

高等学校教学用书

无砧座模鍛錘 設計与制造

国营和平机器制造厂設計所編著



中国工业出版社

无砧座模鍛錘具有重量輕、振動小等優點，可以代替一部分模鍛錘和模鍛水壓機。對於重型鍛件來說，它是一種很有發展前途的鍛壓設備。本書由國營和平機器製造廠設計所根據一年來設計與製造這種模鍛錘的經驗編寫而成。

本書共分概論、无砧座模鍛錘熱力計算、氣缸部分、機架部分、聯動部分、操縱部分、潤滑系統和地基。最後還附有設計實例。可供從事鍛錘設計與製造工作者閱讀，也可供有關專業學校的師生參考。

无砧座模鍛錘設計與製造
國營和平機器製造廠設計所編著
(根據機械工業出版社紙型重印)

*

第一機械工業部教材編審委員會編輯 (北京復興門外三里河第一機械工業部)

中國工業出版社出版 (北京修鰲閣路丙10號)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110號)

機工印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印張 $4 \frac{3}{16}$ · 字數 119,000

1960年2月北京第一版

1961年6月北京新一版·1961年12月北京第二次印刷

印數 01,031—02,090 · 定價(11) 0.95 元

*

統一書號: 15165·171(一機-8)

原
书
缺
页

原
书
缺
页

序 言

五八年大跃进以来，我們在党的正确领导和教育下，解放了思想，破除了迷信，树立了敢想敢干的共产主义风格。根据仅有的几本书，经过将近一年的努力工作，终于设计出：8000；16000；25000；65000公斤米等无砧座模鍛锤。从而也初步掌握和解决了设计这种模鍛锤的一些知識。

我們編著〔无砧座模鍛锤设计与制造〕一书之目的是：使从事鍛锤设计工作者能較有系統地取得这方面的有关資料和知識，以提高其工作水平和效率，并为了使新的工作者能尽快的掌握无砧座模鍛锤的设计和制造，以适应社会主义建設飞跃发展的需要。

但由于我們的水平有限，又缺乏实际經驗，所以在內容上不可避免的存在很多缺点，甚至錯誤。希望讀者給以批評和指正。

在編著过程中，由于任务紧迫、資料不全，再加上我們的水平有限，对书中的几項問題还没有得到确切的解决：

1. 关于上升行程的热力計算中：苏联各书闡述不同，如：吉明（А. И. Зимин）著〔鍛锤〕上册199頁（中文本）說：上升行程时，活塞上部的蒸汽只为一个排汽过程，而克里莫夫（И. В. Климов）著〔Основы теории и теплового расчета паровоздушных молотов〕140～142頁中，指明：有两个过程：一、排气过程，二、压缩过程。对鋼带式无砧座锤按前者計算可以满足上升行程的第三个条件。按后者計算則不能满足，究竟那种說法合理？另外鋼带式无砧锤的理論打击次数，均为80次，是否与此有关？

2. 鋼带受力分析：我們主要根据：雪列金〔П. И. Середин〕著〔Молоты с двусторонним ударом〕80～81頁所述的方法計算的。但我們对书中公式（56）理解不深，怀疑該項公式是否正确？

3. 机架的計算：我們在书中也提出了用靜不定的方法来計算，不知是否合理？假如是合适的，而这种靜不定形式的具体計算和公式又

应该怎样推导?

4. 橡皮緩冲裝置設計: 設計这种裝置需要有比較可靠的橡皮性能曲綫(应力与应变曲綫), 我們曾作过多次試驗, 由于試驗設備不合适, 資料又不全, 結果誤差很大, 故本书未予介紹。

5. 臥式无砧座錘的内容: 由于手头缺乏有关臥式无砧座錘的資料, 在本书內未能詳細介紹。

上述問題希望有关单位和讀者进一步探討, 以便使其得到完滿的解决。

参加本书編写的同志: 刘愚英、張树森、孙宗臣、王福庚、毕庶国、徐菊英。

国营和平机器制造厂設計所

1959年11月

ZY64/04

目 次

序言	3
第一章 概論	7
1. 模鍛与模鍛設備	7
2. 无砧座模鍛錘的工作原理	10
3. 无砧座模鍛錘的优缺点	13
4. 无砧座模鍛錘打击过程和打击效率	15
5. 无砧座模鍛錘型式	16
6. 鋼帶連接式与液压联动式无砧座模鍛錘的构造	22
7. 无砧座模鍛錘发展方向	28
第二章 无砧座模鍛錘热力計算	31
1. 无砧座模鍛錘的工作介质	31
2. 无砧座模鍛錘的热力过程与示功图	33
3. 气缸直径与工作行程	37
4. γ_p 、 α 、 λ' 参数的选择及活塞杆直径的确定	38
5. 上下余隙	43
6. 滑閥套气口尺寸計算	45
7. γ 、 γ_m 参数与滑閥	47
8. 打击次数、蒸汽消耗、經濟效率	49
第三章 气缸部分	52
1. 气缸的結構	52
2. 气缸計算	55
3. 气缸的制造	60
4. 气缸套	62
5. 填料函	64
6. 配气机构	66
第四章 机架部分	67
1. 架体結構形式	67
2. 架体与拉紧螺栓的計算	69
3. 架体的制造	71
4. 上盖板与下底板	71
5. 滑板与調整机构	72

6. 緩沖器	74
第五章 联动部分	77
1. 錘头	78
2. 活塞环	81
3. 鋼帶連接机构	85
4. 液压联动机构	91
第六章 操纵部分	108
1. 操纵結構	108
2. 曲杆設計	109
3. 操纵系統力矩的平衡	111
4. 大型无砧座模鍛錘的操纵	112
第七章 潤滑系統	113
1. 概述	113
2. 油泵	115
3. 潤滑油的選擇及消耗量	119
第八章 基础	119
附录 設計实例	121

第一章 概 論

1 模鍛与模鍛設備

在机械制造业中，鍛压是制造毛坯的主要方法之一，是机械加工过程的第一道工序。一般机器設備中，金屬零件約有百分之三十以上是經過鍛压加工的。鍛压以自由鍛造和模鍛应用最广。随着机械生产专业化程度的发展，模鍛在鍛压中所占比重愈来愈大，由于模鍛件是在已加工好的、精度高的鍛模中鍛造的，其形状尺寸容易得到保証，概括起来，模鍛具有下列优点：

- 1) 节省机械加工工时：模鍛件机械加工余量小，甚至有的部位不加工。近代的精密鍛造之鍛件精度能达到4~5級。
- 2) 节省金屬：一般模鍛件比自由鍛件节省金屬10~30%。
- 3) 工人技术熟練程度的要求比自由鍛造低。
- 4) 生产率高：在模鍛錘上鍛造中小型的模鍛件，每班生产达1000件以上，这是自由鍛造远远达不到的。

現代化生产中，模鍛占有相当大的比重。按重量計：如飞机制造业中，約占85%，汽車制造业約占80%，零件的重量从不足一公斤到几百公斤。現在由于重型模鍛設備的发展，模鍛件重量已达4吨，还有进一步增大的趋势，所以模鍛是很先进的工艺，是今后机械加工工艺革命的一个重要組成部分。

模鍛設備的构造，比自由鍛設備要求精密度高，制造技术要求也比较严格，所以模鍛设备造价高，再加上模鍛所用的鍛模与切边冲模等制造費，可見模鍛的投資是很大的。但是如将优点和缺点进行比较，从零件总成本分析来看，在一定批量的条件下，用模鍛制造零件的成本比自由鍛制造零件的成本低得多。

目前采用較普遍的模鍛設備有以下几种：

一、模鍛錘 模鍛錘屬於冲击运动，鍛压机械依靠錘头的动能鍛

击工作物，使其变形，是使用最广泛的一种模锻设备，常用的有蒸汽空气两用有砧座模锻锤（图1）与无砧座模锻锤（图2），有砧座模锻锤使用最多，国内使用者，多属10吨以下的，在苏联曾制造过23.5吨的模锻锤。目前我国使用无砧座模锻锤的工厂还较少，但这种模锻锤是最有发展前途的一种模锻设备，现在国内已成批制造，最大的为25000公斤米。苏联及一些其他国家制造的这种锻锤，最大能量达到100000公斤米。除上述两种模锻锤以外，还有夹板锤（图3）和绳索模锻锤（图4），但多属小型，生产效率低，有逐步被淘汰的趋势。

二、模锻水压机 水压机（图5）属于利用压力之机械，依靠高压水泵将水加压，高压水进入水压缸，推动柱塞与动横梁向下锻压工作物。目前我国模锻水压机还不多，国外最大吨位为75000吨。

三、曲柄模锻压力机 这种压力机（图6）系利用曲柄连杆机构传动的锻压机械，最近期间已愈来愈广泛被采用。它的生产能力大，工艺过程机械化、自动化的可能性大，工作时无噪音，国外所制造的

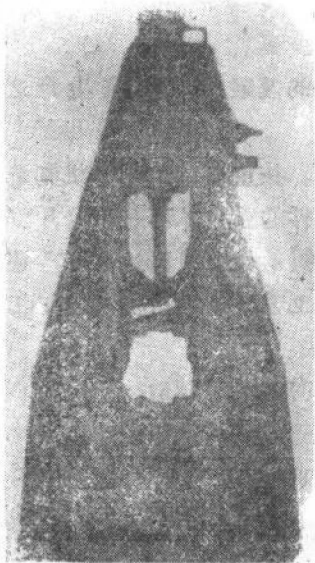


图1 蒸汽空气两用有砧座模锻锤。

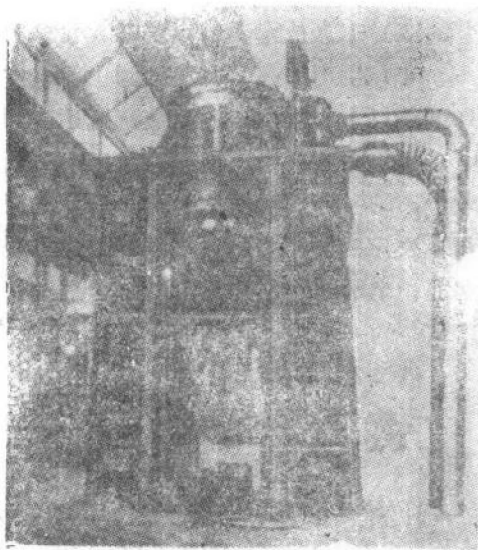


图2 蒸汽空气两用无砧座模锻锤。



图3 夹板模鍛錘。

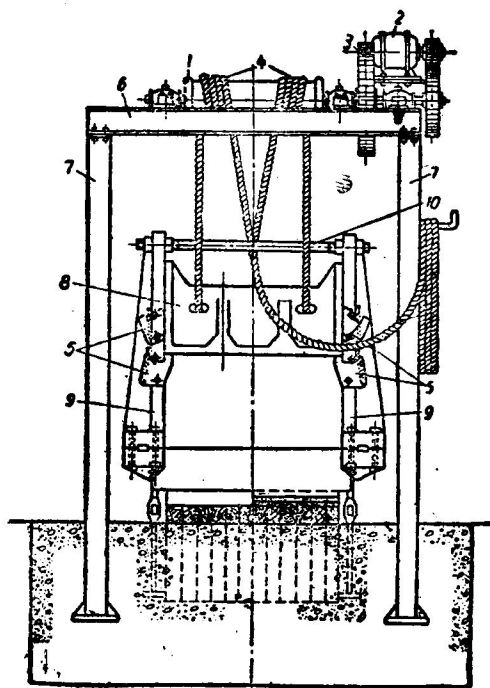


图4 繩索模鍛錘。

这种压力机，其最大压力已达 10000 吨。

另外，还有平鍛机（图 7），这是一种屬专用性质的設備，只能用来热模鍛細长零件。亦有在摩擦压力机（图 8）上进行模鍛的，一般只限于很小的鍛件。

我国在党的社会主义建設总路綫光輝照耀下，机械制造业与其他行业一样，取得了巨大成就，随着全国大跃进和农村人民公社化后，在社办工业的情况下，对机器设备的需要日益增长，机械制造业所担负的任务也就更为艰巨和繁重，势必大大提高机械制造的劳动生产率、开展技术革新和技术革命。因此广泛采用模鍛便成为今天的一个重要课题了。对模鍛設備需要量，也就大大增多。何种模鍛設備最适合我国具体情况，这是还在討論的問題，我們主張无砧座模鍛錘是应当提倡和推广的。

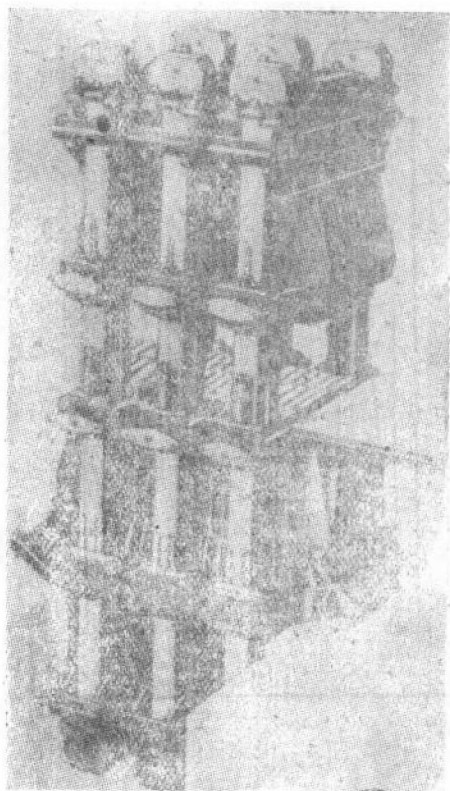


图5 模锻水压机。

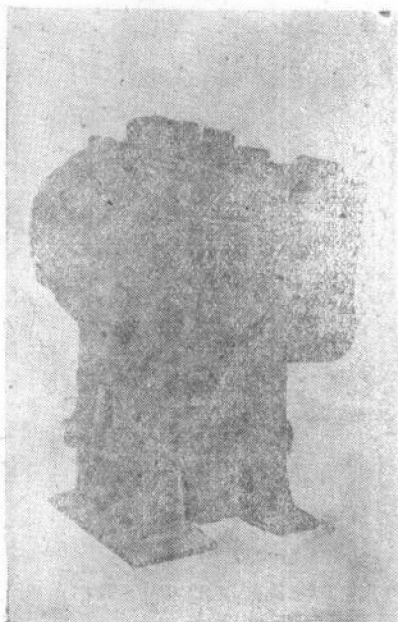


图6 曲柄模锻压力机。

2 无砧座模锻锤的工作原理

无砧座模锻锤是基于改善和消除有砧座模锻锤所存在的严重缺点而产生的。有砧座模锻锤的锻击作用是单方向的，落下部分受气体作用与本身重力作用，使落下部分产生加速度运动，随着速度逐渐增加，落下部分所具备之动能也迅速增加，当与砧座上锻模中毛坯相撞时，落下部分动能使锻件产生塑性变形（图9）。这种锻击作用迫使砧座跳动，砧座跳动过高会损失打击能，并影响工艺性。为了减少砧座跳动，必须加大砧座重量。所以一般模锻锤砧座重量为落下部分重量的18~25倍。同时还必须采用相当大的基础，用来减轻对地面的动负荷。例如：

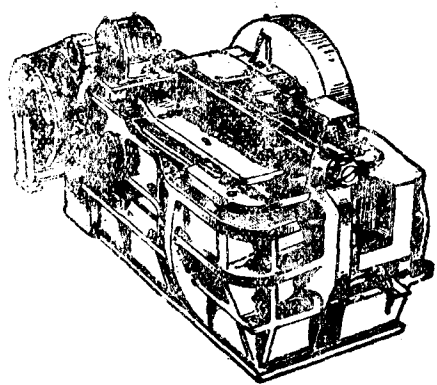


图7 平鍛机。

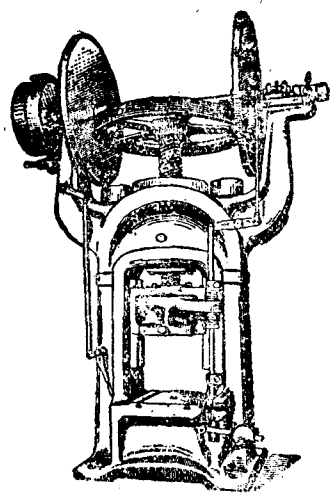


图8 摩擦压力机。

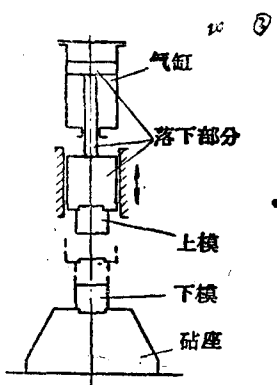


图9 有砧座模鍛锤工作示意图。

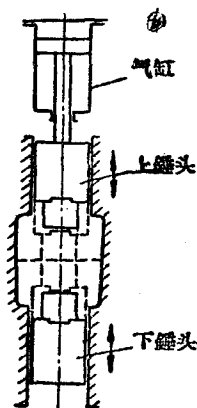


图10 无砧座模鍛锤工作示意图。

落下部分重量为6~7吨的模鍛锤，砧座重量为130~140吨，而基础的体积需要160~170米³，地面下深度达到5.5~6米，因此有砧座模鍛锤制造与安装费用很高，需要大量鋼材和水泥。即便采取这些措施，鍛造时的冲击力，仍然使地面震动，影响建筑工程的稳定性，精密仪表及其他机器的正常使用，这是一个锤头运动的必然结果，欲消除这些缺点，必須設計制造两个锤头同时运动、互相撞击的鍛锤，鍛击时上

下錘头成悬空状态(图10)。目前两个錘头的鍛錘(这种錘由于没有砧座,故称无砧座模鍛錘,也叫做双面模鍛錘)絕大多數錘头做垂直方向运动,带有活塞的上錘头,在气体作用下,向下作等加速度运动,在上錘头运动的同时,下錘头借连接机构傳动向上运动,连接机构应保証上下錘头适合于預定要求,即上下錘头的行程与速度应保持一定的关系,常用的连接机构有:鋼帶式、杠杆式与液压式三种。

代表无砧座錘工作能力的,是鍛击时的冲击能,单位为公斤米。冲击能为上下两錘头在鍛击时各具有动能之和。

設上錘头质量为 m_B ,

鍛击时之速度为 V_B ,

下錘头质量为 m_H ,

速度为 V_H ,

动能和为 L_s ,

$$\text{則} \quad L_s = \frac{1}{2} m_B V_B^2 + \frac{1}{2} m_H V_H^2 \quad (1)$$

$$\text{如果:} \quad m_H = m_B = m \quad V_H = V_B = V$$

$$\text{則} \quad L_s = m V^2 = \frac{G}{g} V^2 \quad (2)$$

$$\text{若} \quad V = 3.13 \text{米/秒},$$

$$\text{則} \quad L_s = G \text{公斤米。} \quad (3)$$

这个式子表明每个錘头重量数值(公斤)等于能量 L_s 数值(公斤米),故上下錘头重量相等。速度接近3.13米/秒的无砧座錘,知其能量也就知其每个錘头重量。

动量关系是无砧座錘的主要条件,有下面两种情况:

一)鍛击时上下錘头之动量相等,即:

$$m_H V_H = m_B V_B \quad (4)$$

杠杆联接式无砧座錘属于此种。

二)鍛击时上下錘头之动量不相等;由于下錘头重量略大于上錘头,故下錘头之动量略大于上錘头,即:

$$m_H V_H > m_B V_B$$

鋼帶式及液压式无砧座模鍛錘均屬此种,下錘头动量大于上錘头

动量原因，是使下锤头重量大于上锤头，借此重量差保证在不工作时使上锤头停置于最上位置。另外对于钢带式无砧座锻锤，因为下锤头动量大，可以在锻击后一刹那使两个锤头组成向上运动的系统，减轻了作用在钢带上的载荷，以延长钢带使用寿命。

3 无砧座模锻锤的优缺点

无砧座模锻锤与普通有砧座模锻锤比较，具有很多优点，其主要优点之一，是无砧座模锻锤在锻击时，不会使土壤振动，所以不需要很深很大的地基。它可以安装在机动的地基上、不坚固的土壤上、楼上、专用的火车上等。

由于锻击时不使土壤振动，所以钢筋混凝土地基与同能量有砧座模锻锤基础比较，约少 $2/3 \sim 7/8$ ，吨位愈大，相差也愈大。表1列举了三种能量相同锻锤的地基。

表 1

名 称	无砧座模锻锤(公斤米)			有砧座模锻锤		
	4000	10000	16000	2 吨	5 吨	8 吨
地基全深米	2.2	3.0	3.155	3.9	6.2	10.0
俯视图尺寸米	3.15×4.0	4.35×4.95	4.6×5.23	4.8×3.6	8×6.5	11.1×8.5
混凝土体积米 ³	22.0	46.0	60.0	60	230	550

图 11 为同能量有砧座锻锤与无砧座锻锤基础。

无砧座模锻锤另一主要优点，是机器总重量比同能力的有砧座模锻锤。水压机、曲柄模锻压力机轻，比有砧座模锻锤轻 $1/2 \sim 2/3$ （表2），比水压机轻 $7/8 \sim 9/10$ （表3），比曲轴模锻压力机轻 $5/6 \sim 7/8$ 。

表 2

名 称	有砧座模锻锤			无砧座模锻锤(公斤米)		
	2 吨	5 吨	23.5 吨	4000	10000	50000
重量吨	60	140	550	20	49	325

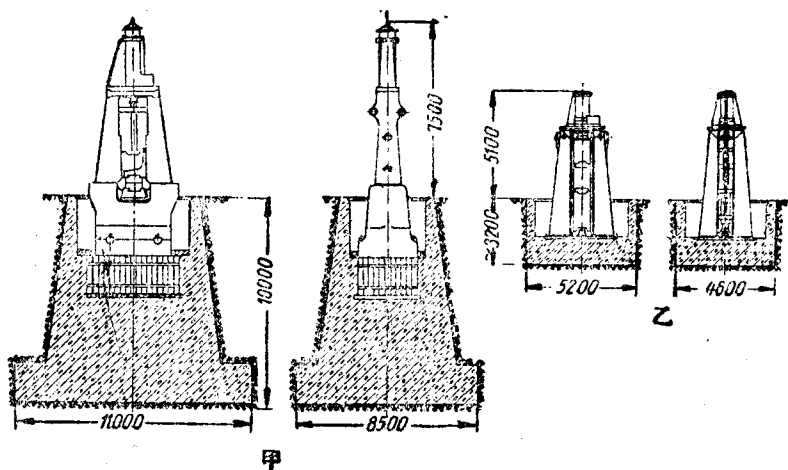


图 11

甲—2吨模鍛錘；乙—16000公斤米无砧座模鍛錘。

表 2 中 50000 公斤米无砧座模鍛錘的能量略大于 23.5 吨模鍛錘，有砧座模鍛錘的重量未計算地基中鋼筋的重量，若計算在內，重量还要增加。如：23.5 吨模鍛錘包括基础鋼筋其总重为 605 吨。

另外水压机占地面积比无砧座模鍛錘占地面积要多 5 倍。

表 3

名 称	3 万吨水压机	60000 公斤米 无砧座錘
重量吨	5200	450
地面上高米	16.4	7.8

无砧座模鍛錘不仅重量輕，而且还具有机械加工工时少、制造容易等优点，所以无砧座錘的制造成本比其他模鍛设备低得多，大能力的设备更为显著。无砧座模鍛錘成本比有砧座鍛錘低了 $1/2 \sim 2/3$ ，比水压机低了 $9/10 \sim 14/15$ ，比曲柄模鍛压力机低了 $7/8$ 以上。

现在广泛应用的无砧座模鍛錘下錘头的行程很大，这构成了无砧座模鍛錘的缺点，不能在鍛模上进行用鉗夹持的預鍛工作，需要在另外的自由鍛錘上預鍛，因而降低了生产率，但不需要用鉗夹持預鍛的零件，其生产率与有砧座模鍛錘是一样的。

上述缺点主要指中小型的，能量在 20000 公斤米以下的无砧座模

鍛錘，大型的无砧座模鍛錘由于鍛造的零件很重，手已无力操作，这种缺点也就不存在了。

总之，无砧座模鍛錘較其他模鍛設備具有許多优点，是符合我国多快好省建設方針的，这种設備应当大力发展。

4 无砧座模鍛錘打击过程和打击效率

无砧座模鍛錘打击过程，以上下錘头动量不相等形式为最复杂，共分三个阶段，在打击过程的第一阶段里，两鍛模接近，毛坯受彈性及塑性变形，其高度减小。这个阶段結束时鍛件受到最大变形。第二阶段为上下錘头以共同速度 V_c 共同向动量較小的方向运动。第三阶段为两个錘头彈性回跳，包括由共同速度 V_c 到回跳后速度 $V'_H V'_B$ 之变化；对于上下錘头动量相等的鍛錘，其第二阶段是不存在的。

若打击前 $m_H V_H = m_B V_B$

打击第二阶段时全系統重心之速度 V_c

$$V_c = \frac{m_H V_H + m_B V_B}{m_H + m_B} \quad (5)$$

第二阶段开始时上下錘头所具有动能之和

$$L_u = \frac{1}{2} (m_H + m_B) V_c^2 \quad (6)$$

代入

$$L_u = \frac{(m_H V_H + m_B V_B)^2}{2 (m_H + m_B)} \quad (6a)$$

当 $m_H V_H = m_B V_B$ 則 $L_u = 0$

打击第一阶段，消耗于毛坯彈性与塑性变形之能量 L_{ny}

$$L_{ny} = L_s - L_u \quad (7)$$

将式 (1) 与 (6a) 代入得：

$$L_{ny} = \frac{1}{2} \frac{m_H m_B}{m_H + m_B} (V_H + V_B)^2 \quad (8)$$

設打击过程中消耗于毛坯塑性变形能量为 L_n (9)

$$L_n = (1 - K^2) L_{ny}$$

$$L_n = \frac{1}{2} (1 - K^2) \frac{m_H m_B}{m_H + m_B} (V_H + V_B)^2 \quad (10)$$

式中 K 为恢复系数，按下式求出：