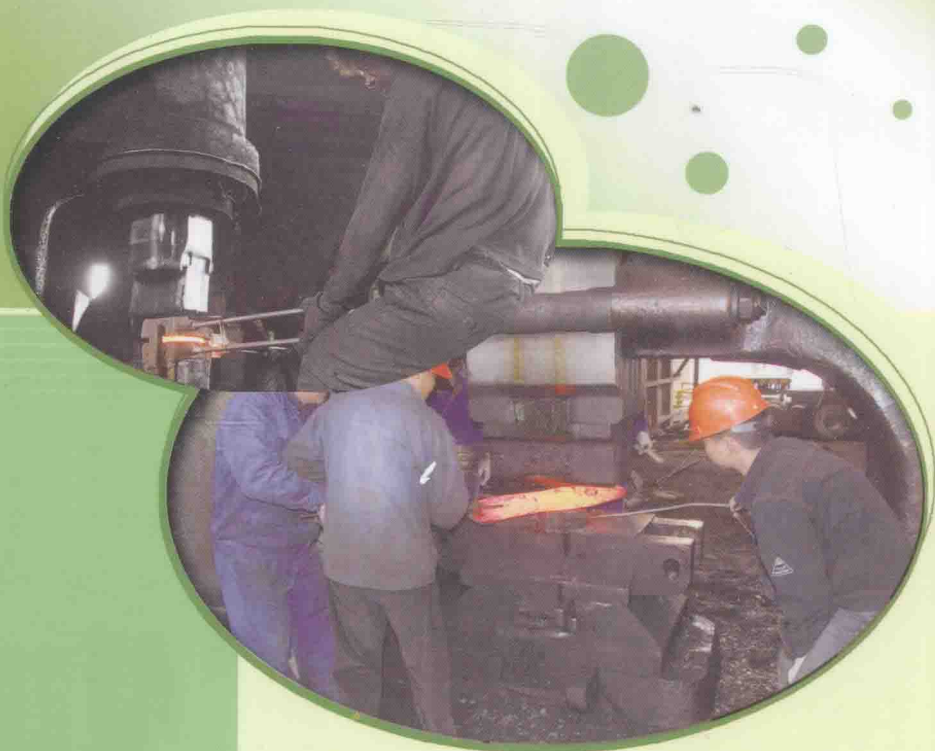


新型农民职业技能培训教材

新技术
新热点

锻造工

谢 鹏 主编



中国农业科学技术出版社

新型农民职业技能培训教材



锻造工

谢 鹏 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

锻造工 / 谢鹏主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2012. 3

ISBN 978 - 7 - 5116 - 0769 - 0

I. ①锻… II. ①谢… III. ①锻造 - 基本知识
IV. ①TG31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 265410 号

责任编辑 徐 毅 马广洋

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106638(编辑室) (010)82109704(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82106624

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 中煤涿州制图印刷厂

开 本 850mm × 1 168mm 1/32

印 张 4.625

字 数 114 千字

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

定 价 14.00 元

《锻造工》

编委会

主 编 谢 鹏

编 委 陈峰波 高中贵 陶正武

徐庆忠 周小峰

序 言

就业是民生之本，安国之策，是人民群众改善生活的基本前提和基本途径。随着经济社会发展，企业用工的不断变化和大量农村富余劳动力流向社会，城乡劳动力就业压力持续增大，成为建设和谐社会进程中亟待解决的难题。随着经济与社会的快速发展，社会分工越来越细。三百六十行，行行出状元！如果想要在自己的行业中崭露头角，适应社会日益增长的需求，那么，你就需要有指导性地锻炼和提高自己的专业技能和人际交往能力。为了满足社会发展和读者的需要，我们编写了本系列丛书，力求与时俱进，以清晰简洁的结构、通俗简练的语言，给进城务工的广大读者朋友提供可操作性的指导和帮助。

本系列图书介绍了当前许多应用性很强、很广的行业的技能与技巧，例如手工编织工、足部按摩师、市场营销员、电子操作工、钢筋工等人员的服务方法和技巧；又如烹饪基本技能、建筑防水工基本技能、服装制作基本技能、电动车维修基本技能、起重工操作技能、铸造工操作技能等，并且阐述了一些日常生活、工作中与维权息息相关的知识，如安全生产教育、职业道德与法律常识、劳动维权指南、生活卫生与健康知识，不仅可以帮助读者朋友快速了解城市生活的各个方面和细节，同时，可以帮助读者朋友快速获取在从事自己职业的过程中应注意的事项和内容，学会面对和调整自己的工作和生活，迅速适应工作、生活和社会带来的变化，使自己的生活更美满，工作更顺利。

本系列图书在编写过程中，融入了编者的许多汗水和心血，编者结合自己的生活实际和周围一些朋友的生活实际，根据自己平日对生活和社会的观察，对进城务工的朋友在生活和工作经常遇到的各种问题进行了提取和总结，并提供了很多行之有效的解决办法，提炼出了很多技巧，相信这些会对进城务工的读者朋

友们大有裨益。当你在工作或者日常生活中遇到难题，觉得不知所措的时候，不妨拿出本系列图书中适合你所从事的行业的那一本来阅读品味，或许就会找到你所期待的解决方法。能够帮助进城务工的朋友解决现实问题，是我们的希望和欣慰。

由于编者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，敬请专家和广大读者朋友批评指正，谢谢。

编者

2012 年 2 月

目 录

第一章 锻造的基础知识	(1)
第一节 锻造的基本知识	(1)
第二节 锻造的基本工序	(5)
第三节 下料与加热	(6)
第四节 锻造中的摩擦与润滑	(26)
第二章 自由锻造	(31)
第一节 图样识读	(31)
第二节 自由锻造工具与设备	(34)
第三节 锻造操作过程中的手势信号	(46)
第四节 自由锻造的工序及锻件分类	(50)
第三章 锤上模锻	(58)
第一节 图样识图	(58)
第二节 模锻设备	(62)
第三节 模锻工步的选择	(68)
第四节 锤上模锻工艺	(76)
第四章 特种锻造	(91)
第一节 径向锻造	(91)
第二节 等温(热模)锻造	(101)
第三节 超塑性模锻	(112)
第四节 粉末锻造	(116)
第五节 半固态触变模锻	(123)

第五章 锻造安全生产规模	(128)
第一节 锻造车间安全生产一般准则	(128)
第二节 自由锻造安全生产技术	(132)
第三节 模锻安全生产技术	(136)
参考文献	(138)

第一章 锻造的基础知识

第一节 锻造的基础知识

锻造是利用锻压机械对金属坯料施加压力，使其产生塑性变形，以获得具有一定机械性能、一定形状和尺寸锻件的加工方法。

一、锻造生产的特点

锻造获得广泛应用，是与其自身的优越性分不开的，如在生产率、金属材料利用率、产品的力学性能等重要技术经济指标方面，均比切削加工、铸造、焊接工艺有明显的优势。经过热处理的锻件，冲击韧性、相对收缩率、疲劳强度等力学性能均有明显的优势。因此，许多重要的受力大的零件都选用锻造方法生产。例如，各种机器上的齿轮、传动轴和各种发动机上的曲轴、连杆、变速叉、操纵杆等。

二、锻造生产的分类

手工锻造是靠人力用手锻工具在铁砧上锻打成型的。这种生产方法已有数千年的历史，但因劳动强度大、效率低、质量差，现已不多用，仅用于修理和生产日常用品及小农具等。

机器锻造是靠各种锻造设备提供作用力来锻造成型的。根据所用设备和工具的不同又可分为自由锻造、胎模锻造、模型锻造和特种锻造等。一般锻件的生产工艺过程是：下料→坯料→加热→锻造成型→冷却→锻件检验→热处理→锻件毛坯。

（一）自由锻造

在自由锻锤或自由锻水压机的上下砧之间或简单工具之间进

行锻造成型。自由锻造生产率低、加工余量大，但由于工具简单，通用性大，故被广泛用于锻造形状较简单的单件、小批量生产的锻件。自由锻造的基本工序有微粗、拔长、冲孔、弯曲、扭转、错移和切断，其中，前三种工序应用最多。

（二）胎模锻造

在自由锻造设备上用模具（胎具）生产锻件的一种锻造方法。它既具有自由锻造的某些特点，如设备和工具简单，工艺灵活多样，又具有模锻的某些特点，如金属在模膛内最终成型，可获得形状复杂、尺寸比较准确的锻件，生产效率较高。

（三）模型锻造

在固定于模锻设备上的模具内进行锻造成型。例如，锤上模锻是自由锻造基础上最早发展起来的一种模锻生产方法，即在模锻锤上的模锻。它是将上、下模块分别固紧在锤头与砧座上，将加热透的金属坯料放入下模型腔中，借助上模向下的冲击作用，迫使金属在锻模型槽中塑性流动和填充，从而获得与型腔形状一致的锻件。

锤上模型能完成微粗、拔长、滚挤、弯曲、成型、预锻和终锻等多种变形工步操作。

（四）特种锻造

在专用锻造设备上或在特殊工具与模具内使金属坯料成型的一种特殊锻造。能满足各类锻件少切削、无切削、净成型等高品质的要求，使锻件外形尺寸更接近于零件尺寸，提高锻件表面质量、内在质量和精度，采用高效、专用的设备取代复杂、笨重的通用设备，从而提高劳动生产率，改善劳动条件。例如，精密锻造、液态锻造等。

三、锻造材料

（一）钢的分类

1. 按化学成分分类

（1）碳素钢：碳素钢的成分中除铁外，还含有碳和一定数

量的硅、锰、硫、磷等元素。碳素钢按其含碳量可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

(2) 合金钢：在碳素钢中加入一定数量的合金元素的钢称为合金钢。钢中加入的合金元素有铬 (Cr)、镍 (Ni)、硅 (Si) 等。按合金元素含量的多少，合金钢又分为低合金钢、中合金钢和高合金钢。

2. 按品质分类

(1) 普通钢：钢中含硫量不超过 0.050%，含磷量不超过 0.055%。

(2) 优质钢：钢中含硫量不超过 0.040%，含磷量不超过 0.040%，含铜量不超过 0.030%。

(3) 高级优质钢：钢中含硫量不超过 0.030%，含磷量不超过 0.035%，含铜量不超过 0.025%。

3. 按用途分类

(1) 结构钢：用于工程结构和制造机械零件。又可分为碳素结构钢、合金结构钢、滚珠轴承钢和弹簧钢。

(2) 工具钢：用于制造各种工具，包括碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢。

(3) 特殊用途钢：具有特殊物理性能、化学性能和作为特殊用途的钢。如不锈钢、耐热钢、磁性材料和电热合金等。

(二) 钢的主要牌号及含义

(1) 普通碳素结构钢的牌号有 Q195、Q235、Q275 等。“Q”表示屈服强度，数字 195、235、275 表示屈服强度数值。

(2) 优质碳素结构钢的牌号有 05、10、30、45 等。数字表示平均含碳量是万分之几。

(3) 碳素工具钢的牌号有 T7、T9、T12A 等。牌号中的数字表示含碳量是千分之几，牌号后加 A 者为高级优质碳素工具钢。

(4) 合金结构钢有 40Cr、35CrMo 等。牌号中的前两位数字表示平均含碳量是万分之几。合金元素平均含量小于 1.5% 时，

只标出合金元素，其后面不标明含量；平均含量大于 1.5%、2.5% 和 3.5% 等时，应该在该元素后面相应地标出 2、3 和 4 等。

(5) 合金工具钢有 3Cr2W8V、8Cr3 等。牌号中第一位数字表示平均含碳量是千分之几，合金元素平均含量的表示方法同合金结构钢。

(6) 高速工具钢有 W18Cr4V、W12Cr4V4Mo 等。高速工具钢平均含碳量小于 1% 时，含碳量一般不予标出。

(7) 不锈钢 1Cr13、1Cr18Ni9Ti 等，耐热钢 4Cr9Si2、1Cr18Si2 等，这几种钢的牌号表示方法与合金工具钢相同。

(三) 锻造用钢

锻造所用钢料有钢锭和钢坯两种。锻造大、中型锻件一般多采用各种规格的钢锭，锻造小型锻件则使用各种规格的钢坯，钢坯是用钢锭锻造或轧制而成的。

(1) 钢锭是将冶炼好的钢液在一定的温度下注入钢锭模中冷却凝固而成的。分扁形、方形和多边形等多种。

(2) 锻造用的钢坯有锻坯和轧坯两种。把钢锭锻成坯料的过程叫开坯。

(四) 锻造用有色金属

1. 铜及铜合金

铜合金分为黄铜、白铜、青铜 3 种。黄铜是以锌作为主要合金元素的铜合金。白铜是含有镍 (Ni)、钴 (Co) 的铜合金。青铜是铜与不同含量的锡 (Sn)、铅 (Pb)、铍 (Be)、铝 (Al)、硅 (Si) 等的合金。

2. 铝及铝合金

铝合金即是在铝中加入铜 (Cu)、镁 (Mg)、锰 (Mn)、硅 (Si) 等合金元素。铝合金根据其性能又分为防锈铝、硬铝、超硬铝和锻铝。

第二节 锻造的基本工序

锻件的锻压工艺一般为：钢锭准备或坯料下料→钢锭（坯料）检验→加热→锻造→冷却→中间检验→锻后热处理→清理→最终检验。

（1）钢锭准备：多用于中型或大型锻件的生产，钢锭有冷热之分。水压机主要用钢锭生产锻件，特别是热钢锭用得较多。

（2）坯料下料：主要适用于小型自由锻件和模锻件。由于各厂条件不同，下料方法也各有不同。常用的方法有以下4种：剪切（用剪切机下料）、锯切（用往复锯或圆盘锯下料）、气割下料和在锤上用剁刀下料。

（3）钢锭（坯料）检验：钢锭或坯料，在锻造生产中统称为“来料”。来料检验是把住生产合格锻件的第一关，应严格按照其工艺规程检验，以免尺寸过大造成金属材料浪费，尺寸过小造成锻件尺寸不足导致废品。

（4）加热：整个加热过程应严格遵守加热规程，防止产生“过热”或“过烧”等现象，以保证加热质量。

（5）锻造：锻造是锻压生产的主程序，对锻件质量起着决定性的作用。锻造一般包括：各种压力机上模锻、自由锻造、锤上模锻等。为防止锻件产生缺陷，锻造程序应严格按照其各基本工序的操作规程和方法进行锻造。

（6）冷却：锻后冷却是锻造生产中很重要的一道工序，即使前道加热、锻造工序都是正常的，若不严格执行冷却规范，造成冷却不当也会产生废品。

（7）中间检验：为把住质量关，冷却后的检验必不可少，此工序主要是进行外观和尺寸的检验。

（8）锻后热处理：为保证锻件内部质量及为下道工序做好组织准备，锻件一般要经过第一热处理后交货。对于炉冷锻件，

常将炉冷和锻后热处理合并进行。

(9) 清理：自由锻件的清理主要是清除锻件局部的表面缺陷，如裂纹、折叠、重皮等。清理的主要方法有风铲、砂轮和火焰清理等。对于表面要求光洁的胎模锻件和模锻件，还要清除表面氧化铁皮，其清理方法有滚筒清理、喷砂（丸）清理、酸洗和用钢刷等。

(10) 最终检验：此工序主要是检验锻件是否符合锻件图纸要求及其所规定的技术要求。包括锻件表面、外形和尺寸的检验及复验。对于有特殊要求的重要锻件，还要进行硬度、力学性能、金相组织（高倍、低倍、晶粒度）和探伤（超声波、磁粉）等检验。

第三节 下料与加热

一、下料方法

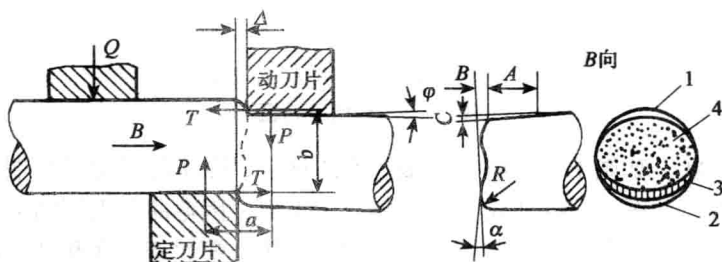
原材料在锻造之前，一般需按锻件大小和锻造工艺要求分割成具有一定尺寸的单个坯料。当以铸锭为原材料时，由于其内部组织、成分不均匀，通常要用自由锻方法进行开坯，然后以剁割方式将锭料两端切除，并按一定尺寸将坯料分割开来。当以轧料、挤压棒材和锻坯为原材料时，其下料工作一般在锻工车间的下料工段进行。常用的下料方法有剪切法、冷折法、锯切法、砂轮切割法、气割法和车削法等，视材料性质、尺寸大小和对下料质量的要求进行选择。

(一) 剪切法

剪切下料生产率高、操作简单、切口无金属损耗，因而得到广泛应用。剪切下料通常是在专用剪床上进行，也可以借助剪切模具在一般曲柄压力机、液压机和锻锤上进行。

图 1-1 所示为剪切下料的工作原理。它是通过一对刀片作用给坯料以一定的压力 P ，在坯料内部产生剪断所需应力而实现

的。由于两刀片上的作用力 P 不在同一垂直线上，因而产生力矩 $P \cdot a$ ，使坯料发生倾转，此力矩被另一力矩所平衡。为防止倾转过大而造成倾斜剪切，常采用压板施加压紧力 Q ，以减小坯料的倾角 φ 。



1. 压缩区；2. 拉缩区；3. 塑剪区；4. 断裂区

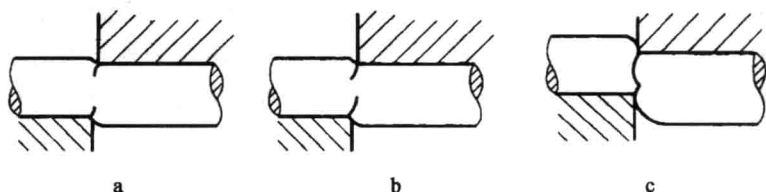
图 1-1 剪切下料示意图

剪切下料过程可分为 3 个阶段，如图 1-2 所示。剪切第一阶段，刀刃压进棒料，塑性变形区不大，由于加工硬化的作用，刃口端处首先出现裂纹。剪切第二阶段，裂纹随刀刃的深入而继续扩展。剪切第三阶段，在刀刃的压力作用下，上下裂纹间的金属被拉断，造成 S 形断面。

剪切下料方法的缺点如下。

- (1) 坯料局部被压扁。
- (2) 坯料端面不平整。
- (3) 剪切面常有毛刺和裂纹。

剪切下料的质量与刀刃的利钝程度、刀片间隙大小、支承情况、材料性质及剪切速度等因素有关。刃口圆钝时，将扩大塑性变形区，刃尖处裂纹出现较晚，结果剪切端面不平整，如图 1-3a 所示。刃口间隙大，坯料容易产生弯曲，结果使断面与轴线不相垂直，对于软材料还会拉出端头毛刺，如图 1-3b 所示。刃口间隙太小，不仅容易碰损刀刃，上下裂纹也不重合，断面则呈



a. 出现裂缝; b. 裂缝扩展; c. 断裂

图 1-2 剪切下料区

锯齿状，如图 1-3c 所示。塑性差的材料，冷切时可能产生端面裂纹，如图 1-3d 所示。若坯料支承不力，因弯曲使上下两裂纹方向不相平行，断口则偏斜。剪切速度快，塑性变形区和加工硬化集中，上下两边的裂纹方向一致，可获得平整的断口。剪切速度慢时，情况则相反。

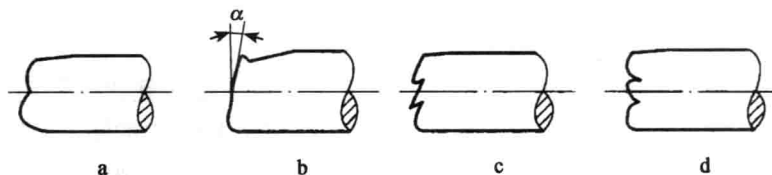
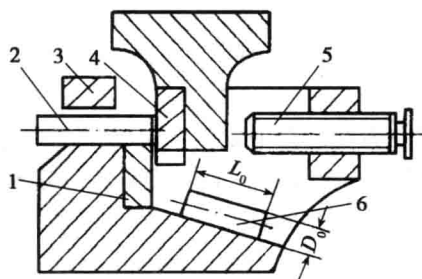


图 1-3 剪切坯料的缺陷

剪床上的剪切装置如图 1-4 所示。棒料 2 送进剪床后，用压板 3 固紧，下料长度 L_0 由可调定位螺杆 5 定位，在上刀片 4 和下刀片 1 的剪切作用下将棒料 2 剪断成坯料 6。

按剪切时坯料温度不同分为冷剪切和热剪切。冷剪切生产率高，但需要较大的剪切力。强度高、塑性差的钢材，冷剪切时产生很大的应力，可能导致切口出现裂纹，甚至发生崩裂，因此，应采用热剪切法下料。截面大或直径大于 120 毫米的中碳钢应进行预热剪切。高碳钢及合金钢均应预热剪切。高碳钢和合金钢应按化学成分和尺寸大小确定预热温度，在 $400 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 范围内选



1. 下刀片; 2. 棒料; 3. 压板; 4. 上刀片; 5. 定位螺杆; 6. 坯料

图 1-4 剪床下料

定。表 1-1 是生产上确定剪切方法的经验数据，可参考选用。

表 1-1 剪切材料断面尺寸与剪切状态

钢号	坯料直径或边长/毫米	布氏硬度 (d_{10})	剪切状态	钢号	坯料直径或边长/毫米	布氏硬度 (d_{10})	剪切状态
	≤ 75		冷剪切		≤ 50		冷剪切
35	80 ~ 85	≤ 4.4	热剪切	40Cr	55 ~ 60	≤ 3.9	热剪切
		> 4.4	冷剪切			> 3.9	冷剪切
		> 85	热剪切			> 60	热剪切
	≤ 60		冷剪切		≤ 35		冷剪切
45	65 ~ 75	≤ 4.2	热剪切	45Cr18 CrMn Ti12Cr 2NiA	40 ~ 48	≤ 3.8	热剪切
		> 4.2	冷剪切			> 3.8	冷剪切
		> 75	热剪切			> 48	热剪切

下料剪切力可按下式计算，即

$$P = k\tau A \quad (1-1)$$

式中：

P ——计算的剪切力 (牛)；

r ——材料的剪切抗力 (兆帕)，可按同等温度下强度极限 σ_b 换算，一般为 $r = (0.7 \sim 0.8) \sigma_b$ ；