

高等学校教学用书

鍛 錘

吉 明 著



机械工业出版社

高等学校教学用书

鍛 錘

王 自 新 譯

苏联文化部高等教育司批准作为
高等机器制造学校的教学参考书



机械工业出版社

1961

出版者的話

本书根据苏联吉明 (А. И. Зимин) 教授所著 [Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства] 第一册 [Молоты] (Машгиз, 1953 年版) 一书譯出。因原书只出版了第一册, 故譯本暫以单行本出版。

本书詳細地闡述了各式鍛錘的結構、工作原理和計算方法。中譯本原分上下两册出版, 为了使用方便, 这次印刷合并成一册。

本书可供高等工业学校机械制造系金屬压力加工专业用作教材; 对設計制造和使用鍛錘的工程技术人员來說, 也是一本很好的参考书。

NO. 1508

1958 年 4 月第一版 1961 年 4 月新一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数 387 千字 印張 15 0,001— 2,000 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

北京市书刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价(10-5)3.35 元

目 次

引言	5
第一章 通論	7
1 研究锻压生产机器的任务	7
2 锻压机器的分类	7
3 锻压机器的构成	12
4 锻锤的分类	14
5 打击过程和打击效率	16
6 锤头打击时的作用力	25
7 锻锤落下部分运动时的作用力	31
8 锻锤工作时的打击特性	34
第二章 蒸汽-空气锤	40
1 蒸汽-空气锤的用途和应用范围	40
2 工作物质和它的特性	47
3 作为锻锤能量传达物的蒸汽	51
4 作为锻锤能量传达物的空气	56
5 作为能量传达物的蒸汽和空气的比较	58
6 蒸汽-空气自由锻锤的动作原理	61
7 蒸汽工作阶段分配图	67
8 示功图	68
9 滑阀套筒开口的关闭过程	72
10 蒸汽(空气)通过滑阀套筒开口的流动过程	74
11 蒸汽(空气)在配汽滑阀套筒开口和节制阀处的节制作用	77
12 蒸汽-空气自由锻锤近似示功图的作法	80
13 自由锻锤用蒸汽工作时的热能计算	86
14 滑阀与滑阀套筒的尺寸	115
15 蒸汽-空气自由锻锤的典型配气机构	120
16 双柱拱式蒸汽-空气自由锻锤用蒸汽工作时的热能计算举例	129
17 模锻锤的蒸汽分配	156
18 蒸汽-空气模锻锤用蒸汽工作时的热能计算	159
19 蒸汽-空气锤用空气工作时热能计算的注意点	175
20 蒸汽-空气锤的效率和单位指标	178
第三章 蒸汽-空气锤的结构和零件	186
1 锻锤结构的一般概念	186
2 蒸汽-空气自由锻锤和模锻锤	192
3 各种蒸汽分配装置	206
4 蒸汽-空气锤的零件	220

5 蒸汽-空气錘的潤滑	258
第四章 空气錘	261
1 空气錘的动作原理	261
2 空气錘的計算	267
3 鍛錘計算結果的分析	286
4 空气錘計算举例	288
5 示功图和效率	299
6 空气錘的計算参数	305
7 空气錘的各式构造	311
8 空气分配	321
9 空气錘零件	336
第五章 机器錘	344
摩擦式的模鍛錘——夹板錘	344
1 带夹板的摩擦式模鍛錘(夹板錘)的作用原理	344
2 控制机构	346
3 夹板錘的計算	349
4 夹板錘的計算举例	363
5 夹板錘的构造和零件	368
用皮带的摩擦錘——皮带錘	376
第六章 螺旋摩擦錘(压力机)	379
1 作用原理	379
2 螺旋摩擦錘(压力机)的計算	384
3 螺旋摩擦錘(压力机)的計算順序	415
4 螺旋摩擦錘(压力机)的計算举例	418
5 螺旋摩擦錘(压力机)的强度計算	421
6 螺旋摩擦錘(压力机)的构造与零件	429
第七章 机械驅動的杠杆錘和板簧-卷簧錘	434
1 緩冲和它們的用途	434
2 机械連接的彈性和它对于錘头运动的影响	437
3 彈性連接的自由振動	441
4 彈性連接的强迫振動	442
5 打击中心	444
6 具有橡胶緩冲的杠杆式錘	446
7 杠杆錘的計算原理	448
8 动力板簧錘	450
第八章 鍛錘的基础	470
鍛錘的試驗	478

引言

苏联工业首先要求提高和改进生产资料的生产，特别是提高和改进保证高度劳动生产率的工作机器(工具机)的生产。

在国民经济所用的大量各种机器里，金属加工工业的工作机器占有特别的地位，而锻压机器正属于这类机器。

这类机器除了直接制造日用必需品以外，还有第二个目的，就是制造生产资料，也就是说为所有国民经济部门制造工作机器。

这些都强调地指出了锻压机器在国民经济中的作用是非常重大的，它们的数量和增长速度标志着我国工业的力量。

随着锻压机器数量的增长，提出了在工艺过程机械化和自动化的基础上改进工艺过程的任务。

所有这些，都要求在高等机械制造学校培养学生时，对这方面的课程进行深入的研究。

《锻压生产机器》这门课程，根据莫斯科高等工业学院的教学计划，需要利用讲课、课外作业、实验、课程设计和专门的生产实习来进行学习。

学习的理论部分集中于讲课。学习的实际方面，则由其余的教学形式来完成。

因为要研究的锻压机器样数很多，所以在教科书里只研究锻压机的主要的典型类型和它们的特性。

此后所有的机器，不论它们用来进行哪种锻压工作(自由锻造、模锻、冷压——包括板片冲压在内)，都叫做锻压机。

在本课程里，把锻压机器分成四大类来研究。

为了理解内容的需要，列举了各别的数字计算例题。

锻压机器的典型计算假定在别的著作里讨论。

锻压机器制造发展史问题，也需要单独研究，在本书里只进行

部分的闡明。

鍛壓機器的試驗部分，乃屬於另一專門課本《金屬壓力加工
實驗工作指南》。

蘇聯鍛壓機器製造的實踐與學者的著作，都是編著本書的基
礎，因為我們的學者基本上創立了鍛壓機器的理論和計算方法。

在第一冊里，將研究蒸汽-空氣錘，空氣錘，機械錘，水壓錘和
燃氣錘。

第一章 通 論

1 研究鍛壓生产机器的任务

由于机械制造工艺的改进和生产組織上的成就，鍛压設備也得到了相应的發展。

这种發展方向之一，就是在金屬加工設備的总数里，鍛压机器所占的比重一直在上升，特别是跟机床設備比較起来。

鍛压設備数量的增長是机械制造工艺所發生的質量上的改进的結果，这种改进包括金屬压力加工的应用范围的扩大。

跟这同时，对于自由鍛和模鍛工艺本身的要求也提高了。这种要求也反应到鍛压設備上来了。

国民經济对重型的和大型的鍛压零件与制品的需要，以及对这些产品的尺寸精度与表面質量的要求的提高，就提出了制造相应的鍛压机器的任务。

提高生产率，降低成本和进一步提高生产的进步程度等这些近代要求，也提出了把工艺过程加以机械化和自动化的任务。在鍛压机器制造領域內，所有这些都对沿着組織鍛压自动流水作業綫这个方向發展的工作發生重大的影响。

这样的机械制造發展远景，需要我們在研究鍛压机器时，要从鍛压机器应适应新的生产要求这个角度来研究現在的鍛压机器。

这些任务的复杂性，要求我們全面地研究鍛压机器，首先要根据科学研究結果和由設計与直接在生产中使用鍛压机器所建立的指导規程的总结，对鍛压机器作深入的理論分析。

2 鍛压机器的分类

鍛压設備包括很多的机械，可以按动作原理、型式、用途、構造

和尺寸来区分它們。

因为鍛压机器的种类很多,为了研究的方便,把它們分成几大类是很重要的。

根据一定的特征和按照一定的順序,綜合成各种类别,就是鍛压机器的分类。

为了初步地原則性地把鍛压机器分成主要的几大类,我們必須采用能最好地反映这些机器的特点的特征。决定鍛压机器工作部分对被加工鍛压件的作用性質的特征,就屬於这种特性,它与鍛压机器的型式和構造无关。

为了这个目的,首先必須研究鍛压机器装置工具(砧塊,鍛压模)的工作部分的运动特性,特别是在鍛压件發生塑性变形的那一段时间內的运动。

工作部分的运动,由行程开始起,可以分成几个阶段。

第一个运动阶段,由砧塊或鍛压模向下(向前)作空行程起,就是由最上(最后)的位置起移动,到跟鍛压件接触的时候为止。

第二个运动阶段才是工作行程,在这个阶段,鍛压件發生塑性变形。

在工作行程完成以后,就进行向上(向后)的空行程,或者說返回行程。

上述三个运动阶段的总和就是鍛压机器的工作循环(双行程:向下和向上,或向前和向后)。

假如在返回到开始的位置以后錘头(或滑塊)不停住,那么机器的下一行程立刻就發生了;此时在第一和第二行程中間的停頓時間 t_n 就等于零。

一个工作循环的時間 T_n ,在沒有停頓時等于

$$T_n = t_{1x} + t_p + t_{2x} \quad (\text{I } 1)$$

公式里 t_{1x} 和 t_{2x} 分别为向下(向前)与向上(向后)的空行程時間, t_p 是工作行程的時間(圖 1 a)。

在有停頓時間 t_n 时(圖 1 b),一个循环時間等于

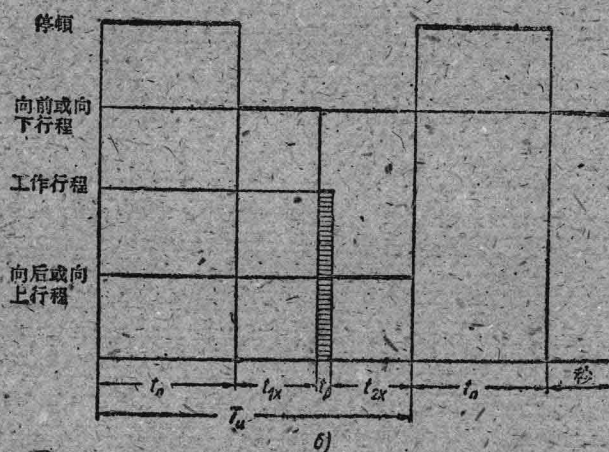
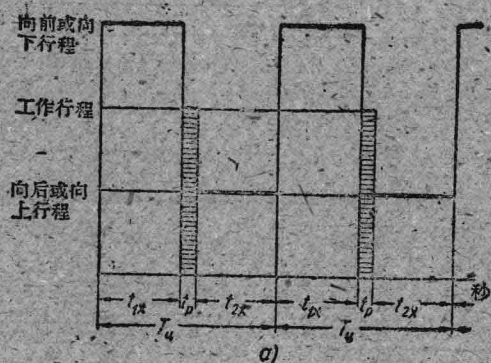


圖1 鍛壓機器工作圖。

$$T_u = t_{1x} + t_p + t_{2x} + t_{n0} \quad (12)$$

使鍛壓件產生塑性變形是鍛壓機器的任務。所以工作行程在工作循環里是最重要的，其運動特點應該成為首要的一般性標誌，根據它可以把鍛壓機器分成主要的幾大類。

在機器工作時， t_p 總是小於 T_u 的。這說明鍛壓機是一種斷續動作的機器。

比值 $\frac{t_p}{T_u}$ 越接近 1，則鍛壓機器越接近連續動作的機器，也就

越能充分利用工作時間来完成工作行程。

拿工作行程時間 t_p 內的运动特点作为分类的基础时，鍛压机器可以分成四个基本的大类。

在第一大类的机器里，砧塊在工作行程开始时（圖 2 a, 点 a），即在它跟鍛件开始接触时，其速度有最大值 v_{max} 。經過工作行程時間 t_p ，砧塊的速度由 v_{max} 急剧地降到零（圖 2 a, 点 b）。

在同一个机器上，曲綫 ab 并不是固定不变的，其形狀是随着很多因素，如鍛件的尺寸、形狀、材料和溫度与机器構造等等而变化的。

速度 v_{max} 的最大数值可以达到 9 公尺/秒。時間 t_p 以千分之几秒来计算。

在鍛件塑性变形时，由于工作行程所費的时间 t_p 很短，因而加在鍛压机器工作部分的外力（由蒸汽、空气等而来）所作的功就太小了。所以鍛件的变形只借助于在工作行程开始前（点 a）所預先积蓄在工作部分上的能量来完成。因为这个能量是在很短的間

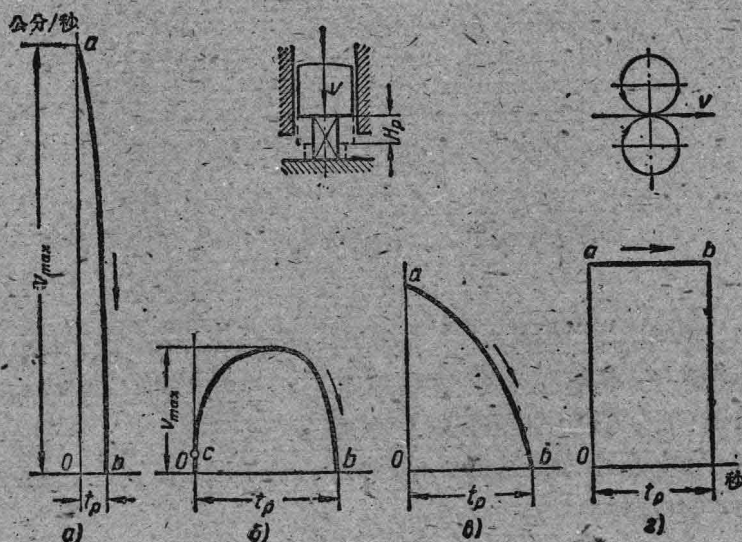


圖 2 鍛压机器工作行程速度圖。

隔時間內加到鍛件上去的，所以第一大类机器可以說是利用冲击来工作的。

这样的机器叫作鍛錘。

第二大类鍛压机器砧塊的速度曲綫，在工作行程时，也不是定形的，可是按特性來說，它跟錘的速度曲綫極不相同（圖 26）。

砧塊的原始速度可能等于零（点 o ）或某一个数值（点 c ）。在行程時間 t_p 終了时，砧塊的速度等于零（点 b ）。

由点 o 到 b 的速度变化，虽在同一机器上，也会因为鍛压件的尺寸不同而有不同的性質，并且在某些情况下，也可能有一段的速度沒有变化。

最大速度 v_{max} 的数值約达 30 公分/秒。工作行程的時間 t_p 以百分之几或十分之几秒計算；在某些情况下，还可能以几秒計算。

水压机就屬於这一大类鍛压机。其特性是在工作行程时，有不定形的砧塊速度变化曲綫及开始和終了的速度等于零（在特別情况时，有一些原始速度——点 c ）。

第三大类鍛压机，其装工具的滑塊的运动，在工作行程时，是按照严格确定的（定形的）曲綫而变化的，此曲綫与鍛压件無關，而只是由滑塊与机器驅動环节間的剛性傳动联接机构所确定。應該注意，这个情形的获得，是因为我們沒考虑机器部分在工作行程时受到負荷而發生的彈性变形，也沒計較机器驅動环节的不等速旋轉。后者能使为机器剛性联接机构所决定的滑塊速度曲綫有某些变化。

如果用剛性联接，滑塊在工作行程时的速度曲綫可以有下性质：正弦曲綫 ab ，有一部分速度不变，以及其他曲綫（圖 26）。

这一类中不同的机器的原始速度的数值（点 a ）变化范围很大，在个别情形时，可能达到 500 公分/秒或更大。

所有的曲軸鍛压机都屬於第三大类。

所以叫作曲軸鍛压机，是因为这一大类鍛压机的絕大多數，都有曲軸連杆机构作为基础，这个机构可以加以某种修改。

第四大类鍛压机是滾鍛机。这类机器的工作工具，即鍛压模，在工作行程时，只具有旋轉运动。这类机器是按照輾压机器的原理工作的。

假如不考虑工作工具旋轉的不均匀，工作行程的速度曲线 at (圖 21) 就成直线，并与横坐标轴平行^②。

由圖 2 可知，鍛錘、水压机和驅動式曲軸鍛压机，在工作行程 t_p 时，鍛压件由于砧塊、鍛压模的前进运动而發生塑性变形。至于滾鍛机，則是由于旋轉运动。这就形成两种主要不同类型的鍛压机。

在圖 3 列举了鍛压机的初步分类法。

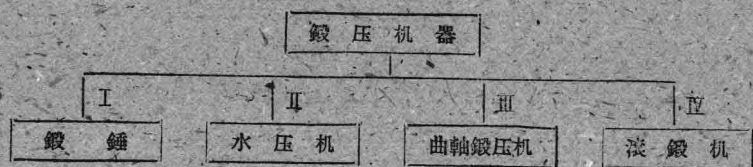


圖 3 鍛压机器的分类。

3 鍛压机器的構成

組成鍛压机器并有一定任务的各个机构(部件)的类型和它們的結合与总合，称为鍛压机器的構成。

鍛压机器由下列机构組成：驅動机构，傳动机构，执行机构，潤滑机构，操縱机构和控制机构等。这些机构由机架結合在一起，机架是鍛压机結構中的独立部分。

鍛压机的样式很多，但有其共同的結構。

一、执行机构担任鍛压件的塑性变形工作和輔助工作。輔助工作有：送料，卡料，傳到鍛压綫上，由鍛模內頂出鍛件等等。

上述第一种执行机构叫作工作机构，第二种叫作輔助机构。

^② 作者是从旋轉工具的圓周速度而言，不是指鍛压件的变形速度。变形速度由最大变化到零。——原編者

鍛壓機器有一個或幾個工作的執行機構。

鍛錘有一個工作的執行機構，就是錘頭，錘頭上裝置砧塊或鍛模。

多工序自動冷鍛機，例如自動螺帽冷鍛機，有兩個工作的執行機構：把毛料切成一定尺寸的機構和第一次鍛打、第二次鍛打、成形及沖孔的機構。這個機構上裝有幾個工具。

應該指出，這些機器的輔助執行機構是差不多相同的。

現在的鍛錘沒有輔助的執行機構。

平鍛機有卡住杆料的輔助執行機構。自動冷鍛機有送料、傳料和頂出半成品等等的輔助執行機構。

工作的和輔助的執行機構的運動，在機器工作過程中，是由傳動機構來實現的。傳動機構的結構隨鍛壓機器的類型而定。

錘的傳動機構可以由剛性的（活塞和活塞杆，板子，杆子），彈性的（扁簧，圈簧）和撓性的（皮帶，繩）联接組成。

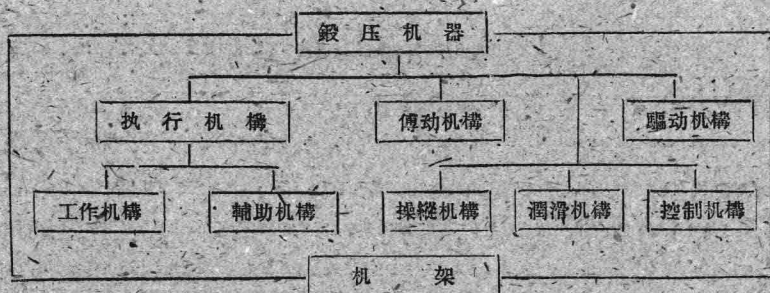


圖4 鍛壓機器的結構。

曲軸鍛壓機，正如其名稱所指出的，有各種式樣的曲軸—連杆式傳動機構。

自然，當鍛壓機有幾個工作執行機構和輔助執行機構時，就需要幾個傳動機構。傳動機構由驅動機構得到運動。鍛壓機的驅動機構種類很多：蒸汽—空氣的，液壓的，氣體的，電力驅動的等。

鍛錘具有所有各種驅動機構。

曲軸鍛壓機的驅動機構是電力驅動的，包括作為第一個驅動環節的電動機和作為最末一個驅動環節的曲軸。這兩個環節中間的運動聯接有種種方法。

除了上述機構以外，鍛压机還有操縱機構，潤滑機構，在最近的時期內，還備有控制機器本身工作與控制在機器上加工的產品機構（圖4）。

機器的各種機構越多，它的構造也就越複雜。

在分析和比較各種鍛压机時，必須拿機器的結構和其複雜程度作為比較的基础。

自動機具有最複雜的結構，因為它們具有全部消除人工操作（在機器工作時）的輔助機構。

機器的結構對於它們的重量影響很大。這在設計鍛压机時必須加以考慮。

4 鍛錘的分類

鍛压机器的第一大类（參看圖3）包括所有各種鍛錘。這一複雜的大类，可以再細分成幾個分類。

第一個區分法應當根據最普遍的典型的特征。這個特征就是鍛錘的驅動機構。根據這個特征，鍛錘可以分成五個典型的分類。

第一分類是蒸汽-空氣錘（圖5a）。這類鍛錘有由工作汽缸和配氣機構所組成的蒸汽-空氣驅動機構。蒸汽由鍋爐經過管路送到鍛錘上，而空氣則由空氣壓縮機來。因為能用蒸汽或壓縮空氣工作，所以叫作蒸汽-空氣錘。蒸汽和壓縮空氣是能量傳達物質。蒸汽的熱能和壓縮空氣的能量轉變為鍛錘落下部分的運動功。

蒸汽-空氣錘的傳動機構是活塞和活塞杆。

帶砧塊或鍛模的錘頭是工作的執行機構。

活塞、活塞杆和帶砧塊或鍛模的錘頭，通常叫做錘的落下部分。

空氣錘屬於第二分類。這類鍛錘的工作物質也是空氣。可是在這里，空氣的作用就像放在鍛錘兩個活塞中間的彈簧一樣（圖5b）。

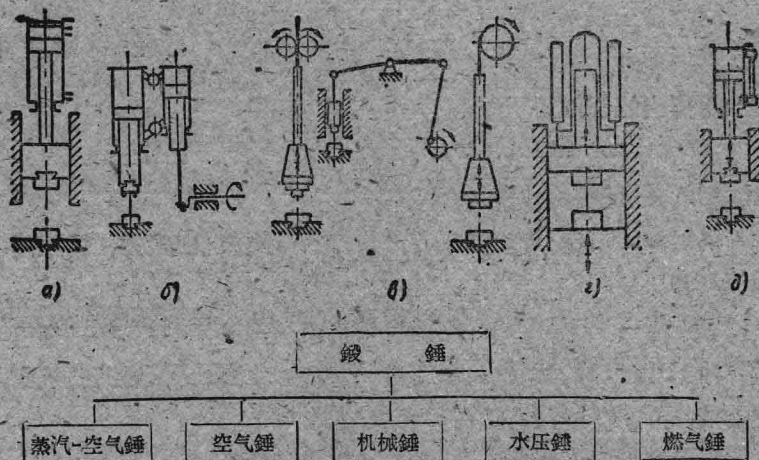


圖 5 鍛錘分類簡圖。

当右边活塞由曲軸获得上下运动时，由于两个气缸上下空腔的体积的变化，里面的空气就产生压力变化。这种压力变化就使左边的的工作活塞连同活塞杆（它是工作的执行机构，也是传动机构）上下运动。

右边的活塞及活塞杆也是传动机构。

曲軸是鍛錘的驱动环节，由电动机使之转动。

机械錘是第三分类。这一类包括由弹性的、刚性的和挠性的联接所组成的各种机械传动机构的錘（圖 5 c）。

彈簧錘属于弹性联接的一类鍛錘。

螺旋錘和夾板錘是刚性联接的一类鍛錘。

用繩或皮帶的錘属于挠性联接的一类鍛錘。

水压錘是第四分类。高压水或油是工作物质，作用于跟錘头相联接的柱塞上（圖 5 e）。

燃气錘属于第五分类。工作物质是气体。錘的工作原理就同某些内燃机一样（圖 5 a）。

圖 5 表示各种用途的鍛錘的典型分类。

蒸汽-空气錘应用于自由鍛造、热模鍛和板料冲压。

空气锤主要用于自由鍛造，很少用于热模鍛。

机械驱动式锤(彈簧锤)用于自由鍛造。螺旋锤、夾板锤、皮帶锤和用繩索的锤則用于模鍛。

水压锤已开始应用于模鍛。

燃气锤还在試驗阶段。

根据锤的用途，可以按工艺分成三个分类：自由鍛锤，模鍛锤和板料冲压锤。

每个同一用途的分类，例如自由鍛造用的蒸汽-空气锤，都包括几种不同构造的锤。这就需要进一步根据主要的构造特征：机架的结构，导向部分，汽缸位置等等来分类。

再根据锤的大小来区分，就完成了鍛锤的分类。

锤的大小，用落下部分的重量来确定(以公斤或吨表示)，也可用打击能量来确定。

結果得到下列把锤依次細分成小分类的方法：1)按大小分类——根据落下部分的重量或打击能量分类；2)按结构分类——根据主要结构的特征分类；3)按型式分类——根据驱动方式分类；4)按工艺分类——根据用途分类。

5 打击过程和打击效率

鍛件在鍛锤上由于打击作用而受到塑性变形。

鍛锤落下部分所發生出来的有效能量，或者说打击能量 L_0 ，应尽量消耗在鍛件塑性变形所需的能量 L_0 上。

这需要遵守一些一定的条件。

为了求出这些条件，可以应用关于运动量的力学理論，因为在有固定砧座的锤以及無砧座锤的锤头打击时，在打击物体系統內只引起內力。

把打击当作是中心的，砧座是自由的。

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = (m_1 + m_2) v_x \quad (I\ 3)$$

公式中的 m_1 、 v_1 、 v'_1 和 m_2 、 v_2 、 v'_2 分别表示落下部分和砧座的物