

机械工人活叶学习材料 253

王 斧 編 著

談 鍛 模



机 械 工 业 出 版 社

机械工人活叶学习材料 253

王 斧 編 著

談 鍛 模



机 械 工 业 出 版 社

內容提要 本書首先從鍛模的工作性質談起，繼而談到有關設計模道和預鍛模道的基本知識，各種輔助模道的設計和使用，並列舉了一些實例，來說明計算公式的具體應用。此外，還有系統地介紹了鍛模模體以及毛邊剪切模、鍛件校正模的構造和使用。對於製造鍛模時的技術要求，也有扼要的敘述。

本書可供工具車間四級以上從事鍛模製造的工人作為學習材料，也可作為鍛工車間四級以上鍛工的參考讀物。

編著者：王 斧

NO. 0952

1955年12月第一版 1958年10月第一版第三次印刷

787×1092^{1/32} 字數 35 千字 印張 1⁵/₈ 5,301—27,800 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第 008 號

統一書號 T 15033·734
定 價 (9) 0.18 元

把鍛造用的碳鋼加熱到亮紅色或橘紅色的程度（ $850\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ），這塊鋼就有了很好的塑性；假如用其他硬的鋼料參照鑄工兩合砂箱的樣子，做出兩塊相對稱而能合成一個製件形狀的模道，再把這塊紅料夾到模道中去，使用錘擊的力量把兩塊刻有模道的鋼塊強力壓合起來，那末，這塊紅料就會擠壓成同模道形狀尺寸完全一樣的鍛件（圖1）。

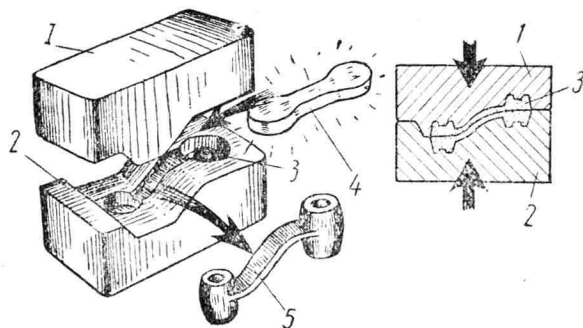


圖1 燒紅了的鋼料鍛壓成鍛件的過程：

- 1, 2—像上下砂箱似的兩塊鋼模；3—同鍛件形狀尺寸一樣的模道；
4—放進模道裏去的紅料；5—鍛壓出來的鍛件。

這樣的鍛造方法就可以叫做模型鍛造，這種擠壓鍛件的鋼塊就可以叫做鍛模。

鍛模由於鍛件產量的大小和所要求的精密程度的不同，而有好多種類型的製造和使用方法。在一般鍛造車間所常用的 棒子、壓子、悶子等，也都可以列為簡單鍛模的裏面去；它們的作用在於保證鍛件的最後一道完成工序或是鍛件的某一重要部分尺寸形狀的一致，其他由下料到變形的各個鍛造工序，仍然要用無型鍛造的工作方法來完成，所以這種類型的鍛模還祇能認為是無型鍛造的

輔助工具。在當前的階段裏，一般人所提到的「鍛模」，大都是指那些用鍛模來做主要鍛件生產工具的情況下所用的鍛件鋼模子來說的，它們的構造大都是比較複雜，同時也都是固定安裝在機器錘上來進行較大量生產工作的。因而也有人給它們專門起了個名字，叫做「錘上鍛模」，這種鍛模正在發展為我國機械製造企業鍛工車間的重要工具，也就是這本小冊子所要介紹的中心內容。

一 鍛模是怎樣把紅料壓成鍛件的

前面說過，刻有一定形狀模道的硬鋼模，可以用強力把燒紅的鋼料壓成鍛件。鍛件的尺寸形狀完全同模道一樣。這事情看起來好像很簡單，可是值得我們注意的是這塊燒紅了的鋼料，雖然它有良好的塑性，但是在一定程度上它還保留有一種抵抗變形的能力，並不像熔化了的鐵水似地，可以把模道各角落填充起來。它祇有在直接受到壓力的部分才變形。

在鑄造工藝裏，用一定容積的鐵水，基本上就可以澆出一個體積相同的鑄件來；在無型鍛造裏，用一定體積的鋼件，基本上也就可以設法打出一個同體積的鍛件來。

但是在使用鍛模來進行生產，就不能祇顧材料體積而不考慮到它原來形狀的問題。比如要在鍛模裏壓出一個方塊鍛件來，要是我們單純根據鍛件體積下的料，所選用的是扁料，那末，在鍛壓的時候，這塊紅料的變形情況會是怎樣呢？

圖 2 甲表示一塊體積同模道的容積一樣，但形狀差別很大的扁料放進模道。當鍛模壓下的時候，紅料兩頭受壓力的部分就被壓薄，於是這部分材料便沿着箭頭方向流動出去（圖 2 乙），而在模道空腔部分，恰恰是不直接受到壓力的地方。這樣加工的結果，祇能得到像圖 2 丙樣子的東西，而不可能得到同模道形狀一致的鍛件。

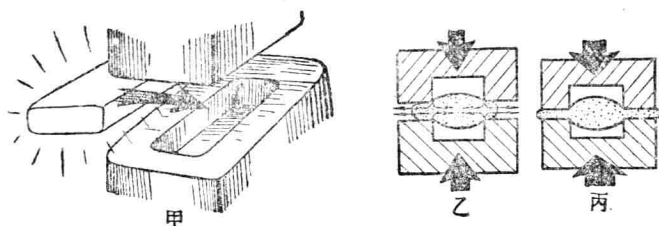


圖 2 使用不合適坯料，在鍛壓時紅料變形的情况：

甲—把扁料放進模道；乙—開始鍛壓所造成材料變形的傾向；丙—加工結果，並不能使材料充滿模道。

可是必須選用什麼樣子的紅料才能鍛出所要求的鍛件呢？

從圖 2 的分析裏，我們可以想到：要想把紅料擠壓成像模道一樣的形狀，就要注意金屬變形的性質。在變形的時候，金屬流動的方向如圖上箭頭所示。

這樣一來，就初步地指出了鍛模的工作特性；它必須使用同模道形狀大致相同（或近似）而體積稍大些的坯料，才能圓滿地達到加工目的。

現在假設換用了一段體積較大的圓柱形紅料在原模道裏加工，那末，這段坯料被壓成方塊鍛件的變形過程，就要像圖 3 的樣子。

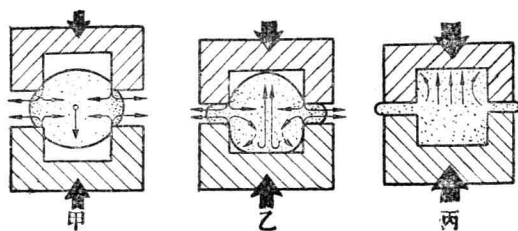


圖 3 使用合適坯料，在鍛壓時紅料變形的情况：

甲—鍛壓開始時的材料變形傾向；乙—先填滿下模道，增大了受力面積後的向上漲擠現象；丙—最後把上模道填滿，得出方形鍛件。

當上模壓下的時候，紅料的密點部分（直接受力的地方），隨着上模的繼續下壓而向四周輾延材料，同時上模用上模道邊口稜的推力把整個紅料向下模模道裏推擠。這時造成把紅料向下模道裏填充的因素條件有：輾延材料向模道空腔內部擁擠的力量；紅料本身的重量和上模稜口把它推下的力量。所以這一鍛件的完成，首先是紅料把下模道先填充好（圖3乙）。在這以前，紅料的變形活動對於上模道來說，還祇是那一點點輾延材料的向內擁擠力量，也就是還沒有條件也把上模道同時填滿。

在下模道已經填滿以後，上模繼續下壓使整個填滿了下模道的紅料都變成直接受力部分，它們構成了很大的一股變形力量，把紅料向上模道裏壓擠，最後得到了完全充滿模道的加工結果（圖3丙）。鍛件就是這樣在模道裏面壓製成的。

掌握了這一基本規律以後，我們就可以認識到紅料的填充模道，基本上是以強力漲擠的情況來完成的，也就是說雖然在模道裏面刻有較為細緻的凸凹紋路，也完全有可能清楚地再在鍛件上壓出來；這就是用鍛模生產的方法可以得到各種形狀複雜而精密的鍛件的基本原因。又因為在鍛造時，紅料向上模道裏填充的漲擠情況比填充下模道時強烈，所以，凡是要在鍛件上壓印出來的精細花紋或是凸凹面，都應當刻製在上模道的裏面，這是同鑄造工藝精密花紋面的造型方法恰恰相反的。

鍛模有條件來完成精密鍛件的生產任務，但是紅料的塑性變形是有一定限制的，不能夠把同模道形狀差別很大的紅料壓製成為完美的鍛件。另外，一般錘上鍛模，也還不能一下子就壓出一個完全不必再進行什麼修整加工的成品來，最低限度，那些圍在鍛件四周的輾延材料——毛邊，是必然存在而必須再把它們設法切掉的。

但是，這些問題並不能就否定了鍛模在生產作用上的經濟性和優越性。

首先要指出：鍛模是成批生產、大量生產所適用的生產工具，祇要我們先集中高水平的技術條件，製造出一套合用的鍛模和它的操作規程，那末在具體生產的過程裏，就可以把車間勞動技術條件降低要求，到操縱機錘，送取鍛料和鍛件的簡易程度，並可以保證在高生產率下面得到規格一致的鍛件。

其次，讓我們研究一下鍛模精密性能的問題。

用鍛模鍛壓出來的鍛件，它的優越的精密性表現在以下幾方面（同無型鍛造的鍛件比較）：

一、能够鍛壓出結構形狀很細緻複雜的鍛件，給機件的設計和加工雙方面都創造了非常方便有利的條件。

例如：傳動機構的連桿，一般認為：它桿身的斷面形狀用工字形比扁矩形斷面好（圖4）。可是有時候，爲了考慮到這個鍛件的施工條件，就只得採用扁矩形斷面，因而浪費了材料，增加了機件不必要的體重，並且減低了機床馬力的有效利用率。如果是用鍛模來鍛製毛坯，這些情況就可以完全改進。

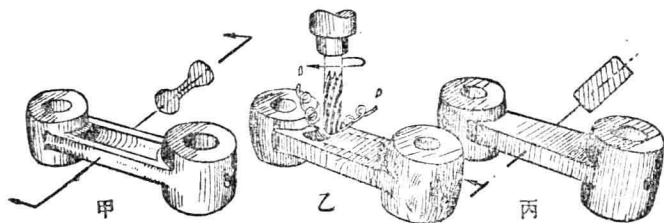


圖4 不用鍛模鍛製的連桿斷面：

甲—合理斷面；乙—無型鍛件要特別加工；丙—考慮到施工條件後的設計。

二、鍛件的表面光滑平整；形狀一致；規格尺寸的公差範圍極小，這樣的鍛件，最適合於在大量生產時，使用夾具和專門自動機

床進行切削加工。

此外，還可以把一些比較次要的表面切削加工完全節省下來。假設仍拿圖 4 的連桿為例；它的軸圈外皮和桿身的表面，原來都不是必要加工的，因為它們並不同其他零件接觸配合。可是因為無型鍛造鍛出來的鍛件，這些地方的表面太粗糙了，因而也有必要加以較為粗糙的切削加工，以求整齊。這種人力、物力和生產時間的消耗，是很值得注意減少的。

三、用鍛模進行生產，基本上可以消除技術事故所造成的廢品現象和材料的浪費現象。

像前面說過的一樣，祇要有一套合用的鍛模和它的操作規程，那末，從這個鍛模裏所壓鍛出來的成批鍛件，就帶有 1)、2) 兩項共同的優點；像無型鍛造那樣，因為鍛造過程中火候差別，尺寸誤差等技術事故，以致造成廢品的現象是不會有的。

另外，用鍛模進行生產，因為鍛壓次數大大減少，並且鍛件公差範圍又小，所以從鍛件的氧化鐵損失和用料定額方面來看，都有很好的經濟意義。

最後剩下來的是鍛件的毛邊問題，祇要加以適當的處理，它也並不會太影響鍛件的精密程度的（圖 5）。

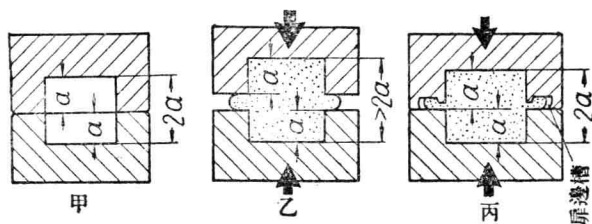


圖 5 鍛件的毛邊：

甲—模道厚度 a ，表示鍛件所要的尺寸；乙—毛邊使鍛件尺寸變了；
丙—在鍛模上有意地留出毛邊槽來保證鍛件尺寸準確。

以上所談的是，對於設計和使用鍛模應有的基本認識，下面我們來討論一下有關鍛模的設計和製造的具體問題。

二 談談模道設計中的幾個基本問題

設計模道的目的，當然是爲了希望用它鍛壓出一個最接近於機件成品的鍛件來。冷眼看來，這個問題好像十分簡單，既然鍛模的精確性很高，那末就依照成品圖的形狀規格來刻製模道，不是就可以了嗎？

但是在實際工作中，在處理模道設計的一些具體問題上，我們就必要根據前節講到的紅料在模道裏面的變形特性，而首先考慮到以下的幾個基本技術問題。

1 模道圓角和模道斜度 在前節圖 2、圖 3 的解釋裏，使我們認識到：

一、放進模道（指把紅料鍛成最後鍛件成品的模道而說）前的紅料體積，一定要比模道容積大一些；

二、紅料的填滿模道的變形活動，是先由模道的稜口強力地輾壓它而開始的；

三、再要突出地指明，紅料填充模道，是帶有一種強烈地漲擠作用在內的。

首先談談模道的稜口，它帶着機錘的壓力把抵在它上面的紅料輾壓變形，在這個時候被燒紅了的鋼料雖然帶有塑性了，可是它的抗張強度還是相當大的（參看表 1），於是紅料的變形活動就對模道稜口產生了很厲害的磨損作用。同時如果模道稜口太尖銳，也會使紅料向模道裏面的變形活動不太靈活。因此，模道的稜口都要設計成爲圓弧形倒角（圖 6）。同樣地爲了減低磨損和使紅料更容易填充模道每個角落，所以模道裏面一切尖銳折角的地方，一律

表1 在不同的溫度下,各種鋼料抗張強度的變化

常溫情況 σ_b的變化 加熱溫度°C	各種鋼料的抗張極限強度(σ_b)		
	60(公斤/公厘 ²)	80(公斤/公厘 ²)	100(公斤/公厘 ²)
1200	2	3.5	5
1100	3	5	7
1000	4.3	7.5	10
900	7	10	15
800	10	16	22
700	16	24	36

[例 原來 $\sigma_b=80$ 公斤/公厘² 的鋼料被加熱到 1000°C 的時候, 它的抗張強度是 7.5 公斤/公厘²。]

都改用圓角。

圓角半徑的大小, 要看鍛模壓下時, 所要填進模道裏面去的紅料體積而定。在鍛模壓下的那一剎那時間內, 必須填進很多的紅料, 凡是要漲擠到較遠的距離去填充模道的, 圓角就都要大些, 否則就可以稍小些。它們的尺寸可以從表 2 裏面來選用。

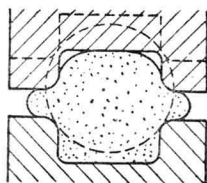


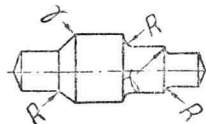
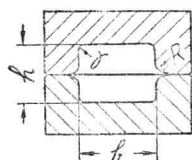
圖 6 模道的稜口要用圓弧形倒角。

用表 2 計算出來的圓角半徑數值, 應該儘可能根據它近似的狀況, 選用下列的標準數值:

1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30。

其次, 因為紅料是用強力漲擠方式來填滿模道的, 因而壓鍛成了的鍛件, 就很不容易取出來。爲了這樣, 設計模道的時候, 都要把一些垂直於水平線的立面改作傾斜面, 這種傾斜角度就叫做[模道斜度]; 模道斜度的大小, 因模道的長度、寬度和高度而定(長度、

表2 模道稜角的圓角半徑(公厘)



h = 模道的總高度(公厘)

R —— 代表內圓半徑

b = 模道的寬度(公厘)

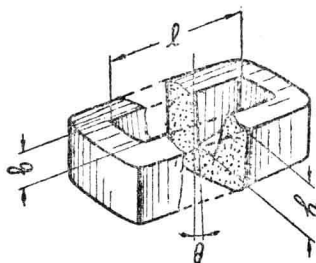
r —— 代表外圓半徑

h/b	r (公厘)	R (公厘)
2 以下	$0.05h + 0.5$	$2.5r + 0.5$
2~4	$0.06h + 0.5$	$3r + 0.5$
4 以上	$0.07h + 0.5$	$3.5r + 0.5$

寬度和高度都是根據上下模模道各個不同部分的情況，分別地來選定的。形體複雜的鍛件，各個地方的模道斜度也不能一樣。

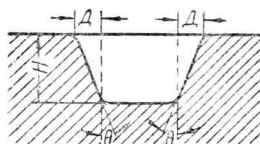
模道斜度的大小，可以根據表3來選取。

表3 模道斜度



θ l/b	h/b	1 以下	1~3	3~4.5	4.5~6.5	6.5~8	8 以上
1.5 以下		5°	7°	10°	12°	15°	15°
1.5 以上		3°	5°	7°	10°	12°	15°

表4 模道斜度和模道增加寬度的伸算表



模道斜度 H (公厘)	3°	5°	7°	10°	12°	15°
	(A) 的伸算數(公厘)					
1	0.05	0.12	0.09	0.18	0.21	0.27
2	0.10	0.25	0.17	0.35	0.42	0.54
3	0.16	0.37	0.26	0.53	0.64	0.80
4	0.21	0.49	0.35	0.71	0.85	1.07
5	0.26	0.61	0.44	0.88	1.06	1.34
6	0.31	0.74	0.52	1.06	1.23	1.61
7	0.37	0.86	0.61	1.23	1.49	1.88
8	0.42	0.98	0.70	1.41	1.70	2.14
9	0.47	1.11	0.79	1.59	1.91	2.41
10	0.52	1.23	0.87	1.76	2.13	2.68
20	1.05	2.46	1.75	3.53	4.25	5.36
30	1.57	3.68	2.62	5.29	6.38	8.04
40	2.10	4.91	3.50	7.05	8.50	10.72
50	2.62	6.14	4.37	8.82	10.63	13.40
60	3.14	7.37	5.25	10.58	12.75	16.08
70	3.67	8.60	6.12	12.34	14.83	18.76
80	4.19	9.82	7.00	14.11	17.00	21.44
90	4.72	11.05	7.87	15.87	19.13	24.12
100	5.24	12.28	8.75	17.63	21.26	26.79

模道斜度的用法，應當作爲外開角加在鍛件各該部位基礎立面之上，不容許因爲有模道斜度而把模道基礎尺寸減小了(圖7)。

鍛件的圓柱形尾梢部分，凡是這個尾梢在成品加工的時候要被切削成垂直端面的，模道梢尾就採用剪面斜度(圖8甲)；如果要被切削成爲凸面的，就採用凸面斜度(圖8乙)。

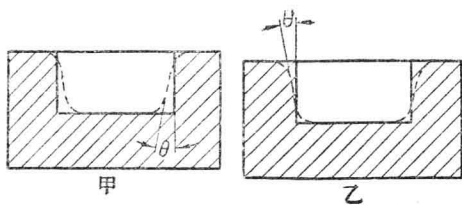


圖 7 模道斜度的用法:

甲—正確的；乙—錯誤的。圖上的模道實線表示基礎尺寸線；
虛線表示考慮了圓角和斜度的設計尺寸線。

2 確定模道分模面 在以前(圖 1)的解釋裏，初步地提示了鍛模模道的分模概念，大體上同鑄造的分型方法很相似。所不同的鑄型分型以怎樣能方便地拔出木模為考慮中心，而鍛模模道的分模，就要根據紅料在模道裏面的活動特徵，考慮到要怎樣地分模，才能使紅料更容易填滿模道，和更方便地從模道裏面取出完整的鍛件，同時還要考慮到鍛件纖維的方向和材料的節約。

使用鍛模模道來壓製鍛件，基本上是同用兩合砂箱澆鑄鑄件樣子相同；所以分模的方法因鍛件形狀的不同，可以是水平分模面的，也可以用坡度分模面或凸凹分模面(圖 9)。這裏要特別指出來一個分模原則，就是：模道（上模道或下模道）的深度要盡量比模道的寬度小。這樣紅料填充模道才能迅速和完整，鍛件才會很容易地從模道裏取出來(圖 10)。

一個鍛件必須掌握住從哪裏分模 這個原則，仔細地分析各個不同形體部分的情況來決定；如果遇到要違反這個原則時，那就應當用加大這部分的模道斜度來處理。此外，在鍛件的各個部位上，

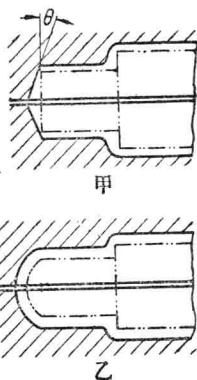


圖 8 模道尾梢的形式:

甲—用剪面斜度；乙—凸面斜度；圖中的想像線表示切削加工出的成品。

上下模道的深度都應當儘可能相等，也就是說分模面恰恰從鍛件的中心線把它分爲上下兩半；但是有時，爲了簡化分模面的曲度，或是爲了模道製造方便，有必要使某些部分的上下模道深度不能相等時，那末應當使較深的一方面做爲下模道（參看圖 9 乙）。

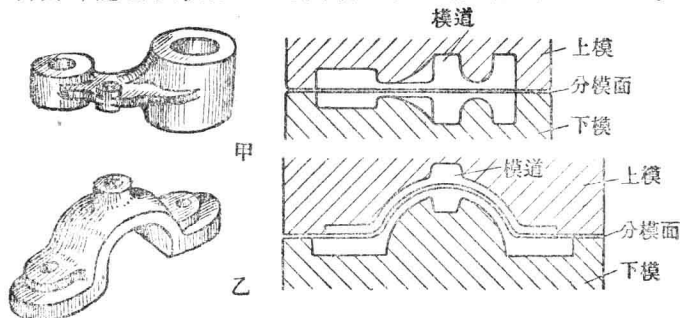


圖 9 鍛模分模面：
甲—用水平分模面的示例；乙—用凹凸分模面的示例。

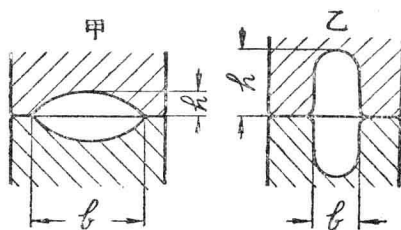


圖10 模道深度應比模道寬度小：
甲—對的($b > h$)；乙—錯的($b < h$)。

3 鍛件通孔的處理法 鍛模雖然有很好的精密工作性能，但是它却不能够在鍛件鍛壓出完全的通孔來。爲了這個原故，在一般鍛模設計工作上，鍛件的通孔直徑在 $\phi 25$ 公厘以下的，都不考慮孔的問題，而把這個通孔留給切削加工時鑽出來。 $\phi 25$ 公厘以上的通孔，就設計成爲相對凹進去但不相通的「孔」；等將來切鍛件毛邊的時候，再一齊把凹孔中間的「隔片」切掉（圖11）。

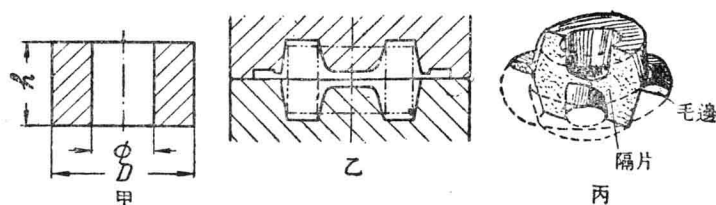


圖11 直徑在 $\phi 25$ 以上的模道:

甲—製件圖；乙—帶有凹孔的模道；丙—鍛出的鍛件(用半剖面表示)。

[隔片]的厚度,因凹孔的直徑和模道深度而定(圖12甲)。

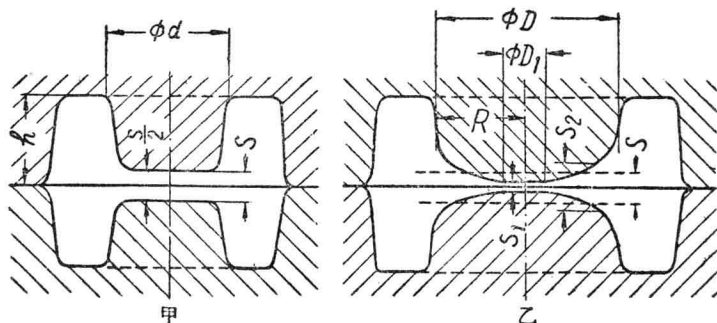


圖12 隔片的厚度:

甲—一般的孔；乙— $(D-1.25R) > 26$ 的大孔。

隔片的厚度 S , 可用下面的公式推算出來:

$$S = 0.45\sqrt{(d-0.25h)-5} + 0.6\sqrt{h} \quad (1)$$

式中 S ——隔片厚度(公厘), d ——鍛成後凹孔的直徑(公厘),
 h ——分模面到模道底的深度(公厘)

例 假設要在 40 公厘高的一個鍛件上鍛出 $\phi 30$ 公厘的凹孔來; 那末, $d = 30$, $h = \frac{40}{2} = 20$ 則這個模道的隔片厚度用公式 (1) 來推算:

$$S = 0.45\sqrt{(30-0.25 \times 20)-5} + 0.6\sqrt{20}$$

$$= 0.45 \times 4.47 + 0.6 \times 4.47 = 4.69, \text{ 用 } 4.7 \text{ 公厘}$$

在孔徑較大($D - 1.25R$) > 26 公厘的情況下(圖12乙)爲了使模道壓下的時候把紅料漲擠得更好,所以壓孔的凸出模道頂面,就要製成大弧度的平頂凸狀;也就是說隔片要被壓成平底弧形面。

$$\text{這時隔片厚度的最大尺寸 } S_2 = 1.35 \times S \quad (2)$$

$$\text{最小尺寸 } S_1 = 0.65 \times S \quad (3)$$

S 是平均厚度,仍然用公式(1)來求。

$$\text{隔片當中平底部分的直徑 } D_1 = 0.12D + 3 \quad (4)$$

例 假如要在 60 公厘高的一個鍛件上,鍛出 $\phi 80$ 公厘的凹孔來,那末,先用 ($D - 1.25R$) 的公式來檢查一下孔的大小,得出 $(80 - 1.25 \times 40) = 30$, 因 $30 > 26$, 所以隔片的設計要用(2)、(3)、(4)等三個公式來決定。

先用公式(1)求出平均厚度

$$S = 0.45\sqrt{(80-0.25 \times 30)-5} + 0.6\sqrt{30}$$

$$= 0.45\sqrt{67.5} + 3.29$$

$$= 3.7 + 3.29 = 6.99, \text{ 用 } 3 \text{ 公厘。}$$

$$\text{由公式(2), } S_2 = 1.35 \times S,$$

$$\therefore S_2 = 1.35 \times 8 = 10.8 \text{ 公厘。}$$

$$\text{再由公式(3); } S_1 = 0.65 \times S,$$

$$\therefore S_1 = 0.65 \times 8 = 5.2 \text{ 公厘。}$$

中間平底部分的直徑 D_1 , 由公式(4)得出:

$$D_1 = 0.12 \times 80 + 3 = 9.6 + 3 = 12.6 \text{ 公厘。}$$

4 模道毛邊槽 在前節關於(圖3)的解說裏,我們了解到鍛件毛邊是塑性金屬在錘上鍛模裏變形過程中一定會產生的。紅料的形狀和體積越接近於模道的規格,所壓出來的毛邊就可以越少;