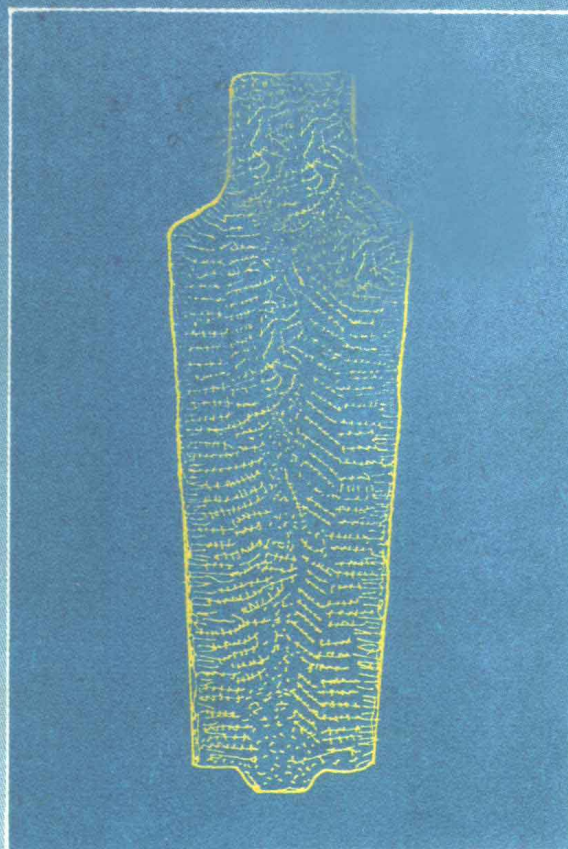


高等学校教材

925763

# 塑性加工导论

李云瑞 主编



西北工业大学出版社

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书是根据 1993 年 4 月航空高等工业院校塑性加工专业教材小组所拟定的《塑性加工导论》教学大纲编写的,其目的是让学生面向生产实际学习时,能使感性认识和理论知识结合起来,掌握塑性加工基本知识,对锻压未来发展有所了解。

全书共分七章,主要介绍了锻压原材料准备、加热及加热设备、锻压设备、锻造工艺、冲压及冷挤压、模具制造、锻压新设备与新工艺。

本书是锻压专业本科生下厂实习进行实践性教学的教科书,也可用作大、中专锻压专业和模具专业学生的教材。

高等学校教材  
塑性加工导论

李云瑞 主编  
责任编辑 刘国春  
责任校对 锋 利

\*

© 1996 西北工业大学出版社出版  
(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 8493844)

陕西省新华书店发行

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0807-3/TH·46 (课)

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19.75 字数: 482 千字  
1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷  
印数: 1—2 000 册 定价: 19.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

## 前 言

本书是依据 1993 年 4 月航空高等工业院校塑性加工专业教材小组制定的教学大纲,为锻压专业本科生进行实践性教学环节编写的,是指导学生下厂实习的教材。

根据各校锻压专业多年教学经验,学生下厂实习的时间一般均安排在专业课教学之前。为了减少学生在车间实习时学习的盲目性,提高其自学能力,使他们能把感性认识和理论知识结合起来,对塑性加工过程有所认识,为后续课程学习打好基础。为便于学生自学,我们在每章后面都安排思考题与习题,其中有些习题为综合题,可作为实习阶段性总结复习用。学生可根据工厂实际安排和生产现状,结合本教材内容,联系到思考题中所提出的“为什么?”发现问题、分析问题、解决问题。这是实践性教学的根本目的,也是本教材编写的宗旨。

下厂期间,一般都以锻造、冲压两个车间为主要实习场所,同时也安排学生在模具制造、标准件、下料、型材或原钢生产车间等地作短期实习或参观。因此我们在编写时,以主要篇幅介绍锻压设备、锻造工艺和冲压工艺,同时也对学生可能涉及到的内容作了介绍。

专题讲座是实习期间一个重要的活动内容,这触及到锻压的现状和未来,对于开阔学生知识领域和增进学生对锻压生产中新型工艺和设备的了解很有帮助,为此我们专门编写了第七章,即锻压新工艺与新设备。

本书除锻压专业本科生用作配套教材之外,也可用于大、中专的锻压专业和模具专业教学,还可供从事锻压工作的人员参考。

本书由西北工业大学李云瑞主编,南昌航空工业学院王高潮任副主编。参加本书编写的人员及分工是:西北工业大学李云瑞(绪论、第一章、第二章第一节、第三章、第七章第一节)、李森泉(第五章、第七章第三、四节)、李健(第二章第二、三、四节);南昌航空工业学院王高潮(第四章、第七章第二节)、黎俊初(第六章)。

由于编者的水平所限,书中的缺点和不妥之处在所难免,诚恳地希望读者给予批评和指正。

本书由西安交通大学储家佑教授主审,提出许多宝贵意见,在此表示感谢。

编 者

1995 年 12 月

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 绪论 .....               | 1   |
| 第一章 锻压原材料准备 .....      | 7   |
| 第一节 锻压用原材料分类及规格 .....  | 7   |
| 第二节 锻造原材料下料方法 .....    | 10  |
| 第三节 冲压的下料方法 .....      | 15  |
| 思考题与习题 .....           | 22  |
| 第二章 加热及加热设备 .....      | 23  |
| 第一节 锻造前加热 .....        | 24  |
| 第二节 火焰炉 .....          | 27  |
| 第三节 燃气炉和燃油炉 .....      | 30  |
| 第四节 电加热设备 .....        | 35  |
| 思考题与习题 .....           | 39  |
| 第三章 锻压设备 .....         | 40  |
| 第一节 概述 .....           | 40  |
| 第二节 曲柄压力机 .....        | 43  |
| 第三节 锻锤 .....           | 60  |
| 第四节 无砧座模锻锤 .....       | 66  |
| 第五节 空气锤 .....          | 73  |
| 第六节 螺旋压力机 .....        | 76  |
| 第七节 液压机 .....          | 84  |
| 第八节 专用锻压设备 .....       | 89  |
| 第九节 锻压生产的机械化与自动线 ..... | 108 |
| 思考题与习题 .....           | 116 |
| 第四章 锻造工艺 .....         | 118 |
| 第一节 金属塑性变形的基本原理 .....  | 119 |
| 第二节 自由锻造 .....         | 122 |
| 第三节 胎模锻造 .....         | 141 |
| 第四节 锤上模锻 .....         | 144 |
| 第五节 热模锻压力机模锻 .....     | 159 |
| 第六节 螺旋压力机模锻 .....      | 167 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 第七节 平锻机模锻 .....            | 171        |
| 第八节 模锻件的切边与冲孔 .....        | 173        |
| 第九节 锻件的冷却、热处理与清理 .....     | 176        |
| 思考题与习题 .....               | 178        |
| <b>第五章 冲压及冷挤压 .....</b>    | <b>180</b> |
| 第一节 冲裁 .....               | 181        |
| 第二节 弯曲 .....               | 194        |
| 第三节 拉深 .....               | 201        |
| 第四节 胀形与翻边 .....            | 212        |
| 第五节 冲压件的工艺性 .....          | 221        |
| 第六节 冲模结构与设计 .....          | 225        |
| 第七节 冷挤压 .....              | 234        |
| 思考题与习题 .....               | 256        |
| <b>第六章 模具制造 .....</b>      | <b>258</b> |
| 第一节 模具制造车间的生产特点与工艺流程 ..... | 258        |
| 第二节 模具加工所用设备 .....         | 259        |
| 第三节 冲压模具制造 .....           | 264        |
| 第四节 锻模制造 .....             | 281        |
| 第五节 制模新工艺 .....            | 286        |
| 思考题与习题 .....               | 288        |
| <b>第七章 锻压新设备与新工艺 .....</b> | <b>289</b> |
| 第一节 锻压新型设备 .....           | 289        |
| 第二节 特种锻造工艺 .....           | 295        |
| 第三节 板材成型新工艺 .....          | 302        |
| 第四节 模具 CAD/CAM .....       | 304        |
| 思考题与习题 .....               | 308        |
| <b>主要参考文献 .....</b>        | <b>309</b> |

# 绪 论

## 一、金属塑性加工与锻压

依靠外力使金属产生塑性变形,从而得到所需形状和性能的金属制件的各种制作方法统称为金属塑性加工或压力加工。属于压力加工范畴的有锻造、冲压、挤压、轧制、拉丝等。

轧制、挤压、拉丝等通常把铸坯经过压力加工制成各种板材、棒材、线材和管材等,提供给各生产厂用作制造零件的原材料。

采用锭材、棒材,在加压设备及工(模)具作用下,使坯料产生塑性变形,以获得所需形状尺寸和质量的工件加工过程称作锻造。而冲压则是采用板材,在常温下压力加工成零件(冲压件)的过程。锻造和冲压简称为锻压,图 0.1 所示为锻压的主要成形方法。

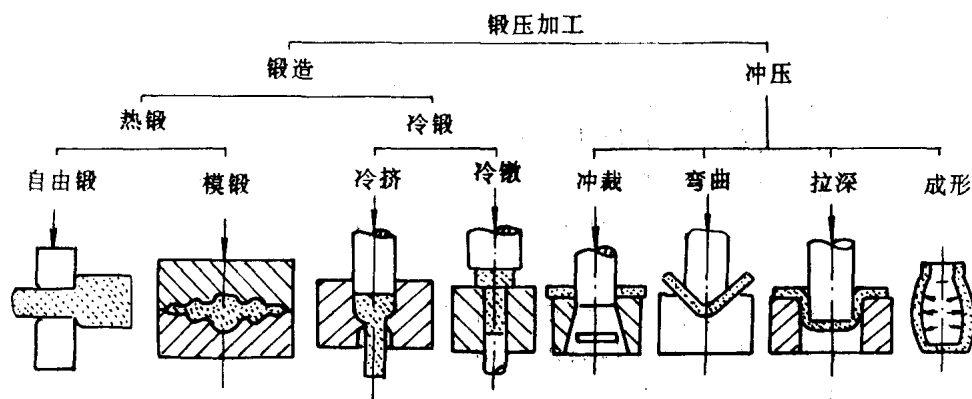


图 0.1 锻压的主要工艺类型

## 二、锻压在机械制造业中的作用

在国防工业和民用工业中,尽管产品种类名目繁多,使用性能要求各异,选用材料多种多样,并采用各有特色的加工方法,但是概括起来,其主要的加工手段是铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工和电加工等。这些加工方法的共同特点是以改变材料的形状达到零件所要求的外形尺寸和表面粗糙度。为了进一步提高产品的质量,往往又采用热处理和表面处理。

热处理是通过控制加热和冷却过程,以达到改变材料内部晶体结构,从而改善零件性能的过程;表面处理(电镀、腐蚀、油漆等)则是改善零件或产品外表质量从而达到保护零件、延长使用寿命的一种方法。

机械加工(车、铣、刨、磨等切削加工)可以使零件形状尺寸精确、表面精度高,但不能改善材料内部结构和性能,而且有大量的金属变为切屑,材料利用率不高,生产率低。

锻、铸是制造零件毛坯的两种途径,均有较高的生产率。塑性较低的材料和外形复杂的零件,一般采用铸造(例如铝、镁合金的飞机发动机机匣、铸铁的汽缸或机床床身等)。金属从熔化

到浇注成铸件的过程中,常常会产生一些缺陷(疏松、砂眼、气孔等)而导致其机械性能的降低。锻造不仅为了得到所需的形状和尺寸,而且在压力加工过程中使金属内部组织结构得到充分改善,从而提高了零件的机械性能。因此,凡要求高强度质量的零件,除了采用合适的材料以外,一般都要采用锻造的方法生产。例如飞机的涡轮盘、涡轮叶片、起落架等。冲压直接采用板材成形,能够制造各种形状复杂,结构轻巧而且承载能力大的结构件。例如飞机蒙皮、翼肋、涡轮发动机的燃烧室以及航空仪表、电子插接件等。据不完全统计,各种型号的飞机所采用的锻压件都有上千种,其中仅发动机(涡轮发动机)一项就有1 000余件锻造叶片。至于冲压件在飞机结构中所占比例更大,一般是锻件的几倍。

锻压生产率比铸造更高,一般中小件可达每小时数百件,对于采用顶锻机生产标准件(螺钉、螺母),可高达每小时20 000件,而且不用任何切削加工即可进行产品装配。

锻压生产由于优质、高产、材料消耗低等优点,因而在国内外现代生产中得到广泛应用,是国防工业和其他机械制造业中不可缺少的一部分。

### 三、锻压常用设备

锻压生产常用设备可以大致分为加热设备、锻压设备和锻压生产辅助设备。

#### 1. 锻造加热设备

除冷锻外,加热设备是锻造工艺执行过程中的必备条件。将金属加热到一定的温度范围,就能提高金属塑性和降低变形抗力,使其具有很好的可锻性;为了消除金属在锻造成形过程中产生的内部组织不均匀、残余应力和加工硬化等不良现象,还需进行锻后正火处理。因此,加热设备包括锻前的加热和锻后的热处理两种工况的加热设备,它们的设计或选择好坏对锻件生产及其质量影响很大。

衡量锻造加热设备的好坏除了评判加热性能(加热温度、加热均匀性、加热速度、加热缺陷)外,还要看其生产能力大小、耗能指标高低、寿命长短及维修方便程度和劳动条件好坏等。

近十几年来,国外在加热设备的高效、节能、自动化和防止公害方面作了大量研究和试验,获得显著成就。快速加热速度已接近感应加热速度,独联体大锻件加热时间平均缩短30%以上。通过减少热损失和回收废热以提高炉子热效率,日、美、俄、英等国采用轻质炉衬、复合炉衬,大幅度减少炉墙散热损失和蓄热损失,又采用控制炉压、富氧鼓风、节能涂料等措施,加之研制出高效长寿命预热器,使空气预热到(430~630)℃,燃料节约率可达(20~50)%,使得1 kg燃料可加热0.3 kg的锻件。近年来采用计算机控制燃料、空气流量、炉中压力、温度变化,从而优化了加热性能,使温度波动较小(1 000℃以上的温度波动可控制在±20℃),从而提高了加热质量。

#### 2. 锻压设备

锻压设备种类繁多,按力能特点,一般可分为5大类,如表0.1所示。

锻锤的工艺适应性能好,结构简单,是现今锻造生产的主要设备。此类设备由于存在着振动大、噪音高,使得大吨位开发和使用受到限制。而对击锤、螺旋压力机可改变锤类设备的不利因素,所以人们目前普遍地认为保留中、小吨位锻锤,大吨位设备则由对击锤、螺旋压力机、水压机代替。现今我国蒸汽-空气锤限制在16 t以下(美国的32 t模锻锤仍在使用中),对击锤发展到1 000 kJ(国外1 400 kJ),螺旋压力机为80 MN(国外140 MN)。

曲柄压力机既适用锻造、也适用于冲压。用于锻造的根据用途不同而被称作热模锻压力

机、切边机等,最高吨位已达 120 MN;用作冲压用的,也称作冲床,目前已用到 80 MN。

表 0.1 锻压设备的类型

| 设备类型   | 力能特点        | 主要用途         |
|--------|-------------|--------------|
| 液压机    | 持续的静压力      | 锻造、冲压        |
| 机械压力机  | 周期性静压力      | 冲压、热模锻、冷挤、冷墩 |
| 锻 锤    | 冲击力做功       | 热模锻、自由锻      |
| 螺旋压力机  | 介于静压力与冲击力之间 | 热模锻、校正       |
| 连续性锻压机 | 连续的静压力      | 轧制、摆辗、辊锻、环锻  |

液压机包括水压机和油压机,锻造和冲压均可使用。我国使用的液压机吨位为 120 MN 和 350 MN,国外达到 750 MN。

衡量锻压设备好坏的指标很多,通常从生产率、生产能力、执行机构运动精度、设备刚度、自动化程度、劳动强度和耗能诸方面进行评价。近年来,专用锻压设备发展很快,例如,挤压机、蒙皮拉深机、多向模锻液压机等。由于这些锻压设备工艺目的单一,容易提高产品精度和自动化程度,深受产品制造单位欢迎。对于通用性锻压设备,科学工作者主要着眼于设备结构改进,性能完善,降低噪音和振动。除此以外,对动态特性和自动化控制研究也较多。

### 3. 锻压辅助设备

现代化的锻压生产离不开生产过程的机械化和自动化,现今锻压车间广泛采用锻造操作机、工序间传送设备,用以减轻工人的劳动强度和提高生产率。我国汽车、拖拉机制造厂的前桥生产线和连杆生产线的投入使用大大改善了劳动条件,促进了汽车和拖拉机的生产。

## 四、锻压生产及其发展趋势

锻造为体积成形,而冲压为薄板成形,两者成形过程所需要的力  $P$  一般可简化为

$$P = KF\sigma_s$$

式中  $K$  —— 成形系数;

$F$  —— 锻压件承受压力的横截面积;

$\sigma_s$  —— 材料的流动应力。

提高锻压生产能力就是要制造大型锻压设备,这是锻压生产长期发展的趋势。在国际间生产竞争中,具有大设备的国家或生产部门就占有相对优势,这也是锻压设备越造越大的原因。

另一方面,人们采取措施以减小变形力,使锻压生产呈现出一种新的前景。例如,采用柔性、液态、张力等成形方法可以降低成形系数  $K$  值;采用温挤、近熔点、超塑性、等温成形方法可以降低变形应力  $\sigma$ ;采用摆辗、旋压、变薄拉深等成形方法可以减少变形面积。这三种措施都会降低变形时所需的力  $P$ 。另外,爆炸成形、橡胶-聚氨酯成形、粉末冶金成形等都显示了各自成形方法的优势。这些新的成形方法还可以提高零件精度,减少或免除切削加工,提高材料利用率,降低设备能耗,这乃是锻压生产发展的另一趋势。

挤压成形可以制出无斜度的杆形、筒形或此两种形状复合的工件。冷挤压可以省去加热工序,其工件表面粗糙度  $R_a$  可达  $0.2 \mu\text{m}$ ,尺寸精度可达 IT5 级。

等温锻造是将模具加热到与锻坯相同的温度下进行慢速锻造,变形过程温度一致,锻件变

形量大,可生产形状复杂的零件;组织均匀,机械性能高;所需锻压设备能力小。飞机上的黑匣子、蜗轮盘、弹翼就可采用此种方法生产。

严格控制加热温度、变形速度、材料组织,以获得高塑性、低抗力的变形状态进行成形称作超塑性成形,超塑性成形后再进行适当的热处理以获得较佳机械性能。这种成形方法是解决高温合金、钛合金等难变形材料的有效途径。

粉末冶金是锻压技术的新分支,原材料为粉末状金属,经去脂、加压制坯、烧结成形等工序制成锻件。这种方法可以制成形状复杂、精度较高的零件,例如齿轮等。

爆炸成形是炸药爆炸产生的高能冲击波通过不同介质将能量施于板坯,使板料按模具型腔变形得到所需壳体件。这种方法可用较为简易的设备代替价格昂贵的大型冲压设备以生产大型板零件。

液压拉深是将高压液体施于板坯,使板坯按模具型腔成形;橡胶-聚氨酯成形原理和液压拉深一样,只是工作介质是聚氨酯或橡胶。这两种成形方法可简化模具。

摆辗、辊轧、环锻、旋压等工艺都是采用毛坯连续局部成形,可以大大减少成形力。

锻压生产目前面临的问题是:

(1) 改善锻压环境、提高生产率 大型设备大量采用必然会恶化生产环境,例如噪音、振动、污染等。这种状态的彻底改变只有通过自动化过程,我国计算机数控(CNC)技术已进入锻压生产。除此以外,设备不断完善和改进也有利于文明生产,例如用对击锤、螺旋压力机代替大型模锻锤就能大大降低振动。动力的改变也会改变生产环境,例如,电磁成形机和电镦头机就比采用锤类设备干净得多。

(2) 提高锻压件精度 锻压件精度的提高除选用精锻设备以外,锻压工艺的改进也有利于精度提高。如前所述的等温锻造、粉末冶金、辊轧等工艺都能提高零件精度。同时研制专用设备也是很好的办法,例如挤压工艺采用冷挤压机就比在通用机械压力机上进行有利得多。

(3) 提高模具寿命 锻压件成本中,模具费用所占比例相当大,而一般模具寿命仅为上万件,有的只达几千件,在锻造钛合金和高温合金时,寿命更低。影响模具寿命的原因很多,材料、型腔形状、热处理、润滑诸方面改进能使模具寿命延长。锻件成形过程模拟能提供合理的模具结构,这也将有利于延长模具寿命。

(4) 提高加热质量 钢料在加热过程会发生氧化、脱碳,钛合金在加热时会因渗氢而使材料污染,因此提高加热质量是锻件精化的一个关键问题。无氧化加热炉的投入会改善这一状况。

(5) 高效润滑剂 润滑剂在锻压生产过程不仅可以降低摩擦系数,还能保护锻件不受污染,提高模具寿命。我国虽已采用石墨、玻璃、FR 系列润滑剂,但品种还不多,推广还不够广泛。

(6) 推广高新技术 计算机仿真技术、系统管理技术、质量控制技术的采用和推广,不仅能改善生产环境,也能大大提高生产率,降低生产成本。

## 五、机械制造厂的组成及锻压车间生产特点

### (一) 机械制造厂的组成

国内外通常以产品为主来定厂名和安排工厂生产布局。除生产、技术、销售等管理部门外,对于生产流程完整的机械制造厂(例如飞机制造公司、航空发动机制造公司、汽车制造厂、拖拉

机制造厂等生产主机厂),一般由以下三部分组成:

### 1. 生产车间(或分厂)

即直接生产产品的车间。根据生产性质不同,生产车间可有

(1) 毛坯车间 为后续加工准备坯料或毛坯的车间。例如,铸钢、铸铁、有色铸造、自由锻造、模锻等车间。

(2) 加工车间 加工成产品零件或部件的车间。例如金工、冲压、焊接、热处理、电镀、油漆、油泵、起落架、机轮等车间。

(3) 装配车间 把零件装配成整体的车间,包括部件装配和整机装配。

### 2. 辅助车间

这些车间是为生产车间作准备工作。例如,工具、模具、机修、标准件(又称冷锻车间)等车间。

### 3. 动力车间

它们是为全厂提供动力或能源。例如锅炉、煤气、送变电、水泵等车间。

以毛坯车间为主的机械制造厂,如航空专用铸锻厂、汽车锻件厂、机床铸造厂等,其主要任务是向主机厂提供毛坯或半成品,一般不设置装配车间和产品加工车间。同样,以加工车间与装配车间为主的机械制造厂(又称副机厂),例如,冲压厂、拖拉机配件厂、电机厂等,其主要任务是向主机厂提供配件和部件,一般不设置毛坯车间。

## (二) 锻压车间及其生产特点

一般来说,锻造车间是毛坯车间,属厂冶金部门管理。根据生产特点又将其分为大锻件自由锻车间(有些厂定名为水压机车间)、中小锻件自由锻车间、热模锻车间和冷锻车间。

(1) 大锻件自由锻车间 这类车间产品大多是重量为数吨至数百吨的大型自由锻件,采用的原材料为钢锭,生产方式为单件或小批量生产。因而锻压设备以大型自由锻造水压机为主(30~120 MN)。

(2) 中小锻件自由锻车间 这些车间产品以重量为1.5 t以下的自由锻件为主,采用的原材料是棒材或小钢锭,生产方式为小批量生产。车间的设备是1~5 t 蒸汽-空气自由锻锤、65~750 kg 空气锤以及中、小型液压机和螺旋压力机。

(3) 热模锻车间 这类车间产品是各种模锻件,原材料采用棒材,生产方式为大批量生产。车间的基本锻压设备是蒸汽-空气模锻锤、热模锻压力机、平锻机、螺旋压力机和模锻水压机等。

(4) 冷锻车间 车间的产品一般为通用件或标准件,原材料为冷拔棒材和卷材,生产方式是大批量多品种或单品种生产。车间的主要设备是冷挤压机和冷锻机。通常将仅有冷锻机的车间称作冷锻车间。

冲压车间是生产车间,直接制造产品,属工厂生产部门管理。冲压件的后续工序多是焊、铆、喷(涂)漆,所以许多厂在冲压车间里设置焊(铆)接工段和油漆工段。冲压车间所用原材料是冷轧板材或带材,生产方式为大批量多品种,车间的设备主体是机械压力机,也设置少数液压机。

锻压车间除了设置锻压设备外,还需安置下料、毛坯加热、锻后热处理、锻压件清理(喷丸、酸洗、去毛刺等)等设备。

## (三) 锻压车间平面布置

一般来说,像汽车、拖拉机、飞机发动机等这些大型机器制造厂,锻造车间平面布置成“Π”字形或“山”字形,如图 0.2 所示。对于一般中小型锻造车间,大都是“一”字形。

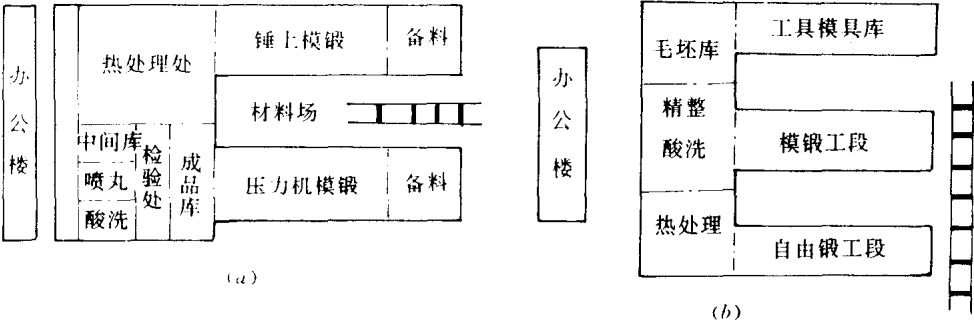


图 0.2 锻造车间平面布置图  
(a) 某拖拉机制造厂锻造车间 (b) 某汽车制造厂锻造车间

按照冲压车间的产品特点、冲压件尺寸、专业化程度与年产量等,可将冲压车间分成许多类型。其中,按产品特点分类较多,此种分类方法一般把冲压车间分为单个冲压件车间和除生产单个冲压件外还需装配成部件或成品的车间两大类。

对于只生产单个冲压件的冲压车间,生产工艺流程较短,车间规模较小,车间中一般不设置焊接、热处理、喷漆工段,常与机加工或装配工段建于同一车间内。

对于生产成品部件的冲压车间,如汽车制造厂的车架车间、车身车间、轮圈车间等,其工艺流程较完整。这类车间可同时生产几种或只生产一种部件,且机械化、自动化程度较高。

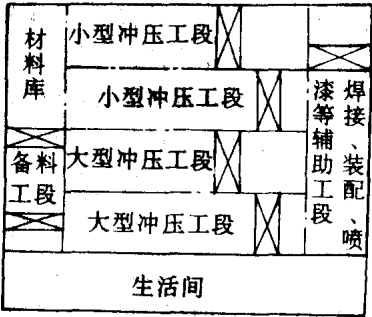


图 0.3 冲压车间平面布置

生产工艺流程较完整的冲压车间平面图布置如图 0.3 所示。其工艺流程一般由备料工段开始,至辅助工段结束。

锻压生产过程中离不开模具,因而与锻压车间相密切的是模具车间。模具车间的生产任务是制造和翻新各种锻压模具。

## 六、专业实习任务

专业实习是学习专业课程前一个重要实践性教学环节,其目的是使学生在向生产实际学习时,感性认识与理性认识结合起来,对锻压专业有所入门,为今后学习专业课程作好准备。因此,实习时,仅作必要的讲解,学生应根据工厂的实际情况及生产条件,结合本教材介绍的内容与提出的“为什么”,自己去发现问题、分析问题、思考问题。要强调向生产实际学习,不要拘泥于书本知识。这是实践性教学环节的根本目的。

实习中,一般是分组轮换在锻造、冲压、模具制造车间进行。每个车间实习完后,学生应根据教材章后的思考题,检查自己此阶段实习效果。

# 第一章 锻压原材料准备

在一般情况下,由产品设计部门设计零件结构和选用零件材料。锻压技术部门依据零件要求设计锻压件和相应的生产模具,并安排好工艺流程。锻压车间在执行工艺的过程中,要准备原材料、安排加热炉、锻压设备、锻后热处理、锻压件表面处理及过程检验,并组织生产出合格的锻压件。

## 第一节 锻压用原材料分类及规格

原材料的准备工作包括:材料牌号的检查和成分校验;下料;坯料表面清理。航空锻件所用材料品种繁多,锻压工艺规范也不一样,因此,正确识别和使用材料,不仅是锻压生产之所需,也是保证产品质量的基本要求。

### 一、锻压所用原材料分类

锻压车间所用原材料大多数为型材(圆、方型棒材、板材),少数大型锻件直接采用铸锭。其材料牌号几乎包括了所有的有色和黑色金属。

国内金属分类方法很多,有的按冶炼方法(平炉钢、沸腾钢、电渣钢等)分,有的按化学成分(低碳钢、中碳钢、高碳钢、低合金钢、中合金钢、高合金钢等)分,还有的按用途来分(结构钢、工具钢、轴承钢等)。常见牌号是按化学成分和用途来分类。

表 1.1 所示为碳素钢,表 1.2 为合金钢和耐热合金,表 1.3 为有色金属及其合金。3 个表中仅列出了部分常见材料,其他材料可参阅《锻工手册》和《金属材料手册》。

表 1.1 碳素钢分类

| 钢 组     | 类 别       | 钢 号 举 例          | 用 途            | 说 明                                |
|---------|-----------|------------------|----------------|------------------------------------|
| 普通碳素结构钢 | 冷拉        | Q215, Q235, Q255 | 制作螺钉、螺母、销钉等标准件 | 钢号中数字表示屈服强度值(MPa),材料含碳、锰量随屈服值增大而增高 |
|         | 热轧        | Q215, Q235, Q255 | 各种机械零件和建筑结构件   |                                    |
| 优质碳素结构钢 | 低碳钢       | 10、15、20、30      | 可作渗碳结构零件       | 含碳量 $<0.3\%$                       |
|         | 中碳钢       | 40、45            | 调质结构件          | 含碳量 $(0.3\sim0.5)\%$               |
|         | 高碳钢       | 60、70、85         | 弹簧、冲头          | 含碳量 $(0.5\sim0.85)\%$              |
| 碳素工具钢   | 优质碳素工具钢   | T7、T8、T9         | 冲模、钻凿工具        | 含碳量 $(0.7\sim1.35)\%$              |
|         | 高级优质碳素工具钢 | T9A、T10、T11      | 锯、刮、锉刀等工具      |                                    |

表 1.2 合金钢及耐热合金钢分类

| 钢 组   | 类 别   | 钢 号 举 例                     | 用 途          | 说 明                    |
|-------|-------|-----------------------------|--------------|------------------------|
| 结构钢   | 碳素结构钢 | 20Mn、15Cr、18CrNiWA          | 心部韧性高、表面坚硬零件 | 含碳量 $<0.25\%$          |
|       | 调质结构钢 | 30CrMnSiA、40Cr              | 起落架、齿轮、轴等    | 含碳量 $(0.25\sim0.45)\%$ |
| 工具钢   | 弹簧钢   | 60Si2Mn、50CrVA              | 各种弹簧         | 含碳量 $(0.45\sim0.75)\%$ |
|       | 刀具钢   | W18Cr4V、W9Cr4V2             | 刀具、刀具        | 俗称高速钢                  |
|       | 模具钢   | Cr12、5CrNiMo、4Cr5W2VSi      | 冷冲模、热锻模      | 也依化学成分命名               |
|       | 量具钢   | CrMn、CrWMn                  | 各种量具         | 也依化学成分命名               |
| 不锈钢   | 铬不锈钢  | 1Cr13、2Cr13                 | 汽轮机叶片、阀门     | 也依化学成分命名               |
|       | 镍铬不锈钢 | C17Ni2、1Cr18Ni9Ti           | 压缩机叶片        | 也依化学成分命名               |
| 耐热合金钢 | 耐热钢   | 4Cr14Ni14W2Mo、20Cr3MoWV     | 发动机涡轮盘、排气门   | 也依化学成分命名               |
|       | 耐热合金  | Cr20Ni77TiAlB、CrNi70WMoTiAl | 涡轮叶片         | 分别叫 GH4033 和 GH4137    |

表 1.3 有色金属及其合金

| 类 别   | 类 别   | 材料代号举例            | 用 途           | 说 明          |
|-------|-------|-------------------|---------------|--------------|
| 变形铝合金 | 防锈铝合金 | LF2、LF21          | 飞机油箱、滑油导管     | 强度低、塑性高、焊接性好 |
|       | 硬铝合金  | LY2、LY11          | 压气机叶片、螺旋桨片    | 可用热处理强化      |
|       | 超硬铝合金 | LC3、LC4           | 飞机构架主要受力零件    | 可用热处理强化      |
|       | 锻造铝合金 | LD1、LD7           | 飞机中等强度构件、复杂零件 | 可用热处理强化      |
| 变形镁合金 |       | MB1、MB8           | 形状复杂锻件        |              |
| 铜及其合金 | 纯铜    | T1、T2、T3、T4       | 导电、导热、抗腐蚀零件   |              |
|       | 黄铜    | H59、H62           | 导热、散热件        |              |
|       | 铅黄铜   | HPb59-1           | 衬套、喷嘴         |              |
|       | 青铜    | QA19-4、QAL10-3-15 | 轴套、蜗轮         |              |
| 钛及其合金 | 纯钛    | TA1、TA2           | 飞机、火箭等冲压件     |              |
|       | 钛合金   | TC4、TC11          | 飞机发动机叶片       |              |

## 二、冶炼和铸锭

大型锻件由于尺寸和重量较大,原材料只能采用钢锭。钢锭要经过冶炼、铸锭过程。尽管冶炼炉(平炉、转炉等)和浇注方法(上注法、下注法和真空吸注法,如图 1.1 所示)不断改进,以提高钢锭内部质量,但由于工艺条件所决定的钢锭内部铸造组织必须通过适当的锻造方法来

解决。

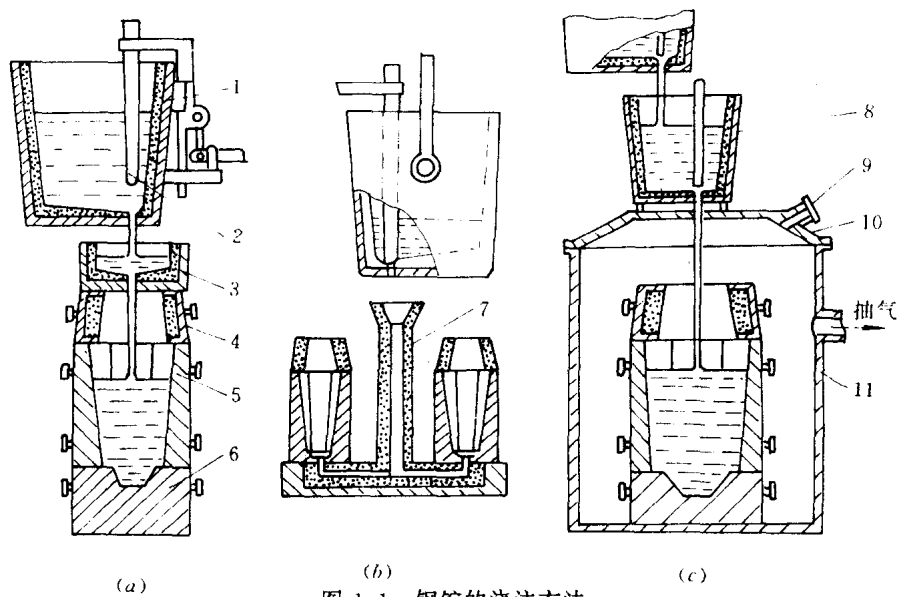


图 1.1 钢锭的浇注方法

(a) 上注法 (b) 下注法 (c) 真空吸注法

1—钢水包 2—塞棒 3—中间漏斗 4—保温帽 5—钢锭模 6—底座 7—中心浇口  
8—中间包 9—观察孔 10—密封盖 11—真空室

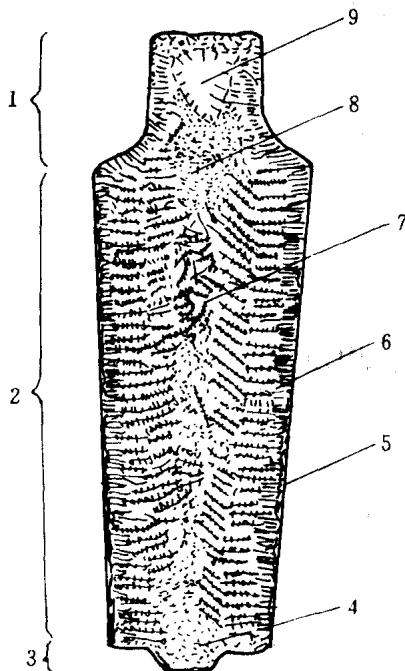


图 1.2 钢锭组织结构示意图

1—冒口 2—锭身 3—底部 4—沉淀区 5—外层细晶粒  
6—柱状晶粒 7—树枝状晶粒 8—疏松 9—缩孔

图 1.2 为钢锭纵剖面图,锭身主体是柱状和树枝状晶粒,而在冒口处具有大的缩孔和疏

松,在锭底存在沉积区,含有大量夹杂物。因而在锻造时必须把冒口和锭底去掉,而锭身的树枝状晶粒可以通过反复锻、拔把晶粒击碎,同时也能把铸锭中疏松、缩孔压实。

### 三、板材和型材

铸造钢锭除了少量用作大锻件外,大量的则通过轧机加工成棒材或板材。由于进行了压力加工,材料内部的质量得到保证,可直接用于锻造和冲压。

## 第二节 锻造原材料下料方法

供锻造车间生产用的原材料绝大多数是各种型材(圆形直径最大可达 250 mm,方形边长最大可达 100 mm,两者长度规格为 2~9 m)和钢坯(进行过初轧或锻,截面形状为方形或多边形,方形边长可达 450 mm),在锻前根据需要把它们分成若干段,这个过程称作下料。常见的下料方法有剪切法、锯切法、砂轮切割法、冷断法、烧割法等多种,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

剪切法是生产效率最高的一种下料方法,通常采用棒料剪床,也可在通用曲柄压力机上安装剪切模进行剪切。所得毛坯断面不甚平整,常是马蹄形,尺寸和重量也有一定偏差。

图 1.3(a) 表示剪切法的基本原理。坯料在上剪刀和下剪刀的作用下,产生一个力矩  $Pa$  使坯料沿顺时针方向旋转。因此,坯料只与剪刀的尖端相接触,此力矩由压紧力  $Q$  所产生的力矩平衡。由于剪切的压力,开始时坯料被压缩,当压力增大时,剪刀切入坯料,坯料在两剪刀尖端接触处开始产生裂缝,随着上下裂缝的会合,坯料便被切断。断面大致可由四部分组成,如图 1.3(b) 所示。

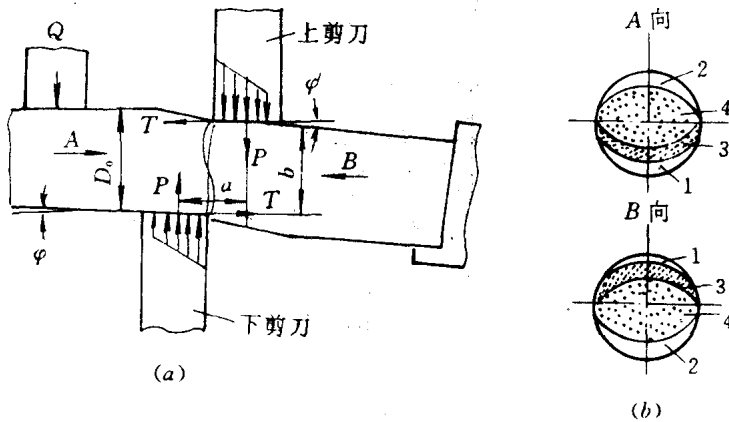


图 1.3 棒料剪切机理

1—压缩区 2—拉伸区 3—塑剪区 4—断裂区

上下剪刀之间的间隙对坯料剪切端面的质量有很大影响:间隙太小,则上下裂缝不会相遇,所形成的裂缝碎片会留在剪刀端面上,对剪刀和工艺有害,且剪切力增大;如果间隙过大,

或刀刃变钝,剪切坯料就会有大的压缩带和显著的毛刺,增大了去刺工作量。合适的间隙与坯料的厚度(直径)有关,一般间隙取材料厚度的(2~5)%。

剪切下料有冷剪和热剪两种方式。一般小于 $\phi 70$  mm的碳素钢或小于 $\phi 50$  mm的合金钢棒料,可以在室温下进行剪切,称为冷剪;对于直径较大的棒料,为了防止剪切时产生端面裂纹和降低剪切抗力,剪切前应将棒料预热到一定温度,称为热剪。

热剪时的预热温度可根据被剪切棒料的钢种和截面尺寸而定,见表1.4。

表 1.4 大截面棒料剪切前的预热温度

单位(°C)

| 直径(mm)  | 钢 种     |           |          |          |
|---------|---------|-----------|----------|----------|
|         | 40、45   | 40Cr、45Cr | 20CrMnTi | 20CrNi3A |
| 50~70   | —       | 200~300   | 250~300  | 250~300  |
| 70~90   | 150~250 | 250~350   | 250~350  | 300~400  |
| 90~100  | 200~250 | 300~400   | 350~450  | 400~500  |
| 110~150 | 250~300 | 300~400   | 450~500  | 500~600  |

表1.4所给出的预热温度大约相当于该钢种的蓝脆区温度,在此温度进行剪切,断面的马蹄形变形较小,剪切断面呈不同程度的蓝颜色(请注意观察)。

为了将棒料预热,大规格的棒料剪切机均配有棒料预热炉。

棒料剪切机由主机和辊道两部分组成(图1.4)分别采用单独的电动机驱动。主机由电动机经一级皮带传动与两级齿轮传动,最后通过偏心轴带动滑块工作。飞轮与离合器等设在高速轴上,用压缩空气控制离合器与制动器。为了防止棒料在剪切时发生翻转,还设有上下压料装置。

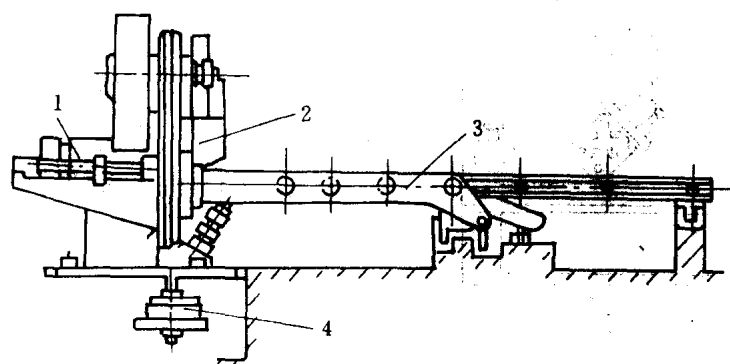


图 1.4 棒料剪切机外形简图

1—定料杆 2—上压紧头 3—辊道 4—下压紧头

棒料剪切机及其所配用的预热炉一般安装于高度为1.0~1.3 m的平台上,以便使剪切下的坯料能滑入放置在地面上的料箱中。

棒料剪切机的规格,主要技术参数与技术性能见表1.5。

表 1.5 棒料剪切机的规格、主要技术参数与技术性能

| 规 格               |                    | 250   | 500   | 1 000  | 1 250  | 1 600  |
|-------------------|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 公称最大剪切力 (kN)      |                    | 2 500 | 5 000 | 10 000 | 12 500 | 16 000 |
| 连续行程次数 (次/min)    |                    | 30    | 18    | 12     | 16     | 12     |
| 断续行程次数 (次/min)    |                    | 16    | 8     | 8      | 8      | 8      |
| 主电机功率 (kW)        |                    | 13    | 28    | 55     | 75     | 94     |
| 辊道传动电机功率 (kW)     |                    | 0.8   | 2     | 5      | 5      | 5      |
| 可剪棒料的最大<br>直径(mm) | $\sigma_b=450$ MPa | 100   | 140   | 190    | 210    | 220    |
|                   | $\sigma_b=500$ MPa | 90    | 132   | 180    | 196    | 210    |
|                   | $\sigma_b=600$ MPa | —     | —     | 160    | 180    | 190    |
|                   | $\sigma_b=700$ MPa | —     | —     | 140    | 170    | 175    |
|                   | $\sigma_b=800$ MPa | —     | —     | 132    | 160    | 165    |

锻造车间用于下料的专用剪床有多种类型。图 1.5(a)所示为多用途冲剪机,既可冲孔,又能进行剪切。能剪板材;也可作方形、圆形和异型截面钢坯的剪切工作。图 1.5(b)为多用途剪切机多槽剪刀的结构。这种剪刀的活动部分和固定部分对应地开有方形、圆形和异形孔。下料时将坯料插入两片剪刀的相应型孔中并定好位,待活动剪刀沿剪头  $N$  方向运动时即可将坯料切断。

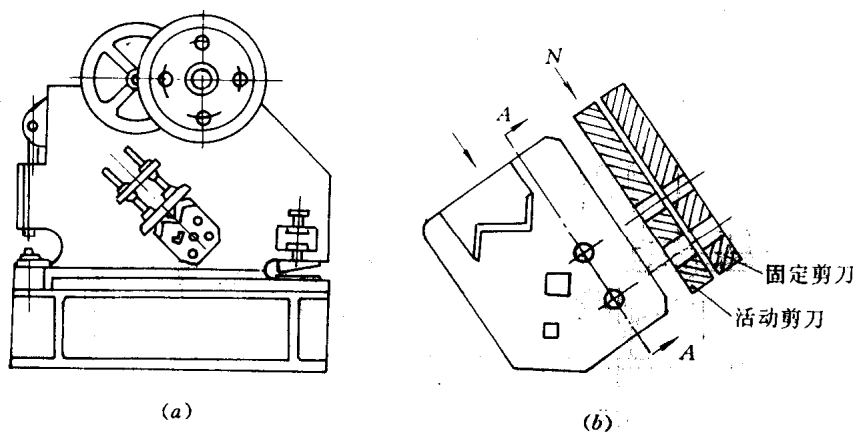


图 1.5 多用途剪切机  
(a) 多用途剪切机 (b) 多槽剪刀

生产规模小,不具备专用剪床的锻压车间,通常把剪切模具安装在一般通用曲柄压力机上进行下料。图 1.6 表示这种方法所用的剪切模具。