

机械工业
技术常識叢書

王樹良編著

鍛壓生产基本技术常識

机械工业出版社

出版者的話

在机械工業部門中，不論是各司、局或是各工厂，都有不少不懂技术的同志，他們日常所接触的却有很多有关技术方面的問題。他們需要学习一些基本的技术常識。但是，目前已出版的技术書籍，一般是太深、太專、太厚，不容易看懂。本社为了帮助他們了解机械工業中的各項基本技术常識，特出版「机械工業技术常識」叢書。本叢書包括：机械圖紙常識、金屬材料、木模、鑄造、鍛压、热处理、裝配……等工艺方面的常識，和車床、磨床……等产品方面的常識。

本叢書可作为具有初中文化水平而又不懂技术的干部自学或業務学习的教学資料。

出版本叢書，編者和作者的經驗都很不足，希望讀者們多多批評和指正。



北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号

NO. 1826

1958 年 6 月第一版 1958 年 6 月第一版第一次印刷 0,001—8,000 册

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数 62 千字 印張 2 $\frac{1}{4}$ 机械工業出版社印刷厂印刷

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

新华書店發行

統一書号 T 15033·984 定价 (9) 0.34 元

一 鍛压生产在机器制造工業中所占的地位

1 为什么要采用鍛压生产 現代的机器主要是由金屬制成的。冶金工厂把金屬矿石提煉以后，鑄成錠塊，軋成型材，供应給机器制造工厂作为原料。机器制造工厂把这些原料加工成各种不同形狀和尺寸的零件，然后裝配成为机器。

加工方法一般可分为四类：

一、鑄造——是把金屬錠塊加热熔化成液体（俗称鉄水），然后澆入模型內，得出各种不同的形狀和尺寸。

二、鍛压——是用压力把具有塑性的金屬錠塊或型材改变成各种不同的形狀和尺寸。要使金屬具有塑性，一般是用加热的办法，但加热的溫度应比熔化溫度来得低。

三、焊接——是把兩毛坯連接的地方，用焊条焊接起来的方法。

四、切削——是用切削工具把毛坯进一步切削成所需的形狀和正确的尺寸。

前三种方法在加工时不产生切屑，所以叫做無切屑加工；同时在加工时工件要加热，所以也叫做热加工。

后一种方法就叫切削加工，或者叫做冷加工。

由于鍛件能承受較大的撞击应力，因此机器中某些重要零件非采用鍛压方法制造不可。特別是制造飞机用的零件，鍛压件要占85%左右。

用鍛压制造的零件特点如下：

一、零件的强度高——强度是指單位面积所能承受的力量。鍛制零件所承受的單位面积应力要比鑄件来得大，因此鍛件的断面积比鑄件要小，使机件輕巧。鍛件單位面积能承受較高强度的理由如下：

1. 鍛压可使零件內部的顆粒組織坚实紧密——用显微鏡来考查金屬內部的組織时，我們可以看到金屬正像冰糖一样是由許多結晶体

組成的。如果把熔化后的金屬澆成鑄件，結晶體的顆粒很粗大（圖 1 甲），同時內部還有縮孔和氣孔。縮孔是由冷卻時金屬收縮而產生的，氣孔是由鑄件內包含氣體的緣故；此外，鑄件還有一種缺陷，叫做偏析，就是由於雜質（如鋼內所含的硫、磷等）分布的不均勻而使機械性能不一致。但是鑄成的錠坯在經過鍛壓以後，粗大的顆粒就被擊碎成細小的晶粒（圖 1 乙），互相壓緊在一起，而縮孔和氣孔就縮攏，因此零件的結構變得很堅實，強度也就提高了。

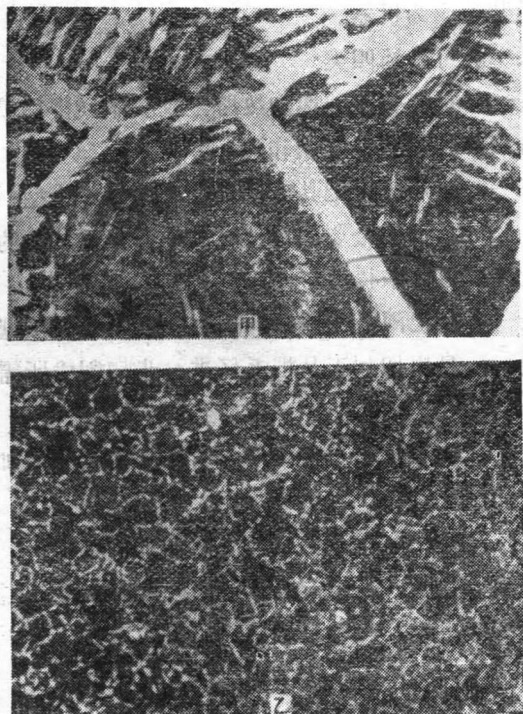


圖 1 在顯微鏡下面所看到的金屬內部的組織：

甲—中碳鋼在鑄成狀態時的顆粒組織（放大100倍）；

乙—同一種鋼料在熱鍛壓後的顆粒組織（顯微鏡放大倍數相同）。

2. 鍛件可使零件的流綫符合要求——鑄成的金屬塊，內部晶粒的分布是沒有一定方向的。經過軋軋成為型材以後（圖 2 甲），便排列成為一個方向（圖 2 乙）。這樣金屬內部便和木板的紋路一樣具有一條條的

纖維，這種纖維叫做流綫。金屬流綫的特征也和木板紋路一樣，順着流綫方向的抗拉強度要比垂直流綫方向的抗拉強度來得大（特別是在受到沖擊作用時）；而抗剪強度要算垂直於流綫方向為大。假使一個零件的流綫連綿不斷而方向又符合受力的要求，那末這個零件是最理想的了。用鍛壓方法可以做到這一點，而用切削加工容易把流綫切斷，這樣一來，零件的強度就要受到影響了（圖3）。

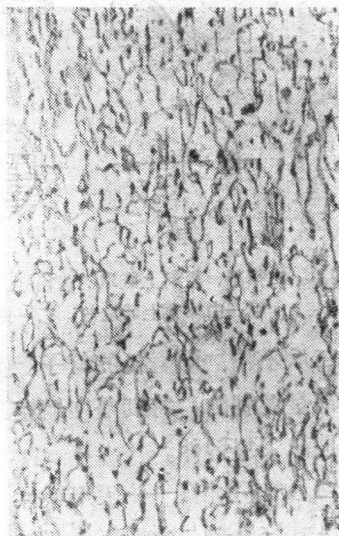
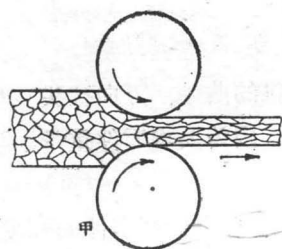


圖2 鑄成的金屬塊經軋軋成型材後的顆粒組織：

甲—軋軋時晶粒被排列成一定方向的示意圖；

乙—中碳鋼經過軋軋後的顆粒組織（放大100倍）。



圖3 金屬的流綫：

甲—鑄成時；乙—由棒料切削而成時；丙—鍛成時。

如圖4中的甲、乙表示自棒料或板料上截下來的材料作齒輪坯，它們的流綫分布沒有用鍛壓成的齒輪坯的輻射式流綫來得好，因此，受力大的齒輪都採用鍛件。

從上面兩點可以說明鍛件的強度比鑄件和型材來得高。因此，承受大的載荷或撞擊應力的機件；象大炮的炮筒、軋鋼機的軋軋、鑽探

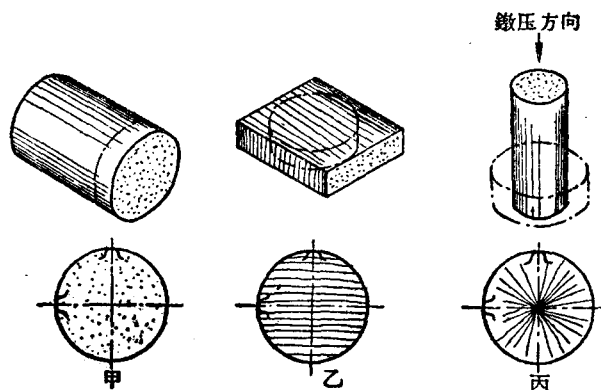


圖4 由棒料、板料上截取的齒輪坯上的流綫和鍛壓成的齒輪坯上流綫的比較。

甲—由棒料上截取的；乙—由板料上截取的；丙—鍛壓而成的。

机的三爪牙輪、鑿岩机的釐子、高速柴油机的曲軸、万向接头、和吊鉤等都是鍛制的。特別是在航空工業方面，因为要求零件重量小强度高，也都采用鍛件。

二、節約材料——采用鍛件作毛坯，除了可以提高零件的强度外，还可以節約材料。这又可分几方面來說明：

1. 用鍛件做毛坯可以省料。下面举兩個例子：

(一) 螺釘——由圖5可以看到用棒料車出一个螺釘，要損耗很多金屬，用鍛压方法（冷鍛頭）制成螺釘就可以节省很多金屬材料，同时流綫也能符合要求。

(二) 汽輪机叶片——汽輪机叶片要耐高溫，用耐热合金鋼制成；因为它的形狀比較复杂，假使用棒料切削而成，如圖6，便要損耗不少貴重的耐热合金鋼；假使用鍛压方法（如模鍛）制成近似形狀，金屬損耗便可大大减少。

2. 可以补救棒料断面大小的不足。譬如要用125公厘的圓鋼来做切削用的毛坯，剛好这种型材沒有，只有150或100公厘的圓鋼，那么我們就可利用現有的材料通过鍛压方法把大料改小或把小料改大。

3. 有些形狀可以利用弯曲的方法做出。在机器中时常会碰到弯曲的杠杆或把手，这些形狀用鍛压的方法是很容易做到的；假使要用切

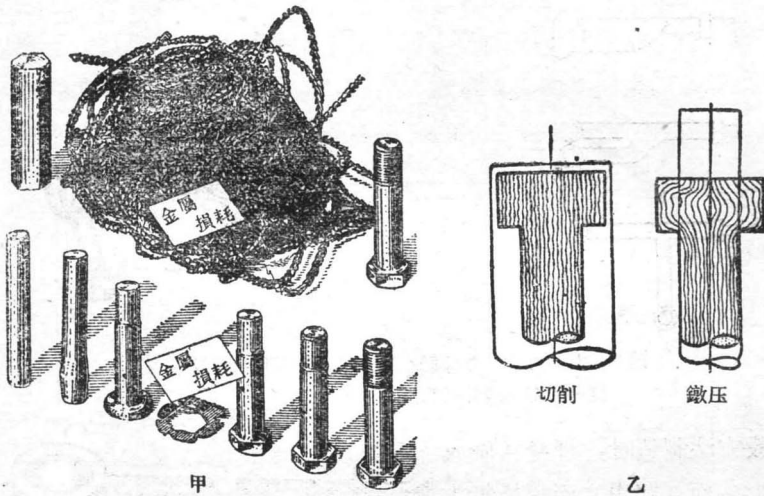


圖5 鍛件可以省料的例子：

甲—用六角棒料在切削機床上製造螺釘和用圓棒料冷鍛頭、修毛邊、滾螺紋的方法在金屬損耗上的比較；乙—左面兩種方法在流線上的比較。

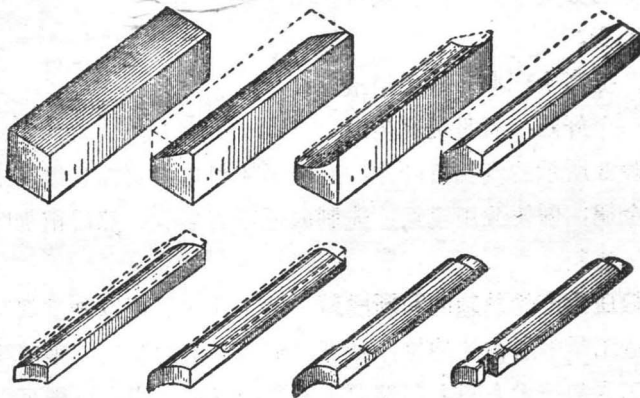


圖6 用棒料切削而成葉片的程序。

削的方法制成彎曲形狀，那就要損耗不少的切屑；而用鑄造的方法雖然也可制成彎曲的形狀，可是強度比鍛壓件要差。如圖7甲所示的丁字形零件，若用鍛壓的方法（模鍛），可按Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三個步驟制成。

4. 表面上凹凸的形狀可以用模子壓印出來。如圖8所示的連杆，

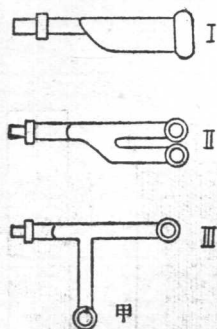
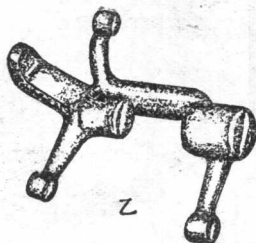


圖 7 利用弯曲的方法制造出来的奇形鍛件 (甲);
复杂的奇形鍛件 (乙)。



用一般方法制造时，杆身常做成長方形截面 (圖甲); 而用模鍛方法制造时，便可以利用模子把杆身压成工字形断面 (圖乙)。这样，零件的强度不变，而重量可以減輕不少。

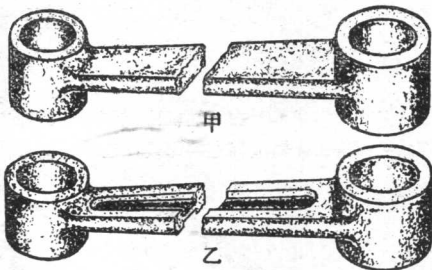


圖 8 連杆的杆身可以做成工字形断面
借以节省材料。

三、提高生产率——采用鍛件的另一个好处，就是提高生产率。

如圖 6 所示的汽輪机叶片，直接用棒料車出要經過很多工序，切掉許多金屬；假使改用模鍛，先制成近似的形狀，然后稍加磨削，就可以省工省料。

2 鍛压生产的总趋向和新成就 从上面几点可以知道鍛压生产在机器制造工業中所占的地位，特别是随着工業的發展，鍛压生产的技术也在工人和技术人員共同努力下不断地提高。現在已經可以用冷精压的方法制造出尺寸很精确而精度很高的鍛件。

現在鍛压生产已經从供应毛坯向着供应成品方向發展，有时甚至不必經過切削加工就可以直接把零件供应給裝配車間裝配成机器。

同时鍛压生产的方法是越来越多，并且越来越妙了。这可以从下面几个例子來說明：

(1) 麻花鑽頭 麻花鑽頭上的螺旋溝本來是從棒料上用銑刀在銑床上銑削出來的，如圖 9 所示。現在已能用型材像扭麻花那樣扭成一個帶有螺旋槽的鑽頭，然後壓裝入鑽柄內。這樣一來，金屬消耗量便可節約 50% 以上，生產率提高約 12 倍。

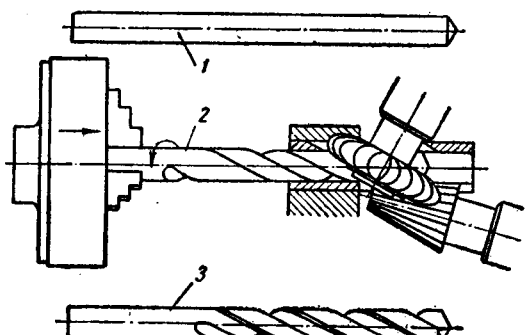


圖 9 用銑削方法來製造麻花鑽上的螺旋溝：
1—鑽的毛胚；2—在銑削過程中；3—銑完後的成品。

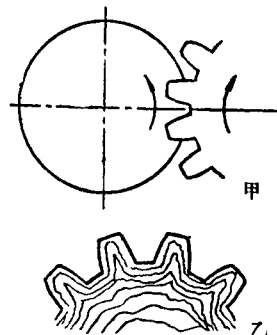


圖 10 熱軋齒輪示意圖 (甲)
和它的流綫 (乙)。

(2) 齒輪 齒輪上的牙齒本來是切削出來的，現在可用熱軋的方法來製造 (圖 10 甲)。在熱軋時，坯料上一部分凹進去，另一部分凸出來，形成牙齒，因此材料非常節省，並且流綫也不損傷 (圖 10 乙)。用這種製造方法所得的精度和生產率都非常高，只須一台齒輪熱軋機便可抵得上 12~15 台的齒輪切削機床。

(3) 大型曲軸 以前小型曲軸可以用模子鍛造出清晰的輪廓。但大型曲軸因限於模鍛設備，只能鍛成如圖 11 甲那樣粗糙的形狀，再用切削加工把曲拐車制出來。當然，這樣做不是好辦法，因為流綫被切斷了。

現在有一種擠壓曲拐的方法，是很值得提倡的。採用這種方法時，只需要一台特制的水壓機，這台水壓機除了主壓板能作下降運動 1 以外，並能在下降時由於斜面的作用使兩塊副壓板作水平的運動 2 (圖 11 乙)。在擠壓曲拐時，棒料先局部加熱，然後放在夾頭內 (圖 11 丙 I)。開動水壓機，中間的夾頭就開始下降，而兩側的夾頭作水平方向移動，這樣只須化 4 分鐘的時間就可以把曲拐壓出來。然後鬆開夾頭，再把

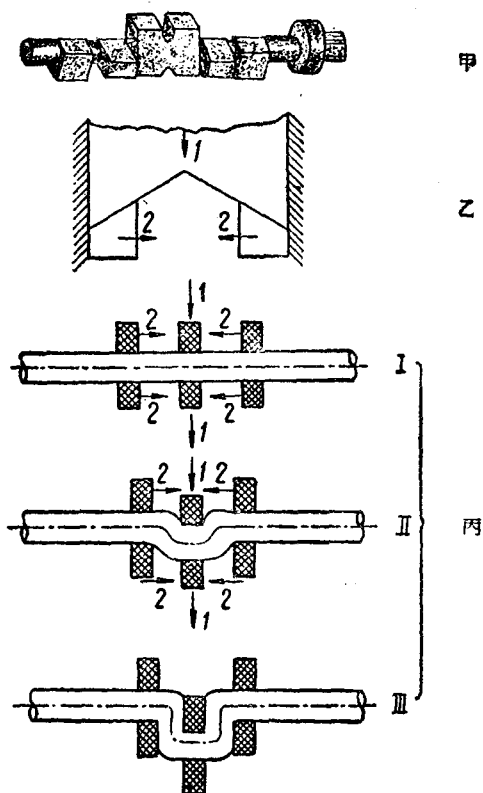


圖11 用挤压法制造大型曲軸。

棒料局部加热，用同样方法压出其余的曲拐。如果两个曲拐不在同一个平面上，也可按照需要，把第一个曲拐转过一定的角度后再压出另一个曲拐。采用这种方法，已经能够制造直径为 240 公厘的曲轴。由于流线不受损伤，曲轴的质量因而提高，同时还可以节省材料和提高生产率。

从上面几个例子中，我們可以看到：鍛压生产不仅在目前的机器制造工业中占着重要的地位，它的发展前途也是非常广阔的。

二 各种鍛压方法

1 自由鍛 自由鍛就是不用模型光憑手艺来鍛压的方法，也叫無

型鍛造。

現在把自由鍛所用的各種主要工序說明如下：

一、鍛粗——把毛坯的橫斷面鍛粗，同時把長度縮短，這樣的操作叫做鍛粗。一般常用的計有：完全鍛粗，端頭鍛粗和中間鍛粗三種。後面兩種方法也叫局部鍛粗。要求沿毛坯的全長把毛坯橫斷面鍛粗時可以採用完全鍛粗法。在進行完全鍛粗時，毛坯先加熱，然後豎起來重重地錘擊，便可得到圖 12 甲所示的形狀。端頭鍛粗是指只要把毛坯的一端鍛粗。在進行端頭鍛粗時，把毛坯的一端加熱，然後用大錘把燒紅的一頭鍛粗，如圖 12 乙所示。中間鍛粗是指把毛坯中間部分鍛粗。在進行中間鍛粗時，只要把中間部分加熱，然後用大錘打擊它的頂端，燒紅部分就會變粗，如圖 12 丙所示。在進行局部鍛粗時，不要鍛粗部分可用水冷卻。

鍛粗時可能產生下面的缺陷：

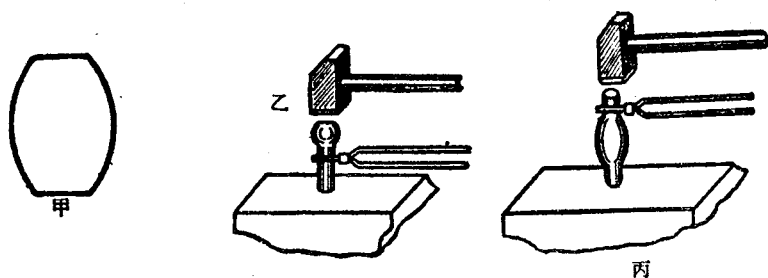


圖12 鍛粗：

甲—完全鍛粗；乙—端頭鍛粗；丙—中間鍛粗。



圖13 鍛粗時所產生的缺陷：

甲—毛坯在鍛粗時彎曲；乙—毛坯在鍛粗時歪斜。

1. 毛坯鍛彎或歪斜，如圖 13 甲、乙所示。產生這種毛病的原因如下：

- 1) 毛坯鍛粗部分的長度超過其直徑的 2~2.5 倍；
- 2) 錘擊時沒有擊正頂端的中心；
- 3) 毛坯加熱不均勻；
- 4) 在鍛粗過程中，發現有些彎曲而沒有及時糾正，繼續進行鍛粗；
- 5) 鍛粗時，沒有繞軸心繞轉動毛坯。

2. 如果鍛粗得不好，或者加熱不均，毛坯表面和內部會產生裂紋。

二、壓扁——假使在棒料上進行局部錘擊，那麼將得到如圖 14 甲所示的形狀。假使一面錘擊，一面使棒料沿縱軸方向移動，那麼這根棒料的一端便被壓扁（圖 14 乙、丙）。

從實際經驗知道，要達到壓扁的目的，最好把上砧塊順着棒料的縱軸方向放置（圖 14 丁），這樣會很快的減少厚度、增加寬度，而長度增加得很少。鍛壓汽輪機的葉輪時，就是採用這個方法使葉輪的輪輻壓扁展平（圖 14 戊）。

三、拔長——拔長的目的是減小毛坯的橫斷面，增加長度。拔長也像壓扁那樣一段一段進行的，只不過多一個翻轉手續。如圖 15 甲所

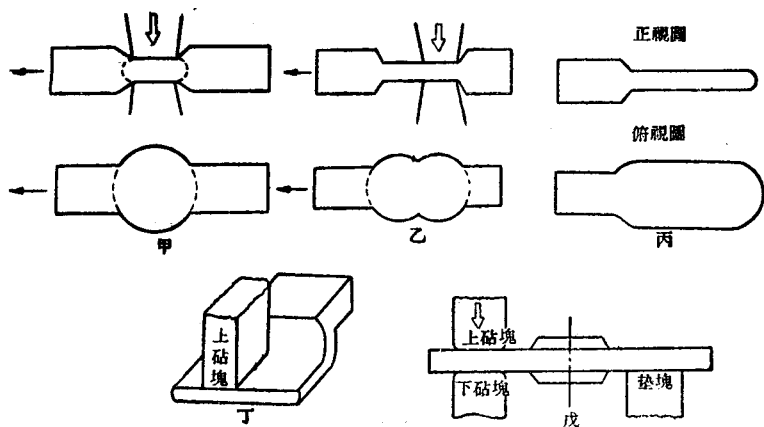


圖 14 毛坯進行壓扁工序的示意。

示，當我們要把方形断面由 1234 縮小為 1'2'3'4' 時，可以先把它壓扁，然後翻過 90° 再壓，即可使断面縮小；由於材料的體積並沒有減小，長度就增加了。

在翻轉時一般用來回翻轉 90° 的方法，有時用沿螺旋綫方向翻轉的方法（以上兩方法都可看圖 15 乙，圖中的 1、2、3、4……表示鍛壓的次序）；也可以先在全長上壓扁，然後翻轉 90° 再壓，最後一種方法適用在水壓機上鍛製長而重的毛坯。

在拔長時要注意下面幾點：

1. 砧塊的較窄一邊要順着拔長的方向，較寬的一邊和拔長的方向垂直（圖 15 丙）。同時為了使表面光滑，每次進給量（移動的距離） l 不可太大，通常 $l = 0.4 \sim 0.75 m$ 。

2. 每次壓扁後的寬度 m 和高度 h 之比不可超過 2.5，否則在翻轉 90° 再壓時便會彎曲。

3. 每次壓低量 Δh 不可超過 150~200 公厘，否則會產生折縫而造成廢品（圖 15 丁）。

4. 每次壓低程度或變形程度（即 Δh 和 h 之比），在初拔時要大於 20%，修光時接近 5%；這是因為一般鋼料有一個特性：當變形程度在 10% 左右時，晶粒會突然變成粗大。

不僅實心的棒料可以拔長，空心的管筒也可以拔長，只要把它套在一根心棒上，一邊加壓，一邊把毛坯旋轉並向前移動，使壁厚減薄，長度增加（圖 15 戊）。大炮筒就是用這種方法鍛造的。

為了便於取出心棒，可以採用下面兩個方法：

（1）心棒的工作部分做成錐形；

（2）心棒的中心要開一個孔，以便通水冷卻，心棒在冷卻後尺寸縮小，便可取出。

如果要作局部拔長，可先用三角鐵或圓鐵刻痕（壓肩）（圖 15 己），然後再拔長。

四、錯開——這是指把毛坯的一部分對另一部分錯開，但兩部分的中心綫在錯開一個距離後仍保持平行。在鍛造曲軸時常要用到這個

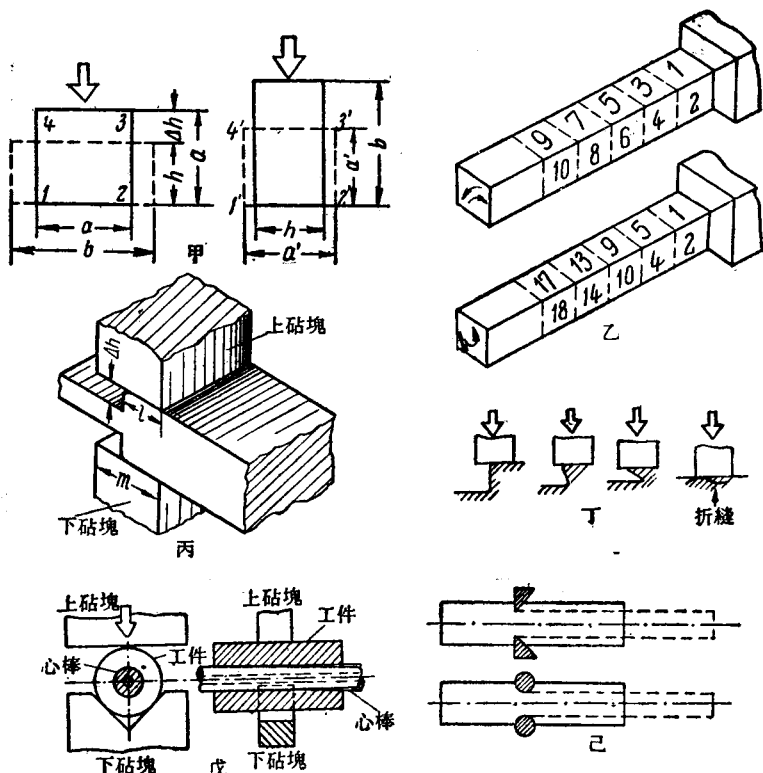


圖15 把毛坯拔長的各种方法。

工序。它的过程如圖16所示，先是刻痕，然后把上下砧塊偏置加压（圖中甲），便可得到錯開的形狀

（圖中乙）。

五、冲孔——圖17表示在鍛件上冲孔的情形，冲孔时用一只墊圈，毛坯不必翻身，但材料損失（廢芯）較大。另一种方式，先冲一凹孔，然后把毛坯翻过身来冲穿，这样廢芯可以較小。

六、切割——就是把鍛件上多余的部分切掉。这时可以用剝刀先

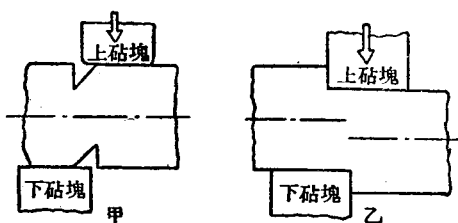


圖16 把毛坯錯開的过程：

甲一刻痕；乙一錯開。

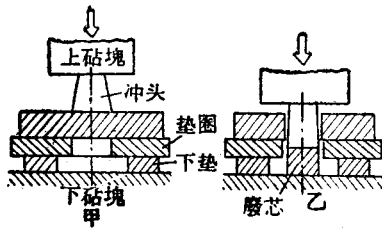


圖17 在鍛件上进行冲孔的情形。

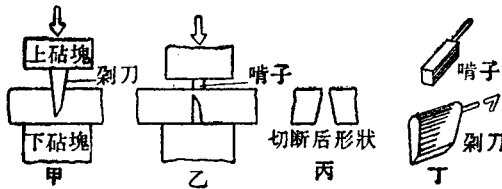


圖18 切割鍛件的示意圖。

刻出一条深痕，然后把鍛件翻过身来用啃子切断（圖18）。

七、弯曲——圖 19 甲表示弯曲的情形。弯曲时在轉角地方会产生伸長和压缩現象（圖 19 乙），最好事先把弯曲部分鍛粗，这样在弯曲后就能得出正确的形狀（圖 19 丙、丁）。

八、扭轉——鍛制曲拐不在同一平面上的曲軸时，可以先把各曲拐鍛成在一个平面上，然后夾紧其中的一个曲拐，用搬子等工具使另一部分曲拐扭轉成需要的角度，这个工序叫做扭轉。

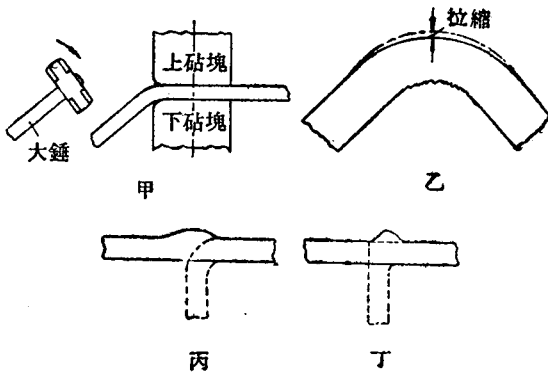


圖19 毛坯的弯曲。

九、鍛接——假使我們把低碳鋼毛坯的一端鍛粗（圖 20 甲），在爐內加熱到鍛接溫度（低碳鋼約 1300°C ），取出后甩掉斜口上的熔渣，然后把兩個坯料的斜口互相疊合（圖 20 丙），用力錘擊，便可把它們鍛接成為一體，而鍛接部分可以用拔長方法修復成原來尺寸。鍛接主要用在小鍛件的修理工作上。鍛接用的鋼料含碳量最好在 $0.15\sim 0.25\%$ 左右。

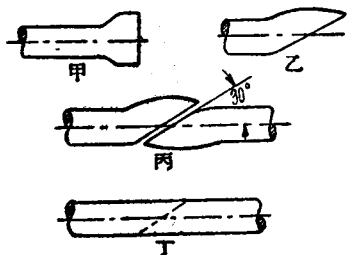


圖20 鍛接的示意圖。

2 墊模鍛造 用上面所說的這些自由鍛工序，我們雖可把坯料鍛成一定的形狀，但只限于簡單的形狀，如果同時鍛制一批形狀相同的鍛件，尺寸就很難一致了。如果採用圖 21 所示的墊模（或者叫做胎型）來鍛制，尺寸就可以一致。利用這種墊模鍛造時，鍛件的四周會多出一圈很薄的邊，這很薄的邊緣叫做毛邊（或叫飛邊），這圈毛邊應在修邊模內修掉（圖22）。

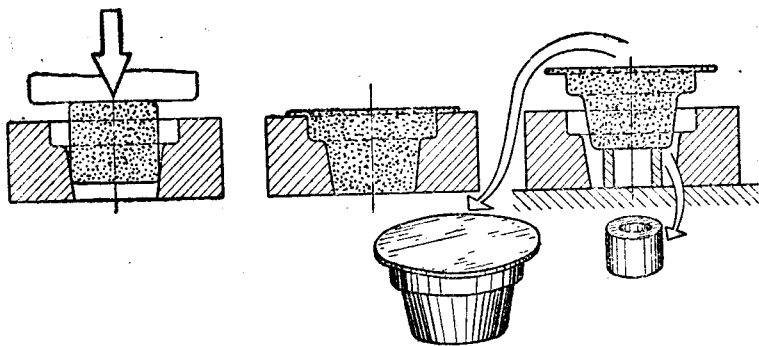


圖21 墊模鍛造。

用墊模除了可以得到尺寸一致的鍛件外，還可以鍛壓出形狀比較複雜的鍛件。這時坯料先預鍛，等大致接近形狀時，再放到成型墊模中去鍛造。否則便會產生如圖 23 所示的情形，圖中是把一個圓球放到長方形的

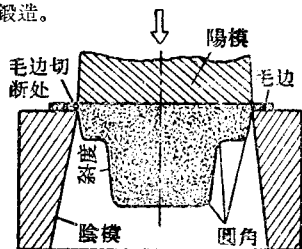


圖22 在修邊模內修除毛邊。

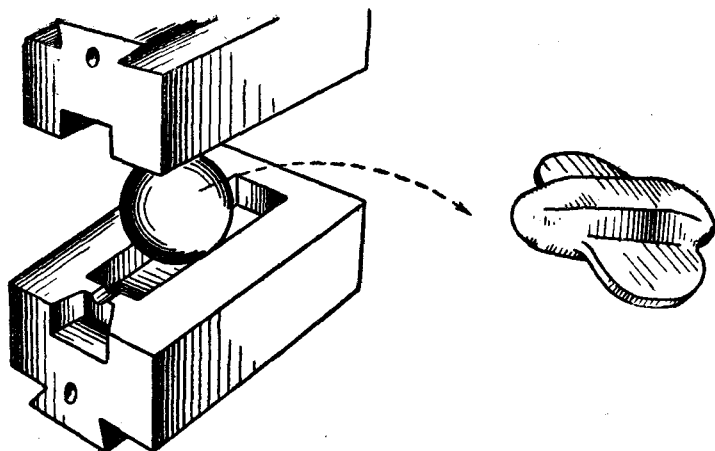


圖23 毛坯未經預鍛直接放在墊模中鍛造的例子。

模槽中去鍛造，結果便鍛成圖中乙所示的形狀了。

圖24表示用墊模鍛造齒輪的例子：圖中甲表示用墊模進行預鍛；乙是把預鍛過的毛坯放到成型墊模內的情形，同時用上模把鍛件中心壓出一個凹坑，便于沖孔時安放沖頭用；圖中丙表示在墊模中沖出鍛件中心孔的情形。

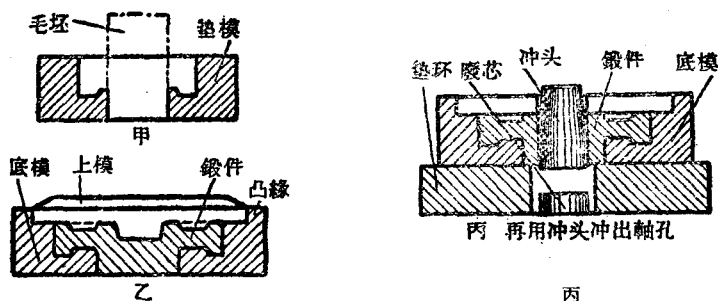


圖24 用墊模鍛造齒輪的例子：

甲—預鍛；乙—修鍛；丙—沖出鍛件的中心孔。

圖25甲所示的鍛件，假使用整體墊模，那麼鍛件便無法從墊模中取出；如果沿軸線方向分為兩半，那麼鍛件便可取出。因此在用墊模鍛造這種鍛件時，可用兩個半月組成的墊模，外面用套筒箍住，等鍛好後只須把墊模從套筒中取出，便分為兩半，即可取出鍛件（圖25乙、