

范兆倫 編著



落鍛工藝學

科學技術出版社

落 鍛 工 藝 學

范 兆 倫 編 著

科 學 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書敘述金屬加熱后用蒸汽錘或空氣錘的鍛造和沖壓，鍛模、修邊沖模的設計與坯料的預熱，落鍛工作方法，鍛件的疵病及熱檢驗法和冷檢驗法，使設計及製造鍛模時能有所根據。

本書供汽車、拖拉機、飛機及電機製造工廠鍛工車間技術人員參考，又供機械製造院校作教學參考之用。

落 鍛 工 藝 學

編 著 者 范 兆 倫

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 號

上海市印刷五廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·545

開本 787×1092 1/27·印張 11 13/27·字數 238,000

1957 年 9 月第 1 版

1957 年 9 月第 1 次印刷·印數 1—6,000

定價：(10) 1.60 元

序 言

金屬压力加工在重工業的机械制造工程中占据着非常重要的地位。例如：汽車和拖拉机上的零件約有百分之七十以上是鍛造和冲压出來的，其他如國防工業、航空制造、电机和电器制造等工業中，也有很大部分的零件是經鍛压或冲压而制成的。

用压力加工方法生產的特点为：力量大、生產快、成本低，且產品的精密度亦能达到要求。在旧中國不注意生產速度、生產效率和生產成本，所以压力加工以往是沒有基礎的，但是在社会主义的國家里特別注意人力物力的節省，在苏联用压力加工制造非常發达，其進展的程度超过任何資本主义國家很远。我國自解放以來學習苏联經驗，大力地創設利用金屬压力加工了。隨着第一个五年建設計划的执行，有关机械制造方面迫切需要鍛造机械化，來提高生產效率。旧中國工業落后，鍛造方法循用旧規，以人力运用鉄錘鍛造鋼件，因工人體力有限，和爐溫不均，不能鍛制較复雜的零件如汽車曲軸等，且曠時頗久，不能大量生產，以适应現代工業的需要。編者有志于祖國工業建設，曾在工厂研習，校院教研多年，茲將研習心得，并参考苏联有关先進著述，編著此書，以供落鍛錘鍛工、司錘、鍛錘修理技工，工程技術人員，中等技術学校的学生等的學習參考資料，也可以給大專学校压力加工專業的学生在學習鍛工机械时参考。惟編者学識簡陋，内容或有遺漏及錯誤之处，尚請工程界同志，不吝指正，实为感激。

書中插圖，除采用原書的大部分外，其除部分由康六如同志代繪，謹此志謝。

范 兆 倫 1956年5月18日于上海

目 錄

第 一 章	落鍛的定义.....	1
第 二 章	落鍛錘的种类和修边压床.....	6
第 三 章	工厂的布置.....	74
第 四 章	鋼的种类——鍛造温度——加热处理.....	79
第 五 章	鍛模的分类与鍛模的設計.....	101
第 六 章	鍛件坯料的預备.....	157
第 七 章	鍛模与修边冲模的裝置.....	171
第 八 章	加热設備与爐子的設計.....	201
第 九 章	落鍛工作法——修边工作等——落鍛举例.....	225
第 十 章	鍛件的清理.....	256
第十一章	檢驗——疵病的类别及鍛件的热檢驗和冷檢驗.....	265
第十二章	鍛模鋼料与修边工具鋼料——加热处理——鍛模 的寿命.....	277

第一章 落鍛的定义

落鍛工業，和別種工業一樣，在不同的地區，是具有許多不同的名稱，而所指的意义是相同的。鍛造工作，經常被人稱為“壓造”或“落壓”，以及“落鍛”，而編者認為最後的名稱是適合於鍛造方法而能表示出它的真實意义，故選擇“落鍛”二字為本書的名稱。

上述幾個名稱是容易引起混亂，因為“壓造”系指將金屬薄片冷壓成為各種形狀，而“落鍛”的意义是將金屬加熱到適當的溫度後，放在雕刻有與所需製備機器零件相同輪廓空隙稱為模槽的鍛模中，而鍛模由兩個半模組成，上一半連于錘頭，下一半連于砧座。加熱過的金屬在上下鍛模間受錘擊的作用，而由中心向四周流動，漸漸填滿鍛模的模槽內。當上下兩半模相接觸時，加工便已完畢，鍛件便製成。多餘的材料由模內溢出，流入而填滿于毛邊槽中，製成的帶毛邊鍛件須在下一工序中用鄰近落鍛錘的修邊壓床的鉸邊模上將毛邊切去，乃得最後的鍛成品。

熱沖模型鍛造的落鍛方法與普通的無型鍛造方法有所不同。在無型鍛造中，鍛件的成形，靠打鐵工具的冲击力作用，除使用部分型錘及輔助工具時，例外變形是不受限制的，所以鍛工的技術和經驗，是對產品的質量和產量起了重要的作用；但在模型鍛造的落鍛中，是利用特別工具——鍛模——的幫助，而使工件完成變形，鍛模上銑制有與零件相同輪廓的模槽，材料在鍛模中受擠壓後向模槽處流動，所以它的變形是受着鍛模內模槽的輪廓所限制的，利用這種方法，可以在鍛模內求得形狀很複雜的鍛件，然而並不要求有高技術的工人和消耗很多的工時，它與無型鍛造相比較，模型落

鍛的生產率高了25~50倍。由于在模型落鍛中可以求得与制成机件很近似的形狀,所以在后來的机械加工中,模鍛件也能相当地節省金屬,有許多模鍛出來的机件,可以得到这样整潔的程度,而不需要進一步的机械加工。但是模型落鍛也具有缺点的,鍛模的成本高,每个鍛件需要不同的鍛模,这样就使热冲落鍛的方法主要应用于大量生產,以及大型的流水作業上。

我們絕對不可將“鑄造”和“落鍛”相混淆,因为在“鑄造”方法中,將熔融的液体金屬澆入空心的鑄型內待其冷却后即得固体定形的机件,而在“模型落鍛”中,將金屬加热到臨界溫度后(臨界溫度的意义將在第四章內詳細地解釋,而臨界溫度則随所用鋼料的种类而异),再放在鍛模中鍛制。普通鋼料的鍛造溫度是在 $850\sim 1,200^{\circ}\text{C}$ ($1,560\sim 2,200^{\circ}\text{F}$)範圍內。詳細的碳鋼和合金鋼的鍛造溫度將在第四章內寫出。

有时候人們由于一个錯誤的觀念以致对于落鍛制成的零件毛病發生怀疑,这个錯誤觀念就是:当鋼件在鍛造前,必須加热到很高的溫度,致損毀鋼件。如此一个印象是完全不正确的,因为在正常的落鍛工作中,当鍛件未达臨界溫度以前,鋼塊的加热,須經過預热、升热及保热几个階段,溫度是慢慢地升高的,而鍛造完畢后,亦慢慢地冷却,其后尚須用熱处理方法矯正由鍛造而生的內应力。

落鍛是利用机械力量,例如皮革摩擦力,木板摩擦力或蒸汽动力等,將錘头吊起,任它自己落下,冲击在工件上,所以它对工作所作的功,等于落下部分的重量,乘上錘头的行程(錘落下部分的冲程)。

落下部分系統的向下运动可以由于它本身重量的作用(單动錘),也可以由于本身重量及附加力的作用,附加力决定于錘的結構(双动錘)。不論是那一种情况,落下部分系統在冲击时都積累了一定的动能 E ,这个能量可用下式來表示:

$$E = Q_0 v_k^2 / 2g$$

式中 Q_0 ——落下部分系統的重量；

v_k ——落下部分剛開始與鍛件接觸時的速度（衝擊時的速度）；

g ——重力加速度（9.81 公尺/秒²）。

如為單動錘，則

$$E = Q_0 v_k^2 / 2g = \eta Q_0 H$$

式中 H ——錘落下部分的衝程；

η ——向下運動時的損失係數（摩擦阻力及其他）。

如為雙動錘，則

$$E = \frac{Q_0 v_k^2}{2g} > Q_0 H \quad (E \approx 1.8 Q_0 H)$$

因為落下部分獲得附加的加速度，

衝擊能主要部分是消耗在鍛件的變形上（變形功），相當小的一部分消耗在工具的彈性變形，砧座及地基的振動以及其他上。

因此，如果用符號 A_0 代表每次衝擊的變形功，則

$$A_0 = \eta_{y0} E,$$

式中 η_{y0} ——衝擊係數，如果砧座的重量與落下部分的重量相差越大，則衝擊係數越大，實際上砧座的重量一般為落下部分重量的 15~20 倍，以便保證：

$$\eta_{y0} \approx 0.8 \sim 0.9.$$

談到關於捶擊的力量時，應該記住，在打擊過程中上下鍛模給予鍛件的力是決定於鍛件變形的阻力。如果變形阻力越大，則變形量越小（變形量是鍛模從與鍛件接觸時到停止時的路徑）。

因此，為了使坯料得到同樣的變形量（例如減少高度），尺寸大而加熱較少的坯料就要求較多次數的衝擊。

故“落鍛”的名稱，系從鍛錘的錘頭而來，因為錘頭的下面裝有

上半模,当墜落下去,冲击着放在下半模上的鋼塊;这和普通的打鉄是不同的。錘是利用冲击力量使被加工金屬变形的,因此金屬变形的時間很短,約为一秒的百分之几。而落鍛錘的大小是以落下部分(錘头)重量計算的,而并不是打击的力量。錘头重量0.5~15噸蒸汽空气模鍛錘,少数用到20~25噸;还有0.5~3噸的木板摩擦錘。鍛錘的砧座具有很大的重量,可以吸收被加工金屬的冲击能量。对于落鍛錘所要求的条件最重要的是:冲击力强,动作迅速,及控制和操作灵便。

我們都懂得鋼制机件毛坯形成的四种方法:——(1)鑄造(俗称翻砂);(2)軋軋;(3)普通的无型鍛造;(4)模型落鍛。

第一种方法的价格是最低廉的,因为將已經熔融的鋼液,澆入模型中即可獲得所需形狀的毛坯,而其余三种方法,則需先將鋼液制成鋼錠,随后經軋軋成圓鋼、方鋼、六角或八角形鋼,再用落鍛錘鍛造成為截面均匀的、最近似制件形狀的、并适合于最后机械加工的毛坯。

在大量生產里能够保證制备鍛模所化費用为合理而值得做鍛模时,“落鍛”具有下列諸优点:——(1)力量大;(2)生產快;(3)成本低;(4)產品的精密度亦能达到所需的要求。

鑄件的机械性能是較鍛件为差,因为鑄件缺乏操作,僅借熔液澆鑄后凝固其結構,故其組織粗松。而鍛造对鋼錠(鑄成的金屬)加工时,主要是因为消除了中心的疏松部分,而使材料变得紧密,此时晶粒被击碎,形狀發生了变化,并且造成顯明的纖維組織。当晶粒变細时,鑄成金屬所特有的晶粒大小的不一致性便被調勻了。当变形时,纖維在金屬流动的方向延伸,任何鍛件的縱向磨片照相都有明顯的晶粒分布情况,具有方向性的纖維流綫,所以鍛件的抗拉强度,冲击强度,增加甚多,这些优点是鑄件沒有的。茲以0.60%碳素鋼为例:其抗拉强度等的关系如表1。

表 1

	抗拉强度 σ_b (公斤/公厘 ²)	冲击强度 a_K ($\frac{\text{公斤} \cdot \text{公尺}}{\text{公分}^2}$)	延 伸 率 δ (%)	疲劳極限 σ_r (公斤/公厘 ²)
鑄 件	37	0.3	0.3	22.5
鍛 件	97	0.8	11.5	30.5

第二章 落鍛錘的种类和修边压床

建立那一种鍛造工厂,必須根据許多因素,事先必經周密的考慮,和詳細的分析,方能獲得最滿意的結果。廣泛地講:动力的供应問題在很大程度上对于选择那一种鍛造工厂起着最后决定性的作用。

在壓縮空气或蒸汽可以利用的地区,最好裝置蒸汽-空气两用錘。但当新的动力可供利用时,例如產煤区的火力發電,江河区的水力發電,使电力在合理的价格下大量供应时,則可用电力驅動的木板摩擦錘(夾板錘)或壓縮空气錘。所有的落鍛机械設備,可根据其技術上的特点,分为下列两个基本类型:

甲. 蒸汽-空气两用錘 { 1. 單动的(單作用式);
2. 双动的(双作用式)。

乙. 傳动錘 { 1. 摩擦式的皮帶錘;
2. 彈簧錘;
3. 夾板錘;
4. 壓縮空气錘。

甲. 蒸汽-空气两用錘

鍛造工厂中,錘为基本的設備,种类甚多,其中以蒸汽-空气两用錘应用最廣。蒸汽-空气模鍛錘是模型落鍛車間的基本設備,应用的落下部分重量是 500~30,000 公斤;最常采用的模鍛錘是 500~9,000 公斤。模鍛件的最大重量可至 1 噸。

蒸汽-空气錘的分类可見表 2。

表 2 蒸汽-空气錘的分类

工廠上的用途	操作方法	蒸汽分配機構	作用原理							
模鍛	人力	圓柱形滑閥 旋開 提開	雙作用式					單作用式		
			上汽缸的		下 汽 缸 的	无砧座的		繩索驅動	皮帶驅動	細徑驅動
			雙柱式							
			普通錘杆	粗徑錘杆						

蒸汽-空气錘的作用原理：就活塞使用动力來說有两种，即一面進气（單作用式）和两面進气（双作用式）；單作用錘的蒸汽或空气只是作用于汽缸的活塞底部圓面上，用來举起錘头。当蒸汽自汽缸逸出时，錘头是由于其本身重量的作用落下，所以錘头落下的速度，是只与行程的長短有关，錘头落下的速度，除重力外，并与摩擦力作用有关。主要的摩擦力計有：

1. 活塞与汽缸壁的摩擦力；
2. 活塞杆与密封套面的摩擦力；
3. 錘头与導軌間的摩擦力。

若上述三部分总的損失，約为 0.1~0.05(实验数字)。

根据自由体計算，則錘头落下的速度

$$v = \eta \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (1)$$

(v 約等于 5~6 公尺/秒)

$$\eta = 0.90 \sim 0.95$$

g ——重力加速度 $\left(\frac{9.81 \text{ 公尺}}{\text{秒}^2}\right)$ ；

H ——錘头落程(公尺)；

η ——考慮在錘头运动时所發生阻力和摩擦力因素的改正系数。 η 值是根据自由落鍛的种类、構造等因数确定之。

若工件受錘击后，低下的高度为 S (公厘)，落下部分重量为 Q_0 (公斤)，則有效錘击力 P' 为：

$$P' = \frac{Q_0 H}{S} 1,000 \text{ (公斤)} \dots\dots\dots (2)$$

双动的 (双作用式) 落錘的錘头上升和落下时，均有蒸汽或空气推动汽缸活塞的底部和上部面積。当蒸汽進入汽缸下端时，推举活塞上升，將錘头提起。当蒸汽進入汽缸上端时，則压使活塞下降以增加錘头的冲击力。錘头的速度不僅与行程有关，与所用的蒸汽或空气压力有关。因此可在較短行程內利用蒸汽或空气的压力作用，而獲得所要求的較高速度及較大的动能。

双向作用式的蒸汽-空气錘，在錘击时，錘头的速度：

$$v = \eta \sqrt{\frac{2g(Q_0 + fP)H}{Q_0}} \dots\dots\dots (3)$$

(v 約等于 7~8 公尺/秒)

式中

$$\eta = 0.6 \sim 0.65;$$

f ——活塞之面積 (平方公尺)；

P ——活塞上的平均压力 (公斤/平方公尺)；

H ——錘头落下的行程 (公尺)；

Q_0 ——錘落体的总重 (公斤)；

η ——改正系数。

η 是由很多因素決定：机械中汽缸、閥門工作是否正确，活塞在汽缸中是否密合，填塞箱是否正确等。

苏联学者 Д.Д.Баркан 教授曾觀測 10 个能量和种类各不相同的模鍛錘头的冲击速度 v ，其結果如表 3 所列。

蒸汽-空气两用錘，要調整錘击工作，可从量的方面調整進汽量，或从質的方面調節蒸汽的压力。

数量調節法是用分配机构 (滑閥、旋閥和提閥) 來控制，和用變更新鮮蒸汽進入汽缸的停汽時間來控制。

表 3

錘落體的公稱重量 (噸)	錘頭的速度, v (公尺/秒)		觀測值與計算 值之比
	觀 測 值	按公式(1)及(3) 及當 $\eta=1$ 求出	
雙 向 作 用 錘			
5.4	6.2	9.0	0.69
3.6	6.0	8.4	0.71
2.25	5.4	8.6	0.63
1.8	4.5	8.1	0.56
1.125	6.2	8.6	0.72
1.0	6.8	8.5	0.80
1.0	5.8	9.8	0.59
0.635	5.5	9.0	0.61
自 由 落 體 錘			
0.54	3.3	3.56	0.96
1.125	3.5	3.93	0.89

質量調節法是用始動機構(滑閥、旋閥和提閥)和用變更鍛錘在工作過程中閥門的開啓大小來控制。但在數量調節法中,當鍛錘進行工作時,並不變更其始動機構中閥門開啓的大小。

數量-質量雙重調節法是同時調節着分配機構和始動機構的方法。

蒸汽分配機構是用來控制分配的和始動的滑閥、旋閥和提閥,有人力的,自動的和萬能的三種操作法。

人力操作法是鍛錘的司錘工用手柄,或鍛工自己用腳踏杆所控制的操作法。自動操作法是用與錘頭升降聯動的分配機構所控制的操作法。自動操作手柄只能用來變更鍛擊的性能,在鍛錘進行工作時靜止不動。自動操作的鍛錘能連續不斷地自動鍛擊,這種自動鍛擊的性能是由操作手柄的位置所決定。

萬能操作法是兼有人力和自動操作的操作法。

模型落鍛錘的主要規格——蒸汽-空氣錘的通用規格見表 4、表 5 和表 6。

表 4 蒸汽-空气模锻锤(上汽缸、普通锤杆和圆柱形滑阀式)
(主要规格)(参看圖 1)

落下部分的重量 (公斤)	汽缸直径	行程	锤头与模座间的距离(活塞压在填料座上时)	导轨间的距离	砧座的投影尺寸		锤的高度	管子直径		每一吨落下部分的重量(不包括砧座)	
					侧视底视	前视上视		进气	出汽		
(公厘)											(吋)
500	200	915	250	400	1,170	1,930	4,190	2	$2\frac{1}{2}$	15	
1,000	280	1,140	250	500	1,320	2,390	4,850	$2\frac{1}{2}$	3	12	
2,000	360	1,270	300	635	1,420	2,950	5,660	$3\frac{1}{2}$	4	10	
3,000	430	1,270	300	700	1,650	3,350	5,790	4	5	9	
5,000	530	1,270	500	760	1,800	3,560	6,630	5	6	7	
10,000	660	1,360	500	860	2,100	3,860	6,660	6	8	—	
15,000	810	1,630	500	1,010	2,180	4,320	7,200	8	10	—	
25,000	990	1,830	500	1,270	2,540	4,830	8,330	10	12	—	

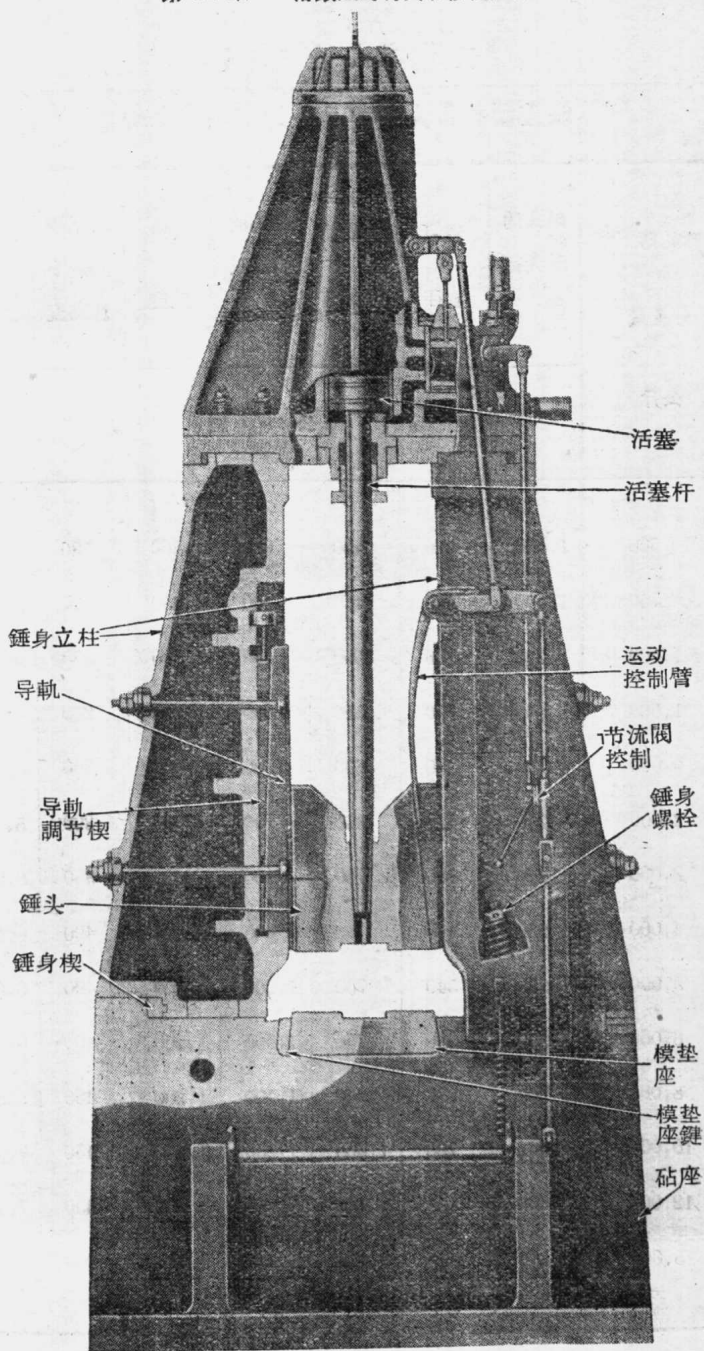


圖 1 普通錘杆式蒸汽-空氣模鍛錘(見表 4)

表 5 蒸汽-空气模鍛錘

(苏联重型机器人民委员会的标准)(参看圖 2)

公称的落下部 分重量 (公斤)	錘头的 最大行 程	汽缸 直径	導軌間 的距离	錘头的 前后尺 寸	機座 长度	上下模 的最小 总高度	錘的高 地高度
	(公 厘)						
500	1,000	210	400	350	600	180	5,000
750	1,100	250	450	400	650	220	5,200
1,000	1,200	280	500	450	700	220	5,300
1,500	1,200	330	550	600	800	260	5,400
2,000	1,250	380	600	700	900	300	5,600
2,500	1,250	410	650	700	900	300	5,800
3,000	1,250	440	700	800	1000	350	6,200
4,000	1,250	490	700	900	1,100	400	6,500
5,000	1,250	540	700	1,000	1,200	400	6,600
6,000	1,300	580	750	1,000	1,200	400	6,800
8,000	1,300	660	900	1,100	1,300	450	6,800
10,000	1,300	730	1,000	1,200	1,400	450	7,000
12,000	1,400	800	1,100	1,400	1,500	500	7,400
15,000	1,400	880	1,200	1,500	1,600	500	7,600