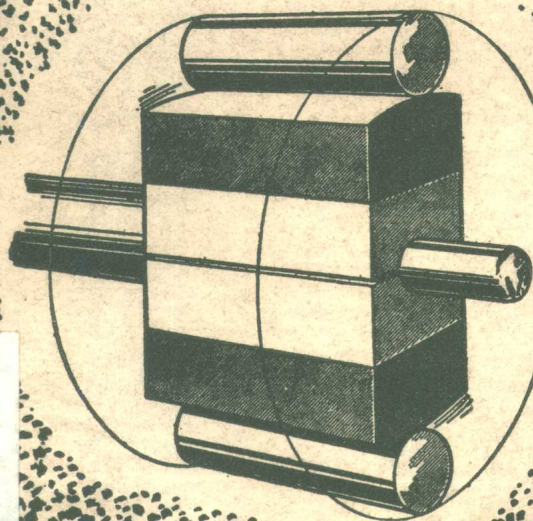


旋转模锻



机械工业出版社

316

6

旋轉模鍛



旋 轉 模 鍛

邵 詒 編 著



机械工业出版社

出版者的話

旋轉模鍛是金屬加工的一種先進工藝。它的優點是生產率高，製品精度高，質量好，又能節省金屬材料。

本書對旋轉模鍛的原理、鍛機的構造、鍛模的設計與製造、鍛造工藝等作了系統詳盡的敘述。

本書供機械製造業的工程技術人員參考。

E-16-1

NO. 1374

1957年8月第一版 1958年12月第一版第二次印刷

850×1168¹/₃₂ 字數 50 千字 印張 2¹/₄ 2,201—5,600 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)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證出字第 008 號 定價(10) 0.46 元

序

旋轉模鍛是一種先進的壓力加工工藝。它利用一對或兩對鍛模，一面繞中心旋轉，一面以高的頻率將制件鍛壓成形。制件的精度可以達到3級至2級，冷鍛時表面光潔度可以達到8~10級。因此，這一方法不僅可以大大地節約金屬材料和提高制件的質量，對某些制件還可以成功地代替車削和磨削加工，提高勞動生產率。就性質來說，旋轉模鍛屬於精密模鍛的範圍。

本書是參考蘇聯和美、英各國的有關資料，根據國內設計、製造和使用旋轉模鍛機的經驗編著而成的。對於旋轉模鍛的原理、機器的設計、計算，鍛模的設計、製造，以及旋轉模鍛機的应用，作了尽可能詳細的敘述。最後并舉出制件容易產生的幾種疵病及其糾正方法。

在本書的編著過程中，承國營天津紡織機械廠惠借參考書刊，國營上海第二紡織機械廠陳瑞承、沈思、金光楹諸同志給予指導及鼓勵，謹在此表示衷心的感謝。

由於個人水平的限制和參考書籍不足，書中值得討論和研究的問題必然不少。個人誠懇地期待着各位專家及讀者坦率的指正，以使旋轉模鍛能健康地走入我國機械製造工藝的行列中來，為社會主義建設事業服務。

邵 詒 1956.11.10.

目 次

序	3
第一章 旋轉模鍛的原理	5
1 旋轉模鍛的基本原理	5
2 鍛壓力的分析	7
3 制件的變形和成形	8
第二章 鍛模的設計和製造	12
4 鍛模橢圓度的決定	12
5 圓錐進料角和進料部分長度的選擇	14
6 多錐形制件用鍛模的設計	16
7 尖形制件用鍛模的設計	17
8 鍛模的製造	17
9 鍛模材料的選用和熱處理	18
10 鍛模的維護和修理	20
第三章 旋轉模鍛機的結構和計算	21
11 旋轉模鍛機的基本結構	21
12 旋轉模鍛機的类型	24
13 鍛模旋轉式模鍛機	25
14 鍛模不旋轉式模鍛機	28
15 旋轉模鍛機的主要規格	31
16 旋轉模鍛機的計算	34
第四章 旋轉模鍛機的操作	44
17 鍛造棒料制件时的操作	44
18 鍛造管料制件时的操作	45
19 裝配操作	46
20 進料方法	47
21 旋轉模鍛機的潤滑	51
22 冷鍛和熱鍛	51
23 鍛造过程自动化举例(冷鍛斜銷)	52
第五章 旋轉模鍛的經濟價值和应用	57
24 旋轉模鍛的優點	57
25 旋轉模鍛機的应用	57
26 旋轉模鍛制件的尺寸範圍	61
27 旋轉模鍛制件生产实例	61
第六章 制件的疵病和糾正的方法	63
主要參考文獻	64

第一章 旋轉模鍛的原理

1 旋轉模鍛的基本原理

旋轉模鍛是金屬壓力加工的一種先進工藝。

旋轉模鍛是利用一付或兩付(互成直角)鍛模圍繞制件旋轉，並進行迅速的往復動作來鍛压制件，使制件達到與鍛模內形相符合的形狀。

圖1是旋轉模鍛原理的示意圖(此圖是利用一付鍛模的)。鍛

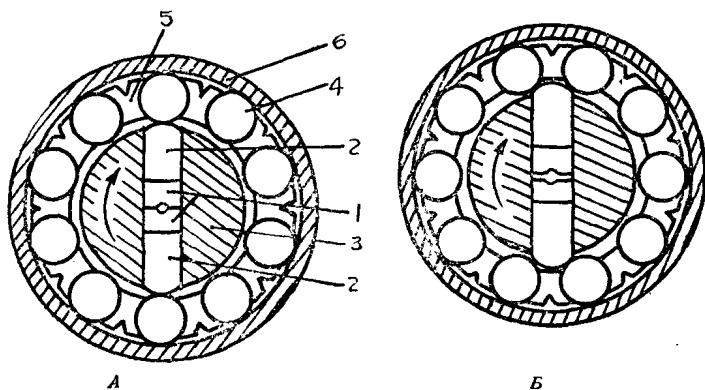


圖1 鍛模旋轉式旋轉模鍛
原理圖(一付鍛模)。

模1和位在鍛模后面的滑塊2嵌在主軸3的槽內隨主軸而旋轉。在主軸的圓周上，有成偶數的滾柱4，滾柱由夾圈5固定其相互位置，並套在外環6之內。

當主軸旋轉時，由於離心力的作用，鍛模及滑塊同時向兩相反的方向分離，使鍛模張開。當主軸旋轉到圖1A所示的位置時，鍛模和滑塊與一對滾柱成一直線，滾柱便壓在滑塊的圓弧部分上，迫使滑塊向內壓入，推動鍛模向主軸中心方向移動，產生鍛壓作用。這一位置是鍛壓位置。

主軸繼續旋轉到圖 1 B 所示的位置時，鍛模和滑塊的位置處在相鄰的兩對滾柱之間，鍛模因離心力而張開，這時鍛模之間的距離最大。這一位置是進料位置。鍛模就是這樣地一方面隨主軸的旋轉而旋轉，同時又作上述迅速的、周期性的往復運動，使制件的斷面減小，部分金屬材料沿軸線的前後兩個方向變形移動（如圖 2 所示）。在圖 1 所示的機構中，主軸每轉一周，制件可以受到 10 次鍛壓（因為有 10 個滾柱）。

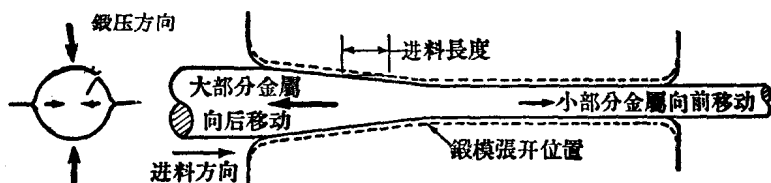


圖 2 鍛壓時坯料金屬的移動。

上面所述的是鍛模隨主軸旋轉的模鍛機的作用原理。在這類旋轉模鍛機上，制件在未鍛壓前的斷面可以是圓形、方形、六角形或其他只要是对称的任何斷面的材料。經過鍛壓後，雖然它的外形將根據鍛模的形狀而改變，但是成品制件的斷面一定是圓形的。因為在這類模鍛機上，鍛模是圍繞主軸的中心——也就是制件的中心而旋轉的。

另一種類型的旋轉模鍛機，是鍛模及滑塊不旋轉，只在固定的槽中做往復運動，而外環及滾柱旋轉，利用滾柱在旋轉時對於滑塊圓弧部分的壓力作用，推動鍛模鍛壓制件。鍛模的張開是利用壓縮彈簧。圖 3 所示是兩付鍛模時的原理圖，鍛模以鳩尾樺方式嵌入滑塊中，由四個壓縮彈簧將滑塊向外頂出，以保持鍛模的張開狀態。

在這類旋轉模鍛機上，成品制件的斷面可以是圓形的，也可以隨鍛模形狀的不同而鍛成斷面為方形、矩形或其他不對稱形狀的制件。

旋轉模鍛的作用原理與落錘鍛造或氣錘鍛造不同，旋轉模鍛是基于壓力的作用而不是衝擊力的作用。旋轉模鍛是以超過制件材料抗壓強度的壓力連續作用在制件上，來造成金屬的塑性變形和內部顆粒結晶的轉移。因此，旋轉模鍛可以使制件材料的組織緊密而細緻，從而提高制件的抗拉強度和彈性極限，改善其質量。

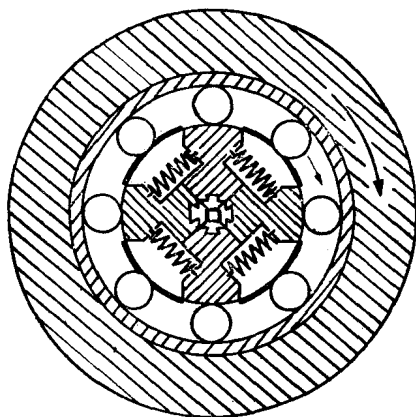


圖3 鍛模下旋轉式旋轉模鍛原理圖（兩付鍛模）。

在任何條件下，應尽可能採用冷鍛，以同時得到高的制件精度和良好的表面光潔度。

2 鍛壓力的分析

制件在鍛壓過程中，所受的鍛壓力是不斷變化着的，從鍛模和滑塊與一對滾柱成直線時的最大鍛壓力狀態（圖1A），到鍛模和滑塊處於兩對滾柱之間時的沒有鍛壓力的狀態（圖1B）。在這兩種狀態之間，由於滑塊與滾柱的接觸點的變化，產生了鍛壓力矩的變化。力矩的變化直到滑塊與滾柱的中心在一直線上、力矩等於零時為止。鍛壓力矩在極短的時間（幾分之一秒或幾十分之一秒）內周而復始地變化着。

當滑塊與滾柱在圖4所示的接觸位置時，設在接觸點上的力為 P ，則產生的力矩應為：

$$M_{KP} = 2Pr \cos \gamma。$$

蘇聯制造的旋轉模鍛機中的 γ 值，一般變化不大，可以取為常數。 γ 角的變化範圍可以從 γ_{min} （ γ_{min} 由滾柱、夾圈和滑塊等

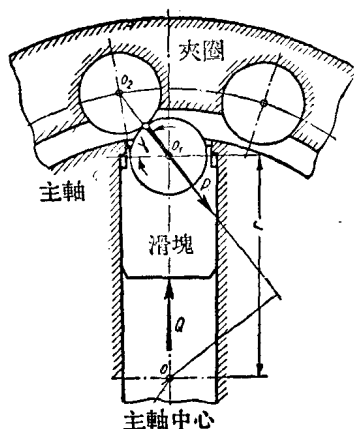


圖 4

取得，因此，要保證鍛壓工作的穩定，穩定主軸的旋轉速度是十分重要的。要使主軸穩定地旋轉，必須在主軸上有能儲備足够動能和有足夠強度的飛輪。因此，在旋轉模鍛機中，除鍛模以外，飛輪是另一個主要部件。

在鍛模旋轉式旋轉模鍛機中，飛輪有時兼做皮帶輪用，由電動機通過三角皮帶帶動飛輪，傳動主軸。經驗證明，這種設計（圖21和22）比較簡單，而效果也很好。

在鍛模不旋轉式旋轉模鍛機的飛輪設計上，一般採用皮帶輪、飛輪及旋轉外殼的幷合設計（圖26、27），由電動機直接帶動。

3 制件的變形和成形

圖5是典型的鍛細作業用的鍛模的立體圖（所示是一付鍛模的一半）。

鍛模包括兩個主要部分；成形部分（在鍛細作業中是圓柱部分）和圓錐進料部分。

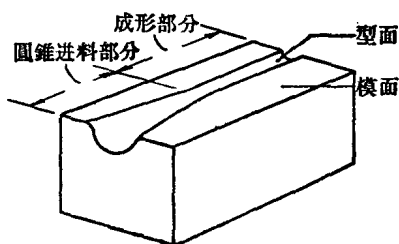


圖5 鍛細用的鍛模。

相關件的尺寸決定）到 $\gamma_{max} = 90^\circ$ (O, O_1, O_2 在一直線上)。當 $\gamma_{max} = 90^\circ$ 時， $M_{kp} = 0$ 。

P 力的大小是隨鍛模的反作用力 Q 、鍛模和滑塊側面的摩擦阻力和鍛模及滑塊的離心力而變化的。作用在制件上的力，除 Q 力之外，還必須有沿進料方向的力。

由於鍛壓力在每相鄰滾柱之間的不斷變化，而鍛壓力的動能又主要是從主軸的旋轉速度上

鍛压开始时，制件自圓錐进料部分进入。制件开始与鍛模接触后，制件即受到与进料方向相反的，由于进料部分圓錐角所形成的反作用分力，它的趋势是将制件向后挤出。必須認識到，这个趋势是正常的，它說明制件已在开始塑性变形。在制件上，向后挤出的力比向前延伸的力大，因为制件向后移动的金属变形体积比向前的体积大。进料的力的大部分，首先要克服金属变形的推挤力，才能將制件向前推进(参看圖3)。

金属的主要变形是在鍛模的圓錐进料部分。在鍛压圆柱形制件时，制件在鍛模张开时进料，第一次鍛压后，制件端部变形成为与鍛模的圓錐进料部分錐度相同的形状。随着每次进料，制件端部增加其与鍛模的圓錐进料部分錐度相同的长度。这种情形，一直繼續到制件一端的錐形长度与鍛模的圓錐进料部分的工作长度相等时为止，如圖6 A、B所示。

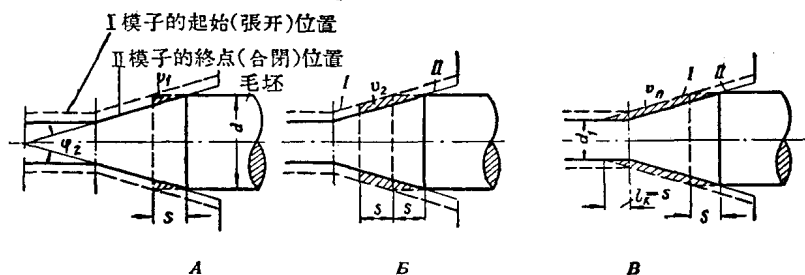


圖6 鍛制圆柱形制件时坯料的連續变形。

此后，制件如繼續向前給进，制件就不仅在鍛模的圓錐进料部分受到鍛压，同时也在长度为 s 的鍛模圆柱部分(即成形部分)受到鍛压(s 是鍛模一次張开时制件的进料长度)。因此，超出鍛模的圓錐进料部分而进入圆柱部分的制件，其直径就达到了成品尺寸 d_1 。

制件在从鍛压开始到超出鍛模的圓錐进料部分之前，每次給进时的变形体积是逐次增加的。从开始超出鍛模的圓錐进料部分进入圆柱部分时起，变形体积便不再变化。在圖6 A 中 v_1 是第一

次鍛壓時制件金屬變形的體積，圖6B中的 v_2 是制件第二次給進時的變形體積，圖6B中的 v_n 是制件超出鍛模的圓錐進料部分位置時的變形體積。制件在以后繼續給進時， v_n 不再變化，直到制件完全通過鍛模時，再依次遞減到零為止。在圖6中， d 為制件未鍛壓前的直徑， d_1 為成品制件的直徑， φ_2 是鍛模圓錐進料部分的圓錐角。

鍛壓錐形制件，它的錐形長度超過鍛模長度很多時，可以採用另一種結構的鍛模旋轉式旋轉模鍛機。這種機器的結構特點，是利用在滑塊與鍛模之間加斜楔，或在滾柱外面加一個外平內斜的靠模圈和錐形的滾柱（詳見第13節），來控制鍛模的位置。在鍛壓長錐形制件時，是使鍛模在每次鍛壓後不回到它原來的位置，而與進料機構相聯接，向制件直徑方向逐漸張大或縮小，將制件鍛壓成長錐形。

圖7是鍛壓長錐形制件時的金屬變形圖， φ 是制件錐角。

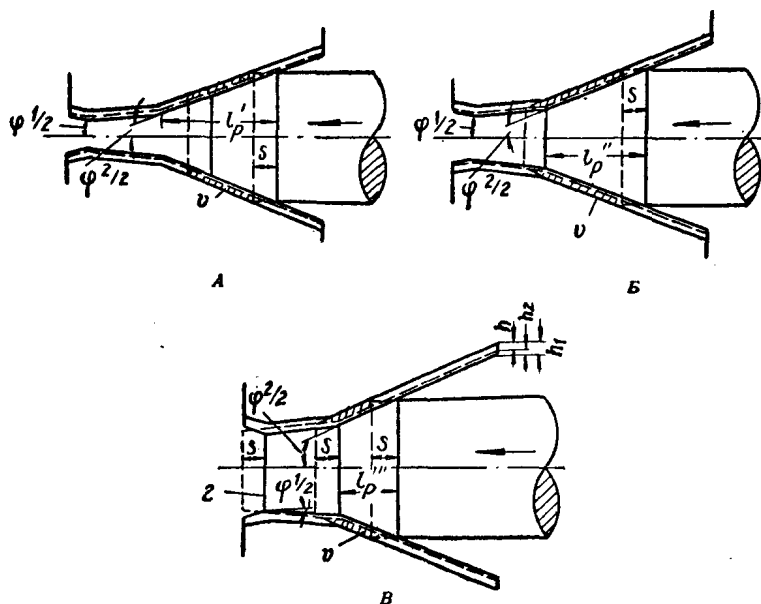


圖7 鍛制圓錐形坯料時坯料的連續變形。

在圖 7 中, 当制件給进 s 長度时, 鍛模向徑向張开 h_1 , 但在一次鍛压后, 鍛模只軋进 h 的距离 (h 是鍛模的工作行程, 也就是鍛模的張开度)。因此, 制件在每給进一次后, 鍛模將离开它原来位置 h_2 的距离 ($h_2 = h_1 - h$), 直到达到制件所需要的錐形为止。

制件在第一次受鍛压时, 端部变形成为与鍛模圓錐进料部分相同的錐形。随着制件上錐形的逐步形成, 鍛模圓錐进料部分的有效工作長度逐渐減短(如圖 7 中, $l_{p'''} < l''_p < l_p'$), 直至鍛压过程結束时为零。

从制件开始超出鍛模的圓錐进料部分时起, 在長度为 s 的成形圓錐部分也同时产生变形。

制件金屬变形的体积, 在开始超出鍛模圓錐进料部分之前是逐渐增加的, 在剛剛超出时最大。此后, 变形体积便逐渐减小, 直到錐形成形結束时为零。

圖 8 是鍛制錐形方向与給进方向相反的長錐形制件的金屬变形圖。

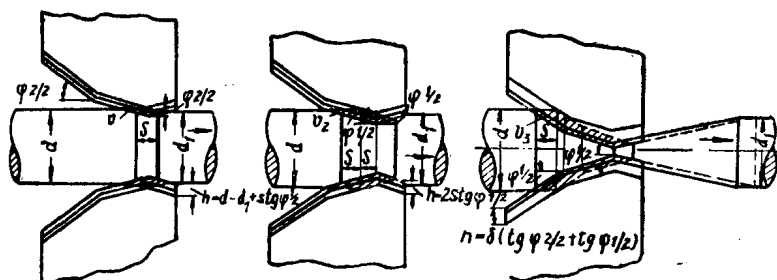


圖 8 鍛制錐形方向与給进方向相反的長錐形制件时金屬的变形。

在这种情况下, 制件开始是在鍛模的出口圓錐部分長度为 s 处变形, 然后方在出口圓錐部分和成形圓錐部分产生变形。随着錐形的形成, 制件在鍛模的出口圓錐部分、成形圓錐部分和圓錐进料部分同时变形。

制件材料的变形体积随制件的給进而增加, 而在錐形成形时

为最大。

在旋轉模鍛机的鍛压过程中，同名不同方向的不均匀压力是造成金屬塑性变形的主应力。两个压力变形 σ_1 、 σ_3 和一个拉力变形 σ_2 是它的主变形（見圖 9）。这种情形，具有金屬塑性变形最理想的条件。因此，一次鍛压的制件断面压缩率，一般可以达到 40~60%（断面压缩率主要决定于制件材料的抗压强度）。

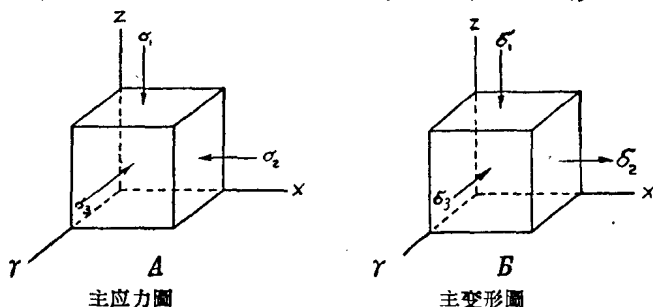


圖 9

第二章 鍛模的設計和制造

4 鍛模橢圓度的決定

一付鍛模在并合之后，其型面部分的断面不應該是正圓形的，而是應該有一定的橢圓度和兩側間隙（如圖10所示）。这样，才可以保證鍛模在承受高的重复压力时不致开裂。在一般情况下，造成鍛模开裂的原因，有90%左右是由于鍛模的橢圓度不恰当所引起的。因此，在設計鍛模时，必須十分注意选择正确的橢圓度。

鍛模的橢圓度决定于制件的材料、尺寸和进料部分的圓錐度。除冷

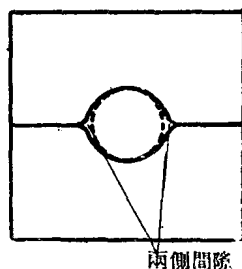


圖10 鍛模的橢圓度。

鍛鉛質材料外，其他金屬都需要有一定的橢圓度。橢圓度的大小，应根据下列原則決定：

1. 冷鍛合金鋼材料制件時鍛模的橢圓度，應比冷鍛低碳鋼或黃銅時為大。

2. 冷鍛較小直徑制件時鍛模的橢圓度，相對的說，應比冷鍛較大直徑制件時為大。

3. 一付鍛模中，鍛模的圓錐進料部分的橢圓度，應比成形部分為大。

4. 冷鍛實心棒料時鍛模的橢圓度，應比冷鍛管料時為大。

鍛模實際上並不是橢圓形的。鍛模的橢圓度是指一付鍛模在并合狀態下兩垂直座標上的直徑差。

橢圓度數值的選擇範圍很大，可以為制件直徑的 2 ~ 15%。

表 1 所列的數值可以作為決定鍛模橢圓度時的參考。

表1 鍛模的橢圓度

實心棒料：

制件直徑 (公厘)	合金鋼， 鑽 杆	低 碳 鋼	硬 黃 銅	紫 銅	鉛
0.8	用油石將模口倒圓角				沒有橢 圓度
1.6	制件直徑的 3 %				
3.2	制件直徑的 4 %				
4.8	制件直徑的 2 %				
6.4~20	右面數值的 1.25倍	圓錐進料部分： 圓錐角每一度取 0.025 公厘 + 制件直徑的 0.5~1%。 成形部分： 圓錐進料部分的橢圓度 — 0.075~0.10公厘。			

管料：

外徑與壁厚之比	橢 圓 度
25以上	沒有橢圓度
10~24	實心棒料的60%
6~9	與實心棒料同

在使用新制的鍛模時，由於橢圓度的存在，制件與鍛模的接觸部分距離模面較大。但在不斷的使用中，由於制件金屬在鍛模中的變形移動，對鍛模起着軋輾的作用，造成型面的磨損，這樣，制件與鍛模的接觸面就增加了，制件和鍛模型面的接觸點與模面的距離就逐漸減小（見圖11A）。

在圖11A中，制件與鍛模接觸點 C ，在不斷使用中移至 C' 點，它與鍛模模面的距離也從 l 減少到 l' 。這樣，制件與型面的接觸面增加了，也就是增加了鍛模的工作角。鍛模的工作角一般應在 120° 左右，過大的工作角容易使鍛模在鍛壓過程中開裂。因此，在設計鍛模的橢圓度時，必須保證距離 l 大於制件完工直徑的 $1/3$ ，等於或小於這個尺寸時，應該加大橢圓度。

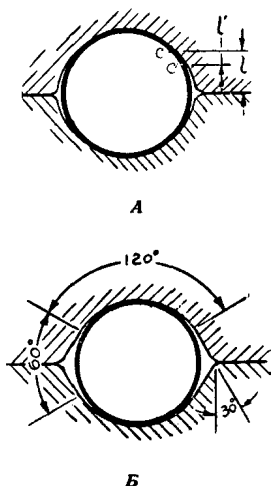


圖 11

防止鍛模工作角逐漸增加的办法，是將型面上超過 120° 的部分作成切綫形，使一付鍛模并合後的兩側間隙圓心角各成 60° ，如圖11B所示。

使用兩付互成直角的鍛模時，不需要有橢圓度。鍛模前端兩側各做 45° 的斜面，型面也較淺。兩付鍛模的設計通常多用在尺寸較大的管料或材料較軟（如黃銅）的制件上。

5 圓錐进料角和进料部分長度的选择

選擇鍛模的圓錐进料角 φ_2 （見圖12），也是鍛模設計中的主要部分之一。圓錐进料角與制件的材料和形狀有密切的關係。如制件是錐形的，它的圓錐进料角應根據制件的圓錐度來決定。如制件是圓柱形的、通過鍛壓只是改變制件的直徑時，鍛模的圓錐进料角是有着較大的變化範圍的。

冷鍛實心棒料時，如用手工进料， φ_2 角以不超過 $8^\circ \sim 12^\circ$ 為

宜。手工进料时应当注意的是，鍛模型面及制件表面必須沒有油，否則在进料时会發生「頂回」的現象，使得进料困难。

采用进料装置鍛制尺寸較大的棒料制件时，可以适当增加圓錐进料角，直到 20° 。在鍛細作業中，如果鍛細的断面比例过大，应当根据适当的圓錐进料角来决定鍛压的次数，不应强求一次鍛成。

冷鍛管料时可以采用較大的 φ_2 角；在冷鍛黃銅管料时，鍛模的圓錐进料角可达 34° 。

圓錐进料部分的長度，与其角度及制件断面壓縮比成以下的关系：

$$l = \frac{d - d_1}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2}},$$

式中 l ——鍛模圓錐进料部分的長度(公厘)；

d ——制件鍛压前的直徑(公厘)；

d_1 ——制件鍛压后的直徑(公厘)；

φ_2 ——鍛模圓錐进料角。

在圖12中，倒圓角半徑 r_1 及 r_2 的数值，在制件直徑为 $1 \sim 20$ 公厘时，可以采取下列数值：

$r_1 = 1 \sim 5$ 公厘；

$r_2 = 1 \sim 2$ 公厘。

鍛压管料时， r_2 可用管壁厚度的数值。

在有靠模圈裝置的鍛模旋轉式旋轉模鍛机上鍛压長錘形制件时，也可

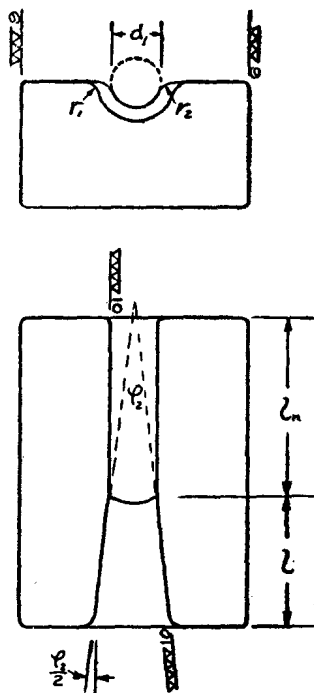


圖 12