

## 第十二章 衝壓工作與衝壓床

一般用於冷加工及一部份用於熱加工的機器，皆可稱之為壓床（Press）。這種機器具有一機架，其上裝置有床檯、衝壓柱（Ram）動力設備、驅動衝壓柱運動的機構，以及為某種衝壓工作而設計的衝模（Dies）及衝頭（Punches）。其中，衝模與衝頭為完成造形、燙平、衝孔、下料、開槽與其他工作項目所需要的工具。

衝床的設計固然各有其特色，而不同的設計當然有其特別適合的工作，然而，只要衝模與衝頭設計得當，一般標準式的衝床，皆可作各種造形、衝孔與剪切等工作，也就是說一部機器可作多種用途，且能因應小量製造所需。

衝壓床的分類方式有：

- 依照用途。
- 依照操作方式。
- 依照衝柱的數目。
- 依照衝柱的驅動方式。
- 依照動力傳遞方式。
- 依照機架設計（大多數製造廠商所採用）。

但從實用的觀點來看，選擇適合的衝壓床時，則必須考慮到：

- 需要何種操作方式。
- 製品的尺寸。
- 需要的動力。
- 操作的速度。

例如，用於衝孔、修剪毛邊的工作，大多數使用偏心軸式或曲柄式的衝床；用於壓花紋、擠壓或鍛造者，則選用關節式機器；用於慢速度操作者，可選用液壓式壓力機。

至於衝壓機的大小，則以其生產力的噸數來計算，每一衝程加之於工作物上的能量，等於所需要的衝力噸數乘以該力的衝程，由於此能量的作用時間甚短，不能全靠馬達供給，而必須由飛輪來儲存之，其儲存能量可以表示如下：

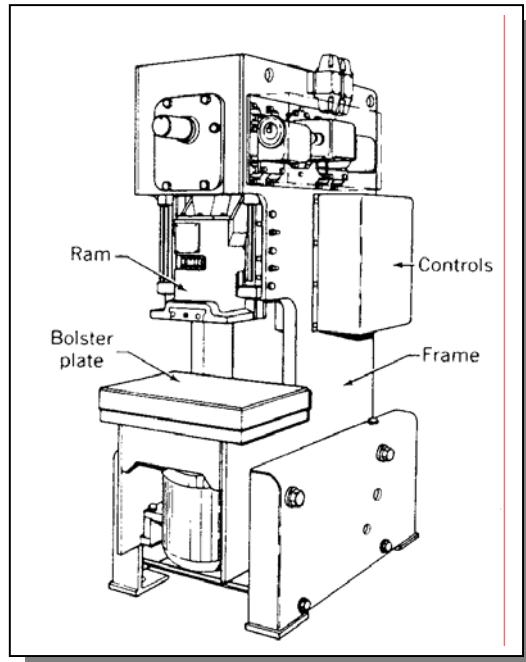
$$E = \frac{N^2 D^2 W}{5.25 \times 10^9}$$

其中，N 為飛輪的旋轉速度  
 D 為飛輪的直徑  
 W 為飛輪的重量

## 一、衝壓機種類

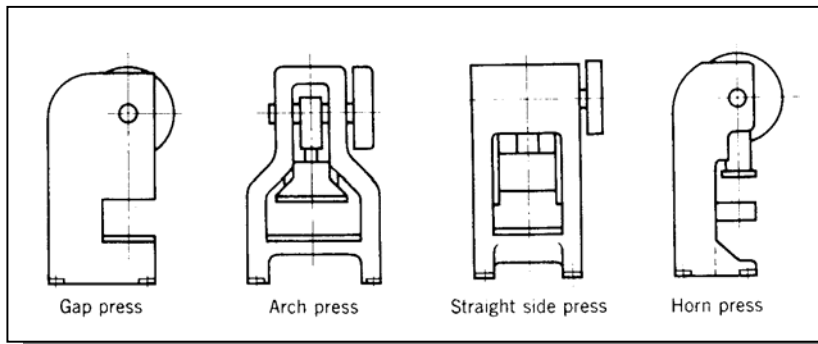
### (一) 傾斜式衝壓機 (Inclined Press)

右圖所示為一開口傾斜式衝壓機，機架前方為一凹口構造，而更換機座後方大螺栓的位置，可使整個機架向後傾斜。至於機架傾斜的目的，則在於協助已衝切件或廢料的輸出或排除。此種機器適用於一般小件的打坯、彎曲、衝孔及類似的工作等。



### (二) 凹口機架衝床 Gap Press

凹口機架衝床的機架外觀頗似字母 C (下圖)。這種構造在模的左右兩側沒有遮擋，可以有較大的工作面積。



### (三) 拱門式衝床 (Arch Press)

拱門式衝床係依機架的形狀來命名，其在靠近床面的部份較寬，可放置較大的金屬板片，上方較窄，可避免曲柄太長。這種機器適用於用力小而面積大的工作，如剪切、彎曲與修剪等。

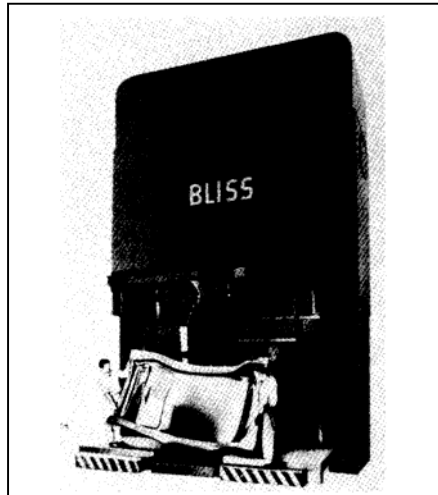
### (四) 突角式壓床 (Horn Press)

突角式壓床的工作物放置處係位於機架上突出的粗重圓軸上，而非一般機器的床檯；當然，此種機器也可以有一床檯，只是這個床檯是活動的，且可以和『突角』互換使用，以適應變化多端的工作需要，如摺縫、製突緣盤、衝孔、鉚合與壓凸印等。

### (五) 直角架式衝床 (Straight-Side Press)

直角架式衝床的兩側機架為直線形，可承受較大的負荷，其可用不同的動力源與操作方式，小型者多為單曲柄或偏心軸，但對於大尺寸的工作物，則所使用的曲柄與偏心軸數將增加。

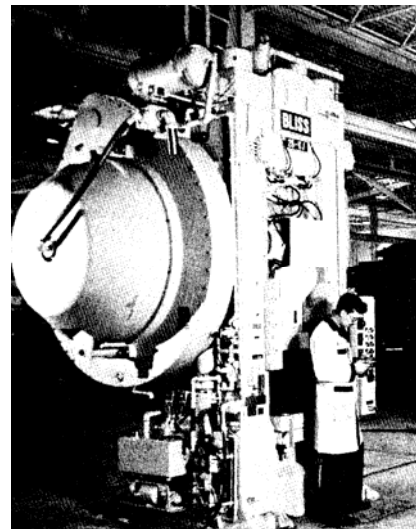
右圖上為一大型直邊封閉式雙動作肘節壓力機 (Toggle Press)，其壓力是由四個位置加於滑動件上，可用於大面積的工作物，在一個行程內即可完成汽車頂蓋的壓製工作。



### (六) 關節接合式壓床

#### Knuckle Joint Press

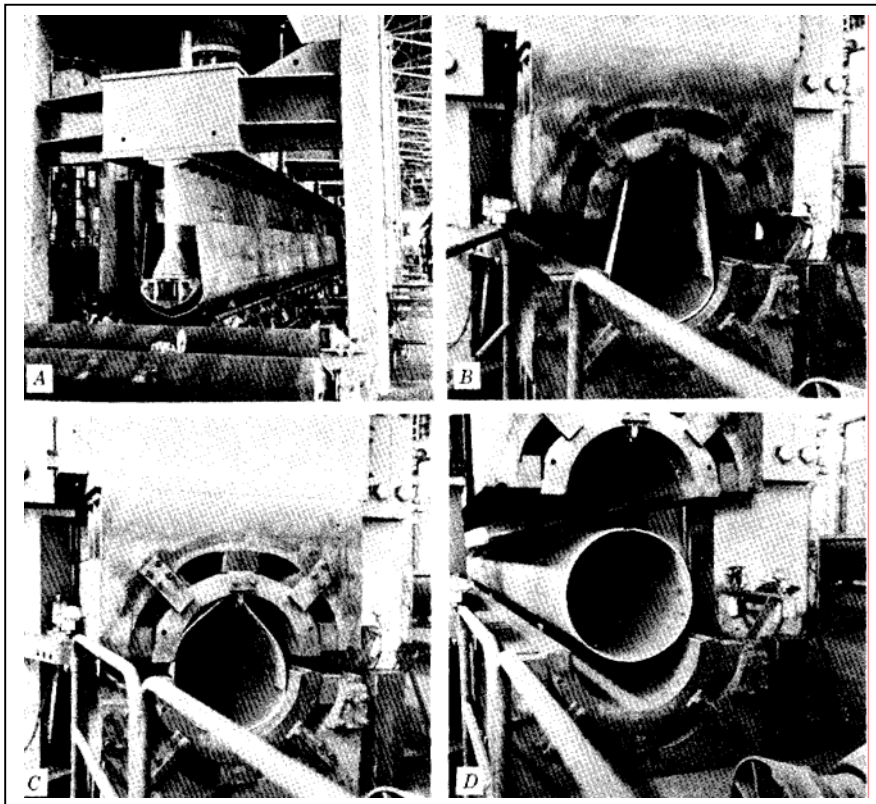
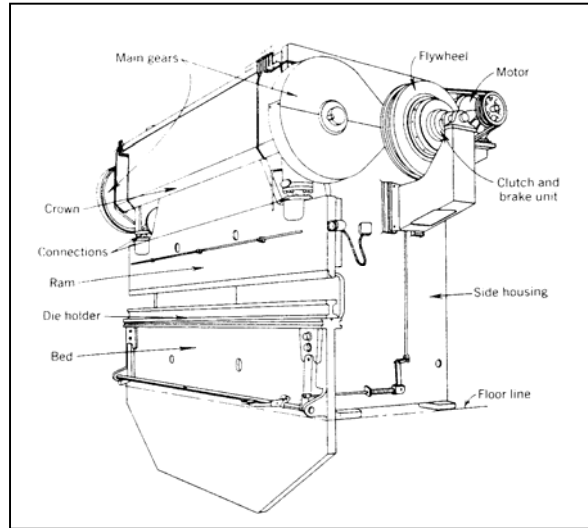
關節接合式壓床主要是用於壓花紋、尺寸矯正與厚板壓凸印等工作，右圖下為一容量為 600 噸的關節接合式壓床，其滑動件是由關節聯結機構所帶動，關節由上下兩個聯桿所組成，上聯桿的上端由銷子固定在機器的機架上，下端與下聯桿的上端肘銷 (Wrist Pin) 相連，而下聯桿的下端則用銷子與滑動件相連。其中，肘銷除了聯結兩個聯桿外，尚有一個水平裝置的聯桿，此聯桿由一曲柄帶動，作水平方向的運動。



(七) 彎摺壓床 (Brake Press)

彎摺壓床 (Brake Press) 主要是用於板片的壓彎、造形、摺縫、壓凸印、剪片與薄片的衝孔等工作。右圖為一利用打孔卡片控制的板片壓機，可自動作造形、衝孔及鋼片的切斷。

下圖為利用兩個不尋常的壓力機，將較厚的鋼板製造成瓦斯輸送管的情形。

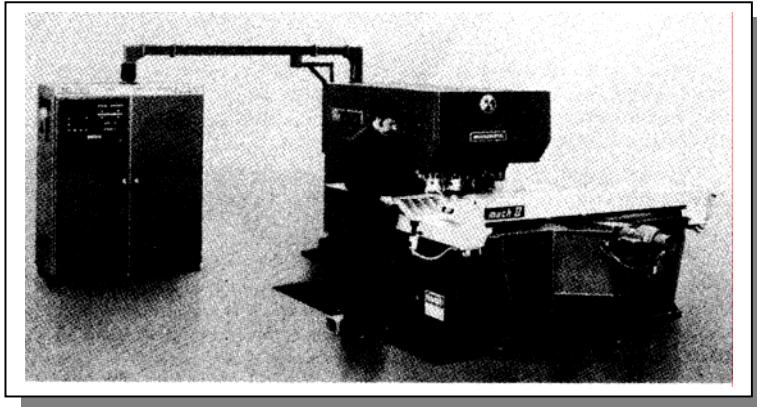


### (八) 方剪床 (Squaring Shears)

方剪床 (Squaring Shears) 主要作為鋼板的剪截，有手動式與動力式兩種。操作時，先將工作物送至適當位置，使切斷線恰在剪刀口之下，踩下腳踏板，使壓力柱下降壓住工作物，待壓緊後，剪刀隨之下降，自一側進行至另一側，使橫跨板的寬度完全切斷為止。

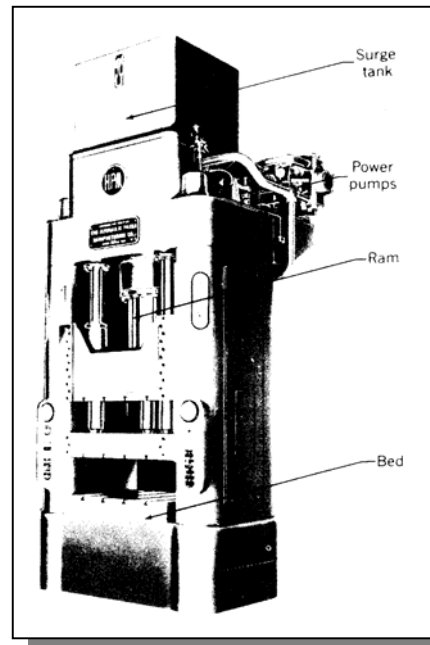
### (九) 轉塔衝床 (Turret Press)

此種機器特別適用於金屬板片上有各種不同尺寸與形狀的孔的衝製。其具有一轉塔 (Turret)，轉塔上裝有若干組衝頭與衝模，可視需要由旋轉塔上選用之。當衝頭下降時，有樣板引導以資對正。右圖所示為一 30 噸的轉塔衝床，由打孔紙帶控制之。



### (十) 液壓機 (Hydraulic Press)

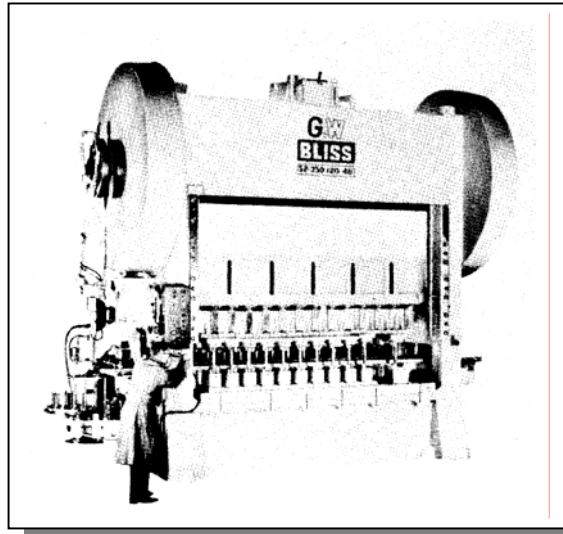
液壓機 (Hydraulic Press) 較之機械式壓機有較長的行程，且在全行程的任何位置上，皆可產生最大的壓力噸位，由於其動作緩慢且均勻，特別適用於金屬板片壓凹的引伸工作，此外也特別適用於需要高壓力的場合，如粉末冶金的壓製、擠製、層板材料的壓製、塑膠模製與壓力鍛造等，但不適用於厚金屬板的衝孔與剪切。右圖所示為一液壓機，用於金屬板片的壓凹深引伸。





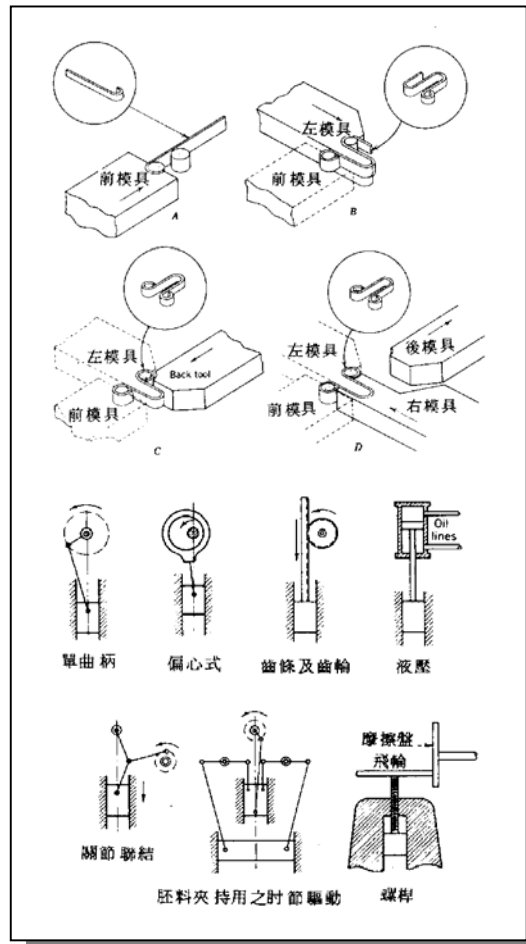
### (十一) 轉移式壓機 (Transfer Press)

轉移式壓機 (Transfer Press) 為全自動式，可同時完成製品的各種連續操作。其材料可以是長條形或帶形的板，經若干組輓子送入機器之內，也可以是已經剪切或衝製完成的小片坯料，經由豎立的管道來供給。右圖所示為一 250 噸，每小時可產製 1,600 個起動機蓋子的轉移式壓機。



### (十二) 四滑動塊壓機 Fourside Press

所謂四滑動塊壓機 (Fourslide Press) 是指構造上有四個可以裝置衝頭的滑動塊，各以 90° 間隔的位置裝置，並各自經由凸輪及其相聯機構來控制，依序作循環動作。這四個滑動塊上可以裝置不同的工具。右圖上所示為利用此種機器作彈簧夾片子造形的情形。



## 二、驅動機構

右圖下所示包括大多數的衝壓機動力驅動方式：

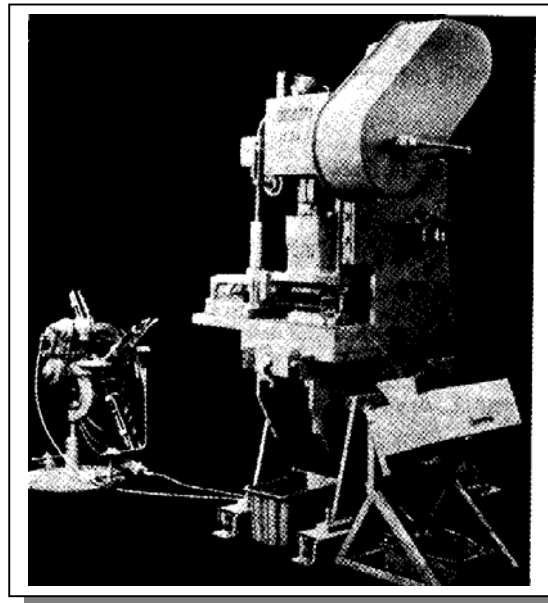
- 單曲柄式 (Single Crank)
- 偏心軸式 (Eccentric Drive)
- 齒條及齒輪式 (Rack and Gear)
- 液壓式 (Hydraulic Press)
- 螺桿驅動式 (Screw Drive)
- 聯桿機構式
  - 關節聯結 (Knuckle Joint)
  - 肘節機構 (Toggle Mechanisms)

### 三、進給機構

衝壓床的操作，首先必須考慮操作者的安全問題，所以，各類衝壓機的進料工作，最好採用機械式或電機自動式，以確保操作者的安全。

常見的進料機構有：

- 將一對輓子與捲繞的原料軸置於進料的一端作為進料用，另一端也使用一對輓子與廢料軸配合，將廢料捲繞在該軸上，兩者與衝壓床的滑動塊做同步動作。（如右圖所示）
- 採用轉盤分站進給式。
- 真空吸取式（適用於輕薄件）。
- 直接進料式（利用地心引力）（適用於傾斜式衝壓床）。



### 四、衝壓機操作與工具

大多數的衝壓工具，皆屬於衝頭與衝模的構造；其中，衝頭係裝置在機器的滑動塊上，於受力時壓入模穴中；而衝模則固定在機器的床面上，為靜止不動，其上有孔或穴，以容納凸出的衝頭，兩者必須能準確的配合與對正，且依據製品的形狀與相關條件來設計。

衝壓機中常見的操作有：

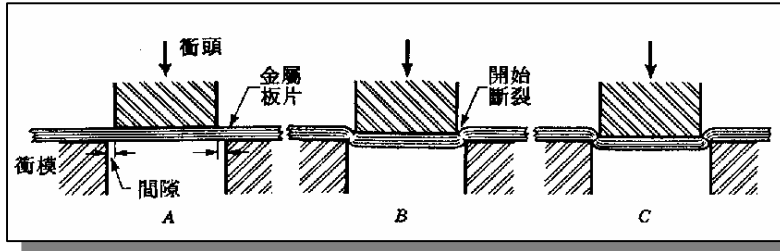
- 剪切
- 彎曲造形
- 引申造形

#### （一）剪切

金屬的剪切，是在兩個尖銳刀刃之間，施以超過剪力強度的剪力，以完成金屬的切斷工作。

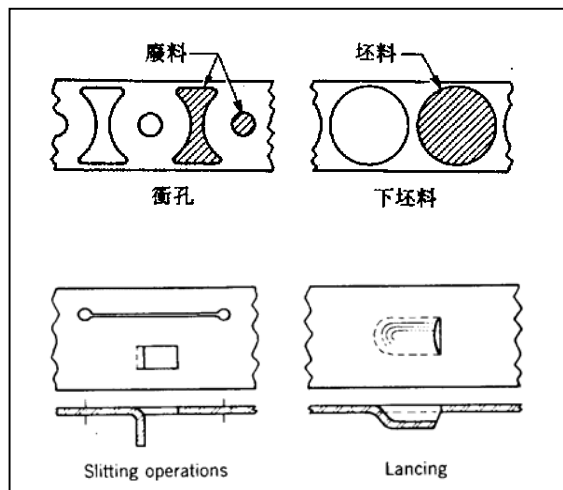
下圖所示為用衝頭及衝模來切斷金屬板片的方法：

- 衝頭下降壓於金屬板片之上，繼續加壓使其開始產生塑性變形。
- 衝頭在衝模刃口處產生高度應力集中與更多的塑性變形。
- 繼續斷裂而至完成剪切工作。



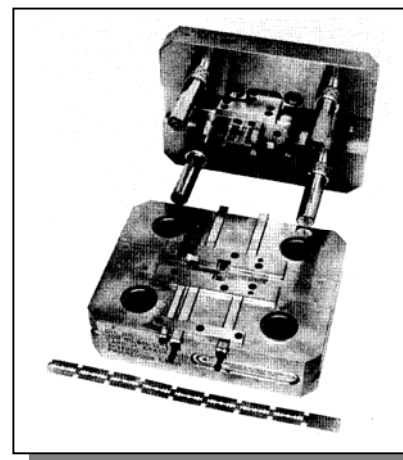
此過程中，因衝頭與衝模皆為平直面，兩者互相平行且與施力方向垂直，剪切時作全面的接觸，因此需要較大的剪切力量，若能將剪模的兩側任一者作成一種角度，以增加用力的長度，將可大大減少所需的動力。此外，定義一些與金屬剪切有關的名辭：

- 坯料與廢料：右圖右所示，自條帶上所衝下來的圓形板片，是有用的，可稱之為坯料，而此一操作則稱之為下坯料或打坯 (Blanking)，右圖左方所示則相反，衝下來的稱之為廢料，所餘下來的則是有用的。此項操作包括有：衝孔 (Punching)、穿孔 (Piercing)、衝缺口 (Notching) 及衝篩孔 (Perforating) 等，這些操作的剪切角皆在衝頭上，而衝下的料皆為廢料，不虞有彎曲。



- 邊材剪修 (Trimming)：沿工作物的邊緣剪除其飛出的毛邊或多餘的材料。
- 衝縫 (Slitting)：是一種未完成的剪切作用，其目的僅是在平板上衝成一個縫隙。
- 衝凹孔 (Lancing)：孔的一部份已衝出，另一側彎曲如百葉窗。

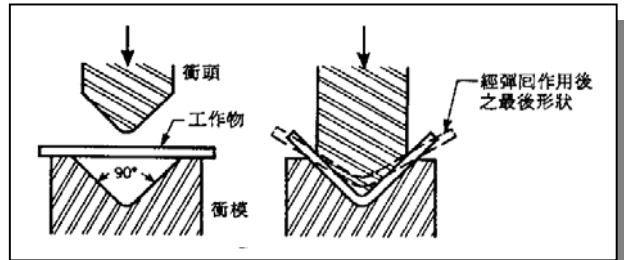
右圖所示為衝製刮鬚刀的模子及其製品。



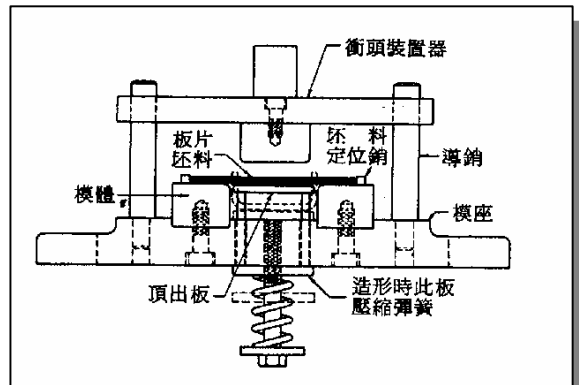


### (二) 彎曲及造形

彎曲及造形 ( Bending and Forming ) 如同剪切工作，可在曲柄式、偏心軸式與凸輪式等衝壓機器上進行。在彎曲時，金屬的一面承受拉應力，另一面承受壓應力，其兩面所承受的應力皆不超過材料的極限強度，而彎曲後的厚度，則出現些微的減少。至於受壓的一側，則被擠而增寬，受拉的一側，則略窄，而其間的關係則受材料性質的影響。



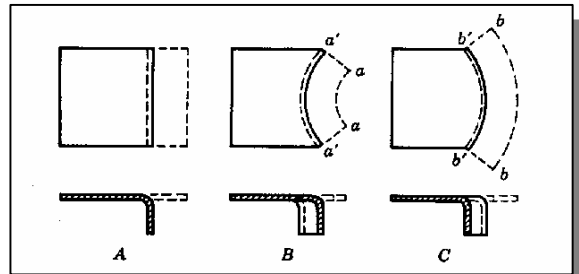
此外，金屬在彎曲後，仍保留其原有彈性的一部份，故在衝頭移去之後，將有一部份的彈性恢復現象發生，稱為彈回 ( Spring Back ) 作用。右圖所示為一板片造形的衝模與衝頭，用以將平鋼板條彎曲成U形。



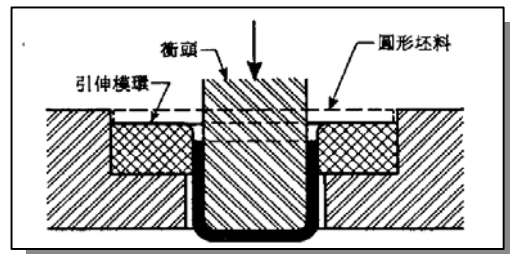
### (三) 引申造形

圖示為凸緣彎曲的三種型式：

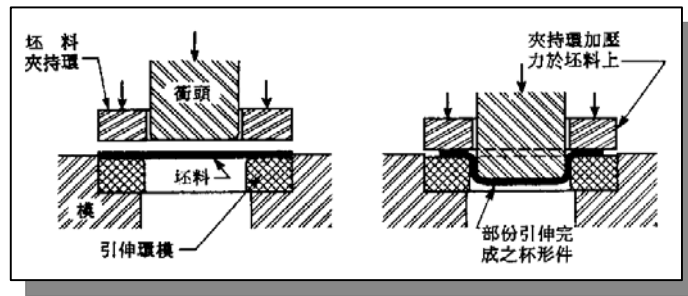
- 簡單直彎式 (A)：除彎曲圓弧部份外，其他部份並無塑性變形。
- 伸拉式 (B)
- 收縮式 (C)



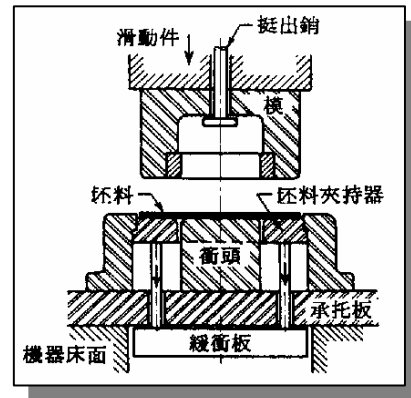
當衝頭壓於金屬之上時，圍繞在衝頭週緣方向會產生甚大的拉力，同時尚未與衝頭接觸的平板部份，必因衝頭下降而作圓周向的收縮，這樣將會造成甚為討厭的皺摺現象，為防止這種現象的產生，可在平板加上一稱為坯料夾持器 ( Blankholder ) 與壓力板 ( Pressure Plate ) 的壓板。但對於較厚的板料，則可單純的或直接的引申，不必使用壓力板 (右圖所示)。



但是對於絕大多數薄金屬板片的引伸操作，則需要雙動作的壓機（如右圖所示），其在衝頭作引伸前，首先使壓力板動作，以保持坯料的平直，避免發生皺摺。此類壓機雖因性能不同而有多種型式，但在構造上大都含有兩個滑動件，一個在另一個之內，即內外兩層，各自動作。在外者控制坯料的壓環動作，在衝頭動作前先將坯料壓緊，然後再作衝頭引伸動作。



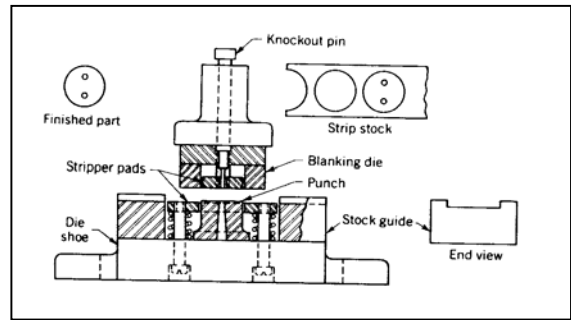
右圖所示為引伸模的另一種設計，稱之為倒引伸模（Inverted Drawing Die），衝頭向上，裝置在機器的床面上。當衝模自上方下降時，先與工作物接觸，並產生相當大的夾持力，且在繼續下降作引伸工作的過程中，始終與工作物維持接觸，而夾持力的大小，則由模的緩衝器來控制。



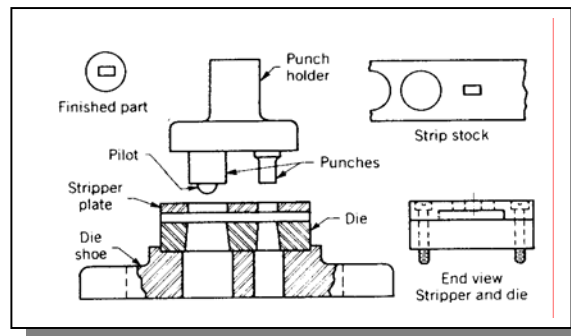
## 五、特種衝模及其造形法

### （一）衝模

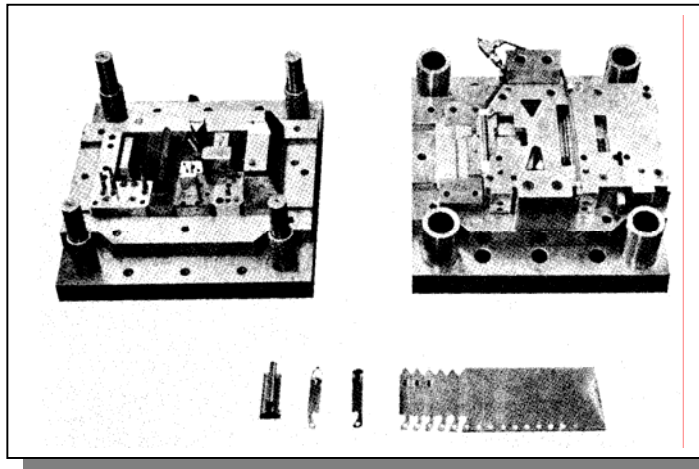
衝壓機滑動塊或衝柱的一個行程中，只完成一種操作者，稱之為簡單模組（Simple Die Sets）。若一個行程能完成兩個或兩個以上操作者，則稱之為複動模（Compound Dies）（如右圖所示），在這個模組中，每一個行程不但可以衝出兩個孔，也可以同時完成衝切坯料的工作，其動作雖為兩個，但工作性質卻相同。若工作性質不同，一為剪切坯料，另一為彎曲或造形，則稱之為組合模（Combination Dies）。



右圖所示，其成品是由兩個動作所完成，一是衝出長方形孔，二是剪切下圓形坯件，因其加工程序是遞進式的，所以稱之為遞進式模組（Progressive Die Sets）。



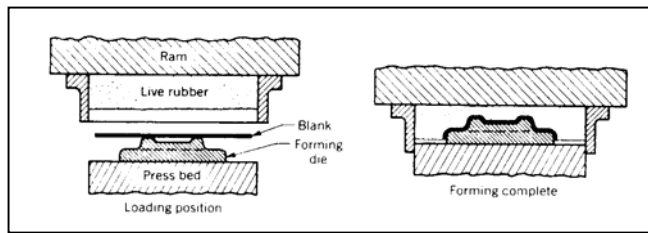
右圖所示為衝製開罐頭器的遞進式衝模，共有十五個操作，每一行程完成一件。其中，在四個角落上有四個導桿，一端裝置在底模上，另一端穿過上方衝頭支持器的孔內，引導其進行方向，此種模稱為裝柱模（Pillar Die），可使模的兩半永保對正，對於模內工具的調整，甚為方便。



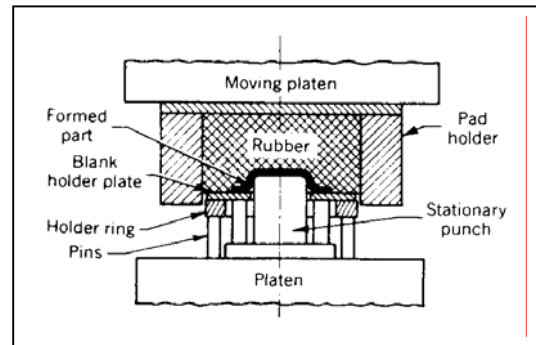
## （二）橡膠模法

金屬板片的造形，通常須使用一組衝頭與衝模，也可以稱之為陰陽對模，若使用一種橡膠置於容器內，使其在壓力之下限制其四散流動，以代替陰模或陽模；此法不但可以省去大部份的製模費用，且因橡膠的壓力均勻，所得的製品將與實模完全吻合。

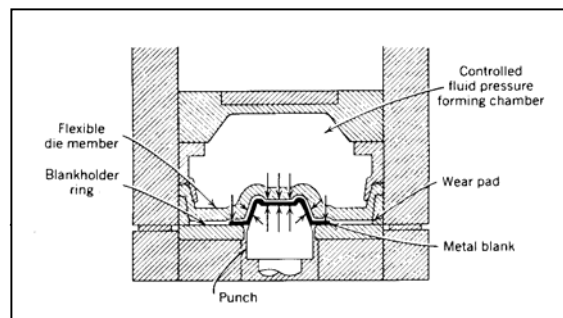
右圖所示為將 Guerin 人造橡膠置於一盒子形狀的容器內，並裝置在壓機的滑動件上，當其下降時，壓機加壓力於橡膠上，使金屬板片能在均勻的壓力下，圍繞於造形模上造形，至於造形後所產生的不規則邊緣，可於造形模下裝置一剪切模來修剪坯料的毛邊。



右圖所是為 Marform 法造形的裝置圖，可用於不規則形狀的造形及深引伸的操作。其中，一塊平板金屬置於坯料夾持板之上，當活動檯下降時，橡膠將坯料緊緊壓在衝頭之上及週圍的坯料夾持板之間。然後，活動檯繼續下降，使橡膠產生足夠的壓力將工作物圍繞衝頭造形。此法中，因壓力非常均勻，可防止板片的起皺現象發生。



由於橡膠是一種固體，可壓縮性有限，



往往無法達成較深凹穴的引伸操作。右圖所示為一利用橡膠膜與液體的配合作用來代替單純的橡膠，稱之為液壓造形法（Hydroform）。操作時，將工作物置於下方的衝頭之上，當液體模下降時，柔軟的橡膠膜與工作物接觸，夾持於軟膜與夾持環之間，而下方的衝頭則固定在液壓缸上，由下向上移動。工作物一方面在軟膜下造形，加上所受的壓力持續增加，將可避免發生起皺現象。

### （三）鋼尺模

鋼尺模（Steel Rule Die）是利用鋼帶裝置於硬木上所製的模，其操作方式頗似切製餅乾的情形。模子的構造是利用鋼尺（條帶）彎曲圍繞成坯料的外形輪廓，並固定在硬木或特別製造的層板上，其剪切工作如下圖所示。

