

475089

鍛 造 技 術

工具機手冊 第五十七冊

金屬工業發展中心 編譯



鍛 造 技 術

工具機手冊 第五十七冊

王 正 青 譯

版權所有
不准翻印

中華民國七十年四月出版

工具機手冊之(五十七)

鍛造技術

(全一冊)

編譯者：金屬工業發展中心

發行者：經濟部國際貿易局

印刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外名廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；本手冊前四十冊已於六十九年九月全部刊行，就正我工業界；復承國貿局支持本中心續編第四十一至六十冊計二十冊，主要在將工具機製造公差、工程量測、金屬片沖壓項目等工具機生產技術，又益以精密工具機中心與國外技術合作旋臂鑽床製造之範例，一併編印出版以饗讀者。至於編撰印行，因時間倉促，容有不週，至祈不吝指示！

序

本手冊首述應用模具之鍛件，繼述鍛造機械設備之種類、構造及其一般特性，包括鍛造機械之能量，模具之型式；操作安全及使用實務。最後一章討論合模鍛鏈與壓機之選用，蓋合模所製出鍛件有緊的公差和需求的形狀，可以節省一般鍛胚所必需的昂貴機械加工費用，甚至於還改善一些鍛件材料的品質，這對於高品質的工具機元件是很重要的。

鍛造技術在本手冊中，已窺見其輪廓，對於現代的可鍛性小的材質合模鍛造也曾概畧的提到；但限於篇幅，事實上尚須增益數冊，始可盡所欲言，稍後希能有機會刊出之！

編者 章 敬 賢 謹識

鍛 造 技 術

目 錄

頁次

第一章	鍛造概論.....	1
	一開模鍛件一合模鍛件一	
第二章	鍛鏈與鍛造壓床.....	8
	一合模鍛鏈一板式落鏈一空氣揚升重力落鏈一 動力落鏈一鍛鏈之定額一逆擊式鍛鏈一高能率 鍛機一開模鍛鏈一合模鍛造壓機一機械式壓床 一液壓機一能量係數一多撞鏈式壓床一摩擦螺 桿式壓床一開模鍛壓床一工廠工程一安全裝置 與人員安全 一 使用鍛鏈及壓床之安全實務 一 200,000噸壓床之計劃	
第三章	合模鍛鏈與壓機之選用.....	41
	一鍛鏈能量定額一壓床能量一鍛件能量係數一 基於鍛件數量，價值因素選用鍛造方式一工作 金屬之型式一鍛造方案之設計	

鍛 造 技 術

第 一 章

鍛 造 概 論

鍛造加工是在可控制之塑性變形，或是將金屬加工至可供利用之形狀。變形則是藉着壓力、衝擊力或是兩者兼有之情況。有時其變形力亦包括輾輾、後擠壓、前擠壓等此類形之單獨力量或是組合情況。

鍛造加工之初胚材料，可為鑄造胚件、鑄造成形件（Cast preforms）、金屬粉末成形桿或是金屬粉末成形件。然而最大比例之鍛件胚料，最初多是鑄造胚件，再經過壓擠，或是輾輾成形之材料。此類經輾輾加工而作為鍛件胚料者，其表面情況亦有要求。鑄胚多應用超音波檢驗、肉眼之觀察、細微之檢查及磁粉探測檢驗，以剔除有缺點之鑄件。因此作為鍛件之原胚件，其內部組織乃屬非常可靠，完善的鍛件節省之工料，其他方式不可望其項背的。採用適當之鍛造設計，成形後之鍛件可有最大方向性強度，亦使得鍛造加工有更精確之材料結構，與其他具競爭性之產品相較，鍛件具有下面之一些特性：

- (1)當與焊接件相比較時，鍛件更能顯示出一個完整件。而焊接尚需要昂貴之非破壞性檢驗其焊接地區，並需採用非常均勻之熱處理方式以消除其因焊接而引起之應力集中現象。
- (2)透過鍛造加工之鍛件，可因而消除任何因鑄造所引起材質間具有縫隙之現象，並且鍛件亦能供應更均勻一致之材質晶體組織。
- (3)鍛造之材質將具有將晶粒充滿每一空隙部份之全密度材料現象，且亦能供應更良好之尺寸條件。
- (4)與其他多數之加工製程相較，鍛件能在所給材料發揮其最大能量之能力，並由其最優秀之晶體流獲得最大之延性，亦可避免凹口之影響，並具有耐衝擊及耐疲勞之強度。

鍛件可採用任何通用之金屬材料或是其他上千種之合金材質。在重量上則可小由幾盎斯大至數噸重；在形狀上之變化亦甚多，如將其

表列出來，將是非常之複雜，但我們通常可基於下面四種基本鍛件形態來考慮：

- (1)開模鍛件或普通鍛件。(Open die or Smith forgings)
- (2)單塊式模印鍛件。(Blocker-type impression forgings)
- (3)傳統式模印鍛件。(Conventional-type impression forgings)
- (4)精密式模印鍛件。(Precision-type impression forgings)

開模及普通鍛件其形狀要求較不精確，在製造上可採用較少或是不採用工具來協助。它們被廣泛之使用此情況下；當設計工程師期望有鍛件強度之可靠性，並於最少之花費下，而又可快速之獲得此另件。當開模鍛件於無工具輔助情況下被製造出來時，其公差將是非常大，並且此另件通常尚需經過機械加工才算完成。

單塊式、傳統式及精密式鍛件則多採用鍛壓機，將材料擠壓進印模中成形。與普通鍛造相較，最大之差別則為需求模印之數量，以及鍛件成形後能達到精細之程度。

單塊式模印鍛件是採用一個模印來鍛造。鍛件之輪廓是相當之簡單，模子將採用充分之內圓角，以使得金屬材質能不中斷的迅速地流進入模中凹下部份。

傳統式模印鍛件在某些部份將不同於單塊式。它通常亦採用單塊式模印去獲得最初形狀，以及所期望之晶體流。其最後模印再精製此形狀，使達到精細之完成另件。然而一些機械加工通常被用於去消除某此拔模角(Draft angle)部份，此部份為使鍛件易從模中移出，並且一些基本之公差亦將被允許包括在內，如熱引起之收縮、模子磨損、模子閉合、模子配合不良、壓擠餘料之膨脹及需要校直等。

此類公差是由鍛造工業協會所公布，而此類資料亦可由此協會之任何公司所獲取。在傳統式鍛件，此類被強調公差及設計經驗等建議資料是基於此協會，衆多之鍛造工廠經量測相當數量之鍛件，而歷經5年之時間，所累積研究出來之技術資料。此類公差是沒有必要以公文命令行之，但是由經驗顯示，應用這些資料，可在最小之要求模印後再加工情況下，而達成最高之產量。

精密鍛件多被限制為非鐵合金，而且是最接近到達另件要求之最

後形狀。他們比之任何其他之鍛造方式，要求更複雜之加工，並且亦是花費最昂貴。

通常鍛件亦被要求有清潔之表面，清潔之方式包括酸洗、砂粒衝擊、珠擊法及輪磨加工。很多工廠之準備作業對鍛件有完成其機械粗加工，鍛件可無需熱處理即算完成，亦有經熱處理是爲了更進一步之機械加工，或是爲了最後能有一致之性質，而在最後完工前再經過熱處理製程。

檢驗之方法則包括磁粉探傷檢查、螢光滲透檢查、染色探傷檢查、超音波探傷檢查。放射線照射檢查雖有採用，但沒有經常使用於鍛件，乃是因爲經輾軋之材料結構，壓實了材料中任何孔隙，而反復施鍛，又可使材料達到相當細緻之程度。

鍛件依其公差之要求，決定其工具之條件，能在一定時間內生產物理性質合乎規範之產品。

1. 開模鍛件：

開模鍛件通常是無需特別之工具即可生產，仰賴鍛工之技巧及動力設備之操作以獲得所需求鍛件之形狀及尺寸。開模鍛造工件大都爲普通鍛件或平模鍛件(Flat die forgings)。其設備可由簡單之鐵工用鐵砧、鍛鏈到巨大之油壓壓床（能量可達 75,000Tons），鍛件重量則由小件又可大至數百噸。在廣泛之各類鍛機中，採用蒸汽、空氣操作之平模鍛鏈，設計成依一系列以噸數計之鏈擊力，在鍛鏈機操作工控制下，去改變材料之組織與形狀。

開模鍛件是經常爲小產量之需求，或是另件非常大不易於採用合模鍛造時，最經濟之鍛件生產方式。通常地採用簡單之手工具或是普通鍛模；即可使用去生產開模鍛件，亦允許採用手鏈鍛之方式來生產複雜之形狀。開模鍛件亦是被作爲去生產特殊形狀工件之準備步驟，此後再經由合模鍛造方式來完成。

雖然多數之開模鍛件是具有簡單之幾何形狀，諸如盤狀、環狀、軸狀等。開模鍛件亦經常被使用在加工胚料，或是拉伸小胚件由某一尺寸至更小之尺寸。

2. 合模鍛件：(Closed die forgings)

多數之鍛件均可採用各種不同之方式，利用各類之設備合模鍛造加工。採用合模鍛造應具有下面各條件：(1)完成件有確信其形狀之需求時，(2)須有良好複製性時，(3)須有均勻一致之物理性質時。合模鍛件之生產設備採用鍛鏈、沖床、鍛壓床、及其他各種特殊功能之設備。

圖 1 顯示衝程—負荷曲線之調製，由於採用相同之碳鋼鍛胚，在不同三種之鍛機—液壓、螺旋壓床、鍛鏈—上操作所獲致。此圖亦闡明二個重要之合模鍛造過程之影響。

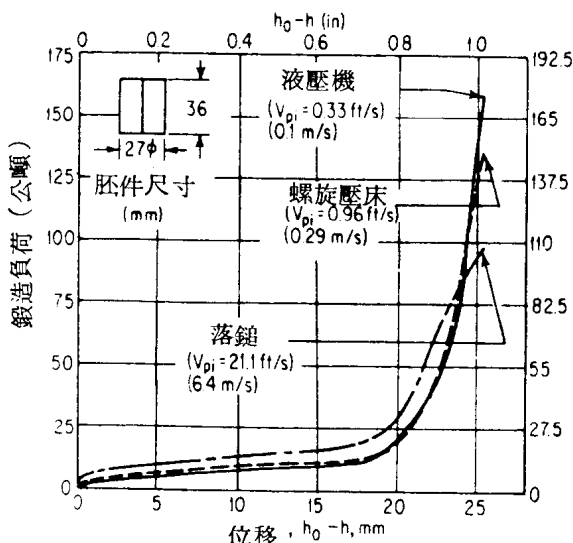


圖 1 衝程—負荷關係曲線，在不同速度下採用三種不同之鍛造設備在 2012°F 時之合模圓胚件鍛造。

- (1) 在衝程之最初階段，鍛鏈之負荷是稍高於油壓機，此乃是因為變形率所引起流動應力之增加。
- (2) 在衝程之最終階段，則較慢速之液壓機有最大之負荷。此乃因為模子所激起之影響；特別是在擠壓餘料趨向此製程之最終端

時，均投向(a)增加流動應力(b)增加其磨擦條件。

圖 1 假如採用鈦合金取代鋼材，仍應用上述三種機械鍛造，則其負荷情況變化更高，乃是因為鈦合金對於應變率及溫度之變化比較碳鋼更大。

此點亦說明，為何在熱鍛時因為不同材料，由於溫度及應變率所引起之變化，將有不同之負荷及能量需求。在比較不同之鍛設備，並推薦其對照能量，詳列如表 1，此推薦表是僅考慮使用者為碳鋼材料；若為其他材料諸如鈦合金、鋁合金、及其他超合金，則此資料亦可作為相當接近之參考數據。

表 1 亦假設此鍛件幾何形狀、及擠壓餘料外形，在三種設備上都是甚少變化的。當一件碳鋼鍛件已採用機械壓床 1,200 噸能量來鍛製，此件亦能利用 2000 磅動力落錘，或是採用一臺 3000m-kg 之逆擊式鍛鏈來鍛造，此假設是在各設備之工作能量全額發揮條件下，其他有關資料之考慮亦被明列在表 1 之下方。

註：表中“a.b.……f”註釋如下：

a. 表上最大能量數據係摘自 Ceco bulletin 157-L-7 of the Chambersburg Engineering Co,由下列公式導出：

$$(\text{力} \times \text{距離}) f = \frac{MV^2}{2}$$

此處，力＝總重量：一中值有效壓力×活塞面積（在動力落錘，力是由撞錘、桿、活塞及模之重量和再加上作用在活塞上動力之總和）。

距離＝力作用之位移，

M＝總移動質量。

V＝移動質量在衝程末端之速度。

f＝減去由於磨擦所引起者所餘下之有效係數。

實際上，此公式僅需要決定有效係數 f，因為此中值（平均）有效壓力，是因各設計閥之安排而有所不同，並且介於導板與活塞間所產生之磨擦力，各設備製造廠亦有所不同。

b：液壓機之額定噸數，是計算其壓力與活塞面積之乘積。

表1 不同鍛造設備之等值鍛造能力

最大能量 ^a		液壓機 ^b 定額(噸)	逆擊式 ^c 鍛造機 定額 米—公斤	動力落錘 ^d 定額(磅)	機械式 ^e 床 壓 定額(噸)	重力落錘 ^f 定額(磅)
呎—磅	米—公斤					
3,850	533		450	455		1,000
5,870	812		650	680		1,500
8,830	1,220		1,000	910		2,000
11,000	1,540	500		1,000	600	2,200
11,320	1,570	550		1,130	660	2,500
14,200	1,960	680		1,360	820	3,000
16,700	2,310	750	2,000	1,500	900	3,300
19,400	2,690	900		1,800	1,080	4,000
21,700	3,000	935	2,500	1,870	1,120	4,100
22,500	3,120	1,000		2,000	1,200	4,400
24,700	3,420	1,125		2,250	1,350	5,000
26,200	3,630		3,000			
28,500	3,950	1,250		2,500	1,500	5,550
30,000	4,160	1,350	3,500	2,700	1,620	6,000
34,400	4,770	1,500	4,000	3,000	1,800	6,600
41,600	5,770	1,800		3,600	2,160	8,000
46,000	6,370	2,000	5,500	4,000	2,400	8,800
52,000	7,200	2,250	6,000	4,500	2,700	10,000
58,000	8,030	2,500		5,000	3,000	
70,000	9,700	3,000	8,000	6,000	3,600	
86,800	12,000	3,700	10,000	7,400	4,400	
94,000	13,000	4,000		8,000	4,800	
118,000	16,000	5,000	13,000	10,000	6,000	
138,000	19,100	5,850	16,000	11,700	7,000	
142,000	19,600	6,000		12,000	7,200	
173,000	23,900	7,300	20,000	14,600	8,700	
220,000	30,400	8,300	25,000	16,600	10,000	
240,000	32,200	10,000	32,000	20,000		
300,000	41,500	12,500		25,000		
361,500	50,070	15,000	40,000	30,000		
425,000	59,000	17,500		35,000		
	60,330	18,000		36,000		
484,000	67,036	20,000	50,000	40,000		
546,800	75,500		63,000			
610,000	84,500	25,000		50,000		
694,400	95,800		80,000			
738,000	102,200	30,000				
868,000	120,200	35,000	100,000			
1,280,000	172,800	50,000				

- c：此型鍛鏈之能量定額是由 Be'che and Grobs Gmbh 所供應之資料，並且若是發生在動力落鏈與重力落鏈均有20%之減少，以補償其在能量上之損失，但是有關此能量之損耗沒有發生在逆擊式鍛鏈上。蓋此能量為損耗到鍛機基礎座上。至於彈性撓曲因素，在此二系統中則均未加以考慮。
- d：動力落鏈之額定能量是由 Ceco Bulletin 157-L-7 上查得。此處之公稱容量是基於約 24ft/sec 之正常速度下。此類型式之鍛鏈是具有高鏈擊能量，其增加的能量之獲得則在增加其落下之撞鏈重量與速度。經常地此類型式之鍛鏈機是應客戶需要而設計為特殊建立的鏈擊額定噸數者。又Erie鍛鏈考慮其公稱定額，僅採用其撞鏈之重量，而 Ceco 鍛鏈之定額則包括撞鏈、桿與活塞之組合重量。亦因為有選擇公稱定額之差別；在 Ceco 鍛鏈其模子之重量是佔其公稱額定之25%，然而在 Erie 鍛鏈其模子之重量僅佔其公稱額定之 20%。在 Ceco 與 Erie 鍛鏈作一研究比較，在鍛鏈額定量達到10,000 lb範圍之差別應公告客戶。高於公稱重量10,000以上者，兩者之間之定額差異則不甚明顯。高於 35,000lb 以上之鍛鏈額定能量，是採用 Ceco Bulletin 157-L-7 資料外插獲得。
- e：機械壓床力之單位為噸，其定額之大小關係其曲柄之位置，在壓床上行進之垂直位移，到達高於下死點上 $\frac{3}{8}$ 吋處。某些製造廠額定其壓床在高於其下死點上 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{3}{8}$ 、或是 $\frac{1}{2}$ 吋處。為一已給之工作選用了機械式壓床，因需使工件變形力之需求，及曲柄所在位置與力量運用之相互關係時，以上三者問題均應小心的配合。例如作用力是 100 噸，工件開始變形是在高於下死點上3吋處，又力為240噸時，則在高於下死點上 $\frac{1}{2}$ 吋處；又需要力為 340 噸時，則在高於下死點上僅為 $\frac{1}{4}$ 吋處。（可參閱本手冊第35冊金屬片沖壓技術第58/59頁）
- f：重力落鏈額定能量是由 Ceco Bulletin 157-L-7 所查到。此能量表示成：落下質量之重乘以此質量位移，單位為呎一磅。

第 二 章

鍛鏈 (Hammer) 與鍛造壓床 (Press)

鍛鏈及鍛造壓床可使用於下面二類操作：一為使用於合模鍛造，另一則為使用於開模鍛造。一些簡單之開模鍛件能夠使用合模鍛鏈來製造，偶而亦有開模鍛鏈被使用於合模鍛造，但這是不尋常的。兩種或更多種之設備，能被使用去生產某些規範之鍛件；例如動力鍛鏈被用於平模去鍛平件，而其他鍛鏈或壓床則亦使用在合模鍛件上。

1. 合模鍛鏈：(Closed-die forging hammers)

除了逆擊式鍛鏈外，其他鍛鏈均有一重撞鏈 (Ram)，當它依垂直衝程移動向下時，對着一接近鍛鏈基礎座之固定砧 (Anvil)，施加一衝擊力。合模鍛模之上半模是固定在撞鏈上，下半模則被置於砧上。工件置於下模中，由撞鏈使上模產生衝擊力作用在工作材料上，由其各個連續之衝擊引起工件之塑性變形。雖然所有鍛鏈，均依衝擊力之物理性能操作，由於各別的作用之方式，設計上乃生異同之變化。鍛鏈之通常形式包括重力落鏈 (板式或空氣提升式)，及動力落鏈 (蒸汽或空氣帶動式)。

2. 板式落鏈：(Board drop hammers)

板式落鏈是被廣泛採用，特別在於生產重量較小僅數磅重之鍛件。在板式落鏈之撞鏈是由一個或多個之板聯鎖在一起，在此鍛鏈之頂上有兩個磨擦輥子，板與輥子間之磨擦力。使撞鏈升起，然後以機械式釋放控制，使撞鏈在期望之高度落下。揚升撞鏈之動力是來自一個或多個馬達。此鍛鏈有一落下之重量，或是稱之為額定能量，其大小由 400 到 10,000 磅；標準之規格大小為 1,000 至 5,000 磅，其遞加量為 500 或是 1,000 磅。此撞鏈之落下高度，將隨鍛鏈大小而變化，如 400 磅鍛鏈是 35 吋高，又 7,500 磅鍛鏈，則是 75 吋高。此鍛鏈之落下高度將影響其衝擊力量，但在設定後將是一常數，而在沒有停下機器及調整衝程之前將不能改變其出力。在板式落鏈其砧是撞鏈重量的 20 到 25 倍。一個典型之板式落鏈之組成元件詳如圖 2(a) 所示。

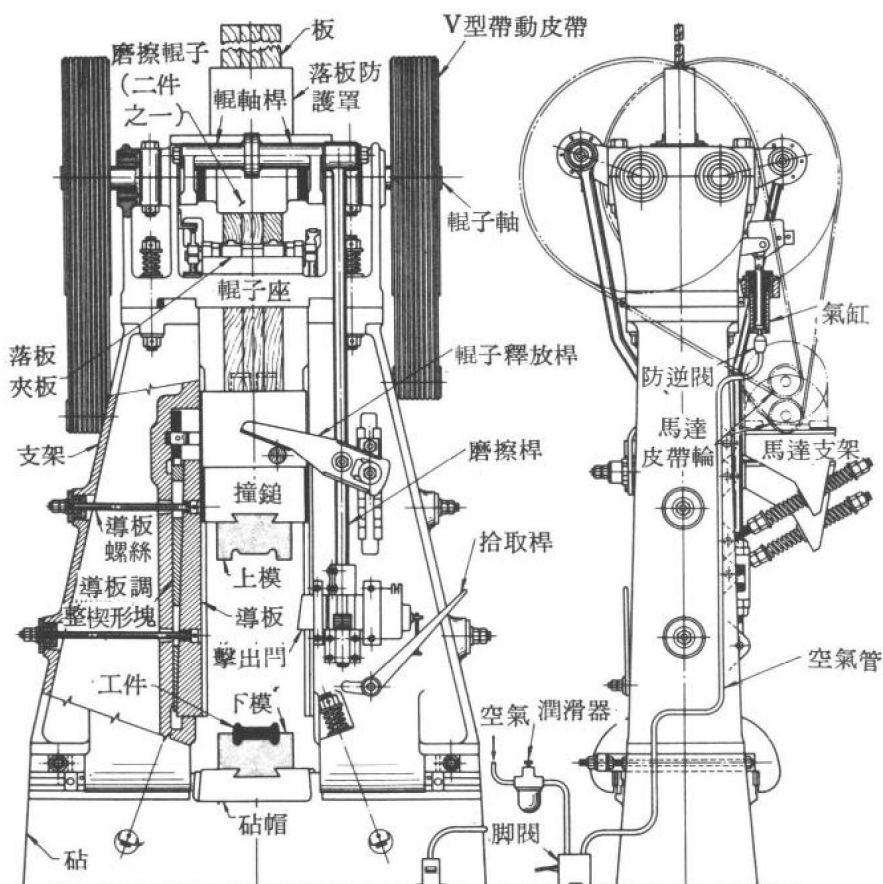
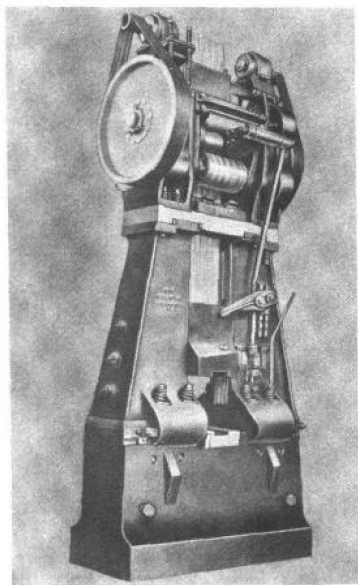


圖 2(a) 板式落錘之主要組成元件。

有關板式落錘之實際機型詳見圖 2(b) 所示，採用板式落錘來製造合模鍛件，加熱之金屬工作件是放在下模之凹入部份，當操作者將踏板降低釋放此落錘時，撞錘及上模即落下，而後自動回復至最初之位置，在此處停留直到再次釋放為止。若保持此踏板一直在降低的位置，則操作是採用連續之錘擊。在實際之應用上，特別是在小產量，簡單之合模鍛件，經常此鍛錘是採用連續之錘擊，在沒有停下鍛錘之情

況下，而操作者將工作件由一個模印（Impression）移到另一模印中。既然衝程之長度是固定的，為在鍛鏈上之模子，可湊合成為適當之衝程，對模印中之工作件而言，每次鏈擊力量相同，而不能獲得輕、重不同之鏈擊特性。

“R”與“RV”型板式落鏈



“M”型板式落鏈

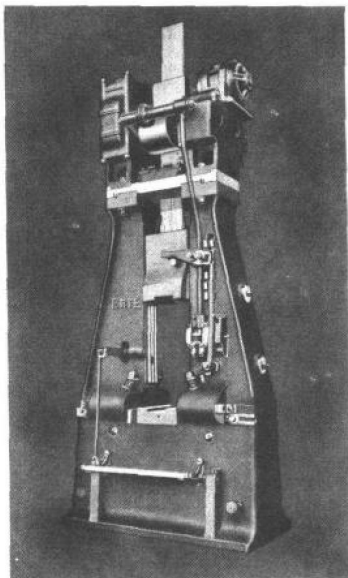


圖 2(b) 板式落鏈之實例（ERIE 公司出品）。

3. 空氣揚升重力落鏈：（Air-lift gravity drop hammers）

空氣揚升重力落鏈是與板式落鏈相類似，其鏈擊力是來自落下之撞鏈及上模組合之重量。此落鏈亦不同於空氣或蒸汽鏈。控制衝程長之牽引具（Dog）係以搖桿控制，且為撞鏈所引動來控制動力（空氣）對撞鏈氣缸之作用。當鍛鏈關上時，重新預置此牽引具對上搖桿之位置，而調整衝程之長度。在可變動之頻率內，可有效的允有最長及最短之衝程。

當使用分佈的壓縮空氣供應，可操作其本身之空氣缸，此撞鎚在向上升之位置，而夾持夾在傾斜位置時，此夾可夾持在活塞桿上。當踏板被操作者踩低時，空氣進入氣缸並可水平地舉起此夾，而撞鎚產生循環之動作。循環動作將是連續的，直到此踏板被釋放為止，引起此夾傾斜地落下而緊緊的握持活塞桿。在此時撞鎚在下衝程狀態此踏板將不得被釋放，因為此將對桿及夾產生過多之應變。

在空氣揚升鍛鎚，其通常有效之能量範圍是由 500 至 10,000 磅。能由空氣揚升鎚去生產之鍛件重量，是大約與板式落鎚者同。

4. 動力落鎚：

它替代了早期簡單的蒸汽式鍛鎚，現在的動力落鎚因此得名。此類型式之許多鍛鎚現今採用空氣引動，更多於採用蒸汽來引動。一臺空氣引動或蒸汽引動之動力落鎚主要組成件，詳如圖 3(a) 所示。

有關双支架型動力落鎚之照相圖如圖 3 (b) 所示。

又此項動力落鎚設備多使用於合模鍛件。

動力落鎚在學理上將不同於空氣揚升重力落鎚，其差別在於動力落鎚於鍛鎚向下衝程之衝力裏，另加上了 90 至 125 psi 之壓力。

蒸汽或空氣動力落鎚是使用於生產合模鍛件最有力之機器。在動力落鎚，採用一重實之砧塊來支撐兩支架元件，此支架元件可正確引導撞鎚之垂直運動；此支架亦支撐一組氣缸，帶着一組活塞及活塞桿來牽動此撞鎚。上模在撞鎚之最低面上，此模為一需求鍛造之部份印模。在下模上有另一部份印模，那是被鎖在砧上，此砧則被楔形溝鎖在機座上。撞鎚之運動——位移——係由閥控制蒸汽進入此活塞之上邊或下邊。此閥之開關由一足踏板或是一手桿操縱之。

動力落鎚之能量，可由其衝擊作用之質量來決定，此質量不包括上模在內。鍛鎚之能量定額範圍通常由 500 至 35,000 磅，也有 50,000 磅的。最大重量之動力落鎚一般都不得窺見其全貌，蓋因大部份是埋在地下的。鍛鎚定額為 50,000 磅時，將有一砧塊重量達到百萬磅或更多。其撞鎚、活塞及活塞桿三者可重達 45,000 磅。下壓力加給活塞所產生之衝撞速度，有時則超過 25 呎/秒。

分別地來決定動力落鎚之規格大小及所產生之力量，使其能有效