

技工学校机械类通用教材

(第二版)



锻工工艺学

DUANGONGGONGYIXUE

机械工业出版社

技工学校机械类通用教材

锻 工 工 艺 学

(第 二 版)

技工学校机械类通用教材编审委员会 编

by 01/02



机械工业出版社



B

本书是在1980年第一版的基础上修订的。全书内容包括手工锻造、锻造材料、金属塑性变形理论基础、锻造材料的加热、自由锻造、自由锻造工艺规程、胎模锻造、模型锻造、高合金钢和有色金属的锻造、特种锻造及锻造车间辅助设备等十一章，每章末附有复习题。此外，在书后还有附录，其中包括常用几何体的体积计算公式、铸上自由锻零件的通用技术条件、机械加工余量及公差和中华人民共和国法定计量单位(摘录)等资料。

本书第一版由徐天宝、卢式邦、胡九锡、徐发、朱在章等同志编写，杨承良、张所留、杨伯维等同志审稿。

第二版由徐天宝、陈斌云、侯阿毅等同志负责修订和编写，俞文彪、十愚民等同志审稿。

锻 工 工 艺 学

(第二版)

技工学校机械类通用教材编审委员会 编

责任编辑：卢若薇 何月秋

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第117号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经销

开本 787×1092 $1/16$ ·印张 23·字数 532 千字

1980年8月北京第一版

1987年6月北京第二版，1987年6月北京第七次印刷

印数 126,301—133,700·定价 3.60元

统一书号：15033·4958

B



前 言

建国以来,我国的技工教育事业曾得到很大发展。技工学校的广大干部、教师辛勤劳动,努力工作,积累了不少教学经验,并编写过一套比较完整的技工学校教材,对保证教学质量、培训合格的技术工人,支援祖国的社会主义建设,发挥过积极的作用。

为了满足教学需要,不断提高技工学校的培训质量,加速实现我国的四个现代化,国家劳动总局和第一机械工业部委托上海市劳动局、上海市第一机电工业局负责全国机械类技工学校教材的编写工作。这次编写的教材共二十二种。计有:语文、数学、物理、化学、工程力学、机械基础、金属工艺学、电工与电子基础、机械制图、车工工艺学、钳工工艺学、铣工工艺学、磨工工艺学、刨工工艺学、铸工工艺学、锻工工艺学、木模工艺学、焊工工艺学、热处理工艺学、电工工艺学、冷作工艺学和工业企业管理基本常识。这套教学计划、教学大纲和教材,分别适用于二年制(招收高中毕业生)和三年制(招收初中毕业生)技工学校(其中数学,语文,物理,化学主要是供招收初中毕业生的学校使用的)。

在教学计划、教学大纲和教材的编写中,我们在坚持以生产实习教学为主的原则的同时,还强调了基本理论和基本技能的训练,注意了新技术、新工艺的吸收。在教学计划说明中,对各门课程的授课目的,提出了明确的要求,以便使这套教学文件能够更好地适应四个现代化的需要。

由于编写时间仓促,加之编写经验不足,这套教材可能尚存在不少缺点和错误,我们恳切地希望同志们提出批评指正,以便作进一步的修改。

技工学校机械类通用教材编审委员会

一九七九年五月

第二版说明

技工学校机械类通用教材，自一九八〇年出版发行后，在技工学校的教学、工矿企业工人技术培训等方面，发挥了很大作用，取得了较好的社会效益。但也存在一些问题。按照培养目标的教學要求，主要是部分教材内容偏多偏深，其中个别章节还有一些差错，各课程之间的协调配合不够紧密。同时，近年来随着国家新的技术标准和法定计量单位制的颁布，原教材中采用的技术标准、计量单位制已不再适用，亟需对这套教材进行修订再版。为此，我们组织了这套教材第二版编审委员会，聘请各门课程的大多数原编者，并适当吸收了在教学第一线的教师担任编审工作，对技工学校机械类通用教材的文化、技术、专门工艺学等课进行了修订，以满足当前技工培训的需要。另外，我们还新编了《机械制图习题集》、《机械制图习题集解答》与《机械制图》配套使用，并将《电工与电子基础》改名为《电工基础》。

由于修订时间仓促，调查研究不够深入，收集意见不够全面，仍有可能存在不当之处，我们恳切地希望大家批评指正，以供再次修订时参考。

《技工学校机械类通用教材》

第二版编审委员会

一九八六年三月

目 录

前言

第二版说明

绪论	1
----	---

第一章 手工锻造	4
----------	---

§ 1-1 手锻工具	4
------------	---

§ 1-2 掌钳和打锤	8
-------------	---

§ 1-3 手锻炉及其加热	10
---------------	----

§ 1-4 工作地的组织	11
--------------	----

§ 1-5 手工锻造安全技术	12
----------------	----

§ 1-6 手工锻造的基本工序操作法	13
--------------------	----

复习题	22
-----	----

第二章 锻造材料	23
----------	----

§ 2-1 金属的主要性能	23
---------------	----

§ 2-2 锻造用钢	27
------------	----

§ 2-3 锻造用有色金属	37
---------------	----

§ 2-4 锻造材料的准备	41
---------------	----

§ 2-5 材料的计算	44
-------------	----

复习题	50
-----	----

第三章 金属塑性变形理论基础	52
----------------	----

§ 3-1 概述	52
----------	----

§ 3-2 金属塑性变形的实质	53
-----------------	----

§ 3-3 金属的加工硬化及软化过程	55
--------------------	----

§ 3-4 金属塑性变形的分类	58
-----------------	----

§ 3-5 金属塑性变形的基本定律	58
-------------------	----

§ 3-6 影响金属塑性的因素	60
-----------------	----

§ 3-7 摩擦对金属塑性变形过程的影响	64
----------------------	----

§ 3-8 金属在几种主要工序中的变形特点	65
-----------------------	----

§ 3-9 热变形对金属组织和性能的影响	71
----------------------	----

复习题	75
-----	----

第四章 锻造材料的加热	77
-------------	----

§ 4-1 燃料及其燃烧过程	77
----------------	----

§ 4-2 加热对钢的影响	80
---------------	----

§ 4-3 加热产生的缺陷及其防止方法	86
---------------------	----

§ 4-4 锻造温度范围的确定	89
-----------------	----

§ 4-5 加热规范	92
------------	----

§ 4-6 加热温度的测定方法	97
-----------------	----

§ 4-7 锻造加热炉及其使用和维护	102
--------------------	-----

复习题	115
第五章 自由锻造	117
§ 5-1 自由锻造的基本工序	117
§ 5-2 自由锻典型工艺实例	132
§ 5-3 大型铸件的锻造	139
§ 5-4 锻件的冷却	147
§ 5-5 锻件及锻工工具的热处理	149
§ 5-6 锻件的质量检验	153
§ 5-7 自由锻锤	156
§ 5-8 自由锻造水压机	170
复习题	177
第六章 自由锻造工艺规程	178
§ 6-1 自由锻件结构的工艺性	178
§ 6-2 自由锻造工艺规程的编制	179
§ 6-3 编制自由锻造工艺规程示例	196
复习题	207
第七章 胎模锻造	208
§ 7-1 胎模锻造的特点及应用	208
§ 7-2 胎模种类及其结构	209
§ 7-3 胎模锻件分类及常用工艺	214
§ 7-4 胎模锻设备的吨位选择	221
§ 7-5 胎模材料的选择	223
§ 7-6 胎模的制造、使用和维护	224
§ 7-7 胎模锻件图	227
§ 7-8 胎模设计的基本知识	236
§ 7-9 胎模锻工艺实例	245
复习题	250
第八章 模型锻造	251
§ 8-1 模锻的工艺特点及其过程	251
§ 8-2 锤上模锻	252
§ 8-3 摩擦压力机上模锻	262
§ 8-4 热模锻压力机上模锻	265
§ 8-5 平锻机上模锻	268
§ 8-6 切边和冲孔	273
§ 8-7 高温形变热处理及模锻件的清理	276
§ 8-8 模锻件的缺陷及质量检验	280
§ 8-9 锻模的制造和修理	284
复习题	287
第九章 高合金钢和有色金属的锻造	289
§ 9-1 高合金钢的锻造特点	289
§ 9-2 高速钢锻造	290
§ 9-3 不锈钢锻造	297

§ 9-4 高温合金锻造	301
§ 9-5 铝合金锻造	302
§ 9-6 铜合金锻造	304
§ 9-7 钛合金锻造	306
复习题	308
第十章 特种锻造	310
§ 10-1 精密模锻	310
§ 10-2 高速锤锻造	312
§ 10-3 锻扩	314
§ 10-4 热挤压	316
§ 10-5 辗锻	318
§ 10-6 径向锻造	319
§ 10-7 多向模锻	321
复习题	323
第十一章 锻造车间的辅助设备	324
§ 11-1 锻造操作机	324
§ 11-2 锻造行车和翻料机	331
§ 11-3 装出料机	334
复习题	335
附录	335
一、常用几何体的体积计算公式	336
二、锤上自由锻锻件通用技术条件	337
三、锤上自由锻锻件的机械加工余量和公差	339
四、中华人民共和国法定计量单位 (摘录)	358

第六章 自由锻造工艺规程

锻造生产时所用的基本文件是以工艺卡片的形式表示的工艺规程。它是一项生产纪律和技术指导资料，锻造时必须严格遵守。

为了贯彻执行和改进工艺，必须学习和掌握工艺卡片上所规定的各项内容。在修配和单件、小批生产时，可能只有零件图，这时锻工必须能绘制出锻件图，并定出所需的坯料质量和尺寸等。因此，作为一个锻工，必须具备编制锻造工艺规程的基本知识。

根据自由锻造工艺的特点，必须保证自由锻件具有良好的结构工艺性。

§ 6-1 自由锻件结构的工艺性

所谓锻件结构的工艺性是指该结构在保证质量的前提下，能安全地、高生产率地、经济地（锻造和机械加工的工时和费用最少）

进行锻造生产。如图 6-1 中锻件的锥体和斜面部分不但锻造困难，费工费时，而且质量也难以保证。若在锥体或斜面上添加一些材料，就可简化锻件形状，便于锻造而又不降低零件的使用性能。这种为了简化锻件形状和便于锻造而添加的材料称为余块。余块在机械加工时要切除，耗费工时，浪费材料，不宜多用。

自由锻件的结构工艺性见表 6-1。

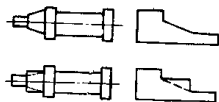
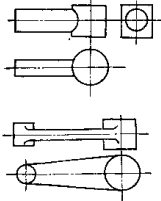
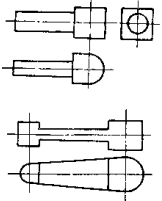
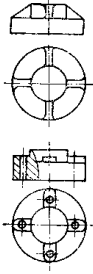
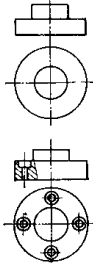
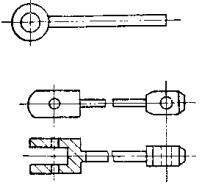
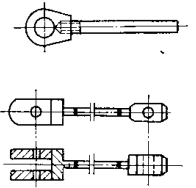


图6-1 锻件结构工艺性示例

表6-1 自由锻件结构工艺性

不 合 理	合 理	说 明
		因锥体的锻造须用专门工具，锻造较困难，应尽量避免。与此相似，锻件上的斜面也不易锻出，也应尽量避免

(续)

不 合 理	合 理	说 明
		圆柱体与圆柱体交接处的锻造很困难,应改成平面与圆柱体交接,或平面与平面交接
		加强肋与表面凸台等结构是难以用自由锻方法获得的,应避免这种设计 对于椭圆形或工字形截面、弧线及曲线形表面,也应避免
		横截面有急剧变化或形状复杂的零件,应分成几个易锻造的简单部分,再用焊接或机械连接法组合成整体

§ 6-2 自由锻造工艺规程的编制

编制工艺规程的原则:

1. 根据车间现有生产条件,所编的工艺应能满足产品的全部技术要求。
2. 在保证锻件优质的基础上,提高劳动生产率,节约原材料。

编制工艺规程的步骤如下:

1. 根据零件图绘制锻件图;
2. 确定坯料的质量和规格;
3. 确定锻造工序方案;
4. 选择所需的设备和工具;
5. 确定火次、加热和锻后冷却以及热处理规范;
6. 确定工时定额;
7. 填写工艺卡片。

一、自由锻造锻件图的绘制

自由锻造锻件图是以零件图为基础, 加上余块、余面、机械加工余量和锻造公差之后绘制而成的。

1. 名词术语

(1) 机械加工余量 锻件表面留有的供机械加工用的金属层, 叫做机械加工余量(图6-2)。

(2) 锻件基本尺寸 零件的基本尺寸加上机械加工余量, 叫做锻件的基本尺寸(图6-2)。

(3) 锻造公差 锻件的实际尺寸与基本尺寸之间所允许的误差, 叫做锻造公差(图6-2)。

(4) 余块 为了简化锻件的外形及锻造过程, 在锻件的某些地方添加一些大于余量的金属体积, 叫做余块(图6-3)。



图6-2 锻件的各种尺寸、公差和余量

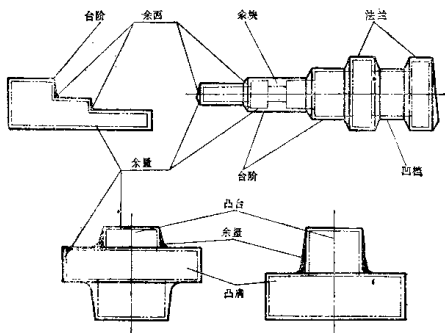


图6-3 名词术语示例

(5) 余面 因锻造工艺所造成的锻件台阶处邻接的圆角、斜面及端部的斜度等,叫做余面(图 6-3)。

(6) 台阶 轴类锻件的某一段直径(或非圆形锻件的尺寸)大于邻接的一段或两段的直径(或尺寸)的部分,叫台阶(图 6-3)。

(7) 凸肩和凸台 非轴类锻件的(直径大而长度小的锻件)某一段直径(或尺寸)大于邻接的直径(或尺寸)的部分,叫凸肩。轴向凸出的部分叫凸台(图 6-3)。

(8) 法兰 锻件上的台阶长度为直径的 0.25~0.5 倍,且直径大于其相邻部分直径的 1.5 倍时,该台阶叫法兰。位于锻件中间的叫中间法兰;位于端部的叫端部法兰(图 6-3)。

(9) 凹档 锻件某一部分的直径(或非圆形锻件的尺寸)小于其相邻两部分的直径(或尺寸),该部分叫做凹档(图 6-3)。

2. 绘制锻件图的步骤

(1) 确定锻件形状 锻造时,零件上有些不能锻出的部分需加余块,以简化锻件的形状和加工工艺。但这会增加金属的消耗和机械加工工时。例如,曲轴增加轴档余块后,在机械加工时,将切断纤维组织,降低使用性能,严重影响锻件质量。绘制锻件图应结合各厂锻造的技术水平及经济效果等具体情况来确定,也可查表确定:

1) 锻件上的台阶和凹档是否加放余块,可查附录三表 1。

2) 法兰轴的法兰部分是否需在轴向加放余块可查附录三表 24。

3) 带孔类锻件的孔是否冲出可参照附录三表 9~14 的附注而定。

(2) 确定余量和公差 根据附录三表 2~24,结合各厂锻造技术水平和生产批量来确定。影响锻件余量与公差的主要因素见表 6-2。

表 6-2 影响锻件余量与公差的主要因素

影响因素	余量与公差的数值		影响因素	余量与公差的数值	
	小	大		小	大
锻件的形状	简单	复杂	设备情况	好	差
锻件的尺寸	小	大	生产批量	多	少
锻件加工后零件要求的粗糙度	粗	细	工人操作水平	高	低
原材料的种类	钢坯	钢板	原材料表面质量	好	次
工具的性质	好	差	原材料材质	一般钢号	特殊钢

余量的大小须保证锻件在下一步机械加工时能获得零件所需要的尺寸和表面粗糙度。

(3) 绘制锻件图

零件加上余块和公差余量后,按机械制图的规则便可绘成锻件图。为了便于锻造,绘制锻件图时另有几条规则:

1) 为方便起见,大型锻件基本尺寸的尾数可简化为“5”或“0”。

2) 锻件的外形用粗实线描绘,为了便于了解零件的形状和检查锻造后的实际余量,对某些形状复杂的零件或大批量生产的锻件,应在锻件图上用双点划线描绘出零件的轮廓形状。

3) 锻件的基本尺寸和公差注在尺寸线上面, 而零件的基本尺寸注在尺寸线下面的括号内。

4) 在锻件图上注明锻件的总长和各部分长度(四档和最后锻造的那一部分可不标注长度)。注明各部分长度时应选择一个基面(直径最大的台阶或法兰), 从这里开始向两个方向标注。带四档的锻件可以选择几个基面, 但基面的数目应该力求最少。

5) 在锻件图上还需注明一些特殊余块, 热处理吊夹头, 机械性能试验和低倍试验用的试棒, 机械加工用的夹头等的位置。其标注方法可参照各厂规定。

3. 绘制锻件图的示例 锻造的零件如图 6-4 所示, 此锻件不需要进行粗加工, 但要留出轴向机械性能试棒。试棒长 140~150 毫米。画出锻件图。

(1) 确定锻件形状 由图 6-4 可见, 台阶 I、II、法兰 III 和四档 IV 是否锻得出, 需要加余块否和加放余块的大小需查附录三表 1 而定。

1) I、II 部分为第一个台阶, 台阶高 $h = (350 - 170) / 2 = 90$ (毫米), 由附录三表 1 得台阶 I 的最小锻出长度为 110 毫米(台阶高 h 取 56~75 毫米)。而零件长仅 100 毫米, 故锻不出, 但在 I 部分要留出轴向机械性能试棒 140 毫米, 则 I 部分的实际长度为 240 毫米, 大于规定的 110 毫米, 所以台阶 I 能锻出。

2) II 和 III 部分为第二台阶, 台阶高 $h = (350 - 240) / 2 = 55$ (毫米)。查附录三表 1, 台阶锻出的最小长度 $l_{\min}$ 为 120 毫米, 而台阶 II 的长度为 $l_1 = 455 - 325 - 30 = 100$ (毫米), 故锻不出。但附录三表 1 中注 2: “当中间台阶的实际长度 $l_1 \geq 0.8l_{\min}$ 时, 则该台阶能锻出”。现在 $0.8 \times l_{\min} = 0.8 \times 120 = 96$ 毫米, 因 $l_1 > 0.8l_{\min}$, 所以台阶 II 能锻出。

3) IV 部分属于四档, 此处能否锻出? 由 IV、III 的台阶高度 $h = \frac{240 - 150}{2} = 45$ (毫米), 查附录三表 1, 得四档的最小锻出长度为 100 毫米, 而 IV 部分的长度只有 30 毫米, 不能锻出, 需加余块。

4) 台阶处, 因 IV 部分加放余块后, 直径变为 $\phi 190$ 毫米, 故台阶高 $h = (240 - 190) / 2 = 25$ (毫米), 查附录三表 1, 最小锻出长度为 110 毫米, 而 V 部分的长度为 325 毫米(包括 IV 的余块部分), 故能锻出。

(2) 确定锻件的余量和公差

1) 根据锻件的形状与零件尺寸, 由零件长度 $L = 555 + 140 = 695$ (毫米) 及各段台阶的直径, 从附录三表 6 “多台阶轴类锻件的余量与公差” 中查得各部分径向双面余量与公差为 $13 \pm \frac{1}{2}$ 毫米, $14 \pm \frac{1}{2}$ 毫米及 $18 \pm \frac{1}{2}$ 毫米。其轴向单面余量按图所示, 分别为相应径向余量的 0.75 倍或 1 倍。为了生产上的方便, 径向余量与公差都定为 $15 \pm \frac{1}{2}$ 毫米。

2) 中间法兰 III 部分, 加上轴向余量后长仅 $30 + (15 \times 2) = 60$ (毫米), 从附录三表 24 查得此法兰的最小锻出长度为 80 毫米, 故 III 部分轴向需加余块, 确定长度尺寸为 80

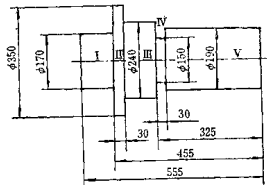


图 6-4 零件图

毫米。

零件加余量、余块及试棒后的示意图和锻件图见图 6-5。

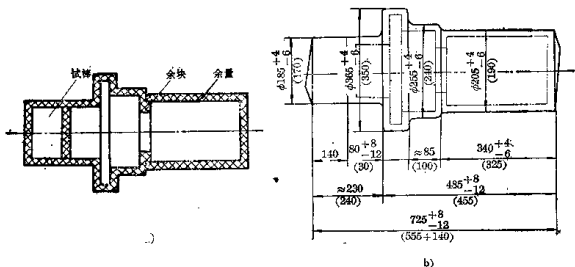


图6-5 零件加余量、余块及试棒后的示意图与锻件图

a) 示意图 b) 锻件图

二、确定坯料的质量和尺寸

1. 确定坯料的质量

坯料的质量可按下式计算:

$$G_{\text{总}} = G_{\text{锻}} + G_{\text{冒}} + G_{\text{底}} + G_{\text{切}} + G_{\text{烧}} + G_{\text{冲}} + G_{\text{切头}} + G_{\text{特}} (\text{公斤})$$

或 $G_{\text{总}} = G_{\text{锻}} + G_{\text{冒}} + G_{\text{底}} + G_{\text{切}} + G_{\text{烧}} + G_{\text{冲}} + G_{\text{切头}} + G_{\text{特}} (\text{公斤})$

式中 $G_{\text{总}}$ ——坯料质量 (公斤);

$G_{\text{锻}}$ ——钢锭质量 (公斤);

$G_{\text{冒}}$ ——冒口质量 (公斤);

$G_{\text{底}}$ ——底部切割量 (公斤);

$G_{\text{切}}$ ——切口切割量 (公斤);

$G_{\text{烧}}$ ——烧损量 (公斤);

$G_{\text{冲}}$ ——冲孔芯子损耗量 (公斤);

$G_{\text{切头}}$ ——切头质量 (公斤);

$G_{\text{特}}$ ——特殊工艺损耗量 (公斤)。

$G_{\text{冒}}$ 、 $G_{\text{底}}$ 、 $G_{\text{切}}$ 、 $G_{\text{烧}}$ 、 $G_{\text{冲}}$ 、 $G_{\text{切头}}$ 和 $G_{\text{特}}$ 总称为锻造工艺废料,除 $G_{\text{冒}}$ 外,不是每个坯料都有,它们可用公式计算,也可按经验数据估算。工艺废料的多少取决于锻件的复杂程度和所选用的工序及材料的种类。

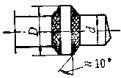
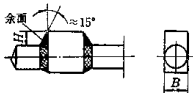
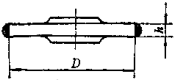
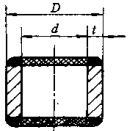
$G_{\text{锻}}$ 、 $G_{\text{底}}$ 、 $G_{\text{切}}$ 、 $G_{\text{烧}}$ 、 $G_{\text{冲}}$ 、 $G_{\text{切头}}$ 和 $G_{\text{特}}$ 按下述方法计算:

(1) 锻件质量 锻件的质量可根据锻件的形状和基本尺寸来计算。对于大中型锻件和形状复杂的锻件,应按锻件基本尺寸加上 $\frac{1}{2}$ 上偏差来计算。这是因为自由锻造锻出的锻件形状不能符合图纸上的要求,且表面也不能很平整,因而锻件的实际质量,常常会超过计算得出的质量。例如,实际生产中圆形锻件大多会锻成多角形或椭圆。

形；正方形或长方形锻件大多会锻成菱形。当锻造水平可按负偏差进行锻造或者采用胎模锻造时，则大中型锻件就可按基本尺寸来计算锻件的质量大小。

对大型锻件还需考虑余面、鼓形等情况。在计算锻件质量时，应按下列规定将余面、鼓形部分的质量也计算在内；台阶（或凸肩）尺寸 ≥ 100 毫米的锻件，其余面质量应计算在锻件质量之内。对于未经滚圆的圆盘类锻件的鼓形部分，以及端面不能平整的空心锻件端面的鼓形部分，其质量大小亦应计算在锻件质量之内，计算方法见表 6-3。

表6-3 大型锻件余面质量计算式

类 型	余 面 图	余面质量计算式(公斤)	附 注
圆轴类		$G_{\text{余面}} = 0.18(D-d)^2(D+2d)$	D ——相邻的大直径(分米) d ——相邻的小直径(分米)
曲轴类		$G_{\text{余面}} = 0.134H^2B\rho$	H ——曲柄高度(分米) B ——曲柄厚度(分米) ρ ——金属材料的密度(千克/分米 ³)
圆盘类		$G = 6.16(D + 0.35h)^2h$	$G = G_{\text{面}} + G_{\text{余面}}$ D ——锻件直径(分米) h ——锻件高度(分米)
叶轮		$G_{\text{余}} = 6.16(D + 0.5h)^2h$	$G_{\text{余}}$ ——不包括轮廓凸台体积 D ——叶轮直径(分米) h ——叶轮轮毂高度(分米)
空心锻件①		薄壁空心锻件 $G_{\text{余}} = 4.8(D^2 - d^2)t$ 厚壁空心锻件 $G_{\text{余}} = 3.2(D^2 - d^2)t$	$G_{\text{余}}$ ——空心锻件单面鼓形质量 D ——空心锻件外径(分米) d ——空心锻件内径(分米) t ——空心锻件壁厚 $\frac{D-d}{2}$ (分米)

① 特长空心锻件（如工作缸等）还要增加端面不平的余面质量。其余面质量大小由工厂生产而定。

（2）钢锭冒口和底部的切除量 在锻造时必须切除钢锭冒口和底部内部质量不好的部分。切除的质量大小以钢锭总质量的百分之几来表示。切除量由锻件的重要性与钢锭的内部质量来确定。表 6-4 的数据供参考。

表6-4 钢锭的冒口及底部切除量

锻件类别	钢锭部位	切除量(%)
碳钢钢锭	冒口端部	14~25 5~7
合金钢锭	冒口端部	25~30 7~10

注：1. 一般钢件的切除量取下限，重要锻件取上限，特殊锻件可超过表中的规定。

2. 表中数据是根据我国目前钢锭的生产水平来决定的。对于采用特殊冶炼与浇注的钢锭的切除量可以适当减少。

(3) 烧损量 金属在加热时由于形成氧化皮而造成的损失量，称为烧损量。烧损量一般以占坯料或钢锭质量的百分之几表示，见表 6-5。烧损量除了与保温时间有关外，还与坯料的化学成分和加热炉的种类、炉子的热效率、炉膛内的加热气氛等有关。若钢的成分容易氧化，保温时间长，炉气中的氧化性气体多时，每火烧损量取表中的‘上限’，反之取下限。特殊情况按各厂的加热条件而定，不要强求一致。为使计算方便， $G_{\text{烧}}$ 可用占锻件质量的百分之几来进行计算。

表6-5 每火烧损量

坯料种类	火次	占钢锭或钢坯的质量(%)	
		水压机	锻锤
钢锭	第一火 以后各火	2~3 2	2~4 2
钢坯	第一火 以后各火	2~3 2	2~3 2

(4) 端部切头量 为了使锻件得到平直的端面，在锻件较长而又无法平整时，都要从端部切除料头，端部切头的质量 $G_{\text{切}}$ 可按下列公式计算：

$$\begin{aligned}
 &\text{水压机锻造} \begin{cases} \text{矩形截面的锻件} & G_{\text{切}} = 2.2B^2H(\text{公斤}) \\ \text{圆形截面的锻件} & G_{\text{切}} = 1.65D^3(\text{公斤}) \end{cases} \\
 &\text{锤上锻造} \begin{cases} \text{矩形截面的锻件} & G_{\text{切}} = 2.36B^2H(\text{公斤}) \\ \text{圆形截面的锻件} & G_{\text{切}} = 1.8D^3(\text{公斤}) \end{cases}
 \end{aligned}$$

式中 B ——锻件宽度 (分米)；

H ——锻件高度 (分米)；

D ——锻件直径 (分米)。

(5) 冲孔芯料量 冲孔芯料质量 $G_{\text{芯}}$ 按下列公式计算：

$$\text{锤上单面冲孔} \quad G_{\text{芯}} = (4.32 \sim 4.71)d_{\text{冲}}^2 H(\text{公斤})$$

$$\text{锤上双面冲孔} \quad G_{\text{芯}} = (1.18 \sim 1.57)d_{\text{冲}}^2 H(\text{公斤})$$

$$\text{水压机上空心冲子冲孔} \quad G_{\text{芯}} = 6.16 \times 1.5d_1^2 H = 9.24d_1^2 H(\text{公斤})$$

式中 $d_{\text{冲}}$ ——实心冲子的直径 (分米)；

H ——冲孔前坯料高度 (分米)；

d_1 ——空心冲子的最小内径 (分米)。

(6) 特殊工艺废料质量 如图 6-6 所示的台阶轴锻件, 锻造时为了防止端头出现凹陷与缩孔等缺陷, 在拔长端头时坯料需有一个最小长度 L , L 一般为直径的 $0.3 \sim 0.4$ 倍, 其质量大大超过短轴的质量, 超过的质量部分就是特殊工艺废料。

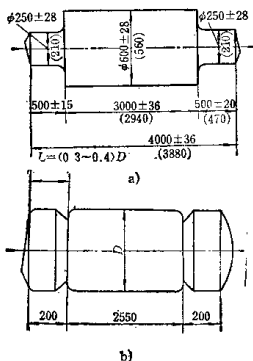


图6-6 短颈轴的工艺废料示意图
a) 短颈轴 b) 号印图

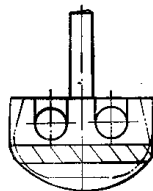


图6-7 气割双钩锻件示意图

现按图 6-6a 的短颈轴来计算一下它的特殊工艺废料质量: 在锻造时, 因台阶相差较大, 为了防止拔长时产生拉缩, 在拔长前号印时, 应放大坯料的直径 $50 \sim 60$ 毫米, 则坯料直径应为 660 毫米。又根据端头拔长时最小的压印长度 A 为 $0.3D$, 则 A 为 200 毫米, 所以这部分材料的质量是 500 公斤, 而一头轴颈的实际质量只有 192 公斤, 两者相差 308 公斤。该锻件两头就需多用 616 公斤的工艺废料。

有些复杂锻件, 可以用气割成形, 其气割的残余材料也属特殊工艺废料, 在计算坯料(钢锭)质量时也要将这些工艺废料考虑在内(如图 6-7)。

对于小型锻件为了计算方便起见, 把芯料、切料损耗与烧损量合并在一起考虑。表 6-6 列出了芯料、切料损耗与烧损量的总和 K 。则:

$$G_{\text{实}} = (1 + K)G_{\text{表}}(\text{公斤})$$

表6-6 芯料、切料损耗与烧损量的总和 K

锻件种类	主要工序	总和 $K(\%)$
圆盘、短圆柱、短方柱、方块类	锻粗—平整	2~3
带孔圆盘和方块	锻粗—冲孔—平整	3~5
套筒、圆环、方套和法兰盘	锻粗—冲孔—平整或芯棒拔长	8~10
台阶轴、带有凹档类锻件	拔长—压扁—切头—平整	7~12
连杆、叉子和拉杆类	拔长—压扁—切头—平整	15~25
曲轴、偏心轴	拔长—压扁—错移—扭转—切头—平整	18~30