

內容提要 本書從手工鍛造談起，提出手工鍛造不能達到產品標準化的基本原因，它對生產的影響，從而使讀者体会到模型鍛造的优越性。接着簡要地敘述了模型鍛造的種類，以及有關設計模鍛件和鍛模模道的基本知識。最後還介紹了整個鍛模設計的基本概念。本書可供五級以上的鍛工作為學習材料。

編著者：王 芳

NO. 0749

1955年3月第一版 1958年10月第一版第四次印刷

787×1092 $\frac{1}{32}$ 字數 23 千字 印張1 $\frac{1}{8}$ 12,001—29,500 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T15033·166
定 價 (9) 0.12 元

机械工人活叶学习材料 200

王 斧 編 著

模型鍛造的基本知識



机 械 工 业 出 版 社

一 從手工



把含碳 0.85% 以下的鋼料加熱，它的性質就和原來的情況有了很大的不同：首先它變得比原來軟得多，可以用壓力加工的方法來改變它原來的形狀；用錘子敲打它，聲音是暗陰啞的，沒有金屬的聲音。所有這些現象，總的說來，都表示鋼料具有了「可鍛性」。鋼料可鍛性的高低，大體上說是：含碳量越大，可鍛性越低；加熱溫度越高，可鍛性越高。

很好地掌握鋼料的可鍛性，就可以在鍛錘和砧子之間把定型的鋼料鍛打成各式各樣的鍛件。鍛件一般說來都是製造機器或機械重要零件的毛坯，毛坯再經過一系列的合理加工最後才得到在強度、規格方面都符合原設計要求的零件。

定型的鋼料所以能鍛成零件毛坯，主要的是因為它具有可鍛性，而鋼料的可鍛性是要靠加熱的方法來得到的。鋼料隨着加熱溫度的升高而逐漸減低了原來的硬度和強度，因為鋼料加熱的過程就是它的組織變化的過程。加熱溫度使鋼料內部的結晶顆粒膨脹，晶粒和晶粒之間的集引張力減少，所以鋼料才顯得比原來柔軟得多，容易被鍛打變形。

但是，如果把鋼料加熱到具有很高可鍛性的程度却並不進行鍛打，任憑它再慢慢地冷卻下來，那就會使鋼料的晶粒因為經過一回膨脹和改變的緣故，而形成爲粗大的顆粒，因而使材料的強度比未加熱前低了。這就是說，鍛打的加工過程不僅是爲了從形狀上得到所要的坯件，還要通過鍛打的力量，在鋼料冷卻回硬的同時，把膨脹了的晶粒打碎壓實，以保證乃至於提高鋼料原來的強度。

在具體工作的時候，如果只爲了鍛打時的方便，把鋼料加熱得很高，以取得容易加工的好處，而事實上加工手續並不多，在鋼料還是很熱的時候就完工了，那末這個鍛件在形狀上是可能符合要求了，可是在強度方面却要因爲那一段高溫慢冷的剩餘過程而受到了削弱。

相反地，如果鍛料加熱得不够，可鍛性並不很充分，那末，因爲材料本身晶粒之間還存有相當強的集引張力對外來的加工壓力進行抵抗，鍛打起來就很困難，要很大的錘打力量才會得到鋼料很少的加工變形。如果爲了要得到較大的變形效果而使用了非常大的錘打壓力，那就會把鋼料打得開裂，因而造成廢品。

把上面的內容歸納起來，就是說必須要把鋼料加熱的程度——火候，和鍛打加工的情況配合得十分合適；這樣才能確實保證鍛件的成品質量和車間的生產效率。

用自由鍛造——手工錘鍛和一般的機錘鍛造的方法，把一件定型的鋼料鍛成零件毛坯，爲了要把形狀簡單的型鋼——方鋼或圓鋼乃至方鋼錠或圓鋼錠，變形使成爲形狀複雜、式樣不同的鍛件，在鍛打施工方面，一般說來所要採用的基本鍛造方式有：鍛粗、延展（拉伸）、卡鍛（擰細）、扭轉、彎曲、衝孔、劈斷和接火等八種。每一種加工方式，本質上都是用加工外力把原來的鋼料造成一定變形情況的加工過程。它們都只有在合適的可鍛性的條件下進行，才能得到圓滿的效果。譬如，鍛粗和接火一定得在把鋼料加熱到乳白色，使具有最高可鍛性的時候進行，而劈斷却應當在只加熱到暗紅色，具有低級可鍛性的時候進行，才能得到整齊的截面。

一個鍛件的鍛打過程，常常要包括好幾種基本鍛造方式。因爲用料和加工過程的不同，各種基本鍛造方式的工序排列也是各個鍛件都不同的，於是就產生了在鍛打過程中，怎樣恰合需要地供給

每一鍛造工序可鍛性的加熱技術的問題。

譬如要用一根長料鍛造一件凸輪軸(圖1)，第一道工序當然應該是下料，把估好的一段用料從長料上劈斷下來：這要在鋼料具有低級可鍛性的

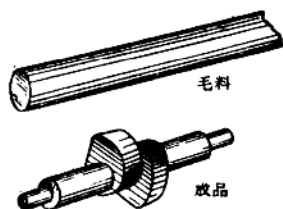


圖1 凸輪軸的毛料和成品。

時候進行。其次的一道工序是要把坯料中間加熱到乳白色使具有最高可鍛性來進行鍛粗。再往後還要隨着工序的發展，進行必要的補充加熱，以便在進行打凸輪外型、卡鍛軸頭等各道工序時，鋼料具有所需要的可鍛性。各道工序的鍛造火候是否合適，鍛打的情況是否恰當，在鍛件質量方面起着決定性的作用。

這樣說來，我們就可以體會到：在手工鍛造生產中，火工加熱是保證鍛件質量乃至生產效率的重要關鍵。使它和鍛打操作合適地配合，是一項細緻而又繁重的技術，必須要由生產經驗較高的工人來掌握，才能得到圓滿的成績。

另外一個問題是：一個紅透的鍛件在空氣中進行鍛打，因為它自然散熱冷卻的緣故，它的可鍛性在鍛打過程中逐漸減退着。不同成分的鋼料各有它們一定的可鍛性的溫度範圍（指能進行大量變形的主要加工可鍛範圍）。等到它們在空氣中自然地冷卻到了一定的限度後（參看表1），就應該停止鍛打了，不然就容易把鍛件打出炸隙或是內裂。如果在這個情況下一道完整的工序還沒有完成，那末就要把鍛件再入爐加熱，提高到應有的可鍛溫度，再接續完成它。

一般說來，一些大型鍛件因為散熱慢，可鍛性消失得還慢些，就是說每加熱一次還可能供給較長的時間允許鍛打加工（參看表2）；如果鍛件是細小而形狀複雜的（一般常見的機器零件毛坯，差

不多都歸於這一類), 在鍛造過程中的火工技術問題, 就顯然更重要了。

表 1 各種鍛料的主要加工溫度範圍

鋼料種類	成 分 或 鋼 號	主要加工溫度範圍(°C)	
		開始鍛造	停止鍛造
碳 鋼	含碳在0.3%以下	1200~1150	800~850
	含碳0.3~0.5%	1150~1100	800~850
	含碳0.5~0.90%	1100~1050	800~850
	含碳0.9~1.50%	1050~1000	800~850
合 金 鋼	低合金鋼	1100	825~850
	中級合金鋼	1100~1150	850~875
	高級合金鋼	1150	875~900
鋁 合 金	Д7	470	350
	AK2, AK4, AK5, AK6	490	380
		470	400
鎂 合 金	MA1, АЛA2	430	350
	MA3	400	300
	MA5	370	300
銅 合 金	БРАЖ9-4	850	700
	БРАЖМч10-3-1.5		
	БРАЖН10-4-4		
	AC59	750	600
鎳 合 金	蒙奈爾合金(鎳, 銅, 鐵合金)	1180	1000(870)
	因康奈爾合金(鎳, 鉻合金)	1250	1000(870)

註: 括號裏面的溫度值, 是輕錘打加工的溫度限度。

表2 鋼鍛件在空氣中的自然冷卻速度(°C/分)

出爐時的溫度(°C)	鍛件的平均直徑(公厘)			
	70	80	100	120
900~800	16.7	15.2	14.5	13.55
800~700	12.42	11.25	10.7	10.00
700~600	9.61	8.3	7.85	7.38
600~500	6.68	6.0	5.68	5.37
500~400	4.76	4.28	4.06	3.75
400~300	3.30	3.0	2.87	2.67
300~200	2.3	2.1	2.00	1.85
200~100	1.5	1.43	1.36	1.2
100~50	1.0	0.95	0.95	0.8

以上這些問題，說明了手工鍛造保證鍛件質量的因素，就是必須把火候、鍛打重力、變形過程——每一火的鍛打時間配合得很恰當。而這些技術內容得完全倚靠技術工人的工作經驗，在單個鍛件上處理得十分準確，就已經不是怎末容易的事了，如果要想把成批的多數鍛件都控制得完全一致，那當然是非常困難的事。因此，我們可以總結出手工鍛造生產方法在保證質量提高生產效率方面的基本缺點如下：

一、成批鍛件的強度質量不能保證一致——一個鍛件一般地說都要分好幾火才能打成，而每一火的鍛打過程中，又都存在有可鍛性和鍛打情況配合得是否合適的問題。因此就一個鍛件的本身來說，各部分的鍛後材料強度情況，也可能不一致（經過鍛打次數多的部位，和鍛打次數少乃至於並沒有經過鍛打的部位，材料強度的加工後變化肯定地不會一樣）；成批生產中的每一個鍛件，當然

也就各個不同，沒有方法可以嚴格地把這一批鍛件的製成品材料強度控制到完全一樣。

比較細緻地分析起來，這樣的結果會影響到毛坯的工藝加工情況（它們的強度不同，就是說切削性能不一樣，也會影響到製件的熱處理質量）和製成品零件的使用效果（耐磨能力）和抗拉強度。

二、鍛件的形狀規格不能標準化——爲了充分地利用鍛坯每一火的有效可鍛性，使每加熱一次得到較多的加工變形，於是在鍛打階段就要「搶火」施工，緊張地抓緊時間進行鍛打。鍛件形狀規格主要的是靠掌鉗技工的目力觀察和技術經驗指揮着錘打的輕重來決定的。卡量工具和定型樣板，只起着參考性的測量作用，同時這些測量手續又是在鍛件尚在紅熱的時候來進行的，因此手工鍛造的成批鍛件，在形狀規格方面只能做到各件基本上相似，公差範圍很大，不能像鑄件一樣一般地做到成批製件同一標準公差。這樣就給機床加工的方面以很多安裝工件、統一切削用量等麻煩。這就是說手工鍛造的鍛件，是不適合於使用靠模夾具高效率機床加工的要求的。

三、鍛造原材料方面的浪費——手工鍛造每道工序都幾乎要特別加熱一次，每次加熱因爲所要的溫度和加熱緩急情況不同，因而對於加熱爐火焰的管理又是多變的，這樣就造成了很嚴重的燃料浪費。

另外鍛件每次在紅爐裏加熱，它的表面上必然要有一層金屬被燃燒氧化變成了鬆脆的鱗皮——鐵屑，從坯料上脫落下來。每一火這種鐵屑的損失，一般地可以達到坯料總重量的1~3%之多。忽略了這項損失就能造成鍛件規格不符的廢品，因此在下料的時候就要因鍛打過程火工次數的多少，特別放多用料重量來做準備。在大量生產的情況下，這宗應該避免掉的嚴重浪費，也是應當注意

的。

四、生產工時和技術勞動條件的浪費——可以這末體會：鍛件坯料的可鍛性是由紅爐加熱而取得的，而每一火的製造加工進度，決定於在一定的允許時間內集中地使用技術經驗和錘鍛重力的情況。在有效利用生產工時的問題上，無論紅爐或是技術勞動力都是間歇式的，不均衡的，也就是說生產工時的使用是非常不經濟的。此外手工鍛造產品的規格質量，絕大成分是決定於操作技術熟練程度上，因而就必要有較多的高級技術水平的工人，把值得珍視的優越技術條件限在低效率生產的一般作用下，這是違反生產車間管理經濟原則的。

現代化的機械製造生產方式，是以裝備機械化為基本要求，而以生產自動化為發展目標的。在車間管理方面，要求保證較高的經濟計劃水平，要科學地設計生產操作技術規程，嚴格地執行一切生產定額。為了使在機床加工的時候可以廣泛地使用靠模夾具，從而節約輔助工時，降低操作技術條件，要求製件毛坯的形體規格要能標準化；為了保證切削用量和工具供應計劃的實現，從而得到同一標準規格的成品，要求製件毛坯的工藝性質——材料強度、切削性質標準化。這些再結合了鍛工車間本身高效率大量生產的必要性，就確定了手工自由鍛造必須向模型鍛造過渡發展的方向。

簡括地總結起來，造成手工鍛造經濟落後性的基本環節，實際上就是鍛件坯料的可鍛性，和鍛打加工變形程度的科學配合問題。

把金屬高溫加熱熔成液態，傾到一定形狀的模型中去，那末金屬熔液就會在模型的相對壓力的偏範下，冷凝成和模型一樣的鑄件。這種鑄造方面的知識告訴我們：金屬在高溫情形下，它的流動性是否良好，就直接決定着金屬被塑造變形的可能性。

一般鍛造用的鋼料，它們有着一個共同的性質，就是隨着被加

熱溫度的升高，而逐步加強它們組織內部固溶體的變化，也就是越燒越軟，可鍛性越好，一直到達它的融點溫度，使固溶體起了過熱燒解的變化熔成爲液態。在這整個過程裏，也可以說是金屬流動性的又一種變化的形式。因而我們就可以體會到：如果在鋼料可鍛性相當良好的時候，用堅實的金屬模型加以強力的鍛壓，來擴大金屬流動性自然變形的可能程度，

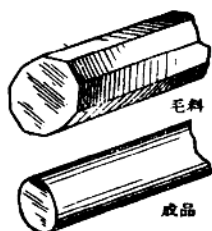


圖2 圓條的毛料和成品。

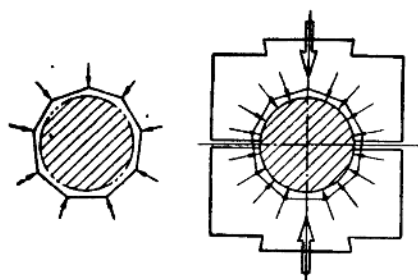


圖3 模鍛圓條用的模子。

要把一個斷面很不規則的鍛料(圖2)打成一個圓條，從想像中成品的圓心說起，對各個鍛打加工方向，各有着不同的變形程度的要求。鍛料本身的可鍛性是一定的，各個鍛打着力點的受力輕重就要掌握得很好，才會迅速地在一火之內打成它。不然就要

多次地滾打，甚至要加多修整鍛打的火工次數。可是假如我們利用到鍛料金屬的流動性可以強力塑範的原理，用一副定型工具(圖3)來做模型，然後對模型施以間接鍛壓力，那末各方向變形程度不同的問題就會得到解決，因此基本上就

必然可能在不改變原來鋼料組織成分的原則下，像鑄造一樣，但是不經過重新熔解凝固的過程，而得到一個符合於模型壓力空間形狀的鍛件。這就是模型鍛造理論的基本概念。

用手工錘鍛的方法，

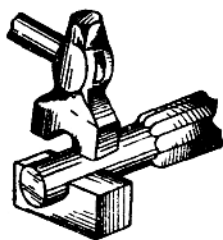


圖4 用鍛模一次打出圓條。

可以一次就把這個鑄件打出來了(圖4)。

我們在鍛工車間裏所常常用到的[哈夫錘]、平錘、各式拌子等,可以說就是模型鍛造的初步應用。

二 模型鍛造的種類

自從各種型錘間接加工的鍛造法在手工鍛造車間中出現,它們就在節省火工次數、簡化操作技術過程、節省工時和保證形狀規格近似標準化等方面,給了我們好多的啓發,也使我們在掌握金屬流動性參用鑄型生產鑄件的方法,一次加工強塑出完整鍛件的生產方式,得到了經驗基礎。

用高强度的特種鋼料,經過雕刻加工製造出所要的鍛件型壓空間形狀,來代替鑄工的鑄型砂箱,用它來把具有優良可鍛性的鍛料強塑出成批一致的鍛件來(圖5),這樣的生產方式叫做模型鍛造,這樣的模型就叫做鍛模。鍛模一次的加工,事實上就等於好幾道普通手工型錘鍛造的總和(圖6)。因此它的生產經濟效率要比一般自由鍛造提高得很多。

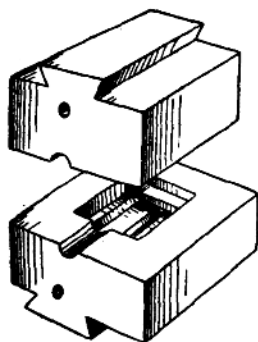


圖5 鍛模。

可是金屬在固溶狀態的所謂流動性,究竟是和熔融液態金屬的流動性不同的。它只能在外來壓力的直接推動下,做很大活動程度的變形,但是因為金屬本身還存

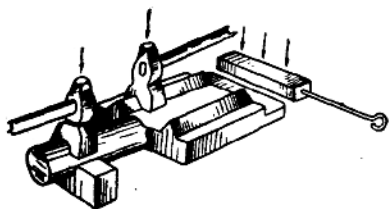


圖6 鍛模一次的加工,事實上就等於好幾道普通手工型錘鍛造的總和。

在有一定程度的強度維持住它固體的形狀，所以它並不會主動地填充到模型的空位當中去，這和金屬熔液在模型裏的活動情況是不同的。假如把一個燒得紅透了，具有了很好可鍛性——就是有了相當金屬流動性的鋼球，放在上下兩個長條形的鍛模槽（以下叫它做「模道」）裏去鍛壓（圖7甲），我們所得到的加工結果只能是（圖7乙）的樣子，雖然鋼球的體積和模道總容積一樣，也不會得到一個符合於模道形狀的鍛件。

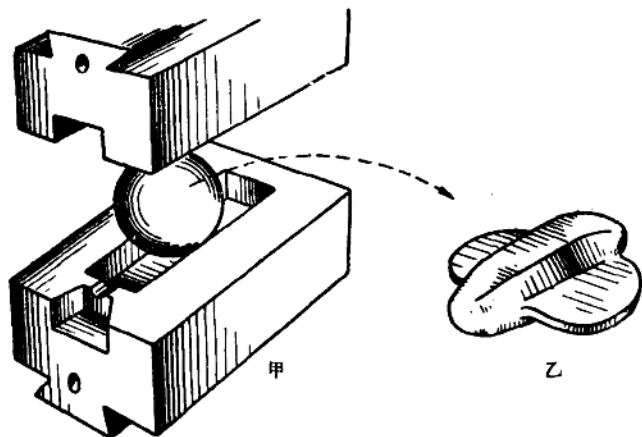


圖 7 在鍛模中鍛壓燒紅透的圓球的情況(甲)和圓球被鍛壓後的形狀(乙)。

模型鍛造最現實的優越性，就是可能用同一個鍛模鍛造出成批千百件形狀規完全一致的鍛件。因此在使用鍛模的時候，我們首先要注意到兩個問題：

1. 要防止鍛料金屬填充不滿模道、塑形不完全的廢品現象。
2. 模道對於鍛料是起着強力範塑作用的，這也就是說在工作的時候，紅熱的鍛料和模道發生着很大的摩擦現象。這個問題如果重視得不够，那末模道就會很快地磨損，喪失掉原來的工作精度，

這樣就有生產出大批廢品的可能。

總起來說，我們應當非常重視鍛模對於鍛件生產的最後一道完成工序的作用。爲了這樣，鍛坯在放入成形模道以前，必須是預先製造成很近似這一模道形狀的雛形坯件。

一般用在模型鍛造的材料，都是由鋼鐵廠供給的定型鋼材。也就是說鍛件的原始坯料和成形後的鍛件形狀，是差別很大的。於是在使用模型鍛造生產方法的時候，就產生了怎樣解決進入成形模道前的雛形鍛坯的製造問題。

第一種解決辦法是：成形鍛模只用於最後一道成形工序；在這以前，由截料一直到鍛成可以放入成形模道加工了的雛坯，都仍然使用手工的鍛造方法。這種類型的鍛造法，叫做〔半模型鍛造〕。

另一種解決辦法是：由截料到成形，一切變形過程的鍛造加工，完全使用專門設計的模道，一道一道工序流水式地生產起來。這種類型的鍛造法，叫做〔完全模型鍛造〕。

下面把這兩種模型鍛造法的優缺點分別談一談：

一、半模型鍛造——它突出的優點，就是能夠用比較簡易的加工方法，保證了成批鍛件形狀規格的標準化。此外生產品種有了改變時，所要專門變更準備的，也只是這一套成形鍛模，設備負擔輕，調度靈活，適合於普通手工鍛造車間初步改進生產技術、提高小批鍛件生產效率用。

不過因爲它從截料到雛坯，絕大部分的生產過程是用手工鍛造來完成的（圖 8），所以前文說到的一切手工鍛造的缺點，它還是具備着的，鍛工車間的成本經濟情況和技術條件的使用效率，都還不能有太多的改進。此外這樣方式生產出來的鍛件，對於機床加工車間來說，也只解決了夾裝機件節約輔助工時、切削餘量標準化使可以基本上執行加工技術規程的要求等問題；因爲殘存有繁複的

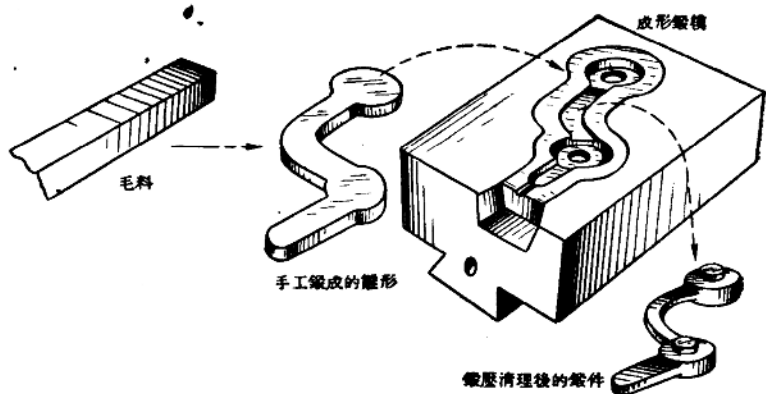


圖8 半模型鍛造示意圖。

火工和鍛打配合的問題，因而製件的材料質量還不能保證提高，還不能滿足於高效率高精度水平機械製造的要求。

二、完全模型鍛造——鍛件的每一道工序，基本上都用專門鍛模一次鍛打來完成，這樣每加熱一次得到的可鍛性的有效利用時間，可以充分地發揮作用，用來完成很多道施工工序。火工大量的節約了。同時紅爐的使用率、燃料消耗、溫度管理、生產工時的使用效率、材料的消耗情況也都得到了很大的改進。更重要的是使用這種方法可以非常集中地使用勞動技術條件：高技術水平、經驗豐富的工人，只需要掌握住安裝校驗鍛模、調整機床等重要環節的工作，而把工序間的一般生產操作交給低級技工或非熟練工，就可以順利地進行高效率的生產。這一點經濟優越性是特別突出的。此外鍛坯在加工過程中，材料性質和鍛打變形情況的適應問題，也顯然得到了改善。這樣生產出來的鍛件，肯定地說由形狀規格一直到成品材料強度，都可能得到高度標準化的保證。而這樣的製件毛坯，才是高度科學化機械製造生產所需要的。

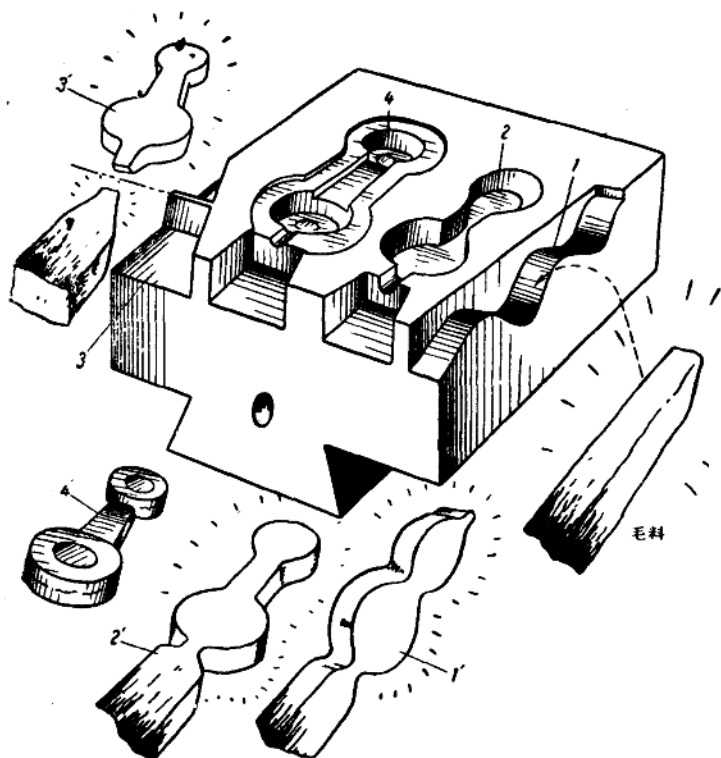


圖9 完全模型鍛造程序的示意圖。(模鍛的程序是：紅透的毛料放進初模道1中鍛成1'；在預鍛模道2裏把1'壓成2'；在切斷模道3中截斷2'；把3'放在成形模道4中進行最後的加工；清除毛邊使成爲4'，4'就是成品。)

不過問題的另一方面，却也說明了這種生產方式只適合於固定品種大量生產的工廠，像汽車製造廠和國防工業工廠等；即使是週期性大批生產——基本上是大批生產，可是生產品種不是長期固定的——的工廠，採用這種方法也是不會充分把它的經濟優越性發揮出來的。

第一，因為這種生產方式的工具設備準備工作繁重。其次爲了充分地發揮它的經濟優越性，就要求根據各道工序製造過程實需的能量來選擇機錘，並依照加工程序排列機錘來縮短生產流水綫的行程。這樣就是說完全模型鍛造生產作業的技術內，連車間佈置計劃也包括在內，那末，產品品種如果要經常地變更，當然用這種方法是不經濟的了。

當然這不是說一般週期性大批生產的坯件，就只能採用半模型鍛造的生產方法。上面這樣說法，目的是告訴我們應當從實質上掌握住各種生產方式的特徵，以便在具體設計車間生產計劃，或是提高現有生產效率的工作中，可以明確地掌握住合理的經濟計劃水平，根據可能的條件，以半模型鍛造爲基礎，合理而地向完全模型鍛造提高。

至於究竟多少件才够條件採用模鍛呢？這同鍛件的形狀、材料及大小都有關係，通常我們可以用下面的公式來計算：

$$\text{採用模鍛的最少數量} = \frac{\text{製造鍛模的總成本}}{\text{甲} - \text{乙}}。$$

式中 甲—每件零件採用自由鍛時的總成本，其中包括鍛工車間的成本和機械加工車間的成本；

乙—表示同一零件採用模鍛時的總成本，也包括模鍛車間的成本和機械加工車間的成本，但在計算模鍛成本時必須除掉鍛模的成本。

由上面公式看來，要是用簡單的鍛模，採用模鍛的最少數量就可以少些。例如鍛造普通齒輪的鍛模就要比鍛曲軸的模子便宜得多，所以一般情況下曲軸要在大批、大量生產時才用模鍛，而齒輪有幾百件就可以。由於鍛件的形狀尺寸的不同，有價值採用模鍛的最少數量可以從幾十件到幾千件不等。