



机械工人  
活叶学习材料

418

# 怎样节约 锻件的金属

吴听松、辛宗仁编著

机械工业出版社

**內容提要** 本書講解鍛工車間怎樣節約鍛件的金屬問題。首先對金屬材料消耗進行系統的分析，而後提出在自由鍛造和模型鍛造時節約金屬的各種方法和措施。此外，還指出了節約鍛件金屬的方向。本書可供三級以上鍛工和模鍛工作為學習材料。

編著者：吳昕松、辛宗仁

NO. 3010

1959年5月第一版 1959年5月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字數 43 千字 印張 2 00,001—15,050 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  
許可証出字第008號

統一書號 T 15033·1885

定 價 (9) 0.19 元

鍛工車間的任務是把金屬毛坯（色坯鋼錠，軋材等）鍛成各種鍛件。在鍛件的成本中，材料費用通常占 70~90 % 左右。金屬材料的消耗量對鍛件的成​​本影響很大。所以為了降低成​​本，必須採取各種措施，提高鍛件的金屬利用率。

在黨的總路線的光輝照耀下，當前我國各項工業都在以空前的速度向前發展着。我國鋼鐵工業發展的速度是很快的，但暫時還不能滿足要求。必須認識，今天黨和政府再三號召我們要想盡一切辦法來提高金屬利用率和節約原材料，這是一項重要的政治任務。這項工作是從事工業建設人們的一項長期的任務，也是鍛工、設計師和工藝人員的一項經常任務。尤其是我們鍛工是直接幹活的，因此對節約金屬材料就擔負着很重大的責任。

大家知道，提高鍛件的質量和減少廢品，是金屬的最大節約，因為機械工人活葉學習材料另有專冊來談這個題目，所以在这本小冊子上就不討論這個問題了。

这本小冊子的目的就是要想通過對金屬材料消耗的系統分析，並提出一些在鍛工車間節約金屬的方向和具體辦法，供同志們在工作中參考。

## 一 鍛造時的金屬利用率

1. 什么是金屬利用率 簡單的說，金屬利用率就是所製成零件的重量和材料消耗定額的比例。這一比例通常用百分比來表示。

$$\frac{\text{零件的重量}}{\text{材料消耗定額}} = \text{金屬利用率} \quad (1)$$

例如有一個齒輪

定額是 6 公斤，

它的金屬利用率如下：

$$\text{金屬利用率} = \frac{3}{6} = 0.5, \text{即} 50\%。$$

在鍛工車間中表示金屬利用率另一種方法是用鍛造利用率來表示：

$$\text{鍛造利用率} = \frac{\text{鍛件的重量}}{\text{毛坯的重量}} \quad (2)$$

例如有一個鍛件的重量是 8 公斤，毛坯重 10 公斤，那末

$$\text{鍛造利用率} = \frac{8}{10} = 0.80 \text{ 或 } 80\%。$$

要想表示出製造某一零件金屬消耗是否節約，只用鍛造利用率是不夠的，而主要是看整個零件的金屬利用率（公式 1）。要是我們鍛出來的鍛件 [肥頭大耳]，雖然鍛造利用率很高（用公式 2），但在機械加工時，余量很多使大量金屬變為鉄屑，這樣金屬利用率还是很低的。現在我們舉一例子來說明這個問題。

例：某一齒輪零件的重量為 3 公斤。用自由鍛時，使用毛坯重 12 公斤，材料消耗定額是 12.2 公斤，鍛件重量是 11.4 公斤。如用模鍛，毛坯重 7.5 公斤，材料消耗定額是 7.8 公斤，鍛件重 6.2 公斤。求在兩種情況下的金屬利用率。

$$\text{自由鍛時：鍛造利用率} = \frac{\text{鍛件的重量}}{\text{毛坯的重量}} = \frac{11.4}{12} = 0.95 \text{ 或 } 95\%$$

$$\text{金屬利用率} = \frac{\text{零件的重量}}{\text{材料消耗定額}} = \frac{3}{12.2} = 0.25 \text{ 或 } 25\%$$

$$\text{模鍛時：鍛造利用率} = \frac{6.2}{7.5} = 0.825 \text{ 或 } 82.5\%$$

$$\text{金屬利用率} = \frac{3}{7.8} = 0.385 \text{ 或 } 38.5\%$$

從上面的兩個例子中可以看出，雖然模鍛時鍛造利用率比自由鍛時低（各為 82.5% 和 95%），但是由於模鍛時鍛件的形狀更接近成品，雖然有毛邊損失，而材料利用率比從自由鍛時的 25% 提高

到38.5%。这样每个鍛件能节省4.4公斤材料。因此金屬利用率的高低应该由零件的利用率表示（用公式1計算）。

2. 鍛件和成品相比，金屬消耗在那里 前面說过，零件模鍛时金屬利用率只有38.5%。零件重量是3公斤而鍛件重6公斤，这50%的金屬到那里去了，現在来談一下。

1) 加工余量 由于鍛件的精度和表面光潔度及鍛件的表面缺陷不能滿足零件的加工要求，所以要在加工的表面留一層金屬，用机械加工的方法来得到要求的精度和光潔度。这一層金屬叫做加工余量。加工余量越小，鍛件的金屬就越節約。

2) 鍛造公差 鍛造时由于設備、工艺及模具等原因，不可能使鍛件获得准确的公称尺寸，因此我們常規定出一个允許偏差的範圍，这种範圍叫做鍛造公差。公差分正公差和負公差两种。正公差是比加工余量大的允許数值，而負公差是允許比規定余量小的数值。例如一根軸的加工余量这样表示： $3 \pm 1.5$ 公厘，就是說余量最大可为4.5公厘，最小为2.5公厘，+1.5是正公差，-0.5为負公差。很明显，公差越小，加工余量的实际大小也越小，所以材料消耗就少。为了節約材料，我們把公差減得越小越好，最好是負公差。

3) 敷料 鍛造时受着設備或鍛造方法的限制，不能把鍛造形状鍛得跟零件接近（就是說鍛件跟零件只差加工余量），或是为了簡化加工过程，在鍛件上留下多余的金屬，然后再用机械加工或其他方法切去。这些留下的多余金屬就叫做敷料。例如圖1乙上双綫部分就是敷料。这部分敷料是由于采用模鍛錘鍛造，而不得~~不~~留下多余的金屬。如果用平鍛机鍛造时，这些敷料就没有了，平鍛的零件如圖1甲所示。这样根据鍛件的形状，采用先进的工艺設備等方法来减少鍛件的敷料，对節約金屬材料有很大的帮助。

3. 鍛造過程中的  
工藝消耗 大家都知  
道，我們在計算毛坯的  
重量時用下面的公式：

毛坯重量 = 鍛件重  
量 + 工藝消耗。

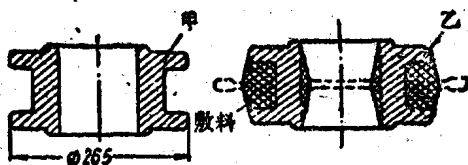


圖1 鍛件圖：

甲—用平鍛機鍛成；乙—用錘模鍛鍛成。

鍛件重量是根據零件形狀加上加工余量和公差，然後分成幾個簡單的幾何形狀計算出來的。在鍛造過程中又有許多金屬消耗掉。為了減少這些金屬的消耗（工藝消耗），我們必須首先知道有那些工藝消耗和產生這些消耗的原因。

1) 自由鍛時的工藝消耗 自由鍛時的工藝消耗主要有以下各種：

**燒損** 鍛造是在高溫下進行的。金屬在加熱的過程中就要產生氧化皮，變成氧化皮的這部分金屬我們叫它做「燒損」。燒損是不可避免的，我們的方向是要使燒損越少越好。

**切頭** 自由鍛時，由於使用的是較簡單的工具，不可能鍛出準確尺寸，因此必須把材料放大，然後用切割的方法來滿足鍛件所需要的尺寸，這樣就造成不必要的切頭而浪費很多金屬（參看圖2）。

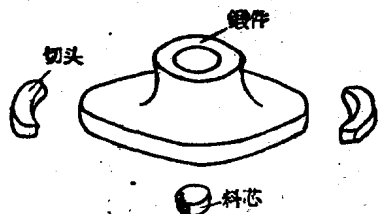


圖2 鍛件的料頭和料芯

**料芯** 在進行沖孔工序時，一般情況都有一個料芯被沖掉（如圖2）。

此外，還有其他損失，如胎模鍛造時的毛刺，使用鋼鍛作原材料時的冒口和錠底等。

2) 模鍛時的工藝消耗 根據模鍛設備和鍛件形狀的不同，

模鍛時的工藝消耗有以下几种：

**夾鉗頭** 在模鍛長杆類鍛件時（如發動機連杆），由於在鍛造過程中用鉗子來夾住毛坯以便進行拔長、輾光（聚壓）和彎曲終鍛等工序，所以要留下夾鉗頭，在模鍛後切邊時一同切去，如圖3所示的鍛件。

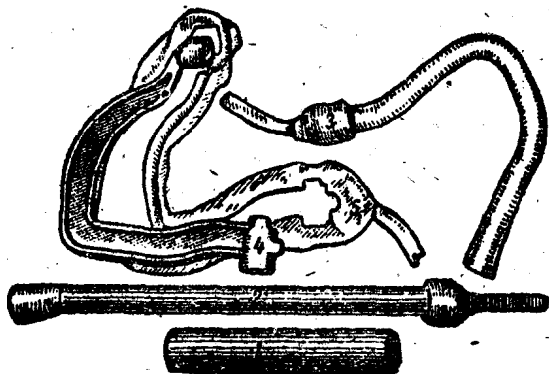


圖3 曲杆的模鍛過程：

1—厚毛坯；2—拔長和輾光（聚壓）後的毛坯，右面卡細部份為鉗頭；3—彎曲後的毛坯；4—鍛件；5—切下的毛邊和夾鉗頭。

**毛邊** 開口模鍛時（如在模鍛錘上模鍛），為了使鍛件充滿模膛情況良好，而使在鍛件四周產生一圈毛邊，來增加金屬向外流動的阻力。所以在下料時必須預先增加一部分金屬，使在鍛造過程中形成毛邊。此外，下料時多餘的材料也被擠到毛邊槽中，因此毛邊在開口模鍛時是不可避免的。毛邊的形狀如圖3中的5所示。

**料芯** 在模鍛錘上模鍛時，不可能鍛出一個穿透的孔，所以在鍛好的鍛件中間還留一層金屬，這層金屬叫做料芯、連皮或內邊。料芯一般是很难減小的，所以為了減少金屬消耗，必須設法來利用這部分金屬。

**料头** 在平鍛机上模鍛穿孔类鍛件时，为了能保证金屬在成形过程中不被推出，所以必須留一段棒料讓平鍛机的夹模来夹紧。当这段金屬的長度除了够夹紧的部分外而不能再鍛一个鍛件时，对平鍛机來說，它就成了廢料。为了节约金屬，必須减少这段料头的長度和充分利用这种料头。

**燒損** 和自由鍛时一样，这里就不多講了。

到这里，我們知道了鍛件为什么比零件重，同时也知道了鍛造过程中有那些損失。为了在节约鍛件的金屬，下面我們来談一談怎样使鍛件的形状接近零件，怎样来减少工艺消耗。

## 二 自由鍛时怎样节约金屬

**1. 减少鍛件的余量和公差** 鍛件上面必須留加工余量和公差的原因前面已經講过了。在鍛件上不容易鍛得准确的地方，要留較大的加工余量和公差。所以我們要想减小余量和公差，除了提高鍛造技术外，應該設法使难鍛的地方用簡便的方法鍛出，使不易掌握的地方用可靠的办法鍛出来。通常都是設法用各种胎模、輔具、特殊工具来代替只憑「眼力」和「手工」的办法。現按几种常見的鍛件来談談。

一、带台軸类和銷子类鍛件（圖4）——这类鍛件的特点是有不厚（或較厚）的圓肩（法兰）。通常鍛造的工序如下：1）加热；2）用压棒压出頸部，頸部截面尺寸較大时用切刀切出頸部；3）擰出杆部，摔圓。

用这种方法的主要缺点是法兰部分（或台阶）跟杆部不同心。因为無論用压棍或是切刀，卡子都不能保証压出或切出槽

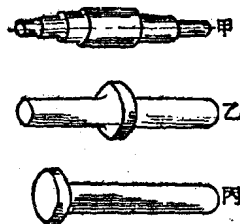


圖4 梯軸和銷子类鍛件。



的深度完全相同，因此除了花很多時間校正外，還要留出較大的公差，以保證機械加工。另一常發生的問題是切槽時不能切得平整，法蘭的面和杆部中心綫不能完全垂直，因此法蘭部分厚度的余量特別大。通常比直徑方向的余量大50%。為了減少余量和公差，通常可採用兩種辦法：

1) 利用摔出台阶代替壓或切出台阶 如圖5 甲是普通用的帶台阶摔子，圖5 乙是摔完台阶后的毛坯。

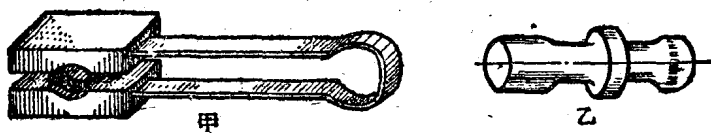


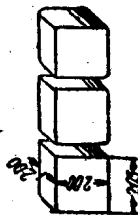
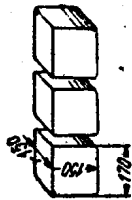
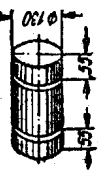
圖5 彈簧卡模(甲)和用它摔出的毛坯(乙)。

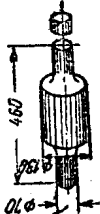
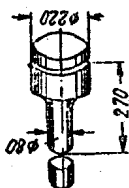
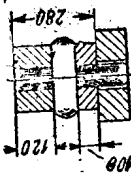
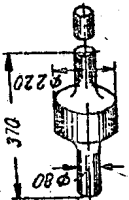
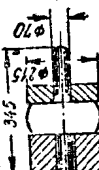
這種方法的優點是可以保證杆部和頭部同心。法蘭厚度也比較容易控制。因此法蘭部和杆部的公差余量都可減少。例如圖4 甲的多階軸（如汽車變速箱主軸），綦江汽車配件廠鍛工採用兩套多階摔子就可以摔出，鍛件是用一火完成的。使用設備是250公斤鍛錘，生產率目前已達每班300件以上，同時鍛件沒有毛邊消耗。這樣在節約材料方面比模鍛更為顯著。

但是這種方法受著一定限制。對圖4 乙、丙兩類鍛件來說，首先是它只適合於中小型鍛件，直徑太大時操作困難。第二是鍛件兩端的長度不容易控制，跟切槽時一樣，會產生多余料頭，或是加大正公差。第三缺點是工序和工具未減少，生產率提高有限。

2) 利用局部鍛粗代替拔長 這是圖4 階梯軸和銷子类鍛件鍛造時節約金屬較好的辦法。不論鍛件大小，圓肩在中端或端部都可以用鍛粗法鍛出。當鍛件太長或凸出部分太大時，採用這種

表 1 在三吨锤上锻造活塞的工艺比较表

| 老 鍛 造 方 法              |                                                                                     |           |      | 新 鍛 造 方 法              |                                                                                   |                              |      |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------|
| 工 序 和 工 步              | 工 步 簡 圖                                                                             | 工 具       |      | 工 序 和 工 步              | 工 步 簡 圖                                                                           | 工 具                          |      |
|                        |                                                                                     | 工 具       | 量 具  |                        |                                                                                   | 工 具                          | 量 具  |
| 加 熱 毛 坯                |                                                                                     |           |      |                        |                                                                                   |                              |      |
| 由爐中把坯料拿出送到砧上，切斷后再送入爐中  |   | 平砧，<br>剃刀 | 卡鉗，尺 | 由爐中把坯料拿出送往砧上，切斷后再送入爐中  |  | 平砧，<br>剃刀                    | 卡鉗，尺 |
| 重 新 加 熱                |                                                                                     |           |      |                        |                                                                                   |                              |      |
| 把毛坯由爐中拿出送到砧上，倒角鍛粗，然後滾圓 |  | 平砧，<br>剃刀 | 卡鉗，尺 | 把毛坯由爐中拿出倒角鍛粗，再拔長，並壓出界痕 |  | 平砧剃刀<br>和30×30<br>公厘三角<br>壓鐵 | 卡鉗，尺 |

|                  |                                                                                    |           |            |                                                                                   |                                                                                   |           |    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|
| 用压棒压印,再用三角压铁压出界限 | 同上;<br>45×45公厘压铁                                                                   | 同上        | 把两端拔长并切去余料 |  | 平砧,<br>剃刀                                                                         | 同上        |    |
| 拔长第一端,并切去余料      |  | 平砧,<br>剃刀 | 同上         | 在环形胎模中锻粗中部                                                                        |  | 平砧,<br>垫环 | 同上 |
| 拔长第二端并切去余料       |  | 平砧,<br>剃刀 | 同上         | 带垫环起滚圆                                                                            |  | 同上        | 同上 |
| 锻件检验             |                                                                                    |           | 锻件检验       |                                                                                   |                                                                                   |           |    |

办法有困难，应该用第一种方法。鍛粗法的优点，第一是减少了鍛件的偏心橢圓度等缺点，因而使加工余量大为减少。所鍛出鍛件的表面光潔度高、尺寸准确，因而大大地节约了金屬材料；第二，常能减少鍛造时加温次数，因而减少了金屬的火耗；第三，由于毛坯重量减小，从而节约了燃料和动力。第四，鍛粗常比拔長容易，可以节省工时和提高工作效率。

根据鍛件的形状和大小，所用胎模可以分成如图6所示的四类。图6甲和乙用于鍛尺寸較小的鍛件，鍛件粗大部分可以在胎模中直接錘出。較大鍛件只能用开式垫环类胎模来鍛（图6丙和丁）。虽然这时鍛件头部不能直接由胎模錘出，但是在鍛完后可以带着漏盘把凸緣滾鍛，这样可以由垫环的外徑来控制凸緣的外徑，但这种方法在糾正鍛件的同心度时稍覺困难，因为在变形时四周的阻力不相等，所以鍛粗部分的加工余量应稍放大一些。

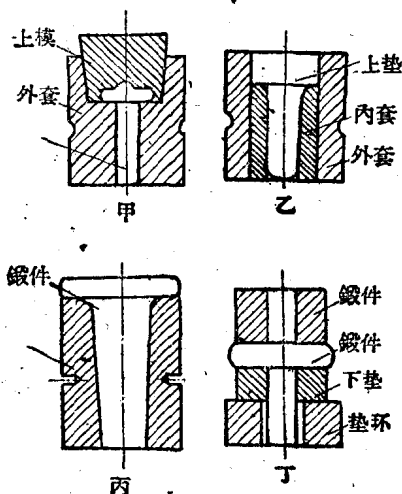


圖6 局部鍛粗用胎模。

在鍛造过程中由于鍛件头部較大不能直接鍛出，常常需要把杆部預先拔長，然后放入模中鍛粗（見表1）。

端部有法兰的鍛件如图7和8，圖9是較小尺寸的鍛件，用圖6乙类胎模鍛成，圖8是尺寸較大的鍛件，用圖6丙类胎模鍛成。这种鍛件由用拔長法改为鍛粗法后，前一种下料为重量6.8

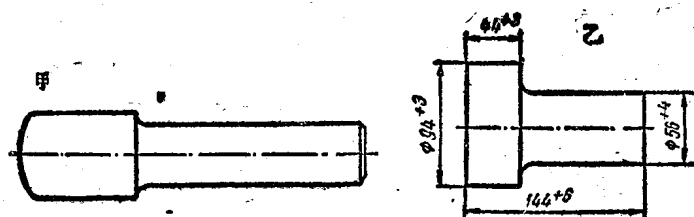


圖7 螺釘鍛件:

甲—拔長后毛坯; 乙—鍛件。

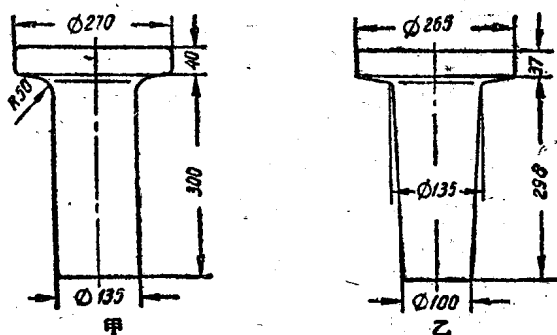


圖8 大銷子鍛件圖:

甲—用拔長法鍛出的鍛件; 乙—用鍛粗法鍛出的鍛件。

公斤減到5.1公斤, 減少了 1.7 公斤 (25%); 后一种下料重量由63.5公斤減到53.5公斤, 節約了 10 公斤(詳細工艺和胎模請參看机工活頁 252 号胎型鍛造 22頁)。

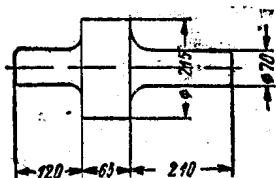


圖9 活塞鍛件。

中部有法兰的鍛件可用圖9的活塞鍛件來說明。這是一個大型的中部帶法兰的典型鍛件。

按旧的工艺, 鍛件是用兩端拔長的方法鍛出的(如表1 左邊), 改用鍛粗法后(表1 右面), 節約的經濟效果很大。毛坯尺寸

由  $200 \times 200 \times 205$  公厘改为  $150 \times 150 \times 170$  公厘, 重量由 65 公斤减到 20.5 公斤, 减少到原来的一半不到 (减少 35.5 公斤)。由于锻件各部分的加工余量都减小了它的重量相应地由 43 公斤减到 27.5 公斤。法兰部分由  $\phi 220$  公厘减到  $\phi 215$  公厘, 杆部由  $\phi 80$  公厘减到  $\phi 70$  公厘, 长度也由 370 公厘减到 345 公厘。由于毛坯减少每个锻件省油(燃料) 9.1 公斤。蒸汽也减少不少, 而且还节省工时。

二、需要扩孔的锻件(圖10)——俗話說「铁匠就怕打套」, 可見过去人們就認為套筒、环形一类锻件不好干。这类锻件一般都需要机械加工, 两面「剥皮」(切削掉) 結果使金屬利用率只达到 20~50%, 可見絕大部分金屬都在鍛造过程中变成廢料或在加工时变成铁屑。

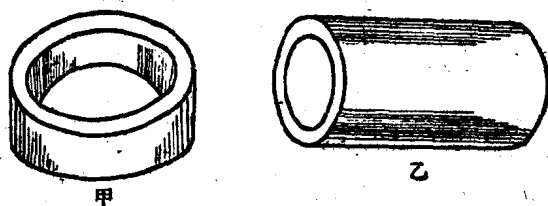


圖10 需要扩孔的锻件:

甲—环; 乙—套筒。

为什么这类锻件的金屬消耗重大呢? 其中最主要原因是加工面多, 加工余量和公差大。为什么加工余量和公差大呢? 首先是扩孔过程不容易掌握, 锻件的壁厚差和橢圓度大, 第二个原因是表面光潔度差, 往往留有錘砧和扩孔芯棒(心軸)的痕迹, 因此这类锻件的余量和公差都較大。較長套筒锻件的两端不平整, 也是增加加工余量和公差的原因。我們可以針對上面提出需要加大余量和公差的原因来想办法减少余量和公差。

1) 锻件内外徑进行整徑 整徑的目的是消除橢圓度和提高

表面光潔度，这样就减少了余量和公差。

**环形鍛件的整徑** 整徑的方法主要是利用套环和錐形冲头。

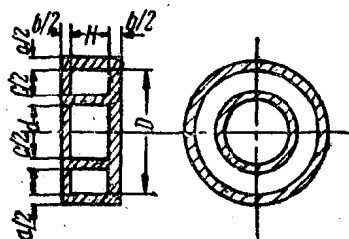
毛坯经过鍛粗冲孔和扩孔后，把扩完孔的毛坯放在套环中。套环的高度跟鍛件一样，扩孔后的毛坯略高于套环。这时把冲头放入孔中，鍛击冲头直到冲头顶面跟环的頂面平齐为止，这样金屬被冲头推使毛坯外徑达到要求。然后把冲头顶出，同样从另一面再冲一次。由于鍛件的外徑受套环內徑的限制，因而能使鍛件达到較高的光潔度和基本上消除橢圓度。因此鍛件的公差和余量可大为减小，鍛件內徑也受着冲头尺寸的限制，同样可以得到較高的精度。在一般的机械加工手册中，环形件的加工余量表如表 2。某厂广泛地使用垫环整徑后，鍛件的加工余量和公差見表 3。

**套筒形鍛件的整徑**，套筒鍛件較長，很难利用垫环来整徑。例如过去鍛造如圖 11 的薄壁鍛件——套筒，常用的鍛造工序是：倒圓、鍛粗、冲孔和扩孔。最近有的工人提出了合理化建議，鍛件扩孔后在棒子中整徑外徑。由于扩孔和整徑，应把鍛件每边的加工余量减少 4 公厘，直徑方向的公差减少 11 公厘，長度方向的公差减少 2 公厘。鍛件的余量减少后，鍛件的重量由 10 公斤减到 7.8 公斤，金屬消耗由 10.8 公斤减少到 8.4 公斤。鍛件圖和鍛造工序見 11。因为鍛件橢圓度减少得有限，所以用棒子整徑的效果要比用垫环差。

2) 在胎模中鍛粗代替在心棒上伸展(長度)这种方法主要用在不太長的中型套筒上，尤其是对于带法兰的套筒最有效。用这种方法鍛出的鍛件，也是由于提高了表面光潔度和减少橢圓度而节约了材料。現在我們拿管接头的鍛造來說明这种方法的特点。

如圖 12 的管接头是用牌号 25XM 的鉻鉬合金鋼作成的，在 3 吨錘上鍛成。过去的工艺过程是：

表2 机械加工工艺师手册上的环形锻件加工余量



| 外径范围 $D$<br>(公厘) | 加工余量名称 | 锻件高度 $h$ (公厘) |            |            |
|------------------|--------|---------------|------------|------------|
|                  |        | 50 以下         | 51~100     | 101~150    |
| 150以下            | $a$    | $6 \pm 2$     | $7 \pm 2$  | $8 \pm 3$  |
|                  | $c$    | $8 \pm 3$     | $9 \pm 3$  | $10 \pm 3$ |
|                  | $b$    | $5 \pm 1.5$   | $6 \pm 2$  | $7 \pm 2$  |
| 151~200          | $a$    | $7 \pm 2$     | $8 \pm 3$  | $9 \pm 3$  |
|                  | $c$    | $9 \pm 3$     | $11 \pm 3$ | $13 \pm 4$ |
|                  | $b$    | $6 \pm 2$     | $7 \pm 2$  | $8 \pm 3$  |
| 201~250          | $a$    | $8 \pm 3$     | $9 \pm 3$  | $10 \pm 3$ |
|                  | $c$    | $10 \pm 3$    | $12 \pm 4$ | $14 \pm 4$ |
|                  | $b$    | $7 \pm 2$     | $8 \pm 3$  | $9 \pm 3$  |
| 251~300          | $a$    | $9 \pm 3$     | $10 \pm 3$ | $11 \pm 3$ |
|                  | $c$    | $12 \pm 4$    | $14 \pm 4$ | $16 \pm 5$ |
|                  | $b$    | $8 \pm 3$     | $9 \pm 3$  | $10 \pm 3$ |
| 301~400          | $a$    | $10 \pm 3$    | $13 \pm 4$ | $14 \pm 4$ |
|                  | $c$    | $14 \pm 4$    | $18 \pm 6$ | $20 \pm 6$ |
|                  | $b$    | $9 \pm 3$     | $12 \pm 4$ | $13 \pm 4$ |

注:  $a$ —外径加工余量;  $b$ —高度加工余量;  $c$ —内径加工余量。



表 3 整徑后圓環形鍛件加工余量

| 外徑範圍 $D$ |     | 鍛 件 高 度 |         |         |         |         |
|----------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
|          |     | 20~40   | 41~60   | 61~80   | 81~100  | 101~150 |
| 50~100   | $a$ | 3+1.5   | 3+1.5   |         |         |         |
|          | $c$ | 3-2     | 3-2     |         |         |         |
|          | $b$ | 3.5+2   | 2.5+2   |         |         |         |
| 101~150  | $a$ | 3.5+1.5 | 4+1.5   | 4+2     |         |         |
|          | $c$ | 4-2.5   | 4-2     | 4.5-3   |         |         |
|          | $b$ | 3+2     | 3+2.5   | 3.5+2.5 |         |         |
| 151~200  | $a$ | 4+2     | 4+2     | 4+2.5   |         |         |
|          | $c$ | 4-2.5   | 4-2.5   | 4.5-2.5 |         |         |
|          | $b$ | 3+2.5   | 3+2.5   | 3.5+2.5 |         |         |
| 201~260  | $a$ | 4.5+2   | 4.5+2   | 4.5+2   | 4.5+3   |         |
|          | $c$ | 4.5+2.5 | 4.5-2.5 | 4.5-2.5 | 6-3     |         |
|          | $b$ | 3.5+2.5 | 3.5+2.5 | 3.5+2.5 | 4+3     |         |
| 261~300  | $a$ | 5+2.5   | 5+2.5   | 5+3     | 5+3.5   |         |
|          | $c$ | 5-3     | 5-3     | 5-3.5   | 5-4     |         |
|          | $b$ | 4+3     | 4+3     | 4+3     | 4+3     |         |
| 301~350  | $a$ | 5.5+4   | 5.5+4   | 6+4     | 6+4     | 6+4.5   |
|          | $c$ | 5-4     | 5.5-4   | 5.5-4   | 5.5-4.5 | 6-4.5   |
|          | $b$ | 4.5+4   | 4.5+4   | 5+4     | 5+4     | 5.5+4.5 |
| 351~400  | $a$ | 6.5+5   | 6.5+5   | 7+5     | 7+5     | 7+5.5   |
|          | $c$ | 6-5.5   | 6-5.5   | 6-6     | 6-6     | 6-6     |
|          | $b$ | 5.5+5   | 5.5+5   | 5.5+5   | 5.5+5   | 5.5+5   |