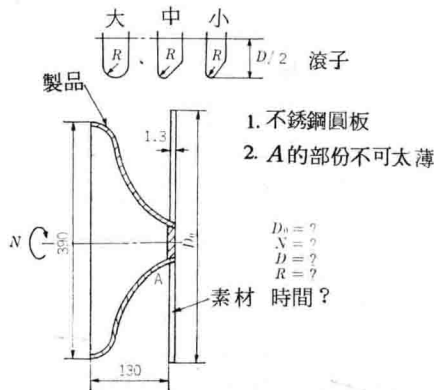


圖 1.1 旋彎成形製品的製作調查例

表 1.1 加工圖 1.1 時的加工條件與加工時間

摘要 公司別	素材直徑 (mm)	素材轉速 (rpm)	滾子形狀 (R_1, R_2 為圓角半徑 mm)	滾子直徑 mm	加工時間 分, 秒
A	410	900	小, 4	80	1分20秒
B*	490	250	中	60	25分
C	420	600	中	155	2分
D*	500	464(294)	中	200	30分
E*	440	450	$R_1 200, R_2 8$	240	18分
F	390	800	$R_1 150, R_2 6$	200	1分30秒
G	420	390	$R 10$	280	1分30秒
H	406	600	$R 6.5$	180	50秒
I	430	300	大	200	3分

(大小、板厚)，而且大部份金屬材料都能成形。

製品的基本形狀可分為圓筒、圓錐、外凸、外凹、管、階形、整口等，考慮其組合，可得圖 1.2 的各種形狀。大部份形狀為旋彎成形所特有。若加上它們的組合，應可適用於所有形狀的製品或機械零件，表 1.3 為形狀的調查結果。

表 1.2 1 個月生產個數的調查結果

生產個數〔個〕	件 數	比 率〔%〕
10	4	3.7
50	14	13.1
100	6	5.6
300	24	22.4
500	17	15.9
1,000	11	10.3
3,000	16	15.0
10,000	10	9.3
10,000 以上	5	4.7
合 計	107	100.0

表 1.3 旋彎成形製品形狀分類的調查結果

形 狀 種 類	件 數	比 率〔%〕
圓 錐 形 狀 ⁽¹⁾	73	34.3
圓 錐 形 狀 ⁽²⁾	58	27.2
連 底 圓 筒 狀 ⁽³⁾	56	26.3
管 形 狀 ⁽³⁾	25	11.7
其 他 ⁽³⁾	1	0.5
合 計	213	100.0

(1) 包括獎杯形狀。

(2) 包括端板

(3) 特種加工的滑輪

製品尺寸由自動機械的尺寸或性能支配，不過，依機械的旋徑和動力，這也可廣範圍選定。從製品調查來判斷，直材直徑以 200~400mm 最多，600 mm 以內占全體的 85%。大者也達 1600 mm 以上，端板的巨

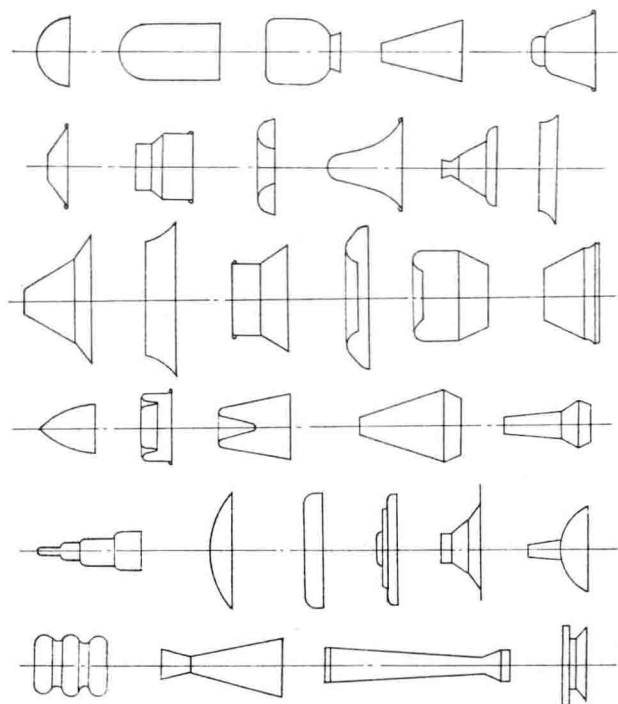


圖 1.2 旋彎成形製品的形狀例

大尺寸也可用旋彎成形法作成。板厚的增大也有各種對策，也適用於不能壓造的厚度，甚至稱為旋彎鍛造（spin forging）。但是，一般而言，板材 2mm 以內的使用例占 80 %。

可旋彎成形多種金屬材料表示適合多品種加工，如第 5 章所述，一般為鋁、碳鋼、不銹鋼，但也包括屬於特殊材料的難加工材。表 1.4 中，碳鋼、不銹鋼所占比率高，達 56% 強，成為製造機械零件的要角。其他材料包括銀、馬口鐵、permalloy、hastelloy 等鍍合金、鐵合金等，特殊材料本就不會大量生產，很適用缺乏量產性的旋彎成形。即使變形阻力高、延性低，也可因使用適正的加工條件而大幅控制支配加工界限的因子，完成製品。選定工具形狀或工具移動速度或素材轉速等加工

表 1.4 旋彎成形製品使用材料的調查結果

材 料 種 類	件 數 (X)	比 率 (%)
碳 鋼	75	33.3
不 銹 鋼	56	24.9
黃 銅	52	23.1
其 他 ⁽¹⁾	17	7.6
	14	6.2
	11	4.9
合 計	225 ⁽²⁾	100.0

(1) 包括銀、馬口鐵、hastelloy、permalloy

(2) 包括同一製品而材料不同者

條件，可支配製品強度或精度，這增廣旋彎成形對多品種的適應性。

表 1.5 是製品種類的日本全國調查例，約 4 成屬於機械零件，機械零件中也包括容器類，自動機械今後會增加用於轉子蓋、固定用管、伸縮管、漏斗、離心分離器、馬達端蓋、牙科用醫療機器、空調用機器、送風器鐘口、油壓用器具、引擎零件、輪蓋、混凝土攪拌機用鼓筒、樁、減音器、各種噴嘴、襯套、蓄壓器、各種漸縮管、V 槽輪、汽車零件、飛機零件等。

表 1.5 旋彎成形製品種類的調查結果

製 品 種 類	件 數	比 率 (%)
機 械 零 件	78	37.1
照 明 器 具	36	17.1
家 庭 用 品 (雜 器)	31	14.8
壓 力 容 器	26	12.4
通 信 機 (含 音 響)	13	6.2
理 化 學 器 機	6	2.9
計 器 零 件	4	1.9
樂 器 器 他	3	1.4
其 他 (裝 璜 、 雜 貨)	13	6.2
合 計	210	100.0

照明器具的形狀為旋彎成形的代表性製品，多種形狀、尺寸的內容有燈室、燈罩、吊燈基部、探照燈、反射板、投光器、庭園燈、水銀燈、反射笠、頭燈體、新幹線用燈、吊燈等，占全體的 17.1%。

家庭用雜品早就用老式方法生產，在表 1.5 中占約 15%，包括鍋類、碗、洗臉器、琺瑯罐、小茶壺、鋁鍋、鉗子架、花盆、湯容器，此外包括廚房器具、餵耳器等。

各種形狀的端板製造可用旋彎成形，壓力容器藉旋彎成形封密管端，製成鋼瓶。並附帶管體的凸出加工、凸緣折曲加工、外套類等的加工。

包括揚聲器等音響零件的通信機零件也有適用例，大至數公司的拋物面天線，直徑約 2m 的放電燈。也有電子顯微鏡零件、漏斗、試管、維他命管等理化學機器、計測、計器類等。樂器類——例如打擊樂器或喇叭口也以旋彎成形製造。另有複雜形狀者，不好命名的各種製品、機械零件、裝璜、雜貨等旋彎成形加工製品。第 5 章的事例成調查對象，為實際製造的製品例。

1.3 旋彎成形加工方法的分類

旋彎成形是把素材安裝於成形槽，使之旋轉，以滾子等壓按，成形所需形狀。

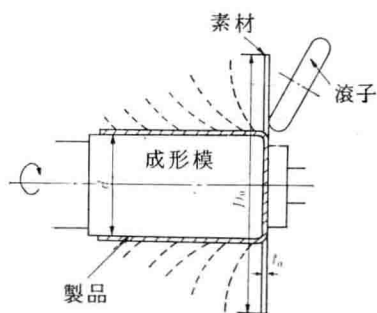


圖 1.3 壓拉旋彎成形

如圖 1.2 所示，製品形狀不一，最好以效率最高的方法製造，素材可用板材、管材、衝床、鍛造、鑄造及切削預成形的半製品，配合各種滾子運行法而加工，一般可分類的加工方法有壓於旋彎成形、引縮旋彎成形、旋轉引縮加工、勒縮、凸出、整緣、卷曲、burring（光口）、表面擦光等。前二者是從板材或半製品作成旋彎成形特有形狀

的重要加工方法，其餘常用於管材或半製品的加工。

(1) 壓拉旋彎成形 如圖 1.3 所示把一圓板安裝於成形模，旋轉主軸，壓按滾子，沿成形模成形，若一舉成形，板會起繃或破斷而不能成形

，故如虛線所示，滾子往復數次，徐徐加工而得最終形狀，此方法稱為多循環壓拉旋彎成形，素材的直徑 D_0 與製品直徑 d 之比 D_0/d （壓拉比），素材直徑 D_0 與板厚 t_0 之比 D_0/t_0 愈大時愈難加工。

(2) 引縮旋彎成形 如圖 1.4 所示，滾子 1 趟就從素材板成形圓錐體，因素材外周不變，製品的壁厚減薄為原板厚 t_0 的 $\sin \alpha$ 倍，因壁厚被引縮，故稱引縮旋彎成形， α 的角度取為 $12^\circ \sim 18^\circ$ 。即使製品形狀不是圓錐體，只要外周不變即可，素材不必是圓形，加工時間短，加工精度高。

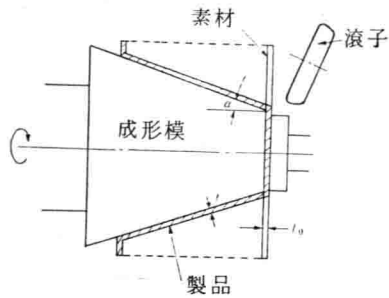


圖 1.4 引縮旋彎成形

(3) 旋轉引縮加工 如圖 1.5 所示，把圓筒形素材、管材等壁厚以滾子減薄引縮而增長。壓造、切削無法加工的薄壁長圓筒也容易加工，加工精度也高。

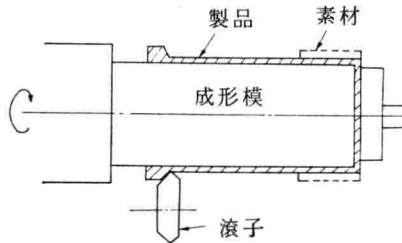


圖 1.5 旋轉引縮加工

(4) 勒縮 如圖 1.6 所示，勒縮管材或圓筒形狀素材的端部或中間部，減小該部份的直徑。通常與壓拉旋彎成形同樣，沿素材軸方向移動滾子，依序勒縮素材而得最終形狀。

(5) 凸出 滾子從內測壓按直徑較大的管狀材或圓錐體等而擴大，圖 1.7 是滾子壓按於外模，擴大圓錐體的加工例，材料受拉伸變形，無法像壓拉旋彎成形那樣大變形。管材直徑小時，滾子進不了素材內側，利用範圍有限。如圖 1.8 (a) 所示，增大管端一部份的直徑也稱為凸出或擴管，如圖 (b) 所示，擴大管端形成凸緣 (flange) 的作業也用旋彎成形，稱為紳士帽緣 (flaring)。它們是管狀材藉拉伸變形加工，與圖

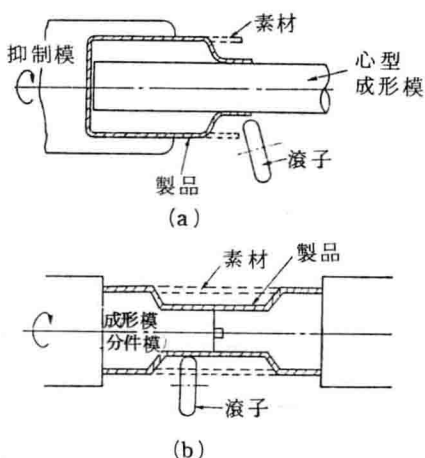


圖 1.6 勒縮

1.6 以壓縮變形為主體的勒縮成對比。

(6) 整緣 壓拉旋彎成形後的製品端部常不整齊，須加修正，或切斷製品不必要的底部，都是切掉製品端部的加工方法，如圖 1.9(a) 所示，以 2 雙滾子或如 (b) 所示以 1 個整緣滾子，或如 (c) 以整緣車刀修整凸緣。一般而言，薄板以整緣滾子，厚板以整緣滾子，厚板以整緣車刀切削。

(7) 卷曲 為製品的補強或美觀而把製品端部弄圓。如圖 1.10 所示，把外周有圓溝的卷曲滾子壓按於製品外緣而成形。有時以無溝的平棍把卷曲者壓潰成平形（圖 (b)）。

(8) 其他加工方法 若用旋彎成形滾子，可對旋轉的素材附加各種形狀，可依必要進行各種加工。圖 1.11 是藉滾子擴大預先壓穿的基孔，把內測折曲（burring）。圖 1.12 是為減小製品角隅部的圓角，作成圓角小的滾子，壓按於壓拉旋彎成形的半製品，或所定圓角的製品——成角加工。壓拉旋彎成形不能用圓角半徑太小的滾子，不易形成角部。此外，在製品的一部份形成凸脹而賦予強度，或施行 beading 改善外觀，或改善製品的表面光製等將第 5 章的事例中介紹。

製品形狀如圖 1.3 所示常以成形模規定，不過，成形模增大而不經濟時，不用整體模，藉滾子的形狀和移動決定製品形狀，這常用於端板

的製品，稱 flanging (圖 2.14) 等。

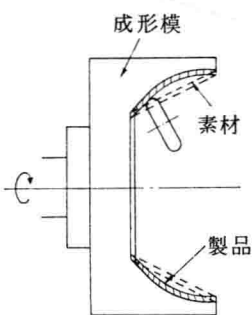


圖 1.7 凸出

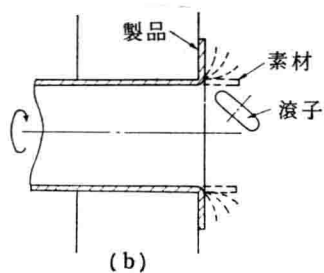
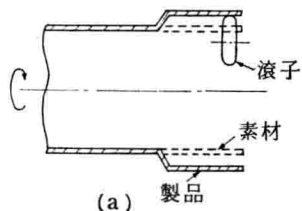


圖 1.8 (a) 擴管 (b) 紳士帽緣

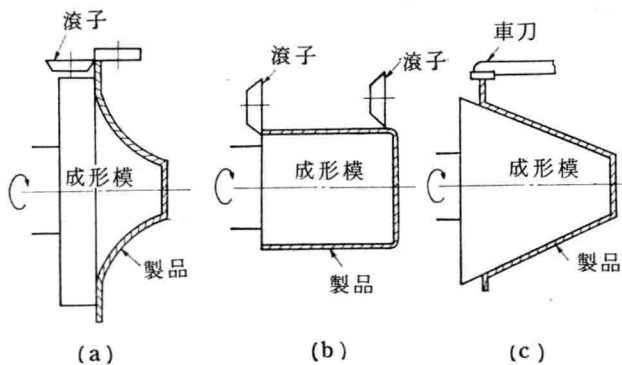


圖 1.9 整緣

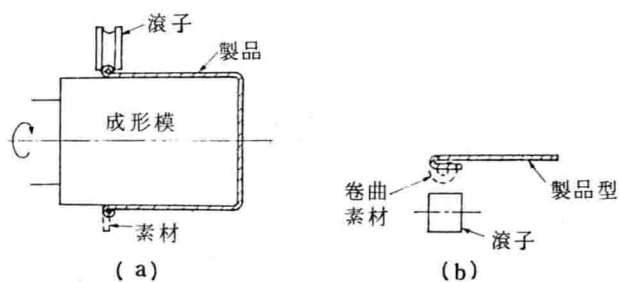


圖 1.10 (a) 卷曲 (b) 平緣

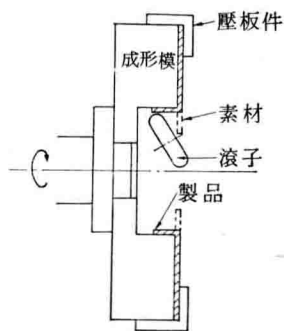
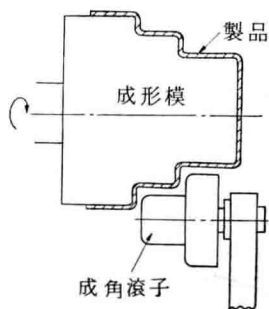
圖 1.11 *burring*

圖 1.12 成角加工