

475046

金屬片沖壓技術

(II)

工具機手冊

第三十六冊

金屬工業發展中心 編譯

金屬片冲壓技術

(II)

工具機手冊 第三十六冊

章 敬 賢
邱 先 拿 全 譯



中華民國六十九年七月出版
工具機手冊之(三十六)

金屬片沖壓技術
(II)

編譯者：金屬工業發展中心
發行者：經濟部國際貿易局
印刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

序

作者Donald F. Eary, Edward A. Reed 共同教導了幾年工科學生，並以指導工廠中不同階段的模具工程特別計劃教材，強調必要及潛在的利益，能夠自解說模具入門設計中導出本書，原來工程入門的構想由Edward. A. Reed 先於美國機械工程師協會（A. S. M. E.）披露以迄付梓成冊。自那時起，他已與 Donald. F. Eary 於通用汽車研究所之工具及程序工程組又把它用作模具課程教材。而今把它當做寫成本書之計劃及指標以迄出版本手冊。

本書內容上，所有對處理和實際的模具設計及加工材料的基本重要材料。它提供了專科職業學校或大學程度教育或自修之用途。爲了要有效地運用此一概念，必須要試驗決定：傳統切割，（Cutting）成型，（Forming）及引伸的作用力分析，這些資料用以計算模具之基本組成的型式比例。在密契根州立大學的Wayland P. Smith 教授指導下進行研究程序及分析試驗數據以作公式引證。

特別值得感謝Malcoln 先生，由於提供了雪佛蘭標準及材料說明使本書生色不少。

原序也提及其他來自材料沖壓加工業的模具工程師及製造沖壓設備的業者對本書也提供了資料及圖說，表示謝忱！

編者認爲本手冊對於金屬片沖壓之理論計算與實作，尤以文字淺易，插圖簡明，頗適於我國工業界中等以上程度學生、技術人員閱讀。在本手冊第一集四十冊中先出版本課題二冊，在續集第二集二十冊中希能將其補全以饗讀者，希能有所裨益。

金屬片冲壓技術

(Ⅱ)

目 錄

第七章	金屬片之引伸理論.....	1
第八章	金屬片引伸公式.....	21
第九章	金屬片引伸操作.....	33

金屬片沖壓技術

(II)

第七章

金屬片之引伸理論

許多不規則形狀之零件，可經引伸 (Drawings) 加工而成，有關此零件之金屬流動 (Metal flow) 理論頗為複雜。盂狀物之引伸，操作最為簡單，且易說明其理論。所以本文中所討論者，為“沖盂” (Cupping) 之操作方法。沖盂所需之坯料 (Blank) 是圓狀的。圖 54 說明一坯料及從此坯料引伸製成之盂形，注意在坯料及沖盂的邊緣間所產生很大的變化。

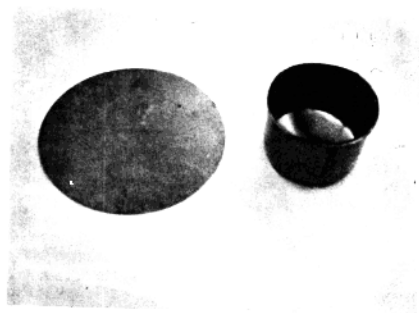


圖 54. 坯料及沖盂。

當沖頭 (Punch) 與孔模 (Die) 中之坯料開始引伸所發生之狀況加以分析。參閱圖 55 坯料之邊緣被向其中心方向推擠或引伸。坯料邊緣乃受力成一較小之周邊。此一變化意謂著有一壓縮力作用於金屬片上。

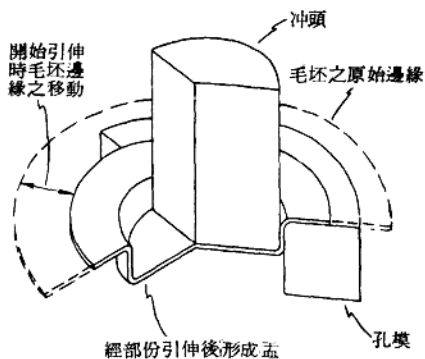


圖 55. 引伸模 (Draw Die) 斷面圖。

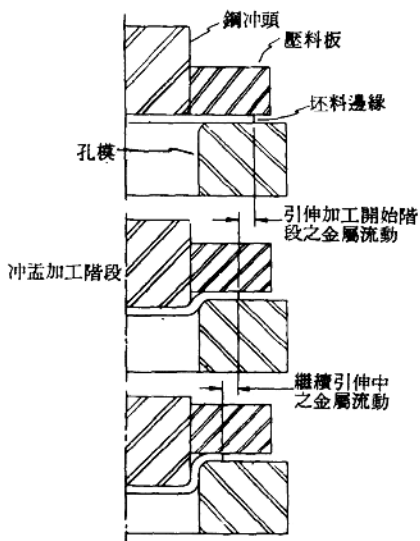


圖 56. 冲盂加工中之金屬流動。

金屬之流動：(Metal flow)

引伸加工應強調的是金屬之流動而不是移動，此名詞曾在金屬片成形理論章中描述過。在沖盂加工中，金屬流動形成盂狀；沒有像在成形加工中，金屬在空間移動現象。金屬之流動是經由沖頭、孔模及壓料板 (Blank holder) 間之開口或者間隙。

因鋼衝頭 (Punch steel) 施力於盂之底面以達成引伸的動作，故在靠近盂底之側壁會發生可想像到之金屬伸展 (Stretching of metal)。圖56為金屬在沖盂模間之流動。

圖57表示在沖盂加工中受力之情況，由於坯料之外緣承受了壓縮力，致使金屬變厚。此種金屬在沖盂操作中所發生之變薄或變厚現象可視為金屬的流動。

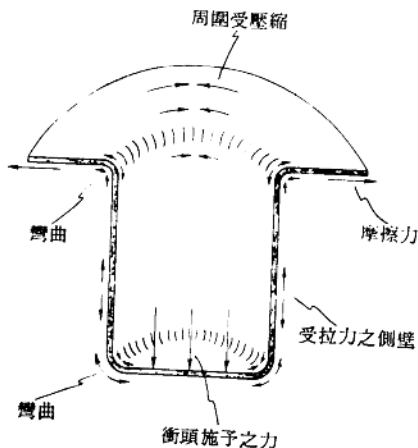


圖 57. 在沖盂加工中，受力之情況圖。

壓料板：

當坯料引伸成一盂時，其圓周邊緣之減小 (Reduction) 是指此

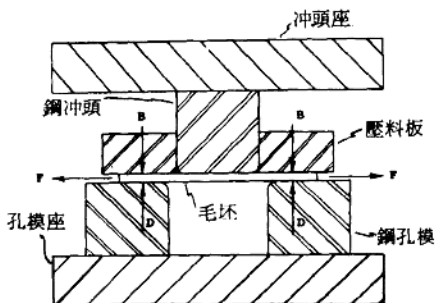
金屬受到壓縮。所產生之壓縮應力將引起坯料及盂邊緣之皺紋，此皺紋是不易除掉的，從外觀（Appearance）及強度方面着眼，此種皺紋是不受歡迎的。圖58表示一有皺紋之盂。



圖 58. 沖盂加工中所發生之皺紋。

爲了制止皺紋之發生，於衝頭之周圍加一壓料板，乃以彈簧、空壓或沖床之另一偏心所施之壓力作用於壓料板上。後二者之加壓系統頗爲令人滿意，因其能給予一幾乎不變之作用壓力，此爲引伸加工所需求最要緊的特性之一。如果壓料板在開始引伸時，所受之壓力太低的話，皺紋將於壓力略爲加強(Build up)時產生皺紋，此種現象在以彈簧爲加壓系統者最易發生。但是，如果壓料板所受之壓力太高的話，金屬之流動將受到限制而產生過份之伸展，則將使盂之側壁破裂。

壓料板所承受之壓力必須具有下列兩種條件：一爲有足夠低之壓力使金屬能在其下面移動或流動；另一爲有足夠高之壓力以制止皺紋之發生，實際上，壓料板施予壓力以將金屬片壓緊在孔模之上面。圖59爲坯料夾持力及有關之限制。坯料夾持壓力由於磨擦而產生一大的力量。高的磨擦會限制金屬之移動或流動而引起孟子破裂。然而坯料夾持之壓力亦不能減少，否則會發生皺紋。所以需要加潤滑劑以減少磨擦。基於此項理由，幾乎所有引伸操作均需要某些潤滑劑，甚至對某些材料還要應用特殊的潤滑。



F：由於磨擦所生之力必須低至足使壓料板下之金屬能自由流動，爲了減少此力，則潤滑劑是必要的。

B：坯料夾持力必須大至足以防止皺紋之發生，一較高之料坯夾持是由於磨擦所生之力而來

D：由孔模所施予之合力與坯料夾持力相等且方向相反

$$\text{磨擦係數} = \frac{\text{由於磨擦所生之力}}{\text{坯料夾持力}}$$

圖 59. 坯料夾持力。

潤滑劑的使用減少了相接觸面間之磨擦係數。坯料夾持力表示垂直壓力 (Normal force)，此力須保持一定以制止金屬片皺紋之產生，下列關係式：

磨擦係數 = 磨擦所產生之力 ÷ 垂直壓力。

由上式可知，假如磨擦係數減小，垂直壓力保持一定，則由磨擦所產生之力亦必定減小。

決定磨擦係數之因素 (Factor) 有：

1. 所用之潤滑劑類別。
2. 模具組件 (Die components) 之表面光製程度。
3. 金屬片本身之表面光製程度。

改變任何一種上列因素將影響磨擦係數而改變由於磨擦所產生之力。此種磨擦力之改變將影響引伸之操作。

由於磨擦所產生之力減少，金屬更能自由地流動，如此可避免孟之破裂。

當引伸厚金屬片製成一相對地小孟狀物時，金屬將不會起皺而變厚。此時不需要壓料板，圖60為厚金屬片克服起皺之能力。

加厚 (Thickening) 及押出 (Extrusion)：

由已知的原始坯料厚度，金屬的加厚可由量測孟的壁厚而得知。押出效果也可由之表示出來。假如在坯件表面穿過其中心劃一條線，此線即表示坯件的直徑。經過引伸以後，量測此線，將可得到想像中地變長。

事實上，此線長度的增加，大於此金屬片允許之伸長率 (Allowable percent elongation)。假如引伸加工僅是一純粹的伸長操作，如此大伸長將引起損壞。實際地，長度的增加部份由於金屬之伸展，其餘增加部份乃由作用於多量金屬被壓縮所引起押出之結果。

圖60為在沖孟加工中之押出效果。注意壓縮力限制金屬之流動在

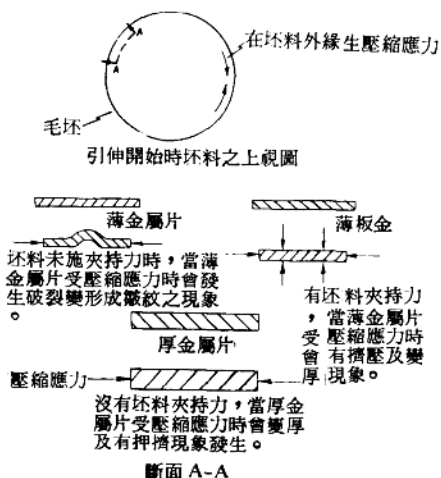


圖 60. 厚金屬片之剛性。

圓周的兩個方向。壓料板及模子限制金屬往其餘兩個方向移動押出。因為當使用彈簧或空氣壓力時，壓料板有時仍然會縮回，也可能會發生加厚效果，但是這加厚的程度，可由施諸毛坯上的夾持力限制它。

彎曲 (Bending) :

在沖盪加工過程中也會有某種彎曲力存在，彎曲力發生在凸緣部與側壁相毗鄰及側壁與底部相連處之半徑 (Radius) 部份。這些力或應力包含彎曲外緣之拉力及彎曲內緣之壓縮力。圖57對予這些力加以說明。

在引伸加工中所產生之力：

在引伸加工過程中所發生之力為：

1. 在半徑弧上之彎曲力。
2. 壓料板與金屬片間之磨擦力。
3. 鋼模 (Die steel) 與金屬片間之磨擦力。
4. 鋼沖 (Punch steel) 與金屬片間之磨擦力。
5. 在凸緣區域或盪外周圍之壓縮力。

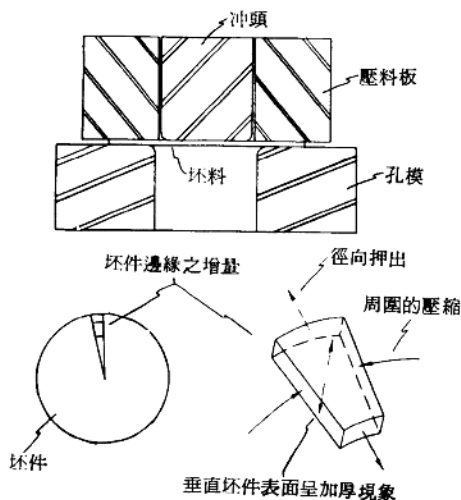


圖 61. 加厚及押出。

最大的磨擦力發生在金屬片、模具及壓料板間。這三個力（壓料板與金屬片間、金屬片間與上模及金屬片間與下模之磨擦力）乃由上模、壓料板及下模所衍生力之反作用力。

壓料板對金屬片施加壓力則產生磨擦力，模具產生一相同且方向相反之反作用力於壓料板上。

沖頭施以足一足夠的力量在盂底上，以克服滑動與靜態磨擦（Sliding and stationary friction），以在半徑處彎曲金屬片及壓緊盂底。所以，沖力為上述三種力（磨擦力、壓縮力、彎曲力）之總和沖頭作用之實施產生一力量相等而方向相反之反作用力。

力量由盂側壁傳遞，靠近盂底面之側壁部份乃受到拉力。假如沖頭力或上述三種力之總和超過金屬之極限拉力強度（Ultimate tensile strength），盂壁上將會破被，力之結果如圖62所示。

磨擦力 + 壓縮力 + 彎曲力 = 沖力

沖力必須小於金屬之極限強度，否則會發生損壞。

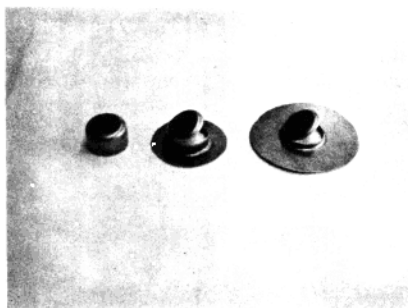


圖 62. 破裂的盂。

壁厚：(Wall thickness)

圖63, 64, 65乃說明盂壁厚度之正常變化。注意圖65之情形，盂底

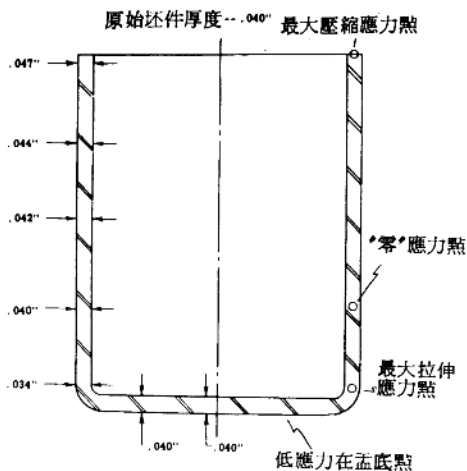


圖 63. 直壁平底盂壁厚範例。

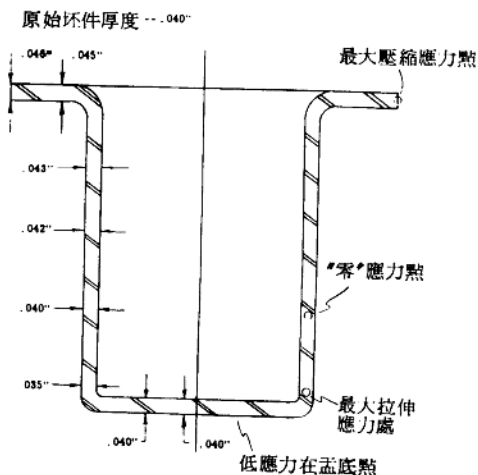


圖 64. 凸緣盂壁厚之範例。

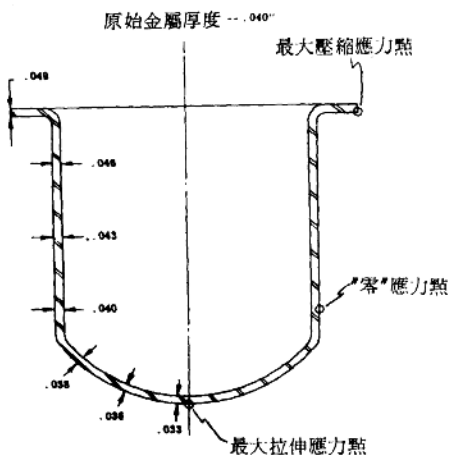


圖 65. 球狀盂底之壁厚範例。

引伸變成最薄的一點，在最大拉力點處，其壁厚愈厚者，則作用金屬片上之應力愈小。如此，壁厚的衡量，乃表示引伸操作情況的一種最佳的指示法。關於平底盂之底部，厚度不改變，此處之應力必須足夠小至能使金屬產生永久變形 (Permanent metal deformation) 即可。

冲盂施力特性曲線 (Characteristic cupping force curve)

表示在冲盂操作中所需力之曲線，顯示出引伸作業的許多特性。最大的施力發生在冲盂加工之起始瞬間。因此，冲盂加工需求一大的瞬間作用力，而當金屬開始流動後，即立刻降低。冲盂力曲線之基線部表示盂深。一旦金屬開始流動後，一較小的力將引伸剩餘的金屬成爲盂形。

從此曲線可得一主要結論，乃是冲頭與金屬片坯件開始接觸處爲最嚴重的應力或應變點。假如發生皺紋乃是開始受到大的力量。假如盂發生破裂或損壞也是受到大的力量，且金屬開始流動後，此作用力即減小，因此盂發生皺紋或損壞之機會即減少到零。如果經過此開始

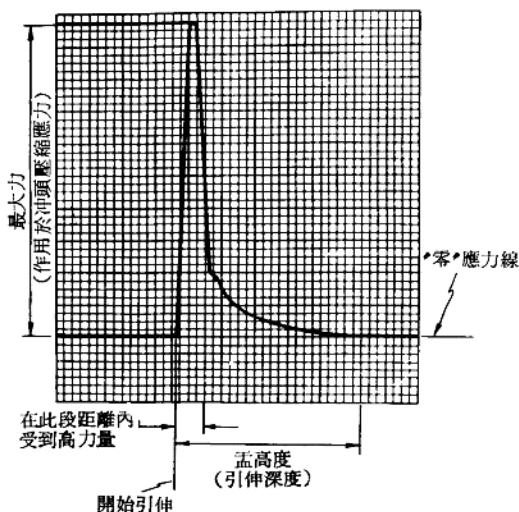


圖 66. 沖孟施力特性曲線。

接觸點後，孟仍會發生損壞的現象，此損壞之原因通常歸咎於金屬片本身的缺點。

只要採用相同尺寸之坯件與沖頭直徑，無論孟上是否有凸緣，將不造成操作之困難，圖67乃說明此種情形。引伸的困難程度可由比較沖頭直徑與坯件直徑而得知。對於不規則形狀物之引伸，比較坯件之面積與沖頭之開始接觸面積（Initial contact area），將可指示出其困難程度。

應用許多方法去減少引伸困難性，任何增加銜頭相對地接觸面積的方法將會減少其困難性。又使用引伸潤滑劑或相類似化合物使坯料在適當的壓持下金屬更能自由流動。

下列方法可以減少引伸之困難：

1. 增加引伸半徑。